
MANUAL DE USO DE LA
BIBLIOTECA 1215:
TUBERÍAS V.106 PARA
CALCULADORAS
HP-49g+ y HP-50g

César Vásquez Alvarado

Correo electrónico: cesarperu1821@hotmail.com

Sitio web: <http://cesarv.wetpaint.com/>

1. Contenido

La biblioteca 1215: Tuberías Versión 1.06 contiene los siguientes comandos:

RED2: Halla caudales y pérdidas de carga en sistemas de pocas tuberías (de 1 a 14)

TUB: Halla cualquier variable en algunos problemas de tuberías simples.

M1215: Menú con algunas opciones

VCIN: Halla la viscosidad cinemática del agua a cualquier temperatura

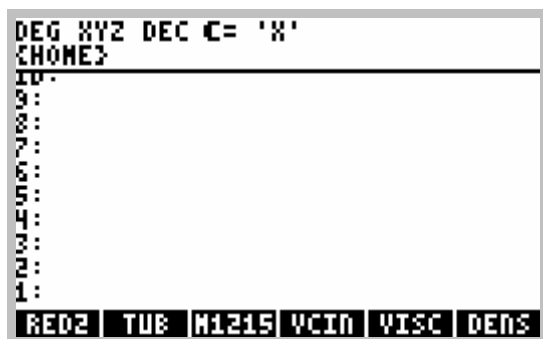
VISC: Halla la viscosidad absoluta del agua a cualquier temperatura

DENS: Halla la densidad del agua a cualquier temperatura

PVAP: Halla la presión de vapor del agua a cualquier temperatura

ELAST: Halla el módulo de elasticidad del agua a cualquier temperatura

TSUP: Halla la tensión superficial del agua a cualquier temperatura



Si tienes la versión 1.03 o anterior, antes de instalar esta versión V1.06 puedes liberar espacio en el directorio oculto borrando los archivos temporales de ese directorio.

2. El comando RED2

El comando RED2 halla caudales y pérdidas de carga en sistemas con pocas tuberías (desde 1 hasta 14) resolviendo un sistema de n ecuaciones (n =número de tuberías) con n variables (los caudales) usando el comando MSLV de la calculadora. El comando RED2 sólo funciona con la calculadora en modo RPN.

2.1 DATOS GENERALES

Es el primer formulario de entrada del comando RED2. Este contiene tres campos:

a) N° de tuberías: En este campo de lista puedes escoger un número entre 1 y 14

b) Datos: En este campo de lista escoger que datos tienes de las tuberías:

c) Viscosidad cinemática: Para escribir la viscosidad cinemática del líquido. Puede ser un número real o un objeto de unidad. Si es un número real este debe ser la viscosidad cinemática en m^2/s . Si el líquido es agua y conoces la temperatura (por ejemplo 24°C) puedes escribir: 24 VCIN

Algunos menús de teclas de funciones de este formulario de entrada son:

F3: menú ABRIR. Para escoger un archivo guardado anteriormente. Estos archivos se buscan en cualquier directorio de la calculadora que pertenezca al directorio HOME, incluso en el directorio oculto. Se pueden abrir archivos creados por las versiones 1.05 y 1.06. También se pueden borrar estos archivos uno por uno:

Abrir
 Buscar en: ☐ Hidden Directory
 Ejemplo1 Ejemplo6
 Ejemplo2 Ejemplo7
 Ejemplo3 GIL.6.75
 Ejemplo4 STR.7.49
 Ejemplo5 STR.7.63
 Nombre: Ejemplo1
 Escoger archivo
 CHOOSE CANCEL ABRIR

Abrir
 Buscar en: ☐ Hidden Directory
 Ejemplo5 +
 Ejemplo6
 Ejemplo7
 GIL.6.75
 STR.7.49 +
 Nombre: Ejemplo1
 Escoger archivo
 BORRAR CANCEL OK

F4: menú ECUAC. Para ver las ecuaciones usadas correspondiente a la opción escogida en el campo Datos. Muestra una de estas cuatro pantallas:

Ecuación de Swamee and Jain.
 Solo para Flujo turbulento.

$$H = \frac{1.325}{\ln\left(\frac{\epsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{Re^{.9}}\right)} \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} + K \frac{v^2}{2g}$$
 En términos de Q:

$$H = 0.827 \frac{L}{D^5} \frac{Q^2}{g} + \frac{1.325}{D^4} \frac{Q^2}{g}$$
 OK

Cuando E no interviene.
 Solo para Flujo turbulento.

$$H = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} + K \frac{v^2}{2g}$$
 En términos de Q:

$$H = 0.827 f \frac{L}{D^5} \frac{Q^2}{g} + \frac{0.827 K Q^2}{D^4}$$
 OK

Ecuación de Hazen-Williams.
 Solo para Flujo turbulento.

$$H = \frac{10.675}{C^{1.852}} \frac{L}{D^{4.8704}} \frac{Q^{1.852}}{g} + K \frac{v^2}{2g}$$
 En términos de Q:

$$H = \frac{10.675}{C^{1.852}} \frac{L}{D^{4.8704}} \frac{Q^{1.852}}{g} + \frac{0.827 K Q^2}{D^4}$$
 OK

Escoge esta opción
 solo para Flujo laminar.

$$H = \frac{64}{Re} \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$
 En términos de Q:

$$H = \frac{4.1575 L Q v}{D^4}$$
 OK

F5: menú CANCL. (o tecla ON) No se guardan los datos ingresados en este formulario de entrada y se sale del programa.

F6: menú OK. (o tecla ENTER) Se guardan los datos ingresados en este formulario de entrada y aparece el siguiente formulario de entrada.

2.2 ESCRIBIR LAS ECUACIONES

Es el segundo formulario de entrada del comando RED2. Este contiene n campos (n es el número de tuberías). En cada campo se debe escribir una ecuación.

Las únicas variables permitidas son:

Q1, H1, V1,

Q2, H2, V2,

.....

Qn, Hn, Vn

Donde

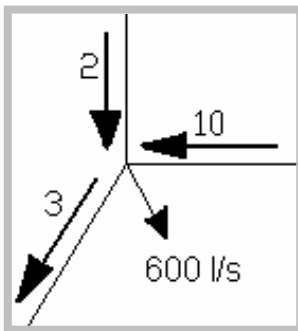
Qi: caudal en la tubería i.

Hi: pérdida de carga total en la tubería i. (por fricción y locales)

Vi: velocidad en la tubería i.

Para escribir las ecuaciones tener en cuenta estas dos condiciones:

- a) Ecuación de continuidad en un nudo: El caudal de entrada debe ser igual al de salida en cada unión.



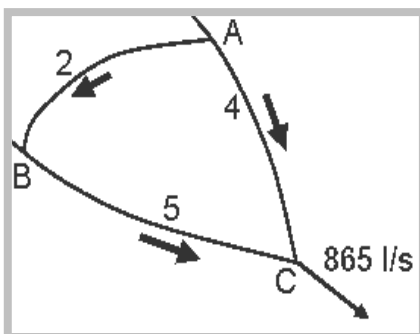
Por ejemplo para el nudo mostrado a la izquierda la ecuación de continuidad puede escribirse de cualquiera de estas 3 formas:

$$'Q2+Q10=Q3+0.6'$$

$$'Q2+Q10-Q3-0.6=0'$$

$$'Q2+Q10-Q3-0.6'$$

- b) La suma algebraica de las caídas de presión en cada circuito debe ser cero.



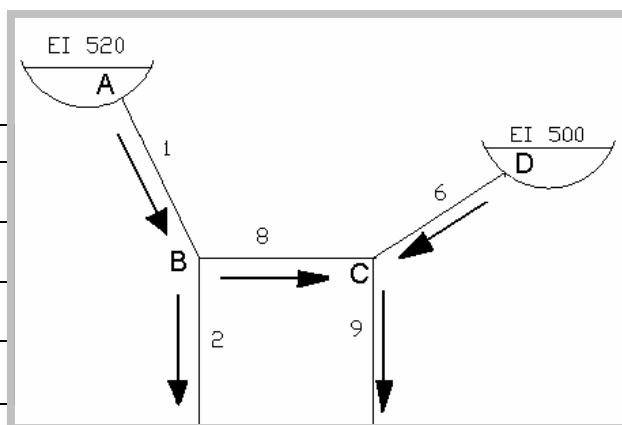
Para el circuito mostrado la ecuación correspondiente puede escribirse de cualquiera de estas 12 formas:

	sentido antihorario	sentido horario
Desde el nudo A	'-H2-H5+H4=0'	'-H4+H5+H2=0'
	'-H2-H5+H4'	'-H4+H5+H2'
Desde el nudo B	'-H5+H4-H2=0'	'H2-H4+H5=0'
	'-H5+H4-H2'	'H2-H4+H5=0'
Desde el nudo C	'H4-H2-H5=0'	'H5+H2-H4=0'
	'H4-H2-H5'	'H5+H2-H4'

O también: ' $H2+H5=H4$ ' (pérdida de carga entre A y C)

Para el pseudo circuito A-B-C-D de la figura la ecuación puede escribirse de cualquiera de las siguientes formas:

	sentido antihorario	sentido horario
Desde el nudo A	$^{-}H1-H8+H6+20=0'$ $^{-}H1-H8+H6+20'$	$^{-}20-H6+H8+H1=0'$ $^{-}20-H6+H8+H1'$
Desde el nudo B	$^{-}H8+H6+20-H1=0'$ $^{-}H8+H6+20-H1'$	$^{-}H1-20-H6+H8=0'$ $^{-}H1-20-H6+H8'$
Desde el nudo C	$^{-}H6+20-H1-H8=0'$ $^{-}H6+20-H1-H8'$	$^{-}H8+H1-20-H6=0'$ $^{-}H8+H1-20-H6'$
Desde el nudo D	$^{-}20-H1-H8+H6=0'$ $^{-}20-H1-H8+H6'$	$^{-}H6+H8+H1-20=0'$ $^{-}H6+H8+H1-20'$



O también:

'520-H1-H8+H6=500'

(altura de la línea de energía en D desde A)

'500-H6+H8+H1=520'

(altura de la línea de energía en A desde D)

'520-H1-H8=500-H6'

(altura de la línea piezométrica en C desde A y desde D)

'520-H1=500-H6+H8'

(altura de la línea piezométrica en B desde A y desde D)

Si hay bombas o turbinas ver los ejemplos al final de este documento.

Algunos menús de teclas de funciones de este formulario de entrada son:

F2: menú OPCIO. Para escoger entre las opciones de tuberías en serie o en paralelo que se muestran a la derecha. Si escoges una de estas cuatro opciones luego se escribe el dato que se pide: Caudal común, pérdida de carga total, pérdida de carga común o caudal total. Al aceptar, las ecuaciones se escriben por sí solas en los campos de las ecuaciones.

Escribe las ecuaciones

ESCOGER OPCIÓN

Serie: e conocido

Serie: Htot conocido

Paralelo: H conocido

Paralelo: Qtot conocido

CANCEL OK

```

Escribe las ecuaciones
Eq1: 'Q1=Q2'
Eq2: 'Q2=Q3'
Eq3: 'H1+H2+H3=10.'

Q1=Q2
En term de Q1,H1,V1,Q2,H2,V2,...
EDIT OPCIO ECUACIONES OK

```

F4: menú ECUAC. Para ver las ecuaciones usadas correspondiente a la opción escogida en el campo Datos.

F5: menú ATRAS. Se guardan los datos ingresados en este formulario de entrada y se retrocede al anterior formulario de entrada.

F6: menú OK. (o tecla ENTER) Se guardan los datos ingresados en este formulario de entrada y aparece el siguiente formulario de entrada.

F11: menú CANCL. (o tecla ON) No se guardan los datos ingresados en este formulario de entrada y se sale del programa.

2.2 ESCRIBIR LOS DATOS DE LAS TUBERIAS

Es el tercer formulario de entrada del comando RED2. Se observa como una de estas cuatro imágenes, según la opción escogida en el primer formulario de entrada.

- ϵ : rugosidad abs. Swamee
- f : coefic fricción
- C : coef Hazen-Williams
- Flujo laminar

T	Longit	Diamet	K	ϵ	Qinic
T1	1250.	.25	.9	.00012	.1
T2	1.3_KM	30._CM	2.	.00012	.1
T3	.8_Mi	12._in	.5	.12_MM	.1

.5
Coef. pérdidas locales

EDIT CHOOS TODOS ECUAC ATRAS OK

T	Longit	Diamet	K	f	Qinic
T1	1500.	.24	0.	.019	.15
T2	800.	1.2_Ft	0.	.023	.15
T3	750.	14._in	1.	.017	.15

.017
f:coefic fricción $f=8g/C^2$

EDIT TODOS ECUAC ATRAS OK

T	Longit	Diamet	K	C	Qinic
T1	300.	.26	0.	110.	.12
T2	250._M	.26	0.	150.	.12
T3	150.	90._MM	0.	140.	.12

0.
Coef. pérdidas locales

EDIT CHOOS TODOS ECUAC ATRAS OK

T	Longitud	Diametro	Qinic
T1	105.	16._in	.36
T2	80.	.25	.36
T3	320.	350._MM	.36

.36
Caudal inicial en esta tubería

EDIT TODOS ECUAC ATRAS OK

Los datos ingresados pueden ser números reales u objetos de unidad. Si son números reales deben estar en el sistema internacional, es decir, en metros para la longitud el diámetro y la rugosidad absoluta.

La columna de la derecha titulada Qinic sólo acepta números reales. Esta será la aproximación inicial del caudal en m^3/s al resolver las ecuaciones. No es necesario que cumplan las ecuaciones de continuidad escritas. Pero valores muy alejados de estas aproximaciones respecto al valor real hacen más largos los cálculos.

Algunos menús de teclas de funciones de este formulario de entrada son:

F2: menú CHOOS. Esta disponible en un campo donde se escribe:

K: suma de coeficientes de pérdidas locales

ϵ : rugosidad absoluta

C: coeficiente de Hazen-Williams

Al presionar OK o ENTER el valor mostrado va al campo seleccionado.

Al presionar CANCEL u ON el valor mostrado no va al campo seleccionado.

ACCESORIOS		K
Entrada bordes agudos		0.50
Entrada b. red. $r/d=0.04$		0.26
Entrada b. red. $r/d=0.2$		0.03
Entrada b. acampanados		0.04
Entrada b. entrantes		1.00
Salida a depósito		1.00
Codo a 90°		0.90
Codo a 45°		0.42
Codo curvatura fuerte		0.75
		CANCL OK

VALORES RUGOSIDAD ABSOLUTA ϵ	
T Muy lisos sin costura 1.5×10^{-6}	
Vidrio, cobre, plástico	
Acero nuevo con superf pintada	
Acero rolado nuevo 0.050×10^{-3}	
Acero laminado nuevo $.04-.10 \times 10^{-3}$	
Acero remachado $0.9-0.09 \times 10^{-3}$	
Hierro Forjado 0.045×10^{-3}	
Hierro Fund. asfaltado 0.12×10^{-3}	
Hierro galvanizado 0.15×10^{-3}	
CANCL OK	

NATURALEZA DE LAS PAREDES		C
Extrem. lisas y rectas		140
Asbesto-cemento		140
Muy Lisas, concreto		130
Hierro Fundido nuevo		130
Madera lisa, cemento pulido		120
Acero soldado nuevo		120
Arcilla vitrificada		110
Acero ribeteado nuevo		110
Acero ribeteado años de uso		95
		CANCL OK

F4: menú TODOS. Al presionar esta tecla el valor del campo actual se escribe por sí solo en los demás campos que piden la misma clase de datos.

Ejemplo: Imágenes antes y después de presionar la tecla de menú F3.

T	Longit	Diamet	K	C	Qinic
T1					
T2					
T3				140.	
T4					
T5					
T6					
T7					
140.					
C:coef Hazen-Williams $C=f(8g/F)$					
EDIT CHOOS TODOS ECUAC ATRAS OK					

T	Longit	Diamet	K	C	Qinic
T1				140.	
T2				140.	
T3				140.	
T4				140.	
T5				140.	
T6				140.	
T7				140.	
140.					
C:coef Hazen-Williams $C=f(8g/F)$					
EDIT CHOOS TODOS ECUAC ATRAS OK					

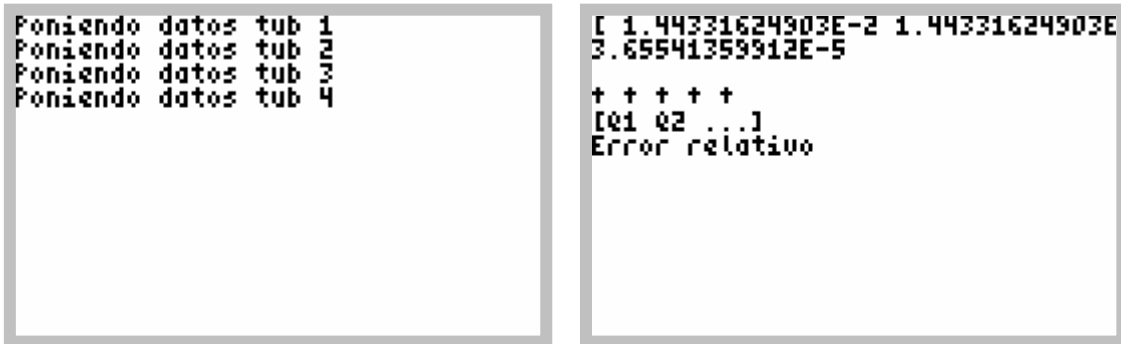
F4: menú ECUAC. Para ver las ecuaciones usadas correspondiente a la opción escogida en el campo Datos. Muestra una de estas cuatro pantallas:

F5: menú ATRAS. Se guardan los datos ingresados en este formulario de entrada y se retrocede al anterior formulario de entrada.

F6: menú OK. (o tecla ENTER) Se guardan los datos ingresados en este formulario de entrada y aparece el siguiente formulario de entrada.

F11: menú CANCL. (o tecla ON) No se guardan los datos ingresados en este formulario de entrada y se sale del programa.

Al presionar OK o ENTER empiezan los cálculos.



Luego de finalizados los cálculos aparece el cuadro de diálogo “Guardar Como” donde debes escribir el nombre del archivo. Puedes guardarlo en cualquier directorio, incluso en el directorio oculto.



Si sales con la tecla F6 (GUARD) o la tecla ENTER el archivo se guarda.

Si sales con la tecla F5(CANCL) o la tecla ON el archivo no se guarda.

Los archivos se guardan como un Library Data.

Desde la versión V1.05 los archivos se guardan con sus respuestas. Por lo tanto si abres un archivo existente y sigues los pasos sin hacer cambios ya no se hacen los cálculos y los resultados se muestran inmediatamente.

A partir de esta versión 1.06 los datos a guardar se comprimen

antes de convertirse en Library Data. Esta compresión dura entre 0.4 s y 0.5 s. Durante este breve tiempo **no** presionar la tecla ON. Si por accidente la aprestaste reinicia con ON+F3.

TUBS	Tub1	Tub2	Tub3	Tub4
E/D	.00003846	.00004167	.00004348	.00003448
Re	206300.	223500.	233300.	185000.
F	.01579	.01559	.0155	.01606
V	.7936	.9314	1.014	.6379
Q	.04214	.04214	.04214	.04214
H	2.341	3.738	2.828	1.092
S	.001951	.002876	.003535	.00115
Q2				
Z-3	.03214	.04426	.05248	.02076

TUBS	Tub1	Tub2	Tub3	Tub4
V	1.511	1.635	1.774	1.215
Q	.08024	.08024	.08024	.08024
H	2.575	3.636	3.169	.6202
S	.008583	.01039	.01267	.005043
Q2				
Z-3	.1165	.1363	.1605	.0753

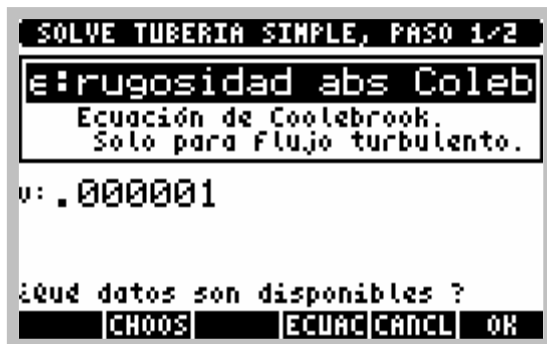
OK

TUBS	Tub1	Tub2	Tub3	Tub4
Re	70.68	70.68	76.57	79.9
F	.9055	.9055	.8358	.801
V	.2718	.2718	.319	.3474
Q	.01443	.01443	.01443	.01443
H	1.97	2.101	2.713	3.216
S	.01313	.01313	.01809	.02144

OK

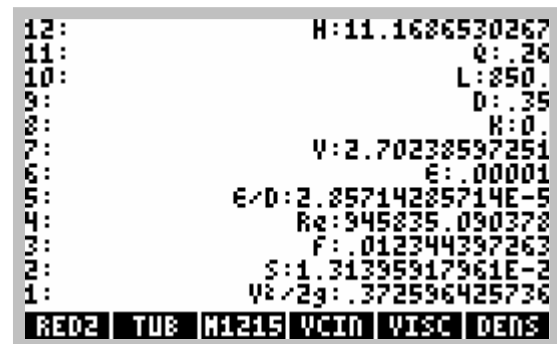
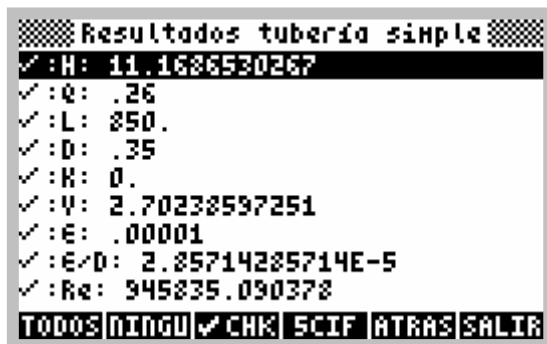
3. El comando TUB

El comando TUB halla cualquier variable (excepto viscosidad cinemática) en una tubería simple usando el comando ROOT. Devuelve resultados en la pila.. El comando TUB sólo funciona con la calculadora en modo RPN.



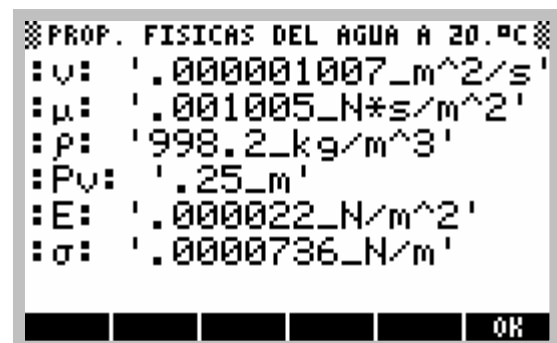
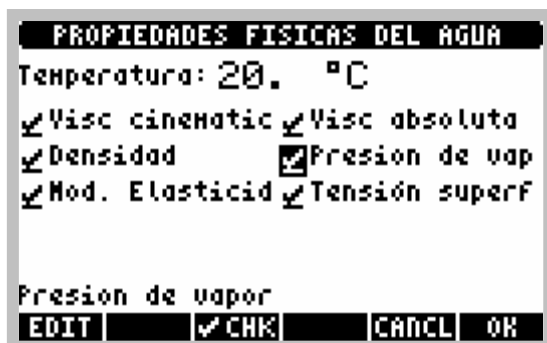
Presionar SOLVE en el campo de la variable desconocida. Su valor en ese momento será la aproximación inicial de esa variable.

Luego se ven los resultados. Sólo se mandan a la pila los elementos seleccionados. Para mandar a la pila estos resultados presionar la tecla SALIR o las teclas OK o ENTER. Si se presiona la tecla ATRÁS los resultados no van a la pila y se retrocede al paso 2/2.



4. PROPIEDADES FISICAS DEL AGUA

Se hallan las propiedades físicas del agua para cualquier temperatura entre 0°C y 100°C



5. COMANDO VCIN

Halla la viscosidad cinemática del agua a cualquier temperatura. Ejemplos:

20.	→	.000001007_m^2/s
32.4_°C	→	.000000767_m^2/s
87.5_°C	→	.000000338_m^2/s
20_°C	→	.000001007_m^2/s
68_°F	→	.000001007_m^2/s
293.15_K	→	.000001007_m^2/s

6. COMANDO VISC

Halla la viscosidad absoluta del agua a cualquier temperatura.

7. COMANDO DENS

Halla la densidad del agua a cualquier temperatura.

8. COMANDO PVAP

Halla la cabeza de presión de vapor absoluta del agua a cualquier temperatura.

9. COMANDO ELAST

Halla el módulo de elasticidad volumétrico del agua a cualquier temperatura.

10. COMANDO TSUP

Halla la tensión superficial del agua a cualquier temperatura.

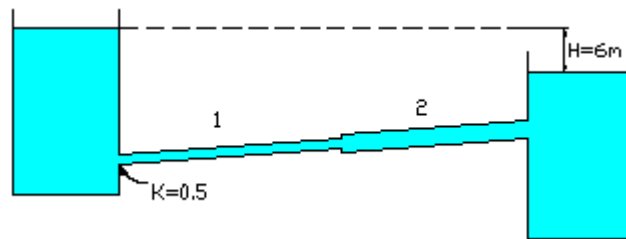
11. Ejemplos para RED2 y TUB

Los ejemplos a continuación se hallan en el directorio RED2.DIR que viene en esta carpeta.

Los gráficos mostrados fueron hechos con una versión anterior V1.03 pero son parecidos a los de esta versión V1.06.

EJEMPLO N°1

Determinar el caudal a través del sistema. $L_1=300\text{m}$, $D_1=600\text{mm}$, $\epsilon_1=2\text{mm}$, $L_2=240\text{m}$, $D_2=1\text{m}$, $\epsilon_2=0.3\text{mm}$, $\nu=3 \times 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$



Solución: Ejecutar el comando RED2, luego escribir los datos como se ve en las figuras.

```
Redes de tuberías:ecuac simult
Nº tuberías: 2
Datos E:rugosidad abs. Swamee
Ecuación de Swamee and Jain.
Solo para flujo turbulento.
visc cin: .000001_  $\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ 
3E-6
EDIT ABRIR ECUAC CANCL OK
```

```
Escribe las ecuaciones
Eq1: 'Q1=Q2'
Eq2: '6-H1-H2=0'
6-H1-H2=0
En term de Q1,H1,V1,Q2,H2,V2,...
EDIT OPCIO ECUAC CANCL OK
```

Donde: $K1 = 0.5 + [1 - (D1/D2)^2]^2 = 0.5 + [1 - (0.6/1.0)^2]^2 = 0.9096$
(Entrada bordes agudos a la tubería 1 y expansión súbita)
 $K2 = 1$ (Salida de tubería 2 a depósito)

Luego aparece un avance de la operación y después nos pregunta si queremos guardar en un archivo. El nombre de este archivo tendrá como máximo 29 caracteres.

Después aparecen en la pila una matriz con las 2 ecuaciones en términos de Q_i solamente y los resultados en una matriz.

T	Longit	Diamet	K	ϵ	Q_{inic}
T1	300.	.6	.9096	.002	.8008
T2	240.	1.	1.	.0003	.8008

.9096
Coef. pérdidas menores
EDIT CHOOS TODOS ECUAC CANCL OK

```
[.78646414406 .786464
5.53915870781E-5
↑ ↑ ↑ ↑ ↑
[Q1 Q2 ...]
Error relativo
```

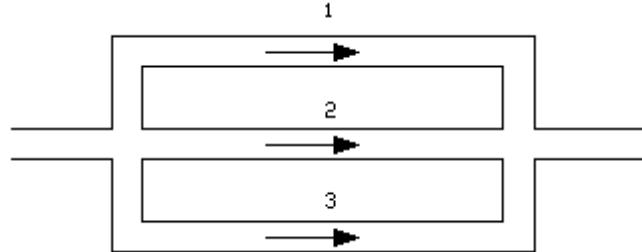
```
Guardar como
Guardar en: Hidden Directory
Nombre:
'Ejemplo01'
EDIT CHOOS TIPO CANCL GUARD
```

TUBS	Tub1	Tub2
ϵ/D	.003333	.0003
Re	556300.	333800.
f	.02727	.01689
V	2.782	1.001
Q	.7865	.7865
H	5.741	.2585

OK

EJEMPLO N°2

En la figura, $L_1 = 3000$ pies, $D_1 = 1$ pie, $\epsilon_1 = 0.001$ pie, $L_2 = 2000$ pies, $D_2 = 8$ pulg, $\epsilon_2 = 0.0001$ pie, $L_3 = 4000$ pies, $D_3 = 16$ pulg, $\epsilon_3 = 0.0008$ pies, $v = 0.00003$ pies²/s. Para un caudal total de 12 pie³/s determinar el caudal en cada tubería.



SOLUCIÓN:

```

Redes de tuberías:ecuac simult
n° tuberías: 3
Datos E:rugosidad abs. SWamee
Ecuación de SWamee and Jain.
Solo para Flujo turbulento.
visc cin: .00003_  $\frac{ft^2}{s}$ 
n° de ecuaciones = n° tuberías
CHOOSABRIAECUACCANCL OK
    
```

```

Escribe las ecuaciones
Eq1:
Eq2:
Eq3:
Escribe una ecuación
En term de Q1,H1,V1,Q2,H2,V2,...
EDIT OPCIO ECUACCANCL OK
    
```

Las ecuaciones han sido escritas automáticamente. Solo confirma con OK. Los datos se pueden escribir con unidades. Si escribes un dato sin unidades este se asume en el SI.

```

OPCIONES
Serie: Q conocido
Serie: Htot conocido
Paralelo: H conocido
Paralelo: Qtot conocido
CANCL OK
    
```

```

Tub. en paralelo
Caudal total:
'12_ft^3/s'
EDIT CANCL OK
    
```

T	Longit	Diamet	K	E	Qinic
T1	3000_	1_ Ft	0.	.001_ f	.1
T2	2000_	8_ in	0.	.0001_	.1
T3	4000_	16_ in	0.	.0008_	.1

.0008_ ft
E:rugosidad absoluta
EDIT CHOOS TODOS ECUAC CANCL OK

TUBS	Tub1	Tub2	Tub3
E/D	.001	.00015	.0006
Re	151600.	109400.	213600.
f	.02158	.01843	.01933
V	1.386	1.5	1.465
Q	.1012	.04864	.19
H	6.347	6.347	6.347

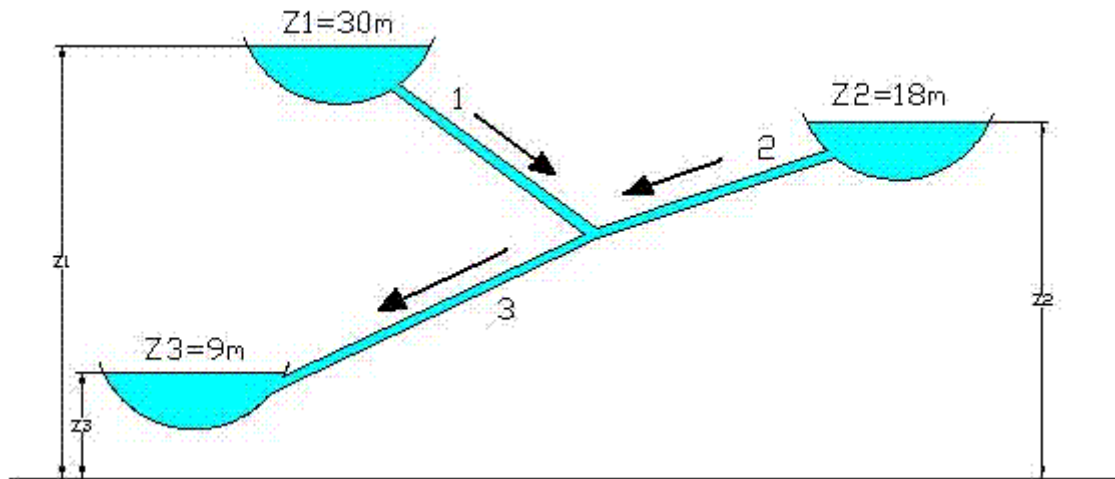
CHOOS TODOS ECUAC CANCL OK

EJEMPLO N°3

En la figura, encontrar los caudales de agua a 20°C con los siguientes datos de tubería y elevaciones de los embalses: $L_1 = 3000$ m, $D_1 = 1$ m, $\epsilon_1 = 0.2$ mm, $L_2 = 600$ m,

$D_2 = 0.45$ m, $\epsilon_2 = 0.9$ mm, $L_3 = 1000$ m, $D_3 = 0.6$ m, $\epsilon_3 = 0.6$ mm.

$Z_1 = 30$ m, $Z_2 = 18$ m, $Z_3 = 9$ m.



Solución:

Para escribir la viscosidad cinemática a 20°C solo escribe: **20 VCIN**

```
Redes de tuberías:ecuac simult
N° tuberías: 3
Datos ε:rugosidad abs. Swamee
Ecuación de Swamee and Jain.
Solo para Flujo turbulento.
visc cin: .000001007  $\frac{m^2}{s}$ 
20 VCIN
EDIT ABRIR ECUAC CANCL OK
```

```
Escribe las ecuaciones
Eq1: '30-H1+H2=18'
Eq2: '30-H1-H3=9'
Eq3: 'Q1+Q2=Q3'
30-H1+H2=18
En term de Q1,H1,V1,Q2,H2,V2,...
EDIT OPCIO ECUAC CANCL OK
```

Los valores negativos de V_2 , Q_2 y H_2 (velocidad, caudal y pérdidas) significan que en la tubería 2 el agua fluye en sentido opuesto al representado en el gráfico.

Puedes guardar como una plantilla para resolver otros problemas de tres reservorios.

T	Longit	Diámet	K	ε	Qinic
T1	3000.	1.	0.	.0002	.5
T2	600.	.45	0.	.0003	.5
T3	1000.	.60.-cm	0.	.6.-mm	.5

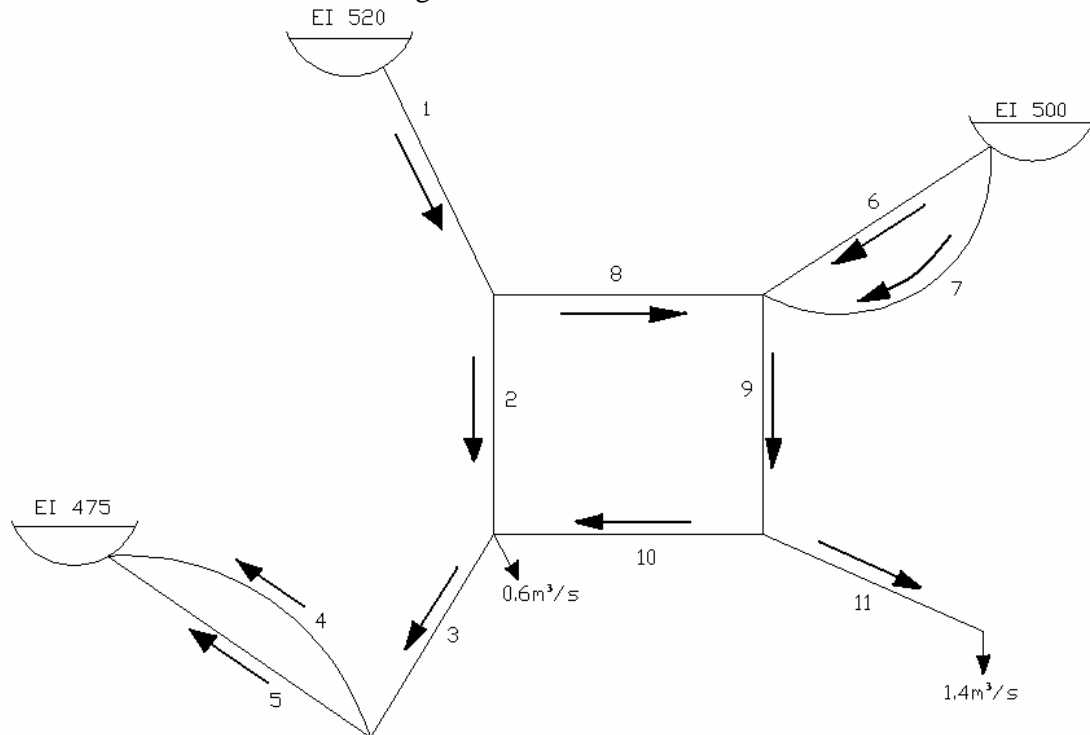
.6.-mm
ε:rugosidad absoluta
EDIT CHOOS TODOS ECUAC CANCL OK

TUBS	Tub1	Tub2	Tub3
ε/D	.0002	.002	.001
Re	1511000.	922800.	1827000.
F	.01447	.02369	.01986
V	1.522	-2.065	3.066
Q	1.195	-.3284	.8669
H	5.128	-6.872	15.87

OK

EJEMPLO N°4

Hallar los caudales en la red de la figura. $\nu = 1.2 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$



Tubería	Longitud(m)	Diámetro(m)	Rugosidad absoluta (mm)
1	3000	1.0	0.5
2	3000	0.8	0.5
3	3000	0.8	0.5
4	3000	0.5	0.5
5	3000	0.3	0.5
6	3000	0.8	0.5
7	3000	0.6	0.5
8	4000	1.0	0.5
9	4000	1.0	0.5
10	4000	0.6	0.5
11	4000	0.6	0.5

Solución:

Las ecuaciones son:

Ecuación 1: $520 - H1 - H8 + H6 = 500$

Ecuación 2: $520 - H1 - H2 - H3 - H4 = 475$

Ecuación 3: $H4 = H5$

Ecuación 4: $-H8 - H9 - H10 + H2$

Ecuación 5: $H6 = H7$

Ecuación 6: $Q9 = Q10 + Q11$

Ecuación 7: $Q1 = Q2 + Q8$

Ecuación 8: $Q2 + Q10 = Q3 + 0.6$

Ecuación 9: $Q3 = Q4 + Q5$

Ecuación 10: $Q6 + Q7 + Q8 = Q9$

Ecuación 11: $Q11 = 1.4$

Redes de tuberías: ecuac simult

Nº tuberías: **11**

Datos E: rugosidad abs. SWamee
Ecuación de Swamee and Jain.
Solo para Flujo turbulento.

visc cin: .0000012

nº de ecuaciones = nº tuberías

CHOOS ABRIR ECUAC CANCL OK

Escribe las ecuaciones

Eq1: '520.-H1-H8+Eq8: 'Q2+Q10=Q3+.
Eq2: '520.-H1-H2-IEq9: 'Q3=Q4+Q5'
Eq3: 'H4=H5' E10: 'Q6+Q7+Q8=Q9
Eq4: '-H8-H9-H10+IE11: 'Q11=1.4'
Eq5: 'H6=H7'
Eq6: 'Q9=Q10+Q11'
Eq7: 'Q1=Q2+Q8'
520.-H1-H8+H6=500.
En term de Q1,H1,V1,Q2,H2,V2,...
EDIT OPCIO ECUAC CANCL OK

T	Longit	Diamet	K	E	Qinic
T1	3000.	1.	0.	.0005	.5
T2	3000.	.8	0.	.0005	.5
T3	3000.	.8	0.	.0005	.5
T4	3000.	.5	0.	.0005	.5
T5	3000.	.3	0.	.0005	.5
T6	3000.	.8	0.	.0005	.5
T7	3000.	.6	0.	.0005	.5
0.					
Coef. pérdidas menores					
EDIT	CHOOS	TODOS	ECUAC	CANCL	OK

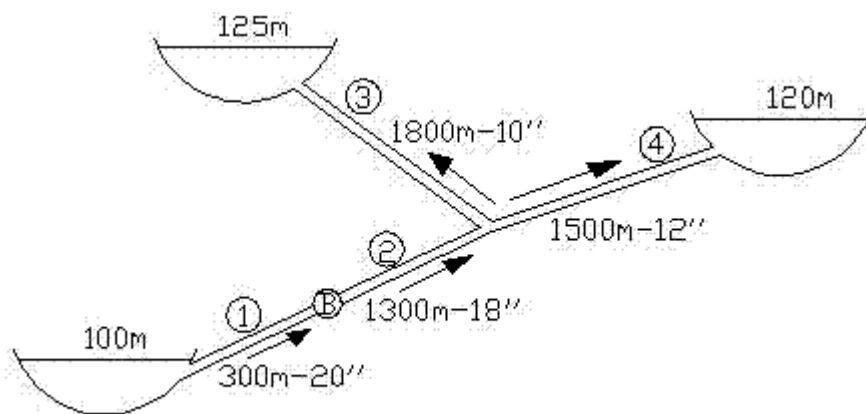
T	Longit	Diamet	K	E	Qinic
T8	4000.	1.	0.	.0005	.5
T9	4000.	1.	0.	.0005	.5
10	4000.	.6	0.	.0005	.5
11	4000.	.6	0.	.0005	.5
4000.					
Longitud de esta tubería					
EDIT		TODOS	ECUAC	CANCL	OK

Después de algunos minutos podemos ver la matriz con los resultados.
Los valores negativos de V10, Q10 y H10 nos dicen que en la tubería 10 el agua fluye en sentido opuesto al representado en el gráfico.

TUBS	E/D	Re	F	V	Q	H
Tub1	.0005	2075000.	.01701	2.49	1.955	16.14
Tub2	.000625	1364000.	.01796	2.046	1.029	14.39
Tub3	.000625	470000.	.01856	.705	.3544	1.765
Tub4	.001	596800.	.02025	1.432	.2812	12.71
Tub5	.001667	258700.	.02326	1.035	.07316	12.71
Tub6	.000625	360500.	.0188	.5408	.2718	1.052
Tub7	.0008333	225100.	.02034	.4502	.1273	1.052
Tub8	.0005	983300.	.0173	1.18	.9267	4.916
Tub9	.0005	1407000.	.01714	1.688	1.326	9.967
Tub10	.0008333	131200.	.02118	-.2623	-.07417	-.4957
Tub11	.0008333	2476000.	.01898	4.951	1.4	158.3

EJEMPLO N°5: Bombeo de un reservorio a otros dos

En el sistema mostrado en la figura hay una bomba que suministra a la corriente una potencia de 50 HP. Calcular el caudal en cada tubería. Considerar $f = 0.02$ en todas las tuberías. (Considerar una eficiencia del 80%).



Solución:

```
Redes de tuberías: ecuac simult
N° tuberías: 4
Datos f: coefic fricción
          Cuando E no interviene.
          Solo para Flujo turbulento.

n° de ecuaciones = n° tuberías
CHOOS ABRIR ECUAC CANCL OK
```

T	Longit	Diamet	K	F	Qinic
T1	300.	20..in	0.	.02	.1
T2	1300.	18..in	0.	.02	.1
T3	1800.	10..in	0.	.02	.1
T4	1500.	12..in	0.	.02	.1

0.
Coef. pérdidas Menores
EDIT CHOOS TODOS ECUAC CANCL OK

```
Escribe las ecuaciones
Eq1: '100-H1+746.5*50/(.8*9800*Q1)*.
Eq2: '125.+H3-H4=120.'
Eq3: 'Q1=Q2'
Eq4: 'Q2=Q3+Q4'
```

Donde la 1ª ecuación es:

$$100 - H_1 + \frac{746.5 \cdot 50}{9800 \cdot Q_1} \cdot .8 - H_2 - H_3 = 125$$

TUBS	Tub1	Tub2	Tub3	Tub4
V	.5349	.6604	.4802	1.152
Q	.1084	.1084	.02433	.08408
H	.1724	1.265	1.667	6.667

OK

NOTA: La ecuación de una bomba $H = H(Q)$ también puede darse como un polinomio. Por ejemplo si la ecuación de la bomba del ejemplo 5 fuera:

$$H_b = 28.11 - 0.05623xQ - 0.00843xQ^2 - 0.00197xQ^3$$

Entonces la ecuación 1 en el ejemplo 5 se escribiría así:

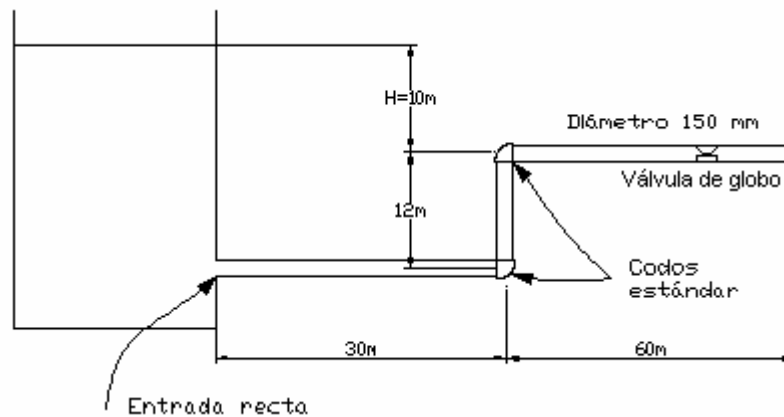
$$100 - H_1 + 28.11 - .05623 \cdot Q_1 - .00843 \cdot Q_1^2 - .00197 \cdot Q_1^3 - H_2 - H_3 = 125$$

O también:

$$100 - H_1 + 28.11 - .05623 \cdot Q_2 - .00843 \cdot Q_2^2 - .00197 \cdot Q_2^3 - H_2 - H_3 = 125$$

EJEMPLO N°6:

Encontrar el caudal a través de la tubería de hierro fundido limpio de la figura. $H = 10 \text{ m}$. $\nu = 1.01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.



Solución: Completar los datos

Nº tuberías: 1

Datos: ϵ : rugosidad abs. Swamee

Visc cin: $1.01 \text{E}-6$

Ecuación 1:

$$10 - H_1 = \frac{v_1^2}{2 \cdot 9.8}$$

Para hallar los valores de K y ϵ podemos usar la ayuda.

$$K = 0.50 + 0.90 \times 2 + 10.00 = 12.30$$

ACCESORIOS	K
Entrada bordes agudos	0.50
Entrada b. red. $r/d=0.04$	0.26
Entrada b. red. $r/d=0.2$	0.03
Entrada b. acampanados	0.04
Entrada b. entrantes	1.00
Salida a depósito	1.00
Codo a 90°	0.30
Codo a 45°	0.42
Codo curvatura fuerte	0.75
CANCL	OK

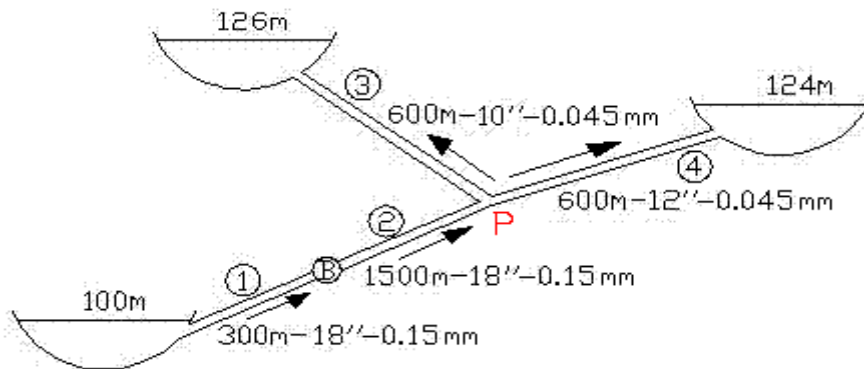
VALORES RUGOSIDAD ABSOLUTA	ϵ
Acero rolado nuevo	0.050×10^{-3}
Acero laminado nuevo	$.04-.10 \times 10^{-3}$
Acero remachado	$0.9-0.03 \times 10^{-3}$
Hierro forjado	0.045×10^{-3}
Hierro fund. asfaltado	0.12×10^{-3}
Hierro galvanizado	0.15×10^{-3}
Hierro fundido nuevo	0.25×10^{-3}
Hierro fundido oxidado	$1-1.5 \times 10^{-3}$
Cemento enlucido	0.40×10^{-3}
CANCL	OK

T	Longit	Diamet	K	ϵ	$Q_{inicial}$
T1	102.	.15	12.3	.00025	.1
.00025					
ϵ : rugosidad absoluta					
EDIT	CHOOS		ECUAC	CANCL	OK

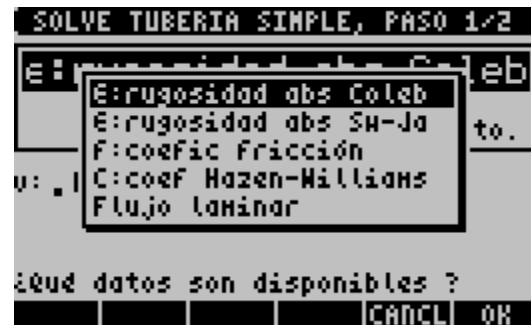
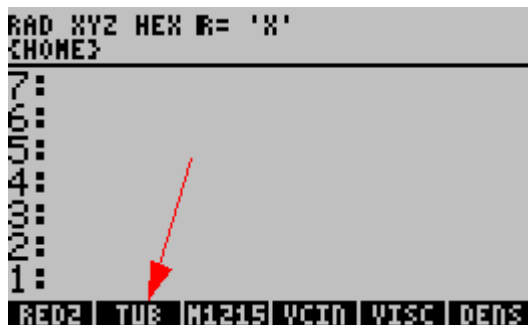
TUBS	Tub1
E/D	.001667
Re	386600.
f	.02298
V	2.603
Q	.046
H	9.654
OK	

EJEMPLO N°7: Usando el comando TUB

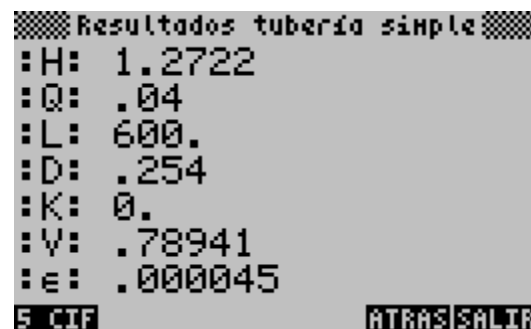
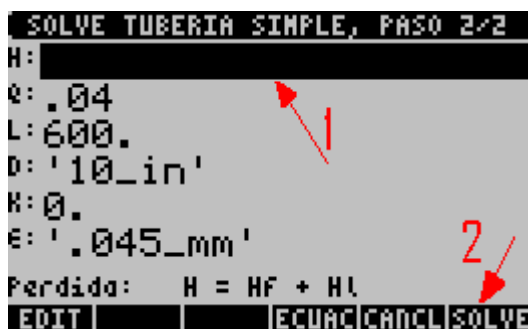
Calcular la potencia que debe tener la bomba (eficiencia 0.75) para que el caudal en la tubería 3 sea de 40 l/s. $v = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. Datos: longitud, diámetro y rugosidad de cada tubería.



Solución: En los ejemplos anteriores se usó el comando **RED2**. Ahora se usará el comando **TUB**. Tenemos como datos las rugosidades relativas. Hay dos opciones, escogeremos la ecuación de Colebrook. Luego escribimos la viscosidad cinemática y **OK** para pasar a la siguiente pantalla.



- a) Empezamos por la **tubería 3**. Para hallar H debemos tener el enfoque en el campo H (podemos dar aquí una aproximación inicial), luego presionar **SOLVE**



La respuesta $H = 1.2722 \text{ m}$ nos permite hallar la cota piezométrica en el punto P.

$$Z_p = 126 \text{ m} + 1.2722 \text{ m} = 127.2722 \text{ m}$$

Ahora podemos hallar las pérdidas en la tubería 4:

$$H = 127.2722 \text{ m} - 124 \text{ m} = 3.2722 \text{ m}$$

- b) Presionamos **ATRÁS** , luego escribimos los datos de la **tubería 4** para hallar su caudal. Para hallar Q debemos tener el enfoque en el campo Q (podemos dar aquí una aproximación inicial o dejarlo como está), luego presionar **SOLVE**

<pre> SOLVE TUBERIA SIMPLE, PASO 2/2 H: 3.2722 Q: 1. L: 600. D: '12_in' K: 0. e: '.045_mm' Caudal EDIT ECUAC CANCL SOLVE </pre>	<pre> Resultados tubería simple :H: 3.2722 :Q: .10716 :L: 600. :D: .3048 :K: 0. :V: 1.4686 :e: .000045 5 CIF ATRAS SALIR </pre>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

La respuesta $Q = 0.10716$ nos permite hallar el caudal en las tuberías 2 y 1:

$$Q_2 = Q_3 + Q_4 = 0.040 + 0.10716 = 0.14716$$

$$Q_1 = Q_2 = 0.14716$$

- c) Presionamos **ATRÁS**, luego escribimos los datos de la **tubería 2** para hallar sus pérdidas. Para hallar H debemos tener el enfoque en el campo H (podemos dar aquí una aproximación inicial o dejarlo como está), luego presionar **SOLVE**

<pre> SOLVE TUBERIA SIMPLE, PASO 2/2 H: 1. Q: .14716 L: 1500. D: '18_in' K: 0. e: '.15_mm' Pérdida: H = Hf + Hl EDIT ECUAC CANCL SOLVE </pre>	<pre> Resultados tubería simple :H: 2.249 :Q: .14716 :L: 1500. :D: .4572 :K: 0. :V: .89637 :e: .00015 5 CIF ATRAS SALIR </pre>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

La respuesta $H = 2.249$ nos permite hallar la cota piezométrica inmediatamente después de la bomba:

$$Z_{B2} = 127.2722 \text{ m} + 2.249 \text{ m} = 129.5212 \text{ m}$$

- d) Presionamos **ATRÁS**, luego escribimos los datos de la **tubería 1** para hallar sus pérdidas. Para hallar H debemos tener el enfoque en el campo H (podemos dar aquí una aproximación inicial o dejarlo como está), luego presionar **SOLVE**

<pre> SOLVE TUBERIA SIMPLE, PASO 2/2 H: 1. Q: .14716 L: 300. D: '18_in' K: 0. e: '.15_mm' Pérdida: H = Hf + Hl EDIT ECUAC CANCL SOLVE </pre>	<pre> Resultados tubería simple :H: .44979 :Q: .14716 :L: 300. :D: .4572 :K: 0. :V: .89637 :e: .00015 5 CIF ATRAS SALIR </pre>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

La respuesta $H = 0.44979 \text{ m}$ nos permite hallar la cota piezométrica inmediatamente antes de la bomba:

$$Z_{B1} = 100 \text{ m} - 0.44979 \text{ m} = 99.55021 \text{ m}$$

- e) La energía suministrada por la bomba es:

$$H_B = H_{B2} - H_{B1} = 129.5212 \text{ m} - 99.55021 \text{ m} = 29.971 \text{ m}$$

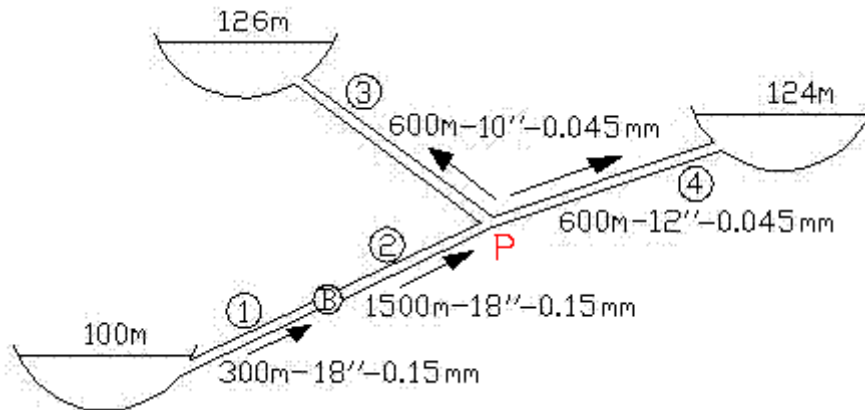
La potencia de la bomba será:

$$P = 9800 \times 0.14716 \times 29.971 / 0.75 = 57631 \text{ W}$$

$$P = 77.28 \text{ hp}$$

EJEMPLO N°7: Usando el comando RED2

Calcular la potencia que debe tener la bomba (eficiencia 0.75) para que el caudal en la tubería 3 sea de 40 l/s. $v = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. Datos: longitud, diámetro y rugosidad de cada tubería.



Solución:

Este ejercicio también se puede resolver usando el comando RED2:

```
Redes de tuberías:ecuac simult
n° tuberías: 4
Datos E:rugosidad abs. Swamee
Ecuación de Swamee and Jain.
Solo para flujo turbulento.
visc cin: .000001
n° de ecuaciones = n° tuberías
CHOOSABRIA ECUAC CANCL OK
```

```
Escribe las ecuaciones
Eq1: 'Q1=Q2'
Eq2: 'Q2=Q3+Q4'
Eq3: '126+H3-H4=124'
Eq4: 'Q3=.04'

126+H3-H4=124
En term de Q1,H1,V1,Q2,H2,V2,...
EDIT OPCIO ECUAC CANCL OK
```

T	Longit	Diámet	K	E	Qinic
T1	300.	18..in	0.	.15_MM	.1
T2	1500.	18..in	0.	.15_MM	.1
T3	600.	10..in	0.	.045_M	.1
T4	600.	12..in	0.	.045_M	.1

.045_MM
E:rugosidad absoluta
EDIT CHOOS TODOS ECUAC CANCL OK

TUBS	Tub1	Tub2	Tub3	Tub4
E/D	.0003281	.0003281	.0001772	.0001476
Re	403400.	403400.	200500.	446300.
f	.01682	.01682	.01696	.01516
V	.8954	.8954	.7894	1.466
Q	.147	.147	.04	.107
H	.4513	2.257	1.273	3.273

Cota piezométrica inmediatamente antes de la bomba:

$$Z_{B2} = 100 \text{ m} - H_1 = 100 \text{ m} - 0.4513 \text{ m} = 99.5487 \text{ m}$$

Cota piezométrica inmediatamente después de la bomba:

$$Z_{B2} = 126 \text{ m} + H_3 + H_2 = 126 \text{ m} + 1.273 \text{ m} + 2.257 \text{ m} = 129.53 \text{ m}$$

La energía suministrada por la bomba es:

$$H_B = H_{B2} - H_{B1} = 129.53 \text{ m} - 99.5487 \text{ m} = 29.9813 \text{ m}$$

La potencia de la bomba será:

$$P = 9800 \times 0.147 \times 29.9813 / 0.75 = 57\,588 \text{ W}$$

$$P = 77.23 \text{ hp}$$