

Estudio para la viabilidad de una planta de incineración de residuos

ANEXO

Autor: SERGIO MARTÍNEZ LIZARTE

Director: ASSENSI OLIVA LLENA

Convocatòria: JUNIO 2016



**Màster Interuniversitari UB-UPC
d'Enginyeria en Energia**

ÍNDICE

1 ESTRUCTURA GENERAL DE LOS CÁLCULOS	3
1.1 Escenarios 1 y 3	3
1.2 Escenarios 2 y 4	5
1.3 Escenario 5.....	7
1.4 Escenario 6.....	9
2 HIPÓTESIS.....	12
3 BALANCES DE MASA Y ENERGÍA	13
3.1 Balance de masa en colector de alta presión y colector baja presión	13
3.2 Cálculo del caudal de retorno de condensado a tanque	14
3.3 Cálculo de las extracciones A3 y A4 de la Turbina 1.....	15
3.4 Cálculo de la nueva demanda de 14 MW	16
3.4.1 Escenarios 1 y 2	16
3.4.2 Escenarios 3 y 4	16
3.4.3 Escenarios 5 y 6	16
3.5 Balance de energía en el tanque-desgasificador.....	18
3.6 Balance de energía en el punto de encuentro de condensados de ambas turbinas	20
3.7 Balance de energía en el pre-calentador 2.....	21
3.8 Balance en el pre-calentador 1.....	22
4 POTENCIA ELÉCTRICA PRODUCIDA	24
5 CÁLCULO DEL PRECIO DE VENTA DEL VAPOR	27

1 ESTRUCTURA GENERAL DE LOS CÁLCULOS

Se estructura la explicación en cuatro casos generales: escenarios 1 y 3, escenarios 2 y 4, escenario 5 y escenario 6.

1.1 Escenarios 1 y 3

La estructura general que se ha seguido en los cálculos se basa en un algoritmo iterativo que consta de los siguientes pasos:

- 1 Establecimiento de las hipótesis (apartado Figura 1.4) y estimación de los caudales A3 y A4.
- 2 Balance de masa en el colector alta presión y cálculo del caudal enviado a turbinas (apartado 3.1).
- 3 Cálculo del caudal de condensados de turbina 1.
- 4 Balance de energía en el pre-calentador 2 (apartado 3.7).
- 5 Balance de energía en el punto de mezcla de los condensados de ambas turbinas y cálculo de la entalpía de la mezcla de condensados (apartado 3.6).
- 6 Balance de energía en el desgasificador y cálculo del caudal de vapor BP introducido en el desgasificador (apartado 3.5).
- 7 Balance de masa en el colector de baja presión y cálculo del caudal A3 (apartado 3.1).
- 8 Iteración hasta la convergencia del caudal A3.
- 9 Cálculos finales: balance de energía en el pre-calentador 1 (apartado 3.8) y cálculos del trabajo de turbinas.

Con el balance de masa en el colector de alta presión se determina, en función de vapor producido por los hornos, la distribución de caudales y el caudal que se envía a cada turbina. Se calcula el caudal de condensados de la Turbina 1 a partir de este caudal y de las extracciones realizadas.

Posteriormente se realiza el balance energético en el pre-calentador 2 para determinar la entalpía de salida de los condensados y seguidamente el balance en el punto de encuentro de los condensados de ambas turbinas.

El balance en el tanque de condensados (desgasificador) servirá para determinar el caudal de vapor de BP introducido en el desgasificador con el fin de mantener la entalpía de los condensados que retornan calderas en un valor constante de 635 kJ/kg.

Finalmente, un balance en el colector de BP determinará el caudal de extracción A3 que deberá converger con la estimación realizada al inicio del algoritmo. A partir del caudal A3, en el caso del escenario 3, se calcula el caudal A4 mediante la resta de la potencia requerida por la nueva demanda de 14 MW menos la aportada por A3.

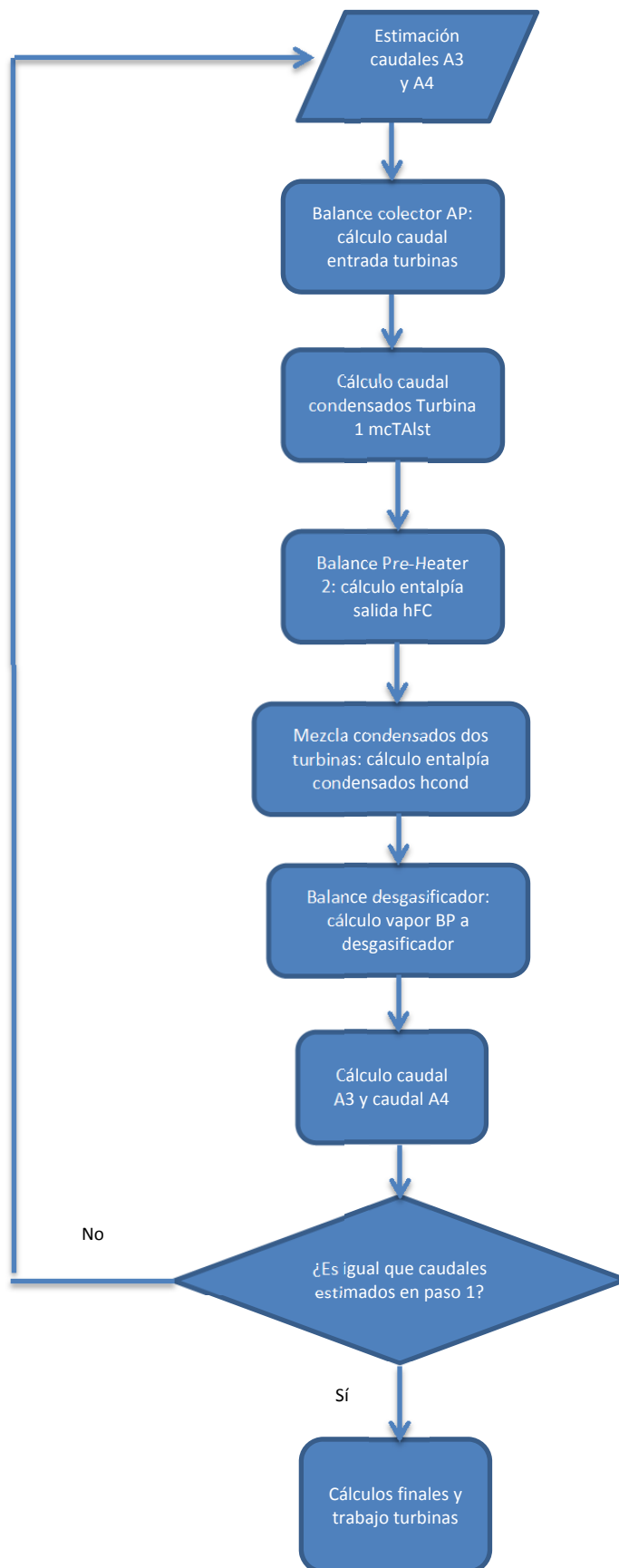


Figura 1.1 Diagrama del algoritmo de cálculo de los escenarios 1 y 3

La estimación y cálculo del caudal de extracción por A4 solamente aplica al escenario 3.

1.2 Escenarios 2 y 4

La estructura general que se ha seguido en los cálculos se basa en un algoritmo iterativo que consta de los siguientes pasos:

- 1 Establecimiento de las hipótesis (apartado Figura 1.4) y estimación del caudal de vapor enviado desde el colector AP al colector BP.
- 2 Balance de masa en el colector alta presión y cálculo del caudal enviado a turbinas (apartado 3.1).
- 3 Cálculo del caudal de condensados de Turbina 1.
- 4 Balance de energía en el pre-calentador 2 (apartado 3.7).
- 5 Balance de energía en el punto de mezcla de los condensados de ambas turbinas y cálculo de la entalpía de la mezcla de condensados (apartado 3.6).
- 6 Balance de energía en el desgasificador y cálculo del caudal de vapor BP introducido en el desgasificador (apartado 3.5).
- 7 Balance de masa en el colector de baja presión y caudal de vapor enviado desde el colector AP al colector BP (apartado 3.1).
- 8 Iteración hasta la convergencia del caudal de vapor enviado desde el colector AP al colector BP.
- 9 Cálculos finales: balance de energía en el pre-calentador 1 (apartado 3.8) y cálculos del trabajo de turbinas.

Con el balance de masa en el colector de alta presión se determina, en función de vapor producido por los hornos, la distribución de caudales y el caudal que se envía a cada turbina. En el caso del escenario 4, en este punto se introduce en el balance el caudal de vapor que ha de aportar el colector AP a la nueva demanda de 14 MW.

Se calcula el caudal de condensados de la Turbina 1 a partir de su caudal de entrada menos las extracciones realizadas.

Posteriormente se realiza el balance energético en el pre-calentador 2 para determinar la entalpía de salida de los condensados y seguidamente el balance en el punto de encuentro de los condensados de ambas turbinas.

El balance en el tanque de condensados (desgasificador) servirá para determinar el caudal de vapor de BP introducido en el desgasificador con el fin de mantener la entalpía de los condensados que retornan calderas en un valor constante de 635 kJ/kg.

Finalmente, un balance en el colector de BP determinará el caudal de vapor enviado desde el colector AP al colector BP y que deberá converger con la estimación realizada al inicio del algoritmo.

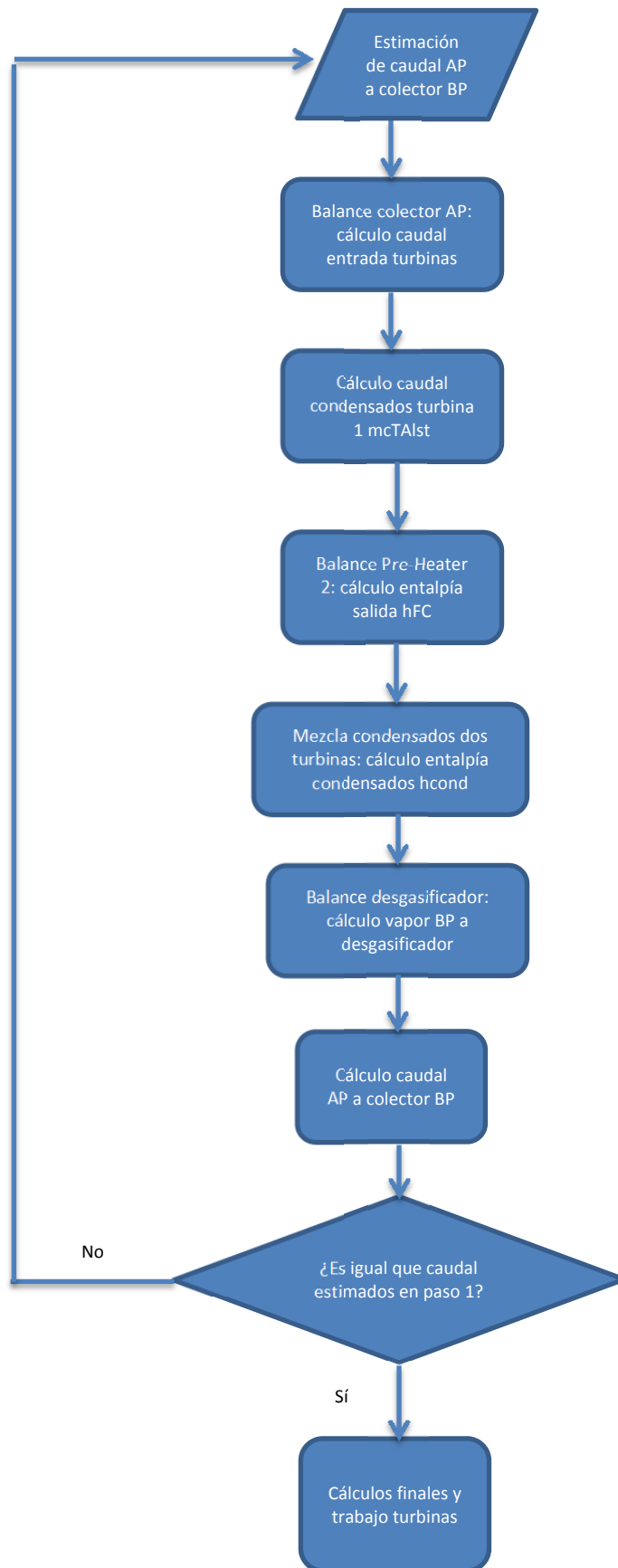


Figura 1.2 Diagrama del algoritmo de cálculo de los escenarios 2 y 4

1.3 Escenario 5

La estructura general que se ha seguido en los cálculos se basa en un algoritmo iterativo que consta de los siguientes pasos:

- 1 Establecimiento de las hipótesis (apartado Figura 1.4) y estimación del caudal de vapor enviado a desgasificador.
- 2 Balance de masa en el colector de baja presión y cálculo del caudal A3 (apartado 3.1).
- 3 Balance de masa en el colector alta presión y cálculo del caudal enviado a turbinas (apartado 3.1).
- 4 Cálculo del caudal de condensados de Turbina 1.
- 5 Cálculo de la potencia aportada por condensados a la nueva demanda (apartados 3.3 y 3.4)
- 6 Cálculo de la potencia aportada por A3 a la nueva demanda (apartados 3.3 y 3.4)
- 7 Cálculo del caudal necesario de la extracción A3 a nueva demanda (apartados 3.3 y 3.4)
- 8 Balance de energía en el desgasificador y cálculo del caudal de vapor BP introducido en el desgasificador (apartado 3.5).
- 9 Iteración hasta la convergencia del caudal de vapor enviado a desgasificador.
- 10 Cálculos finales: balances en pre-calentadores y cálculo del trabajo de turbinas.

A partir de la estimación de caudal vapor enviado a desgasificador, el balance en el colector BP determina el caudal de extracción A3.

Con el balance de masa en el colector de alta presión se determina, en función de vapor producido por los hornos, la distribución de caudales y el caudal que se envía a cada turbina. Se calcula el caudal de condensados de la Turbina 1 a partir de su caudal de entrada menos las extracciones realizadas.

Una vez conocido el caudal de condensados, se calcula la potencia que pueden aportar a la nueva demanda y la potencia necesaria a aportar por la extracción A3, así como el caudal de vapor necesario para tal fin.

El balance en el tanque de condensados (desgasificador) servirá para determinar el caudal de vapor de BP introducido en el desgasificador con el fin de mantener la entalpía de los condensados que retornan calderas en un valor constante de 635 kJ/kg. Este valor deberá converger con la estimación realizada al inicio del algoritmo.

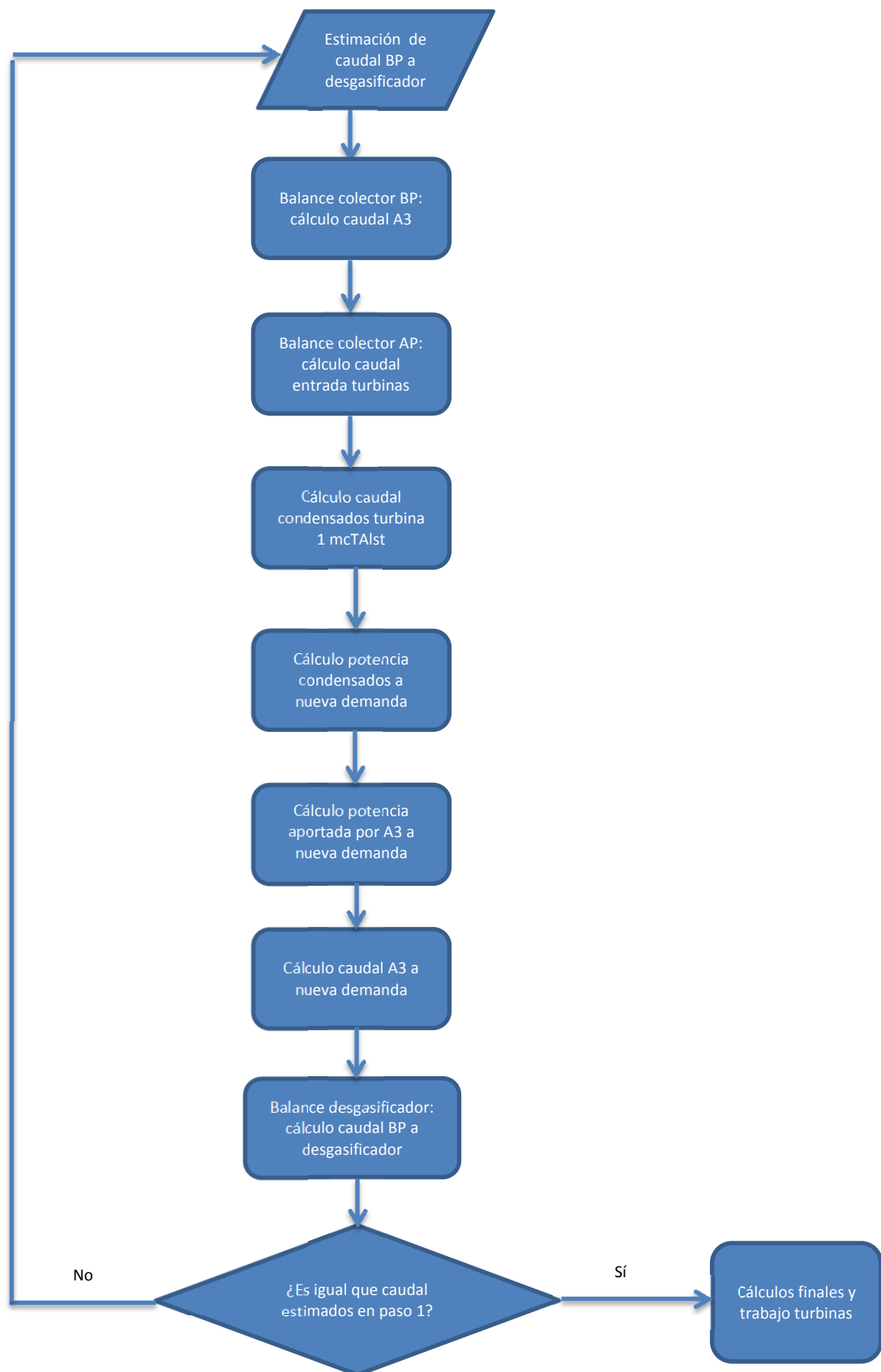


Figura 1.3 Diagrama del algoritmo de cálculo del escenario 5

1.4 Escenario 6

La estructura general que se ha seguido en los cálculos se basa en un algoritmo iterativo que consta de los siguientes pasos:

- 1 Establecimiento de las hipótesis (apartado Figura 1.4) y estimación del caudal de vapor BP enviado a desgasificador.
- 2 Balance de masa en el colector de baja presión y cálculo del caudal enviado desde AP al colector BP (apartado 3.1).
- 3 Balance de masa en el colector alta presión y cálculo del caudal enviado a turbinas (apartado 3.1).
- 4 Cálculo del caudal de condensados de Turbina 1.
- 5 Cálculo de la potencia aportada por condensados a la nueva demanda (apartados 3.3 y 3.4)
- 6 Cálculo de la potencia aportada por el colector AP a la nueva demanda (apartados 3.3 y 3.4)
- 7 Cálculo del caudal necesario de vapor AP a nueva demanda (apartados 3.3 y 3.4)
- 8 Nuevo balance de masa en el colector alta presión y cálculo del caudal enviado a turbinas (apartado 3.1).
- 9 Nuevo cálculo del caudal de condensados de Turbina 1.
- 10 Iteración puntos 4 a 9 hasta la convergencia del caudal de condensados de Turbina 1.
- 11 Balance de energía en el desgasificador y cálculo del caudal de vapor BP introducido en el desgasificador (apartado 3.5).
- 12 Iteración puntos 1 a 11 hasta la convergencia del caudal de vapor enviado a desgasificador.
- 13 Cálculos finales: balances en pre-calentadores y cálculo del trabajo de turbinas.

A partir de la estimación de caudal vapor BP enviado a desgasificador, el balance en el colector BP determina el caudal enviado desde AP al colector BP.

Con el balance de masa en el colector de alta presión se determina, en función de vapor producido por los hornos, la distribución de caudales y el caudal que se envía a cada turbina. Se calcula el caudal de condensados de la Turbina 1 a partir de su caudal de entrada menos las extracciones realizadas.

Una vez conocido el caudal de condensados, se calcula la potencia que pueden aportar a la nueva demanda y la potencia necesaria a aportar directamente desde el colector AP, así como el caudal de vapor necesario para tal fin.

Conociendo el caudal que se aporta desde el colector AP a la nueva demanda, se realiza un nuevo balance en el colector AP para determinar el nuevo caudal de entrada a turbinas y un nuevo caudal

de condensados. Este valor deberá converger con el cálculo del punto 4, iterándose hasta su consecución.

Una vez convergida la subrutina anterior, se realiza un balance en el tanque de condensados (desgasificador) que servirá para determinar el caudal de vapor de BP introducido en el desgasificador con el fin de mantener la entalpía de los condensados que retornan calderas en un valor constante de 635 kJ/kg. Este valor deberá converger con la estimación realizada al inicio del algoritmo.



Figura 1.4 Diagrama del algoritmo de cálculo del escenario 6

2 HIPÓTESIS

Los valores de entalpía y título de vapor que se han asumido en los puntos indicados para todos los escenarios estudiados son los siguientes:

Hipótesis generales comunes a todos los escenarios			
he	3.215,80	kJ/kg	Entrada Turbina 1
hA4	3.100,00	kJ/kg	Extracción A4
hA3	2.900,00	kJ/kg	Extracción A3
hA2-1	2.710,00	kJ/kg	Extracción A2
hA2-2	515,00	kJ/kg	Salida vapor pre-calentador 2
hA1-1	2.538,20	kJ/kg	Extracción A1
XvapA1	95	%	Título vapor extracción A1
hf	2.335,00	kJ/kg	Salida Turbina 1 (Psat 0,068 bara)
Xvaporf	84,75	%	Título vapor salida turbina
hSC	161,00	kJ/kg	Entrada condensado pre-calentador 1
hMC	344,00	kJ/kg	Salida condensado pre-calentador 1
hcT2	170,00	kJ/kg	Salida condensador-bomba Turbina 2
hcondesatsDC	293,07	kJ/kg	Retorno condensados Terceros S.A.
hBP	2.900,00	kJ/kg	Entalpía vapor colector BP

Las hipótesis específicas de cada escenario se comentaran, si es necesario, en el apartado correspondiente.

3 BALANCES DE MASA Y ENERGÍA

3.1 Balance de masa en colector de alta presión y colector baja presión

La ecuación del balance en el colector de alta presión es la siguiente:

$$\dot{m}_{vapor\ generado} = \dot{m}_{T_{Alstom}} + \dot{m}_{Ej\ AP} + \dot{m}_{turbobomba} + \dot{m}_{DC_{AP}} + \dot{m}_{T_{KKK}} + \dot{m}_{PH_{AP}} + \dot{m}_{AP-BP} + \dot{m}_{By-pass} + \dot{m}_{14MW_{AP}}$$

Donde:

$\dot{m}_{vapor\ generado}$ es el valor del vapor generado por las líneas según medias diarias

$\dot{m}_{T_{Alstom}}$ es el vapor enviado a la Turbina 1

$\dot{m}_{Ej\ AP}$ vapor enviado a los eyectores de AP según medias diarias

$\dot{m}_{turbobomba}$ vapor a turbobomba según medias diarias

$\dot{m}_{DC_{AP}}$ vapor enviado a Terceros S.A. directamente desde AP

$\dot{m}_{T_{KKK}}$ vapor enviado a la Turbina 2

$\dot{m}_{PH_{AP}}$ vapor a pre-heaters de aire de AP según medias diarias

\dot{m}_{AP-BP} vapor al colector de BP desde el colector AP

$\dot{m}_{By-pass}$ vapor al by-pass

$\dot{m}_{14MW_{AP}}$ Vapor de AP utilizado para suministrar una parte de la nueva demanda de 14 MW

En la siguiente tabla se presentan los valores que toman todos los términos de la ecuación anterior para cada uno de los escenarios, incluyendo los escenarios de referencia.

Balance general vapor colector AP		Ref. 3 líneas	Ref. 2 líneas	Escenario 1 (3 líneas)	Escenario 2 (2 líneas)	Escenario 3 (3 líneas)	Escenario 4 (2 líneas)	Escenario 5 (3 líneas)	Escenario 6 (2 líneas)
Vapor generat	[T/d]	3.360,00	2.400,00	3.360,00	2.400,00	3.360,00	2.400,00	3.360,00	2.400,00
Vapor a T. 1	[T/d]	2.811,18	2.374,15	2.571,73	1.362,69	2.571,73	878,10	2.571,73	908,57
Vapor eyectores AP	[T/d]	27,97	25,83	27,97	25,83	27,97	25,83	27,97	25,83
Vapor a turbobomba	[T/d]	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02
Vapor a DC desde AP	[T/d]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vapor a T. 2	[T/d]	240,00	0,00	760,29	760,29	760,29	760,29	760,29	760,29
Pre-heaters AP	[T/d]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vapor a BP desde AP	[T/d]	280,84	0,00	0,00	251,17	0,00	269,22	0,00	346,78
Vapor a By-pass	[T/d]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Balance general vapor colector AP		Ref. 3 líneas	Ref. 2 líneas	Escenario 1 (3 líneas)	Escenario 2 (2 líneas)	Escenario 3 (3 líneas)	Escenario 4 (2 líneas)	Escenario 5 (3 líneas)	Escenario 6 (2 líneas)
Vapor DC desde 2	[T/d]	0,00	0,00	520,29	520,29	520,29	520,29	520,29	520,29
Vapor a demanda 14MW desde AP	[T/d]				0,00	0,00	466,54	0,00	358,51

En el colector de BP los valores del balance de masas se pueden ver en la siguiente tabla, siendo éste bastante más sencillo. La ecuación del balance de masas es la siguiente:

$$\dot{m}_{AP-BP} + \dot{m}_{A3BP} = \dot{m}_{PHBP} + \dot{m}_{desgasif}$$

Donde:

\dot{m}_{AP-BP} es el vapor enviado al colector de BP desde el colector AP

\dot{m}_{A3BP} es el vapor enviado al colector de BP desde la extracción A3

\dot{m}_{PHBP} vapor a pre-heaters de aire de BP según medias diarias

$\dot{m}_{desgasif}$ es el vapor enviado a desgasificador según medias diarias

Balance general vapor colector BP		Ref. 3 líneas	Ref. 2 líneas	Escenario 1 (3 líneas)	Escenario 2 (2 líneas)	Escenario 3 (3 líneas)	Escenario 4 (2 líneas)	Escenario 5 (3 líneas)	Escenario 6 (2 líneas)
Vapor desde AP	[T/d]	280,84	0,00	0,00	251,17	0,00	269,22	0,00	346,78
Vapor desde A3	[T/d]	0,00	160,81	312,40	0,00	310,59	0,00	474,79	0,00
Pre-calentad. de BP	[T/d]	97,26	66,68	97,26	66,68	97,26	66,68	97,26	66,68
Vapor a desgasificador	[T/d]	183,58	94,12	215,14	184,49	213,33	202,54	377,53	280,10

3.2 Cálculo del caudal de retorno de condensado a tanque

El caudal de condensado que retorna al tanque se ha calculado con la siguiente ecuación:

$$\dot{m}_{T_{Alstom}} - \dot{m}_{A3} - \dot{m}_{A4} + \dot{m}_{T_{KKK}} - \dot{m}_{DC_{T_{KKK}}} + \dot{m}_{Ej\ AP} = \dot{m}_{condensado}$$

Donde:

$\dot{m}_{T_{Alstom}}$ es el vapor enviado a la Turbina 1

\dot{m}_{A3} es el vapor extraído por la extracción A3 de la Turbina 1, calculado en el apartado 3.3

\dot{m}_{A4} es el vapor extraído por la extracción A4 de la Turbina 1, calculado en el apartado 3.3

$\dot{m}_{T_{KKK}}$ vapor enviado a la Turbina 2

$\dot{m}_{DC_{T_{KKK}}}$ vapor extraído de Turbina 2 y enviado a Terceros S.A.

$\dot{m}_{Ej\ AP}$ vapor enviado a los eyectores de AP según medias diarias

$\dot{m}_{condensado}$ es el caudal de retorno de condensados de las dos turbinas

Caudal condensados a tanque		Ref. 3 líneas	Ref. 2 líneas	Escenario 1 (3 líneas)	Escenario 2 (2 líneas)	Escenario 3 (3 líneas)	Escenario 4 (2 líneas)	Escenario 5 (3 líneas)	Escenario 6 (2 líneas)
Vapor T. 1	[T/d]	2.811,18	2.374,15	2.571,73	1.362,69	2.571,73	878,10	2.571,73	908,57
mA4	[T/d]	0	0	0	0	138,88	0,00	0	0,00
mA3	[T/d]	0	160,81	312,4	0	684,86	0,00	786,67	0,00
Vapor T. 2	[T/d]	240,00	0	760,29	760,29	760,29	760,29	760,29	760,29
Vapor DC desde T. 2	[T/d]	0	0	520,29	520,29	520,29	520,29	520,29	520,29
mEj	[T/d]	28	25,83	28,00	25,83	28,00	25,83	28,00	25,83
Condensado	[T/d]	3.019,05	2.239,17	2.527,30	1.628,52	2.015,99	1.143,93	2.053,07	1.174,40

Los caudales \dot{m}_{A3} y \dot{m}_{A4} se calculan en el siguiente apartado.

3.3 Cálculo de las extracciones A3 y A4 de la Turbina 1

El caudal de las extracciones A3 y A4 dependen en cada caso de las condiciones de cada escenario.

Caudal extracciones A3 y A4		Ref. 3 líneas	Ref. 2 líneas	Escenario 1 (3 líneas)	Escenario 2 (2 líneas)	Escenario 3 (3 líneas)	Escenario 4 (2 líneas)	Escenario 5 (3 líneas)	Escenario 6 (2 líneas)
Consumo colector BP desde A3	[T/d]	0,00	160,81	312,40	0,00	310,59	0,00	474,79	0,00
Consumo extra a aportar de nueva demanda 14MW A4	[T/d]	0,00	0,00	0,00	0,00	138,88	0,00	0,00	0,00
Consumo extra a aportar de nueva demanda 14MW A3	[T/d]	0,00	0,00	0,00	0,00	374,27	0,00	311,88	0,00
mA4	[T/d]	0,00	0,00	0,00	0,00	138,88	0,00	0,00	0,00
mA3	[T/d]	0,00	160,81	312,40	0,00	684,86	0,00	786,67	0,00

En el escenario de referencia para 3 líneas, no existen estas extracciones, mientras que en la referencia para 2 líneas el caudal extraído por A3 es el equivalente a los consumos del colector de baja presión.

En el escenario 1 el caudal extraído por A3 es el equivalente a los consumos del colector de baja presión, mientras que en el 2 no se extrae nada por ser el caudal de entrada a la turbina demasiado bajo.

En el escenario 3 la extracción A3 corresponde a los consumos del colector de baja presión más el vapor necesario para aportar 10 MW (374,27 T/d) de la nueva demanda adicional interpuesta por las condiciones del escenario. La extracción A4 se corresponde con el vapor necesario para aportar 4 MW (138,88 T/d) de la nueva demanda adicional. Estos valores se calculan en el siguiente apartado 3.4.

En el escenario 4 no se extrae nada por ser el caudal de entrada a la turbina demasiado bajo, pasándose a suministrar la nueva demanda directamente desde el colector AP.

En el escenario 5 la extracción A3 corresponde a los consumos del colector de baja presión más el vapor necesario para aportar 9,25 MW (311,88 T/d) de la nueva demanda. El resto de la nueva demanda de 14MW se suministra desde el retorno de condensados, como demandaban las condiciones del escenario.

En el escenario 6 no se extrae nada por ser el caudal de entrada a la turbina demasiado bajo.

3.4 Cálculo de la nueva demanda de 14 MW

La nueva demanda de 14 MW, según las condiciones que definen los escenarios, se debe suministrar desde la extracción A3 en los escenarios 3 y 4 y desde el retorno de condensados en los escenarios 5 y 6.

3.4.1 Escenarios 1 y 2

No existe tal demanda en estos dos escenarios.

3.4.2 Escenarios 3 y 4

En los escenarios 3 y 4 el cálculo del caudal de vapor que supone la nueva demanda es directo según la siguiente ecuación:

$$\dot{Q}_{14MW_{A3}} = \dot{m}_{14MW_{A3}} * (h_{A3} - h_{condensado14MW_{A3}})$$

Donde:

$\dot{Q}_{14MW_{A3}}$ es la potencia térmica aportada por la extracción A3 a la nueva demanda (14 MW)

$\dot{m}_{14MW_{A3}}$ es caudal de vapor de la extracción A3 dedicada a la nueva demanda

h_{A3} es la entalpía del vapor en la extracción A3

$h_{condensado14MW_{A3}}$ es la entalpía del vapor una vez condensado. Se fija a 335 kJ/kg para este caso.

Si el caudal $\dot{m}_{14MW_{A3}}$ calculado es demasiado grande para suministrarlo desde A3, se suministra una parte desde A4.

Tanto en el escenario 3 como en el 4 el cálculo es directo, ya que se conoce el límite máximo del vapor a extraer por A3 y el resto hasta los 14 MW se extrae por A4 o por el colector AP (en el caso de 2 líneas). Esto se puede calcular al inicio del cálculo, no necesitando algoritmo iterativo.

3.4.3 Escenarios 5 y 6

En los escenarios 5 y 6 el razonamiento para distribuir la nueva demanda es el siguiente:

- 1 Suministro 14 MW desde retorno condensados. ¿Es posible?

- 1.1 Escenario 5: No totalmente, sólo 6,3 MW.
- 1.2 Escenario 6: No totalmente, sólo 3,6 MW.
- 2 Es posible aportar el resto desde el retorno de Terceros S.A.? No es posible.
- 3 Es posible aportar el resto desde la extracción A3?
 - 3.1 Escenario 5: Sí, aportación de 9,25 MW desde A3
 - 3.2 Escenario 6: No, se aportarán desde el colector AP 12 MW

Para el cálculo de la potencia térmica máxima que pueden aportar los condensados, tanto en el escenario 5 como en el 6, se utiliza la siguiente ecuación. Se estiman las entalpías de los condensados de :

$$\dot{Q}_{cond14MW} = \dot{m}_{condensado} * (h_{condensado} - h_{condensado14MW})$$

Donde:

$h_{condensado}$ es la entalpía de los condensados de retorno a turbinas, calculada en el apartado 3.5 y que se estima en 600 kJ/kg para los escenarios 5 y 6 (hipótesis)

$h_{condensado14MW}$ es la entalpía del condensado una vez cedida la energía a la nueva demanda. Se fija a 335 kJ/kg para los escenarios 5 y 6 (hipótesis)

$\dot{m}_{condensado}$ es el caudal de retorno de condensados de las dos turbinas. Es el calculado en el apartado 3.2.

En el caso del escenario 5, el cálculo derivado del razonamiento anterior se realiza dentro del algoritmo general del escenario, no necesitando una subrutina propia. Una vez conocido el caudal de condensados se puede calcular la potencia que pueden aportar los condensados a la nueva demanda y la que debe aportar la extracción A3. Estos dos caudales no afectan al balance en el colector de AP y, por tanto, tampoco al caudal de entrada de la Turbina 1.

En el caso del escenario 6 es necesario un algoritmo iterativo dentro del algoritmo general para determinar la potencia que aportan los condensados y la potencia que aporta el colector AP. Esto es así debido a que el caudal extraído del colector AP para la nueva demanda sí que entra en el balance de masas de este colector, que hay que recalcular para cada valor de la potencia.

El algoritmo es el siguiente:

- 1 Estimación de un caudal de condensados de Turbina 1 (viene del paso anterior del algoritmo general del escenario, después del primer balance de masas en el colector AP)
- 2 Cálculo del caudal de condensados general
- 3 Cálculo de la potencia aportada por los condensados a la nueva demanda
- 4 Cálculo de la potencia necesaria aportada por el colector AP

- 5 Cálculo del caudal necesario del colector AP
- 6 Nuevo balance en el colector AP
- 7 Nuevo caudal Turbina 1
- 8 Nuevo caudal de condensados de Turbina 1
- 9 Es suficientemente parecido al calculado anteriormente (paso 1)?
 - 9.1 Sí, fin del cálculo. Los valores finales de potencias aportadas por condensados y por el colector AP a la nueva demanda son las calculadas en la última iteración.
 - 9.2 No, se vuelve al punto 1 con este nuevo caudal de condensados de Turbina 1 como estimación.

En la siguiente tabla se muestra la distribución final de la demanda de 14 MW entre las extracciones A3, A4, los condensados y el colector de AP para cada escenario.

Nueva demanda 14MW		Ref. 3 líneas	Ref. 2 líneas	Escenario 1 (3 líneas)	Escenario 2 (2 líneas)	Escenario 3 (3 líneas)	Escenario 4 (2 líneas)	Escenario 5 (3 líneas)	Escenario 6 (2 líneas)
Caudal condensados a nueva demanda	[T/d]	--	--	--	--	--	--	2.053,07	1.174,40
Potencia térmica condensados a nueva demanda (bruta)	[MW]	--	--	--	--	--	--	6,3	3,6
Caudal vapor A3 a nueva demanda	[T/d]	--	--	--	--	374,27	--	311,88	--
Potencia térmica A3 a nueva demanda (bruta)	[MW]	--	--	--	--	11,1	--	9,3	--
Caudal de vapor A4 a nueva demanda	[T/d]	--	--	--	--	138,88	--	--	--
Potencia térmica A4 a nueva demanda (bruta)	[MW]	--	--	--	--	4,5	--	--	--
Caudal de vapor col. AP	[T/d]	--	--	--	--	--	466,54	--	358,11
Potencia térmica colector AP a nueva demanda (bruta)	[MW]	--	--	--	--	--	15,60	--	12,0

3.5 Balance de energía en el tanque-desgasificador

El balance de energía en el desgasificador ha de cumplir con la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} & \dot{m}_{condensado} * h_{condensado} + \dot{m}_{cond_{PH_{BP}}} * h_{cond_{PH_{BP}}} + \dot{m}_{cond_{PH_{AP}}} * h_{cond_{PH_{AP}}} + \\ & + \dot{m}_{cond_{BP}} * h_{cond_{BP}} + \dot{m}_{cond_{DC}} * h_{cond_{DC}} + \dot{m}_{agua\ desc} * h_{agua\ desc} + \\ & + \dot{m}_{cond_{14MW}} * h_{cond_{14MW}} = \dot{m}_{agua\ caldera} * h_{agua\ caldera} \end{aligned}$$

Donde:

$\dot{m}_{condensado}$ es el caudal de retorno de condensados de las dos turbinas

$h_{condensado}$ es la entalpía de los condensados de retorno a turbinas

$\dot{m}_{cond_{PH_{BP}}}$ es el condensado del pre-heater de BP

$h_{cond_{PH_{BP}}}$ es la entalpía de los condensados del pre-heater de BP

$\dot{m}_{cond_{PH_{AP}}}$ es el caudal de condensados del pre-heater de AP

$h_{cond_{PH_{AP}}}$ es la entalpía de los condensados del pre-heater de AP

$\dot{m}_{cond_{BP}}$ es el condensado del vapor enviado al desgasificador desde BP

$h_{cond_{BP}}$ es la entalpía del condensado del vapor enviado al desgasificador desde BP

$\dot{m}_{cond_{DC}}$ es el condensado de Terceros S.A.

$h_{cond_{DC}}$ es la entalpía del condensado de Dsitriclima

$\dot{m}_{agua\ desc}$ es el caudal de agua descalcificada de reposición

$h_{agua\ desc}$ es la entalpía del agua de reposición

$\dot{m}_{cond_{14MW}}$ es el caudal de condensado enviado a la nueva demanda de 14MW

$h_{cond_{14MW}}$ es la entalpía del condensado que retorna de la nueva demanda de 14MW

$\dot{m}_{agua\ caldera}$ es el caudal de agua que retorna del tanque a las calderas

$h_{agua\ caldera}$ es la entalpía del agua que retorna del tanque a las calderas

En la siguiente tabla se presentan los valores que toman todos los términos del balance en el desgasificador para cada uno de los escenarios, incluyendo los escenarios de referencia.

Balance energía desgasificador		Ref. 3 líneas	Ref. 2 líneas	Escenario 1 (3 líneas)	Escenario 2 (2 líneas)	Escenario 3 (3 líneas)	Escenario 4 (2 líneas)	Escenario 5 (3 líneas)	Escenario 6 (2 líneas)
Condensado	[T/d]	3.079,05	2.239,17	2.527,30	1.628,52	2.015,99	1.143,93	2.053,07	1.174,40
hcondensados	[kJ/kg]	490,84	540,05	501,18	486,84	542,53	510,35	335,01	335,01
Retorno phBP	[T/d]	97,26	66,68	97,26	66,68	97,26	66,68	97,26	66,68
hretorno phBP	[kJ/kg]	589,10	589,10	589,10	589,10	589,10	589,10	589,10	589,10
Retorno phAP	[T/d]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
hretorno phAP	[kJ/kg]	671,17	671,17	671,17	671,17	671,17	671,17	671,17	671,17
Vapor BP desgasif.	[T/d]	183,58	94,12	215,14	184,49	213,33	202,54	377,53	280,10

Balance energía desgasificador		Ref. 3 líneas	Ref. 2 líneas	Escenario 1 (3 líneas)	Escenario 2 (2 líneas)	Escenario 3 (3 líneas)	Escenario 4 (2 líneas)	Escenario 5 (3 líneas)	Escenario 6 (2 líneas)
h vaporBP	[kJ/kg]	2.921,10	2.921,10	2.921,10	2.921,10	2.921,10	2.921,10	2.921,10	2.921,10
Condensados DC	[T/d]			520,29	520,29	520,29	520,29	520,29	520,29
hcondesadosDC	[kJ/kg]			293,07	293,07	293,07	293,07	293,07	293,07
Agua descalc.	[T/d]	103,57	103,58	103,57	103,58	103,57	103,58	103,57	103,58
haguadescalc.	[kJ/kg]	62,98	62,98	62,98	62,98	62,98	62,98	62,98	62,98
Condensado14MW	[T/d]	0,00	0,00	0,00	0,00	531,86	466,54	311,88	358,51
hcondesado14MW	[kJ/kg]	0,00	0,00	0,00	0,00	335,01	335,01	335,01	335,01
Agua a caldera	[T/d]	3.323,95	2.408,73	3.323,95	2.408,73	3.323,95	2.408,73	3.323,95	2.408,73
haguacaldera	[kJ/kg]	635,20	635,20	635,20	635,20	635,20	635,20	635,20	635,20
Tanque flash	[T/d]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
htanqueflash	[kJ/kg]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Los valores en verde representan la variable de salida del balance.

3.6 Balance de energía en el punto de encuentro de condensados de ambas turbinas

El punto de encuentro de los condensados de ambas turbinas genera una mezcla de condensados con una entalpía que dependerá de las condiciones de los dos caudales de condensados mencionados. Para calcular la entalpía del flujo de condensados resultante se ha realizado el balance de energía siguiente:

$$(\dot{m}_{\text{condensado}} - \dot{m}_{\text{condT}_{KKK}}) * h_{FC} + \dot{m}_{\text{condT}_{KKK}} * h_{\text{condT}_{KKK}} = \dot{m}_{\text{condensado}} * h_{\text{condensado}}$$

Donde:

$\dot{m}_{\text{condensado}}$ es el caudal de retorno de condensados de turbinas

$h_{\text{condensado}}$ es la entalpía de los condensados de retorno a turbinas, calculada en el apartado 3.5

$\dot{m}_{\text{condT}_{KKK}}$ es el caudal de retorno de condensados de Turbina 2

$h_{\text{condT}_{KKK}}$ es la entalpía de los condensados de retorno de Turbina 2

$\dot{m}_{\text{condT}_{Alstom}}$ es el caudal de retorno de condensados de Turbina 1

$h_{\text{condT}_{Alstom}}$ es la entalpía de los condensados de retorno de Turbina 1

h_{FC} es la entalpía del condensado a la salida del pre-calentador 2, calculada en el apartado 3.5

En la siguiente tabla se presentan los valores que toman todos los términos de la ecuación anterior para cada uno de los escenarios, incluyendo los escenarios de referencia.

Balance energía mezcla condensados		Ref. 3 líneas	Ref. 2 líneas	Escenario 1 (3 líneas)	Escenario 2 (2 líneas)	Escenario 3 (3 líneas)	Escenario 4 (2 líneas)	Escenario 5 (3 líneas)	Escenario 6 (2 líneas)
mcT2	[T/d]	240,00	0	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00
hcT2	[kJ/kg]	170,00	0	170,00	170,00	170,00	170,00	170,00	170,00
hFC	[kJ/kg]	517,96	540,05	535,93	541,60	592,87	600,71	656,92	710,45
mcondensado	[T/d]	3.079,05	2.239,17	2.527,30	1.628,52	2.015,99	1.143,93	2.053,07	1.174,40
hcondensado	[kJ/kg]	490,84	540,05	501,18	486,84	542,43	510,35	600	600

3.7 Balance de energía en el pre-calentador 2

El balance de energía en el pre-calentador 2 se rige por la siguiente ecuación:

$$\dot{m}_{A2} * (h_{2_1} - h_{2_2}) = (\dot{m}_{condT_{Alstom}} + \dot{m}_{Ej}) * (h_{FC} - h_{MC})$$

Donde:

\dot{m}_{A2} es el caudal de extracción A2 de la Turbina 1

h_{2_1} es la entalpía del vapor extraído por la extracción A2 de la Turbina 1

h_{2_2} es la entalpía del vapor a la salida del pre-calentador 2

$\dot{m}_{condT_{Alstom}}$ es el caudal de retorno de condensados de Turbina 1

\dot{m}_{Ej} es el caudal de vapor a los eyectores AP

h_{FC} es la entalpía del condensado de la Turbina 1 a la salida del pre-calentador 2, calculada en el apartado 3.6

h_{MC} es la entalpía del condensado de la Turbina 1 a la entrada del pre-calentador 2

En la siguiente tabla se presentan los valores que toman todos los términos del balance en el pre-calentador 1 para cada uno de los escenarios, incluyendo los escenarios de referencia.

Balance energía pre- calentador 2		Ref. 3 líneas	Ref. 2 líneas	Escenario 1 (3 líneas)	Escenario 2 (2 líneas)	Escenario 3 (3 líneas)	Escenario 4 (2 líneas)	Escenario 5 (3 líneas)	Escenario 6 (2 líneas)
mA2	[T/d]	225,00	200,00	200,00	125,00	200,00	105,00	256,72	154,93
hA2-1	[kJ/kg]	2.710,00	2.710,00	2.710,00	2.710,00	2.725,00	2.725,00	2.725,00	2.725,00
mcTalst+mEj	[T/d]	2.839,05	2.239,17	2.287,30	1.388,52	1.775,99	903,93	1.813,07	934,40
hMC	[kJ/kg]	344,00	344,00	344,00	344,00	344,00	344,00	344,00	344,00
mA2	[T/d]	225,00	200,00	200,00	125,00	200,00	105,00	256,72	154,93
hA2-2	[kJ/kg]	515,00	515,00	515,00	515,00	515,00	515,00	515,00	515,00
mcTalst+mEj	[T/d]	2.839,05	2.239,17	2.287,30	1.388,52	1.775,99	903,93	1.813,07	934,40
hFC	[kJ/kg]	517,96	540,05	535,93	541,60	592,87	600,71	656,92	710,45

Balance energía pre-calentador 2		Ref. 3 líneas	Ref. 2 líneas	Escenario 1 (3 líneas)	Escenario 2 (2 líneas)	Escenario 3 (3 líneas)	Escenario 4 (2 líneas)	Escenario 5 (3 líneas)	Escenario 6 (2 líneas)
DhA2	[kJ/kg]	-2.195,00	-2.195,00	-2.195,00	-2.195,00	-2.210,00	-2.210,00	-2.210,00	-2.210,00

3.8 Balance en el pre-calentador 1

El balance de energía en el pre-calentador 1 se rige por la siguiente ecuación:

$$(\dot{m}_{condT_{Alstom}} + \dot{m}_{Ej}) * (h_{MC} - h_{SC}) = \dot{m}_{A_{12}} * (h_{A_{12-1}} - h_{A_{12-2}})$$

Donde:

$\dot{m}_{condT_{Alstom}}$ es el caudal de retorno de condensados de Turbina 1

\dot{m}_{Ej} es el caudal de vapor a los eyectores AP

h_{MC} es la entalpía del condensado de la Turbina 1 a la salida del pre-calentador 1

h_{SC} es la entalpía del condensado de la Turbina 1 a la entrada del pre-calentador 1

$\dot{m}_{A_{12}}$ es la suma de caudales de vapor de las extracciones A2 y A1

$h_{A_{12-1}}$ la entalpía de la mezcla de los caudales de vapor de extracciones A2 y A1 a la entrada del pre-calentador A1

$h_{A_{12-2}}$ la entalpía de la mezcla de los caudales de vapor de extracciones A2 y A1 a la salida del pre-calentador A1

Balance energía pre-calentador 1		Ref. 3 líneas	Ref. 2 líneas	Escenario 1 (3 líneas)	Escenario 2 (2 líneas)	Escenario 3 (3 líneas)	Escenario 4 (2 líneas)	Escenario 5 (3 líneas)	Escenario 6 (2 líneas)
mA1	[T/d]	185,00	165,00	165,00	80,00	165,00	70,00	198,70	129,60
hA1-1	[kJ/kg]	2.538,20	2.538,20	2.538,20	2.538,20	2.538,20	2.538,20	2.538,20	2.538,20
mcTalst+mEj	[T/d]	2.839,05	2.239,17	2.287,30	1.388,52	1.775,99	903,93	1.813,07	934,40
hSC	[kJ/kg]	161,00	161,00	161,00	161,00	161,00	161,00	161,00	161,00
mA2	[T/d]	225,00	200,00	200,00	125,00	200,00	105,00	256,72	154,93
hA2-2	[kJ/kg]	515,00	515,00	515,00	515,00	515,00	515,00	515,00	515,00
mA12	[T/d]	410,00	365,00	365,00	205,00	365,00	175,00	455,44	284,53
hA12-1	[kJ/kg]	1.427,91	1.429,60	1.429,60	1.304,54	1.429,60	1.324,28	1.397,78	1.436,53
hA12-2	[kJ/kg]	160,72	306,95	282,81	65,03	539,17	379,03	669,27	835,57
mcTalst+mEj	[T/d]	2.839,05	2.239,17	2.287,30	1.388,52	1.775,99	903,93	1.813,07	934,40
hMC	[kJ/kg]	344,00	344,00	344,00	344,00	344,00	344,00	344,00	344,00

Este balance, no obstante, sólo sirve a modo de comprobación del valor de entalpía a la salida del pre-calentador 1.

4 POTENCIA ELÉCTRICA PRODUCIDA

En la siguiente tabla se presentan los resultados del cálculo del trabajo desarrollado por las turbinas y de la energía eléctrica generada.

La potencia eléctrica del grupo turbo-generator 1 se compone de la suma de los trabajos desarrollados por el fluido en cada sección de turbina, teniendo en cuenta las extracciones de vapor intermedias que se producen. El trabajo total queda posteriormente afectado por el rendimiento del generador, que se ha estimado en un 88,55%.

El cálculo del trabajo en cada sección de la turbina se ha calculado con la siguiente ecuación:

$$\dot{W}_4 = \dot{m}_{T_{Alstom}} * (h_e - h_{A4})$$

$\dot{m}_{T_{Alstom}}$ es el vapor enviado a la Turbina 1

h_e es la entalpía del vapor a la entrada de la turbina

h_{A4} es la entalpía del vapor en la extracción A4

$$\dot{W}_3 = \dot{m}_3 * (h_{A4} - h_{A3})$$

\dot{m}_3 es el vapor que permanece en la turbina después de la extracción A4

h_{A3} es la entalpía del vapor en la extracción A3

$$\dot{W}_2 = \dot{m}_2 * (h_{A3} - h_{A2-1})$$

\dot{m}_2 es el vapor que permanece en la turbina después de la extracción A4 y A3

h_{A2-1} es la entalpía del vapor en la extracción A2

$$\dot{W}_1 = \dot{m}_1 * (h_{A2-1} - h_{A1-1})$$

\dot{m}_1 es el vapor que permanece en la turbina después de la extracción A4, A3 y A2

h_{A1-1} es la entalpía del vapor en la extracción A1

$$\dot{W}_f = \dot{m}_f * (h_{A1-1} - h_f)$$

\dot{m}_f es el vapor que permanece en la turbina después de la extracción A4, A3, A2 y A1

h_f es la entalpía del vapor en la extracción A1

La situación en la que se produce extracción de vapor por todas las extracciones y que se ajusta perfectamente a esta formulación solamente sucede en el escenario 3. En el resto de escenarios se deben adaptar las ecuaciones según el esquema t-s de cada escenario.

El trabajo del grupo turbo-generador 2 se establece en función del gráfico facilitado por La Planta S.A. y que especifica la potencia eléctrica producida en función del caudal de entrada de vapor y de la extracción intermedia que se produce. Este grupo turbo-generador tiene un consumo eléctrico por el hecho de estar en marcha de 125 kW que se han tenido en cuenta en el cálculo.

Potencia eléctrica producida		Ref. 3 líneas	Ref. 2 líneas	Escenario 1 (3 líneas)	Escenario 2 (2 líneas)	Escenario 3 (3 líneas)	Escenario 4 (2 líneas)	Escenario 5 (3 líneas)	Escenario 6 (2 líneas)
Trabajo Turbina 1									
m4	[T/h]				56,78	107,16	36,59		
W4	[kW]				1.826,38	3.260,70	1.176,90		
m3	[T/h]		98,92	107,16	56,78	101,37	36,59	107,16	37,86
W3	[kW]		8.677,73	9.399,93	3.154,38	5.631,61	2.032,64	9.399,93	3.320,90
m2	[T/h]	117,13	92,22	94,14	56,78	72,83	36,59	74,38	37,86
W2	[kW]	16.457,13	4.867,29	4.968,44	2.996,66	3.540,50	1.778,56	3.615,59	1.840,27
m1	[T/h]	107,76	83,89	85,81	51,57	64,50	32,21	63,68	31,40
W1	[kW]	5.142,43	4.003,37	4.094,83	2.461,06	3.346,82	1.671,47	3.304,35	1.629,38
mf	[T/h]	100,05	77,01	78,93	48,24	57,62	29,30	55,40	26,00
Wf	[kW]	5.647,23	4.347,02	4.455,19	2.722,72	3.252,60	1.653,59	3.127,09	1.467,63
Wt	[T/h]	27.246,79	21.895,42	22.918,40	13.161,19	19.032,23	8.313,17	19.446,96	8.258,18
We	[kW]	24.128,62	19.389,67	20.295,59	11.655,00	16.854,15	7.361,80	17.221,42	7.313,10
Trabajo Turbina 2									
mvT2	[T/h]	10,00	0,00	31,68	31,68	31,68	31,68	31,68	31,68
mcT2	[T/h]	10,00	0,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
mvDC2 (extracción Turbina 2)	[T/h]	0,00	0,00	21,68	21,68	21,68	21,68	21,68	21,68
We	[MW]	2,575	0,00	2,075	2,075	2,075	2,075	2,075	2,075
Potencia eléctrica									
Pel Turbina 1	[MW]	24,13	19,39	20,30	11,66	16,85	7,36	17,22	7,31
Pel Turbina 2	[MW]	2,58	0	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
Pel Total	[MW]	26,71	19,39	22,37	13,73	18,93	9,44	19,30	9,39
Pot. electr. referen.									

Potencia eléctrica producida		Ref. 3 líneas	Ref. 2 líneas	Escenario 1 (3 líneas)	Escenario 2 (2 líneas)	Escenario 3 (3 líneas)	Escenario 4 (2 líneas)	Escenario 5 (3 líneas)	Escenario 6 (2 líneas)
Pel Turbina 1 ref	[MW]			24,13	19,39	24,13	19,39	24,13	19,39
Pel Turbina 2 ref	[MW]			2,58	0	2,58	0	2,58	0
Pel Total ref	[MW]			26,71	19,39	26,71	19,39	26,71	19,39
Diferencia	[MW]			4,33	5,66	7,77	9,95	7,41	10

5 CÁLCULO DEL PRECIO DE VENTA DEL VAPOR

El precio de venta del vapor se ha determinado por comparación con las situaciones de referencia establecidas al inicio del estudio. En el apartado anterior se han calculado las diferencias entre las potencia eléctrica en la situación de referencia y la estudiada en cada escenario.

La diferencia entre las potencia eléctrica frente a las referencias redunda en una energía eléctrica que se deja de vender en el mercado eléctrico y, en definitiva, de unos ingresos que dejan de entrar.

A partir de los valores anteriores se calcula las cantidades que se dejan de ingresar. Se considera un funcionamiento anual de 8.760 h y un precio de venta de 55 €/MWh vendido.

Diferencia respecto de la referencia		Escenario 1 (3 líneas)	Escenario 2 (2 líneas)	Escenario 3 (3 líneas)	Escenario 4 (2 líneas)	Escenario 5 (3 líneas)	Escenario 6 (2 líneas)
Energía eléctrica vendida	[MWh]	195.966	120.275	165.819	82.666	169.037	82.240
Energía eléctrica vendida referencia	[MWh]	233.924	169.854	233.924	169.854	233.924	169.854
Ingresos por venta electricidad	[€]	10.778.148	6.615.116	9.120.067	4.546.650	9.297.014	4.523.185
Ingresos por venta electricidad referencia	[€]	12.865.806	9.341.944	12.865.806	9.341.944	12.865.806	9.341.944
Diferencia	[€]	2.087.658	2.726.828	3.745.739	4.795.294	3.568.792	4.818.759

El precio de venta de la energía térmica vendida se determina con la relación entre el diferencia económica entre ambas situaciones y la cantidad de vapor vendida. Se determina también el precio en función de la energía térmica asociada.

En cuanto al cálculo del vapor suministrado, la cantidad de vapor vendida a Terceros S.A. se determina directamente por:

$$\dot{Q}_{DC} = \dot{m}_{DC_{TKK}} * (h_{v_{DC}} - h_{cond_{DC}})$$

\dot{Q}_{DC} es la energía en forma de vapor vendida a Terceros S.A. (15 MW) desde la extracción de la Turbina 2

$\dot{m}_{DC_{TKK}}$ es el caudal de vapor de extracción de la Turbina 2 y enviado a Terceros S.A.

$h_{cond_{DC}}$ es la entalpía del condensado de Dsitriclima

Y en los escenarios futuros, dado que la demanda suministrada de 14 MW no es en forma de vapor sino de energía térmica, se calcula un caudal de vapor equivalente con un salto de entalpía de 2.984,1 kJ/kg (envío de 3.215 kJ/kg y retorno de 335 kJ/kg).

La energía térmica asociada al flujo de calor se calcula por la potencia de ambas demandas (15 MW y 14 MW) y un funcionamiento anual de 8.760 h.

Precio de venta del vapor		Escenario 1 (3 líneas)	Escenario 2 (2 líneas)	Escenario 3 (3 líneas)	Escenario 4 (2 líneas)	Escenario 5 (3 líneas)	Escenario 6 (2 líneas)
Vapor equivalente suministrado	[T]	189.905	189.905	360.192	360.192	360.192	360.192
Energía térmica suministrada	[MWh]	131.400	131.400	297.840	297.840	297.840	297.840
Precio venta vapor	[€/T vapor]	10,99	14,36	10,40	13,31	9,91	13,38
Precio venta vapor	[€/MWh]	15,89	20,75	14,74	18,88	14,05	18,97