

Modificación de parámetros técnicos, plantas de Prime Energía Colombia

- Flores 1 CC
- Flores 4 CC
- Termovalle CC

Enero 31, 2023



Objetivo:

Presentar la información técnica que soporta la modificación de algunos parámetros técnicos de las plantas térmicas de Prime Energía Colombia y sus respectivas unidades de generación, en el marco de los lineamientos descritos en la Resolución CREG 101 028.

Contenido:

- a) Información por configuraciones (PLANTA_TÉRMICA, Parámetros 16 al 23) y curvas de acoplamiento gas vapor (ACOPLAMIENTOS) de Flores 4, Flores 1 y Termovalle.
- b) Intervalos de tiempo fuera de línea para determinar tipo de arranque (PLANTA_TÉRMICA, Parámetros 30, 31 y 32) de Flores4 y Flores 1.
- c) Tiempo de calentamiento de la planta (PLANTA_TÉRMICA, Parámetros 40) para Termovalle y para el estado frío de Flores 4.
- d) Velocidades de toma de carga y descarga para las unidades de Vapor de la planta (UNIDAD_TÉRMICA, Parámetros 55 y 56) de Flores 4, Flores 1 y Termovalle.

Comentario:

Se ajustaron los parámetros de acuerdo con los comentarios indicados por XM en la reunión extraordinaria del Subcomité de Plantas CNO 359. Esto implicó enviar a XM nuevamente los formatos del Acuerdo 1655, Anexo 4, para cada una de las plantas de Prime Energía Colombia, eliminando aquellas propuestas de parámetros nuevos que no se encontraban enmarcadas dentro de los lineamientos descritos en la Resolución CREG 101 028.

a

Información por configuraciones (PLANTA_TÉRMICA, Parámetros 16 al 23) y curvas de acoplamiento gas vapor (ACOPLAMIENTOS) de Flores 4, Flores 1 y TermoValle.



Información por configuraciones y curvas de acoplamiento gas-vapor

Parámetros a modificar: Planta Térmica Termovalle, Parámetros 16 al 23

parámetro			vigentes		anterior	nuevo	anterior	nuevo
16	CONFIGURACIONES		1	2	3	3	4	4
	RELACIÓN DE NÚMERO DE UNIDADES POR CONFIGURACIÓN							
17	UNIDADES DE LÍQUIDOS/GAS PARA EL MÍNIMO TÉCNICO	115 KV	1	1	1	1	1	1
18	UNIDADES VAPOR PARA EL MÍNIMO TÉCNICO	115 KV	1	1	N/A	N/A	N/A	N/A
19	UNIDADES LÍQUIDOS/GAS PARA EL MÁXIMO DE DISPONIBILIDAD	115 KV	1	1	1	1	1	1
20	UNIDADES VAPOR PARA EL MÁXIMO DE DISPONIBILIDAD	115 KV	1	1	N/A	N/A	N/A	N/A
21	COMBUSTIBLE		GAS	ACPM	GAS	GAS	ACPM	ACPM
22	RANGO DE DISPONIBILIDAD MÁXIMO [MW]		239	241	160	163	160	165
23	MÍNIMO TÉCNICO [MW]		100	100	100	50	100	50

Modificación de la carga MAXIMA

Cuando estas turbinas operan en ciclo abierto con el "diverter" abierto, se bypasean los gases de la combustión y disminuye la contrapresión ocasiona por la HRSG anexa, aumentando levemente la carga de la CT.

Solicitud:

Definimos que esta unidad podía alcanzar, al menos, la misma carga reportada en las últimas pruebas CEN de la planta operando en Ciclo Combinado. Esto corresponde a: 163 MW con Gas y 165 MW con ACPM.

Información por configuraciones y curvas de acoplamiento gas-vapor

Modificación de la carga MINIMA

La turbina de combustión de Termovalle es una 501F, clasificada por Siemens como FC+ DLN. La Carga Normalizada de 100% equivale a la Carga Nominal de la unidad: 160 MW. 5% → 8 MW

La etapa B entra en servicio en aproximadamente 38 – 40 MW. Esto equivale a 25% de la carga normalizada.

La recomendación de Siemens indica que la Carga Mínima se puede determinar a partir de la entrada de la etapa B, más un 5%.

Esto nos permite bajar la carga de la unidad de forma estable hasta 40 MW + 8 MW = 48 MW.

Adicionalmente verificamos la estabilidad de la regulación de la entrada de aire al compresor axial con la posición de las IGVs. Estas se mantienen cerradas en 37°, manteniendo estable la combustión en carga baja y comienzan a modular después de 40% de la carga normalizada (64 MW aprox). Para la carga mínima anterior de 100 MW, las IGVs se mantenían modulando en posición intermedia.

Solicitud:

Consideramos que técnicamente es posible operar con la turbina de combustión con una carga mínima de 50 MW cuando esta en Ciclo Simple.

Consulta al fabricante:

CONSULTA

Please, help us with the following information:

Which is the minimum load recommended (in continue operation) in our combustion turbines **in simple cycle** for both W501D5 and W501FC+?

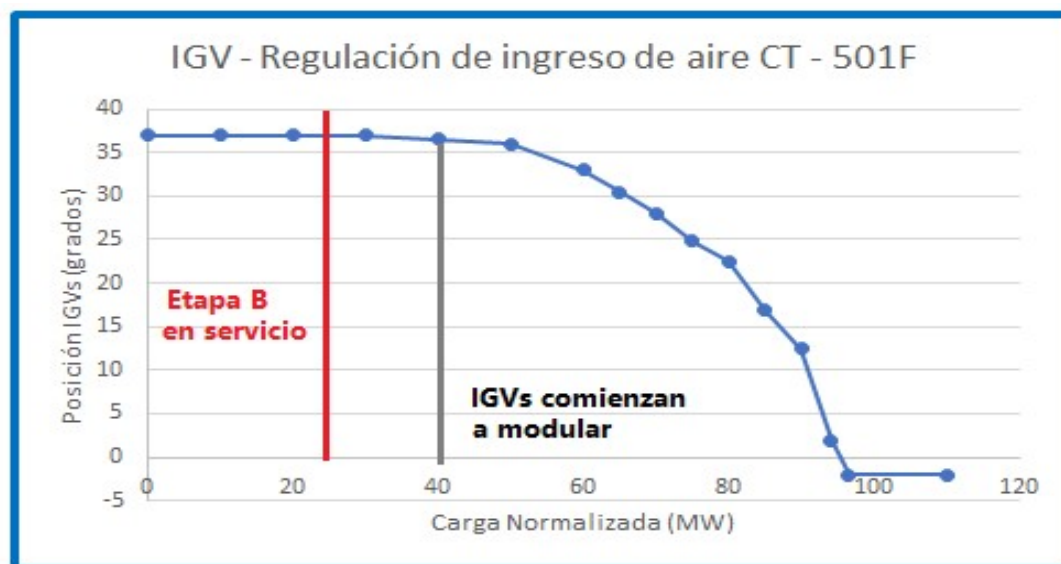
Regards,

RESPUESTA

Considerando que no hay restricción por emisiones:

Maquina FC+ DLN: La potencia mínima cuando hayan entrado las etapas A Y B más un 5%

Cordial Saludo,
Siemens



Información por configuraciones y curvas de acoplamiento gas-vapor

Relación de Acoplamientos Gas-Vapor: Planta Térmica Termovalle

ANTERIOR

Curva 1				
Configuraciones a las que aplica la curva 1:				1
Intervalos	Valor mínimo Gas (MW)	Valor mínimo Vapor (MW)	Valor máximo Gas (MW)	Valor máximo Vapor (MW)
1	0	0	44	0
2	44	0	60	20
3	60	20	120	53
4	120	53	163	76
Curva 4				
Configuraciones a las que aplica la curva 4:				4
Intervalos	Valor mínimo Gas (MW)	Valor mínimo Vapor (MW)	Valor máximo Gas (MW)	Valor máximo Vapor (MW)
1	0	0	44	0
2	44	0	60	20
3	60	20	124	56
4	124	56	165	76
Curva 6				
Configuraciones a las que aplica la curva 6:				7
Intervalos	Valor mínimo Gas (MW)	Valor mínimo Vapor (MW)	Valor máximo Gas (MW)	Valor máximo Vapor (MW)
1	0	0	80	0
2	80	0	160	0
Curva 7				
Configuraciones a las que aplica la curva 7:				8
Intervalos	Valor mínimo Gas (MW)	Valor mínimo Vapor (MW)	Valor máximo Gas (MW)	Valor máximo Vapor (MW)
1	0	0	80	0
2	80	0	160	0

Información por configuraciones y curvas de acoplamiento gas-vapor

Relación de Acoplamientos Gas-Vapor: Planta Térmica Termovalle NUEVOS

Curva 1

Configuraciones a las que Aplica la Curva 1:

1

INTERVALOS	VALOR MÍNIMO GAS [MW]	VALOR MÍNIMO VAPOR [MW]	VALOR MÁXIMO GAS [MW]	VALOR MÁXIMO VAPOR [MW]
1	0	0	44	0
2	44	0	62	18
3	62	18	62	38
4	62	38	146	74
5	146	74	163	76

Curva 2

Configuraciones a las que Aplica la Curva 2:

2

INTERVALOS	VALOR MÍNIMO GAS [MW]	VALOR MÍNIMO VAPOR [MW]	VALOR MÁXIMO GAS [MW]	VALOR MÁXIMO VAPOR [MW]
1	0	0	44	0
2	44	0	62	18
3	62	18	62	38
4	62	38	146	74
5	146	74	165	76

Modificaciones en la numeración de las configuraciones:

La configuración # 1 no cambia numeración. Ciclo Combinado con GAS

La configuración # 4 cambia a # 2. Ciclo Combinado con ACPM

La configuración # 7 cambia a # 3. Ciclo Simple con GAS

La configuración # 8 cambia a # 4. Ciclo Simple con ACPM

Desaparecen las configuraciones 2, 3, 5 y 6

Curvas de acoplamiento gas-vapor para configuraciones en Ciclo Simple

Curva de acoplamiento gas-vapor: Considerando que las configuraciones 3 y 4 aplican para la operación en ciclo simple, se entiende que no es necesario declarar relaciones gas-vapor para estas debido a que no aplica dicho concepto.

b

Intervalos de tiempo fuera de línea para determinar tipo de arranque (PLANTA_TÉRMICA, Parámetros 30, 31 y 32) de Flores4 y Flores 1.



Intervalos de tiempo fuera de línea para determinar tipo de arranque

Parámetros a modificar: Planta Térmica Flores 1, Parámetros 30, 31 y 32

Intervalos de tiempo

parámetro	Arranque	anterior	nueva
30	Frío	$t > 24$	$t > 40$
31	Tibio	$8 < t \leq 24$	$12 < t \leq 40$
32	Caliente	$t \leq 8$	$t \leq 12$

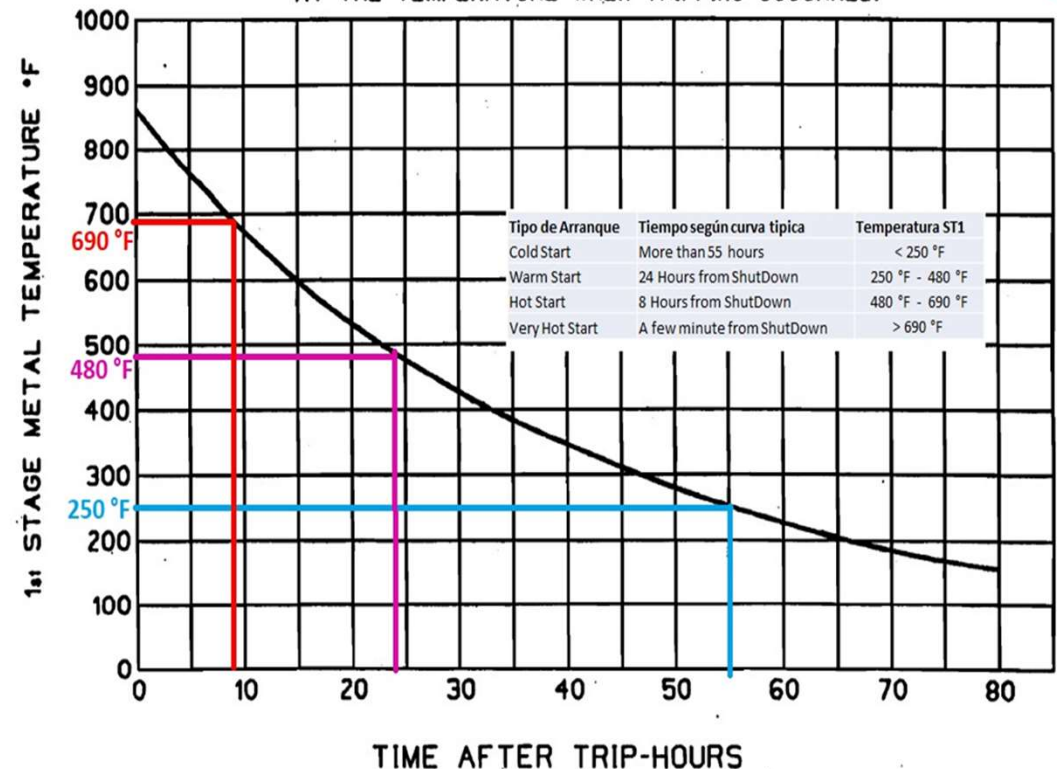
Tomando como referencia la curva típica de enfriamiento, al hacer el análisis de las curvas de arranque de la turbina de vapor podemos observar los siguientes datos:

Tipo de Arranque	Tiempo según curva típica	Temperatura ST1
Cold Start	More than 55 hours	< 250 °F
Warm Start	24 Hours from ShutDown	250 °F - 480 °F
Hot Start	8 Hours from ShutDown	480 °F - 690 °F
Very Hot Start	A few minute from ShutDown	> 690 °F

Curva de enfriamiento típico Turbina de Vapor Flores 1

COOLDOWN TIME FOR A TYPICAL SMALL FOSSIL TURBINE

NOTE: IF THE UNIT IS TRIPPED WITH THE TEMPERATURE AT A DIFFERENT VALUE THAN THAT GIVEN FOR TIME ZERO, SHIFT THE TIME SCALE SO THAT TIME ZERO STARTS AT THE TEMPERATURE WHEN TRIPPING OCCURRED.



Intervalos de tiempo fuera de línea para determinar tipo de arranque

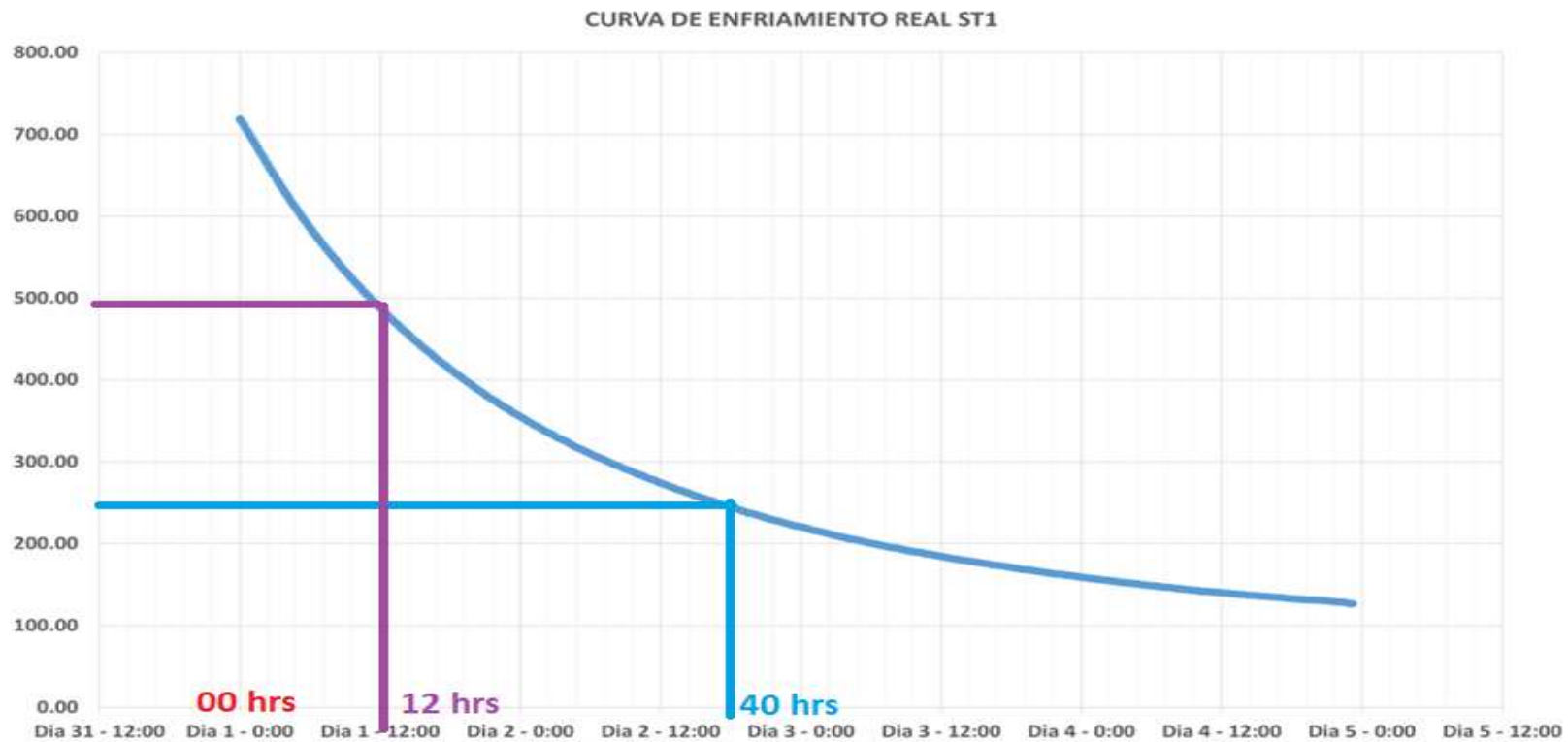
Parámetros a modificar: Planta Térmica Flores 1, Parámetros 30, 31 y 32

Intervalos de tiempo

parámetro	Arranque	anterior	nueva
30	Frío	$t > 24$	$t > 40$
31	Tibio	$8 < t \leq 24$	$12 < t \leq 40$
32	Caliente	$t \leq 8$	$t \leq 12$

Curva real de enfriamiento de la Turbina de Vapor Flores 1

- Tomando los datos del FIRST STAGE METAL TEMP con datos de varias paradas se construyó la curva real de enfriamiento de la turbina de vapor.
- Aplicando los criterios de las curvas de arranque a la curva real de enfriamiento ST1, obtenemos los rangos de tiempo para cada tipo de arranque:



Intervalos de tiempo fuera de línea para determinar tipo de arranque

Parámetros a modificar: Planta Térmica Flores 4, Parámetros 30, 31 y 32

Intervalos de tiempo

parámetro	Arranque	anterior	nueva
30	Frío	$t > 24$	$t > 18$
31	Tibio	$8 < t \leq 24$	$2 < t \leq 18$
32	Caliente	$t \leq 8$	$t \leq 2$

Condiciones de arranque Turbina de Vapor Flores 4

Las condiciones de entrada de temperatura y presión en las entradas de ambas turbinas, alta presión y media presión, se reducen significativamente durante los arranques en frío y en tibio.

SIEMENS

Hoja

11 (21)

CONDICIONES PARA LA OPERACIÓN DE LA TURBINA

TURBINA DE CONDENSACIÓN
SST900RH

Respons. dpto. DAC	Orig. fecha 2008-05-23	Reg. B043554
Preparado Markus Jöcker	Las Flores	

8. ARRANQUE

a Categorías de arranque

Las categorías de arranque se definen por la temperatura del metal T_m , medida en ambas turbinas AP e IP justo antes del inicio del calentamiento. La temperatura del metal, que ofrece la curva de arranque más lenta, define las condiciones del arranque:

Modo de arranque

Arranque en frío

Arranque en tibio

Arranque en caliente

T_{mAP}

$< 230\text{ °C} / 446\text{ °F}$

$230\text{ °C} / 446\text{ °F} - 450\text{ °C} / 842\text{ °F}$

$> 450\text{ °C} / 842\text{ °F}$

T_{mIP}

$< 230\text{ °C} / 446\text{ °F}$

$230\text{ °C} / 446\text{ °F} - 400\text{ °C} / 752\text{ °F}$

$> 400\text{ °C} / 752\text{ °F}$

Intervalos de tiempo fuera de línea para determinar tipo de arranque

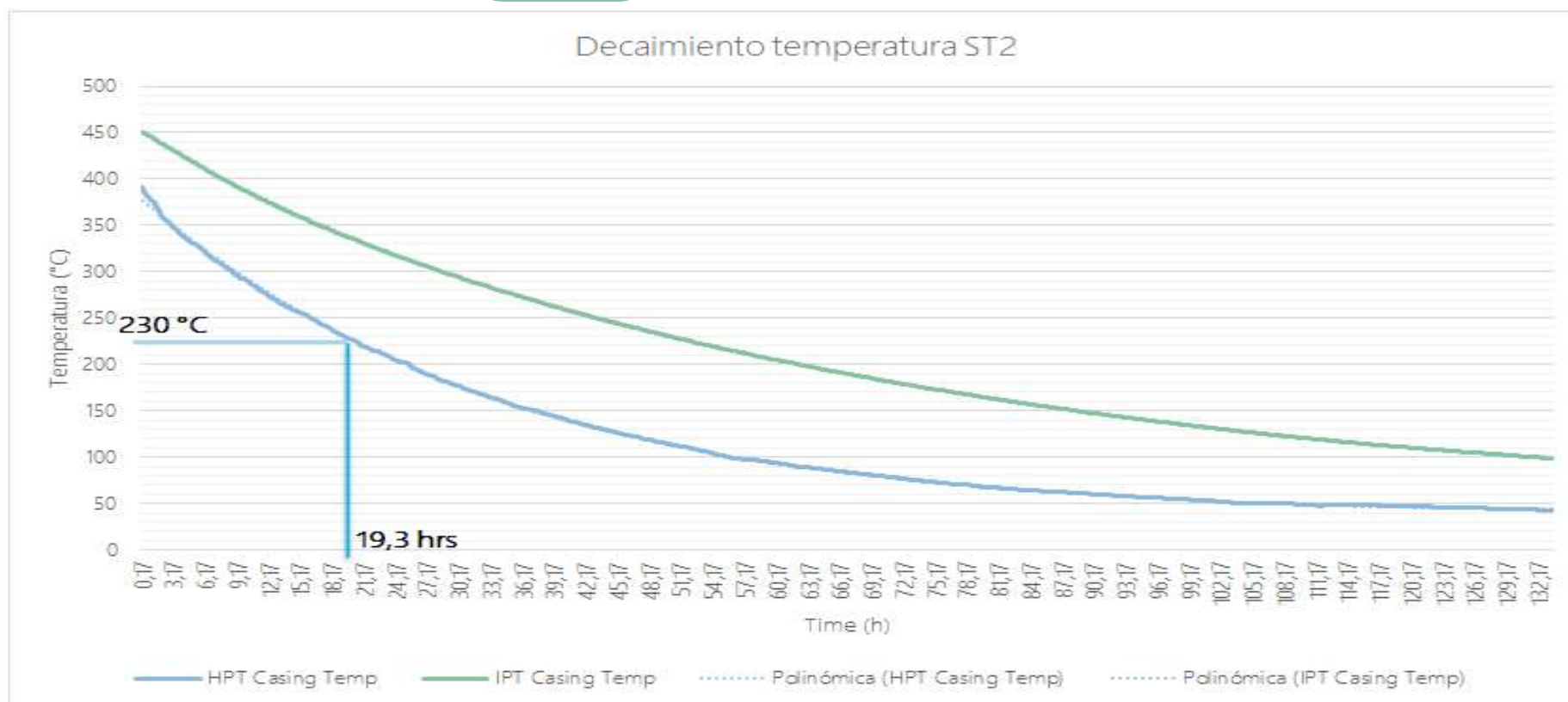
Parámetros a modificar: Planta Térmica Flores 4, Parámetros 30, 31 y 32

Intervalos de tiempo

parámetro	Arranque	anterior	nueva
30	Frío	$t > 24$	$t > 18$
31	Tibio	$8 < t \leq 24$	$2 < t \leq 18$
32	Caliente	$t \leq 8$	$t \leq 2$

Condiciones de arranque Turbina de Vapor Flores 4

El arranque caliente ($>450^{\circ}\text{C}$) solo se obtiene cuando la ST dispara o cuando sale de servicio después de generar carga alta. Se estima un tiempo de dos horas para pasar de estado caliente a tibio cuando ocurre un disparo o cuando viene de generara en carga alta.



C

Tiempo de calentamiento de la planta (PLANTA_TÉRMICA, Parámetros 40) para Termovalle y para el estado frío de Flores 4.



Tiempo de calentamiento de la planta

Parámetros a modificar: Planta Térmica Termovale, Parámetro 40

parámetro anterior

33	40		
TIEMPO DE CALENTAMIENTO (TC) (Horas)			
Combustible	Tipos de arranque		
	Frío	Tibio	Caliente
GAS	0.4167	0.4167	0.4167
ACPM	0.4167	0.4167	0.4167

parámetro nuevo

33	40		
TIEMPO DE CALENTAMIENTO (TC) (Horas)			
Combustible	Tipos de arranque		
	Frío	Tibio	Caliente
GAS	0,75	0,75	0,75
ACPM	0,75	0,75	0,75

Parámetros a modificar: Planta Térmica Flores 4, Parámetro 40, Frio

parámetro anterior

33	40		
TIEMPO DE CALENTAMIENTO (TC) (Horas)			
Combustible	Tipos de arranque		
	Frío	Tibio	Caliente
GAS	3,0	0.75	0.75

parámetro nuevo

33	40		
TIEMPO DE CALENTAMIENTO (TC) (Horas)			
Combustible	Tipos de arranque		
	Frío	Tibio	Caliente
GAS	0,75	0,75	0,75

Modificación: Se estandarizó este parámetro en 0,75 horas para todos los tipos de arranque de las unidades de combustión y vapor con base en:

- Las turbinas de combustión de las 3 plantas de Prime, Flores 1, Flores 4 y Termovale, son de la misma tecnología y tienen estandarizados sus procesos de arranque desde cero hasta velocidad de sincronismo, lo que es totalmente independiente del estado frío, tibio o caliente de la planta.
- El arranque de las turbinas de vapor no es independiente a la operación de la planta completa y está supeditado al proceso de arranque integrado con la turbina de combustión, por lo tanto nunca entrará en servicio en el primer periodo despachado o redespachado. Adicionalmente este tiempo está incluido dentro del parámetro de Tiempo de Aviso, que en todos los casos es mayor al Tiempo de Calentamiento.

d

Velocidades de toma de carga y descarga para las unidades de Vapor de la planta (UNIDAD_TÉRMICA, Parámetros 55 y 56) de Flores 4, Flores 1 y Termovalle.



Velocidades de toma de carga y descarga de las unidades de vapor

Parámetros a modificar: Unidad Térmica Flores 1 - Vapor, Parámetros 55 y 56

parámetro	Velocidades de toma de carga anterior					
55	Tipo de combustible: Gas					
	Intervalos	Límite Inferior [MW]	Límite Superior [MW]	Velocidad de toma de carga [MW/min]		
				Frío	Tibio	Caliente
	1	0	23	1,5	1,5	1,5
	2	23	44	0,4	0,4	0,4
	3	44	46	0,1	0,1	0,1
parámetro	Velocidades de descarga anterior					
56	Tipo de combustible: Gas					
	Intervalos	Límite Superior [MW]	Límite Inferior [MW]	Velocidad de descarga [MW/min]		
	1	46	44		0,1	
	2	44	23		0,4	
	3	23	0		1,5	

parámetro	Velocidades de toma de carga					
55	Tipo de combustible: GAS					
	Intervalos	Límite Inferior [MW]	Límite Superior [MW]	Velocidad de toma de carga [MW/min]		
				Frío	Tibio	Caliente
	1	0	23	1,50	1,50	1,50
	2	23	44	0,40	0,40	0,40
	3	44	45	0,10	0,10	0,10
parámetro	Velocidades de descarga					
56	Tipo de combustible: GAS					
	Intervalos	Límite Superior [MW]	Límite Inferior [MW]	Velocidad de descarga [MW/min]		
	1	45	44		0,10	
	2	44	23		2,40	
	3	23	0		1,50	

Modificación: Las velocidades de toma de carga y descarga de las turbinas de vapor de cada planta se recalcularon y se modificaron acorde con la toma de carga de las turbinas de combustión y el proceso de arranque según el estado frío, tibio o caliente de la turbina de vapor.

Velocidades de toma de carga y descarga de las unidades de vapor

Parámetros a modificar: Unidad Térmica Flores 4 (vapor), Parámetros 55 y 56

parámetro 55		Velocidades de toma de carga anterior				
		Tipo de combustible: Gas				
	Intervalos	Límite Inferior [MW]	Límite Superior [MW]	Velocidad de toma de carga [MW/min]		
				Frío	Tibio	Caliente
	1	0	160	0,8	0,8	0,8
	2	169	169	0,13	0,13	0,13

parámetro 56		Velocidades de descarga anterior				
		Tipo de combustible: Gas				
	Intervalos	Límite Superior [MW]	Límite Inferior [MW]	Velocidad de descarga [MW/min]		
	1	169	160		0,13	
	2	160	0		0,8	

parámetro 55		Velocidades de toma de carga modificada				
		Tipo de combustible: GAS				
	Intervalos	Límite Inferior [MW]	Límite Superior [MW]	Velocidad de toma de carga [MW/min]		
				Frío	Tibio	Caliente
	1	0	88	1,50	2,00	2,50
	2	88	140	1,00	1,50	2,00
	3	140	164	0,50	0,50	0,50

parámetro 56		Velocidades de descarga modificada				
		Tipo de combustible: GAS				
	Intervalos	Límite Superior [MW]	Límite Inferior [MW]	Velocidad de descarga [MW/min]		
	1	164	140		0,50	
	2	140	88		2,00	
	3	88	0		1,50	

Modificación: Las velocidades de toma de carga y descarga de las turbinas de vapor de cada planta se recalcularon y se modificaron acorde con la toma de carga de las turbinas de combustión y el proceso de arranque según el estado frío, tibio o caliente de la turbina de vapor.

Velocidades de toma de carga y descarga de las unidades de vapor

Parámetros a modificar: Unidad Térmica Termovalle - Vapor, Parámetros 55 y 56

parámetro	Velocidades de toma de carga anterior					
55	Tipo de combustible: Gas					
	Intervalos	Límite Inferior [MW]	Límite Superior [MW]	Velocidad de toma de carga [MW/min]		
				Frío	Tibio	Caliente
gas	1	0	76	1,0	1,3	2,0
acpm	1	0	76	1,0	1,3	2,0

parámetro	Velocidades de descarga anterior					
56	Tipo de combustible: Gas					
	Intervalos	Límite Superior [MW]	Límite Inferior [MW]	Velocidad de descarga [MW/min]		
gas	1	76	0		4,0	
acpm	2	76	0		4,0	

parámetro	Velocidades de toma de carga modificada					
55	Tipo de combustible: GAS					
	Intervalos	Límite Inferior [MW]	Límite Superior [MW]	Velocidad de toma de carga [MW/min]		
				Frío	Tibio	Caliente
GAS y ACPM	1	0	38	1,50	2,00	2,50
	2	38	76	1,00	1,50	2,00

parámetro	Velocidades de descarga modificada					
56	Tipo de combustible: GAS					
	Intervalos	Límite Superior [MW]	Límite Inferior [MW]	Velocidad de descarga [MW/min]		
GAS y ACPM	1	76	38		2,00	
	2	38	0		1,50	

Modificación: Las velocidades de toma de carga y descarga de las turbinas de vapor de cada planta se recalcularon y se modificaron acorde con la toma de carga de las turbinas de combustión y el proceso de arranque según el estado frío, tibio o caliente de la turbina de vapor. Aplican igual para GAS y ACPM.

Gracias

