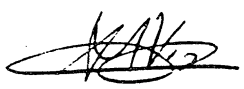


	EMPRESARIOS AGRUPADOS, S.A. (EPTISA - GHESA - TRSA)	DEPARTAMENTO DE ANALISIS MECANICOS
---	---	---

GUIA DEL

DEPARTAMENTO DE ANALISIS MECANICOS

SERIE ANALISIS MECANICOS	CODIGO: 00-GD-L-2015
TITULO PROGRAMA HBAL MANUAL DE USUARIO	EDICION: 1 FECHA DE EFECTIVIDAD: JUNIO-89

EDICION	PREPARADO POR	REVISADO POR	VERIFICADO POR	APROBADO POR
FECHA DE EDICION				DIRECT. DPTO. A. MECANICOS
1	MVA	EHM		ABI
JUNIO-89				

GI-PI.2-F13 EDIC. 2

CONTROL DE MODIFICACIONES

<u>EDICION</u>	<u>FECHA</u>	<u>MODIFICACIONES</u>
1	JUN. 89	-

RESUMEN PRELIMINAR O PENDIENTEFECHAHOJA Y PARRAFOESTADONOTA

PRE : INFORMACION PRELIMINAR

PEND.: INFORMACION PENDIENTE

INDICE

	<u>Página n°</u>
1. INTRODUCCION	1 de 58
2. MODO DE OPERACION	1 de 58
3. IMPLANTACION Y RECURSOS NECESARIOS	2 de 58
4. MODELIZACION DEL CICLO	3 de 58
5. ENTRADA DE DATOS	3 de 58
5.1 ESTRUCTURACION FICHERO DE DATOS DE ENTRADA	3 de 58
5.2 TIPOS Y CARACTERISTICAS DE MODULOS O EQUIPOS TIPO	7 de 58
- INTRODUCCION	7 de 58
- CONDICION DE CONTORNO	9 de 58
- DIVISOR GENERAL	11 de 58
- PERDIDA DE CARGA-TUBERIA	13 de 58
- BOMBA	15 de 58
- MEZCLADOR	17 de 58
- CALDERA/GENERADOR DE VAPOR	18 de 58
- CALENTADOR AGUA ALIMENTACION	21 de 58
- CONDENSADOR PRINCIPAL	23 de 58
- TURBINA PRINCIPAL (I)	25 de 58
- TURBINA PRINCIPAL (II)	27 de 58
- TURBINA AUXILIAR	28 de 58
- CONEXION TURBINA AUXILIAR-BOMBA	29 de 58
- SEPARACION HUMEDAD	30 de 58
- RECALENTADOR DE VAPOR	32 de 58
- CONDENSADOR	35 de 58
- ENFRIADOR DE DRENAJES	37 de 58
- DESRECALENTADOR DE VAPOR	38 de 58
- DESAIREADOR	40 de 58
- VALVULA DE CONTROL	42 de 58
- DIVISOR CONENTALPIA DE SALIDA FIJA	44 de 58
- TANQUE DE VAPORIZACION INSTANTANEA	45 de 58

INDICE (Cont.)

	<u>Página n°</u>
- INTERCAMBIADOR DE CALOR	46 de 58
- ALTERNADOR	48 de 58
- CONTROL DE DATOS EN FUNCION DE UNA VARIABLE	50 de 58
- CONTROL DE DATOS EN FUNCION DE DOS VARIABLES	51 de 58
 5.3 TABLAS	 52 de 58
 6. INSTRUCCIONES MS-DOS	 55 de 58
6.1 USO DEL PROGRAMA HBAL.EXE	55 de 58
6.2 GENERACION DE GRAFICOS	56 de 58

1. INTRODUCCION

El programa HBAL hace el balance térmico de plantas de potencia, térmicas o nucleares, empleando para los parámetros utilizados unidades métricas, tanto en entradas como salidas.

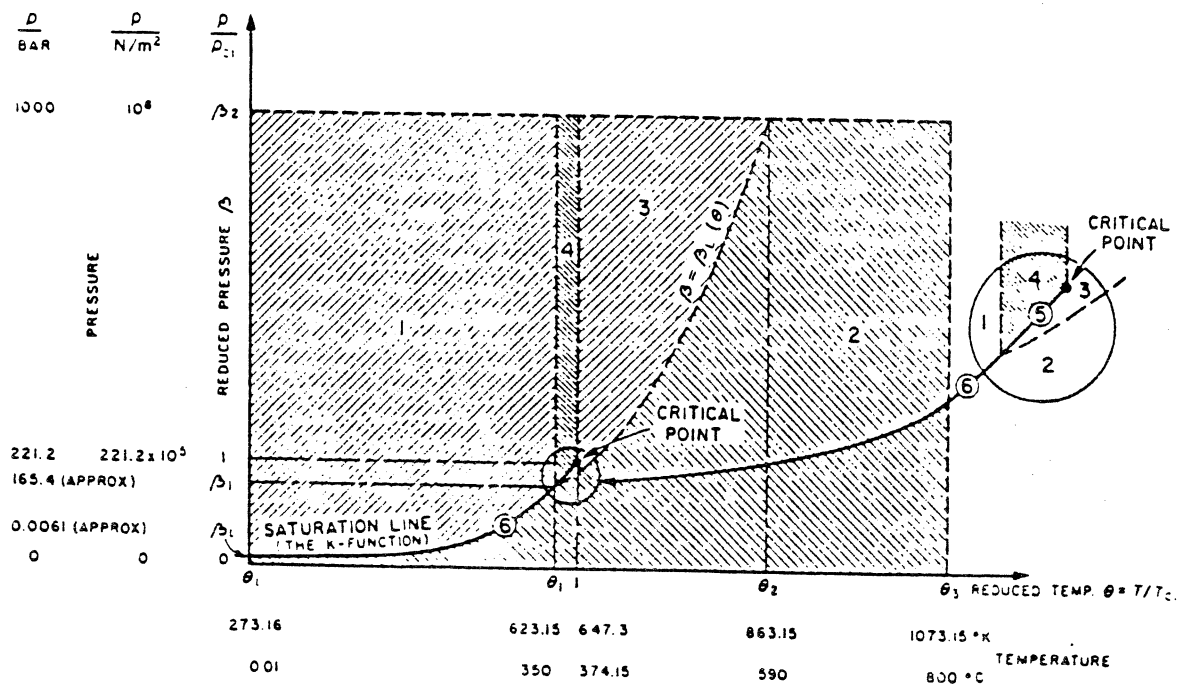
2. MODO DE OPERACION

Una vez modelizado el ciclo, tema que se tratará más adelante, el programa genera una serie de ecuaciones, tres por cada corriente, que resuelve mediante un proceso iterativo.

Las variables que utiliza para ello son caudal, presión y entalpía, reduciendo cualquier otra a una combinación de las anteriores. Es por ello que el programa es crítico respecto a los datos de entrada; es decir, para una configuración y unos datos dados, el número de ecuaciones generadas ha de ser igual al número de incógnitas existentes. El programa avisará si esto no sucede y abortará la ejecución.

En la descripción de cada equipo se indicará el número de ecuaciones generado.

El programa incorpora las ASME STEAM TABLES 1967 para las subregiones 1, 2 y 6, según la figura. No es previsible que se opere en alguna de las restantes.



3. IMPLANTACION Y RECURSOS NECESARIOS

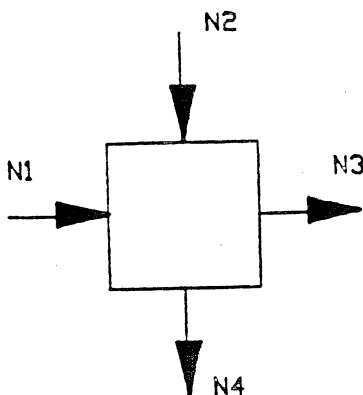
El programa HBAL, requiere para su ejecución disponer de 640 kb RAM y coprocesador matemático.

4. MODELIZACION DEL CICLO

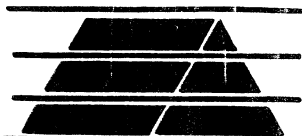
Se realiza mediante bloques (módulos) que simulan equipos, interconectados entre sí por corrientes. Tanto unos como otros se numeran de forma correlativa, sin que esto signifique que el equipo n+1 deba ser el inmediatamente posterior, físicamente, al equipo n; es decir, el usuario puede numerar equipos y corrientes con el orden que considere conveniente.

Existe la posibilidad de numerar corrientes y equipos de forma completamente libre pero el programa debe realizar en este caso un trabajo adicional, de manera que debe evitarse, en lo posible, el uso de esta opción.

Un "equipo general" viene representado por un bloque (módulo) al que entran dos corrientes (N1, N2) y del que salen otras dos (N3, N4) según la figura:



Hay equipos (módulos) en los que, por sus características, una o dos de estas corrientes no existen y otros que tienen alguna entrada adicional. Se verán en la descripción de cada módulo.



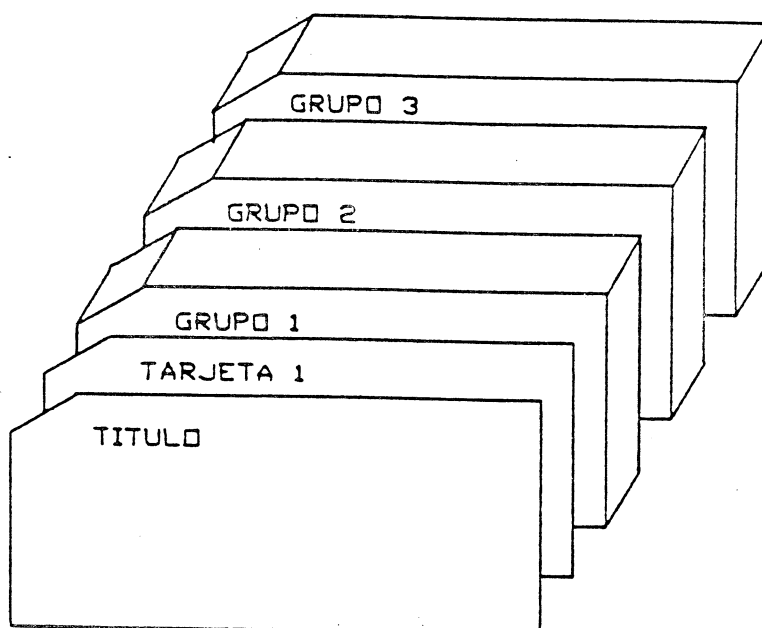
La capacidad del programa HBAL es la siguiente:

Equipos	185
Corrientes	250
Tablas	20
Puntos por tabla	14

5. ENTRADA DE DATOS

5.1 ESTRUCTURACION DE FICHEROS DE DATOS DE ENTRADA

El fichero de datos para la ejecución del programa HBAL está estructurado de la siguiente forma:



- * Tarjeta de "TITULO", que contiene un literal de hasta ochenta caracteres.
- * La "tarjeta 1" especifica las características, dimensiones y limitaciones impuestas al modelo. Su formato de entrada es:

1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	
NE	NC	NI	NT	ERROR	II	EPS	IW

Siendo el significado de cada uno de los datos:

NE = Número total de equipos

NC = Id. de corrientes

NI = Número máximo de iteraciones permitido

NT = Número de tablas que se incluyen

II = Es un dato opcional que controla el proceso de convergencia.

- Se pondrá 1 si los valores iniciales que se dan en el grupo 3 son suficientemente buenos.
- Se pondrá 0 si los datos fuesen preliminares.

El programa tomará automáticamente II = 0 si no hubiese grupo 3 de datos.

ERROR = Error máximo admisible de una incógnita cualquiera entre dos iteraciones sucesivas.

Si es:

$[X_{i+1}]$ = matriz de incógnitas iteración $i+1$

$[\Delta X_i]$ = matriz de incrementos de cada incógnita entre iteración i e $i+1$

$[X_{i+1}] = [X_i] + [\Delta X_i]$

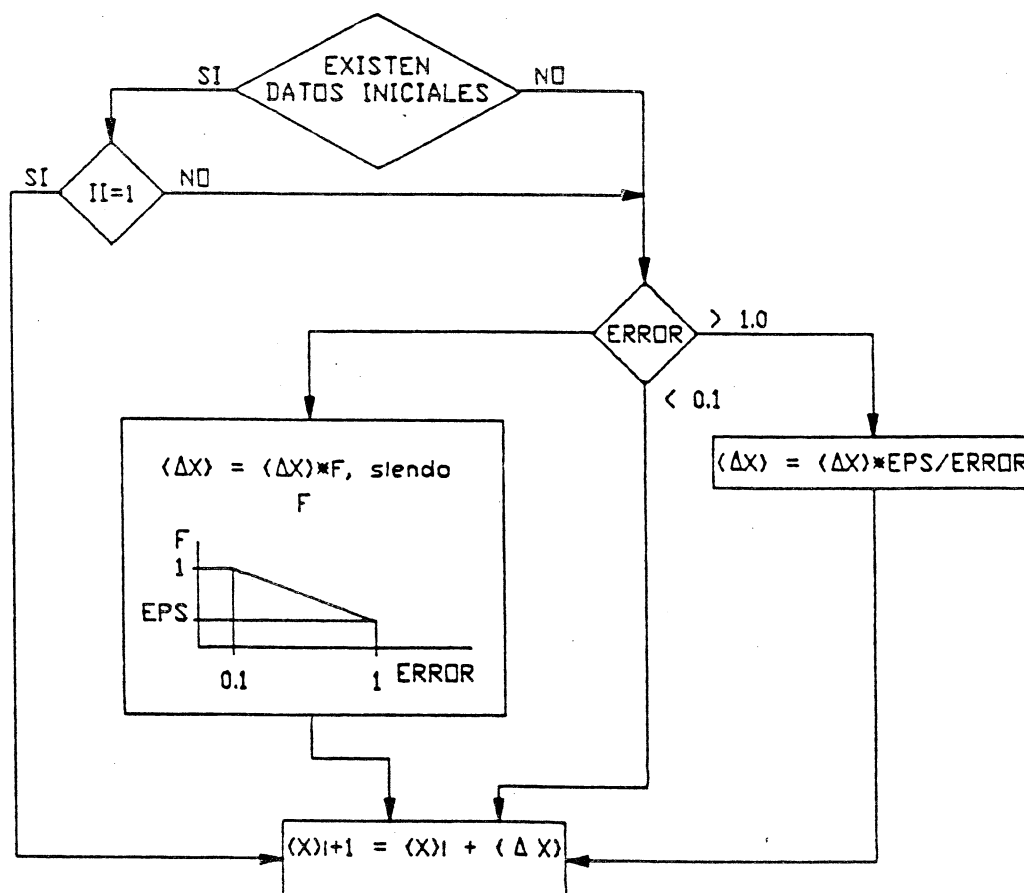
El programa realiza la comparación:

$$\max \left(\left| \frac{\Delta x_1}{x_1} \right|, \left| \frac{\Delta x_2}{x_2} \right|, \dots, \left| \frac{\Delta x_n}{x_n} \right| \right) \{ \text{ERROR} \}$$

n = n° de incógnitas

en cada iteración, dando por bueno el resultado cuando se cumple la inecuación para el signo \langle .

EPS = Valor comprendido entre 0 y 1 (el valor de defecto es 0.5) que sirve para controlar el incremento de las incógnitas en sucesivas iteraciones, siempre que no existan datos iniciales (grupo 3 del fichero de datos) o que se haya puesto $II = 0$, según el diagrama lógico siguiente:



IW = Índice para que el programa escriba (IW =1) o no (IW = 0) un fichero auxiliar con los resultados de la última iteración, en el mismo formato de lectura que el grupo 3 (ver más adelante) para su uso en posteriores pasadas del programa. Este fichero es particularmente útil para disminuir el número de iteraciones necesarias en siguientes pasadas que se realicen, con distintas condiciones, pues se partiría de datos iniciales, de las incógnitas, de buena calidad. También evitará iteraciones previas en caso de no convergencia de una pasada.

II, IW, NE, NC, NI, NT, enteros y ajustados a la derecha (Formato I5).

ERROR, real; si se da en forma exponencial, ajustado a la derecha. Si no se da, el programa toma 1×10^{-3} (Formato F10).

EPS, real (Formato F5)

- * El "grupo 1" está formado por tantas parejas de tarjetas como número de módulos (equipos) definidos.

La primera tarjeta de cada pareja especifica:

N° de equipo, identificación del tipo, corrientes de entrada y salida, índice para dibujo posterior con Auto CAD.

La segunda tarjeta sirve para dar los datos necesarios al equipo a que se refiere la anterior.

Los formatos de cada módulo (par de tarjetas por equipo) de este grupo y su significado, se verán en la sección 5.2.

NOTA:

Las parejas de tarjetas en este grupo 1 pueden darse en cualquier orden, con las excepciones que se citen más adelante (equipos tipo 12 y 100).

- * El "grupo 2" está formado por tantas tarjetas como sean necesarias para definir cada una de las tablas que se incluyen. El orden de las tablas puede ser cualquiera, pero, lógicamente los datos de cada una deben ir según los formatos y orden que se indican en la sección 5.3.

OBSERVACIONES:

El valor 0, y nulo en un campo/parámetro son tomados por el programa como ausencia de dato. Si se desea que el programa asuma que un dato concreto existe pero se quiere poner como cero debe introducirse mediante un número suficientemente pequeño (p.e. $1.0E-10$).

- * El grupo 3 está formado por una serie de tarjetas, con el formato de entrada siguiente (3F15, I15):

1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70
CAUDAL	PRESION	ENTALPIA	No. CORR.			

Las tarjetas estarán en orden correlativo, aquí sí, de corrientes; se han de dar unos valores iniciales con los que comenzar las iteraciones.

Este grupo puede no existir, generando el programa sus propios valores, pero es muy aconsejable incluirlo, toda vez que, en general, se tendrán datos, al menos de orden de magnitud, de las variables que se citan. De esta forma se evitarán errores producidos por la generación aleatoria de variables iniciales y, en todo caso, el tiempo de ejecución se acortará considerablemente.

Los tres valores (caudal, presión, entalpía) son reales (si se dan en forma exponencial deben ir ajustados a la derecha) y el número de corriente (NO. CORR) entero (ajustado a la derecha).

5.2

TIPOS Y CARACTERISTICAS DE MODULOS O EQUIPOS TIPO

5.2.1 Introducción

Como se explicó anteriormente cada equipo o módulo se define por una pareja de tarjetas.

- La primera explica la configuración y el tipo de equipo, tiene su formato de entrada 6I10, I5; es decir, con todos los datos enteros y ajustados a la derecha.

El formato general sería:

N° de Equipo (I10), Tipo Módulo (I10), Identificador de corrientes N1, N2, N3 y N4 (I10), clave n° orden (I5) indicativa para guardar los datos del módulo en cuestión con referencia clave para su posterior uso por un programa de gráficos (si este parámetro fuese 0 o nulo no se ejecutaría la opción citada).

- La segunda da los datos propios de cada tipo, todos reales formato F8.0, incluidas corrientes donde las haya, y ajustados a la derecha si se dan de forma exponencial.

EQUIPO: CONDICION DE CONITORNO

1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70
EQ. NUM.	1	N1	N2	NC		
D1	D2	D3	D5	D6	D7	



- Datos de entrada

* D1 = Caudal (Tm/hr)

* D2 = Presión (Kg/cm² ABS)

* D3 = Entalpía (Kcal/Kgr)

* D5 = No plantea la ec. del caudal en sistemas cerrados (D5=1), pero mantiene D1 si es distinto de cero.

* D6 = Valor de la presión, o la temperatura si es negativo.

* D7 = Título.

* D6 & D7 equivalen a dar D3, y por tanto deben darse conjuntamente.

- Observaciones:

* Este equipo, cuyos datos son todos opcionales, pone las características de la corriente N2 igual a las de N1, e igual a los datos dados para este módulo, si los hubiere, que son:

Caudal (Tm/hr) = D1

Presión (Kg/cm² ABS) = D2

Entalpía (Kcal/Kg) = D3

* Es un componente que presta gran ayuda cuando se quiere definir alguna de las variables antes mencionada, en algún punto determinado del balance cuyos equipos adyacentes no permiten hacerlo.

- Ecuaciones generadas: TRES + UNA (por cada uno de los datos D1,D2,D3 distinto de cero), excepto si D5=1, que serían DOS+UNA (por cada uno de los datos D1,D2,D3 distinto de cero).

Las ecuaciones, en general serían:

$$W_{N1} - W_{N2} = 0 ; \text{ si } D5 = 0$$

$$P_{N1} - P_{N2} = 0$$

$$H_{N1} - H_{N2} = 0$$

$$W_{N1} - D1 = 0 \quad \text{Si } D1 > 0$$

$$P_{N1} - D2 = 0 \quad \text{Si } D2 > 0$$

$$H_{N1} - D3 = 0$$

$$\text{Si } D3 > 0$$

ó

$$H_{N1} - H [P = D6, X = D7] = 0$$

$$\text{SI } D6 > 0$$

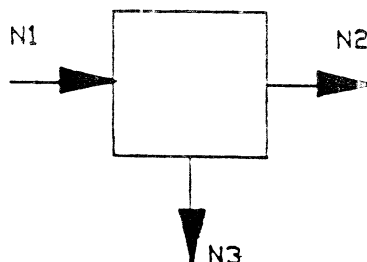
ó

$$H_{N1} - H [T = - D6, X = D7] = 0$$

$$\text{SI } D6 \leq 0$$

EQUIPO DIVISOR GENERAL

1-0	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	
EQ. NUM.	2	N1		N2	N3	NC	
D1	D2	D3					



- Datos de Entrada:

- * D1 = flujo (Tm/hr) constante de salida N3
- * D2 = fracción del caudal de entrada N1 que sale por N3
- * D3 = factor de flujo, que permite obtener caudal (Tm/hr) por N3 en función de la presión y el volumen específico en N1.

- Observaciones:

- * Este equipo bifurca una corriente de entrada, N1 en dos de salida N2 y N3 cuyas características de presión y entalpía se mantienen iguales a las de entrada.
- * Los datos tienen el siguiente significado:

Caudal (Tm/hr) por N3 = $D1 + D2 \times W_{N1}$

Factor de flujo $D3 = W_{N3} / \sqrt{P_{N1} / v_{N1}}$

Si $D1 < 0$ significa que el caudal extraído por N3 es exactamente igual al de la corriente cuyo número es $|D1|$.

P, v presión (Kg/cm² ABS) y volumen específico (m³/Kg) de N1

- * No debe darse ningún dato cuando algún equipo aguas abajo demande su propio caudal. Se relacionan a continuación los que se encuentran en este caso:

- Desrecalentador (lado frío)
- Recalentador (vapor-vapor) (lado caliente)
- Calentador de agua de alimentación (lado caliente)
- Desaireador (lado caliente)
- Turbina auxiliar

También una turbina, a la que se define el factor de flujo, demanda su propio caudal.

- * Si alguna corriente saliese negativa en este módulo existe un error y la pasada del programa no es válida.

- Ecuaciones generadas: CINCO+UNA (si tiene algún dato distinto de cero).

Las ecuaciones generadas son:

$$W_{N1} - W_{N2} - W_{N3} = 0$$

$$P_{N1} - P_{N2} = 0$$

$$H_{N1} - H_{N2} = 0$$

$$P_{N1} - P_{N3} = 0$$

$$H_{N1} - H_{N3} = 0$$

Si $D1=0$ ó $D2>0$ ó $D3>0$ se planteará una ecuación más:

$$W_{N3} - D1 - D2 W_{N1} = 0 \quad \text{Si } D1>0 \text{ ó } D2>0$$

ó

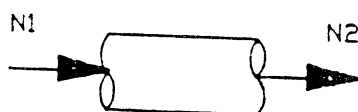
$$W_{N3} - D3 \sqrt{P_{N1}/V_{N1}} = 0 \quad \text{Si } D3>0$$

Si $D1<0$

$$W_{N3} - W_{NN} = 0, \quad NN = -D1$$

EQUIPO: TUBERIA/PERDIDA DE CARGA

1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70		
EQ. NUM.	3	N1		N2		NO.		
D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9



- Datos de entrada:

* D1

D2 = coeficientes de la ecuación cuadrática $\Delta p = f(W_{N1})$ en
 D3 Kg/cm^2 , $\text{Kg/cm}^2/(\text{Tm/hr})$ $\text{Kg/cm}^2/(\text{Tm/hr})^2$.

* D4 = factor de porcentaje de pérdida de carga en función presión entrada

$$\Delta P = K P_{N1}.$$

* D5 = $f \times L/D$ de la tubería en régimen turbulento.

* D6 = diámetro interior (mm)

* D7 = diferencia de cotas (salida-entrada) (m)

* D8 = Número de tuberías en paralelo (por defecto el programa toma 1)

* D9 = 1 si existe válvula antirretorno
 0 si no existe válvula antirretorno

Si D1, D2, D3 y D4, no fuesen cero o nulo, si se emplean D5, D6, D7 y D8 diferente de cero, el programa calcularía la pérdida de carga según 1) y las sumaría a las obtenidas de 2). (Ver página siguiente).

- Observaciones:

* La pérdida de carga puede simularse mediante las dos alternativas siguientes:

$$1) \Delta P_1 = D1 + D2 \frac{W_{N1}}{D8} + D3 \left| \frac{W_{N1}}{D8} \right| \frac{W_{N1}}{D8} + D4 * P_{N1}$$

lo que implica conocer un ajuste aproximado de la curva $\Delta P = f(W, P)$.

$$2) \Delta P = \Delta P_1 + \frac{D5}{D6^4} * \left| \frac{W_{N1}}{D8} \right| * \frac{W_{N1}}{D8} * v_{N1} + D7$$

basado en la fórmula de Darcy $\Delta P = \frac{1}{2} \rho f \frac{L}{D} \frac{Q^2}{D^4} C$

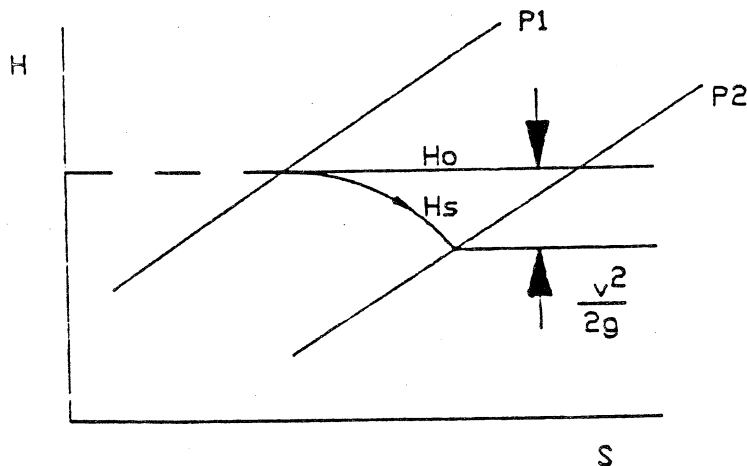
- Ecuaciones generadas: TRES

$$W_{N1} - W_{N2} = 0$$

$$P_{N1} - P_{N2} - P = 0$$

$$H_{N1} - H_{N2} = 0$$

- El módulo estima que la entalpía estática es constante.



$$H_o = H_s + \frac{v^2}{2g} \quad (1)$$

Real:

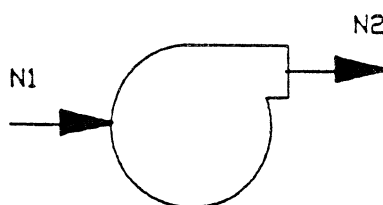
La pérdida de carga da lugar a una pérdida de presión, aumento del volumen específico e incremento del término cinético, disminuyendo la entalpía estática.

Teórico:

Se toma H_s constante para las condiciones de entrada al módulo.

EQUIPO: BOMBA

1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	
EQ. NUM.	4	N1		N2		NO	
D1	D2	D3	D4	D5	D7	D8	D9



- Datos de entrada:

* D1

D2 = coeficiente de la ecuación cuadrática $\Delta p = f(W_{N1})$
D3

* D4 = rendimiento de la bomba.

* D5 = parámetro que define la presión de descarga PN2

* D7 = N° de bombas en paralelo. Se toma por defecto D7 = 1

* D8 = Indicativo de tabla que contiene la función $TDH = f(W_{N1})$

* D9 = clave indicativa del cálculo del THD (D9=1) o presión de descarga (D9=0).

- Observaciones:

Es obligatorio suministrar el dato D4 que es el rendimiento hidráulico de la bomba.

1) Si se realiza cálculo del TDH debe ponerse D9 = 1.

2) Si se realiza cálculo de la presión de descarga debe ponerse D9 = 0. En cualquiera de los dos casos los datos tienen el significado que se deduce de las ecuaciones planteadas:

- Ecuaciones generadas:

$$W_{N1} - W_{N2} = 0$$

$$W_{N1} (H_{N2} - H_{N1}) - \text{POTENCIA BOMBA} = 0 \text{ siendo POTENCIA BOMBA} =$$

$$= \frac{\text{TDH} \times W_{N1}}{\text{REND.}}$$

Si existen datos distintos de cero se genera una tercera ecuación con las siguientes alternativas por orden de "mayor a menor prioridad":

a) Curva TDH - caudal (m^3/hr) del fabricante: $\text{TDH} = f(W_{N1}/D7)$, obteniéndose mediante la tabla (m vs. m^3/hr) el dato D8

$$PN2 - PN1 \times (D9) - \text{TDH} = 0$$

b) $PN2 - D5 = 0$ Si $D5 > 0$
es decir, Presión salida fija igual al dato D5

$PN2 - PD5 = 0$ Si $D5 < 0$
es decir, Presión salida fija igual a la de una determinada corriente del modelo de número D5.

c) Curva presión - caudal en línea de descarga

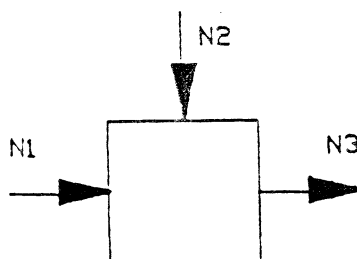
$$A = D1 + D2 \frac{W_{N1}}{D7} + D3 * \left| \frac{W_{N1}}{D7} \right| * \frac{W_{N1}}{D7} \text{ siendo } A = \text{Kg}/\text{cm}^2$$

$$PN2 - PN1 * (D9) - A = 0$$

Si los datos $D1 = D2 = D3 = D5 = D8 = 0$, esta última ecuación no se genera.

EQUIPO MEZCLADOR

1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	
EQ. NUM.	5	N1	N2	N3		ND	
D1							D9



- Datos de entrada:

* D1 = clave que define la presión de salida PN3

* D9 = clave para que se plantee o no ecuación de equilibrio de presiones.

- Observaciones:

* Este equipo hace un balance entálpico, considerando el caudal por N3 igual a la suma de los caudales N1 y N2:

$$W_{N3} = W_{N1} + W_{N2}$$

$$H_{N3} = \frac{W_{N1} \times H_{N1} + W_{N2} \times H_{N2}}{W_{N1} + W_{N2}}$$

* La presión de salida (corriente N3) será:

$$PN3 = D1 \text{ si } D1 > 0$$

ó

$$PN3 = PN1 \text{ si } D1 \text{ es cero o nulo}$$

* La presión de entrada N2 será:

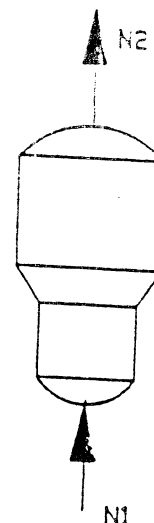
$$PN2 = PN1 \text{ si } D9 = 1$$

$$PN \text{ (definida en otro módulo) si } D9 \neq 1$$

- Ecuaciones generadas: TRES + UNA (si D9=1).

EQUIPO: CALDERA/GENERADOR DE VAPOR

1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70
EQ. NUM.	6	N1		N2		NO
D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
						D9



- Datos de entrada:

*D1

D2 = coeficientes ecuación cuadrática de ΔP a través del
 D3 equipo $\Delta P = f(W_{N1})$

*D4 = factor de porcentaje de pérdida de carga a través del
 equipo, en función de la presión de la corriente de entrada
 $\Delta P = K P_{N1}$

*D5 = fija la entalpía o temperatura de la corriente de salida

*D6 = define el calor aportado al equipo (positivo o negativo)

*D7 = rendimiento de intercambio térmico

*D9 = clave que define si se contabiliza o no el calor aportado
 a este equipo en el balance final D9=1, si; D9=0, no.

- Observaciones:

- * Este equipo cuya misión fundamental es simular la caldera o el generador de vapor puede usarse también para cambiar en un punto determinado las condiciones de presión y/o entalpía de una corriente, manteniendo el caudal: Por ejemplo, para simular el aporte a un ciclo, si se han recogido, mediante los mezcladores necesarios, todas las corrientes de fugas, purgas, etc., cuyo caudal total sea el de la corriente N1, que tendrá presión y entalpía no significativas, por inciertas. Este equipo, con D9=0 (luego se explicará este dato) puede utilizarse para fijar las condiciones del aporte que se deseen. (Excluido el caudal, claro está).

- * Este módulo debe tener siempre definidos uno, y solamente uno, de los siguientes datos: Entalpía o calor de aporte al equipo. (D5 ó D6).
- * Puede darse la presión a la salida de las dos formas que siguen según valor de D4, con este mismo orden de prioridad, en caso de darse más datos de los necesarios:

a) Si $D4 < 0$

$$PN2 \text{ (Kg/cm}^2 \text{ ABS)} = -D4$$

b) Si $D4 \geq 0$

$$\Delta P \text{ (kg/cm}^2 \text{)} \text{ a través del equipo} = D1 + D2 \times W_{N1} + D3 \times W_{N1}^2 + D4 \times P \text{ siendo:}$$

$$W_{N1} = \text{Caudal (Tm/hr)}$$

$$P_{N1} = \text{Presión en N1 (Kg/cm}^2 \text{ ABS)}$$

- * La entalpía de salida puede darse:

a) Directamente: $H_{N2} \text{ (Kcal/Kg)} = D5$ Si $D5 > 0$

b) Estableciendo la temperatura (peligroso método y no recomendable en absoluto a no ser la salida de este equipo claramente vapor recalentado o agua subenfriada): $T_{N2} \text{ (}^\circ\text{C)} = -D5$, si $D5 < 0$.

c) Estableciendo el calor aportado al equipo: $Q \text{ (Mcal/hr)} = D6$.

En este caso D5 es prioritario sobre D6.

- * D9 debe ponerse igual a 1 para contabilizar el calor (+/-) de este equipo en el balance final, e igual a 0, en caso contrario (Vgr: cuando se cambian en un punto las condiciones de presión/entalpía de una corriente manteniendo el caudal para simular el aporte al ciclo - "make-up"-).

- Ecuaciones generadas: TRES

$$W_{N1} - W_{N2} = 0$$

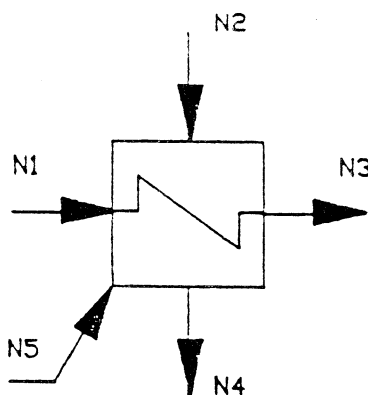
$$\begin{array}{l} \text{ó} \quad \left| \begin{array}{l} PN2 + D4 = 0 \quad \text{Si } D4 < 0 \\ PN1 - PN2 - D1 - D2 * WN1 - D3 | WN1 | WN1 - D4 PN1 = 0 \quad \text{Si } D4 > 0 \end{array} \right. \end{array}$$

$$\text{ó} \quad \left| \begin{array}{l} HN2 - D5 = 0 \quad \text{si } D5 > 0 \\ TN2 + D5 = 0 \quad \text{si } D5 < 0 \end{array} \right.$$

$$\begin{array}{l} \text{ó} \quad \left| \begin{array}{l} WN1 \frac{(HN2 - HN1)}{D7} - D6 = 0 \quad \text{Si } D6 \neq 0 \end{array} \right. \end{array}$$

EQUIPO: CALENTADOR DE AGUA DE ALIMENTACION

1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70
EQ. NUM	7	N1	N2	N3	N4	NC
D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
D8	D9					



- Datos de entrada:

*D1

D2= para calcular la pérdida de carga del agua de alimentación;
D3 según la función:

$$\Delta P \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = D1 + D2 \times W + D3 \times W^2 \text{ siendo } W = \text{Caudal por N1 (Tm/hr)}/D8$$

$$*D4 = \text{Aproximación, DCA (}^\circ\text{C)} = T_{N4} - T_{N1}$$

$$*D5 = \text{Diferencia terminal de temperaturas: TTD (}^\circ\text{C)} = T_{\text{satN2}} - T_{N3}$$

Para definición de DCA y TTD ver Heat Exchange Institute:
"Standards for Closed Feedwater Heaters").

Sobre estos dos datos se han de tener en cuenta las precisiones siguientes:

- a) D4 debe ponerse igual a 0 (o blanco) si el calentador de que se trata no tiene zona de subenfriamiento.

- b) Tanto D4 como D5 pueden referirse a tablas en las que figuren los valores de DCA (°C) y TTD (°C) en función del caudal de agua de alimentación (Tm/hr). En este caso D4 y/o D5 serán los números de identificación de las respectivas tablas, que deben ser mayores de 500.

*D6= Es el rendimiento ($0 < D6 \leq 1$).

*D7= Si D7=1 indica que se debe plantear la ecuación de igualdad de presión con la corriente de cascada.

*D8= Número de calentadores en paralelo (el programa toma por defecto D8 = 1)

*D9= Es el número de la corriente de cascada N5, si existiese. Caso contrario, lógicamente, debe ser cero. No se olvide que debe ponerse como número real (F8.0).

- Ecuaciones generadas: SIETE + UNA si D7 = 1

$$WN1 - WN3 = 0$$

$$WN2 + WN5 - WN4 = 0$$

$$PN4 - PN2 = 0$$

$$PN1 - PN3 - \Delta P = 0$$

$$WN1 (HN3 - HN1) - WN2 * (HN2 - HN4) * D6 - D6 * WN5 (HN5 - HN4) = 0$$

$$(*) \quad TN3 - TSAT (PN2) + TTD = 0$$

$$TN4 - TN1 - DCA = 0 \quad \text{si} \quad DCA \neq 0$$

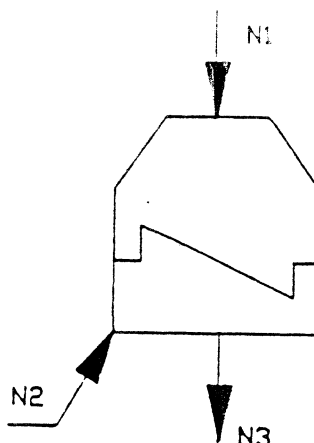
$$(*) \quad TN4 - TSAT (PN2) = 0 \quad \text{si} \quad DCA = 0$$

$$(*) \quad PN5 - PN2 = 0 \quad \text{si} \quad D7 = 1$$

(*) Ver equipo: Enfriador de drenajes.

EQUIPO: CONDENSADOR PRINCIPAL

1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70		
EQ. NUM.	8	N1	N2	N3		N4		
D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9



- Datos de entrada

- * Existen dos opciones para el cálculo de la presión de operación:

- 1) Para $D9=0$, los datos $D1, D2, D3$ se utilizan para calcular la presión de operación según la expresión:

$$P_v = D1 + D2 \times Q + D3 \times Q^2 \text{ siendo}$$

Q = Calor total rechazado (Mcal/hr)

P_v = presión de vacío (Kg/cm^2 ABS)

Estos datos se obtienen fácilmente de las curvas que da el fabricante del condensador, para caudal de agua de circulación y temperatura de entrada de la misma, fijado un factor de limpieza.

- 2) Se calcula la presión de operación con los siguientes datos:

- * $D1$ Coeficiente para pasar de m^3/h a Tm/h (998 si es agua dulce o 1033 si es agua salada) + temperatura de entrada de agua de circulación ($^{\circ}\text{C}$)/1000.

Si la temperatura viene fijada por otro condensador, $D1$ sería 998 ó 1033 + $(500+N)/1000$, siendo N el n° de equipo del condensador anterior.

- * $D2$ Diámetro exterior tubos (IN ó mm.) (Si se da en pulgadas será necesario dar $D3$ como BWG).

- *D3 Galga (BWG) o espesor (mm) (BWG solamente si se dió D2 en pulgadas).
- *D4 Factor de material de tubos. (Ver tabla en Heat Exchange Institute: "Standards for Steam Surface Condensers").
- *D5 Factor de limpieza.
- *D6 Longitud efectiva de tubos (m).
- *D7 Caudal de agua de circulación (m^3/hr).
- *D8 Superficie efectiva total (m^2).
- *D9 Producto del número de pasos por el n° de presiones.

En ambos casos las presiones en N1 y N3 se ponen iguales a Pv.

- Ecuaciones generadas: CUATRO

$$W_{N1} + W_{N2} - W_{N3} = 0$$

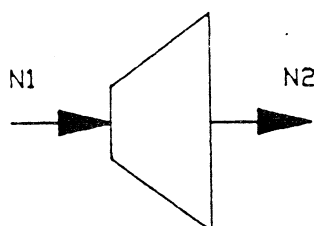
$$P_{N1} - P_{N3} = 0$$

$$P_{N1} - f(Q) = 0 \quad \text{siendo} \quad Q = W_{N1} H_{N1} + W_{N2} H_{N2} - W_{N3} H_{N3}$$

$$H_{N3} - H_{\text{sat}}(P_{N1}) = 0$$

EQUIPO: TURBINA PRINCIPAL (I)

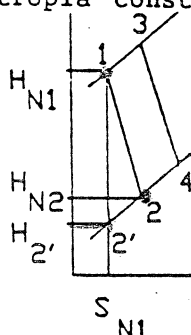
1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70
EQ. NUM.	9	N1		N2		N0
D1		D3	D4	D5		D8
						D9



Debe utilizarse este equipo para simular escalones de turbina cuya presión de descarga viene determinada por otro módulo situado aguas abajo.

- Datos de entrada:

*D1 es el rendimiento termodinámico, si $0 < D1 < 1$ es decir, si la línea de expansión del escalón es la 1-2, siendo 1-2' una línea de entropía constante e igual a $SN1 = S$ ($HN1, PN1$), el valor de



$$D1 \text{ será } D1 = \frac{H_{N1} - H_{N2}}{H_{N1} - H_{2'}}$$

Si $D1 > 1$ se indicará en este caso el número de identificación de la tabla en que se da la entalpía de escape en función de la presión de escape, es decir: $H_{N2} = f(P_{N2})$.

Se aconseja la utilización de la primera posibilidad para evitar la inexactitud que se produciría si la línea de extracción resultante fuese, por ejemplo, la 3-4. Este dato, rendimiento termodinámico, es además muy fácil de determinar partiendo de los balances de fabricante de turbina, de igual forma que el siguiente D3.

*D3 Es el factor de flujo = $W_{N1} / \sqrt{P_{N1} / v_{N1}}$ siendo

W_{N1} = Caudal (Tm/hr)

P_{N1} , v_{N1} = Presión (Kg/cm² ABS), volumen específico (m³/kg) en la corriente N1

Este parámetro, que se mantiene sensiblemente constante para todas las cargas es opcional, pero de gran utilidad ya que, unido al rendimiento termodinámico, que puede suponerse a su vez con muy pequeña fluctuación dependiendo de la carga, permiten modelar un escalón de forma definitiva.

Si se dá el dato D3, la turbina es un equipo que determinará la presión aguas arriba, aspecto que debe tenerse en cuenta a la hora de establecer los datos de los equipos o módulos afectados.

*D4 Es el número de identificación de la tabla que define las pérdidas (Kcal/Kg) en el escape en función de la velocidad (m/sg) o en función del caudal volumétrico (m³/hr).

*D5 Es la semisuma de las calidades del vapor a la entrada y a la salida del escalón.

*D8 Es la relación presión salida/presión entrada para la que se da el Flow Factor (D3). Es un dato opcional.

*D9 Es el área total de escape (m²) si la tabla identificada por D4 está en función de la velocidad, y debe hacerse igual a 1 (uno) en el caso de que las pérdidas se den como función del caudal volumétrico de descarga.

NOTA: Los datos D4 y D9 se deben dar para el último escalón de turbina, es decir, aquel que descarga al condensador. Deben ponerse iguales a cero para los restantes.

- Ecuaciones generadas: TRES

$$W_{N1} - W_{N2} = 0$$

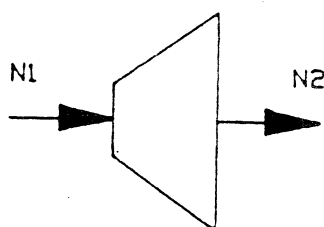
$$W_{N1} - D3 \times \sqrt{P_{N1} / v_{N1}} = 0 \quad \text{Si } D3 > 0$$

$$H_{N2} - H_{N1} + \eta (H_{N1} - H_2) + \Delta H = 0 \quad \text{Si } D1 \neq 0$$

ΔH = pérdidas en el escape, función de caudal volumétrico o velocidad, aplicable al último escalón de turbina.

EQUIPO: TURBINA PRINCIPAL (II)

1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70
EQ. NUM.	10	N1		N2		NC
D1	D2	D3		D5		D8



Aunque perfectamente se podría haber incluido este tipo de módulo en el tipo anterior se ha preferido hacerlo aparte con el fin de evitar errores.

- Datos de entrada:

*D2 Es la presión en el escape (Kg/cm^2 ABS). Este dato debe ser dado necesariamente.

* Los datos D1, D3, D5 y D8 son los mismos que se expusieron para el equipo tipo 9.

- Ecuaciones generadas: las mismas que en el equipo anterior más:

$$P_{N2} - D2 = 0$$

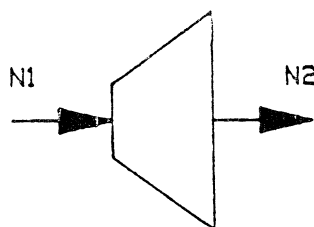
- Observaciones:

* Este elemento no calcula pérdidas en el escape, al ser la presión fijada en el mismo a través de D2, en lugar de venir determinado por un módulo "condensador".

No interesa utilizar este tipo de elemento si no es en pasadas de diseño o pruebas.

EQUIPO: TURBINA AUXILIAR

1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70
EQ. NUM.	11	N1		N2		NC
D1	D2					



Utilízase este equipo en conexión con una o dos bombas de agua de alimentación, a través de un árbol (ver ARBOL, equipo tipo 12). El número de equipo del árbol de conexión debe ser mayor que los de turbina y bomba.

- Datos de entrada:

*D1 Es el rendimiento termodinámico (ver TURBINA (I)).

(No admite tablas)

*D2 Es la presión de escape (Kg/cm^2 ABS) (si se pone igual a 0 habrá que establecer algún equipo aguas abajo que la fije, que puede ser el mismo condensador al que descargan las turbinas principales).

- Ecuaciones generadas: TRES

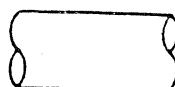
$$W_{N1} - W_{N2} = 0$$

$$P_{N2} - D2 = 0 \quad \text{si } D2 > 0$$

$$H_{N2} - H_{N1} + D1 (H_{N1} - H_{2'}) = 0 \quad \text{si } D1 \neq 0$$

EQUIPO: CONEXION TURBINA(S) AUXILIAR(ES) - BOMBA(S)

1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	
EQ. NUM.	12						
D1	D2	D3	D4	D5	D6		



Este equipo está previsto para interconectar una o dos bombas con una o dos turbinas auxiliares. Su número de identificación debe ser superior tanto a los de las turbinas auxiliares como a las de las bombas que conecte, e ir en el grupo 1 de datos de entrada colocado tras ellos.

- Datos de entrada:

*D1 = Número de la bomba 1 que demanda potencia.

*D2 = Id. de la bomba 2 (si existe).

*D3 = Número de la turbina 1 que suministra potencia.

*D4 = Id. de la turbina 2 (si existe)

*D5 = Rendimiento de la conexión con la turbina 1.

*D6 = Id. con la turbina 2.

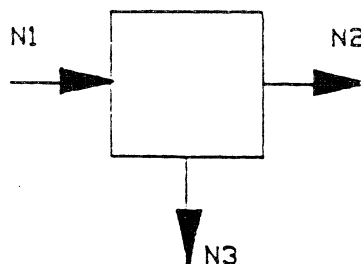
$$0 < \frac{D5}{D6} \leq 1$$

- Ecuaciones generadas: UNA

$$\text{Potencia demandada} - \text{Potencia suministrada} = 0$$

EQUIPO SEPARADOR DE HUMEDAD

1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70
EQ. NUM.	13	N1		N2	N3	NC
D1	D2					



- Datos de entrada:

- *D1 Eficiencia ($0 < D1 \leq 1$) o número de identificación de la tabla en que se da la eficiencia en función de la presión de entrada ($D1 > 1$).
- *D2 Fracción del caudal másico de entrada arrastrado ($0 < D2 \leq 1$).

De esta forma, para un caudal W_{N1} de entrada, con calidad X , el caudal por $N3$ será

$$W_{N3} = W_{N1} [D2 + (1-x) D1]$$

- Observaciones:

Las presiones en $N2$ y $N3$ se mantienen iguales a la existente en $N1$ por lo que, si en este equipo quiere considerarse una pérdida de carga ésta se debe simular mediante una tubería adicional.

- Ecuaciones generadas: SEIS

$$W_{N1} - W_{N2} - W_{N3} = 0$$

$$W_{N3} - W_{N1} [D2 + (1-x) D1] = 0$$

$$P_{N2} - P_{N1} = 0$$

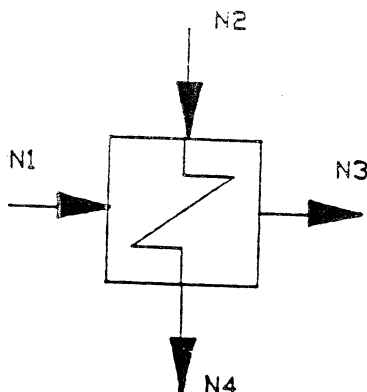
$$P_{N3} - P_{N1} = 0$$

$$W_{N3} H_{N3} - (1-x) D1 W_{N1} H_{SAT} (P_{N1}) - D2 W_{N1} H_{N2} = 0$$

$$W_{N1} H_{N1} - W_{N2} H_{N2} - W_{N3} H_{N3} = 0$$

EQUIPO: RECALENTADOR DE VAPOR

1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70
EQ. NUM.	14	N1	N2	N3	N4	NC
D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
D8	D9					



Este equipo, que generalmente no existe en centrales térmicas, ya que forma parte de la caldera, y como tal debe modelizarse, necesita los siguientes datos:

- Datos de entrada:

D1

*D2 = coeficientes de la ecuación cuadrática $\Delta P = f(w)$ que calcula la pérdida de carga del vapor a recalentar segun el caudal de entrada.

*D4 = factor de porcentaje que calcula la pérdida de carga del vapor a recalentar en función de la presión de entrada $\Delta P = KP$.

$$\Delta P \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = D1 + D2 \times WN1 + D3 \times WN1^2 + D4 \times PN1, \text{ siendo}$$

$WN1$ = Caudal de vapor por N1 (Tm/hr)

$PN1$ = Presión en la corriente N1 (Kg/cm² ABS)

*D5 = Diferencia de temperaturas (°C): $TD = TsatN2 - TN3$ (ver nota)

SI $D5 > 90$ la parte entera indicará el número de identificación de la tabla en que se da la diferencia de temperatura en función del caudal por N1. En la parte decimal de este valor podría incluir el título según indica la nota posterior.

*D6 = Rendimiento ($0 < D6 \leq 1$).

Calor transferido al vapor a recalentar = Calor cedido por el vapor que recalienta \times D6.

*D7 = coeficientes de la ecuación cuadrática $\Delta P=f(w)$ que calcula la

*D8 pérdida de carga del vapor que recalienta en función del caudal de entrada.

*D9 = factor de porcentaje que calcula la pérdida de carga del vapor que recalienta en función de la presión de entrada $\Delta P=KP$.

$$\Delta P \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = D7 + D8 \times W_{N2}^2 + D9 \times P_{N2}, \text{ siendo}$$

W_{N2} = Caudal de vapor por N2 (Tm/hr)

P_{N2} = Presión en la corriente N2 (Kg/cm² ABS)

NOTA: Se ha añadido otra posibilidad al uso de este dato de la siguiente manera:

Por razones de diseño, en ciertos casos se hace necesario establecer un cierto título de vapor, distinto de cero (agua saturada) a la salida por N4 (caso de los recalentadores con cámara de venteo), de forma que el dato D5, sin perder su significado inicial (establecer el TD) admitirá una cifra decimal añadida a continuación que hará referencia al título de la corriente de salida por N4.

Ejemplo:

Si la diferencia de temperatura es 32°C y se supone que por N4 el título es 0,02 se pondría

$$D5 = 32.002$$

- Ecuaciones generadas: SIETE

$$W_{N1} - W_{N3} = 0$$

$$W_{N2} - W_{N4} = 0$$

$$P_{N1} - P_{N3} - D1 - D2 \times W_{N1} - D3 \times |W_{N1}| \times W_{N1} - D4 P_{N1} = 0$$

$$P_{N2} - P_{N4} - D7 - D8 \times |W_{N2}| \times W_{N2} - D9 P_{N2} = 0$$

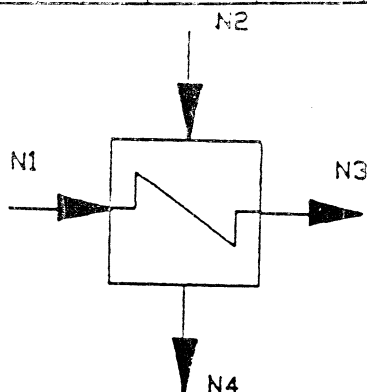
$$W_{N1} \times (H_{N3} - H_{N1}) - W_{N2} (H_{N2} - H_{N4}) D6 = 0$$

$$H_{N4} - H (P_{N4}, X_{N4}) = 0$$

$$H_{N3} - H (P_{N3}, T_{N2} - T_D) = 0$$

EQUIPO: CONDENSADOR

1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70
EQ. NUM.	15	N1	N2	N3	N4	NC
D1	D2	D3	D5	D6	D7	D8



Utilízase este equipo para simular condensadores no principales que se encuentran en el sistema de condensado, por ejemplo: Condensador de offgas, Steam packing exhauster, Condensador de eyectores, etc.

- Datos de entrada:

- *D1 = coeficientes de la ecuación cuadrática $\Delta P = f(w)$ que permite
- *D2 calcular la pérdida de carga del agua de refrigeración del
- *D3 condensador, en función del caudal de entrada al mismo.

$$\Delta P \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = D1 + D2 \times W + D3 \times W^2 \text{ siendo:}$$

$$W = \text{Caudal por N1 (Tm/hr) / D8}$$

- *D5 = Título a la salida del drenaje N4 (Normalmente 0)
- *D6 = Rendimiento de intercambio térmico ($0 < D6 \leq 1$)
- *D7 = Presión de operación en carcasa (Kg/cm² ABS). Si se pone igual a 0 el programa tomará la de la corriente N2
- D8 = Número de condensadores en paralelo. (Por defecto el programa toma D8 = 1).

- Ecuaciones generadas: SEIS

$$W_{N1} - W_{N3} = 0$$

$$W_{N2} - W_{N4} = 0$$

$$P_{N2} - P_{N4} = 0 \text{ si } D7 = 0$$

$$P_{N4} - D7 = 0 \text{ si } D7 > 0$$

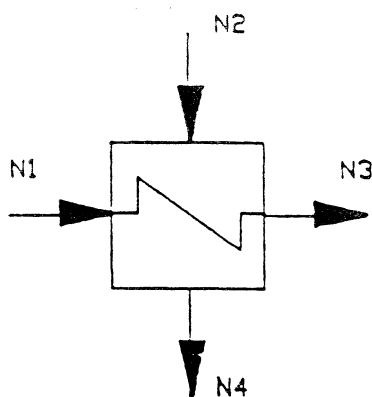
$$P_{N1} - P_{N3} - D1 - D2 \times \frac{W_{N1}}{D8} - D3 \times \left| \frac{W_{N1}}{D8} \right| \times \frac{W_{N1}}{D8} = 0$$

$$W_{N1} (H_{N3} - H_{N1}) - W_{N2} (H_{N2} - H_{N4}) \times D6 = 0$$

$$H_{N4} - H (P_{N4}, X=D5) = 0$$

EQUIPO: ENFRIADOR DE DRENAJES

1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70
EQ. NUM.	16	N1	N2	N3	N4	NC
D1	D2	D3	D4	D6	D8	



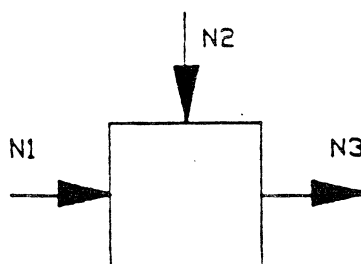
Los datos tienen el mismo significado que en el calentador de agua de alimentación.

Número de ecuaciones generadas: SEIS, idénticas a las generadas por el calentador de agua de alimentación excepto las allí señaladas con (*).



EQUIPO: DESRECALENTADOR DE VAPOR

1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70
EQ. NUM.	17	N1	N2	N3		N4
D1	D2	D3	D4	D5	D6	



- Datos de entrada:

- *D1 = coeficientes de la ecuación cuadrática $\Delta P=f(w)$ que permite
- *D2 calcular la pérdida de carga en el desrecalentador en función
- *D3 del caudal de vapor de entrada al mismo.

D4 = factor de porcentaje que permite calcular la pérdida de carga en función de la presión en la entrada $\Delta P=KP$.

Así la pérdida de carga entre entrada principal (N1) y salida (N3) sería:

$$\Delta P \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = D1 + D2 \times W_{N1} + D3 \times W_{N1} + D4 \times P_{N1} \quad \text{siendo}$$

W_{N1} = caudal de entrada por N1 (Tm/hr)

P_{N1} = Presión en la corriente N1 (Kg/cm² ABS)

- *D5 = Incremento de temperatura sobre la de saturación en la corriente de descarga N3.

T° corriente N3 = T° saturación correspondiente a la presión en N3 + D5 (°C).

Este dato, D5, también puede indicar el número de la tabla que da el incremento de temperatura sobre la de saturación de la corriente de descarga N3 en función del caudal por N1. Para ello bastará hacer $D5 > 500$ (y por consiguiente igual al n° de identificación de la tabla).

*D6 = Rendimiento ($0 < D6 \leq 1$). Este rendimiento se maneja en la forma:

$$W_{N1} (H_{N1} - H_{N3}) = W_{N2} (H_{N3} - H_{N2}) \times D6$$

- Ecuaciones generadas: CUATRO

$$W_{N3} - W_{N2} - W_{N1} = 0$$

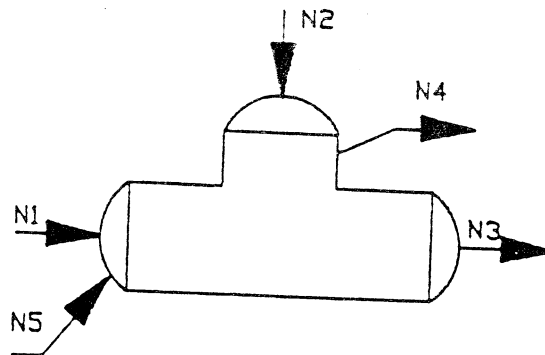
$$P_{N1} - P_{N3} - D1 - D2 W_{N1} - D3 |W_{N1}| W_{N1} - D4 P_{N1} = 0$$

$$W_{N1} (H_{N1} - H_{N3}) - W_{N2} (H_{N3} - H_{N2}) D6 = 0$$

$$T_{N3} - T_S (P_{N3}) - D5 = 0$$

EQUIPO DESAIREADOR

1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70
EQ. NUM.	18	N1	N2	N3	N4	NC
			D5	D6	D7	D9



- Datos de entrada:

*D5 = Diferencia terminal de temperaturas ($^{\circ}\text{C}$: $\text{TTD } (^{\circ}\text{C}) = T_{\text{sat}N2} - T_{N3}$. Normalmente este dato será igual a cero.

La diferencia terminal de temperaturas puede darse en forma de tabla en función del caudal de agua de alimentación. Para ello $D5 > 500$, D5 será en este caso el número de la tabla.

*D6 = Rendimiento ($0 < D6 \leq 1$).

*D7 = Índice para que el programa haga equilibrado de presión (>0) con corriente de agua de alimentación.

Si $D7 > 1$ también hace equilibrado de presiones con corriente de cascada N5.

*D9 = Número de la corriente de cascada N5, si existe. Caso contrario $D9 = 0$.

NOTA: El caudal de venteo se calcula mediante la fórmula empírica, utilizada en proyectos de centrales térmicas:

$$W_{N4} \text{ (Tm/hr)} = 7.11167 \times 10^{-5} \times \text{Pres}_{N2} \text{ (kg/cm}^2 \text{ ABS)} \times W_{N1} \text{ (Tm/hr)}$$

La entalpía del venteo se supone igual a la de vapor saturado a la presión de la corriente N2: $H_{N4} \text{ (Kcal/Kg)} = H_{\text{sat}} (P_{N2})$

- Ecuaciones planteadas: SIETE + UNA (si $0 < D7 < 1$) + UNA (si $D7 > 1$)

$$W_{N3} + W_{N4} - W_{N1} - W_{N2} - W_{N5} = 0$$

$$W_{N4} - 7.11167 \times 10^{-5} \times P_{N2} \times W_{N1} = 0$$

$$P_{N4} - P_{N2} = 0$$

$$P_{N3} - P_{N2} = 0$$

$$H_{N4} - H(P_{N2}, X=1) = 0$$

$$T_{N3} - T_{\text{sat}}(P_{N2}) + D5 = 0$$

$$(W_{N1} \times H_{N1} + W_{N2} \times H_{N2}) D6 - W_{N4} H_{N4} - W_{N3} \times H_{N3} + W_{N5} \times H_{N5} \times D6 = 0$$

Si $D7 > 0$ se plantean las ecuaciones adicionales:

$$P_{N2} - P_{N1} = 0$$

$$P_{N2} - P_{N5} = 0 \text{ (solamente si } D7 > 1)$$

EQUIPO: VALVULA DE CONTROL

1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70		
EQ. NUM.	19	N1		N2		N3		
D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9



- Datos de entrada:

*D1

*D2 = coeficientes de la ecuación cuadrática que da la relación
 *D3 entre el caudal de entrada y presión de salida según $W=f(P)$.

*D4 = es el C_v de la válvula en la posición en que se encuentre
 (No suele darse este dato, sino pedir que el programa lo calcule).

*D5 = es el factor de caudal crítico determinado por el fabricante.

*D6 = es el C_v máximo (válvula completamente abierta). Se utiliza para comprobar que el C_v calculado en operación para una determinada aplicación no es superior al citado C_v máximo dado para este equipo por el fabricante. Si se emplea el dato D6 debe acompañársele de su correspondiente D5.

*D7 coeficientes de la ecuación cuadrática $W=f(H)$ que permite

*D8 = calcular el flujo de entrada en función de la entalpía de

*D9 salida de la válvula (normalmente y salvo muy raras excepciones deben ser nulos).

- Ecuaciones planteadas:

1. General

$$W_{N1} - W_{N2} = 0$$

2. De presión

2.1 Si $D1 = D2 = D3 = D4 = 0$ no se plantea ninguna ecuación.

2.2 Si $D4 = 0$ pero $D1$ y/o $D2$ y/o $D3$ son distintos de cero se plantea la ecuación:

$$W_{N1} - D1 - D2 P_{N2} - D3 P_{N2}^2 = 0$$

Si $D1 = D2 = D3 = 0$ pero $D4 \neq 0$ se plantea la ecuación:

$$C_v \text{ (calculado a partir de } W_{N1}, P_{N1}, P_{N2}, H_{N1}, H_{N2}) - D4 = 0$$

3. De entalpía

3.1 Si $D7 = D8 = D9 = 0$ (normal)

$$H_{N1} - H_{N2} = 0$$

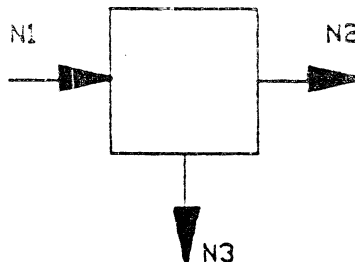
3.2 Si alguno ($D7, D8, D9$) es distinto de cero

$$W_{N1} - D7 - H_{N2} D8 - D9 H_{N2}^2 = 0$$

Esta posibilidad es peligrosa de usar (rompe el balance energético) y solo debe aprovecharse cuando existan poderosas razones para ello.

EQUIPO: DIVISOR CON ENTALPIA DE SALIDA FIJA

1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70
EQ. NUM.	20	N1	N2	N3	NO	
D1	D2	D3				



Este equipo bifurca una corriente N1 en otras dos: Principal (N2) y secundaria (N3). La presión en N2 se mantiene igual a la de N1.

- Datos de entrada:

*D1 = Caudal (Tm/hr) por N3

*D2 = Entalpía (Kcal/Kg) en la corriente N3

*D3 = Define la presión en la corriente N3 ($P_{N3} = D3$ (Kg/cm² ABS) si $D3 > 0$ ó $P_{N3} = P_{N1}$ si $D3 = 0$)

Es necesario como mínimo fijar los datos D1 y D2.

- Ecuaciones generadas: SEIS

$$W_{N1} - W_{N2} - W_{N3} = 0$$

$$W_{N3} - D1 = 0$$

$$P_{N1} - P_{N2} = 0$$

$$P_{N1} - P_{N3} = 0 \quad (\text{sólo si } D3 = 0)$$

$$P_{N3} - D3 = 0 \quad (\text{sólo si } D3 > 0)$$

$$H_{N3} - D2 = 0$$

$$W_{N1} H_{N1} - W_{N2} H_{N2} - W_{N3} H_{N3} = 0$$

- Ecuaciones planteadas:

1. General

$$W_{N1} - W_{N2} = 0$$

2. De presión

2.1 Si $D1 = D2 = D3 = D4 = 0$ no se plantea ninguna ecuación.

2.2 Si $D4 = 0$ pero $D1$ y/o $D2$ y/o $D3$ son distintos de cero se plantea la ecuación:

$$W_{N1} - D1 - D2 P_{N2} - D3 P_{N2}^2 = 0$$

Si $D1 = D2 = D3 = 0$ pero $D4 \neq 0$ se plantea la ecuación:

$$C_v \text{ (calculado a partir de } W_{N1}, P_{N1}, P_{N2}, H_{N1}, H_{N2}) - D4 = 0$$

3. De entalpía

3.1 Si $D7 = D8 = D9 = 0$ (normal)

$$H_{N1} - H_{N2} = 0$$

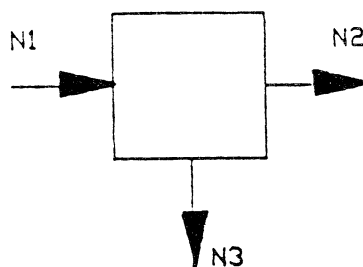
3.2 Si alguno ($D7, D8, D9$) es distinto de cero

$$W_{N1} - D7 - H_{N2} D8 - D9 H_{N2}^2 = 0$$

Esta posibilidad es peligrosa de usar (rompe el balance energético) y solo debe aprovecharse cuando existan poderosas razones para ello.

EQUIPO: TANQUE DE VAPORIZACION INSTANTANEA

1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70
EQ. NUM.	21	N1		N2	N3	N4
D1						



La utilización de este equipo se deduce de su propio nombre.

- Datos de entrada:

*D1 = es la presión de operación (Kg/cm² ABS).

Siempre debe figurar este dato.

- Ecuaciones generadas: SEIS

$$W_{N1} - W_{N2} - W_{N3} = 0$$

$$P_{N2} - D1 = 0$$

$$P_{N3} - D1 = 0$$

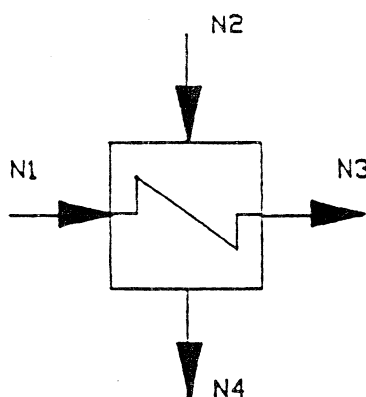
$$H_{N3} - H_{\text{sat}} (P = D1, X=0) = 0$$

$$H_{N2} - H_{\text{sat}} (P = D1, X=1) = 0$$

$$W_{N1} H_{N1} - W_{N2} H_{N2} - W_{N3} H_{N3} = 0$$

EQUIPO INTERCAMBIADOR DE CALOR

1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	
EQ. NUM.	22	N1	N2	N3	N4	NC	
D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
							D9



Este equipo cuya función no es necesario describir está previsto para suplir aquellos casos no cubiertos por los intercambiadores especiales que forman parte del ciclo.

Su uso debe hacerse teniendo en cuenta que las condiciones de contorno le deben venir impuestas por equipos adyacentes, o relacionados con él.

- Datos de entrada:

El significado de los datos es el siguiente:

*D1 = coeficientes de la ecuación cuadrática $\Delta P=f(w)$ que permite
 *D2 calcular la pérdida de carga, lado tubos, en función del caudal de entrada.
 *D3

*D4 = coeficiente de porcentaje que permite calcular la pérdida de carga, lado tubos, en función de la presión de entrada $\Delta P=KP$.

Así:

$$P_{N1} - P_{N3} = D1 + D2 \times W_{N1} + D3 \times W_{N1}^2 + D4 \times P_{N1} \quad \text{siendo}$$

W_{N1} = caudal (Tm/hr) por N1

P_{N1} = presión (Kg/cm² ABS) en N1

*D5 = rendimiento de intercambio térmico ($0 < D5 \leq 1$)

*D6

*D7 = análogos a D1, D2 y D3 pero referidos a la pérdida de carga

*D8 de la corriente N2.

*D9 = análogo al D4 para pérdida de carga en corriente N2.

$$P_{N2} - P_{N4} = D6 + D7 \times W_{N2} + D8 \times W_{N2}^2 + D9 \times P_{N2} \quad \text{siendo}$$

W_{N2} = el caudal (Tm/hr)

P_{N2} = presión en N2 (Kg/cm² ABS)

- Ecuaciones generadas: CINCO

$$W_{N1} - W_{N3} = 0$$

$$W_{N2} - W_{N4} = 0$$

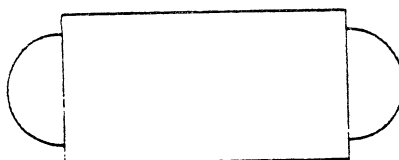
$$P_{N1} - P_{N3} - D1 - D2 W_{N1} - D3 |W_{N1}| W_{N1} - D4 P_{N1} = 0$$

$$P_{N2} - P_{N4} - D6 - D7 W_{N2} - D8 |W_{N2}| W_{N2} - D9 P_{N2} = 0$$

$$W_{N1} (H_{N3} - H_{N1}) - W_{N2} (H_{N2} - H_{N4}) D5 = 0$$

EQUIPO: ALTERNADOR

1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70
EQ. NUM.	100					NO
D1	D2	D3	D4	D5		



Este equipo, con D5 igual a cero, no produce ninguna ecuación. Se utiliza una vez cerrado el balance general. Sin embargo, sí interviene en él cuando D5 es mayor que cero. Entonces D5 es la potencia deseada en bornas (KW).

En cualquier caso, el número de equipo del generador debe ser mayor que cualquiera de los de los escalones de turbina no auxiliar, y figurar colocado tras ellos en el grupo 1 de datos de entrada.

- Datos de entrada:

*D1 = Pérdidas fijas (KW).

*D2 = Número de identificación de la tabla en que se dan pérdidas variables en función de la potencia generada real (KW) o aparente (KVA).

*D3 = Rendimiento del acoplamiento ($0 < D3 \leq 1$) (Normalmente será D3=1 por haber contabilizado esto en las pérdidas anteriores).

*D4 = Si la tabla a que se refiere D2 está en función de la potencia real se pondrá = 1.

*D4 = Se pondrá $\cos \varphi$ si está en función de la potencia aparente.

*D5 = Indica si se calcula la potencia en bornas del alternador como resultado del balance (D5=0) ó este parámetro es fijo de partida (D5>0)

*D6 = Consumos auxiliares de la planta (Kw)

Es claro que en este caso debe quedar, de alguna manera, indeterminada alguna de las variables fundamentales que se dan como datos de entrada al balance: Caudal o entalpía.

- Ecuaciones generadas: UNA si D5 > 0

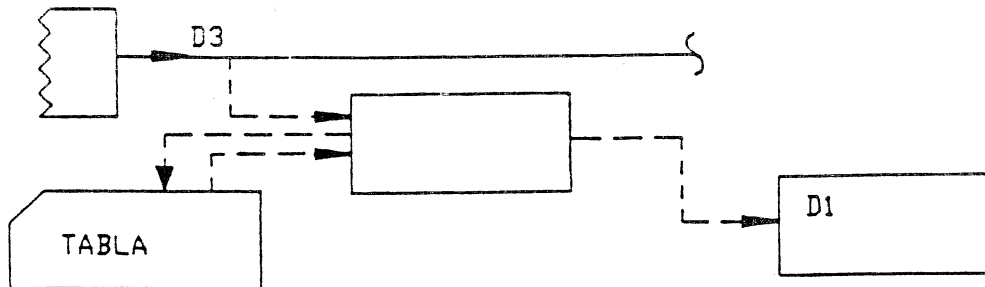
$$D3 \sum_{i=1}^n Pot_i - D1 - \text{Pérd. var (tabla fijada en D2)} - D5 = 0, \text{ siendo}$$

Pot_i= potencia de cada uno de los elementos de turbina no auxiliar (tipos 9 ó 10) que intervienen en el ciclo, al menos deberá existir uno para que el programa trabaje con este módulo.

El dato D6 se le restara directamente a la potencia en bornas del alternador para el cálculo del rendimiento de la planta.

EQUIPO: CONTROL DE DATOS EN FUNCION DE UNA VARIABLE

1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70
EQ. NUM.	200					
D1	D2	D3	D4	D5		



Este módulo permite controlar mediante tabla un dato que no admite dicha posibilidad.

Los datos a suministrar son:

- *D1= Número de equipo o módulo, uno de cuyos datos va a ser controlado por una corriente.
- *D2= Número de dato a controlar del equipo D1.
- *D3= Número de corriente que genera el control.
- *D4=
 - 1 si el control viene generado por el caudal.
 - 2 si el control viene generado por la presión.
 - 3 si el control viene generado por la entalpía.
 - 4 si el control viene generado por la temperatura.
 - 5 si el control viene generado por caudal y presión.
 - 6 si el control viene generado por caudal y entalpía.
 - 7 si el control viene generado por caudal y temperatura.
 - 8 si el control viene generado por presión y entalpía.
 - 9 si el control viene generado por presión y temperatura.
- *D5= Número de la tabla de control.

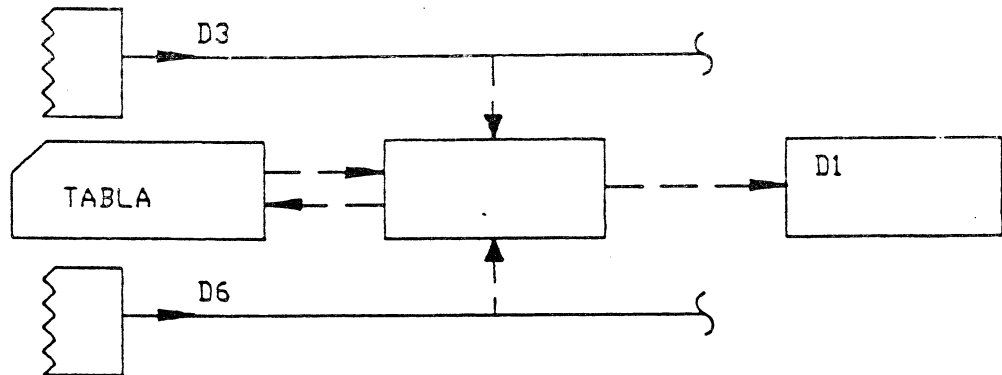
- Ecuaciones generadas: UNA

Dato n° D2 del equipo D1 - función = 0



EQUIPO: CONTROL DE DATOS EN FUNCION DE DOS VARIABLES

1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	
EQ. NUM.	201						
D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	



En este equipo el control de un dato es generado por una variable correspondiente a dos corrientes.

- Datos de entrada:

- *D1 = Número de equipo cuyo dato quiera ser controlado.
- *D2 = Número de dato a controlar del equipo D1.
- *D3 = Número de corriente primera que genera el control.
- *D4 = 1 si el control viene generado por el caudal.
2 si el control viene generado por la presión.
3 si el control viene generado por la entalpía.
4 si el control viene generado por la temperatura.
- *D5 = Número de la tabla de control.
- *D6 = Número de corriente segunda que genera el control.
- *D7 = 1 si el control viene generado por el caudal.
2 si el control viene generado por la presión.
3 si el control viene generado por la entalpía.
4 si el control viene generado por la temperatura.

- Ecuaciones generadas: UNA

Dato D2 del equipo D1 - función = 0

5.3 TABLAS

Cada tabla estará formada por tantas tarjetas (cuatro como mínimo) como sean necesarias, teniendo en cuenta que el número máximo de puntos en versión PC es de 14 x's y 14 y's.

La "primera tarjeta", alfanumérica, es un título-recordatorio de qué significa la tabla. El resto de los valores se explican en las páginas siguientes.

NOTAS:

- * El programa extrapolará para un valor fuera del rango definido en las tablas empleando para ello los dos últimos puntos definidos en las mismas.
- * La interpolación entre valores para tabla de simple entrada se realiza empleando tres puntos próximos al X deseado, buscando la parábola que pasa por los puntos citados. Hecho esto se entra en la función obtenida con el X y se obtiene el valor en Z buscado.
- * La interpolación entre valores para tabla de de doble entrada será lineal doble en X e Y.

TABLA DE SIMPLE ENTRADA $z = f(x)$

1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	
NT	NX	1					
0	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
X9	X10	X11	X12	X13	X14		
0	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7
Z9	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14		

NT = Número de identificación de la tabla, que no tiene por qué coincidir con el ordinal de la misma.

NX = Número de parejas de puntos (z, x) (números de puntos en abcisas)

Se pondrán tantas tarjetas como sean necesarias para definir las NX parejas de puntos.

NOTA: Es necesario que los valores de x se den en orden creciente, es decir

$$x_1 < x_2 < x_3 < \dots < x_{NX}$$

TABLA DE DOBLE ENTRADA. $z = f(x,y)$

	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	
NT	NX	NY						
0	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
X9	X10	X11	X12	X13	X14			
Y1	Z1,1	Z2,1	Z3,1	Z4,1	Z5,1	Z6,1	Z7,1	Z8,1
Z9,1	Z10,1	Z11,1	Z12,1	Z13,1	Z14,1			
Y2	Z1,2	Z2,2	Z3,2	Z4,2	Z5,2	Z6,2	Z7,2	Z8,2
Z9,2	Z10,2	Z11,2	Z12,2	Z13,2	Z14,2			
--	--	--	--	--	--	--	--	--
YN	Z1,N	Z2,N	Z3,N	Z4,N	Z5,N	Z6,N	Z7,N	Z8,N
Z9,N	Z10,N	Z11,N	Z12,N	Z13,N	Z14,N			
--	--	--	--	--	--	--	--	--

NT = Número de identificación de la tabla, que no tiene por qué coincidir con el ordinal de la misma.

NX = Número de parejas de puntos (Z,X) para cada uno de los valores de y.

Se pondrán tantas tarjetas como sean necesarias para definir las NX parejas de puntos.

NY = Número de parejas de puntos (Z,Y) para cada uno de los valores de X.

Se pondrán tantos grupos de tarjetas como indica el número NY.

NOTA: Es necesario que, tanto los valores de X como los de Y se den en orden creciente, es decir:

$$x_1 < x_2 < x_3 < \dots < x_{NX}$$

$$y_1 < y_2 < y_3 < \dots < y_{NY}$$

6. INSTRUCCIONES MS-DOS

6.1 USO PROGRAMA HBAL.EXE

El programa HBAL maneja tres (3) ficheros de salida y uno de entrada (DATOS).

- El fichero de entrada corresponde al fichero de datos estructurado según se ha indicado en 5.1, es decir, tarjeta entrada-grupo 1, grupo 2 y grupo 3 de datos.
- Los ficheros de salida son:
 - * Fichero 1 de valor de parámetros de las corrientes de entrada y salida de los módulos que van a ser utilizados para la representación gráfica por un programa de diseño asistido por ordenador (AUTOCAD).
 - Fichero 2 con el valor de todas las variables de caudal, presión y entalpía de las corrientes tras la última iteración realizada por el programa. Su contenido equivale al grupo 3 del fichero de datos pero actualizado; es aconsejable su uso para posteriores trabajos del programa.
 - Fichero 3 de resultados del Balance.

Los ficheros citados pueden enviarse a impresora mediante el correspondiente direccionamiento.

Ejemplo:

C) HBAL < DATOS > FICHERO3 FICHERO2 FICHERO 1.

Si se pone:

C) HBAL < DATOS FICHERO2 FICHERO 1.

el programa asume por defecto que FICHERO3 es la pantalla.

Para que el resultado salga directamente por impresora debe ponerse:

C) HBAL (DATOS) PRN FICHERO2 FICHERO 1.

Tanto FICHERO 1 como FICHERO 2 deben dirigirse a soporte magnético (no consola ni impresora).

6.2 GENERACION DE GRAFICOS

6.2.1 Con Autocad crear figura de balance (XXXX.DWG).

6.2.2 Poner nombre de corrientes cuyos números se quieren escribir teniendo en cuenta que los textos comenzarán en el mismo punto en que comienza la identificación de la corriente, y que el tamaño de los caracteres coincidirá con el de estas etiquetas.

6.2.2.1 El formato de identificación es:

ABCCD

Siendo

A

E Condiciones de Caudal, presión, temperatura, entalpía >
título en la entrada identificada por B.

S Idem en la salida identificación por B.

W Caudal en la corriente identificada por B.

P Presión

T Temperatura.

X Título

H Entalpía

N Entropía

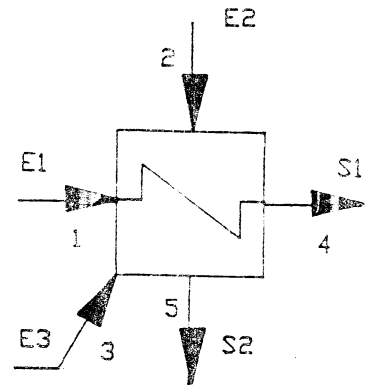
D DCA

Q Potencia

B Identificación de corriente de entrada a salida (si A = E ò S)

Identificación de número de corriente según la disposición.

Si A = W, P, T, N, X



Excepciones:

- Si CCC = CON y A=P B = 1 define la presión en mm Hg en el condensador.
- Si CCC = CAL y A=T B = 0 define el TTD del calentador; B = 6 define la temperatura de saturación.
- Si CCC = CAL o ENF y A=D B= 0 define el DCA.
- Si CCC = BOM o TUA y A=Q B= 0 define la potencia.

CCC=TTT,BOM,GNV,CAL,CON,TUR,TUA,SEP,RCL,CNV,ENF,DES,TAN,GEN

CLAVE	EQUIPO	TIPO HBAL
=====	=====	=====
CNT	Condición de contorno	1
TTT	TE (divisor, mezclador)	2/20
TUB	Tubería	3
BOM	Bomba	4
GNV	Caldera/generador de vapor	6
CAL	Calentador de agua de alimentación	7
CON	Condensador principal	8
TUR	Turbina	9/10
TUA	Turbina auxiliar	11
CNV	Condensador	15
ENF	Enfriador de drenajes	16
DRC	Desrecalentador	17
DES	Desaireador	18
VLV	Válvula	19
TAN	Flash Tank	21
HXX	Intercambiador	22
GEN	Alternador	100

D= Número de orden correspondiente a BBB en el banco de datos (Fichero DATOS).

6.2.3 Ejecutar DXFOUT. Se creará ~~XXXXX~~.DXF. Salir de AUTOCAD.

6.2.4 Ejecutar "ENTRACAD".

6.2.4.1 Los ficheros serán:

De entrada: XXXXX

De salida : YYYYY

De datos : El que haya creado el programa HBAL (FICHERO 1)

6.2.4.2 Se creará un fichero YYYYY.DXF. Volver a entrar en AUTOCAD.

6.2.5 En AUTOCAD ejecutar DXFIN con YYYYY.

6.2.6 Seguir proceso normal de AUTOCAD.