

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

FONTANERÍA

TEMA II.

**CONCEPTOS FÍSICOS BÁSICOS. CORRECCIÓN PARA
CONDICIONES REALES. PÉRDIDAS DE CARGA Y APLICACIÓN
EN EL CÁLCULO DE REDES.**

MANUEL ROCA SUAREZ
JUAN CARRATALA FUENTES
JAVIER SOLIS ROBAINA

FONTANERIA

TEMA II.

CONCEPTOS FÍSICOS BÁSICOS. CORRECCIÓN PARA CONDICIONES REALES. PÉRDIDAS DE CARGA Y APLICACIÓN EN EL CÁLCULO DE REDES.

INDICE

II.1 TEOREMA DE BERNOULLI.

II.2 EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL TEOREMA DE BERNOULLI.

II.2.1. Velocidad y caudal de salida por un orificio.

II.2.2. Coeficiente de contracción de una vena líquida.

II.3 APLICACIÓN EN LA PRÁCTICA DEL TEOREMA DE BERNOULLI Y DEL CONCEPTOS DE RESISTENCIAS.

II.3.1. Resistencias.

II.3.2. Pérdida de carga en sección constantes.

II.3.3. Pérdida de carga por cambio de sección.

II.3.4. Teorema de Bernoulli corregido.

II.3.4.1 Suministros mediante presión en la red.

II.3.4.2 Suministros mediante depósito elevado.

II.4 CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA.

II.4.1. Fórmula Básica $j=f(v^2/2g)$.

II.4.2. Fórmula Clásica.- Davey y Flaumant.

II.4.3. Determinación de las nuevas formulaciones de j.

II.4.3.1.Nuevos conceptos.- Régimen laminar y régimen turbulento.

II.4.3.2.Fórmula polinómica de Collebrock.

II.4.3.3.Hazen- William.

II.5 CÁLCULO DE LAS REDES. PROCESO Y EJEMPLOS.

II.5.1 Planteamiento inicial.

II.5.2 Procedimientos. Método de las velocidades y método de las presiones.

II.5.3 Valores de referencia para las velocidades y las presiones del agua.

II.5.4 Ejemplos.

II.5.5 Tablas y ábacos.

FONTANERIA

TEMA II. CONCEPTOS FÍSICOS BÁSICOS. CORRECCIÓN PARA CONDICIONES REALES. PÉRDIDAS DE CARGA Y APLICACIÓN EN EL CÁLCULO DE REDES.

II.1 TEOREMA DE BERNOULLI.

- Enunciado:

En el seno de un líquido perfecto en movimiento ocurre para cualquiera de sus partículas que la altura piezométrica más la altura cinética más la altura geométrica - y que se denomina Carga Total (H_t) - es constante. (fig. 1)

$$H_t = \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + Z = K$$

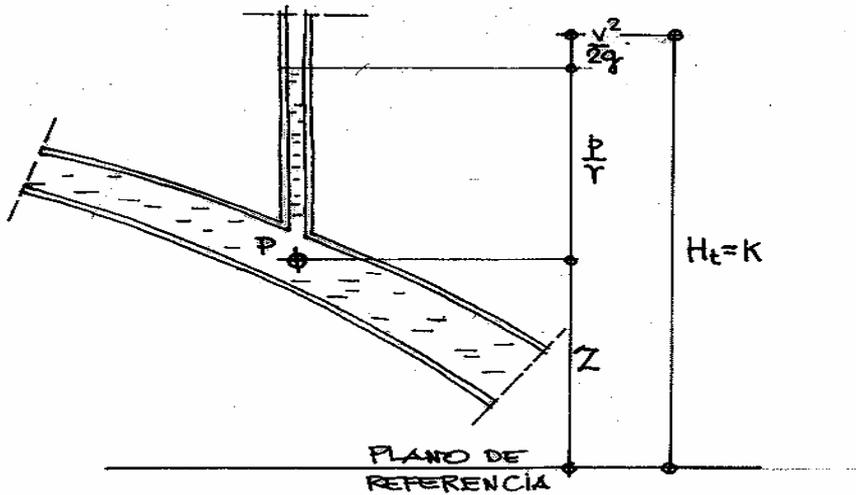


FIG.1

II.2 EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL TEOREMA DE BERNOULLI.

II.2.1 Velocidad y caudal de salida de un líquido por un orificio.

Sea un gran recipiente de paredes muy delgadas. (fig. 2)

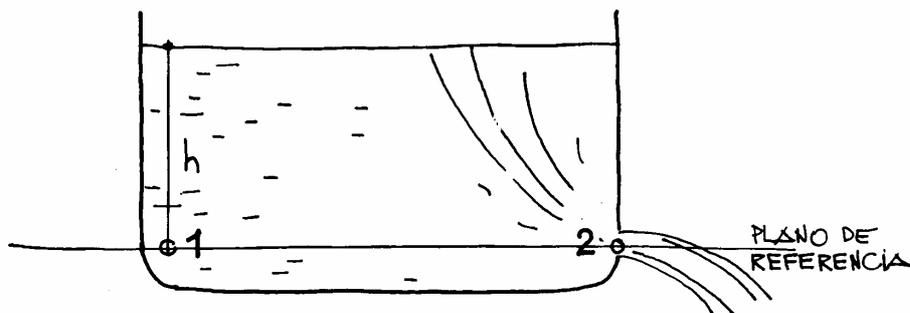


FIG.2

Tomemos el plano de referencia pasando por el centro del orificio de salida.

En el punto 1, suficientemente alejado para que se le pueda considerar en reposo, podemos escribir

$$H_t = 0 + h + 0$$

El punto 2 - por la delgadez de las paredes del depósito - carece de altura piezométrica; luego

$$H_t = 0 + 0 + \frac{v^2}{2g}$$

Igualando ambas expresiones

$$h = \frac{v^2}{2g}, \text{ de donde } v = \sqrt{2gh}$$

que es la velocidad de salida de un líquido en un depósito de paredes delgadas.

El caudal de salida será:

$$Q = S.v = S \times \sqrt{2gh}$$

II.2.2 Coeficiente de contracción de una vena líquida.

Si en el orificio anterior aplicamos un corto conducto horizontal se producirán contra sus paredes presiones, o, lo que es lo mismo, altura piezométrica, por lo que, según el T. de Bernoulli, la altura cinética tendrá que disminuir:

$$0 + 0 + \frac{v^2}{2g} = 0 + h_p + \frac{v'^2}{2g}, \quad (v' < v).$$

Como $v = \sqrt{2gh}$ $v' = \varphi \sqrt{2gh}$, siendo $\varphi < 1$

La aplicación de un conducto al orificio representa lo mismo que considerar el grueso de las paredes del depósito (fig. 3).

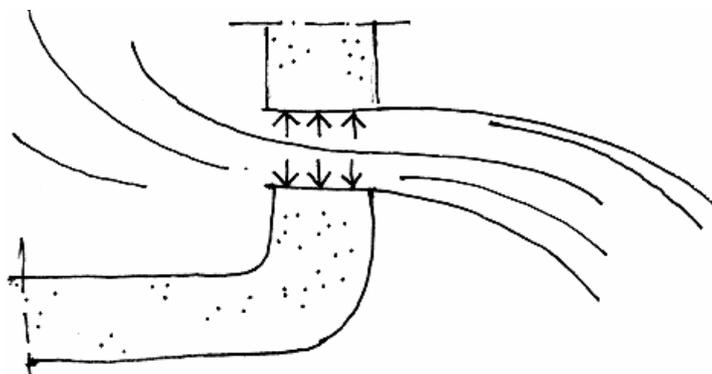


FIG. 3

A φ se le denomina coeficiente de contracción de la vena a la salida de un depósito y depende fundamentalmente del grueso de las paredes. En saneamiento vimos que en un lavabo normal se tomaba un valor de $\varphi \approx 0,6$.

II.2.3 Cálculo de alturas piezométricas y cinéticas de una vena líquida.

Sea la fig. 6 que representa un conducto conectado a un depósito. Calculemos las h_p y h_c de los puntos A, B y C, prescindiendo de los efectos del rozamiento.

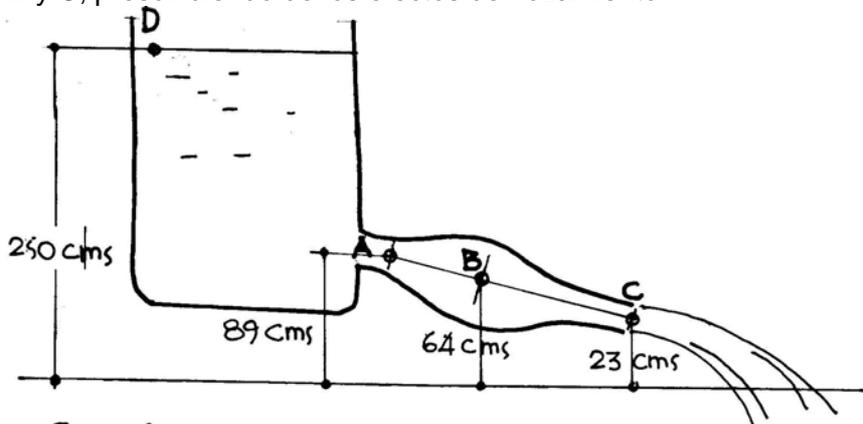


FIG.4

Sección en A = 9 cm^2
 Sección en B = 27 cm^2
 Sección en C = $6,1 \text{ cm}^2$

Calculemos primero el caudal que sale por C:

Considerando el punto D en reposo y el punto C sin altura piezométrica e igualando las alturas totales de ambos puntos podemos escribir:

$$0 + 0 + 250 = 0 + \frac{V^2}{2g (= 1.960)} + 23$$

de dónde $V = 667 \text{ cm/seg}$, con lo que:

$$Q = 6.1 \times 667 = 4068.7 \text{ cm}^3/\text{seg}.$$

Teniendo en cuenta la constancia del caudal hallaremos también las velocidades en los puntos A y B y obtendremos así las h_c de todos los puntos. Las alturas piezométricas se obtendrán por diferencias:

PUNTO A

$$\begin{cases} h_p = 56,8 \text{ cm} \\ h_c = 104,2 \text{ "} \\ h_g = \underline{89,0 \text{ "}} \\ H_t = 250 \text{ cm} \end{cases}$$

PUNTO B

$$\begin{cases} h_p = 174,6 \text{ cm} \\ h_c = 11,4 \text{ "} \\ h_g = \underline{64,0 \text{ "}} \\ H_t = 250 \text{ cm} \end{cases}$$

PUNTO C

$$\begin{cases} h_p = 0 \text{ cm} \\ h_c = 227 \text{ "} \\ h_g = \underline{23 \text{ "}} \\ H_t = 250 \text{ cm} \end{cases}$$

Representando gráficamente la solución tendremos (fig. 5)

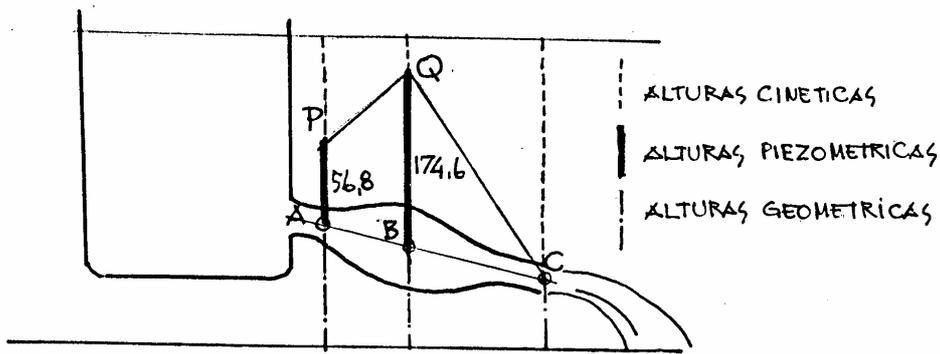


FIG.5

A la línea P Q C se la denomina línea piezométrica.

II.3 APLICACIÓN EN LA PRÁCTICA DEL TEOREMA DE BERNOULLI Y DEL CONCEPTOS DE RESISTENCIAS.

Sea el tramo de instalación representado en la fig. 6

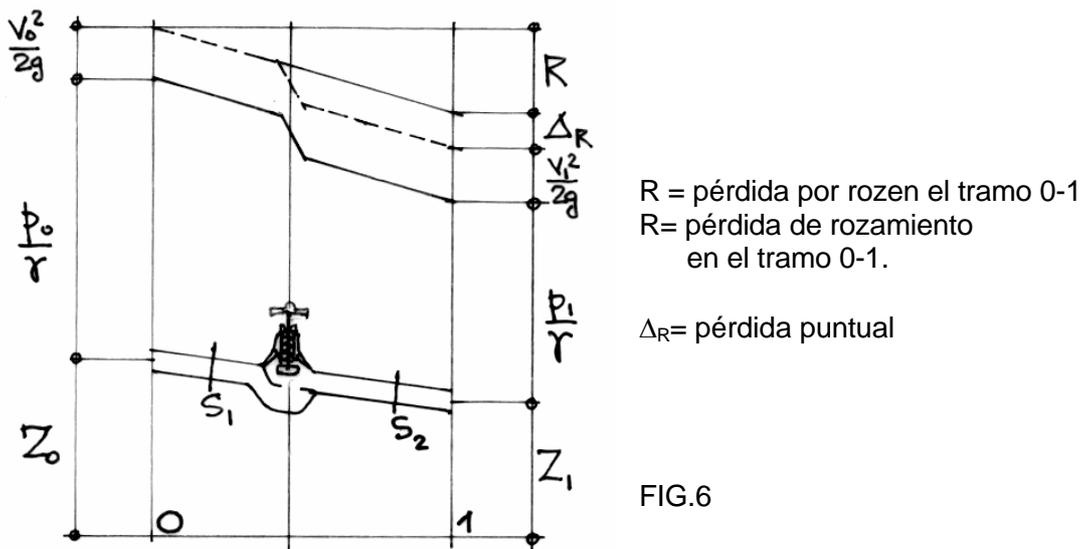


FIG.6

Debido tanto al rozamiento continuo como a la pérdida puntual.

$$Z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} = Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + R + \Delta_R$$

En los problemas de fontanería salvo grandes velocidades - que no se dan en la fontanería edificatoria - los términos $\frac{V^2}{2g}$ son irrelevantes frente a Z y a $\frac{p}{\gamma}$, por lo que, suponiendo la

existencia de más de un tramo y resistencia, podemos escribir en la práctica:

$$Z_0 + \frac{p_0}{\gamma} = Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \sum (R + \Delta_R)$$

II.3.3. Pérdida de carga por cambio de sección.

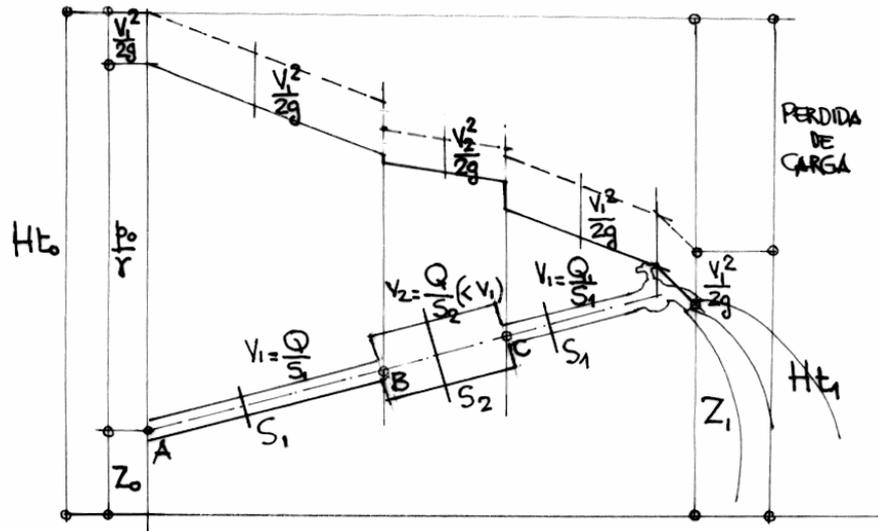


FIG.8

En el tramo BC disminuye la velocidad y, por tanto, la altura cinética; consecuentemente con el teorema, la altura piezométrica experimentará en B un crecimiento a pesar de la pérdida puntual en dicho punto. No obstante, salvo que la zona de mayor sección tenga cierta longitud, la pérdida de carga es mayor que si no hubiera ensanchamiento debido a la pérdida puntual en C.

II.3.4. Teorema de Bernoulli corregido.

II.3.4.1 Suministros mediante presión en la red (fig.9).

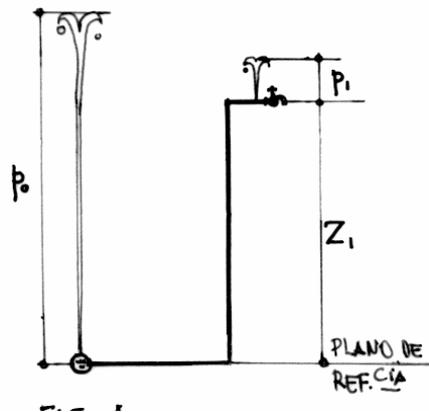


FIG.9

Z_0 = altura de la red sobre el plano de referencia (=0)

p_0 = presión de la red

Z_1 = altura del grifo que se considere sobre el plano de referencia

p_1 = presión pedida para el grifo.

$$\text{De [1], } 0 + p_0 = Z_1 + p_1 + \sum (R + \Delta_R), \text{ o sea}$$

$$p_1 = p_0 - Z_1 - \sum (R + \Delta_R)$$

II.3.4.2 Suministros mediante depósito elevado (fig.10).

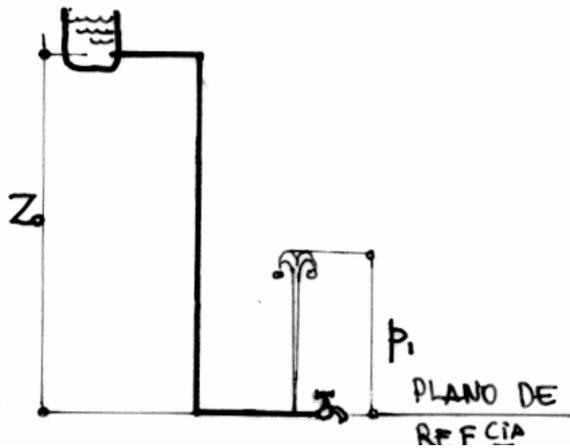


FIG.10

Z_0 = altura de agua del depósito (en situación de agotamiento) sobre el plano de referencia.

p_0 = presión a la salida del depósito (= 0)

Z_1 = altura del grifo que se considere sobre el plano de referencia

p_1 = presión pedida para el grifo.

De [1], $Z_0 + 0 = 0 + p_1 + \sum (R + \Delta R)$, ó sea

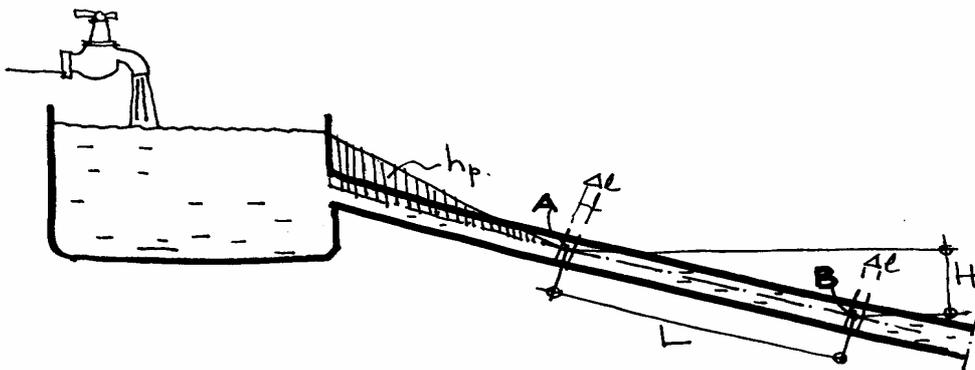
$$p_1 = Z_0 - \sum (R + \Delta R)$$

Como p_0 en el caso A) y Z_0 en el caso B) son datos de partida, los cálculos hidráulicos se concretan en cuidar que $\sum (R + \Delta R)$ no sobrepase un cierto límite para que p_1 sea la adecuada.

II.4 CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA.

II.4.1. Fórmula Básica $j=f(v^2/2g)$.

Sea la figura que a continuación se representa, en la que "A" designa el punto dónde, por rozamiento, se anula la altura piezométrica de una vena de agua de sección circular. En dicha figura situamos el "plano de referencia" pasando por un punto cualquiera, "B", situado en cota inferior a la del punto "A".



Por el principio de continuidad de la vena líquida sabemos que el agua se traslada de A a B a sección llena y a velocidad constante. Imaginemos entonces una cierta rodaja diferencial, de masa “m”, que se traslada entre dichos puntos; por el principio de conservación de la energía podemos escribir:

$$mgH + \frac{1}{2} mv^2 = 0 + \frac{1}{2} mv^2 + R, \quad \text{ó sea,} \quad mgH = R \quad [1]$$

dónde R representa la pérdida de energía producida por el rozamiento de la rodaja diferencial, rozamiento que será directamente proporcional a la longitud recorrida L, a la altura H ($= v^2/2g$), e inversamente proporcional al diámetro D del tubo.

Por otra parte en el caso del agua, $mg (= p) = \pi D^2/4 \times \Delta l$, por lo que [1] puede escribirse de la siguiente manera

$$\pi D^2/4 \Delta l H = \gamma v^2/2g L/D$$

Llamando λ a $4\gamma/\Delta l$, y siendo $J = H/L$ podemos escribir

$$J = \lambda \frac{v^2}{2gD} \quad [2]$$

dónde,
 J = pérdida de carga o altura por m.l. de tubería en m.c.a.
 v = velocidad circulante del agua en m/seg.
 g = aceleración de la gravedad en m/seg²
 D = diámetro del tubo en m

Y en la que λ (adimensional) es llamado coeficiente de rozamiento del material del tubo

Expresión general de la pérdida de carga por unidad de longitud de los conductos circulares trabajando a sección llena.

Cuando los conductos no son circulares o no trabajan a sección llena los planteamientos descritos son trasladables, sustituyendo el diámetro D por el “radio hidráulico” que, como sabemos, expresa la relación entre la sección ocupada y el perímetro mojado (y que, en el caso anterior sería $R = D/4$). Vemos, pues, que [2] expresa, bien la carga que motiva el movimiento de los líquidos en los canales cuando está contenida en fórmulas del formato $v = f(\sqrt{RJ})$, o bien expresa la pérdida unitaria de carga en tubos a sección llena cuando viene en el formato inverso $J = f(v^2 D)$, como es el caso, o bien, $J = f(v^2 R)$, genéricamente, siendo R el radio hidráulico.

II.4.2. Fórmula Clásica.- Darcy y Flaumant.

Veamos algunas formulaciones experimentales de las expresiones genéricas anteriores.

La expresión [2] puede también formularse con otro coeficiente adimensional “b” llamado de frotamiento, de valor $b = \lambda / 8g$, con lo que puede escribirse

$$\lambda = 8gb$$

$$J = \frac{8gbv}{2gD} = \frac{4bv}{D}$$

$$J = 4b v^2/D \quad [3]$$

DARCY (1.857) da a "b" la expresión polinómica

$$b = \alpha + \frac{\beta}{D}$$

siendo α y β constantes del material utilizado para la tubería.

Así pues [3] adopta la forma

$$J = \left(\alpha + \frac{\beta}{D} \right) \frac{4 v^2}{D} \quad [4]$$

siendo, J = pérdida de carga por m.l. de tubería en m.c.a.
 v = velocidad media circulante en m/seg
 D = diámetro de la tubería en metros

y α y β = constantes del material de la tubería

VALORES DE α Y β PARA TUBERIAS DE FUNDICIÓN

Tuberías nuevas	$\alpha = 2,535 \times 10^{-4}$ $\beta = 6,47 \times 10^{-6}$
Tuberías usadas	$\alpha = 5,07 \times 10^{-4}$ $\beta = 1,294 \times 10^{-5}$

La fórmula anterior se ha mostrado muy exacta para tuberías de $\phi > 50$ mm, especialmente de fundición, y su utilización está respaldada por la normativa francesa en la distribución de agua a los municipios rurales.

FLAMANT (1.891) formula "b" de la siguiente manera

$$b = \frac{\alpha}{(Dv)^{1/4}}$$

con lo que

$$J = 4 \alpha \frac{v^2}{D^{5/4} v^{1/4}} = 4 \alpha \frac{v^{8/4 - 1/4}}{D^{5/4}}$$

llamando m al producto 4α tenemos

$$J = m \frac{v^{7/4}}{D^{5/4}} \quad [5]$$

siendo,

J = pérdida de carga por ml de tubería en m.c.a.
 v = velocidad media circulante en m/seg
 D = diámetro de la tubería en metros
 m = constante del material de la tubería

VALORES DE m PARA TUBERIAS NUEVAS

Fundición	740 x 10 ⁻⁶
Acero	700 x 10 ⁻⁶
Cobre	570 x 10 ⁻⁶
PVC	560 x 10 ⁻⁶
Material idealmente liso	509 x 10 ⁻⁶

La fórmula de Flamant da valores bastante exactos para tuberías de $\phi < 50$ mm., y es la adoptada por la Norma Francesa P.41. 201-202 para la distribución en los edificios.

Muy utilizada tradicionalmente en canales abiertos y que modernas experiencias han mostrado como de resultados muy satisfactorios en su aplicación a las tuberías de PVC y PE, es la fórmula de MANNING.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} J^{1/2} \quad [6]$$

en las que “n” adopta los siguientes valores, según el material.

MATERIAL DEL CONDUCTO

LADRILLO	0,017 – 0,030
HORMIGÓN Y FUNDICION	0,013 – 0,017
AMIANTO CEMENTO	0,011 – 0,017
PVC Y PE	0,006 – 0,008

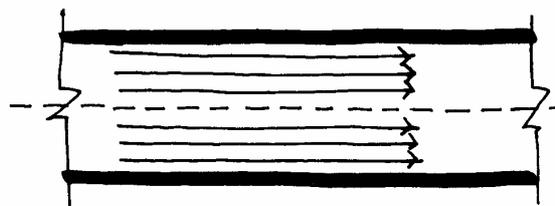
y en la que R representa siempre el Radio hidráulico.

II.4.3. Determinación de las nuevas formulaciones de j.

$$J = \lambda \frac{v^2}{2gD}$$

II.4.3.1. Nuevos conceptos.- Régimen laminar y régimen turbulento.

A) Régimen laminar (fig. 11).



Se dice que una vena de fluido dentro de un conducto adopta un régimen laminar cuando sus partículas, correspondiente a distintos puntos de una sección, adoptan movimientos lineales y constantes aunque decrecientes desde el eje hasta las paredes.

B) Régimen turbulento (fig.12)

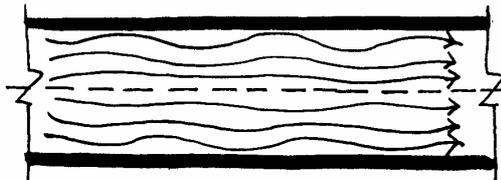


FIG. 12

Se dice que la vena de fluido adopta un régimen turbulento cuando las partículas no se mantienen lineales produciéndose, por tanto, componentes de dirección radial. También en este caso el conjunto de velocidades es decreciente desde el eje hasta las paredes.

Para la cuantificación del fenómeno se utiliza un número abstracto, llamado de Reynolds (R_e), establecido experimentalmente:

$$R_e = \frac{vD}{\nu} \quad [7]$$

siendo,

R_e = adimensional

v = velocidad media circulante en m/seg

D = diámetro del tubo en m

ν = coeficiente de viscosidad cinemática del fluido (variable con su temperatura) en m^2/seg

Evidentemente, y para un mismo fluido y diámetro, el factor determinante del valor de R_e es la velocidad de circulación

El régimen laminar corresponde a valores de $R_e \leq 2.000$

El régimen turbulento corresponde a valores de $R_e > 40.000$

El régimen de transición corresponde a valores : $2.000 < R_e < 40.000$

Rugosidad relativa.

Complementariamente, la consideración de R_e obliga a tomar en cuenta los obstáculos que encuentra el fluido en su camino.

Llamaremos rugosidad absoluta (K) a la altura máxima de las asperezas del conductor, medida en mm.

Más usada es la denominada rugosidad relativa (k), que responde a la expresión, también en mm.

$$k = \frac{K}{D} \quad [8]$$

siendo, D = diámetro del conducto

VALOR DE K PARA TUBERIAS COMERCIALES

MATERIAL	K (mm)
Cobre y polietileno (PE)	0 á 0,0015
Policloruro de vinilo (PVC)	0 á 0,010
Hierro galvanizado	0,15
Fundición nueva	0,5 á 1,0
Fundición en servicio	1,5 á 3,0

II.4.3.2. Fórmula polinómica de Colebrook.

Retomando la fórmula general de pérdida de carga en el movimiento de un líquido en una tubería,

$$J = \lambda \frac{v^2}{2gD}$$

el coeficiente de rozamiento λ puede considerarse como función de dos componentes

a) del número de Reynolds (R_e)

b) de la rugosidad relativa ($\frac{K}{D}$)

COLEBROOK estableció (1939) el valor de λ en la siguiente fórmula general

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left[\frac{K}{3,71 D} + \frac{2,51}{R_e \sqrt{\lambda}} \right] \quad [9]$$

sobre la que hay que hacer las siguientes consideraciones:

A) En régimen laminar puro es escasa la influencia del componente b) expresado más arriba, puesto que las asperezas son envueltas por un movimiento ordenado pudiéndose, por tanto, prescindir del primer sumando de [9]. POISEUILLE calculó λ en función solo del número de Reynolds, dando la expresión

$$\lambda = \frac{64}{R_e}, \text{ con lo que } J = \frac{32 v^2}{R_e gD}$$

Los valores resultantes para J así hallados no difirieron sensiblemente de los obtenidos por las fórmulas clásicas que mantienen, a nuestros efectos, toda su vigencia.

B) En el caso de régimen turbulento, puro, cuando se alcanza un valor de R_e muy elevado, el segundo sumando de [9] tiende a cero, quedando la expresión:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \frac{k}{3,71 D}$$

C) Sin embargo en régimen laminar de transición influyen simultáneamente a) y b), por lo que se habrá de estar a los valores de λ definidos por [9]. Suele ser el caso de las tuberías de plástico (PE, PE-R, PB), donde son de uso velocidades mayores que las normales en conductos metálicos.

La fórmula más conocida y utilizada en ábacos para plásticos, hallada en base a Colebrook, es la de NIKURADSE donde

$$\lambda = 0,0032 + 0,22 \frac{1}{R_e^{0,327}}$$

II.5 CÁLCULO DE LAS REDES. PROCESO Y EJEMPLOS.

II.5.1 Planteamiento inicial.

Los cálculos hidráulicos tendentes a garantizar el adecuado servicio a un edificio se concreta en los siguientes objetivos, según los casos:

Caso A) Suministro con una presión inicial dada, bien sea de la red municipal o de un depósito elevado del propio edificio. Objetivos:

Establecer los diámetros adecuados para garantizar en cada tramo de la red el caudal punta Q_p estimado

$$Q = v \frac{\pi D^2}{4}$$

Procurar que las pérdidas de cargas que se originen en dichos tramos no impidan la presencia de una presión remanente aceptable en todos los grifos de la instalación.

Recordemos que este último propósito con las siguientes expresiones:

$$p_1 = Z_0 - \sum (R + \Delta_R), \text{ para suministro desde depósito}$$

$$p_1 = p_0 - Z_1 - \sum (R + \Delta_R), \text{ para suministro desde la red}$$

en las que p_1 , en nuestro caso, ha de ser la presión de servicio de los grifos (p_s) de las que se deduce la necesidad de que $\sum (R + \Delta_R)$ no sobrepase un cierto límite.

Caso B) Suministro mediante hidrocompresor.

Establecer, igualmente, los diámetros adecuados para garantizar en cada tramo el caudal punta estimado, cuidando que las velocidades no sean excesivas.

Calcular las pérdidas de carga ($R + \Delta_R$) que se originen a fin de dotar a la instalación de un hidrocompresor tal que su presión mínima, p_0 , sea, al menos

$$p_0 = Z_1 + p_1 + \sum (R + \Delta_R)$$

II.5.2 Procedimientos. Método de las velocidades y método de las presiones.

Teniendo en cuenta la nomenclatura adoptada, dónde

- (*) D = diámetro de los conductos
- Q = caudal necesario
- (*) v = velocidad media de circulación
- (*) J = pérdida de carga por m.l. de conducto

hemos llegado a formulaciones del tipo

$$J = f(v, D)$$

que unida a la consabida

$$Q = v \frac{\pi D^2}{4}$$

nos daría dos ecuaciones para despejar las 3 incógnitas marcadas con (*). lo que nos obligaría, en cualquier caso, a emprender cálculos de tanteo o aproximaciones.

En la práctica las tres variables se relacionan con el caudal punta necesario en cada tramo mediante tablas ó ábacos que se utilizarán con una u otra estrategia, según se trate del caso A) ó B) del apartado anterior: En el primer caso habrá que cuidar sobre todo que no se vayan acumulando excesivas pérdidas de carga (procedimiento o método de las presiones); en el segundo, además, que no se produzcan velocidades no recomendables (procedimiento ó método de las velocidades).

Partiendo de los ábacos de cálculo que se adjuntan a este tema, desarrollaremos algunos ejemplos de cálculo que obviarán farragosas explicaciones.

Se aportan asimismo tablas y gráficos para la obtención de las resistencias puntuales, bien convertidas en su equivalente de metros de tubería (L_2) o bien como valores propios (ΔR), conforme exponíamos en el tema anterior.

Tanto al utilizar el método de las velocidades como el de las presiones, ha de tenerse en cuenta que la velocidad del agua en las tuberías ha de estar comprendida entre unos determinados límites. Así no interesan velocidades inferiores a 0,5 m/seg., pues pueden producir sedimentos e incrustaciones perjudiciales. Por otra parte las velocidades excesivas conducen a:

- Ruidos, con las consiguientes molestias para los moradores.
- Grandes rozamientos que ocasionan el desgaste prematuro de las tuberías, sobre todo cuando existe arenillas en suspensión.
- Desprendimiento de las capas protectoras en las tuberías de hierro galvanizado.
- Golpes de ariete (energía cinética convertida súbitamente en presión excedente al cerrar bruscamente un grifo), cuyas secuelas pueden ser tanto las averías mecánicas en válvulas y griferías como trepidaciones en el trazado con efectos en la sujeción de la tubería a la obra.

La fig.13 establece las velocidades máximas aconsejables según el diámetro – de las tuberías de hierro y cobre, que cabe extender a las de cloruro de polivinilo (PVC).

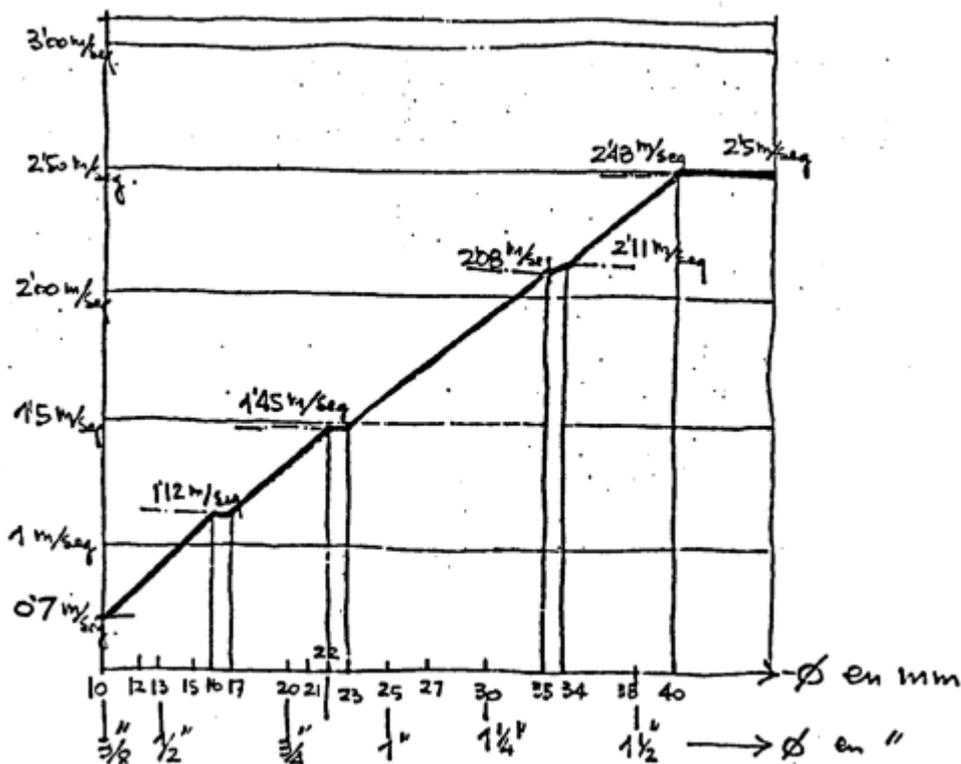


FIG.13

La introducción en el mercado de tuberías de plástico flexibles y de paredes gruesas, tales como las de polietileno (P.E) y polibutileno (PB) con nuevos sistemas de fijación, mitigan algunos de los problemas señalados, tales que los ruidos y la posibilidad de golpes de ariete. Si bien es un tema todavía poco contrastado pueden tomarse - con las debidas cautelas - los límites de velocidades que para sus productos reseñan las casas comerciales.

II.5.3 Valores de referencia para las velocidades y las presiones del agua.

Establecidos como datos de partida los Q_p requeridos en cada tramo de la red, normalmente los cálculos hidráulicos se encaminan a lograr que la presión en todos y cada uno de los puntos de agua sea, al menos, la que señalan las tablas al uso (ver tabla en el tema I). A este fin se toma como referencia el "punto de agua más desfavorable"; si éste tiene la presión adecuada los demás la tendrán, entonces, sobrada. (En la mayoría de los casos tal punto viene a coincidir con el de la ducha del cuarto de baño más alto del edificio).

Como simplificación es bastante frecuente considerar todo un cuarto de baño e, incluso, una vivienda como "punto de agua más desfavorable" para luego mediante un cálculo complementario, cuando no simplemente "a ojo", establecer los diámetros de los ramales interiores que conducen a cada aparato. A tal efecto - y en caso de longitudes normales en los trazados interiores - cabe adoptar los siguientes requerimientos globales de presión:

- *Obligatorio.* Según el C.T.E, (Documento Básico HS Salubridad).
 - En los puntos de consumo la presión mínima debe ser:
 - a) 100 kPa para grifos comunes.
 - b) 150 kPa para fluxores y calentadores.
- *Recomendable:*

CUARTO DE BAÑO	TIPO	P (Kg/Cm ²)
	con fluxor	1,5
	sin fluxor	0,75

VIVIENDA	TIPO	P (Kg/Cm ²)
	Grande	1,2
	mediana - pequeña	1,0

NOTA._ En estos cuadros se supone que la columna abastece al baño o vivienda por su parte alta, es decir junto al forjado. Cuando la derivación se hace a nivel de piso habrá que aumentar tales presiones en 2,50 m.c.a., o sea en 0,25 kg/cm².

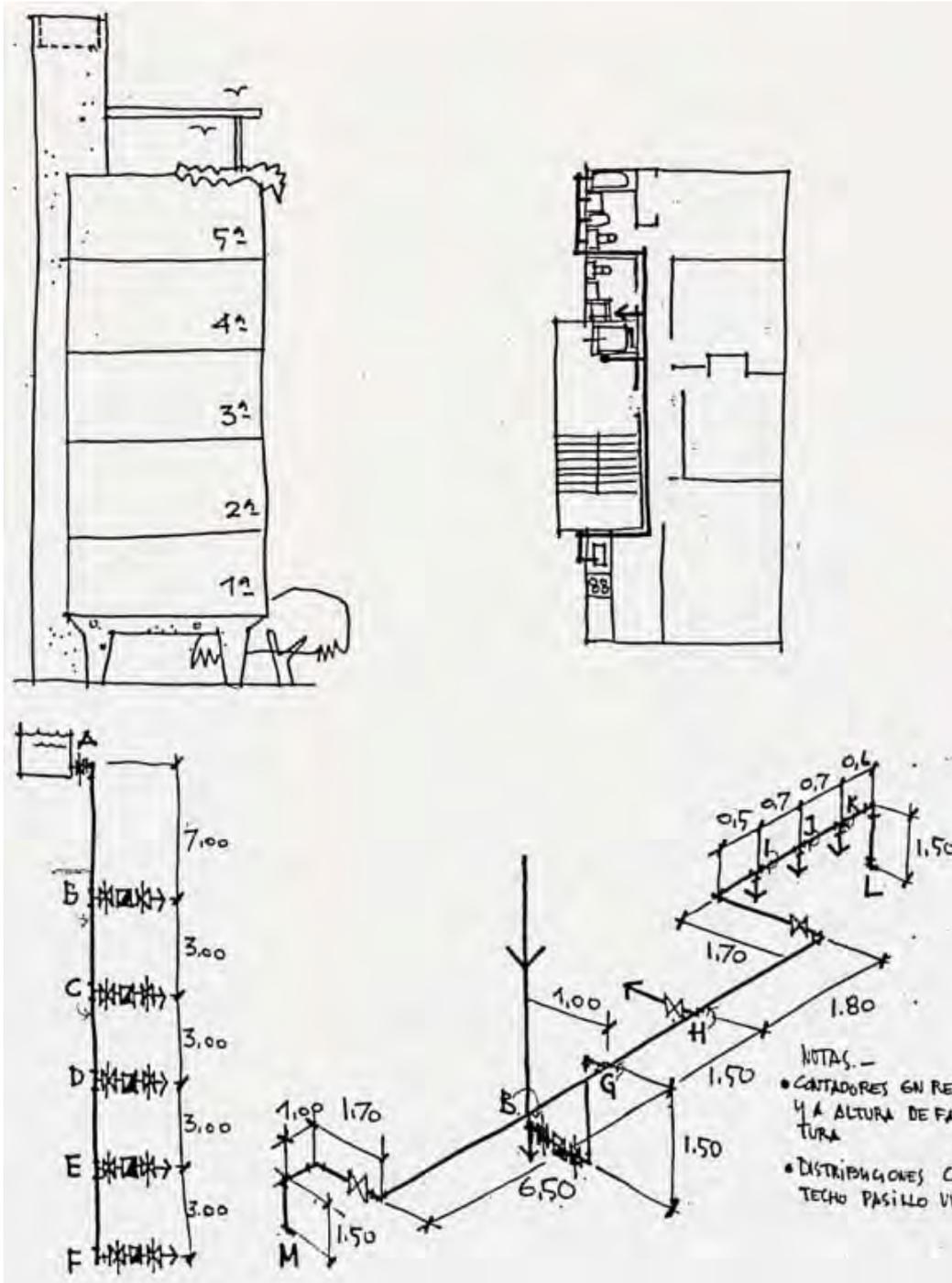
1.5.4 Ejemplos.

EJEMPLO 1._ EDIFICIO DE VIVIENDAS

MÉTODO DE LAS PRESIONES
PRESIÓN POR DEPOSITO ELEVADO
TUBERÍA DE COBRE

A) TRAZADO Y DATOS.

ESQUEMA NO AJUSTADO A NORMAS. Obligatorio contadores divisionarios.



Columna y derivación en edificio de viviendas sin fluxores.

Altura del depósito sobre la derivación : 7 ms

Pérdida de carga por contador individual: 0,50 m.c.a.

B) HIPÓTESIS DE TRABAJO.

Calcular secciones para que se cumplan en todos los casos los siguientes requerimientos de caudal y presión en los diferentes puntos de agua.

	Q(l/seg)	P(kg/cm ²)
Lavabo, bidet e inodoro	0,1	0,35
Fregadero	0,2	0,35
Bañera	0,3	0,35
Ducha	0,2	0,5

C) CAUDALES PUNTAS.

Aplicación de la fórmula $K_p = \frac{1}{\sqrt{n-1}}$ ($K_p \geq 0,20$)

TRAMO	N	Q (l/seg)	$K_p = \frac{1}{\sqrt{n-1}}$	Q _p (l/seg)
KL	1	0,3	1	0,3
JK	2	0,4	1	0,4
IJ	3	0,5	0,71	0,36 _≥ 0,4
HI	4	0,6	0,57	0,34 _≥ 0,4
GH	7	1	0,41	0,41
MG	1	0,2	1	0,2
BG	8	1,2	0,38	0,46
EF	8	1,2	0,38	0,46
DE	16	2,4	0,26	0,62
CD	24	3,6	0,21	0,76
BC	32	4,8	0,20	0,96
AB	40	6	0,20	1,20

D) METODOLOGÍA DE CALCULO.

Se evidencia que el punto de agua más desfavorable es el L con unos requerimientos Q_p =0,31/seg (bañera) y p_s = 0,5 kg/cm² (ducha). Al final de cada tramo se verificará que Z₀ - J x L = p₁. En nuestro caso en el punto L ha de ser p₁ ≥ p_s = 0,5 kg/cm² (= 5 m.c.a.). Calcularemos primero el tramo crítico A-L para, luego, completar el cálculo de la columna. Los diámetros de las derivaciones y ramales de las plantas 4^a a 1^a se pueden establecer a buen ojo.

Se cuidará que en cualquier caso v ≥ 0,5m/seg.

E) CUADROS OPERATIVOS (MONOGRAMA FLAMANT_COBRE).

TRAMO A-L

TRAMO	Q _p (l/seg)	l _i (m)	v		Ø (mm)	J (m.c.a./ml)	l ₂ (m)	L (l ₁ +l ₂)	J x L (m.c.a.)	z ₀ -JxL=p ₁ (m.c.a)
			Max.	Real						
AB	1,20	7		0,6	50	0,009	⊗ 0,40 ┌ 2,15 └ 3,05	12,60	0,11	7 - 0,11 = 6,89
BG	0,46	2,50		0,65	30	0,020	▷ 0,61 2 ⊗ 0,50 2 ┌ 2,40 └ 1,80	7,81	0,16	6,89 - 0,16 - 0,50 (contador)-1,50 = 4,73
GH	0,41	1,5		0,82	25	0,036	▷ 0,39 └ 0,40	2,29	0,08	4,73-0,08 = 4,65
HI	0,4	4	1,6	0,9	25	0,05	2 ┌ 1,80 ⊗ 7,60 └ 0,27	13,67	0,68	4,65-0,68 = 3,97
IJ	0,4	0,7	1,3	1,15	20	0,08	▷ 0,30 └ 0,25	1,25	0,10	3,97-0,10 = 3,87
JK	0,4	0,7	1,3	1,15	20	0,08	└ 0,25	0,95	0,08	3,87-0,08 = 3,79
KL	0,3	2,10	1,3	0,95	20	0,06	2 ┌ 1,50	3,60	0,22	3,79+1,50-0,22= 5,07 (>5 cumple)

TRAMO G-M

TRAMO	Q _p (l/seg)	l _i (m)	v		Ø (mm)	J (m.c.a./ml)	l ₂ (m)	L (l ₁ +l ₂)	J x L (m.c.a)	z ₀ -JxL=p ₁ (m.c.a)
			Max.	Real						
GM	0,2	10,2	1,15	1,1	15	0,12	4 ┌ 2,40 ⊗ 4,60	17,20	2,06	4,73+1,5-2,06 = 4,17 (>3,5 cumple)

Ø COLUMNA Y PRESIONES DISPONIBLES A NIVEL DE RESTANTES DERIVACIONES A PISOS:

TRAMO	Q _p (l/seg)	l _i (m)	v		Ø (mm)	J (m.c.a./ml)	l ₂ (m)	L (l ₁ +l ₂)	J x L (m.c.a)	z ₀ -JxL=p ₁ (m.c.a)
			Max.	Real						
BC	0,96	3	1,9	1,7	30	0,006	▷ 0,61 └ 0,40	4,01	0,24	6,89+3-0,24=9,65
CD	0,76	3	1,9	1,1	30	0,050	└ 0,40	3,40	0,17	9,65+3-0,17=12,48
DE	0,62	3	1,6	1,2	25	0,07	▷ 0,39 └ 0,27	3,66	0,26	12,48+3-0,26= 15,22
EF	0,46	3	1,6	0,9	25	0,05	┌ 0,90	3,90	0,19	15,22+3-0,19= 18,03

DERIVACIONES EN PLANTAS 4º A 1º (ESTIMACIÓN).

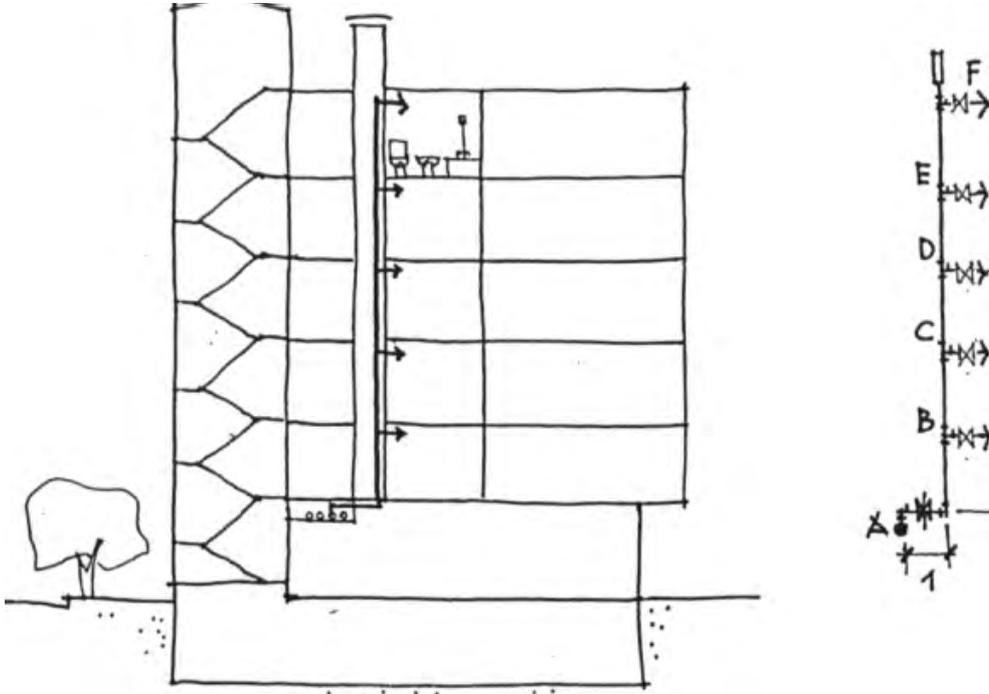
Planta 4ª	CG - Ø 30	GH - Ø 25	HL - Ø 20	GM - Ø 15
Planta 3ª	DG - Ø 25	GH - Ø 20	HL - Ø 20	GM - Ø 10
Planta 2ª	EG - Ø 25	GH - Ø 20	HL - Ø 20	GM - Ø 10
Planta 1ª	FG - Ø 20	GH - Ø 20	HL - Ø 20	GM - Ø 10

En todas las plantas los ramales a aparatos, según tablas (v. Tema I, tabla 5).

EJEMPLO 2._ HOTEL.

MÉTODO DE LAS PRESIONES
PRESIÓN EN LA RED
TUBERÍA DE HIERRO

A) TRAZADO Y DATOS.



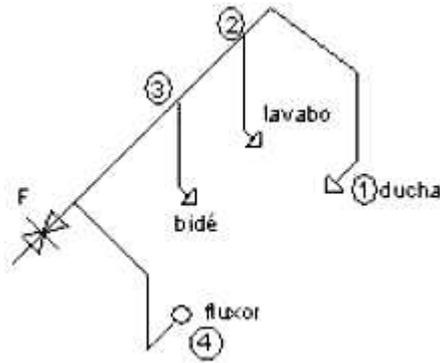
Columna en hotel que ha de suministrar a 5 baños en vertical con fluxores.
Presión de la red en el punto A, $p_0 = 3,5 \text{ kg/cm}^2$

B) HIPÓTESIS DE TRABAJO.

Calcular secciones para que en F (entrada al baño más desfavorable) haya una presión de servicio $p_s = 1,5 \text{ kg/cm}^2$

C) CAUDALES PUNTAS.

TRAMO	APARATOS(interores) (l/seg)	Q_T (l/seg)	nº grifos n	$K = \frac{1}{\sqrt{n-1}}$	Q_{C1} (l/seg)	Q_{P1} (l/seg)
1 - 2	Ducha (0.3)	0,3	1	1	0,3 →	0,3
2 - 3	Ducha + lavabo (0.1)	0,4	2	1	0,4 →	0,4
3 - F	Ducha + lavabo+bidé (0.1)	0,5	3	0,71	0,355 →	0,4
4 - F	Fluxor	2,0	1	1	2,0 →	2,00
Baño completo	TOTAL	2,5	4	0,58	1,45 →	2,00



TRAMO	Q_T (l/seg)	nº grifos	$K = \frac{1}{\sqrt{n-1}}$	Q_{C1} (l/seg)	Q_{P1} (l/seg)
EF	2,5	4	0,58	1,45 →	2,00
DE	5	8	0,38	1,90 →	2,00
CD	7,5	12	0,30	2,25 →	2,25
BC	10	16	0,26	2,60 →	2,60
AB	12,5	20	0,23	2,87 →	2,87

D) METODOLOGÍA DE CÁLCULO.

Al final de cada tramo se verifica que $p_0 - Z - JxL = p_1$

Al final del tramo EF habrá de ser $p_1 = p_s \geq 1,5 \text{ kg/cm}^2$ (= 15 m.c.a.)

Se opera en el sentido del agua con diámetros de tanteo requiriéndose corregir los mismos cuando originan pérdidas (= $J \times L$) inadecuadas por exceso o defecto.

Las velocidades solo requieren ser chequeadas.

E) CUADRO OPERATIVO (MONOGRAMA FLAMANT _ HIERRO)

TRAMO	Q_p (l/seg)	l_1 (m)	V (m/s)		\varnothing (")	J (m.c.a./ml)	l_2 (m)	L (l_1+l_2)	J x L (m.c.a)	$p_0 - (Z_0 + JxL) = p_1$ (m.c.a)
			Max.	Real						
AB	2,87	4,00	2,3	2,00	1 1/2	0,19	2 $\left\{ \begin{array}{l} 3,00 \\ 0,45 \\ 0,30 \\ 3,75 \end{array} \right.$	7,75	1,47	$35 - (3+1,47) = 30,50$
BC	2,60	3,00	2,3	1,90	1 1/2	0,16	$\left\{ \begin{array}{l} 0,45 \\ 0,45 \end{array} \right.$	3,45	0,55	$30,50 - (3+0,55) = 26,95$
CD	2,25	3,00	2,3	1,65	1 1/2	0,13	$\left\{ \begin{array}{l} 0,45 \\ 0,45 \end{array} \right.$	3,45	0,45	$26,95 - (3+0,45) = 23,50$
DE	2,00	3,00	1,90	1,90	1 1/4	0,20	$\left\{ \begin{array}{l} 0,40 \\ 0,39 \end{array} \right.$	3,79	0,76	$23,50 - (3+ 0,76) = 19,74$
EF	2,00	3,00	1,90	1,90	1 1/4	1,20	$\left\{ \begin{array}{l} 10,50 \\ 0,39 \\ 10,89 \end{array} \right.$	13,89	2,78	$19,74 - (3+ 2,78) = 13,96$

Como no se consigue obtener una presión en el punto F de 15,00 m.c.a., aumentamos los

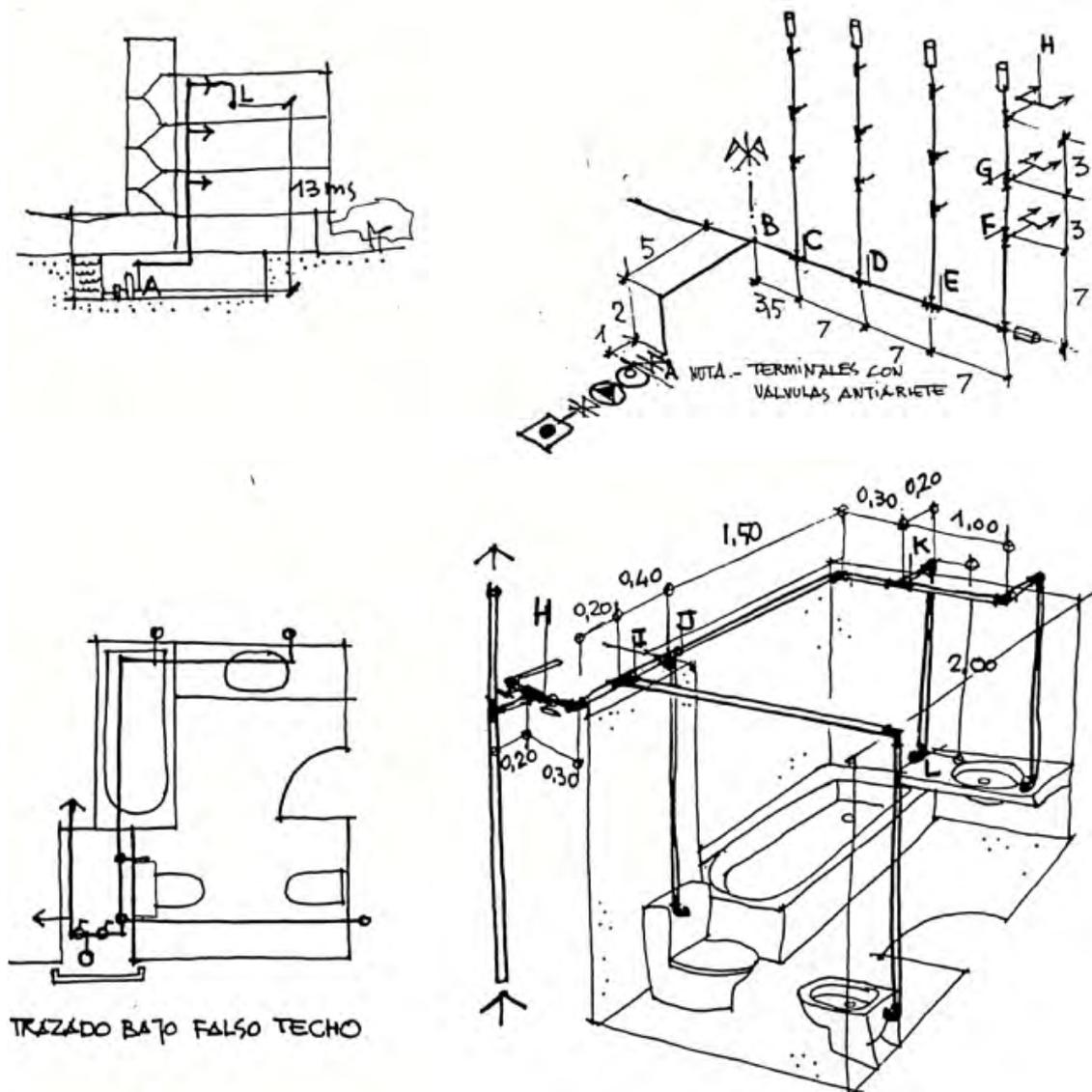
diámetros desde el punto D y dejamos el cuadro de la siguiente manera:

DE	2,00	3,00	2,3	1,55	1 1/2	0,055	0,45	3,45	0,19	$23,50 - (3 + 0,19) = 20,31$
EF	2,00	3,00	2,3	1,55	1 1/2	0,055	0,45	16,95	0,93	$20,31 - (3 + 0,93) = 16,38$ $16,38 > 15 \text{m.c.a.}$

EJEMPLO 3. HOTEL.

(EJERCICIO A RESOLVER EN CLASE)
MÉTODO DE LAS VELOCIDADES.
PRESIÓN A SUMINISTRAR POR HIDROCOMPRESOR.
TUBERÍA DE P.B.

A) TRAZADO Y DATOS.



Cálculo del distribuidor general, columnas y derivaciones a baños de clientes. Sin fluxores.

B) HIPÓTESIS DE TRABAJO.

Requerimientos de caudal y presiones de puntos de agua: igual que en ejemplo nº 1.
Asignación de secciones al trazado crítico siguiente: Distribuidor - columna más

alejada del hidro- baño última $\sum (R + \Delta R)$ resultante.

Material: Polibutileno.

Establecer la presión de trabajo mínima del hidrocompresor. Suponiendo que no se dispone de diámetros superiores a 40 mm de diámetro en Pb. Para diámetros superiores se utiliza acero galvanizado.

C) CAUDALES PUNTAS.

D) METODOLOGÍA DE CÁLCULO.

E) INCIDENCIAS.

F) CUADROS OPERATIVOS (ABACO TERRAIN_P.B Y MONOGRAMA FLAMANT_HIERRO)

EQUIVALENCIA EN MS. DE TUBO RECTO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA POR ACCESORIO.

Ø INT		CODO	CODO	T GIRO	T PASO	VALVULA	VALVULA	VALV.	REDUCCION
mm	"	90°	45°	90	RECTO	COMPUERTA	ASIENTO	ASTO. ANGULO	
10	3/8	0,30	0,20	0,45	0,10	0,06	2,45	1,20	0,12
15	1/2	0,60	0,40	0,90	0,20	0,12	4,60	2,45	0,18
20	3/4	0,75	0,45	1,20	0,25	0,15	6,10	3,65	0,22
25	1	0,90	0,55	1,50	0,27	0,20	7,60	4,60	0,30
30	1 1/4	1,20	0,80	1,80	0,40	0,25	10,50	5,50	0,39
40	1 1/2	1,50	0,90	2,15	0,45	0,30	13,50	6,70	0,50
50	2	2,15	1,20	3,05	0,60	0,40	16,50	8,50	0,61
60	2 1/2	2,45	1,50	3,65	0,75	0,50	19,50	10,50	0,74
80	3	3,05	1,80	4,60	0,90	0,60	24,50	12,20	0,87
90	3 1/2	3,65	2,15	5,50	1,10	0,70	30	15	1,00
100	4	4,25	2,45	6,40	1,20	0,80	37,50	16,50	1,15
125	5	5,20	3,05	7,60	1,50	1	42,50	21	1,50
150	6	6,10	3,65	9,15	1,80	1,20	50	24,50	2,00

EQUIVALENCIA EN MS. DE TUBO RECTO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA EN MECANISMOS Y APARATOS.

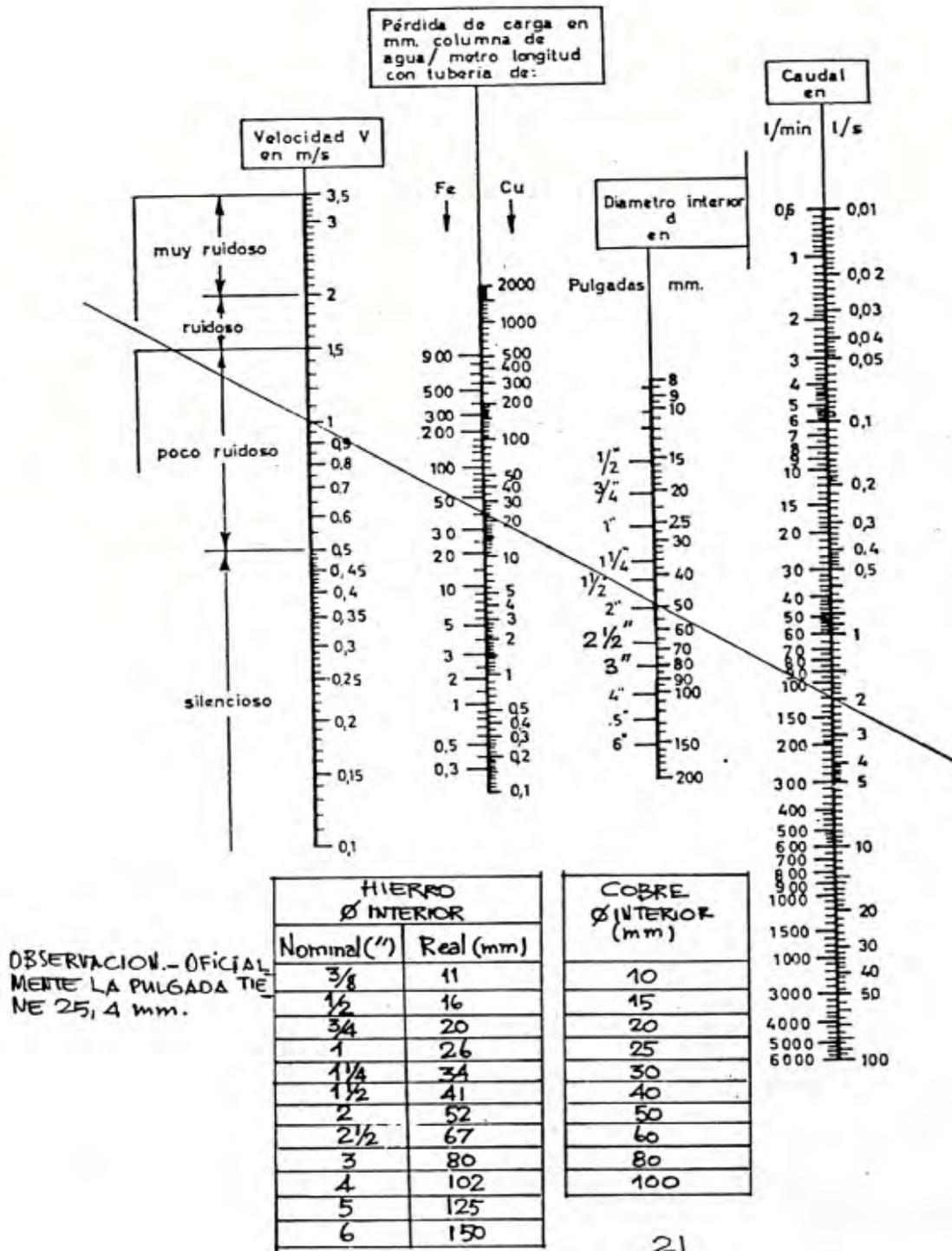
Ø INT		VALVULA	VALVULA	CALEN-	ACUMULA-	INTERCAMB.	ABLANDADOR	CONTADORES
mm	"	RET. MUELLE	RET. CLAPETA	TADOR AGUA *	DOR Y RADIADO- RES *	DE CALOR *	*	**
10	3/8	1,20	0,20		2,50			
15	1/2	1,60	0,30		3,00			
20	3/4	2	0,55	10	3,50		7	
25	1	2,50	0,75	12	4,00	2,1	12	
30	1 1/4	3	1,15	16	4,50	5		
40	1 1/2	3,50	1,50	18	5,00	12,5		
50	2	4,20	1,90	20	5,75	13,2		
60	2 1/2	5	2,65		6,50	14,2		
80	3	6	3,40		7,00	25		
100	4	8	4,85		7,50			

* Cifras orientativas. Pedir datos fabricante.

** Ver apartado correspondiente en el tema IV.

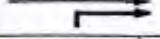
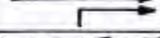
II.5.5 Tablas y ábacos.

Ábaco para el cálculo de tubos de hierro y de cobre



TABLA

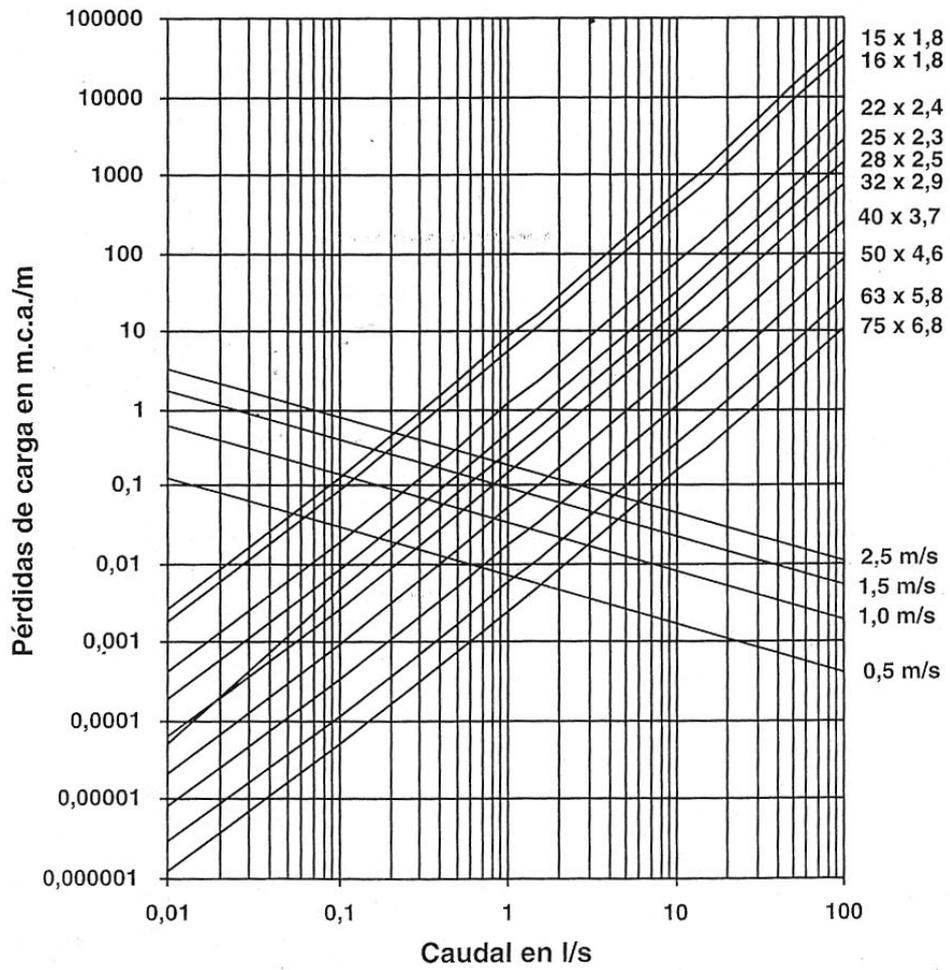
COEFICIENTE DE PERDIDAS DE CARGA LOCALIZADAS PARA ACCESORIOS TERRAIN SDP

MANGUITO RECTO	0	
DERIVACION EN S	0,5	
CURVA A 90° r/D=8	0,1	
DERIVACION EN TE	1,5	
DERIVACION EN TE	1,0	
PASO DIRECTO EN TE	0	
PASO DIRECTO EN TE	0,5	
TE CON FLUJOS OPUESTOS	3,0	
RADIADORES Y CALDERAS	2,5	

ACCESORIO	DIAMETRO				
	15	22	28	32	40
CODOS	2,0	1,5	1,0	0,8	0,5
VALVULA DE COMPUERTA	1,0	0,5	0,3	0,2	0,1
VALVULA DE ASIENTO INCLINADO	3,5	3,0	2,5	2,1	1,6
VALVULA DE PASO ANGULAR	10,0	7,0	—	—	—
VALVULA DE RADIADOR DOBLE REGLAJE P/RECTO	8,5	6,0	—	—	—
VALVULA DE RADIADOR DOBLE REGLAJE P/ESCUAD.	4,0	2,0	—	—	—
VALVULA DE RADIADOR SIMPLE REGLAJE P/RECTO	1,5	1,0	—	—	—
VALVULA DE RADIADOR SIMPLE REGLAJE P/ESCUAD.	4,0	2,0	—	—	—

10.5 ANEXO - 5.
Pérdidas de carga en tubos de PB

según Colebrook (valor $K = 0,0015$)

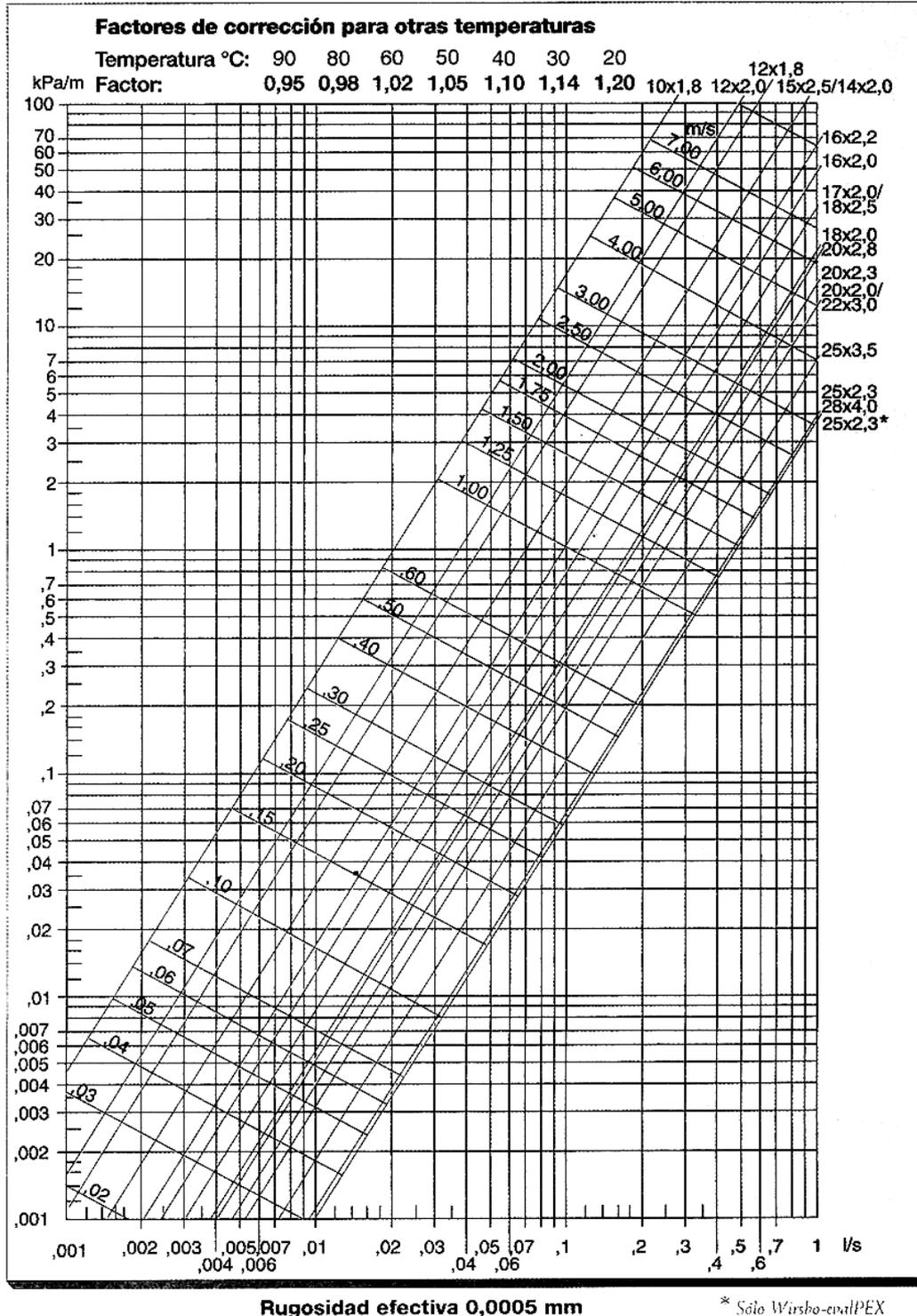


DIAGRAMAS Y TABLAS

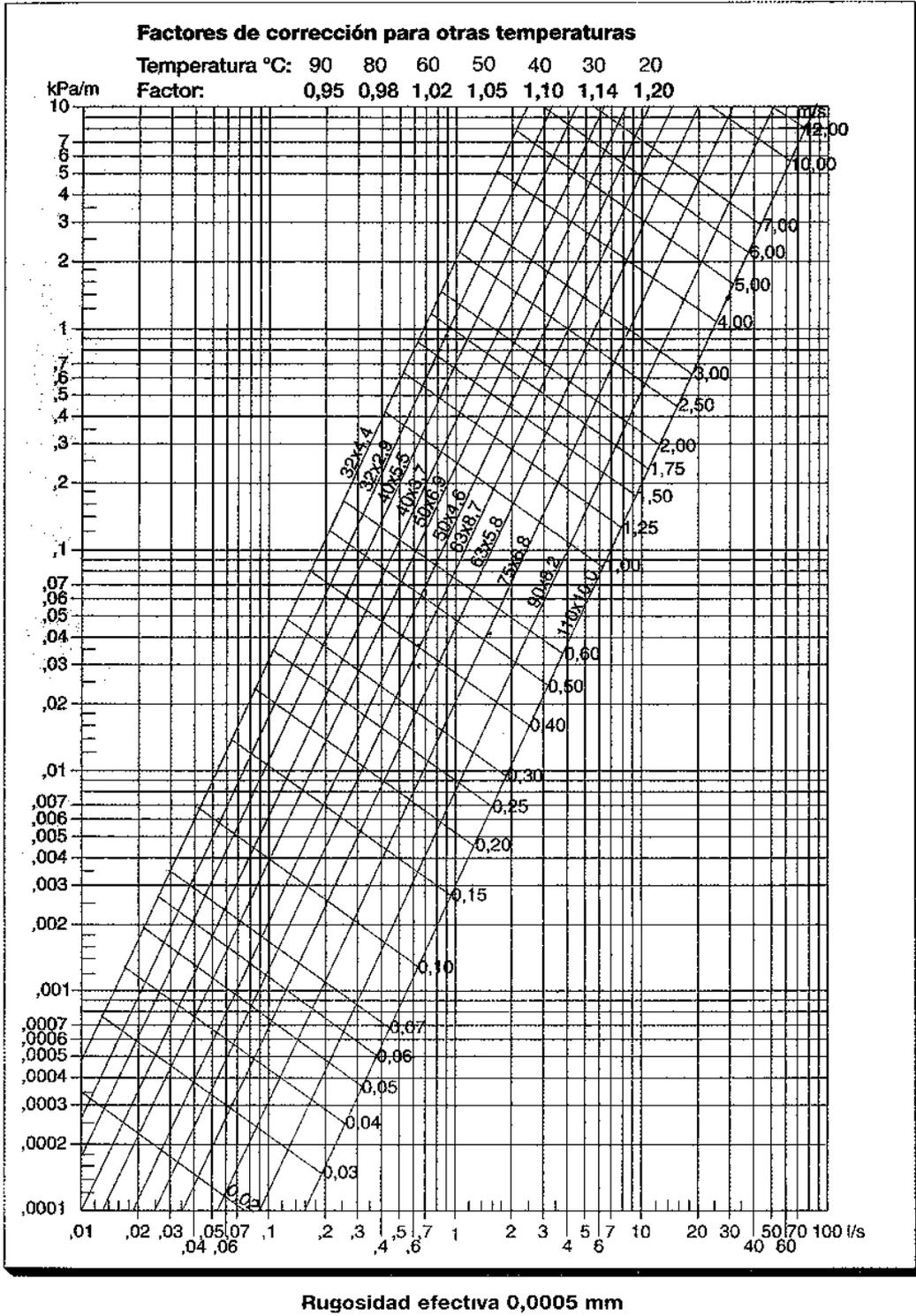
7.1.- Diagrama de caída de presión en tuberías WIRSBO PEX.

Nomograma de pérdidas de carga Wirsbo-PEX, Wirsbo-opPEX, Wirsbo-evalPEX

Temperatura del agua + 70°C

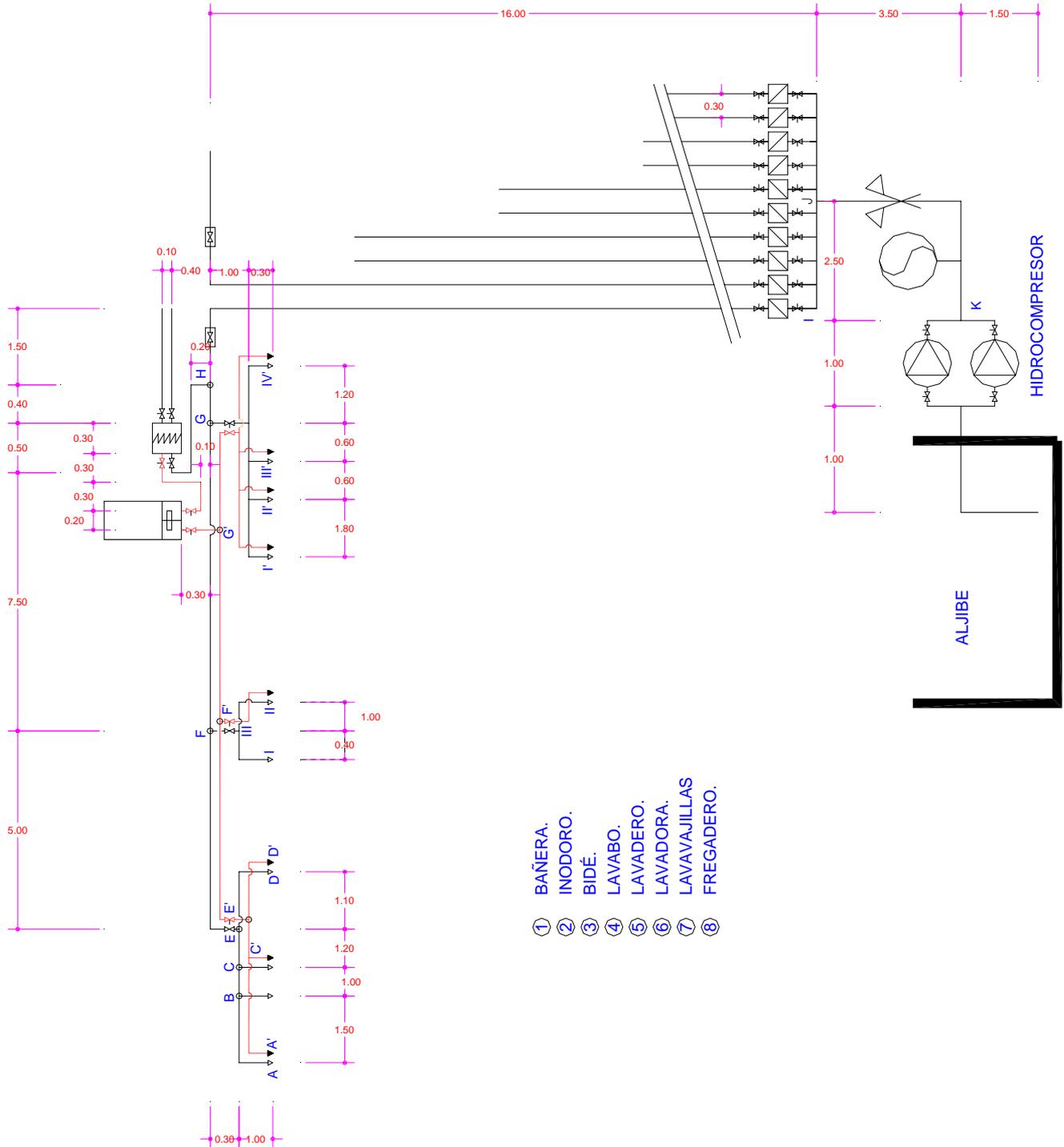


Nomograma de pérdidas de carga Wirsbo-PEX, Wirsbo-evalPEX
 Temperatura del agua + 70°C



EJEMPLO 4. EJERCICIO DE FONTANERÍA (SEGÚN C.T.E)

3.- Teniendo en cuenta el croquis adjunto, y sabiendo que se trata de un edificio de viviendas, que el material utilizado es polibutileno y que las pérdidas de carga por accesorios pueden considerarse el 30 % de las uniformemente repartidas, dimensionar la instalación de agua fría y caliente, así como calcular el volumen del calderín del hidrocompresor.



CÁLCULO DE CAUDALES / AGUA FRÍA				
TRAMO	Q _i (l/seg)	Nº	K $\frac{1}{\sqrt{n-1}}$	Q _p (l/seg)
AB	0,3	1	1	0,3
BC	0,4	2	1	0,4
CE	0,5	3	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	0,35 / 0,40
EF	0,6	4	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	0,34 / 0,40
FG	0,8	6	$\frac{1}{\sqrt{5}}$	0,36 / 0,40
GH	1,55	10	$\frac{1}{\sqrt{9}}$	0,52

CÁLCULO DE CAUDALES / AGUA CALIENTE				
TRAMO	Q _i (l/seg)	Nº	K $\frac{1}{\sqrt{n-1}}$	Q _p (l/seg)
A´C´	0,20	1	1	0,20
C´E´	0,265	2	1	0,265
E´F´	0,33	3	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	0,23 / 0,265
F´G´	0,395	4	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	0,23 / 0,265
G´H	0,845	8	$\frac{1}{\sqrt{7}}$	0,32

TRAMOS COMUNES				
HI	2,395	18	$\frac{1}{\sqrt{17}}$	0,58 *
IJ	11,975	90	$\frac{1}{\sqrt{89}}$	1,27 **
JK	23,95	180	$\frac{1}{\sqrt{179}}$	1,79 **

* También se podrá tomar el caudal de agua fría.

TRAMO	Qp (l/seg)	V max/real	Ø (mm)	J (m.c.a/m)	L ₁ (m)	L = 1,3 x L ₁	J x L (m.c.a)
AB	0,3	1,35/1,30	22 x 2,4	0,12	2,5	3,25	0,12 x 3,25 = 0,39
BC	0,4	1,70/1,25	25 x 2,3	0,10	1,0	1,3	0,10 x 1,30 = 0,13
CE	0,4	1,70/1,25	25 x 2,3	0,10	1,20	1,56	0,10 x 1,56 = 0,156
EF	0,4	1,70/1,25	25 x 2,3	0,10	5,30	6,89	0,10 x 6,89 = 0,69
FG	0,4	1,70/1,25	25 x 2,3	0,10	7,50	9,75	0,10 x 9,75 = 0,975
GH	0,52	1,70/1,70	25 x 2,3	0,12	1,50	1,95	0,10 x 1,95 = 0,234
SUBTOTAL =							2,575 m.c.a.
AGUA CALIENTE							
TRAMO	Qp (l/seg)	V max/real	Ø (mm)	J (m.c.a/m)	L ₁ (m)	L = 1,3 x L ₁	J x L (m.c.a)
A'C'	0,20	1,35/0,86	22 x 2,4	0,08	3,5	4,55	0,08 x 4,55 = 0,36
C'E'	0,265	1,35/1,15	22 x 2,4	0,09	1,0	1,30	0,09 x 1,30 = 0,12
E'F'	0,265	1,35/1,15	22 x 2,4	0,09	5,30	6,89	0,09 x 6,89 = 0,62
F'G'	0,265	1,35/1,15	22 x 2,4	0,09	6,90	8,97	0,09 x 8,97 = 0,81
G'H	0,32	1,70/1,0	25 x 2,3	0,09	3,20	4,16	0,09 x 4,16 = 0,37 + 1,50 ***
SUBTOTAL =							3,74 m.c.a.
TRAMOS COMUNES							
HI	* 0,58	1,90/1,40	28 x 2,5	0,11	17,50	22,75	0,11 x 22,75 = 2,5 + 1,0 ****
IJ	** 1,27	2,50/1,50	40 x 3,7	0,08	1,35	1,76	0,08 x 1,76 = 0,14
JK	** 1,79	2,50/1,50	40 x 3,7	0,11	6,50	8,45	0,11 x 8,45 = 0,93
SUBTOTAL =							4,57 m.c.a.

*** También se podrían considerarse los caudales de agua fría.

**** Pérdida de agua del intercambiador / calentador.

***** Pérdida de carga del contador.

TOTAL =	8,31 m.c.a.
---------	-------------

$$P_{\text{mín}} = H + P_s + \sum J \times L$$

$$P_{\text{mín}} = 19,70 + 10 + 8,31 = 38,01 \text{ m.c.a.}$$

$$H = 1,50 + 3,50 + 16 - 1,30 = 19,70 \text{ m.c.a.}$$

$$P_s = 10 \text{ m.c.a.}$$

$$\sum J \times L = 8,31 \text{ m.c.a.}$$

$$P_{\text{max}} = 38,01 + 15 \text{ m.c.a.} = 53 \text{ m.c.a.}$$

$$P_{\text{paro}} = 63 \text{ m.c.a.} = P_{\text{absoluta máxima}}$$

$$Q_p = 1,79 \times 60 = 107 \text{ l/min}$$

$$V = \frac{6,25 \times K \times Q_p}{100 N} \quad P_{\text{max. abs.}}$$

$$V = \frac{6,25 \times 107 \times 63}{100} = 421 \text{ litros} \approx 425 \text{ litros}$$

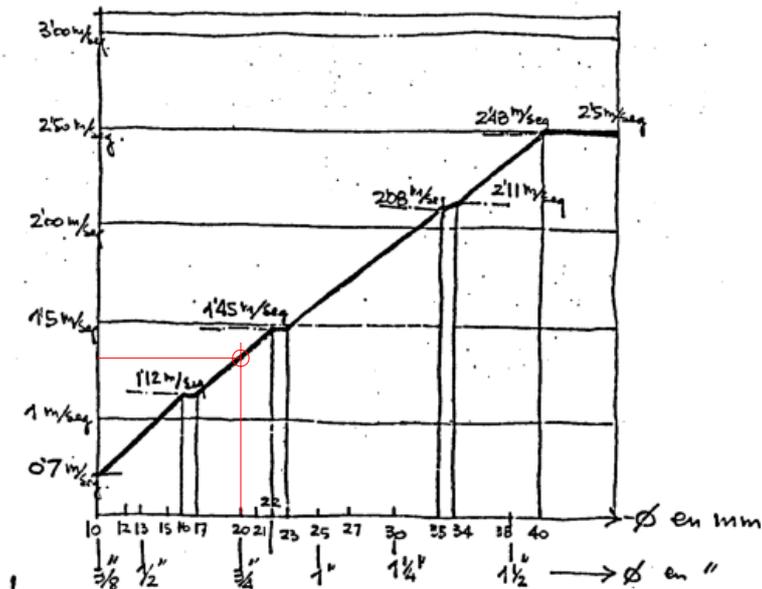
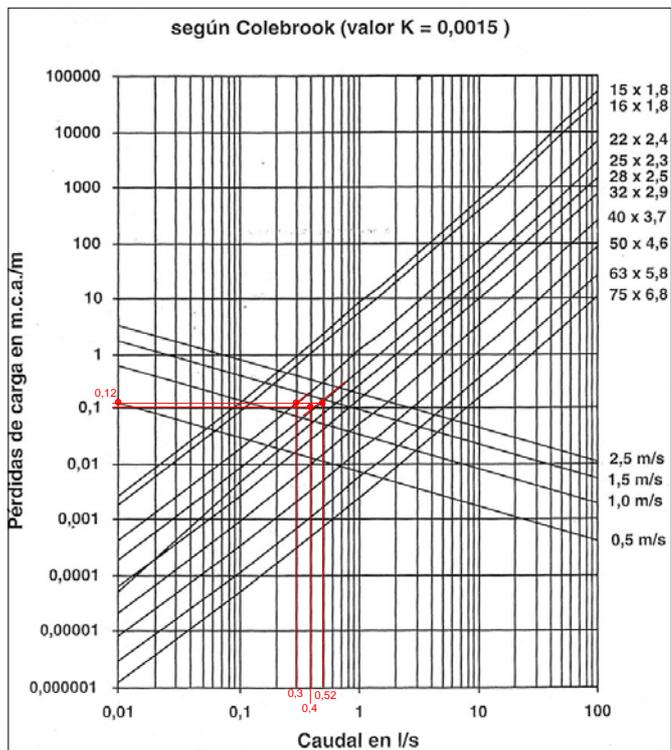


Tabla 2.1 Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm ³ /s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm ³ /s]
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	-
Inodoro con fluxor	1,25	-
Urinarios con grifo temporizado	0,15	-
Urinarios con cisterna (c/u)	0,04	-
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15	0,10
Grifo garaje	0,20	-
Vertedero	0,20	-

Tabla 4.2 Diámetros mínimos de derivaciones a los aparatos

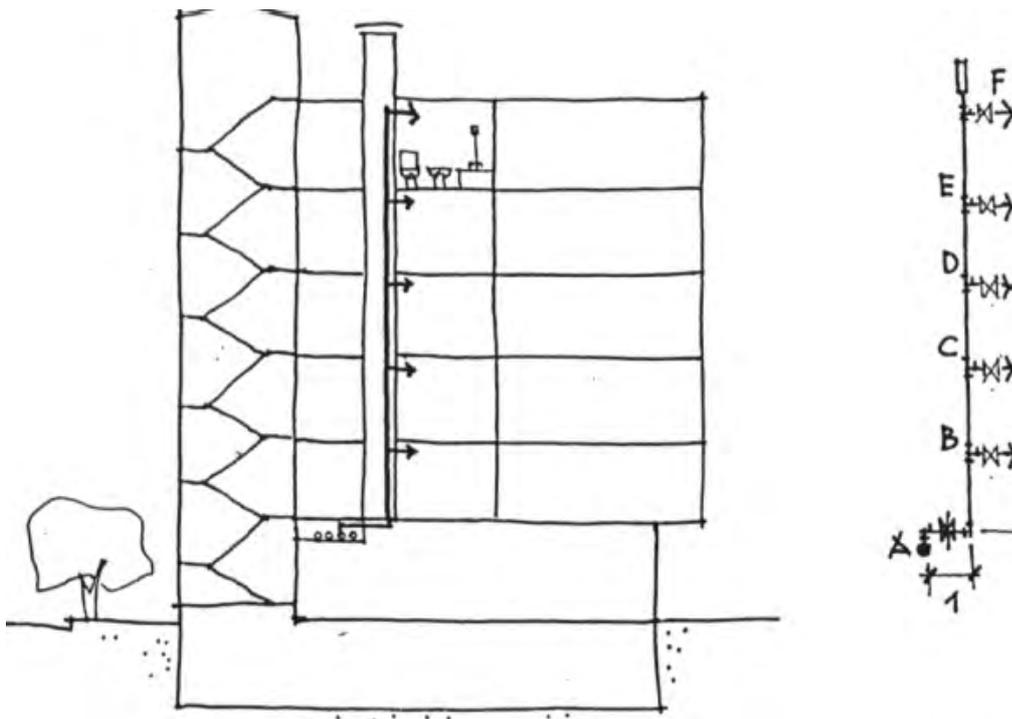
Aparato o punto de consumo	Diámetro nominal del ramal de enlace	
	Tubo de acero (")	Tubo de cobre o plástico (mm)
Lavamanos	1/2	12
Lavabo, bidé	1/2	12
Ducha	1/2	12
Bañera <1,40 m	3/4	20
Bañera >1,40 m	3/4	20
Inodoro con cisterna	1/2	12
Inodoro con fluxor	1 - 1 1/2	25-40
Urinario con grifo temporizado	1/2	12
Urinario con cisterna	1/2	12
Fregadero doméstico	1/2	12
Fregadero industrial	3/4	20
Lavavajillas doméstico	1/2 (rosca a 3/4)	12
Lavavajillas industrial	3/4	20

CALCULOS A PARTIR DE OTROS MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES PUNTA:

EJEMPLO . 1 HOTEL:

MÉTODO DE LAS PRESIONES
PRESIÓN EN LA RED
TUBERÍA DE HIERRO

A) TRAZADO Y DATOS.



Columna en hotel que ha de suministrar a 5 baños en vertical con fluxores.
Presión de la red en el punto A, $p_0 = 3,5 \text{ kg/cm}^2$

B) HIPÓTESIS DE TRABAJO.

Calcular secciones para que en F (entrada al baño más desfavorable) haya una presión de servicio $p_s = 1,5 \text{ kg/cm}^2$

C) CAUDALES PUNTAS.

Dada la existencia de fluxores se utilizan las tablas estadísticas 2 y 4 del anexo del tema I. Caudal de 1 baño: 2 l/seg.

TRAMO	Nº DERIVACIONES	%	Q_p (l/seg.)
EF	1	100	$1 \times 2 \times 1 = 2$
DE	2	80	$2 \times 2 \times 0,8 = 3,2$
CD	3	65	$3 \times 2 \times 0,55 = 3,9$
BC	4	55	$4 \times 2 \times 0,55 = 4,4$
AB	5	50	$5 \times 2 \times 0,5 = 5$

D) METODOLOGÍA DE CALCULO.

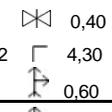
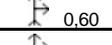
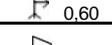
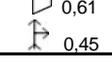
Al final de cada tramo se verifica que $p_0 - Z - JxL = p_1$

Al final del tramo EF habrá de ser $p_1 = p_s \geq 1,5 \text{ kg/cm}^2 (= 15 \text{ m.c.a.})$

Se opera en el sentido del agua con diámetros de tanteo requiriéndose corregir los mismos cuando originan pérdidas (= $J \times L$) inadecuadas por exceso o defecto.

Las velocidades solo requieren ser chequeadas.

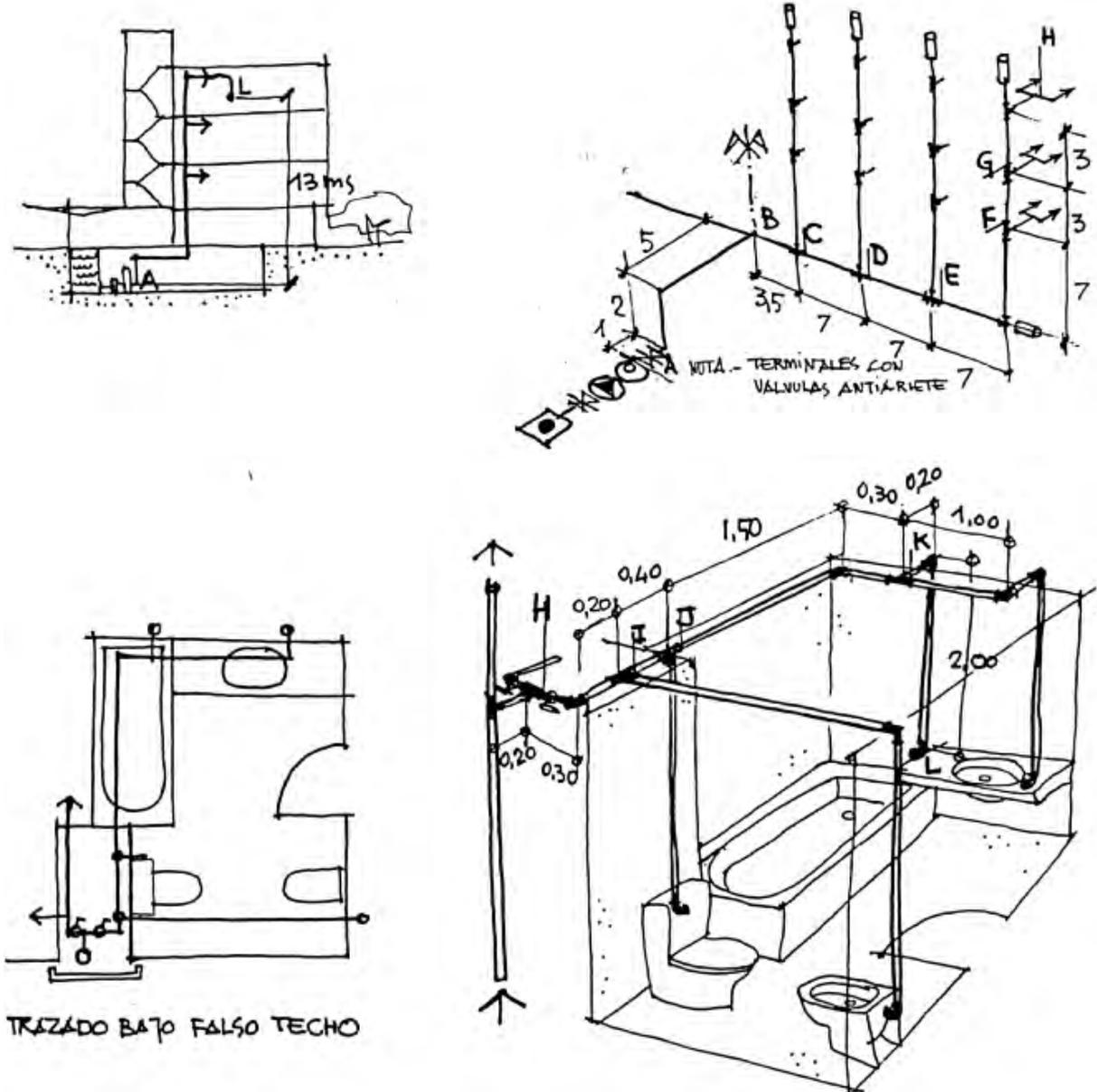
E) CUADRO OPERATIVO (MONOGRAMA FLAMANT _ HIERRO)

TRAMO	Q _p (l/seg)	l ₁ (m)	v		∅ (")	J (m.c.a.)	l ₂ (m)	L (l ₁ +l ₂)	J x L (m.c.a)	p ₀ - Z - JxL= p ₁ (m.c.a)
			Max.	Real						
AB	5	4	2,48	2,2	2	0,17		9,30	1,58	35-3-1,58=30,42
BC	4,4	3	2,48	1,9	2	0,14		3,60	0,50	30,42-3-0,50= 26,92
CD	3,9	3	2,48	1,7	2	0,10		3,60	0,36	26,92-3-0,36= 23,56
DE	3,2	3	2,48	2,1	1 1/2	0,19		4,02	0,76	23,56-3-0,76= 19,80
EF	2	3	2,48	1,4	1 1/2	0,09		18	1,62	19,80 - 3 - 1,62 = 15,18 (>15 Cumple)

EJEMPLO . 2 HOTEL.

MÉTODO DE LAS VELOCIDADES.
PRESIÓN A SUMINISTRAR POR HIDROCOMPRESOR.
TUBERÍA DE P.B.

TRAZADO Y DATOS.



Calculo del distribuidor general, columnas y derivaciones a baños de clientes. Sin fluxores.

B) HIPÓTESIS DE TRABAJO.

Requerimientos de caudal y presiones de puntos de agua: igual que en ejemplo nº 1, referente a un edificio de viviendas.

Asignación de secciones al trazado crítico siguiente: Distribuidor - columna más alejada del hidro- baño última $\sum (R + \Delta_R)$ resultante.

Material: Polibutileno.

Establecer la presión de trabajo mínima del hidrocompresor. Suponiendo que no se dispone de diámetros superiores a 40 mm. de diámetro en Pb. Para diámetros superiores se utilizará acero galvanizado.

CAUDALES PUNTAS.

Hallamos los caudales puntas de cada tramo con el abaco final del tema I en la curva correspondiente a hoteles y hospitales.

TRAMO	N	Q (l/seg)	k _p (%)	Q _p (l/seg)
KL	1	0,3	100	0,3
JK	2	0,4	100	0,4
IJ	3	0,5	75	0,37 > 0,4
HI	4	0,6	65	0,39 > 0,4

TRAMO	N	Q (l/seg)	k _p (%)	Q _p (l/seg)
GH	8	1,2	48	0,58
FG	16	2,4	37	0,89
EF	24	3,6	33	1,19
DE	48	7,2	27	1,94
CD	72	10,8	24	2,59
BC	96	14,4	23	3,31
AB	192	28,8	22	6,34

D) METODOLOGÍA DE CÁLCULO.

El punto más desfavorable es el L, con unos requerimientos Q_p= 0,3 l/seg (bañera) y p_s = 0,5 kg/cm² (ducha)

Calculado (R + Δ_R) para el punto L más desfavorable, habrá de ser:

$$p_0 = Z_1 + p_1 + \sum (R + \Delta_R), \text{ dónde :}$$

p₀ = presión mínima de trabajo del hídrido

Z₁ = altura geométrica del punto L crítico

p₁ = p_s = presión de servicio = 0,5 kg/cm²

Establecida la presión mínima del hídrido el resto de columnas y derivaciones se calculan, conforme al ejemplo nº 1 del anexo, partiendo de las diferentes p₀ existentes al pie de cada columna.

El parámetro guía para la asignación de diámetros es la velocidad del agua.

Aunque operativamente es indiferente se considera más efectivo realizar la asignación de diámetros de menor a mayor.

E) INCIDENCIAS.

Al manejar el ábaco para PB veremos como en el distribuidor general AB, aún con el mayor diámetro comercial que se dispone, se supera la velocidad máxima recomendable. Ello nos induce a utilizar en este tramo hierro galvanizado, realizándose la transición entre diámetros y materiales mediante las oportunas piezas de reducción y adaptación.

F) CUADROS OPERATIVOS (ÁBACO POLIBUTILENO)

TRAMO	Q _p l/seg	l (m)	v (m/seg)		Ø Ext (mm)	J m.c.a/ml	R (Jxl) m.ca	ξ	V2	v ² /2g	Δ _R =	R+Δ _R m.c.a.
			Max	Real							ξ x $\frac{v^2}{2g}$ m.c.a.	
KL	0,3	2,20	4	1,3	22	0,1	0,22	2Γ=3	1,69	0,09	0,27	0,49
JK	0,4	1,80	4	1,7	22	0,17	0,31	Γ=1,5 ⇐1,5 3,0 ⇒0	2,89	0,15	0,45	0,76
IJ	0,4	0,40	4	1,7	22	0,17	0,07	0	2,89	---	0	0,07
HI	0,4	0,50	4	1,7	22	0,17	0,08	⊗=0,5 Γ=1,5 ⇐0 2,0	2,89	0,15	0,30	0,38
GH	0,58	3,20	4	1,7	25	0,18	0,58	⇐1,5 ⇐1,5 3,0 ⇐4,5	2,89	0,15	0,67	1,25
FG	0,89	3	4	2,8	25	0,3	0,90	0	7,84	---	0	0,9
EF	1,19	14	4	3	28	0,3	4,20	Γ1 ⇐0 0	9	0,46	0,46	4,46
DE	1,94	7	4	3,3	32	0,3	2,10	⇐0	10,8 9	---	0	2,1
CD	2,59	7	4	2,7	40	0,18	1,26	⇐0	7,29	---	0	1,26
BC	3,31	3,50	4	3,8	40	0,28	0,98	⇐0	14,4 4	---	0	0,98
Suma parcial											12,65	

TRAMO	Q _p l/seg	l (m)	v (m/seg)		Ø Int (")	J m.c.a/ml	l ₂ (m)	L (l ₁ +l ₂)	J x L = R + Δ _R
			Max	Real					
AB	6,34	8	2,5	1,6	2 1/2	0,07	⊗=0,50 2Γ=4,90 ⇐=3,65 ▷=0,74 9,79	17,79	1,25

$(R + \Delta_R) = 12,65 + 1,25 = 13,90$

Z del punto L : 15-2= 13 m.

Presión de servicio p_s del punto L= 5 m.c.a

PRESIÓN MÍNIMA DEL HIDROCOMPRESOR: 13,90 +13+5 = 31,90 m.c.a