



**INFORME TÉCNICO
DE PARÁMETROS DE PARTIDA Y
DETENCIÓN**

UNIDAD CTTAR

	12-11-2018	Camilo Lobos	Pedro Lagos	Gonzalo Ruiz
Rev.	Fecha	Ejecutó	Revisó	Aprobó

Tabla de revisiones

Rev.	DESCRIPCIÓN DE LA REVISIÓN
12-11-2018	Respuesta a Observaciones incluidas en la Carta DE04831-18, del Coordinador Eléctrico Nacional, del 19 de octubre de 2018.
21-01-2019	Respuesta a consulta respecto la "Tabla N°1: proceso de arranque de la unidad CTAR", "Desde la desconexión de la unidad hasta el término del proceso de detención", del Coordinador Eléctrico Nacional, del 18 de enero de 2019.
23-04-2019	Respuesta a Observaciones incluidas en la Carta DE01803-19, del Coordinador Eléctrico Nacional, del 02 de abril de 2019.

ÍNDICE

1.	RESUMEN EJECUTIVO.....	4
1.1.	ANTECEDENTES	4
1.2.	TABLA ASOCIADA A LOS DISTINTOS ESTADOS DE ARRANQUE Y DETENCIÓN DE LA UNIDAD CTTAR.....	4
1.3.	TIEMPO MÍNIMO DE OPERACIÓN DE LA UNIDAD.....	7
1.4.	TABLA DEFINICIÓN TIPO DE PROCESO	8
1.5.	TABLA INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA.....	8
2.	OBJETIVO Y ALCANCES DEL INFORME TÉCNICO.....	8
3.	ANTECEDENTES UTILIZADOS EN EL INFORME TÉCNICO	8
3.1.	ESTADO DE TURBINA.....	8
3.2.	RECUBRIMIENTO DE MANGAS PRECOAT PARA SISTEMA DE FILTRADO DE GASES	9
4.	CARACTERÍSTICAS GENERALES UNIDAD CTTAR	9
4.1.	Características principales de la caldera.	9
4.2.	Características turbina- generador.	10
4.3.	Características del sistema de abatimiento de SO ₂	10
4.4.	Características del sistema de abatimiento de material particulado (Filtro de mangas)	10
5.	PARÁMETROS PROCESOS DE PARTIDA Y DETENCIÓN UNIDAD CTTAR.....	11
5.1.	Operación bajo restricción ambiental.....	11
5.1.1.	Tabla N° 5: límites de emisión diarias a controlar.....	11
5.1.2.	Tabla N° 6 límite de concentración horarias, para fuentes emisoras existentes D.S.N°13/11.....	11
5.1.3.	Tabla N° 7 límite parámetros de agua de mar RCA 806/1996 – DS 90/2000.....	12
6.	ANEXOS	13

1. RESUMEN EJECUTIVO.

1.1. ANTECEDENTES

La unidad CTTAR, de propiedad de Gas Atacama Chile, filial de ENEL Generación Chile, se encuentra ubicada en la comuna de Iquique, región de Tarapacá.

La unidad se compone de una caldera generadora de vapor Foster Wheeler con quemadores Low NOx y un turboalternador General Electric. Además cuenta con una planta de abatimiento de SO₂ (denominada Spray Dryer Absorber SDA) y de material particulado tipo filtro de mangas.

La caldera fue diseñada para quemar carbón bituminoso pulverizado y petróleo Diésel como combustible de apoyo, es de tipo circulación natural y tiro equilibrado.

El presente resumen ejecutivo incluye el proceso de arranque de la unidad en estado frío y caliente, del mismo modo las variables del proceso de detención y sus características principales.

1.2. TABLA ASOCIADA A LOS DISTINTOS ESTADOS DE ARRANQUE Y DETENCIÓN DE LA UNIDAD CTTAR.

La siguiente tabla, resume las principales variables para un proceso de arranque en frío, tibio, caliente y proceso de detención.

Observaciones:

Para el cálculo de consumos equivalentes de diésel y carbón se consideró la siguiente información:

- El carbón (poder calorífico): Según tabla n°1 y de acuerdo a lo informado en el certificado de procedencia de cada carbón.
- PCS carbón para cálculo de consumo equivalente = 6.350 Kcal/Kg
- Poder calorífico del diésel utilizado = 10.930 Kcal/kg que corresponde al promedio anual, según informes entregados por el proveedor (Esmax)
- Densidad del diésel utilizado = 0,8364 Kg/m³ que corresponde al promedio anual, según informes entregados por el proveedor (Esmax)
- PCS Diésel para cálculo de consumo equivalente = 11.000 Kcal/Kg

Tabla n°1: Procesos de arranque de la unidad CTTAR.

Resumen para proceso de arranque en frío [Anexo 1, carta Gantt]							
Proceso	Diésel (m3)	Consumo de Combustible Petróleo Diésel [@11.000 kcal/kg]	Carbón (Ton)	Consumo de Combustible Carbón [@6.350 kcal/kg]	Consumo SS/GG (MWh)	Tiempo de arranque (Min.)	Observación
Desde la partida hasta la sincronización.	48	39,9	14,5	14,3	127	1200	1.- Se define como punto de inicio el arranque de la línea de aire gases. 2.- No se considera tiempo relacionado a la conservación de equipos, si la duración de la detención así lo amerita. 3.- Se Incluye proceso de precoating, recubrimiento de mangas del sistema de filtrado de gases. 4.- El Consumo de Petróleo diésel, se obtiene de multiplicar el consumo de un quemador por el tiempo de permanencia de el o los quemadores (Anexo 5) y aforo de TK de combustible.
Desde la sincronización a mínimo técnico.	6,5	5,4	69	67,8	45	210	5.- El consumo de carbón está calculado a partir de la velocidad del alimentador, el flujo y el tiempo de funcionamiento. $M=Q(v)*t$ (Anexo 6).
Desde mínimo técnico a plena carga.	3,5	2,9	120	118,0	35	150	6.- El consumo en servicios auxiliares se obtiene de medidores de energía. (Anexo 7).
Resumen para arranque en Caliente [Anexo 2, carta Gantt]							
Desde la partida hasta la sincronización.	10	8,3	2,75	2,7	80	600	1.- El tiempo para el arranque en caliente está definido hasta 14 horas después de apagada la caldera. 2.- Se define como punto de inicio el arranque de la línea de aire gases. 3.- El Consumo de Petróleo diésel, se obtiene de multiplicar el consumo de un quemador por el tiempo de permanencia de el o los quemadores (Anexo 5) y aforo de TK de combustible
Desde la sincronización a mínimo técnico.	0,5	0,4	21	20,6	5	90	4.- El consumo de carbón está calculado a partir de la velocidad del alimentador, el flujo y el tiempo de funcionamiento. $M=Q(v)*t$ (Anexo 6).
Desde mínimo técnico a plena carga.	3,5	2,9	120	118,0	35	150	5.- El consumo en servicios auxiliares se obtiene de medidores de energía. (Anexo 7).
Resumen para arranque en Tibio [Anexo 3, carta Gantt]							
Desde la partida hasta la sincronización.	32	26,6	4,5	4,4	100	720	1.- El tiempo para el arranque en caliente está definido hasta 14 horas después de apagada la caldera. 2.- Se define como punto de inicio el arranque de la línea de aire gases. 3.- El Consumo de Petróleo diésel, se obtiene de multiplicar el consumo de un quemador por el tiempo de permanencia de el o los quemadores (Anexo 5) y aforo de TK de combustible

Desde la sincronización a mínimo técnico.	2,5	2,1	45	44,2	25	150	4.- El consumo de carbón está calculado a partir de la velocidad del alimentador, el flujo y el tiempo de funcionamiento. $M=Q (v)*t$ (Anexo 6).
Desde mínimo técnico a plena carga.	3,5	2,9	120	118,0	35	150	5.- El consumo en servicios auxiliares se obtiene de medidores de energía. (Anexo 7).
Resumen secuencia de detención [Anexo 4, carta Gantt]							
Desde potencia nominal hasta la desconexión.	4	3,3	83,1	81,7	40	150	1.- El tiempo de detención de la unidad, finaliza con el retiro de servicio de la línea aire gases. 2.- El Consumo de Petróleo diésel, se obtiene de multiplicar el consumo de un quemador por el tiempo de permanencia de el o los quemadores (Anexo 5) y aforo de TK de combustible 3.- El consumo de carbón está calculado a partir de la velocidad del alimentador, el flujo y el tiempo de funcionamiento. $M=Q (v)*t$ (Anexo 6). 4.- El consumo en servicios auxiliares se obtiene de medidores de energía. (Anexo 7).
Desde la operación a potencia nominal hasta la operación a Mínimo Técnico	2,2	1,8	45,7	44,9	22	82,5	1.- El tiempo de detención de la unidad, finaliza con el retiro de servicio de la línea aire gases. 2.- El Consumo de Petróleo diésel, se obtiene de multiplicar el consumo de un quemador por el tiempo de permanencia de el o los quemadores (Anexo 5) y aforo de TK de combustible 3.- El consumo de carbón está calculado a partir de la velocidad del alimentador, el flujo y el tiempo de funcionamiento. $M=Q (v)*t$ (Anexo 6).
Desde la operación a Mínimo Técnico hasta la Desconexión	1,8	1,5	37,4	36,8	18	67,5	4.- El consumo en servicios auxiliares se obtiene de medidores de energía. (Anexo 7).
Desde la Desconexión de la unidad hasta el término del proceso de detención	0	0,0	0	0,0	3	15	5.-El término del proceso de detención al momento de entrar la unidad de virado.
Desde Desconexión hasta entrada en servicio virador	0	0,0	0	0,0	4,8	60	Consumo eléctrico viene dado por los equipos que participan durante el descenso de velocidad hasta puesta en servicio virador.
Desde la entrada en servicio del virador hasta su detención	0	0,0	0	0,0	210,6	4320	Consumo eléctrico viene dado por los equipos mientras esta en servicio el virador.

1.3. TIEMPO MÍNIMO DE OPERACIÓN DE LA UNIDAD

Tomando en cuenta solo aspectos técnicos, sin considerar aspectos ambientales, no existen restricciones para el tiempo mínimo de operación de la unidad.

Las restricciones ambientales a considerar para definir el tiempo mínimo de operación de la Unidad según se establece en:

- DS N°13/11 Titulo N°2 “Límites máximos de emisión y plazos para el cumplimiento y.
- “INTERPRETACIÓN ADMINISTRATIVA DEL DECRETO N°13/2011 MMA NORMA DE EMISIÓN PARA CENTRALES TERMOELECTRICAS CIRCULAR IN.AD.N°1/2015”

Son:

Para el SO₂ y MP:

Los valores límites de emisión se evaluarán sobre la base de promedios horarios y se deberán cumplir durante el 95% de las horas de funcionamiento. El 5% de las horas restantes corresponderá a horas de encendido apagado o probables fallas.

De lo anterior:

$$H \text{ emisión} \leq 0,05 \times H \text{ funcionamiento}$$

$$H \text{ funcionamiento} = H \text{ régimen (incluye fallas)} + H \text{ encendido} + H \text{ apagado.}$$

H funcionamiento: Corresponde aquel periodo de tiempo en el cual la unidad quema combustible e incluye horas de encendido, horas de apagado y horas de operación en régimen (incluye fallas).

H régimen: Corresponde al estado de funcionamiento de una unidad, cuando la unidad está en servicio y se encuentra en las condiciones técnicas declaradas por el titular, de acuerdo a las definiciones establecidas por la CNE a los respectivos CDEC según corresponda. Esto es las horas en que se opera con carga mayor o igual al mínimo técnico.

H encendido: Corresponde al periodo de tiempo que se inicia con la primera carga de combustible y finaliza cuando la fuente alcanza condiciones técnicas de operación (mínimo técnico).

H apagado: Corresponde al periodo de tiempo desde que finaliza el estado de régimen y finaliza el consumo de combustible.

Falla: Corresponde a un desperfecto intempestivo en un equipo de control de emisiones o un equipo del proceso que provoca un aumento de las emisiones

Para el NO_x:

Los valores límites de emisión se evaluarán sobre la base de promedios horarios y se deberán cumplir durante el 70% de las horas de funcionamiento.

$$H \text{ emisión} \leq 0,3 \times H \text{ funcionamiento}$$

1.4. TABLA DEFINICIÓN TIPO DE PROCESO

Tabla 2 Tiempo definición estados de partida	
Caldera Fría	> 14 horas
Caldera Caliente	≤ 14 horas

Manual Foster Wheeler “Generador de vapor”, capítulo N°4, [Ver Anexo 8].

1.5. TABLA INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Tabla 3 Información General	
Carga base	140 MW
Mínimo técnico	70 MW
Cantidad de molinos	4
Cantidad de quemadores de carbón	8
Capacidad alimentadores de carbón	18 t/h
Cantidad de quemadores de diésel	8
Consumo quemadores de diésel	331,35 kg/h
Presión de trabajo diésel	4,22 Kg/cm ² -60 psig
Gradiente de temperatura de metales de caldera considerando diferencial de temperatura del domo de 100 °C.	La diferencia de temperatura entre la parte inferior y superior del domo no debe superar los 115°C (Anexo 8).

2. OBJETIVO Y ALCANCES DEL INFORME TÉCNICO

El presente informe tiene como objetivo determinar los parámetros de partida y parada de la unidad CTTAR: consumo de combustibles, consumo de servicios auxiliares y tiempos, para cada estado de la unidad.

3. ANTECEDENTES UTILIZADOS EN EL INFORME TÉCNICO

3.1. ESTADO DE TURBINA

El fabricante de turbina (GE) y caldera (FW), definen dos diferentes estados de la unidad:

- ✓ En función del tiempo de apagado de la caldera
- ✓ En función de la temperatura de la cámara de ruedas de la turbina de alta presión.

Tabla de temperaturas para definición de procesos de partida

Tabla 4 Procedimiento de arranque			
Equipo	Estado caliente	Estado Tibio	Estado Frío
1era etapa turbina	$\geq a 371^{\circ}\text{C}$	$149^{\circ}\text{C} < T^{\circ} < 371^{\circ}\text{C}$	$\leq a 149^{\circ}\text{C}$
Horas de apagado caldera	$\leq a 14$ horas	$15 < \text{Horas} \geq 17$	$> a 18$ horas

De superponer ambos criterios prevalece aquel que se cumple en primer lugar.

3.2. RECUBRIMIENTO DE MANGAS PRECOAT PARA SISTEMA DE FILTRADO DE GASES

El equipo para abatir el material particulado es del tipo filtro de mangas. Enel para reducir las emisiones durante la puesta en servicio y detención de la unidad ha definido que el filtro de mangas siempre este en servicio, esto conlleva que durante los arranques desde estado frío (después de 72 horas de detención o sin encender caldera), arranque con mangas nuevas, después un encendido quemando solo petróleo diésel por más de 24 horas, se deba realizar el proceso de precoating, lo que no es necesario en los arranques en caliente. El proceso de precoating se realiza dos (2) horas antes del encendido de caldera.

4. CARACTERÍSTICAS GENERALES UNIDAD CTTAR

4.1. Características principales de la caldera.

Marca	Foster Wheeler
Tipo recalentado	Convencional, con sobre calentador y
Circulación	Natural – Tiro Equilibrado
Presión vapor principal	160 Kg/cm ²
Flujo de vapor principal	450 t/h
Temperatura Vapor principal	540°C
Temperatura A. alimentación	253 °C
Combustible principal	Carbón Bituminoso pulverizado
Combustible de apoyo	Petróleo diésel

4.2. Características turbina- generador.

Marca Turbina	G.E / 270T366
Velocidad Turbina	3000 rpm
Modelo generador	290T366
Capacidad generador	186 MVA
Tensión de salida generador	13,8 KV
Refrigeración generador	Hidrógeno

4.3. Características del sistema de abatimiento de SO₂.

Flujo de gas	585,719	Nm ³ /h, dry 25°C
Temperatura de gas	168	°C
SO ₂	2.570,5	mg/Nm ³ (Dry, 6% O ₂ - 25°C)
Dust	13,5	mg/Nm ³ (Dry, 6% O ₂)
HCL	120	mg/Nm ³ (Dry, 6% O ₂)
HF	60	mg/Nm ³ (Dry, 6% O ₂)
O ₂	7,11	Vol. %(wet)
N ₂	72,32	Vol. %(wet)
H ₂ O	8,3	Vol. %(wet)
SO ₂ salida	< 360	mg/Nm ³ (Dry Base, 6% O ₂ - 25°C)

4.4. Características del sistema de abatimiento de material particulado (Filtro de mangas)

Tipo de filtro	Pulse Jet LKPB
Compartimientos	8
Capacidad de filtrado	1.150.000 m ³ /h (Max. Diseño)
Temperatura (Min)	120 °C
Dust Load	10 mg/Nm ³ (6% V O ₂ seco)
Mangas	4.816
Operación	>10% diésel<90% carbón

5. PARÁMETROS PROCESOS DE PARTIDA Y DETENCIÓN UNIDAD CTTAR

5.1. Operación bajo restricción ambiental

Los límites a controlar corresponden a los establecidos en la RCA 806/1996; DS 13/11 y RCA 55/2015.

5.1.1. Tabla N° 5: límites de emisión diarias a controlar

Tabla N°5 "Limite de emisiones diarias SO ₂ , NO _x , CO y MP"		
Parámetro	Emisión t/día	Origen del límite
Tasa de emisión SO ₂	6,16	RCA 55/2015
Tasa de emisión NO _x	7,70	
Tasa de emisión MP	0,77	
Tasa de emisión CO	3,08	

Tabla N°5 señala las tasas de emisión diarias de gases por chimenea, acumulados en 24 horas de operación, estas horas se contabilizan desde las 00:00 hasta las 24:00 hrs.

5.1.2. Tabla N° 6 límite de concentración horarias, para fuentes emisoras existentes D.S.N°13/11

Tabla N°6 "Límites de concentraciones horarias para combustibles sólidos"		
Parámetro	Unidad	Valor
SO ₂	mg/Nm ³	400
NO _x	mg/Nm ³	500
MP	mg/Nm ³	50

5.1.3. Tabla N° 7 límite parámetros de agua de mar RCA 806/1996 – DS 90/2000

Límites de parámetros para agua de mar		
Parámetro	Unidad	Valor
Temperatura salida agua de mar	° C	30
Diferencial de Temperatura.	° C	8
Flujo Agua de mar	m ³ /h	21.800

6. ANEXOS

Anexo 1: Carta Gantt puesta en servicio en frío.

Anexo 2: Carta Gantt Puesta en servicio en caliente.

Anexo 3: Carta Gantt Puesta en servicio en tibio.

Anexo 4: Carta Gantt retiro de servicio unidad.

Anexo 5: Planilla consumo petróleo diésel.

Anexo 6: Planilla consumo carbón.

Anexo 7: Planilla Consumos eléctricos.

Anexo 8: Partida Caliente-Fría

Anexo 9: Análisis de Combustibles

Anexo 10: Tabla de Parámetros

~FIN INFORME~