

TRACTEBEL ENGINEERING S.A.

Cerro Colorado 5240, Of. 1601, Ed. Torre del Parque II,
Las Condes, Zip Code 7560995 - Santiago – CHILE
tel. +56 2 2715 8000 - fax +56 2 2715 8001
engineering-cl@tractebel.engie.com
tractebel-engie.com

INFORME TÉCNICO

Código de Documento: P013015-2-GE-INF-00002

RESTRINGIDO

Cliente: Los Guindos Generación SpA

Proyecto: Determinación de Parámetros de Partida y Detención Central Los Guindos

Asunto: Informe de Parámetros de Partida y Detención – Los Guindos Unidad 02

Comentarios: Este documento atiende a las "Observaciones al informe de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Central Termoeléctrica Los Guindos" realizadas por el Coordinador Eléctrico Nacional en su documento código GO-CEN-IPPD-Los Guindos G2-V1, referentes al documento "Informe Parámetros de Partida y Detención Central Los Guindos Unidad 02", Versión 1.

B	13/08/2019	Comentarios del Cliente	Rodrigo Trujillo	Ismael Rodríguez	Eduardo Andrzejewski	Eduardo Andrzejewski
A	07/08/2019	Revisión Interna	Rodrigo Trujillo	Ismael Rodríguez	Eduardo Andrzejewski	Eduardo Andrzejewski
REV.	DD/MM/AA	ESTATUS	ESCRITO	VERIFICADO	APROBADO	VALIDADO

Informe de Parámetros de Partida y Detención – Los Guindos Unidad 02

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	4
1. OBJETIVO.....	5
2. DEFINICIONES Y ABREVIACIONES.....	5
3. DOCUMENTOS Y NORMAS APLICADAS.....	7
4. DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL Y UNIDAD.....	8
5. MÍNIMO TÉCNICO.....	10
6. PARÁMETROS DE PARTIDA Y DETENCIÓN.....	10
6.1. Antecedentes Operacionales	11
6.2. Parámetros Proceso de Partida	12
6.3. Parámetros Proceso de Detención.....	14
7. CONCLUSIONES.....	16
8. ANEXOS	17
ANEXO A – DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL.....	18
ANEXO B – INFORMACIÓN TÉCNICA TURBINA.....	19
ANEXO C – INFORMACIÓN TÉCNICA GENERADOR	20
ANEXO D – DIAGRAMA UNILINEAL ELÉCTRICO.....	21
ANEXO E – CARTA DE 04975-18	22
ANEXO F – CERTIFICADO COMBUSTIBLE	23

RESUMEN EJECUTIVO

La central Los Guindos está compuesta por dos turbinas de combustión de 135 MW cada una. A la fecha, ambas unidades operan en modo ciclo abierto con combustible diésel.

La central se ubica en la comuna de Cabrero, Región del Bío-Bío. La generación eléctrica es inyectada al Sistema Interconectado Nacional en la S/E Charrúa 220 kV.

Conforme a la resolución de la CNE, las empresas generadoras deberán determinar e informar a la Dirección de Operación, los Parámetros de Partida y Detención (PPD) de sus unidades generadoras en conformidad a las disposiciones del Anexo Técnico “Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras” de la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio (NTSyCS) – Resolución exenta N°375.

Los Parámetros de Partida y Detención de los Guindos Unidad 02 se resumen en el Capítulo 7 del presente Informe.

1. OBJETIVO

El presente informe tiene como objetivo informar y respaldar los Parámetros para los Procesos Partida y Detención de Los Guindos Unidad 02, Ubicada en la comuna de Cabrero, Región del Bío-Bío, conforme a lo establecido en el Anexo Técnico “Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras” de la NTSyCS.

2. DEFINICIONES Y ABREVIACIONES

Definiciones

De acuerdo con el Anexo Técnico:

Mínimo Técnico	Según el Anexo Técnico, se entenderá por Mínimo Técnico 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.
Mínimo Técnico Ambiental	Mínimo Técnico que permite garantizar el cumplimiento de los límites de emisiones que aplican a la unidad en cuestión.
Unidad	Unidad Generadora (turbina de combustión acoplada a su respectivo generador eléctrico)
Proceso 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. En el caso de unidades térmicas, corresponde al proceso que permite que la unidad deje de entregar energía al sistema y alcance los distintos estados definidos por la Empresa Generadora, hasta llegar a detener por completo los procesos térmicos y alcanzar su estado apagado.
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. Para el caso de centrales térmicas, el estado apagado se entenderá cuando la unidad se encuentra completamente detenida y sin ningún proceso térmico en funcionamiento.

Abreviaciones

CEMS	Sistema de Monitoreo Continuo de Emisiones
Coordinador	Coordinador Eléctrico Nacional
CNE	Comisión Nacional de Energía
CEN	Consumo Especifico Neto
DS 13	Decreto Supremo n°13, establece norma de emisión para centrales termoeléctricas
GE	General Electric
MP	Material Particulado
MT	Mínimo Técnico
MTA	Mínimo Técnico Ambiental
ND	No Disponible
NTSyCS	Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio
RCA	Resolución de Calificación Ambiental
S/E	Subestación Eléctrica
SI	Sistema Interconectado
TG	Turbina de Gas

3. DOCUMENTOS Y NORMAS APLICADAS

Los documentos aplicables para la determinación de los Parámetros para los Procesos de Partida y Detención, son los siguientes:

1.	Anexo Técnico: Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras
2.	Anexo Técnico: Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras
3.	DS N°13 Norma de Emisiones para Centrales Termoeléctricas
4.	Resolución Calificación Ambiental del proyecto "Turbina de Respaldo Los Guindos" Resolución Exenta N°191/2008
5.	Registros Operacionales
6.	Manuales de Operación del Fabricante
7.	Informe Mínimo Técnico Los Guindos Unidad 01 y Unidad 02

4. DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL Y UNIDAD

La central Los Guindos es una central térmica compuesta por dos turbinas de combustión en ciclo abierto. En la Tabla 1 se indican las características principales de la Unidad 02 y en la Figura 1 una vista general de la unidad.

Central Los Guindos Unidad 02	Información	Observación
Modelo Turbina de Combustión	GE 9E.03	Modo ciclo abierto
Potencia Nominal	135 MW	Informe Prueba de Potencia Máxima
Consumo Especifico Neto	3,43 kcal/MWh	Pruebas CEN, a carga base
Consumo Especifico Equivalente	0,3118 [ton _{eq} /MWh]	Pruebas CEN, a carga base
Sistema de Combustible	Dual: Diésel / Gas Natural	A la fecha opera sólo con Diésel
Poder Calorífico Superior Diésel	10.928 kcal/kg	Muestra combustible, ver Anexo F
Densidad Diésel	839,3 kg/m ³	Muestra combustible, ver Anexo F
Velocidad Nominal	3.000 rpm	--
Sistema de Control	Speedtronic Mark VIe	--
Control de Emisiones	Diésel: Inyección Agua	En operación con Diésel
Altura Chimenea	35 m	--
Medio de Partida	Motor Eléctrico	--
Generador Eléctrico	9A5 - 50 Hz	--
Punto de Conexión al SI	S/E Charrúa 220 kV	--

Tabla 1: Características Los Guindos Unidad 02

Las emisiones de los gases de ambas unidades son medidas en forma continua a la salida de la chimenea, a través del Sistema de Monitoreo Continuo de Emisiones (CEMS).



Figura 1: Central Los Guindos, vista general Unidad 02

En los Anexos A, B y C se incluye documentación técnica de la unidad.

5. MÍNIMO TÉCNICO

De acuerdo a la Carta de aceptación de Mínimo Técnico DE 04975-18 (Anexo E) y tomando en consideración que la Unidad 02 es idéntica a la Unidad 01, los valores de Mínimo Técnico de Los Guindos Unidad 02 son los siguientes:

Mínimos Técnicos Unidad 02 Los Guindos	Abreviación	Valor
MT en conformidad Anexo Técnico	MT	30 MW
MT en conformidad normativa ambiental vigente	MTA	65 MW

Tabla 2: Parámetros de Mínimo Técnico Los Guindos Unidad 02

6. PARÁMETROS DE PARTIDA Y DETENCIÓN

De acuerdo al Artículo 6 del Anexo Técnico, se deberá informar los siguientes parámetros:

- 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 desglosados por periodos, según corresponda.

6.1. Antecedentes Operacionales

Antecedentes operacionales de Los Guindos Unidad 02 han sido obtenidos de los registros obtenidos de la Prueba de Potencia Máxima realizada el 4 de junio de 2019. Se tienen los siguientes parámetros de interés:

Parámetro	Valor	Referencia
Potencia Nominal	135 MW	Informe de Potencia Máxima Unidad 02
Mínimo Técnico	30 MW	Unidad 01, Carta DE 04975-18, adjunta en Anexo E
Mínimo Técnico Ambiental	65 MW	Unidad 01, Carta DE 04975-18, adjunta en Anexo E
Consumos Auxiliares	520 kW	Informe de Potencia Máxima Unidad 02 (a carga máxima)
Consumo Específico Neto	252 kg/MWh	Informe CEN Unidad 02, al 100% de carga

Tabla 3: Parámetros Operacionales Los Guindos Unidad 02

Para efectos del presente informe, se utilizarán los registros operacionales obtenidos de la Prueba de Potencia Máxima realizada a la Unidad 02.

6.2. Parámetros Proceso de Partida

Los parámetros de partida son determinados a partir de los antecedentes operacionales informados por la central y respaldados por las recomendaciones del fabricante (Ver Anexo G).

Para la Unidad 02 de Central Los Guindos, no es necesario definir distintos escenarios de partida (frio, tibio, caliente). Por lo tanto, se define un único tipo de partida.

Proceso de Partida

El proceso de partida se compone principalmente de las secuencias indicadas en la siguiente tabla:

Proceso de Partida - Secuencia de Actividades

1. Solicitud de Arranque (despacho)
2. Check list de Pre Arranque
3. Puesta en Servicio Sistema de Aceite
4. Puesta en Servicio Giro Lento
5. Ventilación Compartimiento Turbina
6. Arranque Bomba Combustible
7. Arranque Motor de Partida
8. Impulso inicial hasta Velocidad Nominal sin Carga (3000 rpm)
9. Sincronización (5 MW)
10. Rampa Subida de Carga: 5 MW a MT
11. Rampa Subida de Carga: MT a MTA
12. Rampa Subida de Carga: MTA a Potencia Nominal

Tabla 4: Secuencia de Arranque Los Guindos Unidad 02

En la Figura 2 se muestra el registro de potencia, frecuencia y consumo de combustible durante un proceso de partida:

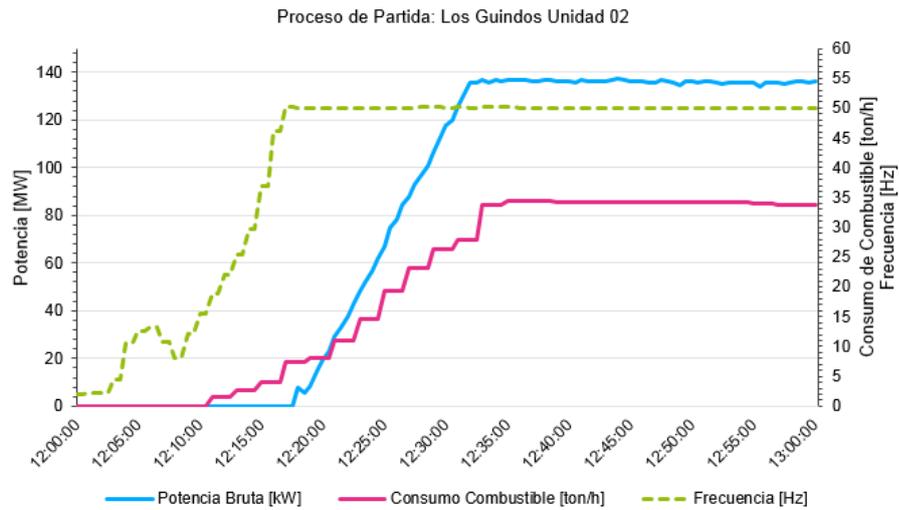


Figura 2: Registro de partida del día 4/06/2019

En la Tabla 5, se indican los parámetros de partida de Los Guindos Unidad 02.

Parámetros Proceso de Partida	Desde Inicio hasta Sincronización	Desde Sincronización hasta alcanzar MT	Desde MT a MTA	Desde MTA a Potencia Nominal
Tiempo [min]	35	3	4	8
Consumo de Combustible Diésel [ton]	0,43	0,47	0,97	3,42
Energía Eléctrica Consumida [kWh]	434,4	30,6	33,8	71,3

Tabla 5: Parámetros del Proceso de Partida Los Guindos Unidad 02.

Tiempo Mínimo de Operación

Una vez finalizado el proceso de partida, la unidad no posee un tiempo mínimo de operación, por lo cual puede darse orden de detención de manera inmediata.

6.3. Parámetros Proceso de Detención

Los parámetros de detención son determinados a partir de los antecedentes operacionales informados por la central, y respaldados por el manual de operación del fabricante (ver Anexo G).

Proceso de Detención

El proceso de partida se compone principalmente de las siguientes etapas:

Proceso de Detención - Secuencia de Actividades

1. Solicitud de Detención
2. Orden de Detención
3. Rampa Bajada de Carga: Potencia Nominal a MTA
4. Rampa Bajada de Carga: MTA a MT
5. Rampa Bajada de Carga: MT a 5 MW
6. Desincronización (5 MW)
7. Velocidad Nominal Sin Carga
8. Puesta en Servicio Giro Lento
9. Giro Lento (130 rpm) hasta Detención Final

Tabla 6: Secuencia Detención Los Guindos Unidad 02

En la Figura 3 se muestra el registro de potencia, frecuencia y consumo de combustible durante un proceso de detención:

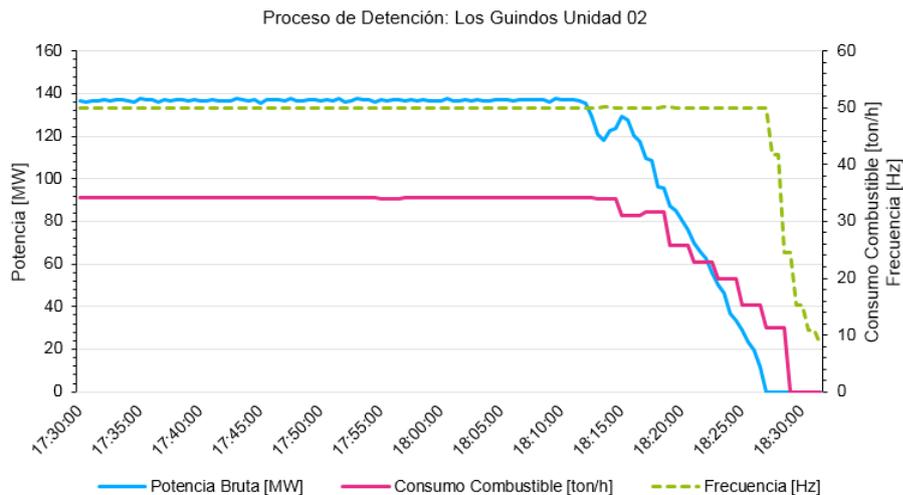


Figura 3: Registro de Detención del día 4/06/2019

En la Tabla 7, se indican los parámetros de detención de Los Guindos Unidad 02.

Parámetros Proceso de Detención	Desde Potencia Nominal hasta MTA	Desde MTA a MT	Desde MT hasta Desconexi ón	Desconexi ón a Inicio Virado	Desde Inicio Virado a detención final
Tiempo [min]	10	4	2	17	1440 ⁽¹⁾
Consumo de Combustible Diésel [ton]	5,37	1,39	0,64	No Aplica	No Aplica
Energía Eléctrica Consumida [kWh]	81,99	25,97	14,51	85,3	7520,8

Tabla 7: Parámetros del Proceso de Detención Los Guindos Unidad 02

Tiempo mínimo de detención antes de iniciar un nuevo proceso de partida

Según la temperatura del rotor se requieren distintos tiempos de virado para iniciar nuevamente el proceso de partida, ver documento en Anexo G (pág. 77 del Informe).

- Rotor Caliente, < 20 minutos después del paro del rotor, se requiere de 1 hora² en modo virador.
- Rotor Tibio, > 20 minutos y 6 < horas después del paro del rotor, se requiere de 4 horas en modo virador.

¹ 24 horas es el tiempo mínimo establecido por recomendación del fabricante, que considera la temperatura mínima requerida en modo virador, ver directrices de funcionamiento de virador en Anexo G.

² A continuación de un disparo, se recomienda 1 hora en virador antes del re-arranque. Para paradas normales, utilice discreción.

7. CONCLUSIONES

En base a los registros operacionales de Los Guindos Unidad 02, en la Tabla 8 se indican los parámetros de partida y en la Tabla 9 los parámetros de detención.

Parámetros Proceso de Partida	Desde Inicio hasta Sincronización	Desde Sincronización hasta alcanzar MT	Desde MT a MTA	Desde MTA a Potencia Nominal
Tiempo [min]	35	3	4	8
Consumo de Combustible Diésel [ton]	0,43	0,47	0,97	3,42
Energía Eléctrica Consumida [kWh]	434,4	30,6	33,8	71,3

Tabla 8: Parámetros del Proceso de Partida Los Guindos Unidad 02.

Una vez finalizado el proceso de partida, la unidad no posee un tiempo mínimo de operación, por lo cual puede darse orden de detención de manera inmediata.

Parámetros Proceso de Detención	Desde Potencia Nominal hasta MTA	Desde MTA a MT	Desde MT hasta Desconexi ón	Desconexi ón a Inicio Virado	Desde Inicio Virado a detención final
Tiempo [min]	10	4	2	17	1440 ⁽³⁾
Consumo de Combustible Diésel [ton]	5,37	1,39	0,64	No Aplica	No Aplica
Energía Eléctrica Consumida [kWh]	81,99	25,97	14,51	85,3	7520,8

Tabla 9: Parámetros del Proceso de Detención Los Guindos Unidad 02.

Nota: Los datos informados fueron obtenidos a partir de informaciones y antecedentes suministrados por Los Guindos y sitio web oficial del Coordinador Eléctrico Nacional.

³ 24 horas es el tiempo mínimo establecido por recomendación del fabricante, que considera la temperatura mínima requerida en modo virador, ver directrices de funcionamiento de virador en Anexo G.

8. ANEXOS

ANEXO A – DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL

ANEXO B – INFORMACIÓN TÉCNICA TURBINA

ANEXO C – INFORMACIÓN TÉCNICA GENERADOR

ANEXO D – DIAGRAMA UNILINEAL ELÉCTRICO

ANEXO E – CARTA DE 04975-18

ANEXO F – CERTIFICADO COMBUSTIBLE

ANEXO G – MANUAL DE OPERACIÓN TURBINA

ANEXO A – DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL

1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1 ANTECEDENTES GENERALES

1.1.1 NOMBRE DEL PROYECTO

El nombre del Proyecto que se somete al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental mediante Estudio de Impacto Ambiental corresponde a “Ampliación Central Térmica Los Guindos”, en adelante, el Proyecto.

1.1.2 IDENTIFICACIÓN DEL TITULAR

Nombre	Los Guindos Generación SPA
R.U.T.	76.284.294-7
Dirección	Avenida Del Parque 4160, Torre A, Piso 3, Huechuraba, Santiago.
Fono	(02) 2 5711500

1.1.3 ANTECEDENTES DEL REPRESENTANTE LEGAL

Nombre	René Fernández Weisser.
R.U.T.	22.192.843-1
Dirección	Avenida Del Parque 4160, Torre A, Piso 3, Huechuraba, Santiago.
Fono	(02) 2 5711500
E-mail	rene.fernandez@inprolec.cl

1.1.4 ANTECEDENTES DEL REPRESENTANTE ANTE EL SEA

Nombre	Adolfo Fernández Weisser.
R.U.T.	22.366.296-K
Dirección	Avenida Del Parque 4160, Torre A, Piso 3, Huechuraba, Santiago.
Fono	(02) 2 5711500
E-mail	adolfo.fernandez@inprolec.cl

En el Anexo 1-1 se entregan los antecedentes legales que acreditan la información mencionada.

1.1.5 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Los Guindos Generación SPA, desarrolló el proyecto “Turbina de Respaldo los Guindos” que consiste en una turbina a gas y se localiza en la localidad de Charrúa, Comuna de Cabrero, Región del Biobío. Esta se encuentra en operación comercial desde el 31 de Julio de 2015 en la modalidad de respaldo, es decir, opera cuando al Sistema Interconectado Central (en adelante SIC) así lo requiera, y fue aprobada mediante la Resolución Exenta N°191 de fecha 23 de Junio de 2008 que califica favorablemente el proyecto y cuenta con sus permisos sectoriales vigentes para operación.

La central térmica “Turbina de Respaldo los Guindos” (en adelante, Central), genera en la actualidad 132 MW, y tiene la capacidad de operar tanto con petróleo diésel como con gas natural, lo que se conoce como combustión dual. Sin embargo, por la escasez de gas natural, la turbina ha operado hasta el momento solo con combustible diésel, y en periodos que promedian los 5 a 6 días al año.

En la búsqueda de abastecer la creciente demanda de energía, nace el proyecto “Ampliación Central Térmica Los Guindos” (en adelante, el Proyecto), el cual busca ampliar sus instalaciones y aumentar su capacidad nominal de 132 MW a 404 MW. Para lograr esto se construirá una segunda unidad de

generación dual (132 MW nominal) y una turbina a vapor (140 MW nominal), la cuales sumadas a la unidad existente, completará el ciclo combinado de generación eléctrica o también llamado ciclo cerrado. La operación del sistema con ciclo cerrado es factible únicamente si se utiliza gas natural como combustible, de esta forma la Central dejaría de operar en la modalidad de respaldo para operar como turbina de base, operando hasta 350 días al año.

Inicialmente está contemplado utilizar petróleo diésel, y luego que se restablezca el abastecimiento de gas a la región, se utilizará este como combustible, aumentando la eficiencia de la generación eléctrica. Por lo tanto, la operación de ciclo cerrado se llevará a cabo únicamente cuando se opere con combustible gas natural. En caso de utilizar combustible diésel, la modalidad de operación será de ciclo abierto, es decir, no se operaría la turbina a vapor.

Producto de la combustión del gas o petróleo diésel, se generarán emisiones a la atmósfera compuestas principalmente por Material Particulado (MP_{10} y $MP_{2,5}$), Dióxido de Nitrógeno (NO_2) y Dióxido de Azufre (SO_2), contenidas en el flujo de gases de las chimeneas de las turbinas. De la misma forma, se generarán residuos líquidos producto de las operaciones y uso doméstico, las cuales serán descargadas a través del ducto actual de descarga de RILes hacia el Canal Los Guindos.

1.1.6 TIPOLOGÍA DE INGRESO

La Ley 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente (modificada por la Ley N° 20.417) señala que los proyectos o actividades indicados en su artículo 10 sólo podrán ejecutarse o modificarse previa evaluación de su impacto ambiental.¹ Por su parte, el Reglamento en su artículo 2 señala que se entiende por *“modificación de proyecto o actividad”* la *“realización de obras, acciones o medidas tendientes a intervenir o complementar un proyecto ya ejecutado, de modo tal que éste sufra cambios de consideración”*.² Según esto, las modificaciones a un proyecto o actividad existente sólo deberán someterse al SEIA en la medida en que constituyan *“cambios de consideración”*. Por otra parte, el mismo Reglamento en su artículo 3 establece precisiones respecto a la magnitud de un proyecto o actividad, o

¹ Artículo 8 Ley N° 19.300

² Artículo 2 letra d) del Reglamento del SEIA

ANEXO B – INFORMACIÓN TÉCNICA TURBINA

3. Performance Data

3.1 Guaranteed Performance

3.1.1 Natural Gas

Measurement	Value
Net Output (base)	130 111 kW
Net Heat rate (base)	10 476 kJ/kWh

Heat Rate = Fuel Gas Consumption (LHV) / Output (kW)

3.1.2 Liquid Fuel

Measurement	Value
Net Output (base)	133 082 kW
Net Heat rate (base)	10 868 kJ/kWh

Heat Rate = Fuel Gas Consumption (LHV) / Output (kW)

3.1.3 Basis for Unit Performance

The performance guarantees listed above are given at the generator terminals and based on the scope of equipment supply as defined in the proposal and as stated for the following operating conditions and parameters:

Measurement	Value
Atmospheric pressure mbar	1013.5
Ambient temperature °C	15
Relative humidity %	60
Inlet system pressure drop mm H ₂ O	70
Outlet static pressure @ ISO condition mm H ₂ O	139.5
Liquid fuel temperature °C	27
Liquid fuel heating value (LHV) kJ/kg	43 000
Gas Fuel temperature °C	27
Gas Fuel heating value (LHV) kJ/kg	47 633
Combustion system type	Dry Low NO _x
Water injection flow kg/h**	22 843
Grid frequency Hz	50 Hz

Seismic design criteria*	Compliant with UBC97: Zone 4 Occupancy category 1.25 Soil type Sd.
--------------------------	---

* Seismic design criteria and specific seismic parameters shall be discussed and agreed upon. In principle, GE will adopt its standard and proven design.

** This value is for provided for reference only.

- A. The liquid fuel is in compliance with Seller's Liquid Fuel Specification GEI-41047 last revision and with the design basis of this proposal. The gas fuel shall be in compliance with Seller's Gas Fuel Specification GEI-41040 last revision and with the design basis of this proposal.
- B. Gas turbine is operating at steady state base load
- C. Base load is defined as the gas turbine operating on temperature control with IGV set at the scheduled base load position
- D. Tests to demonstrate guaranteed performance shall be conducted in accordance with the ASME Modified Performance Test Procedure as defined in Seller's GEK-107551
- E. Performance is measured at the generator terminals and includes allowances for excitation power and the equipment shaft-driven by gas turbine normally in operation
- F. Guarantees are based on new and clean condition of the gas turbine. New and clean condition is defined by the following:
 - The gas turbine has less than 200 fired hours for natural gas and/or liquid fuel
 - The gas turbine has been subjected to an offline water/detergent wash within 25 hours of the performance test
- G. Performance curves for both the turbine and generator are included the Performance Curves chapter of this proposal. From these curves it is possible to determine estimated performance at conditions differing from those listed in the above Design Basis table. These performance curves are provided for reference only and do not constitute performance guarantees at any conditions other than those listed in the performance guarantee section. An additional set of site-specific curves will be issued at the time of the performance test to which the measured performance from test conditions will be corrected.
- H. Compressor air extraction from gas turbine = 0
- I. Guarantees are based on the calculated amount of diluent injection shown in the above Design Basis table. The actual amount of diluent injection as determined during the field compliance test may be different, which will have an effect on the output and heat rate.

3.2 Emissions Guarantees

3.2.1 Natural Gas

Measurement	Guaranteed Value	Load Range %	Ambient Temperature (°C) range
NO _x @ 15% O ₂ (mg/Nm ³)	50	50-100	-3.3 to 33

3.2.2 Liquid Fuel

Measurement	Guaranteed Value	Load Range %	Ambient Temperature (°C) range
NO _x @ 15% O ₂ (mg/Nm ³)	120	50-100	-3.3 to 33
CO (mg/Nm ³)	25	80-100	-3.3 to 33
Particulates, filterable only (mg/Nm ³ , dry at 15% O ₂)	30	100	-3.3 to 33

3.2.3 Basis for Emissions Guarantees

- A. The customer liquid fuel is in compliance with Seller's Liquid Fuel Specification GEI-41047 last revision and with the design basis of this proposal. The customer gas fuel shall be in compliance with Seller's Gas Fuel Specification GEI-41040 last revision and with the design basis of this proposal.
- B. Testing and system adjustments are conducted in accordance with Seller's GEK-28172 last revision Standard Field Testing Procedure for Emissions Compliance.
- C. Atmospheric pressure = 1013.5 mbar
- D. NO_x and CO emissions are per gas turbine on a one hour average basis
- E. NO_x emissions for liquid fuel are based on a maximum fuel bound nitrogen of 0.015% by weight
- F. Fuel ash content = 0%
- G. GE testing will be conducted with gas turbine firing only, no duct burners
- H. Sulfur emissions are solely a function of the sulfur present in the incoming air and fuel flows. Sulfur emissions are not guaranteed since the gas turbine(s) have no influence on them.
- I. GE reserves the right to determine the emission rates on a net basis wherein emissions at the gas turbine inlet are subtracted from the measured exhaust emission rate if required to demonstrate guarantee rate
- J. Emissions from sources other than Gas Turbine are not included
- K. Gas turbine is operating with a steady state frequency and connected to the grid
- L. Bleed heating is scheduled for part load operation
- M. diluent injection used for emissions reduction : water for liquid fuel operation
- N. The Minimum emissions compliant load testing will be conducted at the ambient conditions that exist on the day of compliance testing

- O. Conditions for normal cubic meters (Nm³) are 0 °C (32 °F) and 760 mm (29.92126 inches) Hga. Conditions for standard cubic feet (SCF) are 68 °F and 14.696 psia
- P. In addition to previous basis, particulates guarantees are per the following:
- Q. Particulate emission guarantees are offered at base load only
- R. Particulates emissions are per gas turbine on a three-hour average basis
- S. GE will conduct the particulate compliance testing
- T. GE testing is conducted to demonstrate compliance with contractual guarantees. Customer is responsible to demonstrate the overall plant emission requirements to the appropriate authorities.
- U. Test procedures in the current issue of GEK-28172 must be followed with particular attention to GE preferred methods and method enhancements
- V. Particulates testing firm and laboratory must meet qualification criteria specified in GEK 28172.
- AA. In the event that the initial testing indicates failure to achieve Guaranteed levels, GE reserves the right to conduct any independent PM testing required to confirm initial findings and perform diagnostic analysis
- BB. Multiple Re-testing at owner's expense must be allowed, if required
- CC. Particulate emissions include only filterable (front half) particulates excluding sulfates and do not include condensable (back half) emissions.
- DD. Allowance for background ambient particulate levels must be included.



9E.03/.04 GAS TURBINE

Flexible, Adaptable Performance

From desert climates to the tropics, to the arctic cold, the rugged 9E.03 heavy duty gas turbine provides essential power and performs in a vast number of duty cycles and applications. It is one of the most fuel-flexible products in the industry, capable of using more than 52 types of fuel—almost the entire fuel spectrum. The 9E.04 heavy duty gas turbine provides increased power and performance while maintaining the simplicity and operational strengths of the 9E.03 gas turbine. The result is a platform that delivers high availability, reliability, and durability while lowering the overall cost per kilowatt.



Rapidly Getting You from Decision to Power Delivery

- Demonstrated order to operation in less than six months.
- Modular architecture and prepackaged components make for quick installation in challenging environments.
- Simple cycle, combined cycle, and various industrial applications in a broad range of industries, including electrical utilities/independent power producers, industrial oil and gas refineries, IWPP, aluminum industry for smelting, steel mills, and LNG.
- Fast-start and fast-load capabilities provide operational flexibility.
- Longest maintenance intervals without reduced performance—32,000 hours for combustion and hot gas inspections.

9E.04 Offers Enhanced Power and Performance

- Reduced fuel costs and increased revenue
 - 143 MW output and 37% efficiency simple cycle
 - 208 MW output and more than 53% efficiency in a 1x1 MS 9E.04 combined cycle power plant.
- A nearly five percent reduction in installed \$/kW price, translating to a quicker return on investment.
- New 4-stage turbine module fits within the same footprint as an already installed 9E gas turbine unit.
- Utilizes proven E- and F-class materials, fired at lower E-class temperatures for hot gas path, with cooling and sealing improvements, improved clearances and optimized work splits between stages.

132-143 MW Simple Cycle Output
>54% COMBINED CYCLE EFFICIENCY

	9E.03	9E.04
Frequency	50	50
SC Net Output (MW)	132	143
SC Net Heat Rate (Btu/kWh, LHV)	9,860	9,250
SC Net Heat Rate (kJ/kWh, LHV)	10,403	9,759
SC Net Efficiency (% LHV)	34.6%	36.9%
Exhaust Energy (MM Btu/hr)	828	814
Exhaust Energy (MM kJ/hr)	874	858
GT Turndown Minimum Load (%)	35%	35%
GT Ramp Rate (MW/min)	11	12
NO _x (ppmvd) at Baseload (@15% O ₂)	5	5
CO (ppm) at Min. Turndown w/o Abatement	25	25
Wobbe Variation (%)	>+/-30%	>+/-30%

	1x1 MS 9E.03	1x1 MS 9E.04
Power Plant Configuration		
CC Net Output (MW)	199	208
CC Net Heat Rate (Btu/kWh, LHV)	6,530	6,360
CC Net Heat Rate (kJ/kWh, LHV)	6,890	6,710
CC Net Efficiency (% LHV)	52.3%	53.7%
Bottoming Cycle Type	2PNRH	2PNRH
Plant Turndown - Minimum Load (%)	72%	70%
Ramp Rate (MW/min)	11	12
Startup Time (Hot, Minutes)	38	38

	2x1 MS 9E.03	2x1 MS 9E.04
Power Plant Configuration		
CC Net Output (MW)	401	420
CC Net Heat Rate (Btu/kWh, LHV)	6,460	6,300
CC Net Heat Rate (kJ/kWh, LHV)	6,816	6,647
CC Net Efficiency (% LHV)	52.8%	54.2%
Bottoming Cycle Type	2PNRH	2PNRH
Plant Turndown - Minimum Load (%)	36%	35%
Ramp Rate (MW/min)	22	25
Startup Time (Hot, Minutes)	38	38

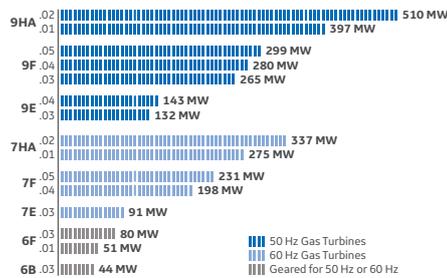


GAS TURBINE PRODUCT PORTFOLIO OVERVIEW

Efficient, Flexible, Reliable Power

GE offers the world's largest range of heavy duty gas turbines—from 44 to 510 MW. Whether for consumer electrical generation, industrial cogeneration, or mechanical drive applications, GE's gas turbines bring proven experience and capability to any power plant. On the cutting edge of gas turbine technology, GE's wide array of equipment options can meet even the most challenging power requirements.

Heavy Duty Gas Turbines



Pioneer in Gas Turbine Technology

Materials Advantage from our Aviation Expertise

GE takes advantage of more than 60 years of material science from our aviation heritage to increase performance at high firing temperatures. GE was the first to introduce single crystal alloys and devoted 15 years to developing CMCs. These materials provide longer parts life for lower life cycle costs and higher efficiencies, leading to a cost effective conversion of fuel to electricity.

Half Century of Fuel Research and Testing

GE is the industry leader in burning unconventional gas. We introduced the first F-class gas turbine to use Arabian super light crude and invented the DLN combustion system more than 30 years ago to reduce emissions.

Validation That Demonstrates Performance

GE built the world's largest, most powerful off-grid gas turbine testing facility to demonstrate gas turbine operability and performance before first fire in the field.

GE Introduced E-Class, F-Class, and H-Class Technology to the Industry

High-Efficiency H-Class

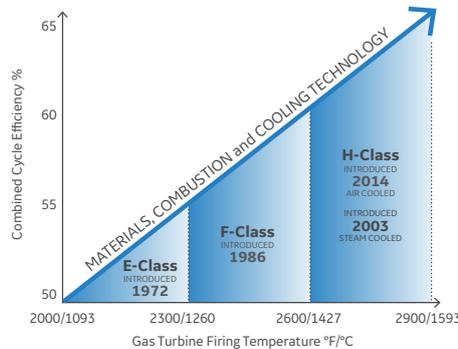
- Most cost-effective conversion of natural gas to electricity in the H-class industry.
- Includes the world's largest high efficiency turbine: 510 MW.
- First H-class gas turbine fleet to reach 220,000 operating hours.

Industry-Leading F-Class

- Introduced F-class technology nearly 30 years ago.
- World's largest fleet, with more than 1,100 installed units and 50 million fired hours in service.
- Industry's best reliability at 99.4%.

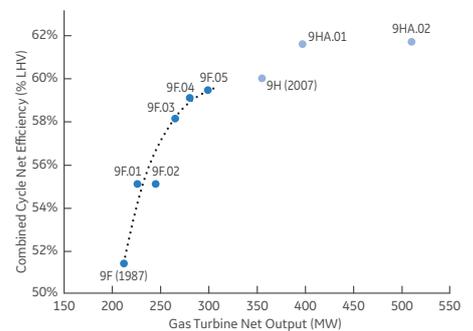
Reliable B- and E-Class

- Rugged and available in the most arduous climates.
- Industry-leading fuel flexibility, burning more than 50 gases and liquids.
- Quick installation for fast-track projects.
- Over 3000 units installed.
- More than 143 million operating hours.

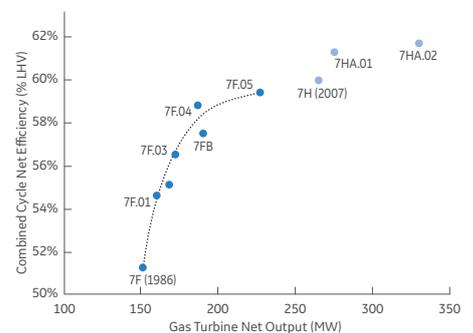


Platform Product Evolution Evolutionary Method Reduces Time to Product Introduction

50 Hz



60 Hz



ANEXO C – INFORMACIÓN TÉCNICA GENERADOR

ESTIMATED GENERATOR DATA

Customer: INPROLEC
Station/Project: Los Guindos - 1 x 9E DF (2nd)
Generator Number: GG10684
Generator Type: A39 (9A5)

GENERATOR RATING

Data for Proposal No/Electrical Design: D296T65 NOV 21 2017

**ATB 2 165000 kVA 3000 RPM 15000 Volts 0.85 PF 0 psig (0 kPa) 40 °C Gas 140250 kW 6351 Amps
 379 Field Volts 557 Ft (170 m) Alt 0.5 SCR 50 Hz 3 Phase WYE Connection**

Exciter Rating

Type Brushless

417 kW 379 Volts 1100 D.C.Amps Field Amps @ Generator rated Load 975

<u>Total temperatures are guaranteed not to exceed:</u>	<u>Insulation Class</u>	<u>Temperature Rise</u>
Stator coils: 122 °C by embedded detector	Armature F	B
Field coils 120 °C by Resistance	Field F	B
Collector Gas Rise 20 °C by RTD		

COOLING WATER REQUIREMENTS @ GENERATOR RATING

Generator Output: 165000 kVA
 Loss to Coolers: 1786 kW
 Inlet Water Temperature: 36.3 °C
 Outlet Cold Gas Temperature 40 °C
 Coolant 15 % Ethylene Glycol
 Maximum Fouling Factor: 0.001 ft² hr °F/ Btu (0.1761 m² °K/ kW)
 Total Water Flow Required: 700 GPM (158.9 m³/hr) (total for all coolers)
 Coolant temperature Max 41.6 °C
 Head Loss Per Cooler: 23.5 Feet of Water (70.6 kPa)
 Maximum Operating Pressure: 125 psig (861.8kPa)

DIELECTRIC TESTS (Between coils and ground, 50/60 hertz AC for 1 min)

Stator 31000V
 Rotor 3660V

© 2017 GENERAL ELECTRIC COMPANY (USA)

All rights reserved. The information herein is Proprietary and Technically Exclusive content of the General Electric Company and/or its legitimate affiliates.

 GE Power	DOCUMENT TYPE: DATA SHEETS	REVISION -
	DOCUMENT TITLE: GENERATOR ELECTRICAL DATA 1193107 GTG	
CREATION DATE 2017-12-12	SHEET SIZE A	DRAWING NO 128T7646
		SHEET 2 of 14

REACTANCES (Per Unit):

	Direct Axis	Quadrature Axis
Saturated Synchronous	X _{dv} 2.05	X _{qv} 1.95
Unsaturated Synchronous	X _{di} 2.05	X _{qi} 1.95
Saturated Transient	X' _{dv} 0.210	
Unsaturated Transient	X' _{di} 0.220	X' _q 0.405
Saturated Sub transient	X'' _{dv} 0.145	X'' _{qv} 0.145
Unsaturated Sub transient	X'' _{di} 0.165	X'' _{qi} 0.165
Saturated Negative Sequence	X _{2v} 0.145	
Unsaturated Negative Sequence	X _{2i} 0.165	
Saturated Zero Sequence	X _{0v} 0.090	
Unsaturated Zero Sequence	X _{0i} 0.090	
Saturated Leakage Reactance	X _{lv} 0.115	
Unsaturated Leakage Reactance	X _{li} 0.125	

FIELD TIME CONSTANTS (Seconds @ 125 °C)

Open Circuit	T' _{d0} 10.5	T' _{q0} 0.65
Three Phase Short Circuit Transient	T' _{d3} 0.97	T' _q 0.13
Line To Line Short Circuit Transient	T' _{d2} 1.69	
Line To Neutral Short Circuit Transient	T' _{d1} 2.04	
Short Circuit Sub transient	T'' _d 0.031	T'' _q 0.031
Open Circuit Sub transient	T'' _{d0} 0.045	T'' _{q0} 0.086

ARMATURE DC COMPONENT TIME CONSTANTS (Seconds@ 100 °C)

Three Phase Short Circuit	T _{a3} 0.42
Line To Line Short Circuit	T _{a2} 0.42
Line To Neutral Short Circuit	T _{a1} 0.31

ARMATURE WINDING SEQUENCE RESISTANCES (Per Unit)

Positive	R ₁ 0.003
Negative	R ₂ 0.0152
Zero	R ₀ 0.0081

Reactance, Resistance and Time Constant data may be interpreted per IEEE 115, Part II.

The base reactance ("UNIT") is calculated by the armature kV squared / MVA.

Base reactance = 1.3636 Ohms

Rotor Short-Time Thermal Capacity, (I ₂) ² t	8 s
Turbine-Generator Combined Train Inertia, WR ²	477524 lb-ft ² (20123 kg-m ²)
Turbine-Generator Combined Inertia Constant, H	6.017 kW-s/kVA
Three Phase Armature Winding Capacitance	1.0444 μF
Armature Winding DC Resistance (Per Phase)	0.001753 Ω (100 °C)
Field Winding DC Resistance	0.349 Ω (125 °C)
Field Current At Rated Kva, Armature Voltage, & PF	975 A
Field Current At Rated Kva, Armature Voltage, 0 PF Lagging*	1141 A

(* For Systems Study Only - Not Allowable Operating Point)

© 2017 GENERAL ELECTRIC COMPANY (USA)

All rights reserved. The information herein is Proprietary and Technically Exclusive content of the General Electric Company and/or its legitimate affiliates.

 GE Power	DOCUMENT TYPE: DATA SHEETS	REVISION -
	DOCUMENT TITLE: GENERATOR ELECTRICAL DATA 1193107 GTG	
CREATION DATE 2017-12-12	SHEET SIZE A	DRAWING NO 128T7646
		SHEET 3 of 14

MACHINE SATURATION DATA

S/1.0 = 0.1206 Machine saturation may be calculated from the data of curves A and B of
 S/1.2 = 0.55 "ESTIMATED SATURATION AND SYNCHRONOUS IMPEDANCE CURVES".
 "S/1.0" is the field amp difference from B to A divided by the field amp of A at 1.0 pu voltage.

X/R RATIO

X/R = 112 X/R ratio equals "XPP/DV" * base reactance / armature DC resistance at 100 C

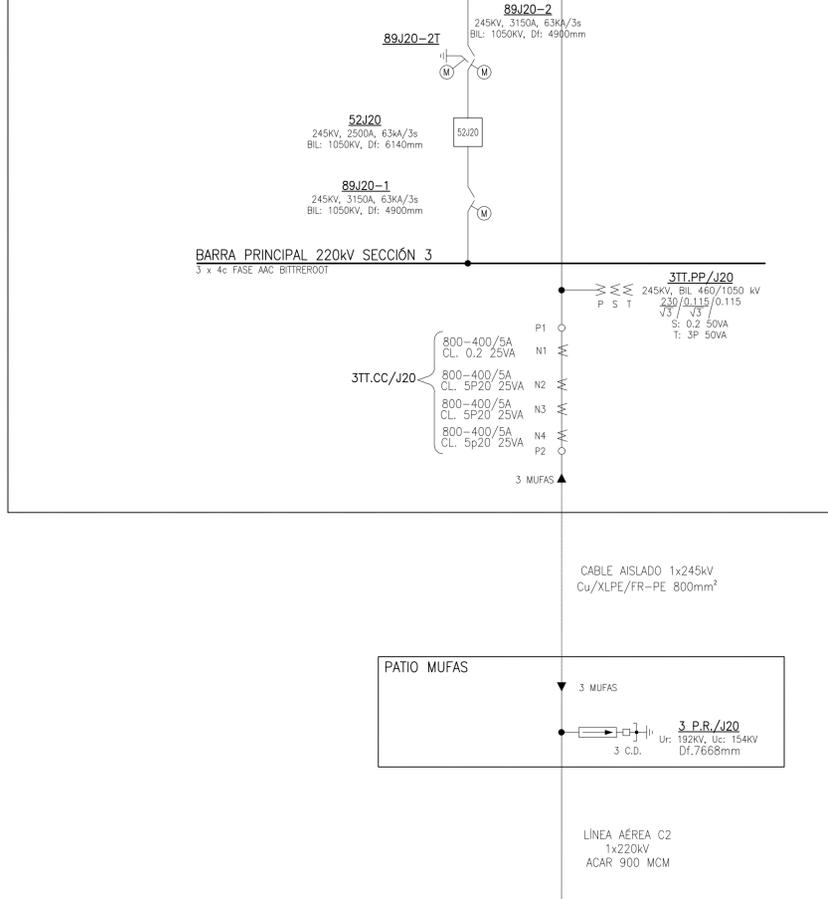
© 2017 GENERAL ELECTRIC COMPANY (USA)

All rights reserved. The information herein is Proprietary and Technically Exclusive content of the General Electric Company and/or its legitimate affiliates.

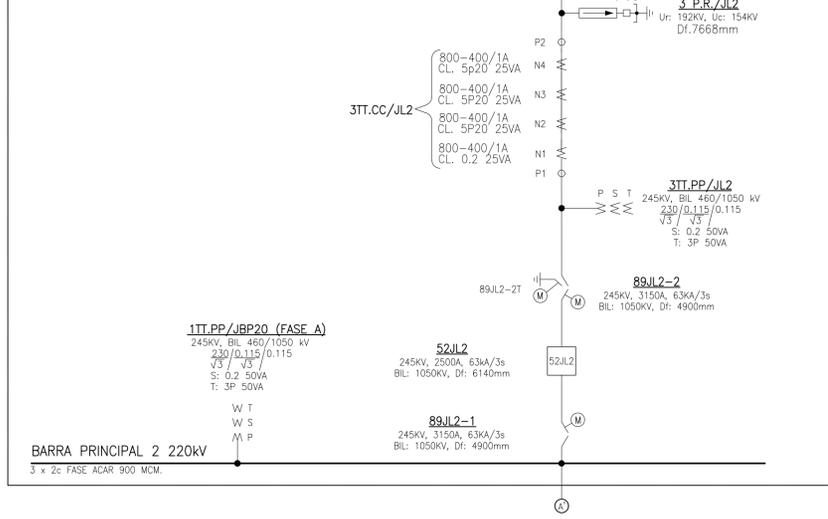
 GE Power	DOCUMENT TYPE: DATA SHEETS		REVISION -
	DOCUMENT TITLE: GENERATOR ELECTRICAL DATA 1193107 GTG		
CREATION DATE 2017-12-12	SHEET SIZE A	DRAWING NO 128T7646	SHEET 4 of 14

ANEXO D – DIAGRAMA UNILINEAL ELÉCTRICO

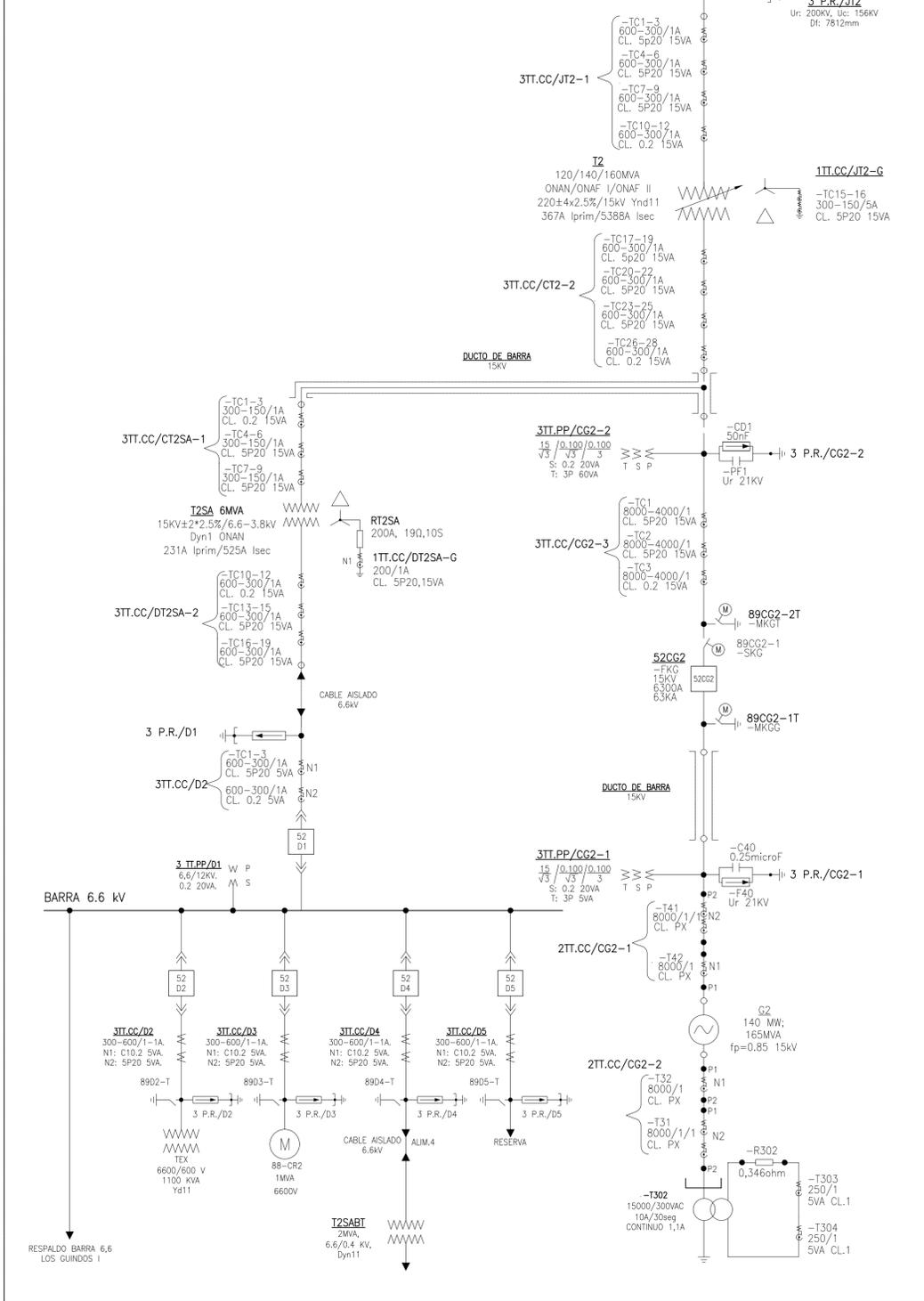
PATIO 220KV S/E CHARRÚA



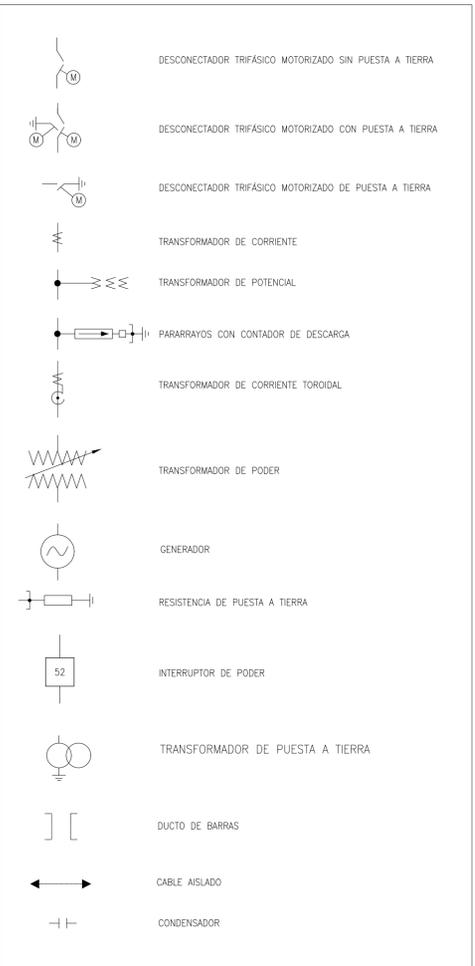
PATIO 220KV S/E LOS GUINDOS



CENTRAL LOS GUINDOS



SIMBOLOGÍA:



PLANOS REFERENCIA:

- CTLG-2430-E-DI-0001 - DIAGRAMA UNILINEAL PROYECTO MAESTRO
- CTLG-2430-E-DC-0001 - PLANO DE UBICACION DE PROYECTO Y TRAZADO DE LINEA PLANTA
- CTLG-2432-E-DC-0001 - DISPOSICIÓN DE EQUIPOS SE LOS GUINDOS (PLANTA)
- CTLG-2434-E-DC-0001 - DISPOSICIÓN DE EQUIPOS PAÑO J20 SE CHARRUA (PLANTA Y CORTE)

N°	FECHA	MODIFICACIONES	EJEC	REV	APR
0	14/09/18	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	M.A.P.	J.A.M.	R.F.W.
C	24/01/18	EMITIDO PARA APROBACION DEL CLIENTE	L.A.S.	M.C.G.	R.F.W.
B	17/10/17	EMITIDO PARA REVISION Y COMENTARIOS DEL CLIENTE	D.H.G.	J.A.M.	R.F.W.
A	14/09/17	EMITIDO PARA REVISION INTERNA	D.H.G.	JAM	R.F.W.



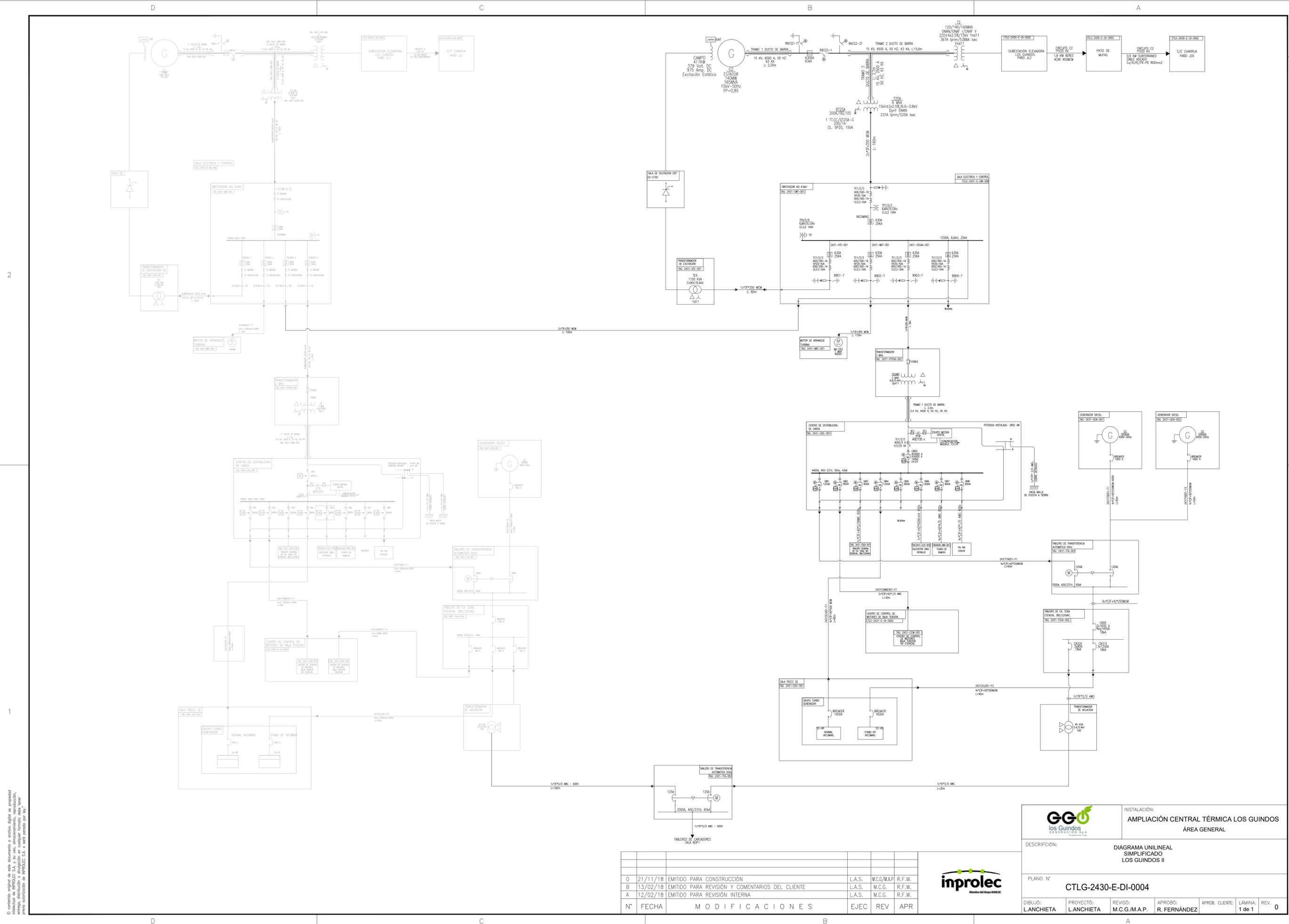
INSTALACION:
AMPLIACION CENTRAL TÉRMICA LOS GUINDOS
ÁREA GENERAL

DESCRIPCION: **DIAGRAMA UNILINEAL PROYECTO**

PLANO N°: **CTLG-2430-E-DI-0002**

DIBUJÓ:	PROYECTÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	APROB. CLIENTE:	LÁMINA:	REV.
D. HERNÁNDEZ	D. HERNÁNDEZ	J. AYALA	R. FERNÁNDEZ		1 de 1	0

El contenido técnico de este documento es propiedad intelectual de Inprolec S.A. Se prohíbe la reproducción, distribución o divulgación en cualquier formato digital, físico o electrónico sin el consentimiento escrito de Inprolec S.A. Si se necesita por favor, contactar a Inprolec S.A.



El contenido técnico de este documento es propiedad intelectual de INPROLEC S.A. y no puede ser copiado, distribuido o divulgado en cualquier formato electrónico o impreso sin el consentimiento escrito de INPROLEC S.A. o su representante legal.

N°	FECHA	MODIFICACIONES	EJEC	REV	APR
0	21/11/18	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	L.A.S.	M.C.G./M.A.P.	R.F.W.
B	13/02/18	EMITIDO PARA REVISIÓN Y COMENTARIOS DEL CLIENTE	L.A.S.	M.C.G.	R.F.W.
A	12/02/18	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA	L.A.S.	M.C.G.	R.F.W.



		AMPLIACIÓN CENTRAL TÉRMICA LOS GUINDOS ÁREA GENERAL	
DESCRIPCIÓN:		DIAGRAMA UNILINEAL SIMPLIFICADO LOS GUINDOS II	
PLANO N°		CTLG-2430-E-DI-0004	
DIBUJÓ: LANCHIETA	PROYECTÓ: LANCHIETA	REVISÓ: M.C.G./M.A.P.	APROBÓ: R. FERNÁNDEZ
APROB. CLIENTE:		LÁMINA:	REV.
		1 de 1	0

ANEXO E – CARTA DE 04975-18

Santiago, 29 de octubre de 2018
DE 04975-18

Señores
Encargados
Empresas Coordinadas
Presente

Ref.: Aceptación del Mínimo Técnico de Central Termoeléctrica Los Guindos, del Coordinado Los Guindos Generación SpA.

[1] Carta DE 04641-18, Ref.: "Informe de Mínimo Técnico Central Termoeléctrica Los Guindos, del Coordinado Los Guindos Generación SpA", de fecha 4 de octubre de 2018.

De nuestra consideración:

En cumplimiento con lo establecido en el Artículo 11 del Anexo Técnico "Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras" de la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio, comunicamos a Ud. la aceptación por parte del Coordinador Eléctrico Nacional de los valores de Mínimo Técnico de central termoeléctrica Los Guindos, los que se justifican en el Informe Técnico publicado en la página web del Coordinador mediante la comunicación de la Ref. [1].

Se deja constancia que en el plazo establecido por el Artículo 10 del Anexo Técnico en aplicación, no se recibieron observaciones de coordinado alguno al Informe Técnico mencionado en el párrafo previo.

Considerando lo planteado, los valores de los parámetros de Mínimo Técnico de central Los Guindos se indican en la siguiente tabla:

Tabla 1: Parámetro de mínimo técnico central Los Guindos en conformidad al Anexo Técnico en aplicación

Central	Unidad	Combustible	Mínimo Técnico [MW]
Los Guindos	Los Guindos G1	Diésel	30

Tabla 2: Parámetro de mínimo técnico central Los Guindos en conformidad a su normativa ambiental vigente

Central	Unidad	Combustible	Mínimo Técnico [MW]
Los Guindos	Los Guindos G1	Diésel	65

En cumplimiento del Artículo 12 del Anexo Técnico antes mencionado, los valores de Mínimo Técnico de central Los Guindos, indicados en las tablas 1 y 2, entrarán en vigencia a partir de las 00:00 horas del día miércoles 31 de octubre de 2018.

El informe de mínimo técnico que contiene la justificación de los parámetros indicados anteriormente puede ser descargado en la siguiente ruta de la página web del Coordinador Eléctrico Nacional:

Inicio > Informes y Documentos > Parámetros operacionales de unidades generadoras y auditorías técnicas > Mínimo Técnico > Informes de Mínimos Técnicos Unidades Generadoras > Central Los Guindos

Sin otro particular, saluda atentamente a Ud.



Ernesto Huber J.
Gerente de Operación
Coordinador Eléctrico Nacional

c.c.:
Sr. Gabriel Flores – Encargado Los Guindos Generación SpA
SGA/DCO/DAO/SGO/CDN/CDS/SGP/DPRO/DTE/DPE/DAE/DIT/DPR/DCA

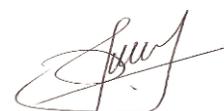
ANEXO F – CERTIFICADO COMBUSTIBLE

Cliente : INPROLEC S.A.
Dirección : AV. DEL PARQUE 4161, PISO 2, HUECHURABA
Ref. Cliente : OC 4600004182 / SELLO 2546
Nuestra Ref. : OTICH19-20156 / 3947
Lugar : CENTRAL TERMOELECTRICA LOS GUINDOS - CABRERO
Producto⁽¹⁾ : PETROLEO DIESEL GRADO B2
Muestra Obtenida por⁽²⁾ : CLIENTE
Muestra obtenida de : ESTANQUE 1040-TK-001 / P. MAXIMA
Fecha de Muestreo : 06-04-2019
Analizada por : OIL TEST INTERNACIONAL DE CHILE S.A.
Fecha de Informe : 07-06-2019

REPORTE DE ANÁLISIS

Prueba	Unidades	Métodos	Especificaciones	Resultados
Calor de Combustión Bruto	Btu/lb	ASTM D4868	Informar	19659
Calor de Combustión Neto	Btu/lb	ASTM D4868	Informar	18441
Viscosidad Cinemática, 100°F (37.8°C)	cSt	ASTM D445	0,5 Mín. - 5,8 Máx.	3,247
Viscosidad Cinemática, 122°F (50.0°C)	cSt	ASTM D445	Informar	2,646
Viscosidad Cinemática, 210°F (98.9°C)	cSt	ASTM D445	Informar	1,169
Gravedad Específica, 60°F (15,6°C)	---	ASTM D1298	Informar	0,8393
Gravedad Específica, 100°F (37,8°C)	---	ASTM D1298	Informar	0,8251

Observaciones:



JORGE HERRERA GEDERLINI
GERENTE DE LABORATORIO

⁽¹⁾ Descrito según el cliente

⁽²⁾ Los análisis reportados corresponden a la muestra suministrada al laboratorio por (ver arriba "Muestra obtenida por")

Este reporte de análisis no puede ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito de OIL TEST INTERNACIONAL DE CHILE S.A.

ANEXO G – MANUAL DE OPERACIÓN TURBINA

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
OPERACIÓN

SECUENCIAS DE OPERACIÓN

1.	INTRODUCCIÓN	3
1.1.	ADVERTENCIA.....	3
1.2.	SECUENCIAS DE OPERACION	3
1.3.	FOTOGRAFIA DE LA PANTALLA	3
2.	RESPONSABILIDAD DEL OPERADOR	4
3.	MODO DE ARRANQUE	4
4.	OPERACIÓN DE ENFRIAMIENTO	4
4.1.	CONDICIONES INICIALES	4
4.2.	SECUENCIAS.....	5
4.3.	CONDICIONES FINALES.....	6
5.	ARRANQUE NORMAL.....	7
5.1.	CONDICIONES INICIALES	7
5.2.	SECUENCIAS.....	8
5.3.	CONDICIONES FINALES.....	11
6.	SINCRONIZACIÓN.....	11
6.1.	CONDICIONES INICIALES	11
6.2.	SECUENCIAS.....	12
6.3.	CONDICIONES FINALES.....	12
7.	TRANSFERENCIA DE COMBUSTIBLE	13
7.1.	CONDICIONES INICIALES	13
7.2.	SECUENCIAS.....	15
7.3.	CONDICIONES FINALES.....	16
8.	CAPTACIÓN DE LA CARGA.....	17
8.1.	CONDICIONES INICIALES	17
8.2.	SECUENCIAS.....	18
8.3.	CONDICIONES FINALES.....	18
9.	MOTORES PRINCIPALES.....	19
9.1.	CONDICIONES INICIALES	19
9.2.	SECUENCIAS.....	19
9.3.	CONDICIONES FINALES.....	20
10.	PARADA NORMAL	21
10.1.	CONDICIONES INICIALES	21
10.2.	SECUENCIAS.....	21
10.3.	CONDICIONES FINALES.....	22
11.	PARADA DE LOS AUXILIARES.....	23
11.1.	CONDICIONES INICIALES	23
11.2.	SECUENCIAS.....	23
11.3.	CONDICIONES FINALES.....	23
12.	PARADA DE EMERGENCIA	24
12.1.	CONDICIONES INICIALES	24
12.2.	SECUENCIAS.....	24
12.3.	CONDICIONES FINALES.....	24
13.	LAVADO EN LÍNEA DEL COMPRESOR	25
13.1.	CONDICIONES INICIALES	25
13.2.	SECUENCIAS.....	25
13.3.	CONDICIONES FINALES.....	26

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
OPERACIÓN

14.	LAVADO DEL COMPRESOR FUERA DE LÍNEA	27
14.1.	CONDICIONES INICIALES	27
14.2.	SECUENCIAS.....	28
14.3.	CONDICIONES FINALES.....	29
15.	INYECCIÓN DE AGUA.....	30
15.1.	CONDICIONES INICIALES	30
15.2.	SECUENCIAS.....	31
15.3.	CONDICIONES FINALES.....	31
16.	IGNICIÓN DEFECTUOSA	32
16.1.	IGNICION NORMAL	32
16.2.	IGNICION DEFECTUOSA	32
17.	PRUEBA DE VELOCIDAD EXCESIVA.....	33
17.1.	CONDICIONES INICIALES	33
17.2.	SECUENCIA	33
17.3.	CONDICIONES FINALES.....	33
18.	INTERRUPCIÓN DE LA SECUENCIA DEL VIRADOR	33
19.	PARADA PROLONGADA.....	34

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

OPERACIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ADVERTENCIA

Después de la instalación en el sitio, la primera puesta en marcha de la turbina de gas se realiza con la participación de los ingenieros de General Electric y según los procedimientos específicos de la puesta en marcha.

El presente documento, que se relaciona con la operación de la turbina de gas, sólo trata de los procedimientos de operación normales.

Cada intervención técnica en la turbina de gas debe estar respaldada por un permiso de trabajo.

El cumplimiento estricto de los procedimientos del permiso de trabajo garantiza la seguridad de las personas así como la observancia de la configuración de funcionamiento inicial de los equipos.

1.2. SECUENCIAS DE OPERACIÓN

Las secuencias descritas en las tablas siguientes incluyen las condiciones iniciales, las secuencias y las condiciones finales. Las secuencias se representan en cuatro columnas:

- La primera columna, titulada Entrada, enumera las acciones emprendidas manualmente y los umbrales significativos de la ejecución de las secuencias.
- La segunda columna describe los eventos principales.
- La tercera columna, titulada Salida, enumera los motores principales.
- La última columna, titulada Estado, especifica el estado del componente o secuencia pertinente:
 - 0 significa que el motor para.
 - 1 significa que el motor arranca.
 - 2 min significa que la secuencia dura 2 minutos.

1.3. FOTOGRAFÍA DE LA PANTALLA

Las tomas de pantalla incluidas en este documento se realizan sin el equipo del control conectado con la turbina de gas. Los valores físicos fijados no son, pues, representativos de los parámetros de operación.

Ejemplo: -18°C para la temperatura del escape.

Estas vistas solamente facilitan la comprensión del texto.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

OPERACIÓN

2. RESPONSABILIDAD DEL OPERADOR

El operador es una persona, autorizada por su patrón, que está familiarizada con la operación de un turbogenerador usado para la generación de corriente eléctrica.

Su papel consiste en realizar la instalación de acuerdo con los procedimientos pertinentes de operación, sistema y seguridad del personal.

3. MODO DE ARRANQUE

Por lo general el operador enciende la turbina de gas en modo automático seleccionando "Auto" en la pantalla principal o "A distancia" para la operación a distancia. Los modos de selección "Manivela" y "Encendido" están disponibles para la prueba de secuencia específica.

"Manivela" permite la secuencia de arranque normal de la turbina de gas hasta la velocidad de encendido, pero sin el encendido. Este modo se utiliza para probar el sistema de los medios de arranque.

"Encendido" permite la secuencia de arranque normal de la turbina de gas incluyendo el encendido, pero sin acelerar la línea del eje. Este modo se utiliza para probar la secuencia de encendido.

La selección del modo "Manivela" y del modo "Encendido" se puede utilizar para demostrar o para probar manualmente el arranque del motor y/o el encendido después de las principales actividades de mantenimiento en la turbina de gas y no se utiliza durante la operación normal.

4. OPERACIÓN DE ENFRIAMIENTO

4.1. CONDICIONES INICIALES

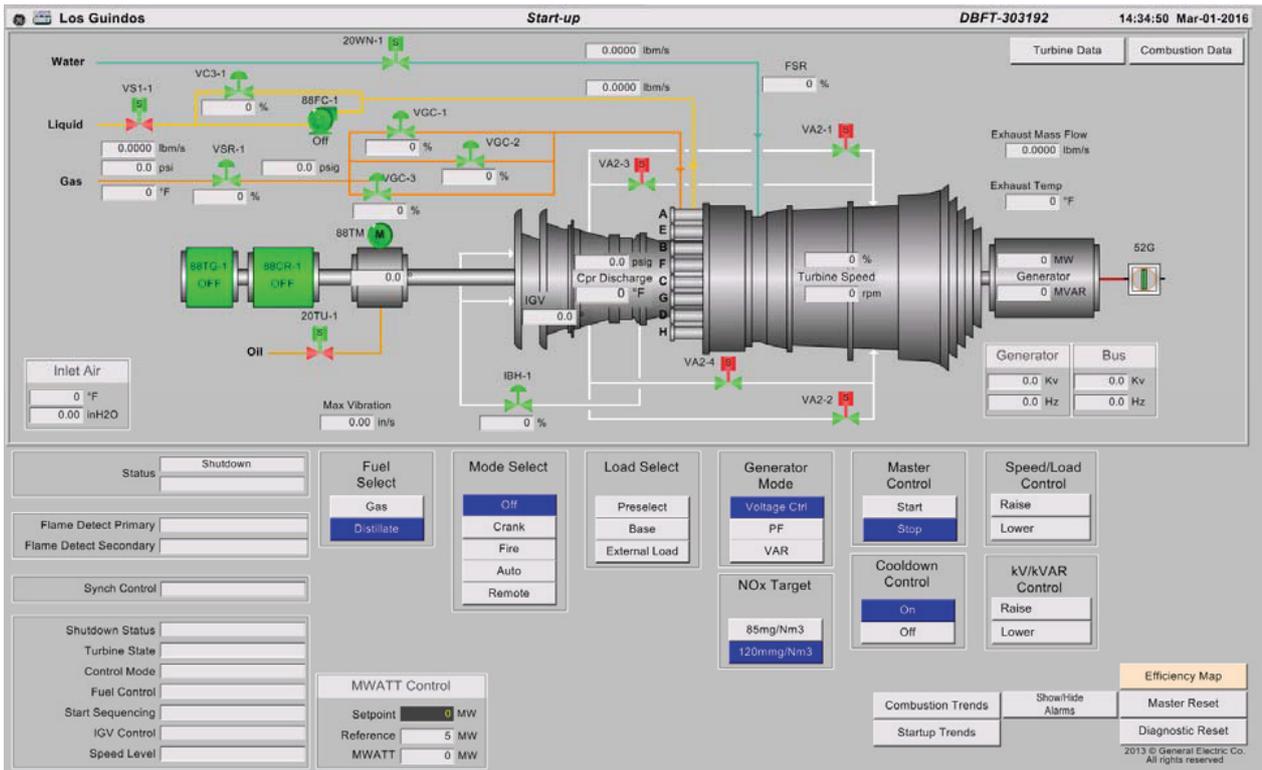
Esta operación consiste en iniciar el virador del eje después de una parada completa de la turbina de gas.

Las condiciones iniciales son las siguientes:

- No hay trabajo en realización en la turbina de gas, no hay permiso de trabajo abierto.
- Eje en parada total.
- Gabinetes de control energizados y operacionales.
- Equipo de alimentación disponible y operacional.
- Fluidos disponibles con los niveles correctos.
- Sin alarmas injustificadas.
- La detección y la protección contra incendios están operacionales.
- No se requiere la disponibilidad del combustible si no se va a encender la máquina.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
OPERACIÓN

4.2. SECUENCIAS



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
OPERACIÓN

Entrada	Descripción	Salida	Estado
Seleccionar modo: Enfriamiento	Se selecciona el enfriamiento.		
Control de enfriamiento: On	Se selecciona el control de enfriamiento ON.		
Control maestro: Arranque	Las alarmas visuales en el compartimento de la turbina destellan para indicar el arranque inminente de la turbina de gas.	Duración del parpadeo	
	La bomba de aceite auxiliar arranca, se crea la presión del aceite.	88QA	1
	Las bombas de elevación de aceite del generador arrancan.	88QB	1
	El motor de tracción de los álabes del convertidor de par coloca el convertidor en la máxima posición de par.		
	El motor de arranque arranca.	88CR	1
14HR	El eje gira; la señal de "velocidad cero" detecta el comienzo de la rotación.		
14HT	La velocidad del eje alcanza un punto en el que puede mantenerse con el motor de giro.	88CR	0
	El motor de giro está activo.	88TG	1
	El motor de tracción de los álabes del convertidor de par coloca el convertidor en la posición de par de giro.		
	Turbina a velocidad de giro.		

4.3. CONDICIONES FINALES

La línea del eje gira a baja velocidad y la turbina de gas está disponible para el arranque.

La desección del virador detiene la secuencia de giro de la línea del eje si la turbina está fría.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

OPERACIÓN

5. ARRANQUE NORMAL

5.1. CONDICIONES INICIALES

Esta operación consiste en arrancar la turbina de gas desde la parada o desde la velocidad del virador a la velocidad nominal.

Las condiciones iniciales son las siguientes:

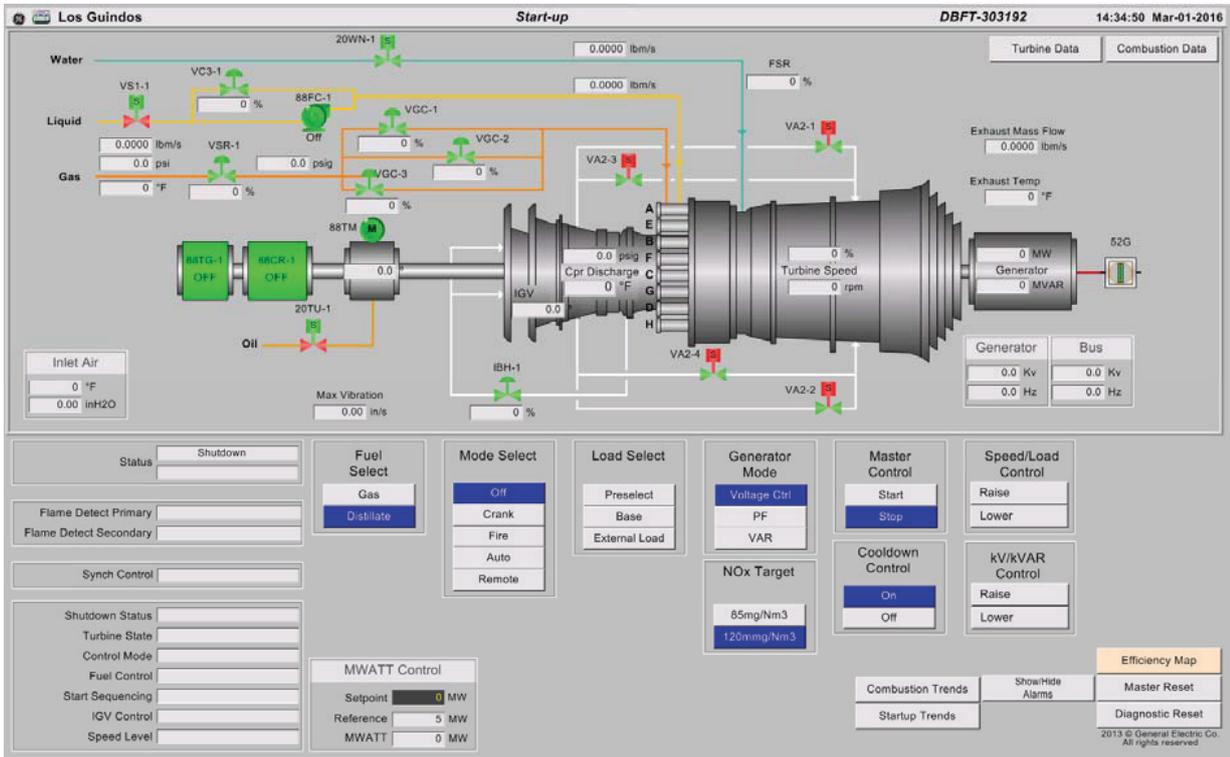
- No hay trabajo en realización en la turbina de gas, no hay permiso de trabajo abierto.
- Línea del eje parada o a la velocidad del virador.
- No haya alarmas activadas en los gabinetes de control.
- Detección de incendios y protección contra incendios operacionales.
- Gabinetes de control energizados y operacionales.
- Equipo de alimentación disponible y operacional.
- Fluidos disponibles con los niveles correctos.
- Combustible disponible.
- Estado verde de permiso de arranque.
- Red eléctrica disponible si la máquina se pone en marcha para el suministro de energía eléctrica o la producción de vapor.

Si el eje ya está en la secuencia del virador, en cuanto se inicia el comando de arranque el motor del virador se detiene, el motor de arranque arranca y la secuencia continúa tal y como se describe a continuación.

Cuando la turbina de gas ha estado parada por más de dos días sin virar, se recomienda arrancar los auxiliares primero y mantener la máquina a la velocidad de giro durante varios minutos, según lo descrito en el capítulo anterior "secuencia de enfriamiento". Después de pocos minutos de funcionamiento, puede iniciarse la secuencia de arranque normal.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
OPERACIÓN

5.2. SECUENCIAS



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
OPERACIÓN



Entrada	Descripción	Salida	Estado
Seleccionar modo: Auto (automático)	Se selecciona el modo automático.		
Comando de arranque	Las alarmas visuales en el compartimiento de la turbina destellan para indicar el arranque inminente de los componentes siguientes:	Duración del parpadeo	
	La bomba de aceite lubricante de emergencia procede a la secuencia de prueba.	88QE	1 / 0
	La ventilación del compartimiento de la turbina procede a la secuencia de prueba.	88BT	1/0
	La ventilación del compartimiento de la turbina está funcionando.	88BT	1
	La ventilación del compartimiento del gas procede a la secuencia de prueba.	88VL	1/0
	La ventilación del compartimiento del gas está funcionando.	88VL	1
	La bomba de entrega de combustible líquido principal arranca si se selecciona destilado.	88FD	1
	El aumentador de atomización de aire arranca	88AB	1
	La bomba de aceite auxiliar arranca, se crea la presión del aceite.	88QA	1
	Arranca el ventilador del eliminador de nieblas de aceite.	88QV	1

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
OPERACIÓN

Entrada	Descripción	Salida	Estado
	Las bombas de elevación de aceite del generador arrancan.	88QB	1
	El motor de tracción de los álabes del convertidor de par coloca el convertidor en la máxima posición de par.		
	La bomba de aceite de alta presión arranca.	88HQ	1
	El motor de arranque arranca.	88CR	1
14HR	El eje arranca; la señal de "velocidad cero" detecta el comienzo de la rotación.		
14HT	Si el operador selecciona combustible gaseoso para el arranque, se activa la prueba de escape.		
14HM	La velocidad del eje alcanza el umbral de encendido.		
	El ciclo de purga del conducto de escape está activado para Ciclo simple o para Ciclo combinado.	K2TV	3 min 17 min
	El motor de tracción de los álabes del convertidor de par coloca el convertidor en la mínima posición de par.		
	La velocidad de la turbina disminuye hasta alcanzar la velocidad de encendido		
	Se activa la secuencia de encendido.		
	Se energizan los transformadores de encendido.		
	Las válvulas de combustible se abren.		
28FD	La presencia de la llama se detecta en las cámaras de combustión.		
	El motor de tracción de los álabes del convertidor de par coloca el convertidor en la máxima posición de par.		
	La ventilación del compartimiento de carga es activa.	88VG	1
	Después del encendido, el flujo de combustible se mantiene en su valor de calentamiento durante un minuto.		
	El flujo de combustible aumenta gradualmente para acelerar el eje.		
	La bomba de elevación del generador se para.	88QB	0
14HA	Se alcanza el umbral de velocidad de "aceleración".		
14HC	Se alcanza el umbral de velocidad autosostenible.		
	La bomba del aumentador de atomización de aire para	88AB	0
	El motor de arranque se para.	88CR	0
14HS	La bomba de aceite auxiliar para.	88QA	0
	La bomba de aceite de alta presión para.	88HQ	0
	El primer ventilador de enfriamiento del bastidor de escape arranca.	88TK1	1
	El segundo ventilador arranca varios segundos después que el primero.	88TK2	1
	El generador se excita.		
	Turbina a la velocidad nominal.		

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

OPERACIÓN

5.3. CONDICIONES FINALES

La lubricación de la línea del eje es asegurada por la bomba de aceite accionada por el eje.

La turbina de gas está a la velocidad nominal, el generador con la excitación a la tensión nominal, el turbogenerador está listo para su sincronización a la red para que entregue energía eléctrica.

6. SINCRONIZACIÓN

6.1. CONDICIONES INICIALES

Esta operación consiste en la sincronización del grupo del turbogenerador a la red para la generación de corriente eléctrica.

Las condiciones iniciales son las siguientes:

- Turbina a la velocidad nominal.
- Generador excitado a la tensión nominal.
- Red disponible.

Se permite la sincronización manual si se cumple con las condiciones siguientes:

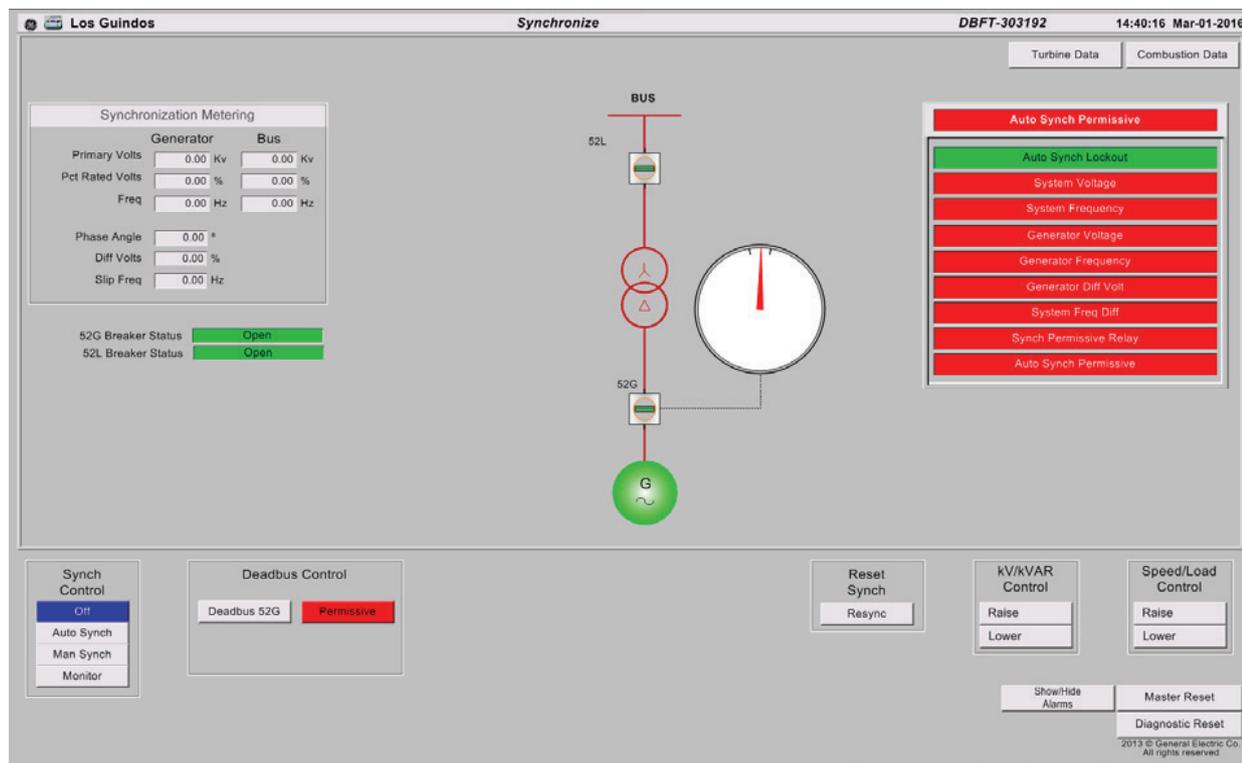
- Tensiones idénticas del generador y de la red.
- Frecuencias idénticas del generador y de la red.
- Fase idéntica.

La operación manual es la responsabilidad del operador. Se prefiere el proceso de sincronización automática.

El botón pulsador RESINC tiene la misma función que la sincronización automática. Debe ser utilizado para permitir la resincronización automática.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
OPERACIÓN

6.2. SECUENCIAS



Entrada	Descripción	Salida	Estado
Control de la sinc.: AUTO SINC	El Speedtronic ajusta la velocidad de la unidad y la tensión del generador.		
	El interruptor de circuito del generador se cierra automáticamente.		

6.3. CONDICIONES FINALES

La unidad alcanza la carga de reserva giratoria.

El turbogenerador está operacional para producir todo el suministro de energía eléctrica.

La tensión del generador se puede ajustar manualmente para satisfacer las condiciones de la potencia reactiva.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
OPERACIÓN

7. TRANSFERENCIA DE COMBUSTIBLE

7.1. CONDICIONES INICIALES

Se logra la transferencia de combustible exitosa solamente si el combustible está en la condición de operación:

- Sistema disponible y se abren todas las válvulas normalmente abiertas
- Sin alarma en el sistema
- Combustible disponible en la condición apropiada: presión y temperatura
- Combustible líquido en el depósito al nivel aceptable

1. Transferencia manual (turbina de gas a toda velocidad)

Gas a líquido

Cuando la turbina está funcionando con combustible gaseoso, el cambio de combustible se inicia si el operador selecciona el combustible líquido.

La transferencia de combustible gaseoso a combustible líquido se permite a toda velocidad sin carga o con carga.

Se requiere automáticamente un retardo de tiempo (de 30 segundos) para alimentar las líneas de combustible líquido. Al final de este cebado, el flujo de combustible líquido comienza a aumentar y flujo de combustible gaseoso a disminuir. Durante la operación de transferencia, el combustible gaseoso y líquido se quemarán simultáneamente.

Líquido a gas

Cuando la turbina está funcionando con combustible líquido, el cambio de combustible se inicia si el operador selecciona el combustible gaseoso.

La prueba de escape de gas se activa antes de la transferencia de combustible líquido a combustible gaseoso.

Se requiere un retardo de tiempo (de 30 segundos) para alimentar las líneas de combustible gaseoso. Al final de este cebado, el flujo de combustible gaseoso comienza a aumentar y flujo del combustible líquido a disminuir. Durante la operación de transferencia, el combustible gaseoso y líquido se quemarán simultáneamente.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
OPERACIÓN

2. Transferencia automática (turbina de gas a toda velocidad)

Gas a líquido

La transferencia automática de combustible se refiere solamente a la transferencia de combustible gaseoso a combustible líquido pues el combustible líquido es el combustible de reserva.

La señal para la conmutación automática está dada por:

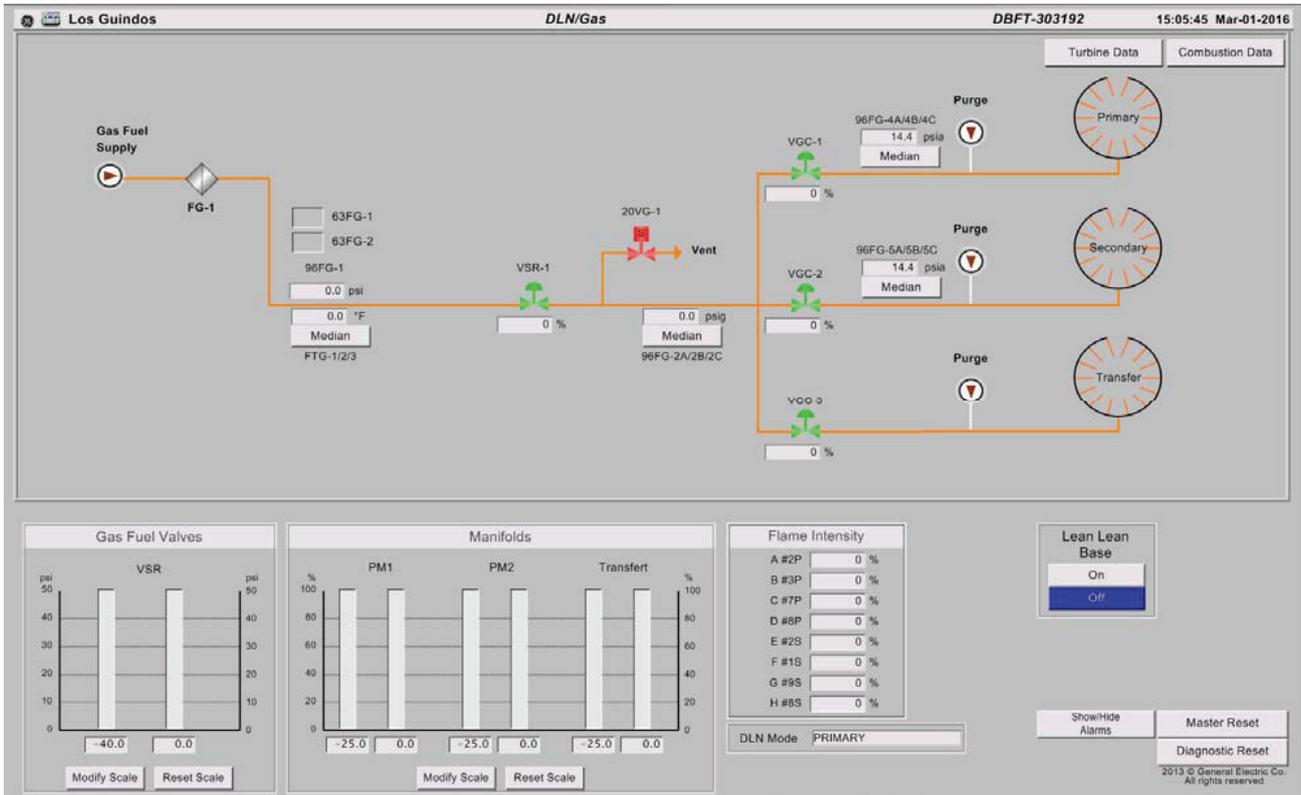
- presión del gas combustible baja o
- temperatura del gas combustible baja o
- carrera de la válvula de relación de velocidad más alta que el punto de ajuste permisible o
- nivel alto del purificador de gas.

En caso de baja presión de gas o de discrepancia de la carrera de la SRV, se omite el tiempo de retardo de la alimentación.

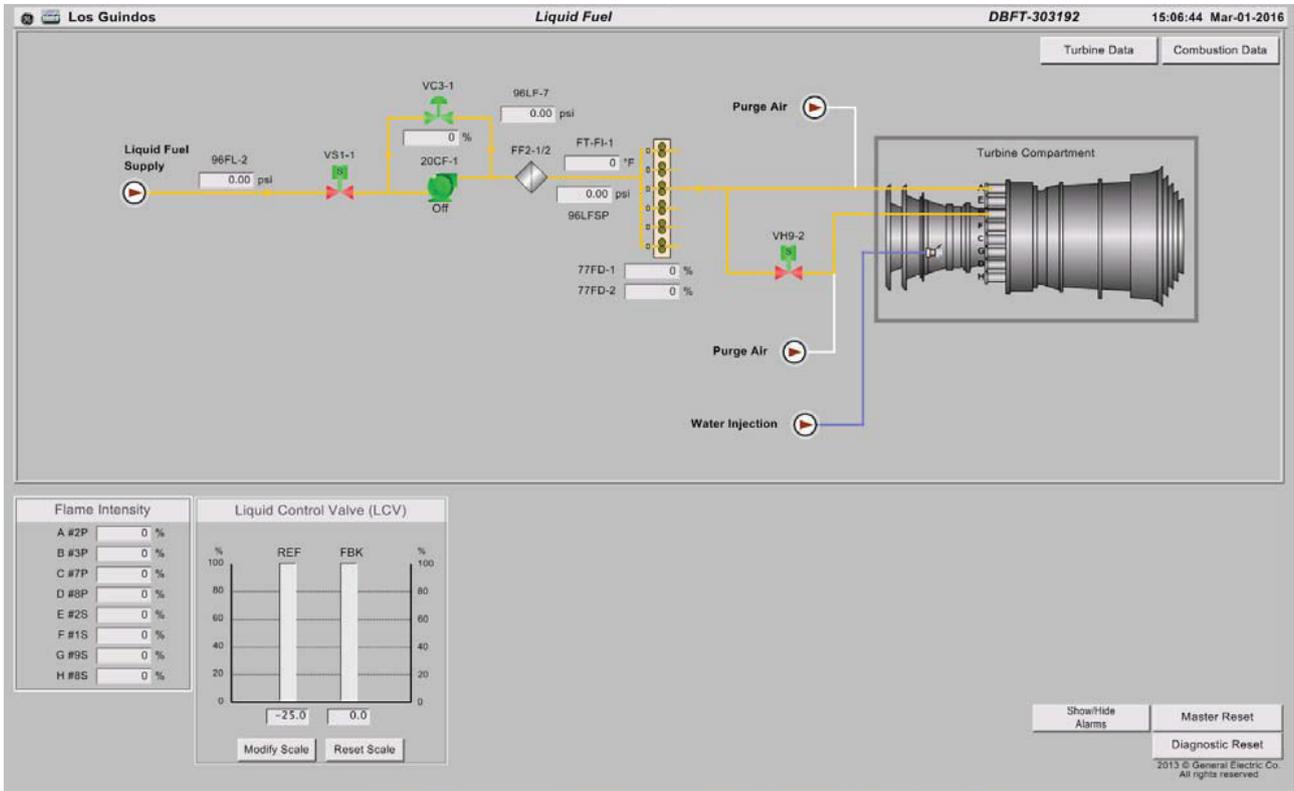
La operación con combustible destilado continuará hasta que se restablezcan las condiciones aceptables del combustible gaseoso. El cambio a combustible gaseoso se iniciará manualmente por el operador teniendo en cuenta las anteriores condiciones.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
OPERACIÓN

7.2. SECUENCIAS



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
OPERACIÓN



7.3. CONDICIONES FINALES

La turbina de gas está funcionando con el combustible seleccionado.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
OPERACIÓN**8. CAPTACIÓN DE LA CARGA****8.1. CONDICIONES INICIALES**

Esta operación consiste en el ajuste de la potencia activa.

Las condiciones iniciales son las siguientes:

- Sistema del turbogenerador sincronizado a la red.
- Red disponible para la carga.

El operador puede elegir uno de los modos de carga siguientes:

Preseleccionar la carga: La carga alcanza una potencia preseleccionada según una pendiente de carga definida por el Speedtronic.

La acción en los botones pulsadores de velocidad +/- cancela la selección del modo de preselección.

Carga base: El aumento de la carga hasta la carga base se alcanza según una pendiente de carga definida por el Speedtronic.

La acción en los botones pulsadores de velocidad +/- cancela la selección de modo de base.

Carga máxima: El aumento de la carga hasta la carga máxima es según una pendiente de carga definida por el Speedtronic.

La acción en los botones pulsadores de velocidad +/- cancela la selección de modo de pico.

Carga ext.: La carga sigue al comando de carga externa dada por la operación a distancia según una pendiente de carga definida por Speedtronic.

La acción en los botones pulsadores de velocidad +/- cancela la selección de modo externo.

Manual: La acción en los botones pulsadores de velocidad +/- permite que el operador ajuste la carga.

El **arranque rápido** puede seleccionarse para el modo preseleccionado descrito arriba.

Nota: se debe fijar un punto de ajuste positivo de carga antes de usar el modo de arranque rápido

El operador puede elegir uno de los siguientes modos del generador:

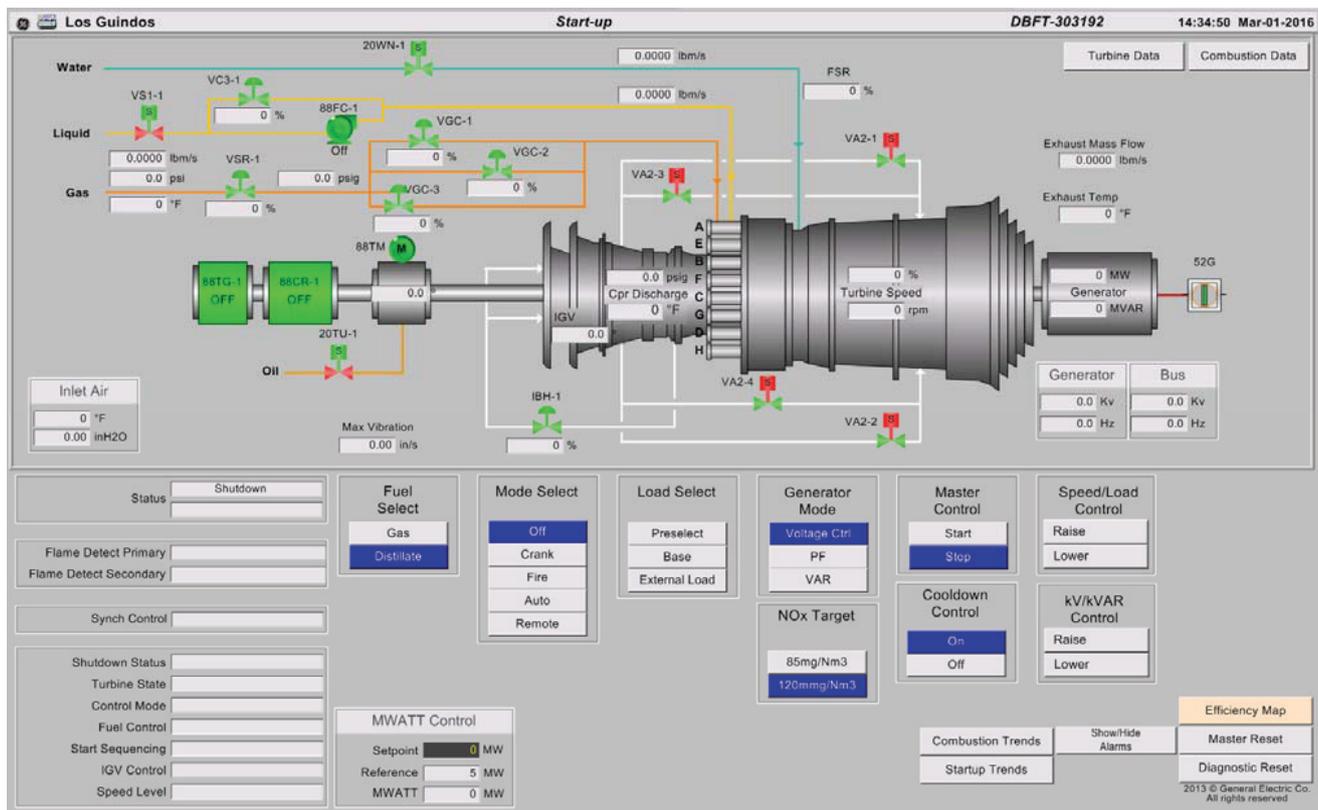
Apagado: Control automático de la tensión por el control del generador.

PF: Control automático del factor de potencia según el punto de ajuste seleccionado por el operador.

VAR: Control automático de la potencia reactiva según el punto de ajuste seleccionado por el operador

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO OPERACIÓN

8.2. SECUENCIAS



8.3. CONDICIONES FINALES

El sistema genera la potencia requerida por el operador.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO OPERACIÓN

9. MOTORES PRINCIPALES

9.1. CONDICIONES INICIALES

Algunos motores y componentes accionados asociados, como las bombas, los ventiladores, los elevadores, son redundantes y funcionan con una filosofía de adelanto/retraso que significa que el motor en funcionamiento es el motor “en funcionamiento”, el otro está en espera. El operador tiene la opción para seleccionar el motor para funcionar por el cable #1 o el cable #2, y para cambiar encima al motor espera en cualquier momento, balancear las horas corrientes. El cambio es manual o automático en caso de falla del motor activo.

Autorrotación: Habilitar / Deshabilitar: si se selecciona Activar, ocurre la conmutación automática en cada secuencia de arranque de la turbina de gas. Si se selecciona Desactivar, el motor principal seleccionado por el operador sigue siendo el mismo en cada turbina de gas que arranque.

Antes de cualquier cambio manual, comprobar que el motor correspondiente y el sistema asociado están disponibles.

9.2. SECUENCIAS

The screenshot displays the 'Motors' control panel for 'Los Guindos' (DBFT-303192) at 14:48:24 on Mar-01-2016. The interface is organized into several sections, each representing a different motor or pump system. Each section includes a title, a status indicator (e.g., 'Stopped'), and control buttons for 'Auto Rotate', 'Enable', and 'Disable'.

Motor/Pump Name	Status	Control Buttons
Turbine Compartment Fans (88 BT)	Stopped	#1 Lead, #2 Lead, Enable, Disable
Generator Lift Oil Supply Pump (88 QB)	Stopped	#1 Lead, #2 Lead, Enable, Disable
Aux Lube Oil Pump (88 QA)	Stopped	None
Turning Gear Motor (88 TG)	Stopped	None
Lube Oil Mist Fans (88 QV)	Stopped	None
Load Compartment Fans (88 VG)	Stopped	#1 Lead, #2 Lead, Enable, Disable
Gas Compartment Fans (88 VL)	Stopped	#1 Lead, #2 Lead, Enable, Disable
Aux Hydraulic Pump (88 HQ)	Stopped	None
Emerg Lube Oil Pump (88 QE)	Stopped	None
Atomizing Air Booster (88 AB)	Stopped	None
Water Injection Compartment Fans (88 JS)	Stopped	#1 Lead, #2 Lead, Enable, Disable
Liquid Fuel Clutch (88 FC)	Stopped	None
Cool. and Seal. Air Exhaust Blowers (88 TK)	Stopped	None
Liquid Fuel Forwarding Pumps (88 FD)	Stopped	#1 Lead, #2 Lead, Enable, Disable
Electrical cranking motor (88 CR)	Stopped	None
Water injection pump (88 WN)	Stopped	None

At the bottom right of the interface, there are buttons for 'Show/Hide Alarms', 'Master Reset', and 'Diagnostic Reset'. A copyright notice for General Electric Co. is visible at the very bottom.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
OPERACIÓN

9.2.1. CONMUTACIÓN MANUAL

Entrada	Descripción	Salida	Estado
Cable #1 o Cable #2	El operador selecciona el motor en espera para que sea el motor "en funcionamiento".		
Confirmar selección	El operador confirma la opción.		
	El motor en espera arranca y sigue funcionando.		1
	El motor en funcionamiento anterior para después y se convierte en "en espera".		0

9.2.2. CONMUTACIÓN AUTOMÁTICA

Suponer dos motores redundantes y los componentes accionados asociados M1 y M2. M1 es el motor principal, M2 es el motor en espera. Si M1 falla, M2 arranca automáticamente y el operador será informado por la alarma correspondiente. La lógica Speedtronic mantendrá memoria que M1 está "en funcionamiento"; el operador debe seleccionar "M2 en funcionamiento" para confirmar la no disponibilidad de M1.

9.3. CONDICIONES FINALES

El motor seleccionado está activo, el otro motor ha parado.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
OPERACIÓN

10. PARADA NORMAL

10.1. CONDICIONES INICIALES

Esta operación consiste en el cierre del sistema del turbogenerador de gas.

Las condiciones iniciales son las siguientes:

1 - Sincronizado con la red.

0

2 - Turbina de gas a velocidad máxima sin carga.

10.2. SECUENCIAS

Entrada	Descripción	Salida	Estado
	1- Sincronizado con la red:		
Control maestro: Parada	La carga cae al umbral del relé de potencia inversa según una pendiente de carga definida por el Speedtronic.		
	Se abre el interruptor de circuito del sistema.		
	Las válvulas de purga de compresor se abren.		
	2- Turbina de gas a velocidad máxima sin carga:		
	Desaceleración del eje debido a un menor flujo de combustible.		
14HS	La bomba de aceite auxiliar arranca.	88QA	1
	La bomba de aceite de alta presión arranca.	88HQ	1
	Los ventiladores de enfriamiento del bastidor de escape paran.	88TK1,2	0
14HC	La bomba del aumentador de atomización de aire arranca	88AB	1
28FD	Se detecta la pérdida de las llamas.		
	Si se utiliza combustible gaseoso, se activa la prueba de escape de gas.		
	Se para una bomba de agua de enfriamiento.	88WC	0
	La ventilación del compartimiento de carga se detiene.	88VG	0

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
OPERACIÓN

Entrada	Descripción	Salida	Estado
	Arranca una de las bombas de elevación de cojinetes.	88QB	1
14HT	El motor virador arranca.	88TG	1
	El aumentador de atomización de aire se para	88AB	0
	El motor de tracción de los álabes del convertidor de par coloca el convertidor en la posición de par de giro.		
	Al cabo de una 1 hora, el ventilador del compartimiento de la turbina seleccionado vuelve a arrancar según las temperaturas del espacio del rodete.	88BT	1 y 0

10.3. CONDICIONES FINALES

La línea del eje gira a la velocidad del virador para poder ejecutar el ciclo de enfriamiento.

Está prohibida la parada automática durante las primeras horas de enfriamiento.

La realización de la secuencia del ventilador depende de la temperatura del compartimiento de la turbina y de la temperatura ambiente y del espacio del rodete.

La secuencia de arranque es posible en cualquier momento.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
OPERACIÓN

11. PARADA DE LOS AUXILIARES

11.1. CONDICIONES INICIALES

Esta operación consiste en parar el virador del eje después de un período de enfriamiento completo de la turbina de gas.

11.2. SECUENCIAS

Entrada	Descripción	Salida	Estado
Control de enfriamiento: OFF (APAGADA)	El motor virador se para.	88TG	0
	La velocidad de la línea del eje disminuye.		
14HR	14HR confirma la parada de la línea del eje.		
	La bomba de elevación de cojinetes se para.	88QB	0
	La bomba de aceite auxiliar para.	88QA	0
	La bomba de aceite de alta presión para.	88HQ	0

11.3. CONDICIONES FINALES

La turbina de gas está parada.

La secuencia de arranque es posible en cualquier momento.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
OPERACIÓN

12. PARADA DE EMERGENCIA

12.1. CONDICIONES INICIALES

Esta operación manual o automática consiste en cerrar rápidamente la válvula de combustible para detener el flujo de combustible.

Esta acción se puede iniciar con la turbina de gas cargada, arrancando o en la condición de parada normal:

- Presionando un botón pulsador de parada de emergencia.
- O con la operación de una protección eléctrica o mecánica.

12.2. SECUENCIAS

La secuencia es similar a una parada normal, con pérdida instantánea de la llama.

Una alarma indica la causa de la falla.

12.3. CONDICIONES FINALES

La turbina de gas está a la velocidad del virador.

Es imprescindible eliminar la falla que ha provocado la parada de emergencia antes de volver a arrancar la turbina de gas.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
OPERACIÓN

13. LAVADO EN LÍNEA DEL COMPRESOR

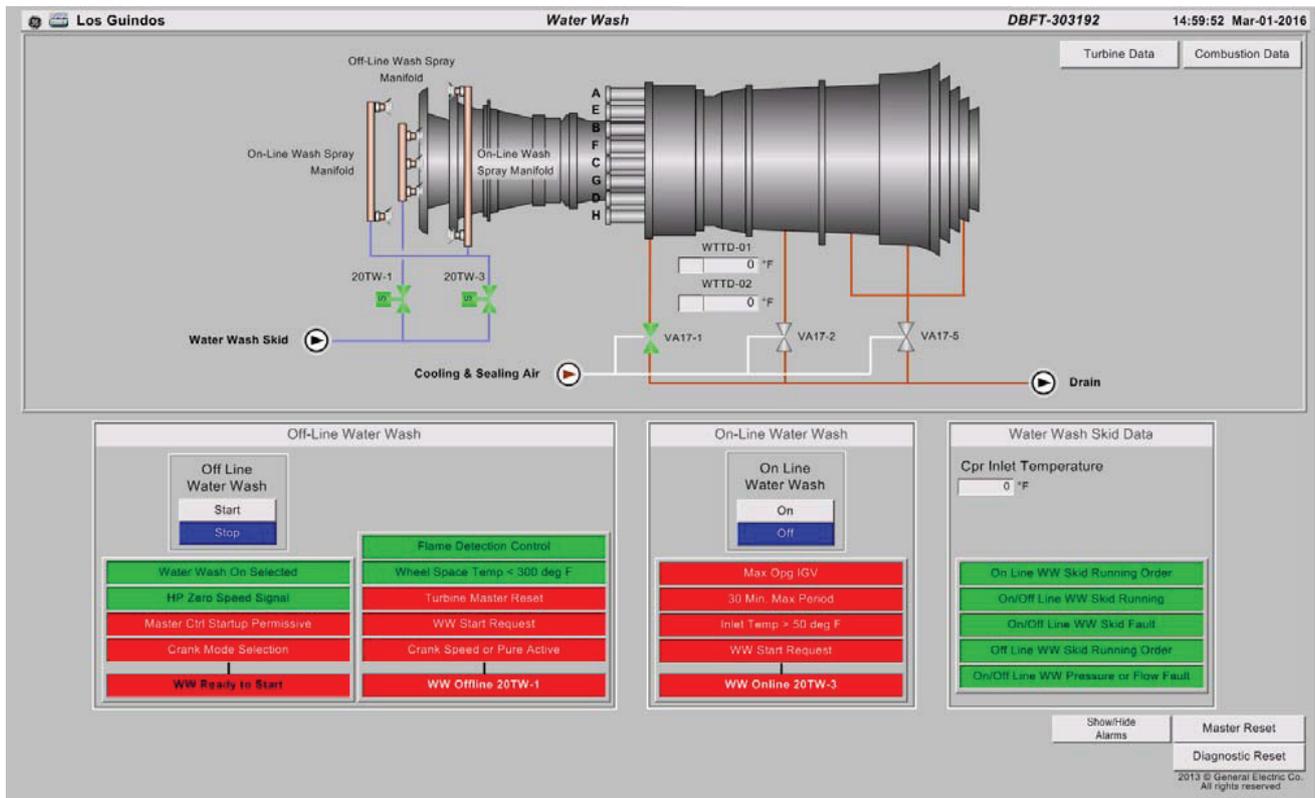
13.1. CONDICIONES INICIALES

Esta operación consiste en la realización de un lavado del compresor a la velocidad nominal.

Las condiciones iniciales son las siguientes:

- La turbina está en la carga base por lo tanto los IGVs están completamente abiertos.
- Patín de lavado disponible.
- La temperatura de entrada del compresor es apropiada para el encendido de la línea lavado.

13.2. SECUENCIAS



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
OPERACIÓN

Entrada	Descripción	Salida	Estado
Lavado con agua en línea: Arranque	Se selecciona el lavado en línea	88BW	1
	Después de 30 minutos, el lavado para automáticamente.	88BW	0

13.3. CONDICIONES FINALES

La turbina de gas está funcionando en condiciones más limpias.

El siguiente lavado en línea no puede comenzar 24 horas después del inicio del anterior.

La frecuencia del lavado depende de las condiciones del sitio y de la operación de la turbina de gas. El seguimiento de los parámetros principales de funcionamiento en función de las condiciones ambientales permite determinar la necesidad del lavado.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
OPERACIÓN**14. LAVADO DEL COMPRESOR FUERA DE LÍNEA****14.1. CONDICIONES INICIALES**

Esta operación consiste en la realización de una secuencia de lavado del compresor según las fases A, B, C, D y E según lo indicado en el gráfico siguiente:

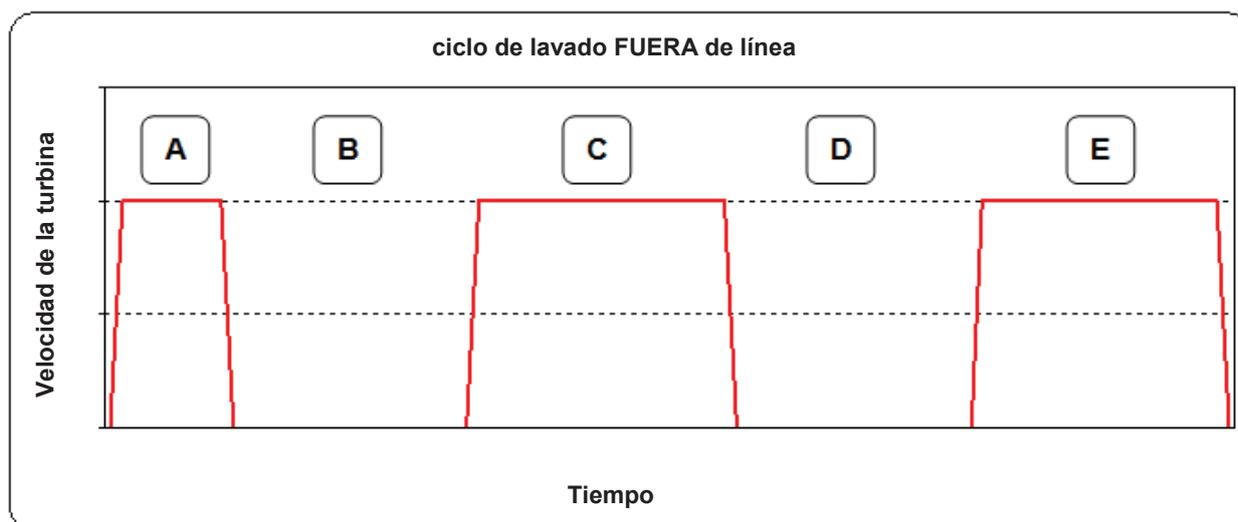
A: Turbina a la velocidad de arranque: luego, la inyección de agua es seguida solamente por la inyección de agua y de detergente.

B: Turbina parada para permitir que el detergente trabaje.

C: Turbina a la velocidad de arranque: inyección de agua para el enjuague.

D: Turbina parada para permitir que el agua se recupere por gravedad.

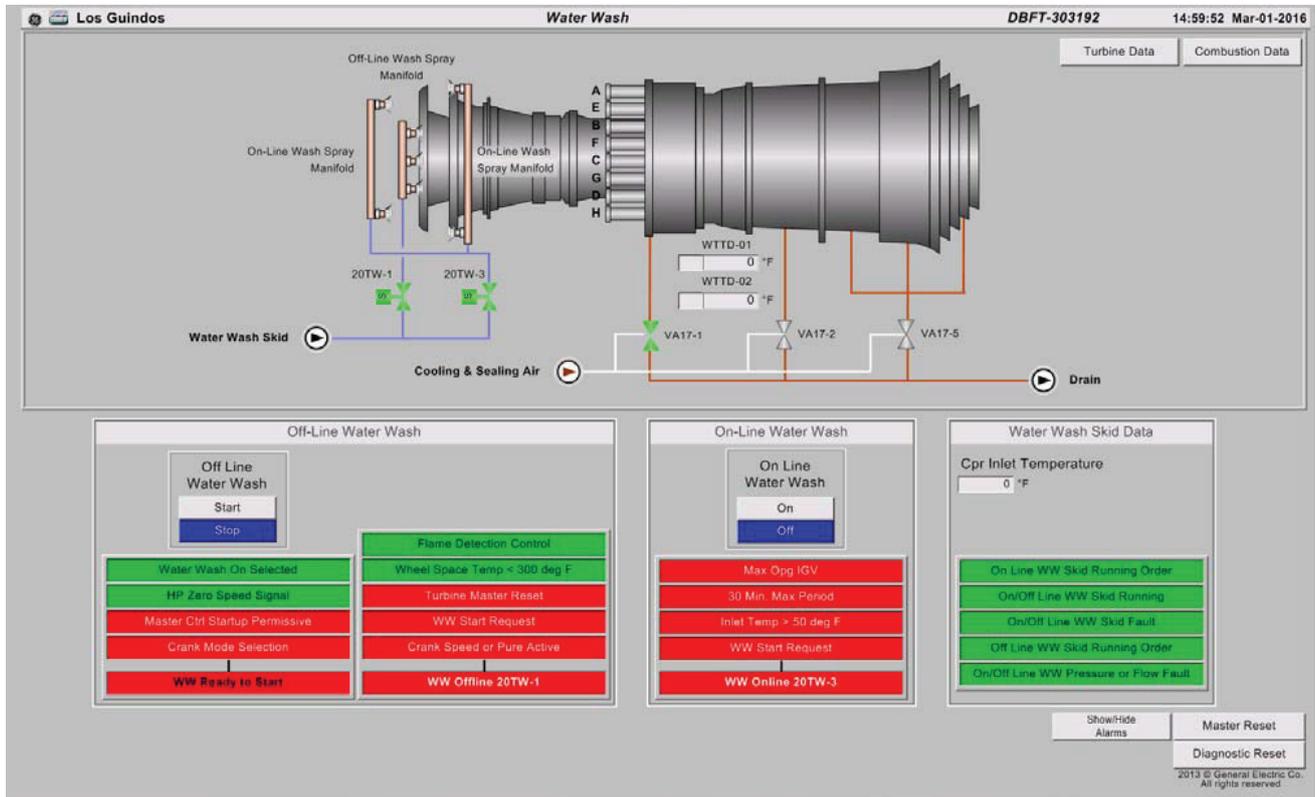
E: Turbina a la velocidad de arranque para el período de secado.

**Las condiciones iniciales son las siguientes:**

- La turbina de gas en la parada o a la velocidad del virador, en condiciones frías, es decir, la diferencia entre la temperatura más alta del espacio del rodete y la temperatura del agua de lavado no debe sobrepasar los 67°C. Por ejemplo: si la temperatura del agua es de 70°C, la temperatura dentro de la turbina debe ser inferior o igual a $70 + 67 = 137$ °C.
- Temperatura ambiente superior a 4°C para evitar cualquier riesgo de escarcha.
- Reserva del lavado con agua disponible y a una temperatura entre 66°C y 93°C.
- Reserva disponible de detergente.
- Las válvulas manuales de la turbina de gas y del compresor se abren o cierran según el procedimiento de lavado del compresor establecido a partir de la información dada en el capítulo de mantenimiento.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
OPERACIÓN

14.2. SECUENCIAS



Entrada	Descripción	Salida	Estado
Pantalla de arranque	Se muestra la pantalla de arranque.		
Seleccionar modo: Manivela	Se selecciona el modo de manivela.		
Control maestro: Arranque	Se inicia la secuencia de arranque.	88CR	1
Pantalla del lavado del agua	Se muestra la pantalla del lavado con agua.		
Lavado con agua fuera de línea: Arranque	Comienzo de la secuencia de lavado.		
14HM	La turbina arranca y alcanza la velocidad de manivela.		
	Los álabes guía de entrada del compresor se abren a su valor máximo.		

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
OPERACIÓN

Entrada	Descripción	Salida	Estado
	El soplador del bastidor de escape arranca.	88TK	1
	Arranque de la bomba de lavado.	88BW	1
	La fase de lavado A está en curso		
Lavado con agua fuera de línea: Parada	El operador acciona el botón pulsador de parada del lavado FUERA de línea.	88BW	0
	El motor de manivela para.	88CR	0
	Los sopladores del bastidor de escape paran.	88TK	0
	Una secuencia similar de la turbina de gas se aplica para el enjuague y el secado. La duración del ciclo de secado depende del flujo remanente en las válvulas de drenaje.		

14.3. CONDICIONES FINALES

Después del lavado del compresor, las válvulas del compresor deben ponerse en la configuración original antes de arrancar y encender la turbina de gas.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
OPERACIÓN

15. INYECCIÓN DE AGUA**15.1. CONDICIONES INICIALES**

La inyección de agua al nivel de las cámaras de combustión de la TG se utiliza para disminuir el nivel de emisión de NO_x.

El propósito es alcanzar el nivel de NO_x permitido según la cantidad y la calidad del combustible usado (líquido, gas o pesado), inyectando agua al nivel de las cámaras de combustión.

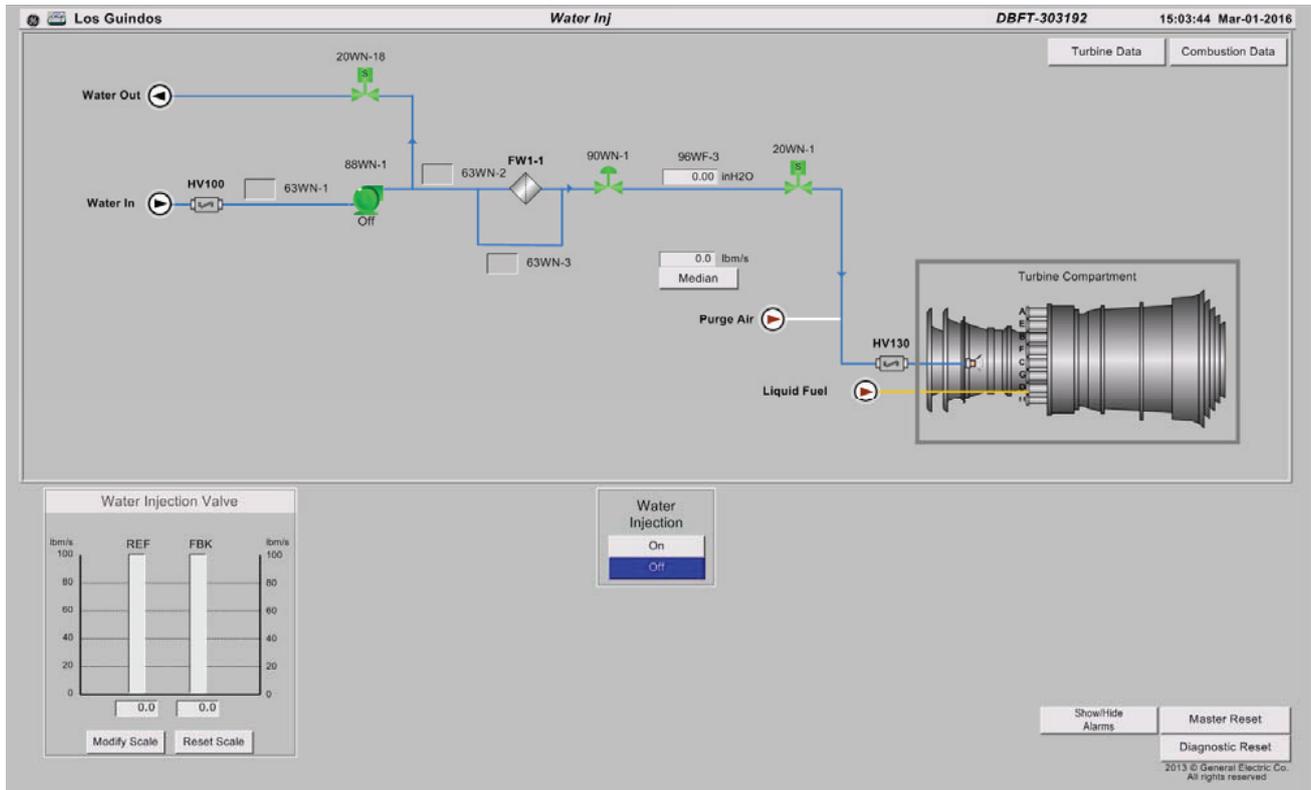
El operador hace la selección del comienzo de la inyección de agua en el menú de HMI.

Se valida la selección de la inyección de agua solamente si:

- La presión de agua a la entrada y a la salida de la bomba está correcta.
- Flujo de agua en los límites permitidos.
- Sin problema de apertura de la válvula de parada.
- El flujo de combustible es suficiente para requerir la inyección de agua.
- El interruptor del generador está cerrado.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
OPERACIÓN

15.2. SECUENCIAS



Entrada	Descripción	Salida	Estado
Inyección de agua "ENCENDIDA"	Comienza la secuencia de la inyección de agua.	88WN	1

15.3. CONDICIONES FINALES

El flujo de la inyección de agua es regulado por el flujo de combustible.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
OPERACIÓN

16. IGNICIÓN DEFECTUOSA

16.1. IGNICIÓN NORMAL

- Durante la secuencia de encendido, la señal de control (FSR) asume su valor de ignición:
- Con el combustible gaseoso, la válvula de control de presión (VRS) se abre para regular la presión inter-válvulas en función de la velocidad; la válvula de control de flujo (VGC) asume su valor de ignición.
- Con combustible líquido, la válvula de control de flujo se cierra para obtener la velocidad de ignición del divisor de flujo correspondiente a la señal de control (FSR) y a la velocidad de la turbina.
- La llama debe establecerse rápido en todas las cámaras de combustión.

16.2. IGNICIÓN DEFECTUOSA

La ignición defectuosa es un incidente que requiere una investigación y la acción correctiva. Antes de cualquier nueva tentativa, se debe comprobar lo siguiente:

- Las condiciones del combustible: disponibilidad, presión.
- El funcionamiento apropiado de los enchufes de los encendedores.
- El funcionamiento apropiado del sistema de detección de llama.
- El funcionamiento apropiado de las válvulas de combustible.
- Las debidas condiciones de funcionamiento de la atomización de combustible líquido.
- La presencia o la ausencia de combustible líquido en las válvulas automáticas de purga en los puntos bajos de la turbina y del escape (VA17)

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

OPERACIÓN

17. PRUEBA DE VELOCIDAD EXCESIVA

El circuito de protección de la velocidad excesiva se debe inspeccionar una vez al año por simulación.

La prueba verdadera de la protección se puede realizar después de cada inspección de la combustión.

17.1. CONDICIONES INICIALES

La turbina de gas necesita estar caliente: en funcionamiento sin carga durante 45 minutos o con carga durante 30 minutos. Funcionamiento de la turbina de gas a la velocidad sin carga nominal, desconectada de la red.

17.2. SECUENCIA

Seleccionar la pantalla de control de la prueba de sobrevelocidad.

Seleccionar el módulo de protección.

Aumentar la velocidad hasta que ocurra el disparo. El aumento de velocidad debe mantenerse sin interrupción hasta el disparo.

17.3. CONDICIONES FINALES

Después de esta prueba, la turbina dispara y continúa su ciclo de parada hasta que se activa el virador. Despejar las alarmas. Ahora la turbina de gas está disponible nuevamente.

18. INTERRUPCIÓN DE LA SECUENCIA DEL VIRADOR

El periodo de giro es necesario para enfriar la línea del eje después de una parada. Esta operación se lleva a cabo a baja velocidad con el motor virador durante el funcionamiento de la bomba de aceite auxiliar.

La pérdida de suministro de energía de CA a nivel de los auxiliares hace que se paren el motor virador y la bomba de aceite lubricante auxiliar. La bomba de aceite lubricante de emergencia arranca para permitir que la línea del eje se pare por completo. Así, la bomba de aceite lubricante de emergencia se para y vuelve a arrancar a intervalos cíclicos durante periodos cortos de funcionamiento para enfriar los cojinetes. De este modo se conserva la integridad de la línea del eje.

En esta situación, compruebe que la bomba de aceite lubricante de emergencia ejecute los ciclos de enfriamiento. La bomba de CC sólo permanece en operación de ciclo según la disponibilidad de la capacidad de la batería. La ausencia de suministro de CC afecta a la integridad de los cojinetes.

Restablezca el suministro de CA lo antes posible. Vuelva a iniciar la secuencia del virador durante 24 - 48 horas en función de la duración de la interrupción y la temperatura del

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

OPERACIÓN

espacio del rodete. Controle la velocidad del virador; si desciende de manera considerable, compruebe que no haya ruido de fricción en el compresor axial.

En cambio, la ausencia de rotación conlleva el riesgo de una deformación reversible del eje, que no tiene consecuencias sobre la turbina de gas pero afecta al re arranque y, por tanto, a la generación de energía para la red.

Si es necesario utilizar la turbina para generar energía, deje la turbina en la secuencia de giro durante diez minutos y realice la secuencia de arranque normal. El nivel de vibración aumenta rápidamente después de la ignición durante la aceleración de la velocidad: en este caso, emita un comando de parada en cuanto se alcance el umbral de 20 mm/s, mantenga la secuencia del virador durante varios minutos y vuelva a arrancar la turbina de gas.

Proceda de la misma manera si el nivel de vibración alcanza 20 mm/s al segundo intento.

19. PARADA PROLONGADA

Por razones particulares del funcionamiento, el sistema del turbogenerador se puede apagar durante un periodo relativamente largo de tiempo, más de una semana, a condición de que se pueda arrancar enseguida y generar energía para la red.

En esta situación de espera, se deben observar las siguientes instrucciones:

- Mantener energizados los auxiliares eléctricos y los gabinetes de control.
- Mantener los sistemas de calentamiento (gabinete, compartimientos, generador...) y el sistema de climatización en modo automático.
- El sistema de calentamiento de aceite lubricante arranca automáticamente, con la bomba de aceite para mantener la viscosidad en un valor compatible con el arranque de la turbina.
- Mantener los sistemas de trazado de la tubería en modo automático.

- Arrancar la turbina de gas entre dos y cuatro veces al mes durante varios minutos en la operación del virador antes del arranque, encender y sincronizar a baja carga para validar todas las secuencias. Parar la turbina y observar la secuencia de 24 horas del virador.



Starting means remain actuated to accelerate the unit to self-sustaining speed. A gas turbine speed threshold stops the starting motor. The gas turbine reaches nominal speed, the IGV move to full speed no load (FSNL) operating position and the bleed valve closes.

Main shaft driven lube oil pump provides lubricating oil for the shaft line bearings. During starting sequence the auxiliary lube oil pump feeds the header.

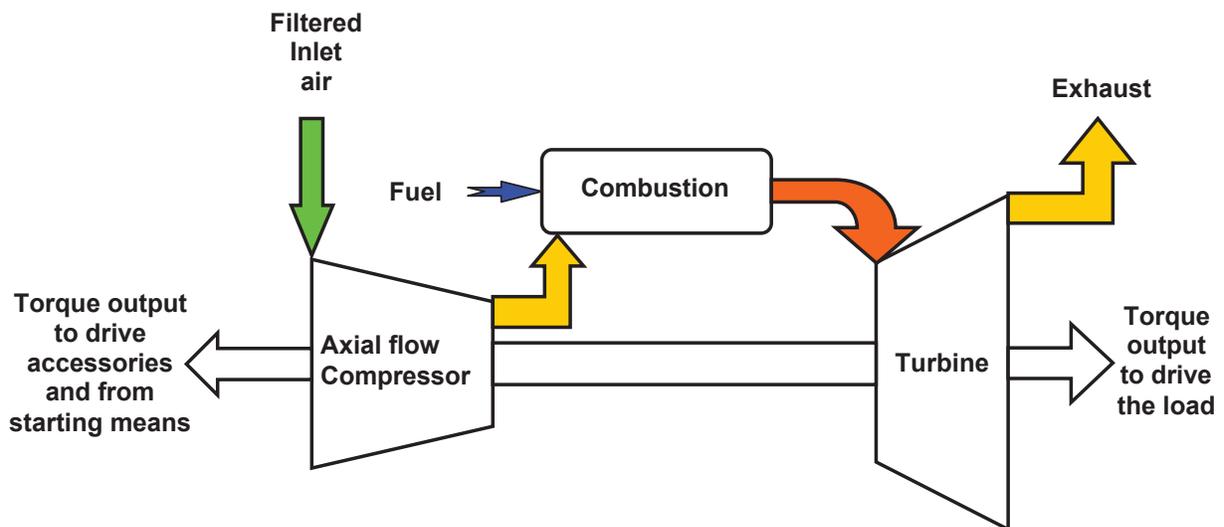
There is no clutch between the starting means and the gas turbine, the torque converter provide this function between starting means and auxiliary gear box.

Cool down sequence:

Due to the high temperature of the gas path, the gas turbine must follow a 24 hours turning gear sequence at low speed, after shut down, to provide a homogeneous cool down to the shaft line.

Therefore the turning gear motor starts automatically during the run down.

GAS TURBINE SIMPLIFIED FLOW DIAGRAM



F) Directrices de funcionamiento de virador / trinquete

Escenario	Virador (o trinquete) - duración
Siguiente parada:	
Caso A.1 - Normal. Rearranque anticipado por > 48 horas	Hasta que temperatura enterrruedas <150 °F. ⁽¹⁾ Rotor clasificado como recto. Mínimo 24 horas. ⁽²⁾
Caso A.2 - Normal. Rearranque anticipado por < 48 horas	Continuamente hasta el rearranque. Rotor recto.
Caso B - Paro inmediato del rotor necesario. (Parada >20 minutos) Se sospecha daño de accesorios giratorios o mal funcionamiento de la unidad	Ninguno. Clasificado como recto.
Antes de la puesta en marcha:	
Caso C - Rotor caliente, < 20 minutos después del paro del rotor	0-1 hora ⁽³⁾
Caso D - Rotor tibio, > 20 minutos y < 6 horas después del paro del rotor	4 horas
Caso E.1 - Rotor frío, recto, apagado de la TG < 48 horas	4 horas
Caso E.2 - Rotor frío, recto, apagado de la TG > 48 horas	6 horas
Caso F - Rotor frío, arqueado	8 horas ⁽⁴⁾
Durante el tiempo fuera de servicio prolongado:	
Caso G - Desocupado	1 hora al día
Caso H - Alternativo	No TG; 1 hora/semana a plena velocidad (en vacío) ⁽⁵⁾

(1) El tiempo depende del tamaño del bastidor y el entorno ambiental.

(2) El ciclo de enfriamiento se puede acelerar utilizando el dispositivo de arranque para el enfriamiento forzado. Sin embargo, el virador es el método recomendado.

(3) Se recomienda 1 hora en virador a continuación de un disparo, antes del rearranque. Para paradas normales, utilice discreción.

(4) Siga el procedimiento de puesta en marcha de rotor arqueado, que se puede encontrar en el Manual de operación y mantenimiento.

(5) Evite el ciclo alto de la bomba del aceite lubricante durante salidas fuera de servicio prolongadas.

Figura F-1 Directrices de virador