

PARA CALCULADORAS hp50g

FACULTAD NACIONAL DE INGENIERIA

ANALISIS DE REDES CERRADAS

(METODO GRADIENTE HIDRAULICO - NEWTON RAPSHON)



POR: ALEXANDER GUTIERREZ Q.

DEDICATORIA:

A Sheny:

Gracias por ser mi mayor inspiración, mi dicha, mi orgullo, mi Princesa, mi ángel, mi Novia y amiga que cambió mi vida por completo; sobre todo por darme los ánimos apoyo incondicional en los momentos más difíciles y por estar siempre pendiente de mí.

*...A VECES PIENSO QUE ESTOY EN EL LUGAR EQUIVOCADO,
EN UN MUNDO QUE ME ES AJENO Y EXTRAÑO,
Y CADA INTENTO POR SER UN RAYO DE SOL SE VUELVE INÚTIL,
ENTONCES HUYO DEL MUNDO Y EMPIEZO A PROGRAMAR...*



CONTENIDO:

NOTACIÓN:	I
PREFACIO:	II
DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA GrHidráulico:.....	1
INSTALACION:.....	1
EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL PROGRAMA:.....	2
EJEMPLO N°1	2
EJEMPLO N°2	4
EJEMPLO N°3	7
EJEMPLO N°4	10
CONDICIONES DE USO:.....	28
AGRADECIMIENTOS:	28
DONDE ENCONTRARME:	29
REFERENCIAS:.....	30
APENDICE:.....	31



NOTACIÓN:

AYUDA DEL PROGRAMA:

- GRADIENTE HIDRAULICO N-RAPSHON.
- Preparación de datos para ingresar al programa.

NOTACION PREDIMENSIONAMIENTO:

N°TR= Número de Tramos Total
Lcal= longitud Calculado Lc ó Lr
Vadop= Velocidad Adoptada (m/s) $0.6 \leq 1 \leq 2$
Dcom= Diámetro Comercial (**Marque** para que pueda adoptar el Programa de manera Automática).

NOTACION TRAMOS:

La numeración y notación de los tramos, nodos y coeficiente **k** es la siguiente:
TRAMO=N° DE TUBERIAS
INI=NODO INICIAL
FIN=NODO FINAL
Ki=COEFICIENTE TOTAL DE TUBERIAS

NOTACION DE NODOS:

La numeración de los nodos es la siguiente:

A=1
B=2
C=3
D=4
E=5
F=6
G=7
H=8

NOTACION DE TANQUES:

La numeración de los tanques es la siguiente:

TANQUE N°1=T1
TANQUE N°2=T2
ELEVACION TERRENO= [msnm]



PREFACIO:

GrHidráulico es una aplicación para las calculadoras graficadoras hp50g, debido a que está completamente escrito en el lenguaje RPL propia de estas máquinas, los resultados obtenidos por Gradiente hidráulico fueron minuciosamente revisados, comprobando los resultados con los de archivo Excel y además comprobando los resultados con el programa computacional de algunos de los principales programas comerciales: KYPIPE 3, CYBERNET, WATERCAD y EPANET. Las diferencias se encuentran dentro de los parámetros admisibles.

Gradiente Hidráulico es una formulación completamente matricial para el análisis y diseño de un Sistema de Redes de Abastecimiento de Agua Potable, es necesario subdividir el sistema de abastecimiento en una serie de elementos e identificar sus puntos extremos como nodos, a partir de este es corregir por iteración de una sola vez los caudales que deben transcurrir en cada tubería y la presión que se genera por este efecto, planteando un sistema de ecuaciones simultáneos e implícitas en cada nodo considerado del sistema, los cuales pueden ser resueltos con cualquier método matemático de compensación ó iteración, sin embargo los más adecuados se presentan los siguientes métodos de análisis y diseño de redes cerradas:

- Método de Hardy-Cross con corrección de caudales con Newton Raphson
- Método de la teoría lineal y matricial de Wood y Charles
- Método de Newton-Raphson
- Método matricial del gradiente hidráulico

Mediante este método del Gradiente Hidráulico es posible analizar indistintamente redes abiertas, cerradas o la combinación de estas, haciendo la corrección ó compensación de Caudales y a la misma vez la Corrección de Cotas Piezometricas de manera eficaz y encontrando una convergencia muy razonable en poca iteración.



ANALISIS DE REDES CERRADAS **(METODO GRADIENTE HIDRAULICO - NEWTON RAPSHON)**

DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA GrHidráulico:

- Versión: 2.0
- Título: GrHidráulico
- Lenguaje de Programación: USER-RPL y SYSTEM RPL.
- Biblioteca: L1238
- Tamaño: 120381 Bytes
- Plataformas Soportadas: ROM 2.15 – HP50g

El presente programa va dirigido a todo profesional de ingeniería civil, en especial a los estudiantes de la Gloriosa Facultad Nacional de Ingeniería Civil (F.N.I.), que cursan el curso de SANITARIA-I. El presente programa calcula las PROYECCIONES DE POBLACIÓN FUTURA (Método Geométrico), PREDIMENSIONAMIENTO (diámetro comercial y Perdidas de Carga), CORRECCIÓN DE REDES CERRADAS (Aplicando el Método de Gradiente hidráulico y Newton Rapshon).

El programa funciona en modo RPN y también en Algebraico. Claro que ésta calculadora está diseñada para usarla en RPN.

INSTALACION:

NOTA:

El programa requiere el **puerto 0 y HOME** libre para el correcto funcionamiento, el programa automáticamente al instalarse lo Borra y libera espacio para su funcionamiento, cualquier programa o archivo que tenga se deberá Guardar Previamente por el Usuario.

1. Transferir el programa Análisis de Redes Cerradas V2.0 a la calculadora hp50g.
- 2.- Ejecutar el programa con EVAL y elegir el puerto a instalar la biblioteca.

```
DEG XYZ HEX C~ 'X'  
{HOME}  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1: "Análisis De Redes Cerradas V.  
Code { L1238 } PURGE CLEAR  
Extab|QT49+|MURDS|PRESU|LIBHI|SANI-
```

```
Gradiente HidraulicoV2.  
Instalar en puerto 1  
Instalar en puerto 2  
CANCL OK
```



EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL PROGRAMA:

EJEMPLON°1

DETERMINACION DE LA PROYECCIÓN, POBLACION, DOTACIÓN Y CONSUMO:

Datos:

$P_o = 137727$ [Hab.] población inicial
 $i = 1.95$ [%] índice de crecimiento de la población
 $t = 25$ [años] (asumido) periodo de diseño
 $D_o = 140$ [Lits/(hab-día)]
 $d = 0.25$ [%]

Formulas a usar:

CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN: (Método Geométrico)

$$P_f = P_o * \left(1 + \frac{i}{100}\right)^t [Hab.]$$

DOTACION FUTURA:

$$D_f = D_o * \left(1 + \frac{d}{100}\right)^t [l / (hab. - día)]$$

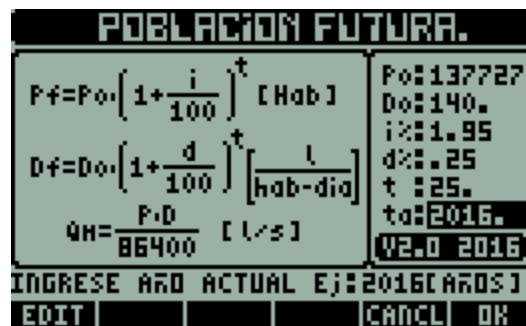
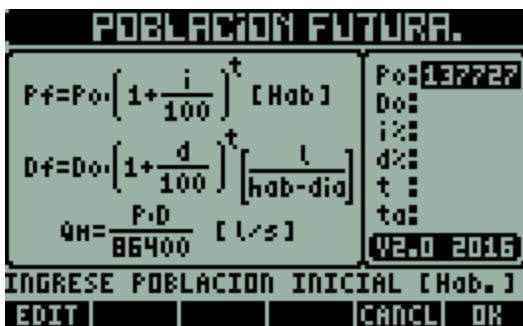
CONSUMO MEDIO:

$$Q_m = \frac{p * D}{86400} [l / s]$$

INGRESO DE DATOS:



Elegimos la Primera Opción del menú e ingresamos los datos y presionamos ENTER.



Terminada el ingreso de datos presionamos OK. ó ENTER.

OBTENCION DE RESULTADOS:

- Para ver todos los resultados desplazarse con las teclas de direccion:



AÑOS	Nº	PobFut	DotFut	Consumo(Q)
2016.	0.	137727.	140.	223.2
2017.	1.	140413.	140.4	228.2
2018.	2.	143151.	140.7	233.1
2019.	3.	145942.	141.1	238.3
2020.	4.	148788.	141.4	243.5
2021.	5.	151689.	141.8	249.
2022.	6.	154647.	142.1	254.3
2023.	7.	157663.	142.5	260.
2024.	8.	160737.	142.8	265.7
2025.	9.	163872.	143.2	271.6
2026.	10.	167067.	143.5	277.5
2027.	11.	170325.	143.9	283.7
2028.	12.	173646.	144.3	290.
2029.	13.	177033.	144.6	296.3
2030.	14.	180485.	145.	302.9
2031.	15.	184004.	145.3	309.4
2032.	16.	187592.	145.7	316.3
2033.	17.	191250.	146.1	323.4
2034.	18.	194980.	146.4	330.4
2035.	19.	198782.	146.8	337.7
2036.	20.	202658.	147.2	345.3
2037.	21.	206610.	147.5	352.7
2038.	22.	210639.	147.9	360.6
2039.	23.	214746.	148.3	368.6
2040.	24.	218934.	148.6	376.5
2041.	25.	223203.	149.	384.9
Σ+	.	.	.	300.

EJEMPLON°2

DETERMINACION DE LA PROYECCIÓN, POBLACION, DOTACIÓN, CONSUMO, CAUDAL MÍNIMO Y CAUDAL MÁXIMIMO MENSUAL:

Datos:

P_o = 137727 [Hab.] población inicial
 i = 1.95 [%] índice de crecimiento de la población
 t = 25 [años] (asumido) periodo de diseño
 D_o = 140 [Lits/(hab-día)]
 d = 0.25 [%]
 K_1 = 0.75 Caudal Mínimo mensual
 K_1 = 1.25 Caudal Máximo mensual

Formulas a usar:

CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN: (Método Geométrico)

$$Pf = Po * \left(1 + \frac{i}{100}\right)^t [Hab.]$$

DOTACION FUTURA:

$$Df = Do * \left(1 + \frac{d}{100}\right)^t [l / (hab. - día)]$$

CONSUMO MEDIO:

$$Qm = \frac{p * D}{86400} [l / s]$$

CAUDAL MINIMO MENSUAL:

$$Qmín = k1mín * Qm [l / s]$$

CAUDAL MÁXIMO MENSUAL:

$$Qmáx = k1máx * Qm [l / s]$$

INGRESO DE DATOS:



Elegimos la Segunda Opción del menú e ingresamos los datos y presionamos ENTER.

POBLACION FUTURA.

$$P_f = P_o \left(1 + \frac{i}{100} \right)^t$$

$$D_f = D_o \left(1 + \frac{d}{100} \right)^t$$

$$Q_H = \frac{P \cdot D}{86400}$$

Po: Do: i%: d%: t: to: K1min: K1max:

INGRESE POBLACION INICIAL [Hab.]

EDIT: CANCL OK

POBLACION FUTURA.

$$P_f = P_o \left(1 + \frac{i}{100} \right)^t$$

$$D_f = D_o \left(1 + \frac{d}{100} \right)^t$$

$$Q_H = \frac{P \cdot D}{86400}$$

Po:13772;Do:140. i%: d%: t: to: K1min: K1max:

INDICE CRECIMIENTO POBLACION [%]

EDIT: CANCL OK

POBLACION FUTURA.

$$P_f = P_o \left(1 + \frac{i}{100} \right)^t$$

$$D_f = D_o \left(1 + \frac{d}{100} \right)^t$$

$$Q_H = \frac{P \cdot D}{86400}$$

Po:13772;Do:140. i%:1.95 d%:0.25 t: to: K1min: K1max:

INGRESE PERIODO DE DISEÑO [AÑOS]

EDIT: CANCL OK

POBLACION FUTURA.

$$P_f = P_o \left(1 + \frac{i}{100} \right)^t$$

$$D_f = D_o \left(1 + \frac{d}{100} \right)^t$$

$$Q_H = \frac{P \cdot D}{86400}$$

Po:13772;Do:140. i%:1.95 d%:0.25 t:25. to:2016. K1min: K1max:

INGRESE K1 MINIMO MENSUAL

EDIT: CANCL OK

POBLACION FUTURA.

$$P_f = P_o \left(1 + \frac{i}{100} \right)^t$$

$$D_f = D_o \left(1 + \frac{d}{100} \right)^t$$

$$Q_H = \frac{P \cdot D}{86400}$$

Po:13772;Do:140. i%:1.95 d%:0.25 t:25. to:2016. K1min:0.75 K1max:1.25

INGRESE K1 MAXIMO MENSUAL

EDIT: CANCL OK

Terminada el ingreso de datos presionamos **OK.** ó **ENTER.**

OBTENCION DE RESULTADOS:

- Para ver todos los resultados desplazarse con las teclas de direccion:



AÑOS	Nº	PobFut	DotFut	Qmedio	Qmin	Qmax
2016.	0.	137727.	140.	223.2	.	.
2017.	1.	140413.	140.4	228.2	171.2	285.3
2018.	2.	143151.	140.7	233.1	174.8	291.4
2019.	3.	145942.	141.1	238.3	178.7	297.9
2020.	4.	148788.	141.4	243.5	182.8	304.4
2021.	5.	151689.	141.8	249.	186.8	311.3
2022.	6.	154647.	142.1	254.3	190.7	317.9
2023.	7.	157663.	142.5	260.	195.	325.
2024.	8.	160737.	142.8	265.7	199.3	332.1
2025.	9.	163872.	143.2	271.8	203.7	339.5
2026.	10.	167067.	143.5	277.9	208.1	346.9
2027.	11.	170325.	143.9	283.7	212.8	354.6
2028.	12.	173646.	144.3	290.	217.9	362.5
2029.	13.	177033.	144.8	296.3	222.2	370.4
2030.	14.	180485.	145.	302.5	227.2	378.6
2031.	15.	184004.	145.3	309.4	232.1	386.8
2032.	16.	187592.	145.7	316.3	237.2	395.4
2033.	17.	191250.	146.1	323.4	242.8	404.3
2034.	18.	194980.	146.4	330.4	247.8	413.
2035.	19.	198782.	146.8	337.7	253.3	422.1
2036.	20.	202658.	147.2	345.3	259.	431.6
2037.	21.	206610.	147.5	352.7	264.9	440.9
2038.	22.	210639.	147.9	360.8	270.9	450.8
2039.	23.	214746.	148.3	368.8	276.9	460.8
2040.	24.	218934.	148.8	376.9	282.4	470.6
2041.	25.	223203.	149.	384.9	288.7	481.1
Σ+	.	.	.	300.	5625.2	9375.2

EJEMPLON°3

DETERMINACION DE LA PROYECCIÓN, POBLACION, DOTACIÓN, CONSUMO, CAUDAL MÍNIMO MENSUAL, CAUDAL MÁXIMIMO MENSUAL, CAUDAL MÍNIMO HORARIO Y CAUDAL MÁXIMO HORARIO:

Datos:

Po = 137727 [Hab.] poblacion inicial
i = 1.95 [%] indice de crecimiento de la poblacion
t = 25 [años] (asumido) periodo de diseño
Do = 140 [Lits/(hab-dia)]
d = 0.25 [%]
K1 = 0.75 Caudal Mínimo mensual **K1** = 1.25 Caudal Máximo mensual
K2 = 0.172 Caudal Mínimo horario **K2** = 1.972 Caudal Máximo horario

Formulas a usar:

CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN: (Método Geométrico)

$$Pf = Po * \left(1 + \frac{i}{100}\right)^t [Hab.]$$

DOTACION FUTURA:

$$Df = Do * \left(1 + \frac{d}{100}\right)^t [l / (hab. - día)]$$

CONSUMO MEDIO:

$$Qm = \frac{p * D}{86400} [l / s]$$

CAUDAL MINIMO HORARIO:

$$Qmín = k1mín * k2mín * Qm [l / s]$$

CAUDAL MÁXIMO HORARIO:

$$Qmáx = k1máx * k2máx * Qm [l / s]$$

INGRESO DE DATOS:



Elegimos la Tercera Opción del menú e ingresamos los datos y presionamos **ENTER**.

POBLACION FUTURA.	
$P_f = P_o \left(1 + \frac{i}{100} \right)^t$	$D_f = D_o \left(1 + \frac{d}{100} \right)^t$
$Q_M = \frac{P \cdot D}{86400}$	$Q_M = \frac{P \cdot D}{86400}$
Po: <input type="text"/> Do: <input type="text"/> i%: <input type="text"/> d%: <input type="text"/> t: <input type="text"/> to: <input type="text"/> K1min: <input type="text"/> K1max: <input type="text"/> K2min: <input type="text"/> K2max: <input type="text"/>	
INGRESE POBLACION INICIAL [Hab.]	
EDIT	CANCL OK

POBLACION FUTURA.	
$P_f = P_o \left(1 + \frac{i}{100} \right)^t$	$D_f = D_o \left(1 + \frac{d}{100} \right)^t$
$Q_M = \frac{P \cdot D}{86400}$	$Q_M = \frac{P \cdot D}{86400}$
Po:13772;Do:140. i%:1.95 d%:0.25 t:25. to:2016. K1min: <input type="text"/> K1max: <input type="text"/> K2min: <input type="text"/> K2max: <input type="text"/>	
INGRESE K1 MINIMO MENSUAL	
EDIT	CANCL OK

POBLACION FUTURA.	
$P_f = P_o \left(1 + \frac{i}{100} \right)^t$	$D_f = D_o \left(1 + \frac{d}{100} \right)^t$
$Q_M = \frac{P \cdot D}{86400}$	$Q_M = \frac{P \cdot D}{86400}$
Po:13772;Do:140. i%:1.95 d%:0.25 t:25. to:2016. K1min:0.75 K1max:1.25 K2min: <input type="text"/> K2max: <input type="text"/>	
INGRESE K2 MINIMO HORARIO	
EDIT	CANCL OK

POBLACION FUTURA.	
$P_f = P_o \left(1 + \frac{i}{100} \right)^t$	$D_f = D_o \left(1 + \frac{d}{100} \right)^t$
$Q_M = \frac{P \cdot D}{86400}$	$Q_M = \frac{P \cdot D}{86400}$
Po:13772;Do:140. i%:1.95 d%:0.25 t:25. to:2016. K1min:0.75 K1max:1.25 K2min:0.172 K2max:1.972	
INGRESE K2 MAXIMO HORARIO	
EDIT	CANCL OK

Terminada el ingreso de datos presionamos **OK**. ó **ENTER**.

OBTENCION DE RESULTADOS:

- Para ver todos los resultados desplazarse con las teclas de direccion:



ANOS	Nº	PobFut	DotFut	Qmedio	Qmáx	Qmín
2016.	0.	137727.	140.	223.2	.	.
2017.	1.	140413.	140.4	228.2	29.4	562.5
2018.	2.	143151.	140.7	233.1	30.1	574.6
2019.	3.	145942.	141.1	238.3	30.7	587.4
2020.	4.	148788.	141.4	243.5	31.4	600.2
2021.	5.	151689.	141.8	249.	32.1	613.8
2022.	6.	154647.	142.1	254.3	32.8	626.8
2023.	7.	157663.	142.5	260.	33.5	640.9
2024.	8.	160737.	142.8	265.7	34.3	655.
2025.	9.	163872.	143.2	271.8	35.	669.5
2026.	10.	167067.	143.5	277.9	35.8	684.
2027.	11.	170325.	143.9	283.7	36.8	699.3
2028.	12.	173646.	144.3	290.	37.4	714.9
2029.	13.	177033.	144.8	296.3	38.2	730.4
2030.	14.	180485.	145.	302.5	39.1	746.6
2031.	15.	184004.	145.3	309.4	39.9	762.7
2032.	16.	187592.	145.7	316.3	40.8	779.7
2033.	17.	191250.	146.1	323.4	41.7	797.2
2034.	18.	194980.	146.4	330.4	42.8	814.4
2035.	19.	198782.	146.8	337.7	43.8	832.4
2036.	20.	202658.	147.2	345.3	44.9	851.2
2037.	21.	206610.	147.5	352.7	45.9	869.4
2038.	22.	210639.	147.9	360.8	46.9	888.9
2039.	23.	214746.	148.3	368.8	47.9	908.6
2040.	24.	218934.	148.8	376.9	48.8	928.1
2041.	25.	223203.	149.	384.9	49.7	948.8
Σ+	.	.	.	300.	967.8	18487.3

EJEMPLONº4

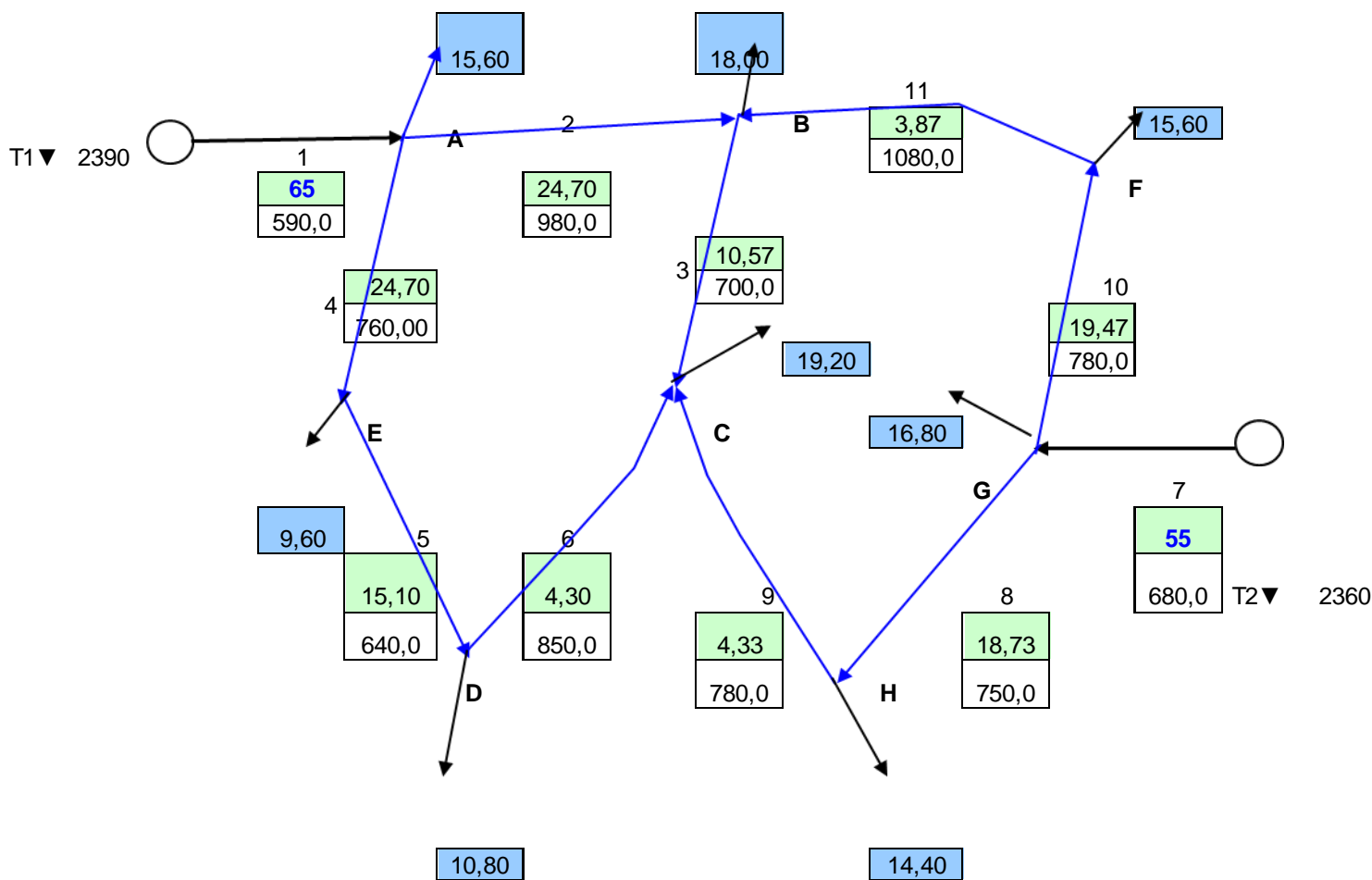
EJERCICIO-II-2013

- 1.- Realizar el balance hidráulico y determinar el caudal medio de cada tramo
- 2.- Para la Red R2, asignar caudales y generar los datos necesarios
- 3.- En la Red R2 instalar Válvulas Reguladoras de presión y determinar la presión que debe reducir cada válvula.
- 4.- Con el método del Gradiente Hidráulico y el método de Newton-Raphson, calcular las cotas piezométricas y las presiones en la Red R2

1.- ASIGNACION DE CAUDALES (EN LA RED)

Nodo	▼tub	q nodo	
A	2366	0,13	15,60
B	2300	0,15	18,00
C	2305	0,16	19,20
D	2340	0,09	10,80
E	2360	0,08	9,60
F	2320	0,13	15,60
G	2325	0,14	16,80
H	2330	0,12	14,40

2.- GENERACIÓN DE DATOS:



3.- PREDIMENSIONAMIENTO:

INGRESO DE DATOS: 1° FORMA



Elegimos la Cuarta Opción del menú e ingresamos los datos y presionamos **ENTER**.

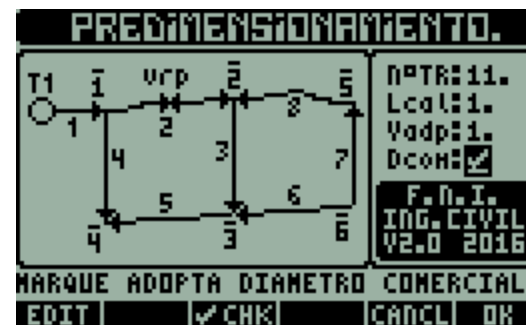
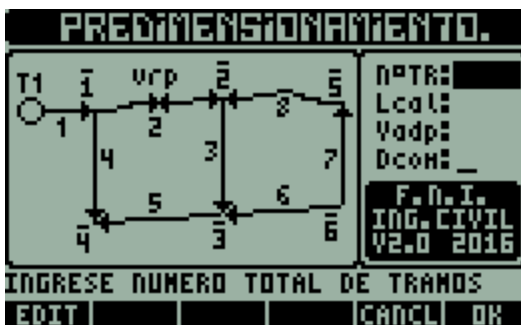
NOTA:

N°TR= Número de Tramos Total

Lcal= longitud Calculado Lc ó Lr

Vadp= Velocidad Adoptada (m/s) $0.6 \leq 1 \leq 2$

Dcom= Diámetro Comercial (**Marque** para que pueda adoptar el Programa de manera Automática).



Terminada el ingreso de datos presionamos **OK**. ó **ENTER**.

Luego ingresamos los datos en la siguiente tabla: Q, L y C

C=150 Para el Problema (Coeficiente de Hazen-Williams)

TRAMO	Q[l/s]	Lr[m]	C(H-W)
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
INGRESE CAUDAL ASUMIDO Q[l/s]			
EDIT			CANCL OK

TRAMO	Q[l/s]	Lr[m]	C(H-W)
1.	65.	590.	150.
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
INGRESE CAUDAL ASUMIDO Q[l/s]			
EDIT			CANCL OK

Terminada el ingreso de datos presionamos **OK**. ó **ENTER**.

TRAMO	Q[l/s]	Lr[m]	C(H-W)
1.	65.	590.	150.
2.	24.7	980.	150.
3.	10.57	700.	150.
4.	24.7	760.	150.
5.	15.1	640.	150.
6.	4.3	850.	150.
7.	55.	680.	150.
COEFICIENTE DE HAZEN WILLIAMS			
EDIT			CANCL OK

TRAMO	Q[l/s]	Lr[m]	C(H-W)
8.	18.73	750.	150.
9.	4.33	780.	150.
10.	19.47	780.	150.
11.	3.87	1080.	150.
COEFICIENTE DE HAZEN WILLIAMS			
EDIT			CANCL OK

Terminada el ingreso de datos presionamos **OK**. ó **ENTER**.

OBTENCION DE RESULTADOS:

- Para ver todos los resultados desplazarse con las teclas de direccion:



TRAMO	$Q\left(\frac{l}{s}\right)$	$D_{cal}(M)$	$D_{adop}(M)$	$V\left(\frac{M}{s}\right)$	$L_c(M)$	C	K	$H_f(M)$
1.	65.	.288	.3	.92	590.	150.	206.7	1.31
2.	24.7	.177	.175	1.027	980.	150.	4738.9	5.
3.	10.57	.116	.125	.861	700.	150.	17425.7	3.82
4.	24.7	.177	.175	1.027	760.	150.	3675.	3.88
5.	15.1	.139	.15	.854	640.	150.	6556.3	2.78
6.	4.3	.074	.1	.547	850.	150.	62728.1	2.6
7.	55.	.265	.275	.926	680.	150.	363.9	1.69
8.	18.73	.154	.15	1.06	750.	150.	7683.2	4.86
9.	4.33	.074	.1	.551	780.	150.	57562.3	2.41
10.	19.47	.157	.15	1.102	780.	150.	7990.5	5.43
11.	3.87	.07	.1	.493	1080.	150.	79701.6	2.72

INGRESO DE DATOS: 2° FORMA



Elegimos la Cuarta Opción del menú e ingresamos los datos y presionamos **ENTER**.

NOTA:

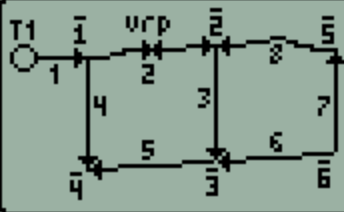
N°TR= Número de Tramos Total

Lcal= longitud Calculado Lc ó Lr

Vadop= Velocidad Adoptada (m/s) $0.6 \leq 1 \leq 2$

Dcom= Diámetro Comercial (**NO** Marcar para que usted ingresa y adopte los diámetros comerciales de manera manual a su criterio).

PREDIMENSIONAMIENTO.



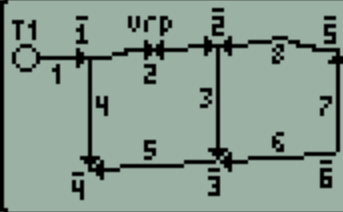
NOTAS:
Lcal:1.
Vadp:1.
Dcom:1.

F.N.I.
ING. CIVIL
V2.0 2016

INGRESE NUMERO TOTAL DE TRAMOS

EDIT [] [] [] [] CANCL OK

PREDIMENSIONAMIENTO.



NOTAS:11.
Lcal:1.
Vadp:1.
Dcom:1.

F.N.I.
ING. CIVIL
V2.0 2016

MARQUE ADOPTA DIAMETRO COMERCIAL

EDIT [] [] [] [] ☒CHK CANCL OK

Terminada el ingreso de datos presionamos **OK.** ó **ENTER.**

Luego ingresamos los datos en la siguiente tabla: Q, L y C

C=150 Para el Problema (Coeficiente de Hazen-Williams)

TRAMO	Q[l/s]	L[m]	C(H-W)
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			

INGRESE CAUDAL ASUMIDO Q[l/s]

EDIT [] [] [] [] CANCL OK

TRAMO	Q[l/s]	L[m]	C(H-W)
1.	65.	590.	150.
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			

INGRESE CAUDAL ASUMIDO Q[l/s]

EDIT [] [] [] [] CANCL OK

Terminada el ingreso de datos presionamos **OK.** ó **ENTER.**

TRAMO	Q[l/s]	L[m]	C(H-W)
1.	65.	590.	150.
2.	24.7	980.	150.
3.	10.57	700.	150.
4.	24.7	760.	150.
5.	15.1	640.	150.
6.	4.3	850.	150.
7.	55.	680.	150.

COEFICIENTE DE HAZEN WILLIAMS

EDIT [] [] [] [] CANCL OK

TRAMO	Q[l/s]	L[m]	C(H-W)
8.	18.73	750.	150.
9.	4.33	780.	150.
10.	19.47	780.	150.
11.	3.87	1080.	150.

COEFICIENTE DE HAZEN WILLIAMS

EDIT [] [] [] [] CANCL OK

Terminada el ingreso de datos presionamos **OK.** ó **ENTER.**

OBTENCION DE RESULTADOS:

- Ahora ingrese los diámetros comerciales de manera manual a según los diámetros calculados ó según su criterio.

TRA..	QCM..	CEH..	Dco..	Dad..
1.	65.	150.	.288	
2.	24.7	150.	.177	
3.	10.57	150.	.116	
4.	24.7	150.	.177	
5.	15.1	150.	.139	
6.	4.3	150.	.074	
7.	55.	150.	.265	
8.	18.73	150.	.154	

T VEC +WID WID+ GO+ GO+

TRA..	QCM..	CEH..	Dco..	Dad..
1.	65.	150.	.288	.275
2.	24.7	150.	.177	.175
3.	10.57	150.	.116	.125
4.	24.7	150.	.177	.2
5.	15.1	150.	.139	.15
6.	4.3	150.	.074	.1
7.	55.	150.	.265	.275
8.	18.73	150.	.154	.15

T VEC +WID WID+ GO+ GO+

10.57	150.	.116	.125
24.7	150.	.177	.2
15.1	150.	.139	.15
4.3	150.	.074	.1
55.	150.	.265	.275
18.73	150.	.154	.15
4.33	150.	.074	.1
19.47	150.	.157	.175
3.87	150.	.07	.1
5.	.1		

T VEC +WID WID+ GO+ GO+

Terminada el ingreso de datos presionamos **ENTER**.

OBTENCION DE RESULTADOS:

- Para ver todos los resultados desplazarse con las teclas de direccion:



TRAMO	$Q\left(\frac{l}{s}\right)$	$D_{cal}(M)$	$D_{adop}(M)$	$V\left(\frac{M}{s}\right)$	$L_c(M)$	C	K	$H_f(M)$
1.	65.	.288	.275	1.094	590.	150.	315.8	2.
2.	24.7	.177	.175	1.027	980.	150.	4738.5	5.
3.	10.57	.116	.125	.861	700.	150.	17425.7	3.82
4.	24.7	.177	.2	.786	760.	150.	1918.	2.02
5.	15.1	.139	.15	.854	640.	150.	6556.3	2.78
6.	4.3	.074	.1	.547	850.	150.	62728.1	2.6
7.	55.	.265	.275	.926	680.	150.	363.9	1.69
8.	18.73	.154	.15	1.06	750.	150.	7683.2	4.86
9.	4.33	.074	.1	.551	780.	150.	57562.3	2.41
10.	19.47	.157	.175	.809	780.	150.	3771.7	2.56
11.	3.87	.07	.1	.493	1080.	150.	79701.6	2.72

Seguidamente se deberá calcular las coeficientes **K** del tramo donde se aplicará las Válvulas reguladoras de Presión y se realizara la suma total de coeficiente **K** donde se aplica las Válvulas reguladoras de Presión :

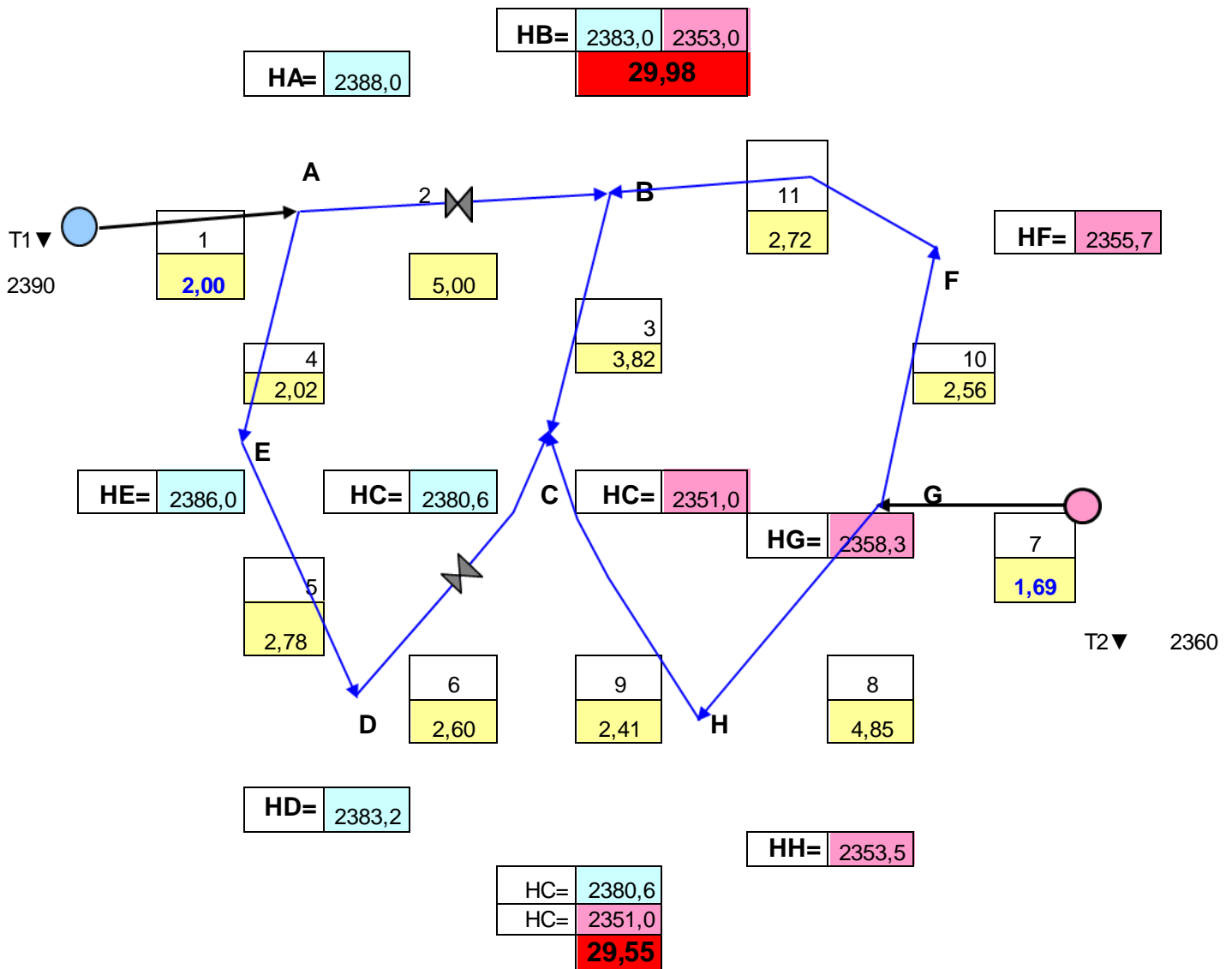
Tramo	Nº	Qtram	D	Dc	V	L	C	K	hf	VRP	k(vrp)	K
T2-A	1	65,00	0,288	0,275	1,09	590,0	150	316	2,00			316
	2	24,70	0,177	0,175	1,03	980,0	150	4739	5,00	30,0	28435	33173
	3	10,57	0,116	0,125	0,86	700,0	150	17426	3,82			17426
	4	24,70	0,177	0,200	0,79	760,00	150	1918	2,02			1918
	5	15,10	0,139	0,150	0,85	640,0	150	6556	2,78			6556
	6	4,30	0,074	0,100	0,55	850,0	150	62728	2,60	29,5	712260	774988
T4-G	7	55,00	0,265	0,275	0,93	680,0	150	364	1,69			364
	8	18,73	0,154	0,150	1,06	750,0	150	7683	4,85			7683
	9	4,33	0,074	0,100	0,55	780,0	150	57562	2,41			57562
	10	19,47	0,157	0,175	0,81	780,0	150	3772	2,56			3772
	11	3,87	0,070	0,100	0,49	1080,0	150	79702	2,72			79702

4.- ASIGNACION DE COTAS PIEZOMÉTRICAS:

Se asignará las respectivas Cotas Piezometricas **Hi**

n= 2 (Darcy-Weisbach)

n= 1.852 (Hazen-Williams)



- Preparación de datos del ejemplo para ingresar al programa.

NOTACION TRAMOS:

La numeración y notación de los tramos, nodos y coeficiente K es la siguiente:

TRAMO=N° DE TUBERIAS

INI=NODO INICIAL

FIN=NODO FINAL

Ki=COEFICIENTE TOTAL DE TUBERIAS

NOTACION DE NODOS:

La numeración de los nodos es la siguiente:

- A=1
- B=2
- C=3
- D=4
- E=5
- F=6
- G=7
- H=8

NOTACION DE TANQUES:

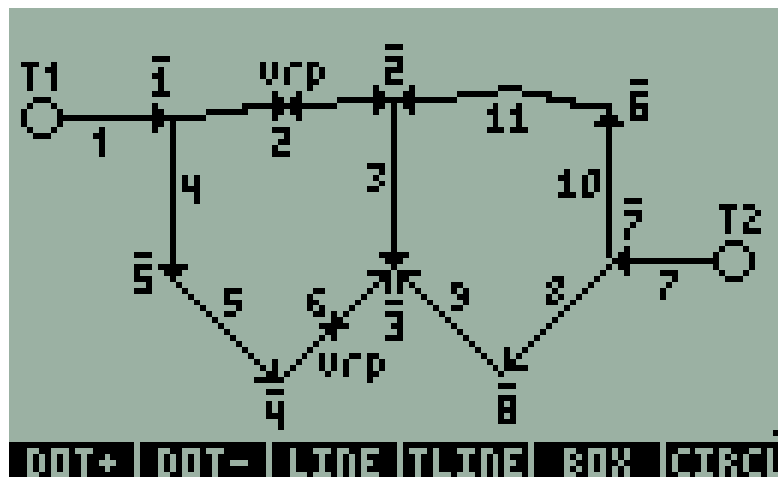
La numeración de los tanques es la siguiente:

TANQUE N°1=T1

TANQUE N°2=T2

ELEVACION TERRENO=[msnm

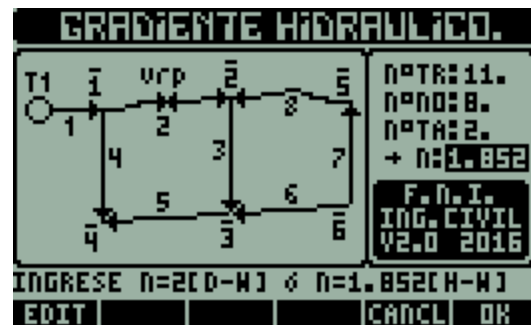
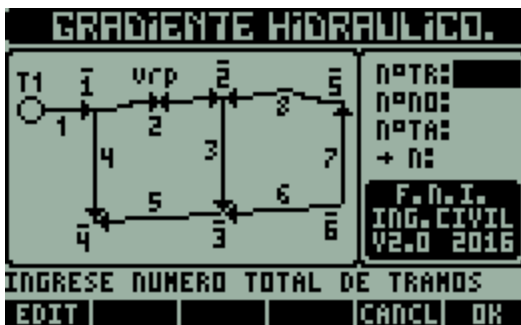
Se debe enumerar y asignar la notación de esta manera para ingresar los datos correctamente al programa y que este calcule satisfactoriamente.



INGRESO DE DATOS:



Elegimos la Quinta Opción del menú e ingresamos los datos y presionamos **ENTER**.



Terminada el ingreso de datos presionamos **OK**. ó **ENTER**.

- Luego ingresamos los datos en la siguiente tabla: **N° TRAMO**, **INI**, **FIN** y **Ki**

TRAMO	n inicial	n final	Ki
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			

INGRESE NUMERO DE NODO INICIAL

EDIT CANCL OK

TRAMO	n inicial	n final	Ki
1.	'T1'		
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			

'T1'

CANCL OK

TRAMO	Ninicial	Nfinal	Ki
1.	'T1'	1.	316.
2.	1.	2.	33173.
3.	2.	3.	17426.
4.	1.	5.	1918.
5.	5.	4.	6556.
6.	4.	3.	774988.
7.			
T2			
EDIT			CANCL OK

TRAMO	Ninicial	Nfinal	Ki
1.	'T1'	1.	316.
2.	1.	2.	33173.
3.	2.	3.	17426.
4.	1.	5.	1918.
5.	5.	4.	6556.
6.	4.	3.	774988.
7.	'T2'	7.	364.
INGRESE COEFICIENTE K TOTAL			
EDIT			CANCL OK

TRAMO	Ninicial	Nfinal	Ki
8.	7.	8.	7683.
9.	8.	3.	57562.
10.	7.	6.	3772.
11.	6.	2.	
79702			
EDIT			CANCL OK

TRAMO	Ninicial	Nfinal	Ki
8.	7.	8.	7683.
9.	8.	3.	57562.
10.	7.	6.	3772.
11.	6.	2.	79702.
INGRESE COEFICIENTE K TOTAL			
EDIT			CANCL OK

Terminada el ingreso de datos presionamos **OK.** ó **ENTER.**

- Del problema tenemos los siguientes datos e ingresamos en el siguiente tabla del Programa que se muestra respectivamente.

COTAS PIEZOMETRICAS ASIGNADAS

Nodo	T1	A=1	B=2	C=3	D=4	E=5	T2	H=8	G=7	F=6
H°	2390,00	2388,00	2353,02	2351,04	2383,20	2385,98	2360,00	2353,46	2358,31	2355,75

ASIGNACION DE CAUDALES (EN LA RED)

Nodo	▼tub	q nodo	
A=1	2366	0,13	15,60
B=2	2300	0,15	18,00
C=3	2305	0,16	19,20
D=4	2340	0,09	10,80
E=5	2360	0,08	9,60
F=6	2320	0,13	15,60
G=7	2325	0,14	16,80
H=8	2330	0,12	14,40

- Luego ingresamos los datos en la siguiente tabla: **N°Nodo, ELEV [msnm], Hi[msnm], qi[l/s]**

NODO	ELEV[msnm]	Hi[msnm]	qi[l/s]
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
INGRESE ELEV. COTA TERRENO[msnm]			
EDIT			CANCL OK

NODO	ELEV[msnm]	Hi[msnm]	qi[l/s]
1.	2366.	2388.	15.6
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
INGRESE ELEV. COTA TERRENO[msnm]			
EDIT			CANCL OK

NODO	ELEV[msnm]	Hi[msnm]	qi[l/s]
1.	2366.	2388.	15.6
2.	2300.	2353.02	18.
3.	2305.	2351.04	19.2
4.	2340.	2383.2	10.8
5.	2360.	2385.98	9.6
6.	2320.	2355.75	15.6
7.	2325.	2358.31	
16.804			
EDIT			CANCL OK

NODO	ELEV[msnm]	Hi[msnm]	qi[l/s]
1.	2366.	2388.	15.6
2.	2300.	2353.02	18.
3.	2305.	2351.04	19.2
4.	2340.	2383.2	10.8
5.	2360.	2385.98	9.6
6.	2320.	2355.75	15.6
7.	2325.	2358.31	16.8
INGRESE CAUDAL CONSUMOS qi [l/s]			
EDIT			CANCL OK

NODO	ELEV[msnm]	Hi[msnm]	qi[l/s]
8.	2330.	2353.46	14.4
INGRESE CAUDAL CONSUMOS qi [l/s]			
EDIT			CANCL OK

Terminada el ingreso de datos presionamos **OK.** ó **ENTER.**

- Luego ingresamos los datos en la siguiente tabla: La numeración de los tanques es la siguiente:

TANQUE N°1=T1

TANQUE N°2=T2

ELEVACION TERRENO=[msnm]

TANQUE VELEV[m snm]	
'T1'	2390.
'T2'	

INGRESE VELEV. DEL TANQUE [m snm]

EDIT [] [] [] [] CANCL OK

TANQUE VELEV[m snm]	
'T1'	2390.
'T2'	2360.

INGRESE VELEV. DEL TANQUE [m snm]

EDIT [] [] [] [] CANCL OK

Terminada el ingreso de datos presionamos **OK.** ó **ENTER.**

OBTENCION DE RESULTADOS:

- Para ver todos los resultados desplazarse con las teclas de direccion:



5.- ECUACIONES DE CAUDAL O NODO.

Nº ECUACION-COMPATIBILIDAD	
1.	$Q1. - Q2. - Q4. - q1. = 0.$
2.	$Q2. + Q11. - Q3. - q2. = 0.$
3.	$Q3. + Q6. + Q9. - q3. = 0.$
4.	$Q5. - Q6. - q4. = 0.$
5.	$Q4. - Q5. - q5. = 0.$
6.	$Q10. - Q11. - q6. = 0.$
7.	$Q7. - Q8. - Q10. - q7. = 0.$
8.	$Q8. - Q9. - q8. = 0.$

Presionamos **ENTER.** Para ver los siguientes resultados.

6.- COMPENSACION DE COTAS CON (Newton Raphson)

EC. DE CONTINUIDAD DE CADA NUDO												
Nº	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	qi
Σq1.	q1.	-q2.	0.	-q4.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	-q1.
Σq2.	0.	q2.	-q3.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	q11.	-q2.
Σq3.	0.	0.	q3.	0.	0.	q6.	0.	0.	q9.	0.	0.	-q3.
Σq4.	0.	0.	0.	0.	q5.	-q6.	0.	0.	0.	0.	0.	-q4.
Σq5.	0.	0.	0.	q4.	-q5.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	-q5.
Σq6.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	q10.	-q11.	-q6.
Σq7.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	q7.	-q8.	0.	-q10.	0.	-q7.
Σq8.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	q8.	-q9.	0.	0.	-q8.

Presionamos **ENTER**. Para ver los siguientes resultados.

Nº	FUNCION-ALTURAS-PIEZOMETRICAS		
F1.	$\left(\frac{H1.-H1.}{K1.}\right) \frac{1.}{h}$	$-\left(\frac{H1.-H2.}{K2.}\right) \frac{1.}{h}$	$-\left(\frac{H1.-H5.}{K4.}\right) \frac{1.}{h} -q1.=0.$
F2.	$\left(\frac{H1.-H2.}{K2.}\right) \frac{1.}{h}$	$+\left(\frac{H6.-H2.}{K11.}\right) \frac{1.}{h}$	$-\left(\frac{H2.-H3.}{K3.}\right) \frac{1.}{h} -q2.=0.$
F3.	$\left(\frac{H2.-H3.}{K3.}\right) \frac{1.}{h}$	$+\left(\frac{H4.-H3.}{K6.}\right) \frac{1.}{h}$	$+\left(\frac{H8.-H3.}{K9.}\right) \frac{1.}{h} -q3.=0.$
F4.	$\left(\frac{H5.-H4.}{K5.}\right) \frac{1.}{h}$	$-\left(\frac{H4.-H3.}{K6.}\right) \frac{1.}{h}$	$-q4.=0.$
F5.	$\left(\frac{H1.-H5.}{K4.}\right) \frac{1.}{h}$	$-\left(\frac{H5.-H4.}{K5.}\right) \frac{1.}{h}$	$-q5.=0.$
F6.	$\left(\frac{H7.-H6.}{K10.}\right) \frac{1.}{h}$	$-\left(\frac{H6.-H2.}{K11.}\right) \frac{1.}{h}$	$-q6.=0.$
F7.	$\left(\frac{H7.-H7.}{K7.}\right) \frac{1.}{h}$	$-\left(\frac{H7.-H8.}{K8.}\right) \frac{1.}{h}$	$-\left(\frac{H7.-H6.}{K10.}\right) \frac{1.}{h} -q7.=0.$
F8.	$\left(\frac{H7.-H8.}{K8.}\right) \frac{1.}{h}$	$-\left(\frac{H8.-H3.}{K9.}\right) \frac{1.}{h}$	$-q8.=0.$

Presionamos **ENTER**. Para ver los siguientes resultados.



$Q = (H_i - H_j) / K_{ij} \cdot 1/n$ CALCULO DE CAUDAL DE TRAMO:

TRAMO	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
K_{ij}	316.	33173.	17426.	1918.	6556.	774988.	364.	7683.	57562.	3772.	79702.
Q_{ij}	.06499	.02469	.00742	.02468	.0151	.0043	.05497	.01872	.00433	.01946	.00388

Presionamos **ENTER**. Para ver los siguientes resultados.

F1 = FUNCIONES O ECUACIONES DE CAUDAL.												
TRAMO	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	q_i
Σq_1	.06499	-.02469	0.	-.02468	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	-.0156
Σq_2	0.	.02469	-.00742	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	.00388	-.018
Σq_3	0.	0.	.00742	0.	0.	.0043	0.	0.	.00433	0.	0.	-.0192
Σq_4	0.	0.	0.	0.	.0151	-.0043	0.	0.	0.	0.	0.	-.0108
Σq_5	0.	0.	0.	.02468	-.0151	0.	0.	0.	0.	0.	0.	-.0096
Σq_6	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	.01946	-.00388	-.0156
Σq_7	0.	0.	0.	0.	0.	0.	.05497	-.01872	0.	-.01946	0.	-.0168
Σq_8	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	.01872	-.00433	0.	0.	-.0144
												Sq
												.00002
												.00315
												-.00315
												0.
												-.00002
												-.00002
												-.00001
												-.00001

Presionamos **ENTER**. Para ver los siguientes resultados.

OPERACIONES MATRICIALES (D)-1-(3a)E(ΔH)										
-55.985	-16.129	-13.476	-54.568	-55.549	-3.418	-1.028	-4.987	.00002	[-.00824]	[ΔH1.]
-16.129	-673.523	-505.125	-32.435	-21.142	-141.023	-40.918	-188.551	.00315	[-.52524]	[ΔH2.]
-13.476	-505.125	-745.706	-37.894	-20.983	-116.622	-43.553	-266.861	-.00315	.76342	[ΔH3.]
-54.568	-32.435	-37.894	-530.39	-200.859	-7.193	-2.446	-13.72	0.	.02043	[ΔH4.]
-55.549	-21.142	-20.983	-200.859	-205.157	-4.579	-1.464	-7.672	-.00002	.00267	[ΔH5.]
-3.418	-141.023	-116.622	-7.193	-4.579	-272.947	-53.689	-73.704	-.00002	-.07011	[ΔH6.]
-1.028	-40.918	-43.553	-2.446	-1.464	-53.689	-55.951	-52.008	-.00001	.01046	[ΔH7.]
-4.987	-188.551	-266.861	-13.72	-7.672	-73.704	-52.008	-448.207	-.00001	.25321	[ΔH8.]

Presionamos **ENTER**. Para ver los siguientes resultados.

CORRECCION O COMPENSACION DE COTAS PIEZOMETRICAS:								
NODO	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
H _o	2388.	2353.02	2351.04	2383.2	2385.98	2355.75	2358.31	2353.46
ΔH	-.00824	-.52524	.76342	.02043	.00267	-.07011	.01046	.25321
H'	2388.00824	2353.54524	2350.27658	2383.17957	2385.97733	2355.82011	2358.29954	2353.20679

Presionamos **ENTER**. Para ver los siguientes resultados.

¡VOLVER A ITERAR!

☐ SI
 ☐ NO

- Para hacer mas **ITERACIONES** presionar en la opcion **SI**:

NOTA:

- En este caso como se trata de un ejemplo de aplicación del programa solo realizaremos esta única **ITERACIÓN** por lo cual escogeremos la opción **NO**:

PRESIONES FINALES EN LOS NODOS			
NODO	H'	OTUBERIA	PRESION
T1	2390.	.	.
T2	2360.	.	.
1.	2388.008	2366.	22.008
2.	2353.545	2300.	53.545
3.	2350.277	2305.	45.277
4.	2383.18	2340.	43.18
5.	2385.977	2360.	25.977
6.	2355.82	2320.	35.82
7.	2358.3	2325.	33.3
8.	2353.207	2330.	23.207

CONDICIONES DE USO:

Este programa se proporciona **tal como está** con la esperanza de que sea útil. No ofrece garantía alguna con respecto a este programa, el autor no se hace responsable ante cualquier persona por daños especiales, colaterales, accidentales o consecuentes relacionados o causados por este programa. Para modificarlo y lanzarlo nueva versión se me debe comunicar y consultar previamente, por lo tanto respetar el derecho intelectual del autor.

AGRADECIMIENTOS:

Agradecer a muchas personas involucradas que contribuyeron de alguna manera en la elaboración de este programa, entre los destacados se menciona:

- **Hewlett-Packard:** por escribir la versión original de USAG para 48.
- **Cyrille de Brebisson;** por Extable, Debug2, entre muchos más para 49G/50G.
- **Jurjen N. Bos:** por el incomparable Nosy para 49G/50G.
- **Thomas Rast:** por las mejoras en Extable y por escribir PortBrowser para 49G.
- **Wolfgang Rautenberg:** por su utilidad OT49+ para 49G/50G.
- **Peter Geelhoed:** por ser co-autor de Emacs



- **Carsten Dominik:** por Emacs para 49G/50G.
- **William Graves:** por Debug4x, basado en Debug2.
- **Christoph Giesselink:** por el único Emu48.
- **Claudio Lapilli:** por HPGCC.
- **Roger Broncano:** por HpUserEdit
- **William Graves:** por Debug4x
- **Nicolás Rivero:** por AmProV2.0
- **Alberth Huaman A.:** por Show Table
- **Andrés Garcia:** por el texto programación USER-RPL Aplicado a Ingeniería Civil.
- **Alberto Villalba K.:** por el texto de programación en SYSTEM-RPL y el texto de ML Ensamblador.
- **Gustavo Portales:** por el texto de ML Ensamblador.
- **Eduardo de Mattos Kalinowski y Carsten Dominik:** por el texto de programación en SYSTEM-RPL. Versión en Inglés.
- **Cesar Vásquez A.:** por traducir y mejorar el texto de programación en SYSTEM-RPL con Debug4X. Versión en español.
- **Eric Rechlin:** por mantener la página: www.hpcalc.org
- **Alexis Davalos Zuleta:** por su texto programación USER-RPL y por su apoyo en mis inicios como programador. (F.N.I.)

El agradecimiento es por igual para todos.

DONDE ENCONTRARME:

Si usas el programa mándame algún comentario críticas o reportes de error para poder mejorarlo.

Para más programas solo contáctese con el autor mediante:

- www.facebook.com
- alexanderr.fni@gmail.com
- Teléfono Celular WhatsApp: 771-45555



REFERENCIAS:

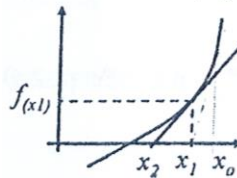
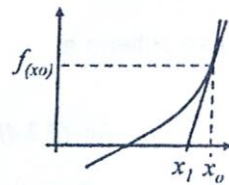
- Hidraulica de tuberias “Juan G Saldarriaga V.” 1° Edición 2001 impreso en Colombia.
- Redes de agua Potable “C. Orlando Rojas Rodriguez” texto impartida por el mismo Docente que tiene como referencia actual de la asignatura de la materia Civ 2238, vigente en la Facultad Nacional de Ingeniería.
- Ejercicios Resueltos sistema de agua potable “Amilkar Ayala Alá” texto que tiene ejercicios selectos resueltos de modelos de examen en la materia Civ 2238, vigente en la Facultad Nacional de Ingeniería.

APENDICE:

METODO DE NEWTON RAPHSON PARA COMPENSAR CAUDALES.

Teorema de valor intermedio

- Si $f(x)$ es continua en $a < x < b$, donde $f(a)$, $f(b)$ poseen signos diferentes, entonces existe al menos un valor r tal que $f(r) = 0$
- Suponiendo que se busca la solución de $f(x) = 0$ donde $f(x)$ es derivable, tal que $f' \neq 0$.
- Una raíz de $f(x) = 0$; es una intersección de $f(x)$ con el eje de las abscisas.



En la gráfica, aplicando la interpretación geométrica de la Derivada, tenemos:

$$f'(x_0) = \frac{f(x_0) - f(x_1)}{x_0 - x_1} = \frac{f(x_0) - 0}{x_0 - x_1}$$

$$x_1 = x_0 - \frac{f(x_0)}{f'(x_0)}, \quad x_2 = x_1 - \frac{f(x_1)}{f'(x_1)}$$

$$x_{n-1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)} \quad \text{Ec. (8.2.1)}$$

Método de Newton - Raphson

La resolución de Ecuaciones con este método consiste en ubicar las raíces de la Ecuación usando los conceptos de Derivada.

La formula iterativa de Newton para resolver un sistema de ecuaciones es la siguiente:

$$\{x\}^{m+1} = \{x\}^m - [D]^{-1} \cdot \{F\}^m \quad \text{Ec. (8.2.2)}$$

Donde [D] es una matriz Jacobiana, y los vectores ó matrices columna $\{x\}$ y $\{F\}$ remplazan a la variable x y a la función F .

$$[D] = \begin{bmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial x_1} & \frac{\partial F_1}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial F_1}{\partial x_n} \\ \frac{\partial F_2}{\partial x_1} & \frac{\partial F_2}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial F_2}{\partial x_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial F_n}{\partial x_1} & \frac{\partial F_n}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial F_n}{\partial x_n} \end{bmatrix} \quad \{x\} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \quad \{F\} = \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \vdots \\ F_n \end{bmatrix}$$

La matriz Jacobiana y los vectores forman el siguiente sistema matricial

$$[D]\{z\} = \{F\} \quad \text{Ec. (8.2.3)}$$

De donde: $\{z\} = [D]^{-1} \cdot \{F\}$

Sustituyendo los valores de $\{z\}$ en la Ec.(8.2.2) se obtiene el siguiente vector solución:

$$\{x\}^{m+1} = \{x\}^m - \{z\} \quad \text{Ec. (8.2.4)}$$

Luego, la Ec.(8.2.2) será:

$$\{F\}^m + [D]^m \cdot (\{x\}^{m+1} - \{x\}^m) = 0 \quad \text{Ec. (8.2.5)}$$

El desarrollo de la Ec.(8.2.5) genera las siguientes series de Taylor

$$\begin{aligned} F_1^{(m+1)} &= F_1^{(m)} + \frac{\partial F_1}{\partial x_1} \Delta x_1 + \frac{\partial F_1}{\partial x_2} \Delta x_2 + \dots + \frac{\partial F_1}{\partial x_n} \Delta x_n + 0(\Delta x^2) = 0 \\ F_2^{(m+1)} &= F_2^{(m)} + \frac{\partial F_2}{\partial x_1} \Delta x_1 + \frac{\partial F_2}{\partial x_2} \Delta x_2 + \dots + \frac{\partial F_2}{\partial x_n} \Delta x_n + 0(\Delta x^2) = 0 \\ &\vdots \\ F_n^{(m+1)} &= F_n^{(m)} + \frac{\partial F_n}{\partial x_1} \Delta x_1 + \frac{\partial F_n}{\partial x_2} \Delta x_2 + \dots + \frac{\partial F_n}{\partial x_n} \Delta x_n + 0(\Delta x^2) = 0 \end{aligned}$$

De donde resulta:

$$\begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \vdots \\ F_n \end{bmatrix}^{(m)} + \begin{bmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial x_1} & \frac{\partial F_1}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial F_1}{\partial x_n} \\ \frac{\partial F_2}{\partial x_1} & \frac{\partial F_2}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial F_2}{\partial x_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial F_n}{\partial x_1} & \frac{\partial F_n}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial F_n}{\partial x_n} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1^{(m+1)} - x_1^m \\ x_2^{(m+1)} - x_2^m \\ \vdots \\ x_n^{(m+1)} - x_n^m \end{bmatrix} = 0$$

Entonces: $\{F\}^m + [D]^m \cdot (\{x\}^{m+1} - \{x\}^m) = 0 \quad \text{Ec. (8.2.6)}$

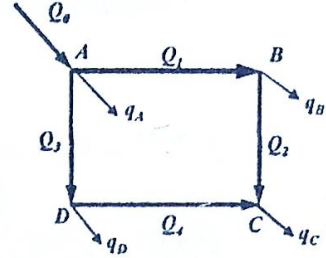
Lo que equivale a: $\{z\}^{m+1} = \{x\}^m - \{z\} \quad \text{Ec. (8.2.4)}$

$$\{x\}^{m+1} = \{x\}^m - [D]^{-1} \cdot \{F\}^m \quad \text{Ec. (8.2.2)}$$

Aplicación del método de Newton, en los sistemas de ecuaciones de redes de agua potable.

De las condiciones de diseño, se obtiene [F]:

$$\begin{bmatrix} Q_1 & -Q_2 & 0 & 0 & -q_B \\ 0 & Q_2 & 0 & Q_4 & -q_C \\ 0 & 0 & Q_3 & -Q_4 & -q_D \\ K_1 Q_1^n & K_2 Q_2^n & -K_3 Q_3^n & -K_4 Q_4^n & 0 \end{bmatrix} = \begin{cases} \sum Q_B = S_{qB} \\ \sum Q_C = S_{qC} \\ \sum Q_D = S_{qD} \\ \sum h_f = S_{hf} \end{cases}$$



Donde la derivada de $F_i = K_i Q_i^n$ es: $\frac{\partial F_i}{\partial Q_i} = \pm n K_i Q_i^{n-1}$ Ec.(8.2.7)

Derivando la matriz [F], tenemos la matriz [D] en el siguiente sistema:

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \\ nK_1 Q_1^{n-1} & nK_2 Q_2^{n-1} & -nK_3 Q_3^{n-1} & -nK_4 Q_4^{n-1} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \Delta Q_1 \\ \Delta Q_2 \\ \Delta Q_3 \\ \Delta Q_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{qB} \\ S_{qC} \\ S_{qD} \\ S_{hf} \end{bmatrix}$$

Cuya expresión es: $[D] \cdot \{\Delta Q\} = \{S_{q,h}\}$ Ec. (8.2.8)

Donde:
 $[D]$ = Matriz Jacobiana
 $\{\Delta Q\}$ = Factores de corrección de caudales
 $\{S_{q,h}\}$ = $\sum Q$ (en los nodos), $\sum h_f$ (en los anillos)

Los factores de corrección de caudales (ΔQ) se obtienen multiplicando la Matriz Jacobiana inversa $[D]^{-1}$ por la Matriz columna $\{S_{q,h}\}$.

$$\{\Delta Q\} = [D]^{-1} \cdot \{S_{q,h}\} \quad \text{Ec. (8.2.9)}$$

Finalmente, la corrección ó compensación de caudales se obtiene iterativamente de la manera siguiente:

$$\begin{aligned} \{Q^I\} &= \{Q^0\} - \{\Delta Q^0\} \\ \{Q^{II}\} &= \{Q^I\} - \{\Delta Q^I\} \\ &\vdots \\ \{Q^{m+1}\} &= \{Q^m\} - \{\Delta Q^m\} \end{aligned} \quad \text{Ec. (8.2.10)}$$

CORRECCION DE COTAS PIEZOMETRICAS O ALTURAS DE PRESIÓN (GRADIENTE HIDRAULICO).

Corrección ó compensación de los Gradientes Hidráulicos

- Consiste en asignar cotas piezométricas $[H_i, H_j]$ a cada nodo de la red.

$$\text{Sea } F_{ij} = Q_{ij} = \left[\frac{H_i - H_j}{K_{ij}} \right]^n$$

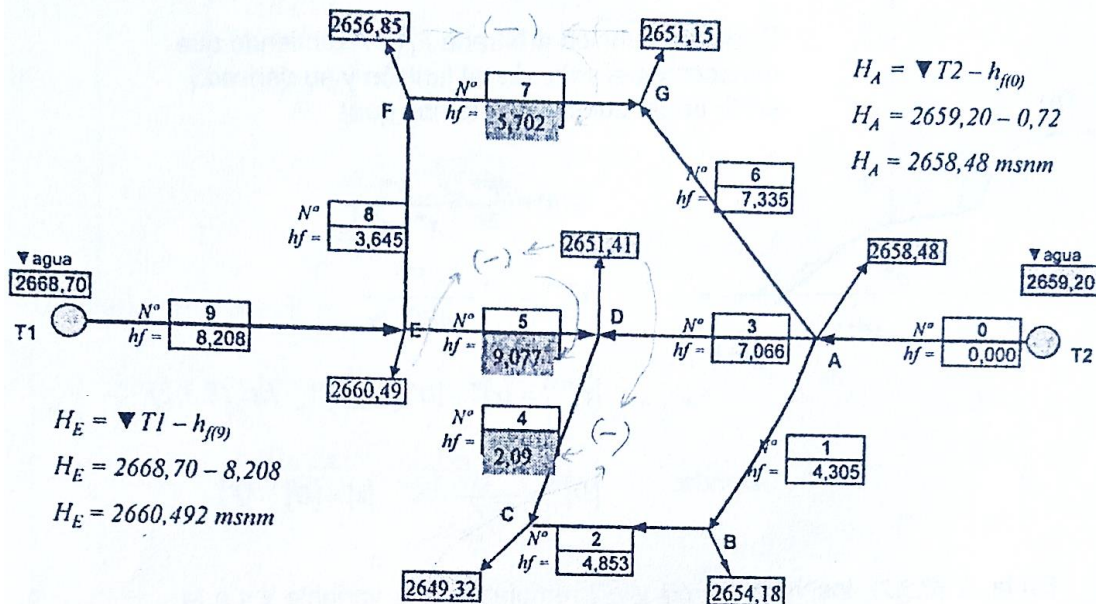
- Corregir ó compensar las cotas piezométricas asumidas, aplicando factores de corrección.

$$\Delta H_j = \frac{n(\sum Q_{ij} - q_j)}{\sum \frac{Q_{ij}}{h_j}}$$

$$\frac{\partial F_{ij}}{\partial H_j} = \pm \frac{1}{nK_{ij}} \left[\frac{H_i - H_j}{K_{ij}} \right]^{(1/n)-1}$$

Los métodos numéricos más aplicados para resolver las ecuaciones de este tipo se basan también en los Teoremas del binomio y del valor medio formulados por Newton.

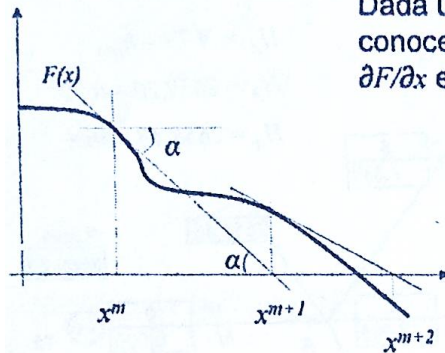
Asignar (ó calcular) cotas piezométricas:



VER: solución en archivo excel adjunto.

CORRECCION DE COTAS PIEZOMETRICAS METODO NEWTON-RAPHSON.

8.3.2.1 Iteración de Newton



Dada una función arbitraria $F(x)$. Asumiendo que conocemos el valor de tal función y su derivada $\partial F/\partial x$ en un punto x^m , notemos que:

$$\tan(\alpha) = \frac{\partial F^m}{\partial x} = \frac{F^m}{x^m - x^{m+1}}$$

$$x^{m+1} = x^m - \frac{F^m}{\partial F^m / \partial x}$$

$$\{x\}^{m+1} = \{x\}^m - [D^m]^{-1} \cdot \{F\}^m \quad \text{Ec. (8.3.2)}$$

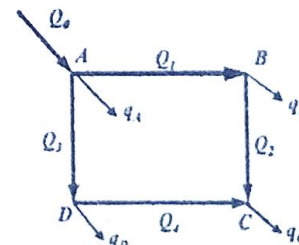
Donde: $[D]^{-1} = \frac{1}{\partial F / \partial x} \Rightarrow \{z\} = [D]^{-1} \cdot \{F\}$

En la Ec.(8.3.2), los vectores $\{x\}$ y $\{F\}$ remplazan a la variable x y a la función f . La inversa del Jacobiano $[D]$ o sea $[D]^{-1}$, remplaza a la inversa de la derivada.

Aplicación del método de Newton, a los sistemas de ecuaciones de redes de agua potable.

De las condiciones de diseño, se obtiene la matriz $[F]$:

$$\begin{bmatrix} Q_0 & -Q_1 & -Q_3 & -q_A \\ & Q_1 & -Q_2 & -q_B \\ & & Q_2 & Q_4 & -q_C \\ & & & Q_3 & -Q_4 & -q_D \end{bmatrix} = \begin{cases} \sum Q_A = S_{qA} \\ \sum Q_B = S_{qB} \\ \sum Q_C = S_{qC} \\ \sum Q_D = S_{qD} \end{cases}$$



Donde: $F_{ij} = Q_{ij} = \left[\frac{H_i - H_j}{K_{ij}} \right]^{\frac{1}{n}}$

Derivando: $\frac{\partial F_{ij}}{\partial H_{ij}} = \pm \frac{1}{nK_{ij}} \left[\frac{H_i - H_j}{K_{ij}} \right]^{\left(\frac{1}{n}\right)-1}$ (+) para $\frac{\partial Q}{\partial H_i}$ Ec.(8.2.7)
 (-) para $\frac{\partial Q}{\partial H_j}$

$$\frac{\partial Q}{\partial H} = \pm \frac{Q^{1-n}}{nK}$$

Matriz [F], con cotas piezométricas

$$\begin{aligned} F_1 &= \sum Q_A \\ F_2 &= \sum Q_B \\ F_3 &= \sum Q_C \\ F_4 &= \sum Q_D \end{aligned} \begin{bmatrix} \left[\frac{H_T - H_A}{K_0} \right]^{\frac{1}{n}} & - \left[\frac{H_A - H_B}{K_1} \right]^{\frac{1}{n}} & - \left[\frac{H_A - H_D}{K_3} \right]^{\frac{1}{n}} & -q_A \\ & \left[\frac{H_A - H_B}{K_1} \right]^{\frac{1}{n}} & - \left[\frac{H_B - H_C}{K_2} \right]^{\frac{1}{n}} & -q_B \\ & & \left[\frac{H_B - H_C}{K_2} \right]^{\frac{1}{n}} & -q_C \\ & & & \left[\frac{H_D - H_C}{K_4} \right]^{\frac{1}{n}} \\ & & & \left[\frac{H_A - H_D}{K_3} \right]^{\frac{1}{n}} & - \left[\frac{H_D - H_C}{K_4} \right]^{\frac{1}{n}} & -q_D \end{bmatrix} = \begin{Bmatrix} S_{qA} \\ S_{qB} \\ S_{qC} \\ S_{qD} \end{Bmatrix}$$

Derivada de la matriz [F]:

$$\frac{\partial Q_i}{\partial H} \begin{bmatrix} \frac{1}{nK_0} \left[\frac{H_T - H_A}{K_0} \right]^{\left(\frac{1}{n}\right)-1} & \frac{1}{nK_1} \left[\frac{H_A - H_B}{K_1} \right]^{\left(\frac{1}{n}\right)-1} & \frac{1}{nK_3} \left[\frac{H_A - H_D}{K_3} \right]^{\left(\frac{1}{n}\right)-1} & \\ & \frac{1}{nK_1} \left[\frac{H_A - H_B}{K_1} \right]^{\left(\frac{1}{n}\right)-1} & \frac{1}{nK_2} \left[\frac{H_B - H_C}{K_2} \right]^{\left(\frac{1}{n}\right)-1} & \\ & & \frac{1}{nK_2} \left[\frac{H_B - H_C}{K_2} \right]^{\left(\frac{1}{n}\right)-1} & \frac{1}{nK_4} \left[\frac{H_D - H_C}{K_4} \right]^{\left(\frac{1}{n}\right)-1} \\ & & & \frac{1}{nK_3} \left[\frac{H_A - H_D}{K_3} \right]^{\left(\frac{1}{n}\right)-1} & \frac{1}{nK_4} \left[\frac{H_D - H_C}{K_4} \right]^{\left(\frac{1}{n}\right)-1} \end{bmatrix} = \begin{Bmatrix} \sum \partial F_A \\ \sum \partial F_B \\ \sum \partial F_C \\ \sum \partial F_D \end{Bmatrix}$$

Observamos que la derivada de $\partial[F]/\partial H$ es una matriz (5x4)

En la derivada de $\partial[F]/\partial H$, sea $\sum \partial F = d_{i,i}$

$$\begin{aligned} 1 & \begin{bmatrix} \frac{Q_0^{1-n}}{nK_0} & \frac{Q_1^{1-n}}{nK_1} & \frac{Q_3^{1-n}}{nK_3} \end{bmatrix} \\ 2 & \begin{bmatrix} & \frac{Q_1^{1-n}}{nK_1} & \frac{Q_2^{1-n}}{nK_2} \end{bmatrix} \\ 3 & \begin{bmatrix} & & \frac{Q_2^{1-n}}{nK_2} & \frac{Q_4^{1-n}}{nK_4} \end{bmatrix} \\ 4 & \begin{bmatrix} & & \frac{Q_3^{1-n}}{nK_3} & \frac{Q_4^{1-n}}{nK_4} \end{bmatrix} \end{aligned} = \begin{Bmatrix} \sum \partial F_A = d_{1,1} \\ \sum \partial F_B = d_{2,2} \\ \sum \partial F_C = d_{3,3} \\ \sum \partial F_D = d_{4,4} \end{Bmatrix}$$

Generación de la Matriz Jacobiana [D]

$$\begin{aligned} G & \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \\ D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -d_{1,1} & \frac{Q_1^{1-n}}{nK_1} & 0 & \frac{Q_3^{1-n}}{nK_3} \\ \frac{Q_1^{1-n}}{nK_1} & -d_{2,2} & \frac{Q_2^{1-n}}{nK_2} & 0 \\ 0 & \frac{Q_2^{1-n}}{nK_2} & -d_{3,3} & \frac{Q_4^{1-n}}{nK_4} \\ \frac{Q_3^{1-n}}{nK_3} & 0 & \frac{Q_4^{1-n}}{nK_4} & -d_{4,4} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta H_A \\ \Delta H_B \\ \Delta H_C \\ \Delta H_D \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} S_{qA} \\ S_{qB} \\ S_{qC} \\ S_{qD} \end{Bmatrix} \end{aligned}$$

Cuya expresión es: $[D] \cdot \{\Delta H\} = \{S_q\}$ Ec. (8.2.8)

Donde:

- $[D]$ = Matriz Jacobiana
- $[\Delta H]$ = Factores de corrección de Cotas
- $\{S_q\}$ = ΣQ (en los nodos)

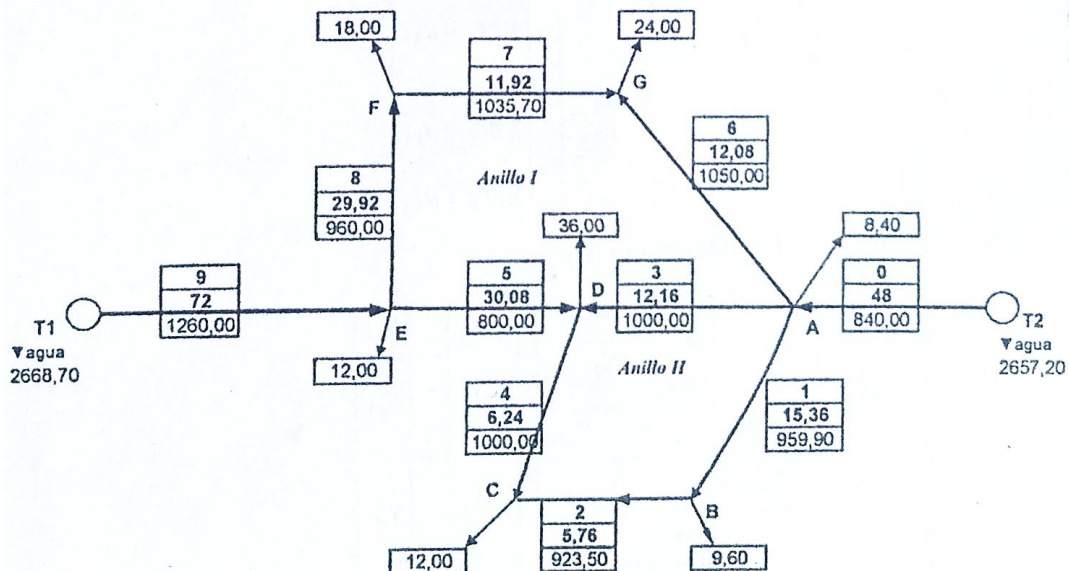
Como en el caso anterior, los factores de corrección de las Cotas (ΔH) se obtienen multiplicando la matriz Jacobiana inversa $[D]^{-1}$ por la matriz columna $\{S_q\}$.

$$\{\Delta H\} = [D]^{-1} \cdot \{S_q\} \quad \text{Ec. (8.2.9)}$$

Y las cotas piezométricas se corrigen iterativamente de la manera siguiente:

$$\begin{aligned} \{H^i\} &= \{H^o\} - \{\Delta H^o\} \\ \{H^{ii}\} &= \{H^i\} - \{\Delta H^i\} \\ &\vdots \\ \{H^{m+1}\} &= \{H^m\} - \{\Delta H^m\} \end{aligned} \quad \text{Ec. (8.2.10)}$$

Con el método de Newton - Raphson, corregir las cotas piezométricas de la red de agua potable.



VER: solución en archivo excel adjunto.



Este manual se trata, así como todos los ejemplos incluidos, es un trabajo libre.

Usted puede imprimir esto para uso personal, o para otras personas. Este manual puede transmitirse o reproducirse en cualquier forma o por cualquier medio, con tal que no se modifiquen los créditos, para modificarlo y lanzarlo nueva versión se me debe comunicar y consultar previamente, por lo tanto respetar el derecho intelectual del autor.

Hewlett-Packard es una marca registrada de la Compañía Hewlett-Packard.

Primera Edición: Noviembre de 2016

Copyright 2016, By: Alexander Gutiérrez Q.

Distribuido libremente para todos los amigos que poseen una hp50g.
Oruro-Bolivia

- www.facebook.com
- alexanderr.fni@gmail.com
- Teléfono Celular WhatsApp: 771-45555