

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCION ARQUITECTONICA
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA
LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

CALEFACCIÓN

TEMA VII.

INSTALACIONES MONOTUBULARES DE CALEFACCIÓN. EJEMPLO.

MANUEL ROCA SUÁREZ
JUAN CARRATALÁ FUENTES

INDICE

0.-	PLANTEAMIENTO.....	2
1.-	METODO DEL CAUDAL CONSTANTE. EJEMPLO.....	2
1.1	CIRCUITO.....	2
1.1.1	CAUDAL CIRCULANTE.....	3
1.1.2	TEMPERATURAS.....	3
1.1.3	NÚMERO DE ELEMENTOS DE CADA RADIADOR.....	6
1.2	CIRCUITO 2.....	7
1.2.1	CAUDAL CIRCULANTE.....	7
1.3.	ELECCIÓN DE LA CALDERA.....	8
2.-	CÁLCULO HIDRÁULICO.....	8
2.1	TRAMOS NO COMUNES.....	8
2.2	TRAMOS COMUNES.....	9
2.3	CIRCULADOR.....	10

CALEFACCIÓN.

TEMA VII. INSTALACIONES MONOTUBULARES DE CALEFACCIÓN. EJEMPLO.

0.- PLANTEAMIENTO.

Como se ha dicho, las instalaciones monotubulares utilizan un solo tubo a través del cual, y mediante unas válvulas especiales, se va suministrando, sucesivamente, agua caliente a todos los radiadores, para volver finalmente a la caldera.

La diferencia básica con respecto al sistema bitubular consiste en que el agua de la línea general se va enfriando a medida que va proporcionando calor a los radiadores, dificultad de cálculo que puede solucionarse por varios procedimientos del que vamos a exponer uno de los más usados.

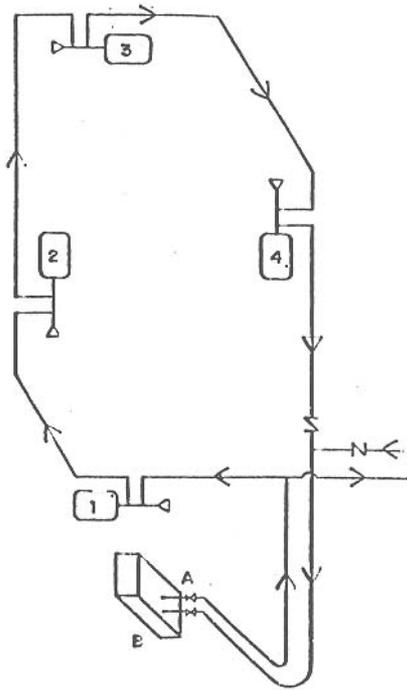
MÉTODO DEL CAUDAL CONSTANTE. EJEMPLO.

Arbitrado el caudal circulante en cada circuito, el método consiste en desviar, mediante la válvula del radiador, un porcentaje fijo de dicho caudal que, normalmente, es del 40%. Primeramente, y de acuerdo con los requerimientos caloríficos, a cada radiador se le asigna un determinado número de elementos (CÁLCULO TÉRMICO). Posteriormente, y previo un tanteo de diámetros, se calculan las pérdidas de carga para, así, escoger el circulador conveniente (CÁLCULO HIDRÁULICO).

VII.1 CÁLCULO TÉRMICO.

VII.1.1 Circuito 1.

Consideremos el CIRCUITO 1 del ejemplo anterior, en el que ya habíamos hallado las cargas térmicas demandadas en cada uno de sus estancias.



Cocina: 580 k cal/h (RADIADOR 1)
 Salón: 3.360 k cal/h que, repartidas
 igualitativamente entre 3 nos da 1.120
 kcal/h (RADIADORES 2,3 y 4)

VII.1.1.1 Caudal circulante.

En primer lugar hay que decir que es conveniente - por razones de seguridad del buen funcionamiento- aumentar los caudales de agua que hay que suministrarles. Ello se hace multiplicando por un factor variable conforme a una tabla, que aportamos en los ANEXOS, elaborada en función del orden de colocación del radiador con respecto a la caldera.

De acuerdo con lo anterior establezcamos el siguiente cuadro :

RADIADOR Nº	CARGA TERMICA DE CALCULO (k cal/h)	FACTOR	CARGA TERMICA CORREGIDA (k cal/h)
1	580	1,03	597,4
2	1.120	1,10	1.232
3	1.120	1,17	1.310
4	1.120	1,25	1.400
$\Sigma = 3.940$ k cal/h			$\Sigma = 4.539,4$ 4.540 k cal/h

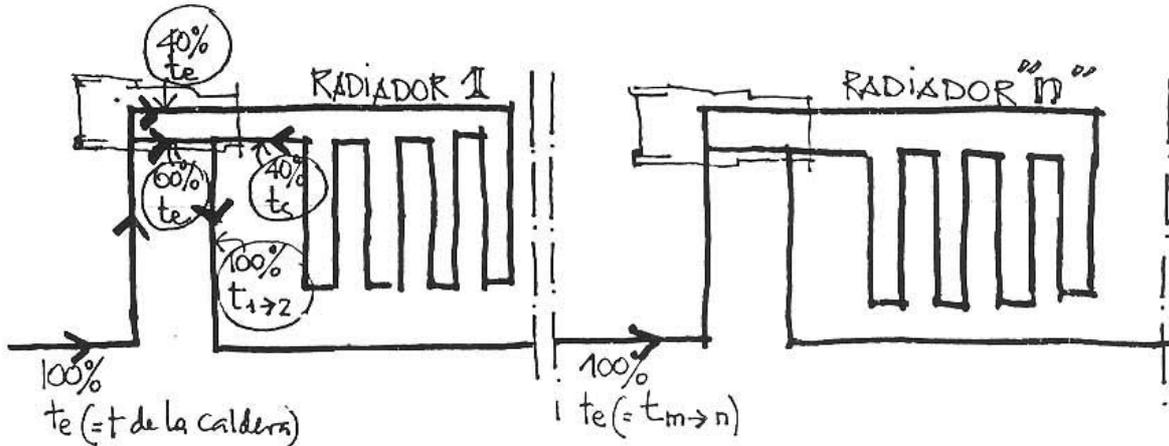
Conforme al salto térmico preestablecido, ($t_e - t_s = 10^\circ \text{C}$) lo anterior equivale a decir que el caudal circulante total en este circuito es de **454 l/h** y que dentro de cada radiador circula un 40% de este caudal, es decir, $4/100 \times 454 = 181,6$ l/h.¹

VII.1.1.2 Temperaturas

Vallamos, pues a calcular las temperaturas en cada radiador, obtener así el salto térmico y, consecuentemente, adjudicar a cada uno el apropiado número de elementos.

¹ En el sistema bitubular el caudal necesario para nutrir a estos 4 radiadores era de $60,8 + 111,5 + 111,5 + 116,6 = 400,4$ litros/hora.

La regulación se realiza mediante las LLAVES MONOTUBO, descritas anteriormente. Hagamos unos esquemas que nos facilite comprender cómodamente las sencillas fórmulas que vamos a aplicar.



llamando a

- t_e = temperatura de entrada a cada radiador numerado.
- t_s = temperatura de salida a cada radiador en °C.
- t_R = temperatura media de cada radiador en °C.
- $t_{m \rightarrow n}$ = temperatura del distribuidor entre el radiador "m" y el radiador siguiente (radiador "n").
- Q = caudal que circula por el distribuidor (constante).
- Q_R = caudal que circula por los radiadores (% fijo de Q).

tenemos en cada radiador

$$t_R = \frac{t_e + t_s}{2}, \text{ en } ^\circ\text{C} \quad [1]$$

Teniendo ahora en cuenta la fórmula general de aportación de calorías $C = Q_R (t_e - t_s)$ y despejando t_s tenemos según :

$$t_s = \frac{Q_R \times t_e - C}{Q_R}, \text{ en } ^\circ\text{C} \quad [2]$$

Por último, considerando la temperatura del agua del distribuidor tras el paso por cada radiador, tenemos:

$$Q \times t_{m \rightarrow n} = Q_R \times t_s + (Q - Q_R) t_e; \text{ de donde}$$

$$t_{m \rightarrow n} = \frac{Q_R \times t_s + (Q - Q_R) t_e}{Q}, \text{ en } ^\circ\text{C} \quad [3]$$

Supongamos ahora nuestra serie de radiadores 1,2,3 y 4.

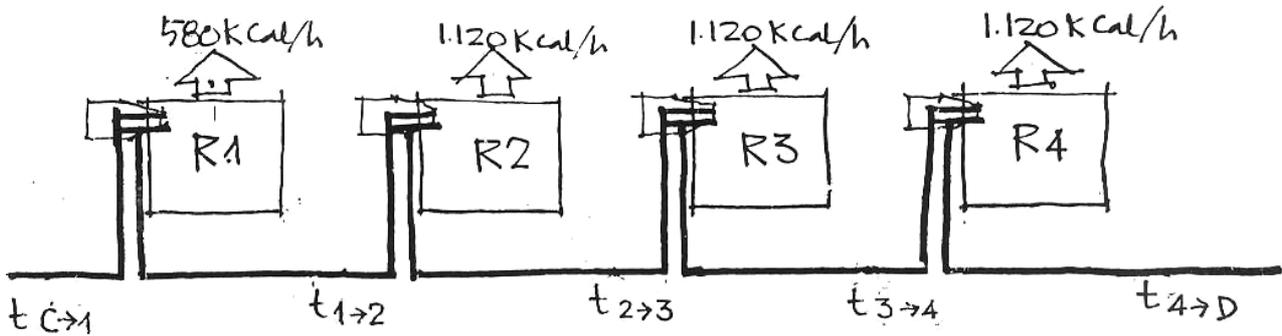
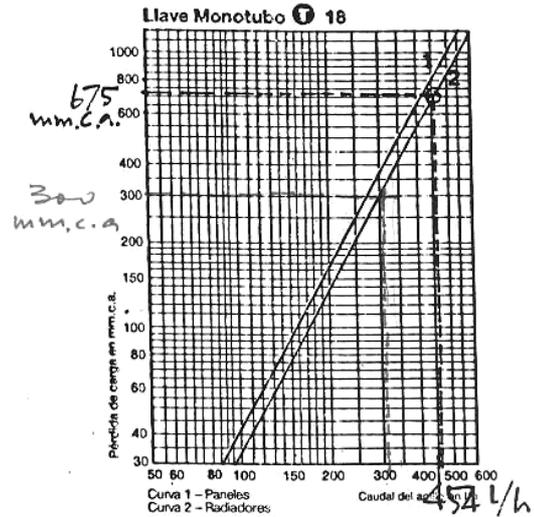
Primeramente regulemos sus válvulas monotubos para que pase por los radiadores un 40% del caudal principal. Así pues, tenemos en todos los casos:

Porcentaje de caudal al emisor para Radiadores: 40 %.

$$Q = 454 \text{ l/h}$$

$$Q_R = \frac{40}{100} \cdot 454 = 181,6 \text{ l/h}$$

$$Q - Q_R = 454 - 181,6 = 272,4 \text{ l/h}$$



Hallando los sucesivos valores de t_e , t_s , t_R y aplicando tales valores a las fórmulas [1] [2] y [3] tenemos

RADIADOR 1

temp. de entrada, $t_e = 75 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\text{temp. de salida, } t_s = \frac{181,6 \times 75 - 580}{181,6} = 71,81 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{temp. del radiador, } t_R = \frac{75 + 71,81}{2} = 73,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t \text{ entre } R_1 \text{ y } R_2, t_{1 \to 2} = \frac{181,6 \times 75,81 + 272,4 \times 75}{454} = 73,72 \text{ }^\circ$$

RADIADOR 2

temp. de entrada, $t_e = 73,72 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\text{temp. de salida, } t_s = \frac{181,6 \times 73,72 - 1.120}{181,6} = 67,55 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{temp. del radiador, } t_R = \frac{73,72 + 67,55}{2} = 70,63 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t \text{ entre } R_2 \text{ y } R_3, \quad t_{2 \rightarrow 3} = \frac{181,6 \times 67,55 + 272,4 \times 73,22}{454} = 71,25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Operando análoga y sucesivamente, obtendríamos:

RADIADOR 3

$$t_e = 71,25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_s = 65,08 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_R = 68,16 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{3 \rightarrow 4} = 68,78 \text{ } ^\circ\text{C}$$

RADIADOR 4

$$t_e = 68,78 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_s = 62,61 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_R = 65,69 \text{ } ^\circ\text{C}$$

VI.1.13 Número de elementos de cada radiador.

Teniendo en cuenta los datos de temperatura obtenidos y la temperatura de diseño, de 20 °C, tenemos:

En el radiador 1

$$\frac{dts}{dte} = \frac{73,2 - 20}{75 - 20} = 0,96 > 0,7, \text{ luego, sin más problemas}$$

$$\Delta t = t_R - t_a = 73,4 - 20 = 53,40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Como } \Delta t \neq 50 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad C = C_{50} \left(\frac{\Delta t}{50} \right)^n$$

Según el catálogo "ROCA", para cada elemento del radiador DUBA N61-2D para $\Delta t = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$, C es de 50,7 k cal/h, con un valor de $n = 1,29$, así pues, en nuestro caso

$$C = 50,7 \left(\frac{53,4}{50} \right)^{1,29} = 55,19 \text{ k cal/h/elemento}$$

Como las calorías/hora demandadas en este radiador son 580

$$\text{N}^\circ \text{ de elementos} = \frac{580}{55,19} = 10,5 \rightarrow 11$$

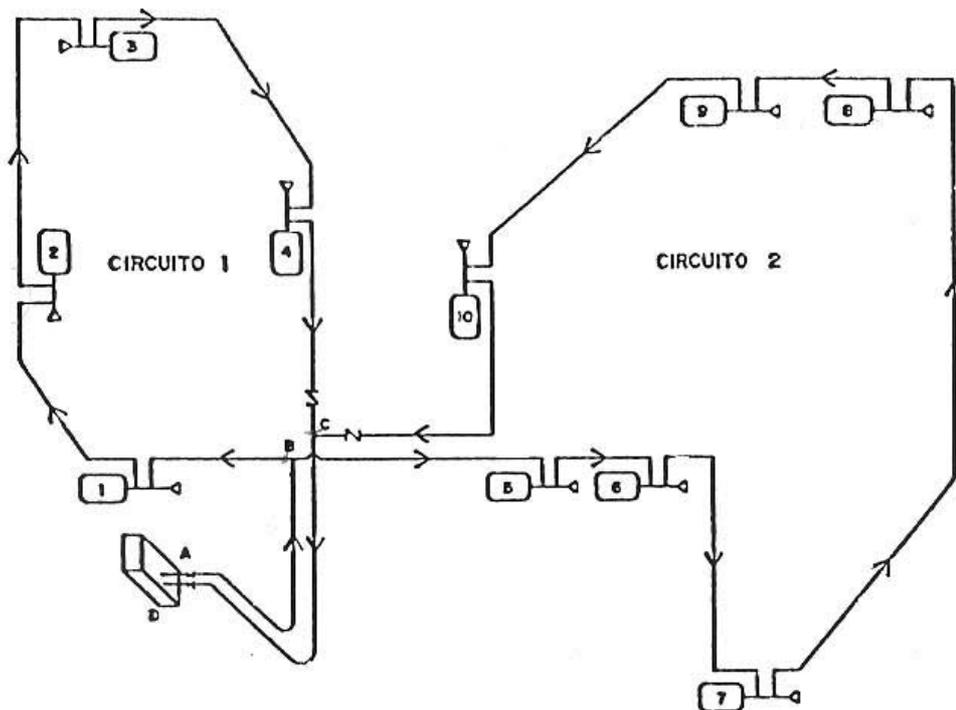
Análogamente obtendríamos en el resto de radiadores.

En el radiador 2: N° de elementos = 22

En el radiador 3: N° de elementos = 24

En el radiador 4: N° de elementos = 25

VII.1.2 Circuito 2.



VII.1.2.1 Caudal circulante.

Procederemos análogamente para calcular el caudal circulante por el circuito 2.

Radiador N°	Carga térmica de cálculo (k cal/h)	Factor	Carga térmica corregida k cal/h
5	385	1	385
6	210	1,05	220,5
7	700	1,10	770
8	650	1,15	747
9	565	1,20	678
10	470	1,25	587,5
$\Sigma = 2.980 \text{ k cal/h}$			$\Sigma = 3.388 \text{ k cal/h}$
$\Sigma = 2.980 \text{ k cal/h}$			$\approx 3.390 \text{ k cal/h}$

lo anterior equivale a decir que el **caudal circulante** por el circuito 2 es, redondeando, **Q = 339 l/h**, del que desviaremos a cada radiador el 40% de este caudal, es decir, $4/100 \times 339 = 135,6 \text{ l/h}$.

VII.1.2.2 Temperaturas y N° de elementos de cada radiador.

Procediendo de igual modo que en el Circuito 1 obtendríamos las temperaturas, caudales circulantes y, consecuentemente el n° de elementos requeridos en cada radiador. Obviamos tal proceso por no ser reiterativos y por no aportar nada a los propósitos de este ejemplo.

VII.1.3 Elección de la caldera.

Análogamente como en el sistema bitubular, convendrá que la potencia de la caldera sea mayor que la suma de las cargas térmicas de cálculo

$$P = 1,2 (3.940 + 2.980) = 8.304 \text{ k cal/h}$$

Escogemos la **NMG-16A** que tiene una potencia modulane de 5.330 a 16.000 k cal/h, con circulador incorporado, apta para el servicio simultáneo de calefacción y producción por acumulación de A.C.S. sin perjuicio de la comprobación de la idoneidad de su circulador.

V.I.I.2 CÁLCULO HIDRAULICO.

V.I.I.2.1 Tramos no comunes.

Como los caudales circulantes son constantes en cada circuito consideremos solo su longitud total. Tanteemos unos ϕ comerciales en consonancia con los caudales circulantes.

$$\text{CIRCUITO 1. (B-1-2-3-4-5-6-C)} = 18,8 \text{ m.}$$

$$\text{CIRCUITO 2. (B-5-6-7-8-9-10-C)} = 29,3 \text{ m.}$$

CIRCUITO 1

Tanteemos un ϕ 20 mm.

TRAMO	CAUDAL l/h	ϕ mm	V m/ seg	J mm c.a./m	L ₁ m	L ₂ m	L L ₁ +L ₂ m	J X L mm.c.a	
CIRC. 1	454	20	0,40	12	18,8	9 L x0,88=7,92 4 L45°x0,6=2,40 v.retención=0,77	11,09	29,89	358,68
4 llaves monotubo para ϕ 20: 4 x 675 (v. ábaco)								2.700	
$\Sigma = 3.058,68$ mm.c.a.									

CIRCUITO 2

Tanteemos un ϕ 14,5 mm

TRAMO	CAUDAL l/h	ϕ mm	V m/ seg	J mm c.a./m	L ₁ m	L ₂ m	L L ₁ +L ₂ m	J X L mm.c.a
CIRC. 2	339	14,5	0,55	32	29,3	14 L x0,70=8,80 4 L45°x0,47=1,88 v.retención=0,42	12,10	1.324,8
6 llaves monotubo para ϕ 14,5: 6 x 300 (v. ábaco)								1.800
$\Sigma = 3.124$ mm.c.a.								

Vemos que los circuitos están suficientemente equilibrados, adoptando la mayor de las resistencias ($J \times L = 3.124$ mm.c.a.). Si quisiéramos ajustar más, es decir disminuir ligeramente la pérdida de carga del circuito 2, bastaría con asignarle a algún tramo un ϕ 16,5.

VII.2.2 Tramos comunes.

Tanteamos para estos tramos un ϕ 20 mm para un caudal de $Q = 459 + 339 = 793$ l/h, lo que nos da una pérdida de carga de 764,40 mm.c.a. que, sumados a los 3.124 que hemos obtenido, supera a las prestaciones de la bomba. Así pues optamos por un ϕ de 34 mm en un segundo tanteo que, como veremos, resultará acertado

TRAMO	CAUDAL l/h	ϕ mm	V m/ seg	J mm c.a./m	L ₁ m	L ₂ m	L L ₁ +L ₂ m	J X L mm.c.a
CB	793	34	0,24	2,3	2,50	2 x 1,41=2,82  = 5,75	8,57	25,46
BA (CALDE RA)	793	20	0,66	30	-	6,86	6,86	205,80
AD	793	34	0,24	2,3	2,50	2 x 1,41=2,82  = 5,75	8,57	25,46
$\Sigma = 256,72$ mm.c.a.								

Notas-

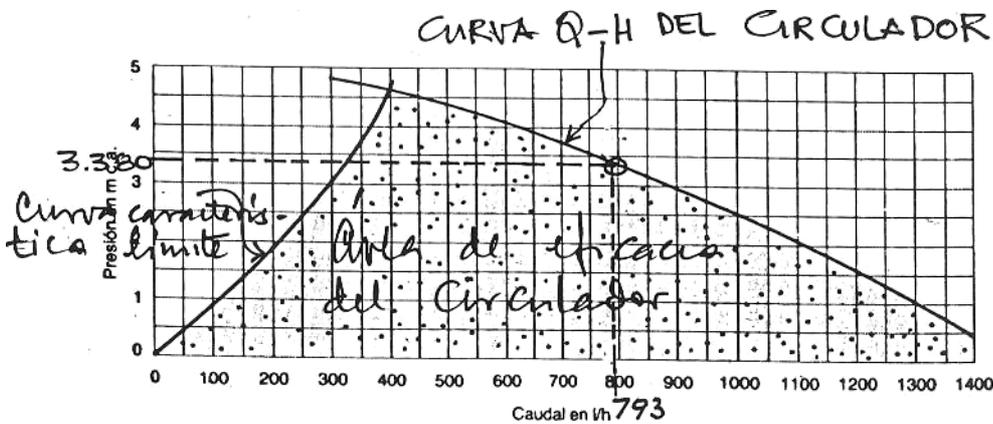
- 1. Se ha tomado L_2 de la caldera para ϕ 20, ya que sus bocas o conexiones son de ϕ 18.
- 2. Las pérdidas por T de paso no se consideran por irrelevantes.

VII.23 Circulador.

De los dos circuitos consideraremos el de mayor pérdida de carga y a ella le sumaremos la obtenida para los tramos comunes.

$$R = 3.124 + 256,7 = 3.380,72 \text{ mm.c.a.} = 3.380 \text{ m.c.a.}$$

Veamos ahora la suficiencia o no del circulador incorporado a la caldera.



Como puede verse el punto de funcionamiento de la instalación cae, prácticamente, sobre la curva característica del circulador. La instalación se considera ajustada hidráulicamente.