

**ELABORACION DE UNA HERRAMIENTA SOFTWARE PARA EL
DISEÑO DE REDES URBANAS DE GAS**

ERNESTO CALDERÓN CARRILLO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO-QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETROLEOS
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE GAS
BUCARAMANGA
2005**

**ELABORACION DE UNA HERRAMIENTA SOFTWARE PARA EL
DISEÑO DE REDES URBANAS DE GAS**

ERNESTO CALDERÓN CARRILLO

**Trabajo de Grado para optar al título de Especialista en Ingeniería
de Gas**

**Director
Ing. JULIO CESAR PEREZ ANGULO
Especialista en Ingeniería de Gas**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO-QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETROLEOS
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE GAS
BUCARAMANGA
2005**

Al Todopoderoso,
A la memoria de mi padre, a mi madre
A mi hija y mis hermanos.
A todas las personas que en una u otra forma
contribuyeron a mi progreso intelectual y personal.

ERNESTO

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

Al Ing. JULIO CESAR PEREZ ANGULO, director de la presente tesis de grado, por su constante y desinteresada colaboración en la realización de este proyecto.

Al Ing. EMILIANO ARIZA LEON, coordinador de la Especialización en Ingeniería de Gas.

A mi hermana ZULY HIMELDA CALDERON CARRILLO, por su constante apoyo para llegar a este feliz término.

A LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, por su importante participación en los procesos de nuestra formación académica como profesionales que nuestro país necesita.

FAMILIARES y AMIGOS, por su permanente colaboración y apoyo en el desarrollo de la presente tesis.

RESUMEN

TÍTULO: ELABORACION DE UNA HERRAMIENTA SOFTWARE PARA EL DISEÑO DE REDES URBANAS DE GAS*

AUTOR: Ernesto Calderón Carrillo**

PALABRAS CLAVES: Sistemas de distribución de gas Natural, topología, red abierta, mallas, caudal, longitud del tramo, diámetro, ajuste de caudales, Método de Hardy Cross, Fórmulas de Cálculo, Manual del Usuario.

DESCRIPCIÓN: Esta propuesta fue desarrollada tanto a nivel académico, para los cursos de Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento de redes de Distribución de Gas de la Universidad Industrial de Santander a nivel de pre-grado y post-grado, y nivel comercial tanto del autor como de la Escuela de Ingeniería de Petróleos y los diferentes centros de Investigación adscritos a ella.

Para el desarrollo del software fue necesario hacer un análisis detenido, basado en dos ejes fundamentales, el marco teórico y el lenguaje de programación a emplear. En el marco teórico es fundamental tanto el método a emplear para la corrección de caudales en el caso de mallas, como las fórmulas de cálculo que rigen el flujo de gas a través de tuberías de polietileno o plásticas. Se determinó el uso de Hardy Cross para dicha corrección y las fórmulas del IGT y del AGA.

Una vez definido el marco conceptual de la herramienta se pasó a la etapa de planeación y definición del lenguaje de programación a emplear. Se escogió el Visual Basic por su facilidad y su versatilidad para el manejo e interacción usuario-herramienta. En la Escuela de Ingeniería de Petróleos reposará el código fuente de la herramienta desarrollada.

Con base en lo anterior, se podrá realizar una posterior continuación, ampliándola no solo en métodos de ajuste sino en fórmulas de diseño. Así mismo se deja la inquietud para un posterior desarrollo a nivel gráfico en la interacción usuario-software.

* Monografía de la FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO QUÍMICAS. Especialización en Ingeniería de Gas.

** Director: Julio César Pérez Angulo. Ingeniero de Petróleos, Especialista en Ingeniería de Gas, de la Universidad Industrial de Santander.

SUMMARY

TITLE: ELABORATION OF A TOOL SOFTWARE FOR THE DESIGN OF URBAN NETWORKS OF GAS *

AUTHOR: Ernesto Calderón Carrillo**

KEY WORDS: Systems of distribution of Natural gas, topology, open net, meshes, flow, longitude of the tract, diameter, adjustment of flows, Method of Hardy Cross, Equations of Calculation, Manual of the User.

DESCRIPTION: This proposal was developed so much at academic level, for the courses of Design, Construction, Operation and Maintenance of nets of Distribution of Gas of the Industrial University of Santander at pre-degree level and post-degree, and the author's level commercial point like of the School of Engineering of Petroleum's and the different centers of Investigation attributed to her.

For the development of the software it was necessary to make a detained analysis, based on two fundamental axes, the theoretical mark and the programming language to use. In the theoretical mark it is fundamental so much the method to use for the correction of flows in the case of meshes, as the calculation equations that govern the flow of gas through polyethylene pipes or plastic. The use of Hardy Cross was determined for this correction and the formulas of the IGT and of the AGA.

Once defined the conceptual mark of the tool spent to planning stage and definition of the programming language to use. The Visual Basic was chosen by its easiness and its versatility for the handling and interaction user-tool. In the School of Engineering of Petroleum's the code source of the developed tool will rest.

With base in the above-mentioned, he/she will be able to be carried out a later continuation, not enlarging it alone in adjustment methods but in design equations. Likewise the restlessness is left for a later development at graphic level in the interaction user-software.

* Monograph of the FACULTY OF ENGINEERING PHYSIQUE CHEMISTRY. Specialist in Engineering of Gas

* * Director: Julio César Pérez Angulo. Engineer of Petroleum. Specialist in Engineering of Gas of the Industrial University of Santander.

TABLA DE CONTENIDO

GLOSARIO	11
INTRODUCCION	12
1. DESCRIPCIÓN DE LA MONOGRAFIA	13
1.1 EL PROBLEMA.....	13
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	13
1.3 OBJETIVOS.....	13
1.3.1 GENERAL.....	13
1.3.2 ESPECIFICOS.....	14
1.4 DELIMITACIÓN	14
2. MARCO TEÓRICO	15
2.1 SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE GAS NATURAL	15
2.2 ELEMENTOS DE UNA RED DE GAS NATURAL.....	15
2.2.1 NODO.....	15
2.2.2 TRAMO.....	15
2.2.3 CAUDAL	15
2.2.4 FLUJO EXTERNO	16
2.2.5 MALLA.....	16
2.3 DIAGRAMA DE UNA RED	16
2.4 DESCRIPCION DEL FLUJO EN UNA RED	17
2.5 METODOS DE SOLUCION DE REDES DE GAS.....	17
2.5.1 METODO DE HARDY CROSS.....	18
2.5.2 METODO DE RENOARD	18
2.5.3 METODO DE DEMALLAJE SIMPLIFICADO.....	18
2.5.4 METODO DE ENSAYO Y ERROR.....	19
2.6. ECUACIONES DE FLUJO UTILIZADAS.....	19
2.6.1 ECUACIÓN DEL IGT	19
2.6.2. ECUACION DEL AGA	20

3.	DIAGRAMA DE FLUJO	21
4.	MANUAL DEL USUARIO.....	22
4.1.	NUEVO PROYECTO	23
4.1.1.	MODIFICAR	25
4.1.2.	CONTINUAR	26
4.2.	DATOS DE TOPOLOGIA ABIERTA	26
4.2.2.	CONTINUAR	27
4.3.	TABLA DE RED ABIERTA.....	27
4.3.1.	GUARDAR DATOS	29
4.3.2.	CONTINUAR	29
4.4.	DATOS DE TOPOLOGIA DE MALLAS.....	30
4.4.1.	CONTINUAR	31
4.5.	DATOS GENERALES DE MALLAS.....	31
4.5.1.	GUARDAR DATOS	34
4.5.2.	CONTINUAR	35
4.6.	UNIDADES.....	35
4.7.	OPCIONES DE DISEÑO.....	37
4.8.	OPCIONES DE FORMULA.....	38
4.9.	RESULTADOS MALLAS.....	38
4.9.1.	GUARDAR RESULTADOS	40
4.10.	RESULTADOS DE RED ABIERTA	40
4.10.1.	GUARDAR RESULTADOS.....	41
4.11.	ABRIR PROYECTO.....	41
4.12.	IMPRIMIR.....	42
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
	BIBLIOGRAFÍA.....	45

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ELEMENTOS DE UNA RED.	16
FIGURA 2. INICIO DE LA HERRAMIENTA.	22
FIGURA 3. MENÚ PRINCIPAL.	23
FIGURA 4. DATOS GENERALES DEL PROYECTO.	24
FIGURA 5. DATOS DE RED ABIERTA.	26
FIGURA 6. INTRODUCCIÓN DE DATOS DE RED ABIERTA.	28
FIGURA 7. PANTALLA DE GRABAR ARCHIVO.	29
FIGURA 8. DATOS DE MALLAS.	30
FIGURA 9. DATOS MALLA UNO.	31
FIGURA 10. DATOS MALLA DOS.	32
FIGURA 11. DATOS DE TRAMOS MALLA UNO.	33
FIGURA 12. DATOS DE TRAMOS MALLA DOS.	33
FIGURA 13. ARCHIVO DE DATOS.	35
FIGURA 14. SUB-MENÚ PROYECTO.	36
FIGURA 15. UNIDADES.	36
FIGURA 16. SUB-MENÚ OPCIONES DE DISEÑO.	37
FIGURA 17. ECUACIONES DE DISEÑO.	38
FIGURA 18. RESULTADOS MALLA UNO.	39
FIGURA 19. RESULTADOS MALLA DOS.	39
FIGURA 20. RESULTADOS RED ABIERTA.	40
FIGURA 21. ARCHIVO ALMACENADOS.	41
FIGURA 22. SUB-MENÚ ARCHIVO.	42
FIGURA 23. OPCIÓN DE IMPRESIÓN.	43
FIGURA 24. MENÚ IMPRESIÓN.	43

GLOSARIO

Red: Es el recorrido de un conjunto de tramos unidos por nodos. Cada tramo debe tener una longitud, un caudal y un diámetro para poder dar inicio a la captura de datos.

Presión Inicial: Es la presión que lleva el fluido, en este caso el gas, en un nodo determinado. Para poder resolver el sistema de red propuesto se requiere conocerla en un punto determinado.

Nodo: Es el punto donde se conectan dos o más tuberías de una red, o el punto donde ocurre un flujo externo o donde hay ingreso de gas al sistema.

Tramo: Es la sección de tubería que une dos nodos.

Caudal: Es la cantidad de gas que pasa por un tramo de la red por unidad de tiempo.

Topología: Se refiere a la configuración o geometría de la red. Dicha topología puede ser abierta o cerrada (mallas).

Método de Hardy Cross: Método de solución del comportamiento del flujo en tuberías de redes cerradas.

Ecuaciones de Flujo: Se refiere a las ecuaciones de flujo empleadas en el desarrollo de la herramienta. Se tomaron como base para dicho desarrollo la del IGT y AGA.

Manual del usuario: Es la descripción de cada uno de los procesos que tiene que realizar el usuario tanto en la captura de datos como en los resultados, para llevar a feliz término la simulación de una red de gas natural, ya sea abierta o cerrada.

Número de nodos: Se refiere a la cantidad de nodos de una red abierta, o el número de nodos de cada malla.

Número de tramos: Es la cantidad de tramos que tiene la red abierta, o el número de tramos de cada una de las mallas para el caso de redes cerradas.

Diámetro: Se refiere al diámetro de la tubería del tramo en evaluación. Su unidad depende de la fórmula utilizada.

Visual Basic: Lenguaje de programación utilizado para la codificación de la herramienta desarrollada.

INTRODUCCION

El gran auge que actualmente tiene la industria del gas natural en nuestro país, con influencia directa en la mayoría de las zonas no solo cercanas a los yacimientos gasíferos, sino a la expansión desarrollada y por desarrollar a las diferentes regiones de la nación, ha hecho que se preste atención muy especial a la capacitación de profesionales expertos en Gas Natural.

La implementación del gas natural tiene una gran importancia tanto en el sector residencial, como en el comercial e industrial, dada las implicaciones sociales que conlleva la incursión de un servicio como éste a los distintos estratos sociales de la población colombiana. El conocimiento de todos los aspectos fundamentales no solo de una red urbana de distribución de gas, sino de toda la industria que conlleva la explotación, transporte y distribución, se hace cada vez más necesario.

Dentro del proceso de implementación de este servicio público a un sector de la población, está la fase de diseño de la red de gas urbana. Con el presente trabajo queremos ofrecer una herramienta para el Ingeniero Diseñador.

Adicionalmente será un soporte académico para el curso Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento de redes de Distribución de Gas de la Especialización en Ingeniería de Gas, y un punto de partida para su ampliación y mejoramiento.

Dicha ampliación y mejoramiento se puede realizar no solo en los métodos de solución de redes, ya que solo se ha utilizado el método de Hardy-Cross, sino en las fórmulas aplicadas. Con dicho mejoramiento, el ingeniero diseñador tendrá muchos más criterios y elementos de juicio para decidir sobre la alternativa mas adecuada tanto económica como técnicamente en el diseño de cualquier proyecto de redes.

1. DESCRIPCIÓN DE LA MONOGRAFIA

1.1 EL PROBLEMA

La Universidad Industrial de Santander, y específicamente la Escuela de Ingeniería de Petróleos-Especialización en Ingeniería de Gas, no cuenta con una herramienta software, donde se disponga del código fuente, para el diseño de redes urbanas de gas natural, para uso tanto académico como comercial.

La realización de las operaciones o los cálculos se hacen actualmente en forma manual en el curso de Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento de redes de Distribución de Gas de la Especialización en Ingeniería de Gas.

Así mismo los centros de investigación adscritos a la Escuela de Ingeniería de Petróleos no cuentan con el código fuente de una herramienta para el diseño de redes de gas a nivel comercial.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de la herramienta software propuesta le permitirá contar a la Escuela de Ingeniería de Petróleos con el código fuente, lo que conllevará a un mejoramiento continuo de dicha herramienta, tanto en los métodos de análisis de redes, como en las fórmulas de diseño existentes.

El software desarrollado permite la implementación de nuevos módulos para satisfacer las necesidades tanto de la Escuela como de la Industria que requiera este tipo de soluciones.

En este trabajo se busca la sistematización del diseño de redes de manera que el sistema aplique a cualquier problema presentado tanto a nivel académico como a nivel empresarial.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 GENERAL

Realizar una herramienta software que permita diseñar una red urbana de gas utilizando la fórmula del Instituto Americano del gas (AGA). Así mismo, y como en la Escuela de Ingeniería de Petróleos reposará el código fuente del software, se podrá ir mejorando e implementando nuevos módulos de acuerdo a las necesidades tanto de la Universidad como de la industria que requiera este tipo de soluciones.

1.3.2 ESPECIFICOS

- Analizar y evaluar la información disponible.
- Seleccionar el método de cálculo para el diseño de mallas.
- Selección de las ecuaciones de flujo para el comportamiento del gas en tuberías plásticas o de polietileno.
- Codificación en un lenguaje de programación
- Verificación y validación del Software
- Puesta en Marcha.

1.4 DELIMITACIÓN

Conceptual: La herramienta desarrollada se basará en el método de Hardy-Cross para el ajuste de caudales en redes o mallas y las fórmulas de diseño IGT y la de AGA para flujo de gas en tuberías plásticas o de polietileno. El lenguaje seleccionado para la codificación fue Visual Basic.

Cronológica: Enero de 2005 a Mayo de 2005.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE GAS NATURAL

Los sistemas de distribución urbana de gas natural se pueden describir como el conjunto de tuberías, accesorios y equipos que permiten la entrega de Gas Natural combustible para las diferentes áreas de la ciudad, predio a predio, según sea la necesidad del consumidor: domiciliario, comercial o industrial.

Los usuarios domiciliarios están conectados a las líneas secundarias de polietileno de la red de gas natural, generalmente con líneas de servicio individuales que se derivan mediante la conexión en T por termofusión o electro fusión en cada frente de vivienda.

Los usuarios comerciales se pueden encontrar ubicados en sectores donde también existen consumidores domiciliarios o en zonas exclusivamente comerciales; sin importar la ubicación del consumidor en la ciudad es frecuente determinar este carácter del cliente de acuerdo a su actividad productiva. Al revisar una red típica, se puede verificar que la mayoría de clientes comerciales en una red de gas natural se encuentran conectados a las redes de polietileno por medio de una conexión en T y de allí en adelante, muestran una estructura análoga a los clientes domiciliarios, solo que poseen una capacidad de suministro mayor.

Los usuarios industriales son quienes por regla general mayores volúmenes de gas demandan a una red de distribución, por lo que su conexión a redes secundarias de polietileno es poco frecuente, pues a las presiones de operación habituales en estas redes y con los diámetros normalmente instalados, el gas sería insuficiente para abastecerlos. Estos clientes normalmente se conectan a redes principales de acero y con altas presiones de operación.

2.2 ELEMENTOS DE UNA RED DE GAS NATURAL

2.2.1 NODO

Es el punto donde se conectan dos o más tuberías de una red, o el punto donde ocurre un flujo externo o donde hay ingreso de gas al sistema.

2.2.2 TRAMO

Es la sección de tubería que une dos nodos. Accesorios de la red donde se presentan cambios bruscos en la presión, como compresores y válvulas, también se consideran tramos o algunas veces se les llama nodos funcionales. En ellos al igual que en los tramos se tienen expresiones para calcular la caída de presión. Todo tramo o nodo funcional implica la presencia de dos nodos.

2.2.3 CAUDAL

Es la cantidad de gas que pasa por un tramo de la red por unidad de tiempo.

2.2.4 FLUJO EXTERNO

Es la cantidad de gas que sale o entra a la red por algún punto de ella (nodo). Si entra a la red se conoce como aporte y si sale de ella se conoce como consumo. En general, todo nodo está asociado un flujo externo. El nodo donde ocurre aporte se conoce como fuente.

2.2.5 MALLA

Es todo recorrido cerrado formado por un conjunto de tramos en la red de tal manera que no quede ningún tramo encerrado por él. La figura 1 es un esquema de una red donde se pueden apreciar cada uno de los elementos de una red mencionados anteriormente, La red consta de 6 nodos, 7 tramos y dos mallas. La malla I está compuesta por los tramos a-b, b-c, c-d y d-a y la malla II por los tramos b-e, e-f, f-g, g-c y c-b. En el nodo a hay aporte y en los demás nodos hay consumos, tal y como lo indica la dirección de las flechas.

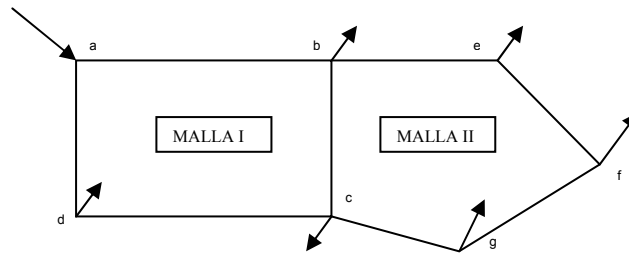


Figura 1. Elementos de una red.

2.3 DIAGRAMA DE UNA RED

Es la representación gráfica de los elementos que conforman una red, deben aparecer todos los datos de que se dispongan y sean necesarios para iniciar su solución, aunque algunos de estos datos puedan ser supuestos. El diagrama de una red supone todo un problema de diseño, pues se deben obtener los flujos externos a cada uno de los nodos, definir el tamaño de cada uno de los tramos de tubería y la forma como van a ser interconectados.

Cuando una red se va haciendo grande empieza a hacerse difícil la elaboración del diagrama pues resulta complicado representar todos los flujos externos y los tramos; en estos casos se debe simplificar la red. La simplificación del diagrama de una red,

consiste en la concentración de datos relacionados con consumos en ciertos puntos de la red y en la eliminación de tramos. Cuando se tiene, por ejemplo, una red para distribuir gas en una ciudad, a lo largo de cada tramo habrá muchas salidas de gas hacia los consumidores, si se tratara de representar cada consumo en todos los tramos se necesitaría un diagrama muy extenso; por tanto se acostumbra a concentrar estas cargas en los extremos, nodos, del tramo. Sin embargo, se debe tener en cuenta que si en el tramo se presenta en algún sitio un consumo alto de gas, como en el caso de un consumo industrial o comercial, éste debe representarse donde ocurra.

2.4 DESCRIPCION DEL FLUJO EN UNA RED

En una red dada, de un nodo salen varios tramos que lo conectan con otros tantos nodos; por tanto, aunque se conozca la presión en dicho nodo y la cantidad de fluido que sale de él, por aplicación directa de la ecuación de flujo no se puede determinar la cantidad y dirección del flujo en cada tramo, ni la presión en el nodo conectado. Sin embargo, el flujo en cada tramo debe cumplir la ecuación de flujo de gas en tuberías y como de todo nodo salen varios tramos, la presión en un nodo debe satisfacer simultáneamente las ecuaciones de flujo de todos los tramos que salen de él.

El análisis de una red tiene la aplicación más común en la solución de problemas tales como:

- Reforzar sistemas existentes.
- Evaluar la incursión de nuevos flujos al sistema.
- Diseño de tuberías para un nuevos sistema de distribución.

Resolver una red consiste en hallar las presiones en cada uno de sus nodos y los diámetros y las tasas de flujo en sus tramos. Es claro que si se conocen las presiones en los nodos se puede hallar el flujo y la dirección en cada uno de los tramos de la red, o al contrario, si se conoce el flujo y su dirección se puede conocer las presiones en los nodos siempre y cuando se conozca la presión de al menos uno de los nodos de la red.

El problema de resolver una red se reduce entonces a calcular los flujos en los tramos y a partir de ellos hallar las presiones en los nodos, o viceversa, calcular las presiones en los nodos y a partir de ellas calcular los flujos en los tramos, para un conjunto de diámetros de los tramos.

2.5 METODOS DE SOLUCION DE REDES DE GAS

Algunos de los principales aspectos presentes en el comportamiento de un gas en una red de tuberías, radican en el hecho que este puede fluir hacia los nodos por diferentes vías con presiones en cada nodo y a ratas de flujo que varían en cada tramo. Por tal motivo es necesario en el diseño especificar estos dos aspectos para resolver la red.

Cada red de tubería tiene características propias como niveles de presión, número de mallas, secciones diferentes de tubería, así mismo varía la forma de introducir el gas a la malla.

Una vez planteado el método para describir el flujo en una red de gas, el paso siguiente es resolverla.

Existen varios métodos de solución de redes de gas, de los cuales explicaremos rápidamente algunos.

2.5.1 METODO DE HARDY CROSS

Es un método muy utilizado en Ingeniería Civil, dada su gran utilidad como ayuda en la solución de problemas en las diferentes ramas. Una de estas ramas es la ingeniería Hidráulica en la cual el diseño de redes de acueducto tiene una gran semejanza con el diseño de redes de gas. Esta semejanza tiene una gran importancia ya que el Ingeniero Civil puede aplicar sus conocimientos, sin mayores complicaciones, al diseño de redes de gas.

Este método, que es la base fundamental de la mayoría de los métodos utilizados para el cálculo de redes de gas, parte de la aplicación directa de las leyes de Kirchoff, las cuales establecen lo siguiente:

- Para una malla, en todo nodo, la suma algebraica de los flujos que entran y salen es igual a cero.
- En un circuito cerrado o red, la suma algebraica de las pérdidas de carga es igual a cero.

El procedimiento de cálculo está fundamentado en asumir un caudal Q_0 y corregirlo mediante un factor ΔQ_0 . El proceso es iterativo y se concluirá cuando el valor de ΔQ_0 sea despreciable.

Este método fue el escogido para aplicarlo en la herramienta para la solución de mallas. Más adelante y mediante un ejemplo se describirá el procediendo de dicho método.

2.5.2 METODO DE RENOARD

Este método es muy semejante al de Hardy Cross dada la correlación existente entre fórmulas. El procedimiento seguido por Renouard lleva a establecer un sistema de ecuaciones (número de ecuaciones igual al número de mallas), las cuales al ser resueltas se obtienen las correcciones del caudal que se deben aplicar a cada uno de los tramos de las mallas.

2.5.3 METODO DE DEMALLAJE SIMPLIFICADO

Este método reduce la red a una sola malla, cortando los tramos intermedios y distribuyendo el flujo hacia los nodos del tramo cortado.

Por tanto la solución depende del valor de la corrección del flujo (ΔQ_0) a encontrar. El método es iterativo, hasta que el valor ΔQ_0 sea despreciable. Este proceso es muy similar al método de Hardy Cross aplicado a una sola malla.

2.5.4 METODO DE ENSAYO Y ERROR

Por algunos años fue el único método utilizado para la solución de redes de gas. Hoy en día es un método muy poco utilizado debido a lo engorroso y tedioso que resulta, además que los errores son difícilmente inevitables. El proceso usado es asumir los caudales en todos los tramos, cumpliendo con la primera ley de Kirchoff, la suma de caudales que salen y entran en cada nodo debe ser cero. Usando la ecuación de flujo, se determinan las pérdidas de presión en cada tramo. Seguidamente se aplica la segunda ley de Kirchoff, la cual dice que la suma total de las pérdidas en una red debe ser cero. El proceso se repite cambiando las ratas de flujo hasta lograr cumplir con la segunda ley de Kirchoff.

2.6. ECUACIONES DE FLUJO UTILIZADAS

2.6.1 ECUACIÓN DEL IGT ¹

$$Q_b = \left[0,6643 \frac{T_b}{P_b} \right] \left[\frac{(P_1^2 - P_2^2)}{T * L} \right]^{5/9} \left[\frac{D^{8/9}}{G^{4/9} * \mu^{1/9}} \right]$$

Donde:

Q_b = Caudal en el tramo en Mpc/hr.

P_1, P_2 = Presiones en los puntos inicial y final de cada tramo, en lpca.

P_b = Presión base, 14,7 lpca.

D = Diámetro de la tubería, en pulgadas.

L = Longitud del tramo en Pies.

T_b = Temperatura Base, y se toma por defecto 520 °R.

T_f = Temperatura de flujo, y se toma por defecto 520 °R.

¹ ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE GAS, Apuntes de Clase, Bucaramanga, 2.004.

μ = Gravedad específica, se toma por defecto $7,0 * 10^{-6}$ lbm/p.sec.

2.6.2. ECUACION DEL AGA ².

$$\Delta P^2 = C * L * Q^{1,8}$$

Donde:

$$C = \frac{227155}{D^{4,8}}$$

D = diámetro interno de la tubería en mm

L = longitud de la tubería en metros.

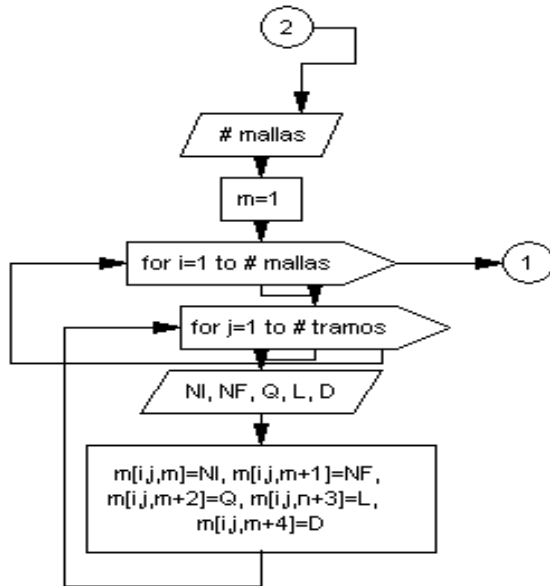
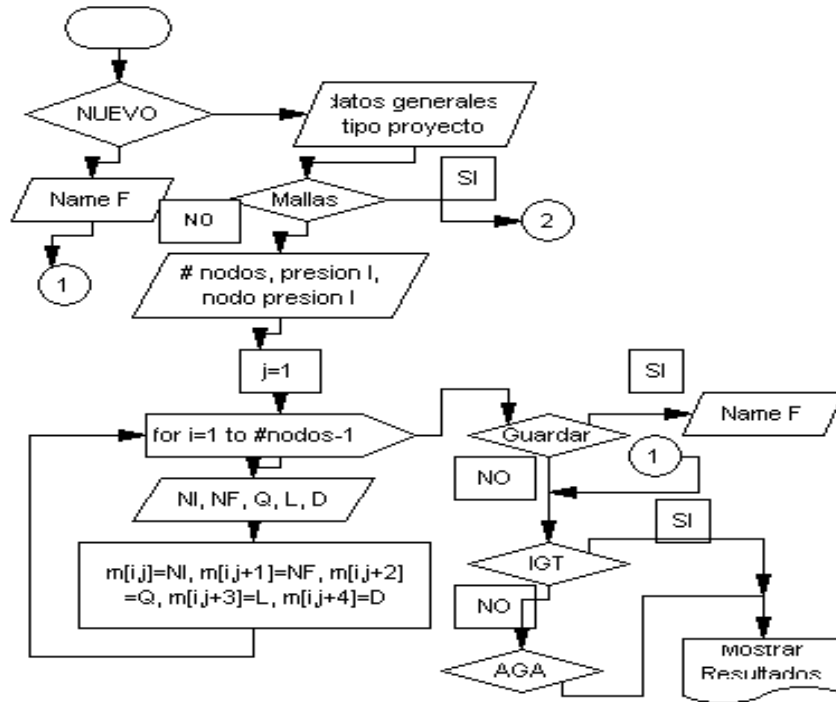
Q = Caudal del tramo en M³/hr

$\Delta P^2 = P_1^2 - P_2^2$, Donde P₁ y P₂ son las presiones en los puntos inicial y final

del tramo. En KPa.

² GAS PIPELINE DESIGN AND DISTRIBUTION NETWORKS. Section five, Distribution networks Design, Construction and Operation, The University of Calgary. 1.998

3. DIAGRAMA DE FLUJO



4. MANUAL DEL USUARIO

En esta sección describiremos de una forma amplia y concisa la herramienta desarrollada y que hemos denominado “Software para redes domésticas de gas”. Al comenzar el programa la primera pantalla de inicio que aparece es la figura (2). Para dar inicio al software de redes de gas doméstico, el usuario da un clic izquierdo en la figura (2) de la pantalla inicial o en sus alrededores sin salir del cuadro demarcado por las líneas.

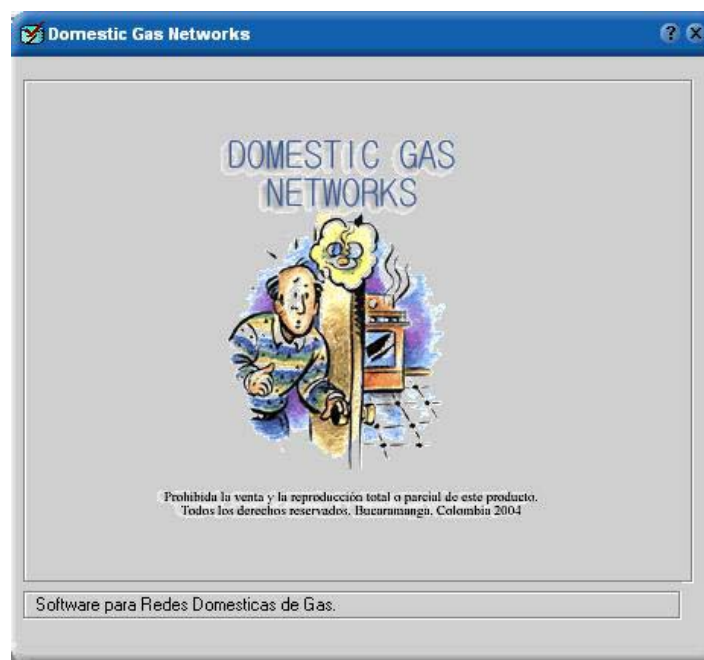


Figura 2. Inicio de la Herramienta.

Al dar el clic izquierdo dentro del cuadro demarcado, aparece la siguiente pantalla (figura (3)), con los menús de archivo, proyecto y ayuda, los cuales están habilitados para dar inicio a un nuevo proyecto, abrir alguno existente, imprimir y salir, como se muestra en la figura (3) en la parte superior de la pantalla.



Figura 3. Menú Principal.

4.1. NUEVO PROYECTO

Para dar inicio a un nuevo proyecto en el software de redes domésticas de gas, el usuario da un clic izquierdo en el menú archivo y automáticamente se despliega un submenú con el listado de: nuevo, abrir, imprimir y salir (ver figura (3)).

Al dar un clic izquierdo en el submenú nuevo (ctrl+U), se despliega una nueva pantalla (ver figura (4)) con los siguientes campos: datos del proyecto (zona a diseñar, diseñado por y nombre de proyecto), parámetros (temperatura base, temperatura de flujo, presión base, gravedad específica y el botón modificar) y topología (red abierta, mallas y el botón continuar).

The screenshot shows a software window titled "Domestic Gas Networks" with a menu bar containing "Archivo", "Proyecto", and "Ayuda". The main area is divided into three sections:

- Proyecto:**
 - Datos del proyecto:** Three text input fields labeled "Zona a diseñar:", "Diseñado por:", and "Nombre de Proyecto".
 - Parametros:** Four numeric input fields: "Temperatura de base:" (520), "Temperatura de flujo:" (520), "Presión base:" (14.7), and "Gravedad específica:" (0.6). To the right of the first two fields are units "° R". Below the pressure field is the text "lpca = psia". A "Modificar" button is located to the right of these fields.
 - Topologia:** Three radio button options: "Red Abierta" (selected), "Mallas", and "Sistema Combinado". A "Continuar" button is positioned to the right of these options.

At the bottom of the window, there is a status bar that reads "Proyecto activo".

Figura 4. Datos generales del proyecto.

- **Datos del proyecto:** En la pantalla mostrada, introduciremos los datos generales del proyecto.

Zona a diseñar: el campo zona a diseñar se encuentra activado para que el usuario digite el nombre de la zona que desea diseñar. Para pasar al siguiente campo, el usuario lo puede hacer por medio del Mouse, con la tecla enter u oprimir la tecla tabulador hasta encontrar el campo deseado.

Diseñado por: el campo diseñado por, se encuentra activado para que el usuario digite el nombre del ingeniero responsable del diseño del proyecto. Para pasar al siguiente campo, el usuario lo puede hacer por medio del Mouse, con la tecla enter u oprimir la tecla tabulador hasta encontrar el campo deseado.

Nombre de proyecto: en el campo nombre de proyecto, el usuario digita el nombre del proyecto como lo desea nombrar. Para pasar al siguiente campo, el usuario lo puede hacer por medio del Mouse, con la tecla enter u oprimir la tecla tabulador hasta encontrar el campo deseado.

- **Parámetros:** Con respecto a los parámetros, estos se refieren a las características del gas que se transporta en la red. Se han tomado por defecto, pues para condiciones de transporte en redes de polietilenos, estos se pueden considerar fijos.

Temperatura de base: la temperatura base ya viene por defecto, pero el usuario puede modificarla. Para pasar al siguiente campo, el usuario lo puede hacer por

medio del Mouse, con la tecla enter u oprimir la tecla tabulador hasta encontrar el campo deseado.

Temperatura de flujo: la temperatura de flujo ya viene por defecto, pero el usuario puede modificarla. Para pasar al siguiente campo, el usuario lo puede hacer por medio del Mouse, con la tecla enter u oprimir la tecla tabulador hasta encontrar el campo deseado.

Presión base: la presión base ya viene por defecto, pero el usuario puede modificarla. Para pasar al siguiente campo, el usuario lo puede hacer por medio del Mouse, con la tecla enter u oprimir la tecla tabulador hasta encontrar el campo deseado.

Gravedad específica: la gravedad específica ya viene por defecto, pero el usuario puede modificarla. Para pasar al siguiente campo, el usuario lo puede hacer por medio del Mouse, con la tecla enter u oprimir la tecla tabulador hasta encontrar el campo deseado.

4.1.1. MODIFICAR

El usuario tiene la opción de modificar los parámetros, si las condiciones de flujo no son las establecidas por defecto. Para modificar los parámetros, se debe hacer clic izquierdo en el botón modificar, cuando se realiza el clic sobre el botón modificar, los campos de temperatura de base, temperatura de flujo, presión de base y gravedad específica se activan para ser modificados por el usuario, por medio del mouse el usuario se puede ubicar en cualquier campo de los parámetros y empezar a cambiar los datos que existen, una vez terminado de hacer los cambios en los campos, el usuario hace un clic izquierdo sobre el botón actualizar para que los cambios realizados se guarden.

- **Topología:** Se refiere a la geometría de la red, si es abierta o malla.

Red abierta: en la sección de topología el usuario debe tomar la opción si la red es abierta o en malla. Si es una red abierta, el usuario da un clic izquierdo en el radiobutton de red abierta. Para pasar al siguiente radiobutton o al botón continuar, el usuario lo puede hacer por medio del mouse u oprimir las teclas de dirección hasta encontrar el campo deseado.

Mallas: si el usuario desea diseñar una red en malla, solamente tiene que dar clic izquierdo en el radiobutton de malla. Para pasar al siguiente radiobutton o al botón continuar, el usuario lo puede hacer por medio del mouse u oprimir las teclas de dirección hasta encontrar el campo deseado.

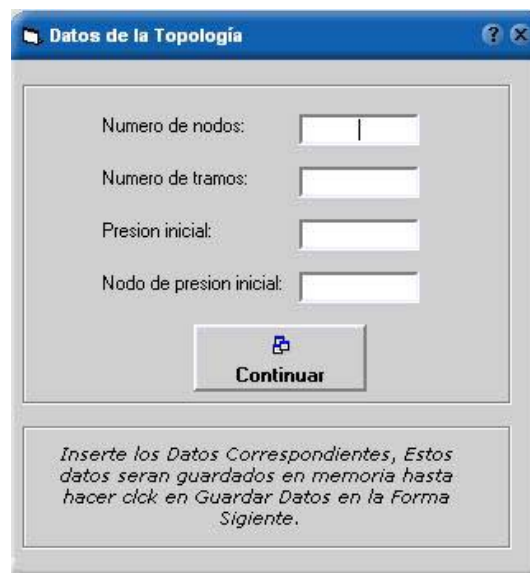
4.1.2. CONTINUAR

Una vez terminado de llenar los campos de datos de proyecto, parámetros y topología, el usuario hace clic izquierdo en el botón continuar para poder pasar a la siguiente pantalla de datos de topología, si el usuario no ha llenado los campos de datos de proyecto o con uno que le haga falta por llenar, el software no lo deja pasar a la siguiente pantalla de datos de topología.

4.2. DATOS DE TOPOLOGIA ABIERTA

Para poder llegar a la pantalla de datos de topología abierta, el usuario primero debe haber pasado por la ventana de nuevo proyecto, llenar sus campos, seleccionar topología de red abierta y hacer clic sobre el botón continuar.

En la pantalla de topología abierta se muestra los siguientes campos activos: números de nodos, números de tramos, presión inicial, nodo de presión inicial y el botón continuar (ver figura (5)).




Datos de la Topología

Numero de nodos:

Numero de tramos:

Presion inicial:

Nodo de presion inicial:

 Continuar

Inserte los Datos Correspondientes, Estos datos seran guardados en memoria hasta hacer click en Guardar Datos en la Forma Sigiente.

Figura 5. Datos de red abierta.

- **Número de Nodos:** al mostrarse la pantalla de datos de topología, el cursor del mouse se posiciona sobre el campo de número de nodos, inmediatamente el usuario puede tomar la decisión de digitar la cantidad de nodos a simular en el software, cuando el usuario digita el número de nodos a simular, consecutivamente en el campo de número de tramos aparece el

número de tramos que tiene la topología, que siempre va hacer uno menos que el numero de nodos (número de tramos = número de nodos – 1). Para pasar al siguiente campo, el usuario lo puede hacer por medio del mouse, con la tecla enter u oprimir la tecla tabulador hasta encontrar el campo deseado.

- **Número de Tramos:** cuando el usuario digita el número de nodos a simular, consecutivamente en el campo de número de tramos aparece el número de tramos que tiene la topología, que siempre va hacer uno menos que el numero de nodos (número de tramos = número de nodos – 1). El usuario no puede alterar el número de tramos que bota por defecto el software cuando se digita el número de nodos. Para pasar al siguiente campo, el usuario lo puede hacer por medio del mouse, con la tecla enter u oprimir la tecla tabulador hasta encontrar el campo deseado.
- **Presión Inicial:** en este campo el usuario digita la presión inicial con la que el gas sale del nodo inicial hasta el siguiente nodo. Para pasar al siguiente campo, el usuario lo puede hacer por medio del mouse, con la tecla enter u oprimir la tecla tabulador hasta encontrar el campo deseado.
- **Nodo de Presión Inicial:** en este campo el usuario digita el nodo inicial donde empezará a diseñarse la red. Para pasar al siguiente campo, el usuario lo puede hacer por medio del mouse, con la tecla enter u oprimir la tecla tabulador hasta encontrar el campo deseado.

4.2.2. CONTINUAR

Una vez terminado de llenar los campos de datos de topología, el usuario hace clic izquierdo en el botón continuar para poder pasar a la siguiente pantalla de tabla de red abierta, si el usuario no ha llenado los campos de datos de topología o con uno que le haga falta por llenar, el software no lo deja pasar a la siguiente pantalla de tabla de red abierta. También puede pasar al botón de continuar con la tecla enter hasta llegar al botón continuar.

4.3. TABLA DE RED ABIERTA

Una vez llenado los datos de la tabla anterior, figura (5), el usuario deberá llenar la tabla de red abierta, figura (6), donde deberá introducir los datos de longitud, caudal y diámetro asumido de cada uno de los tramos de la red.

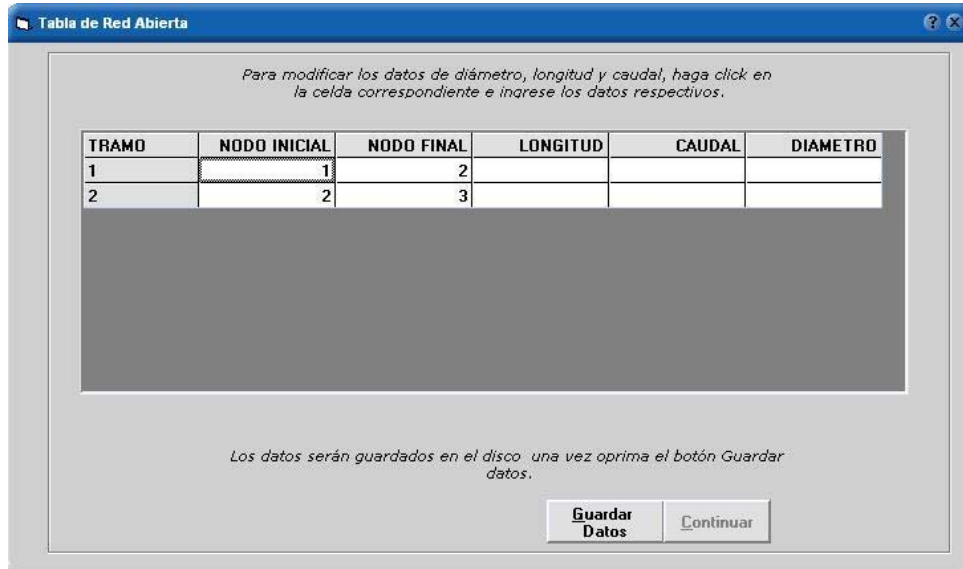


Figura 6. Introducción de datos de red abierta.

- **Longitud:** al iniciar la pantalla de red abierta, el cursor del mouse se posiciona sobre el campo nodo inicial de la tabla, para desplazarse hasta el campo longitud de la tabla, el usuario lo puede realizar con las teclas de dirección ó con el mouse hasta llegar a dicho campo; para activarlo, el usuario puede dar enter sobre el campo ó hacer clic sobre la celda longitud. Si el campo o la celda cambia de color es porque se encuentra activo y listo para que el usuario digite los datos respectivos. Para que la celda o el campo longitud guarde los datos digitados hay que hacer clic en otro campo ó dar enter sobre el mismo campo.
- **Caudal:** para desplazarse hasta el campo caudal de la tabla, el usuario lo puede realizar con las teclas de dirección ó con el Mouse. Para activar este campo, el usuario puede dar enter sobre el campo ó hacer clic sobre la celda caudal, si el campo o la celda caudal cambia de color es porque se encuentra activo y listo para que el usuario digite los datos respectivos. Para que la celda o campo caudal guarde los datos digitados hay que hacer clic en otro campo ó dar enter sobre el mismo.
- **Diámetro:** para desplazarse hasta el campo diámetro de la tabla, el usuario lo puede realizar con las teclas de dirección ó con el mouse hasta llegar al campo diámetro; para activar este campo, el usuario puede dar enter sobre el campo ó hacer clic sobre la celda diámetro, si el campo o la celda cambia de color es porque se encuentra activo y listo para que el usuario digite los datos respectivos. Para que la celda o campo diámetro guarde los datos digitados hay que hacer clic en otro campo ó dar enter sobre el mismo campo.

4.3.1. GUARDAR DATOS

Para poder pasar a la siguiente pantalla del software, el usuario tiene que guardar primero el proyecto, de esta forma el botón continuar se activa para poder dar un clic y pasar a la siguiente pantalla. Una vez llenado los campos anteriores de la tabla de red abierta, el usuario da un clic izquierdo sobre el botón guardar; si faltan algunos campos por llenar, el software coloca ceros por defecto en estos campos. Al oprimir el botón guardar, se despliega la ventana de guardar como, el software guarda los proyectos por defecto en la carpeta ejemplos y con extensión txt, pero el usuario pueden seleccionar su propia ubicación. Una vez desplegada la ventana de guardar como, el usuario digita el nombre del proyecto a guardar en el campo nombre, seguidamente oprime el botón guardar y automáticamente el proyecto se guarda, la ventana se cierra y el botón continuar se activa (ver figura (7)).

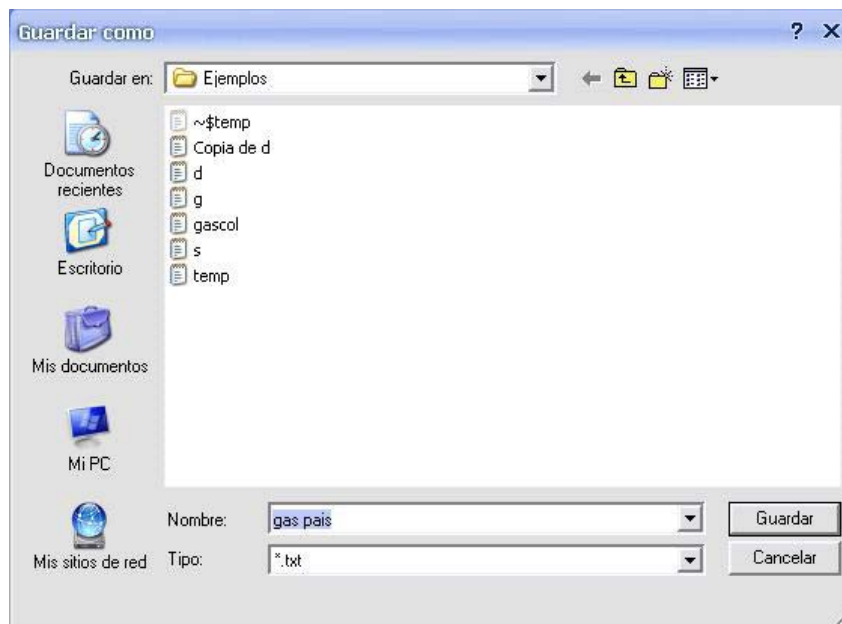


Figura 7.Pantalla de grabar archivo.

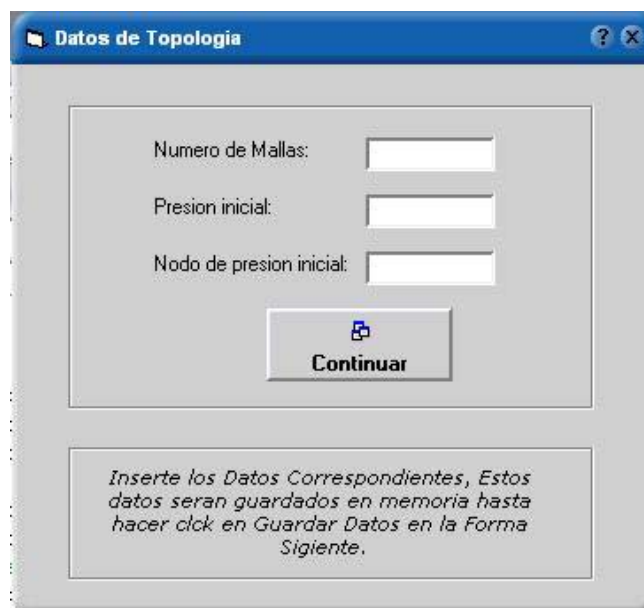
4.3.2. CONTINUAR

Una vez se ha terminado de llenar los campos de tabla de red abierta, el usuario hace clic izquierdo en el botón continuar para poder pasar a la siguiente pantalla de opciones de fórmula. También puede pasar al botón de continuar con la tecla tabulador hasta llegar al botón continuar.

4.4. DATOS DE TOPOLOGIA DE MALLAS

Para poder llegar a la pantalla de datos de topología de malla, el usuario primero debe haber seleccionado por la ventana de nuevo proyecto, llenar sus campos, seleccionar topología de mallas y hacer clic sobre el botón continuar.


En la pantalla de topología de mallas se muestra los siguientes campos activos: números de mallas, presión inicial, nodo de presión inicial y el botón continuar (ver figura (8)).



Numero de Mallas:

Presion inicial:

Nodo de presion inicial:

 Continuar

Inserte los Datos Correspondientes, Estos datos seran guardados en memoria hasta hacer click en Guardar Datos en la Forma Sigiente.

Figura 8. Datos de mallas.

- **Número de Mallas:** al mostrarse la pantalla de datos de topología de mallas, el cursor del mouse se posiciona sobre el campo de número de mallas, el usuario debe digitar la cantidad de mallas a simular en el software. Para pasar al siguiente campo, el usuario lo puede hacer por medio del Mouse, con la tecla enter u oprimir la tecla tabulador hasta encontrar el campo deseado.
- **Presión Inicial:** en este campo el usuario digita la presión inicial con la que el gas llega al nodo donde se suministrará el gas a las redes Para pasar al siguiente campo, el usuario lo puede hacer por medio del Mouse, con la tecla enter u oprimir la tecla tabulador hasta encontrar el campo deseado.
- **Nodo de Presión Inicial:** en este campo el usuario digita el nodo inicial donde estará el suministro de gas y el punto de presión conocida. Para pasar al siguiente campo, el usuario lo puede hacer por medio del Mouse, con la tecla enter u oprimir la tecla tabulador hasta encontrar el campo deseado.

4.4.1. CONTINUAR

Una vez terminado de llenar los campos de datos de topología de mallas, el usuario hace clic izquierdo en el botón continuar para poder pasar a la siguiente pantalla de tabla de datos generales de mallas, si el usuario no ha llenado los campos de datos de topología de mallas o con uno que le haga falta por llenar, el software no lo deja pasar a la siguiente pantalla de tabla de datos generales de mallas. También puede pasar al botón de continuar con la tecla enter.

4.5. DATOS GENERALES DE MALLAS

En la pantalla de tabla de datos generales de mallas se muestran las mallas que el usuario ha creado en la pantalla anterior en forma de pestañas (MALLA 1, MALLA 2).

En esta pantalla y en cada una de las pestañas están activos los siguientes campos: número de nodos, número de tramos y el botón generar grilla (ver figuras (9) y figura (10)).

Datos Generales De Mallas.

Para modificar los datos de diámetro, longitud y caudal, haga click en la celda correspondiente e inrese los datos respectivos.

MALLA 1 | MALLA 2

N° de Nodos | 5

N° de Tramos | 3

Generar Grilla

NOTA: Celda Vacía sera guardada con un Valor de cero (0).

Guardar Datos

Los datos serán guardados automáticamente una vez oprima el botón Guardar datos.

Figura 9. Datos malla uno.



Figura 10. Datos malla dos.

- **Número de nodos:** al mostrarse la pantalla de datos generales de mallas, el cursor del mouse se posiciona sobre el campo de número de nodos de la primera malla, inmediatamente el usuario debe digitar la cantidad de nodos de la malla. Para pasar al siguiente campo, el usuario lo puede hacer por medio del Mouse, con la tecla enter u oprimir la tecla tabulador hasta encontrar el campo deseado., (para todas las mallas a simular).
- **Número de Tramos:** en este campo el usuario digita el número de tramos que va contener la malla en la que esta simulando. Para pasar al siguiente campo, el usuario lo puede hacer por medio del mouse, también con la tecla enter u oprimir la tecla tabulador hasta encontrar el campo deseado, (para todas las mallas a simular).
- **Generar grilla:** Una vez terminado de llenar los campos de número de nodos y número de tramos, el usuario hace clic izquierdo en el botón general grilla y automáticamente se muestra una tabla con los campos de tramos, nodo inicial, nodo final, longitud, caudal y diámetro en la parte inferior del botón generar grilla, estos campos se encuentran activos para que el usuario digite los valores correspondientes a simular (ver figuras (11 y 12)).

Datos Generales De Mallas.

Para modificar los datos de diámetro, longitud y caudal, haga click en la celda correspondiente e ingrese los datos respectivos.

MALLA 1 | MALLA 2

N° de Nodos: 5
 N° de Tramos: 5

Generar Grilla

NOTA: Celda Vacía sera guardada con un Valor de cero (0).

TRAMO	NODO INICIAL	NODO FINAL	LONGITUD	CAUDAL	DIAMETRO
1	1	2	0	0	0
2	2	3	0	0	0
3	3	4	0	0	0
4	4	5	0	0	0
5	5	1	0	0	0

Guardar Datos | Continuar

Los datos serán guardados automáticamente una vez oprima el botón Guardar datos.

Figura 11. Datos de tramos malla uno.

Datos Generales De Mallas.

Para modificar los datos de diámetro, longitud y caudal, haga click en la celda correspondiente e ingrese los datos respectivos.

MALLA 1 | MALLA 2

N° de Nodos: 6
 N° de Tramos: 6

Generar Grilla

NOTA: Celda Vacía sera guardada con un Valor de cero (0).

TRAMO	NODO INICIAL	NODO FINAL	LONGITUD	CAUDAL	DIAMETRO
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0

Guardar Datos | Continuar

Los datos serán guardados automáticamente una vez oprima el botón Guardar datos.

Figura 12. Datos de tramos malla dos.

- **Longitud:** el usuario puede desplazarse hasta el campo longitud de la tabla, con las teclas de dirección ó con el mouse hasta llegar al campo deseado. Para activar este campo, el usuario puede dar enter sobre el campo ó hacer clic sobre la celda longitud, si el campo o la celda cambia de color es porque se encuentra activo y listo para que el usuario digite los datos respectivos. Para que la celda o campo longitud guarde los datos digitados hay que hacer clic en otro campo ó dar enter sobre el mismo campo. Para desplazarse hasta los campos de la tabla, el usuario lo puede realizar con las teclas de dirección ó con el mouse hasta llegar al campo a llenar.
- **Caudal:** para desplazarse hasta el campo caudal de la tabla, el usuario lo puede realizar con las teclas de dirección ó con el mouse hasta llegar a dicho campo. Para activar este campo, el usuario puede dar enter sobre el campo ó hacer clic sobre la celda caudal, si el campo o la celda caudal cambia de color es porque se encuentra activo y listo para que el usuario digite los datos respectivos. Para que la celda o campo caudal guarde los datos digitados hay que hacer clic en otro campo ó dar enter sobre el mismo campo. Para desplazarse hasta los campos de la tabla, el usuario lo puede realizar con las teclas de dirección ó con el mouse hasta llegar al campo a llenar.
- **Diámetro:** para desplazarse hasta el campo diámetro de la tabla, el usuario lo puede realizar con las teclas de dirección ó con el mouse hasta llegar a dicho campo. Al igual que en las descripciones anteriores, el usuario puede dar enter sobre el campo ó hacer clic sobre la celda diámetro, si el campo o la celda cambia de color es porque se encuentra activo y listo para que el usuario digite los datos respectivos. Para que la celda o campo almacene los datos digitados hay que hacer clic en otro campo ó dar enter sobre el mismo campo. Para desplazarse hasta los campos de la tabla, el usuario lo puede realizar con las teclas de dirección ó con el mouse hasta llegar al campo a llenar.

4.5.1. GUARDAR DATOS

Para poder pasar a la siguiente pantalla del software, el usuario tiene que guardar primero el proyecto, de esta forma el botón continuar se activa para poder dar un clic y pasar a la siguiente pantalla. Una vez terminado de llenar los campos anteriores de la tabla de malla, el usuario da un clic izquierdo sobre el botón guardar; si faltan algunos campos por llenar, el software coloca ceros por defecto en estos campos. Al oprimir el botón guardar, se despliega la ventana de guardar como, el software guarda los proyectos por defecto en la carpeta ejemplos y con extensión txt, pero el usuario pueden seleccionar su propia ubicación. El usuario digita el nombre del proyecto a guardar en el campo nombre, seguidamente oprime el botón guardar y automáticamente el proyecto se guarda, la ventana se cierra y el botón continuar se activa (ver figura (13)).

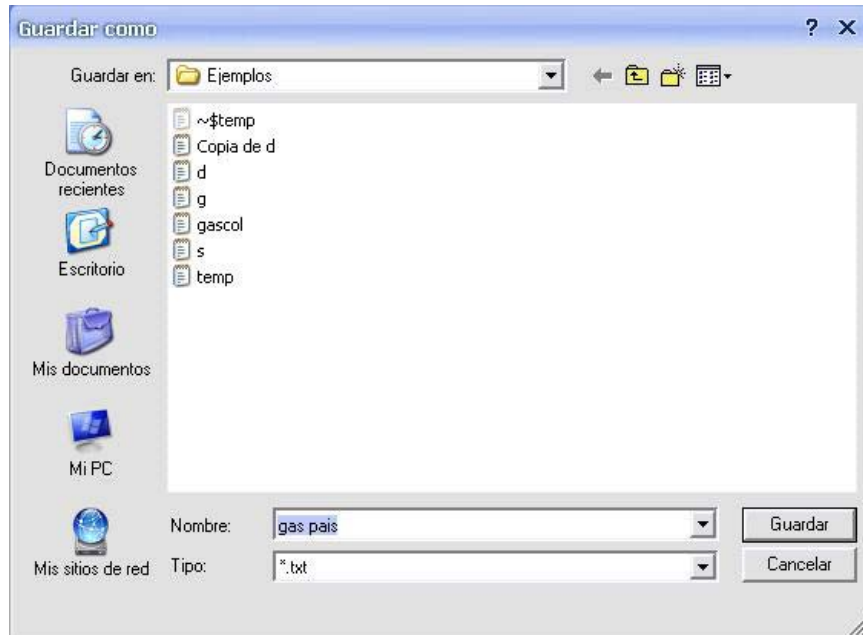


Figura 13. Archivo de datos.

4.5.2. CONTINUAR

Una vez terminado de llenar los campos de los datos de cada una de las mallas del proyecto, el usuario hace clic izquierdo en el botón continuar para poder pasar a la siguiente pantalla de opciones de fórmula. También puede pasar al botón de continuar con la tecla tabulador hasta llegar al botón continuar.

4.6. UNIDADES

Para abrir la pantalla de unidades, del software de redes domésticas de gas, primero debe abrir un proyecto ó iniciar un proyecto nuevo, de lo contrario la pestaña de unidades estará deshabilitada, una vez realizado los pasos anteriores, el usuario da un clic izquierdo en el menú proyecto y, automáticamente se despliega un submenú con el listado de: unidades y opciones de diseño (ver figura (15)).

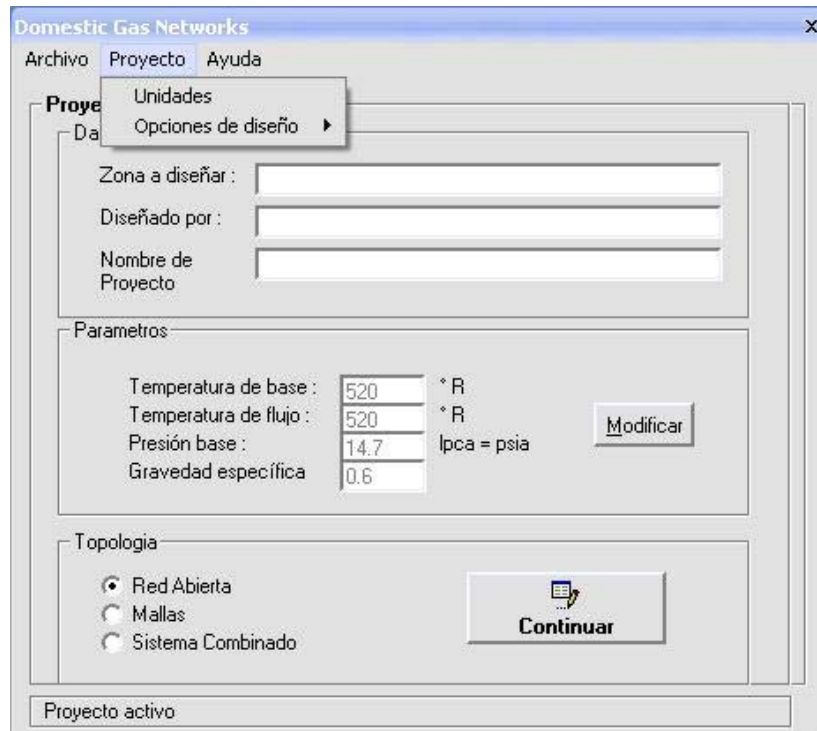


Figura 14. Sub-menú proyecto.

Al dar un clic izquierdo el submenú unidades, se despliega la pantalla de unidades de IGT y AGA (ver figura (15)) con sus respectivas descripciones.

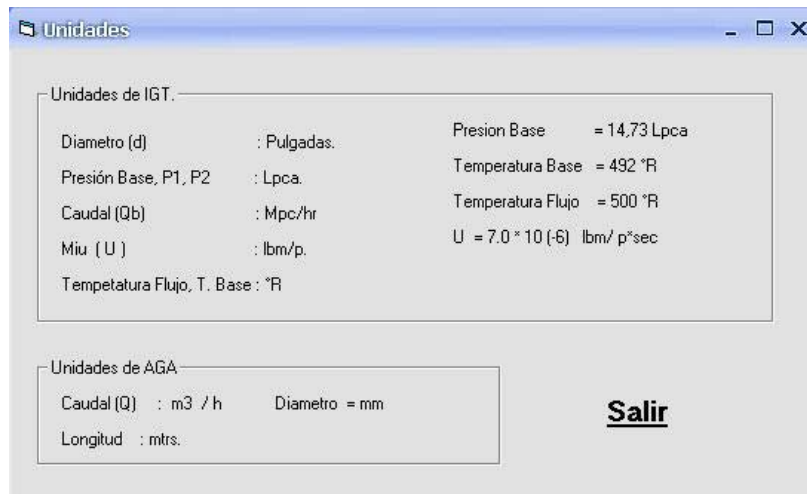


Figura 15. Unidades.

Una vez mostrada la ventana de unidades, el usuario puede salir de la ventana haciendo clic izquierdo en la palabra salir, la cual esta en negrilla.

4.7. OPCIONES DE DISEÑO

Para dar inicio a opciones de diseño de un proyecto en el software de redes domésticas de gas, el usuario debe abrir primero un proyecto para que la pestaña de opciones de diseño y fórmula de cálculo se activen, una vez abierto el proyecto, el usuario da clic izquierdo sobre la pestaña de proyecto, automáticamente se despliega un submenú con el listado de: unidades y opciones de diseño (ver figura (16)), seguidamente se da un clic sobre el submenú opciones de diseño y automáticamente se despliega otro submenú con el nombre de fórmula de cálculo.

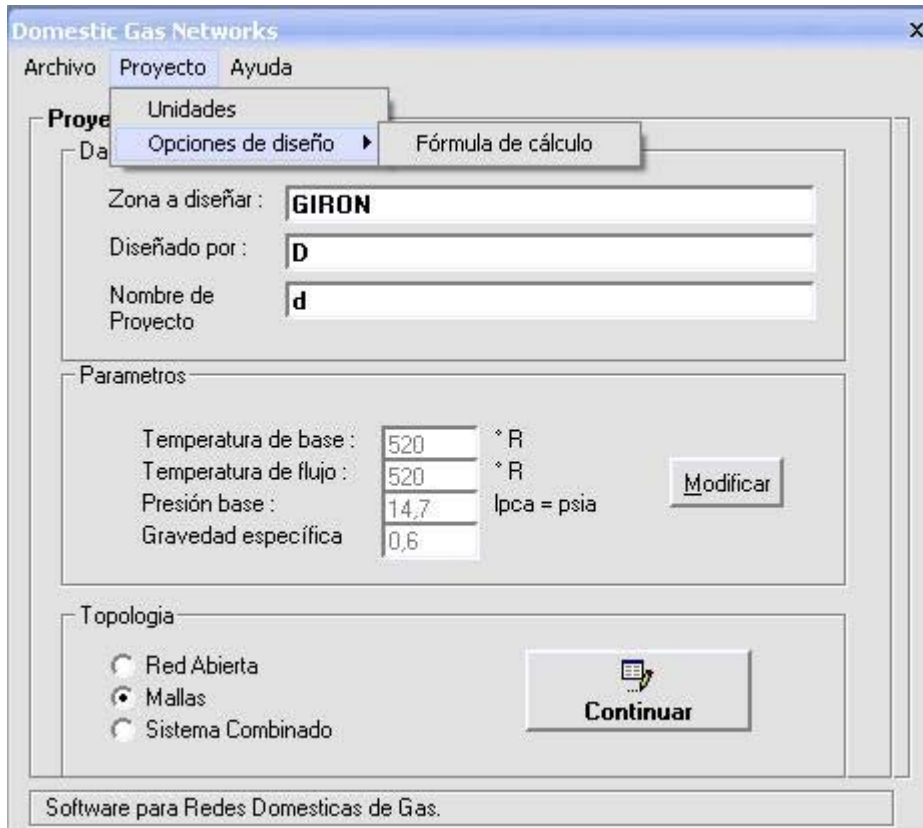


Figura 16. Sub-menú opciones de diseño

Al dar un clic izquierdo en el submenú fórmula de cálculo, se despliega una nueva pantalla (ver figura (17)). Al desplegarse la pantalla de opciones de fórmula, la ecuación de distribución de IGT está seleccionada por defecto en la pantalla, pero el usuario puede seleccionar la fórmula de AGA con las flechas de dirección o hacer clic izquierdo en el radiobutton de la fórmula a escoger. Una vez seleccionada la fórmula

de flujo se procede a hacer clic izquierdo en el botón continuar para pasar a la pantalla de resultados de red abierta o resultados de mallas.

4.8. OPCIONES DE FORMULA

En la pantalla opciones de fórmula, el usuario tiene la opción de escoger la fórmula con la que desea realizar la simulación (Distribución del IGT ó Fórmula de AGA). Debe tener especial cuidado con las unidades introducidas en la primera etapa y que deben ser consistentes con la ecuación seleccionada.

Al desplegarse la pantalla de opciones de fórmula (ver figura (17)), la ecuación de distribución de IGT está seleccionada por defecto en la pantalla, pero el usuario puede seleccionar la fórmula de AGA con las flechas de dirección o hacer clic izquierdo en el radiobutton de la fórmula a escoger. Una vez seleccionada la ecuación de flujo se procede a hacer clic izquierdo en el botón continuar para pasar a la pantalla de resultados de red abierta.

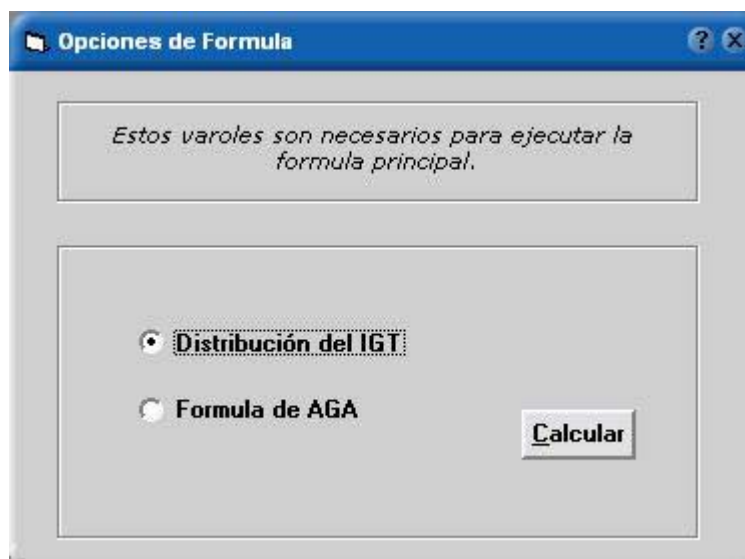


Figura 17.Ecuaciones de Diseño.

4.9. RESULTADOS MALLAS

Para poder llegar a la pantalla de resultados de mallas, el usuario primero debe haber pasado por la ventana de opciones de fórmula, seleccionar la fórmula de flujo y hacer clic sobre el botón calcular.

En la siguiente pantalla (ver figuras (18 y 19)), se muestran los resultados que genera el software para redes domésticas de gas como: tramo, caudal, longitud, diámetro, pérdida en el tramo, presión inicial y presión final; estos resultados son para cada

malla creada por el usuario, (ver figuras (11 y 12)). A partir de los resultados mostrados, el usuario puede tomar decisiones sobre el proyecto.

The screenshot shows a software window titled 'Resultados Red Mallas'. At the top, there are tabs for 'MALLA 1' and 'MALLA 2', with 'MALLA 1' selected. Below the tabs is a table with the following data:

TRAMO	CAUDAL	LONGITUD	DIAMETRO	PERDIDA EN TRAMO	PRESION I	PRESION F
1	3,93	660	12	45,94	120	74,06
2	1,33	340	12	12,44	74,06	61,62
3	-0,26	340	12	-2,85	61,62	64,47
4	-2,564	700	12	-32,2	64,47	96,67
5	-3,064	660	12	-36,716	96,67	133,386

Below the table, there is a message: 'Los datos serán guardados en el disco una vez oprima el botón Guardar resultados.' and a button labeled 'Guardar Resultados'.

Figura 18. Resultados malla uno.

The screenshot shows the same software window 'Resultados Red Mallas', but now with 'MALLA 2' selected in the tabs. The table displays the following data:

TRAMO	CAUDAL	LONGITUD	DIAMETRO	PERDIDA EN TRAMO	PRESION I	PRESION F
1	1,57	360	12	14,857	133,386	118,529
2	1,07	400	12	11,088	118,529	107,441
3	0,07	340	12	0,84	107,441	106,6
4	-1,226	520	12	-14,288	106,6	120,888
5	-0,26	340	12	-2,851	120,888	123,739
6	-1,326	340	12	-12,402	123,739	136,141

Below the table, there is a message: 'Los datos serán guardados en el disco una vez oprima el botón Guardar resultados.' and a button labeled 'Guardar Resultados'.

Figura 19. Resultados malla dos.

4.9.1. GUARDAR RESULTADOS

Para que los resultados mostrados por el software se pueden guardar en el disco duro del computador, el usuario hace clic izquierdo sobre el botón guardar resultados, una vez guardado el proyecto, el usuario puede verificarlo en la carpeta que seleccionó para guardar el proyecto.

4.10. RESULTADOS DE RED ABIERTA

Para poder llegar a la pantalla de resultados de red abierta, el usuario primero debe haber pasado por la ventana de opciones de fórmula, seleccionar la ecuación de flujo a emplear y hacer clic sobre el botón calcular.

En la siguiente pantalla (ver figura (20)), se muestran los resultados que genera el software para redes domesticas de gas, como: tramo, caudal, longitud, diámetro, pérdida en el tramo, presión inicial y presión final. A partir de los resultados mostrados, el usuario puede tomar decisiones sobre el proyecto y la ecuación utilizada.

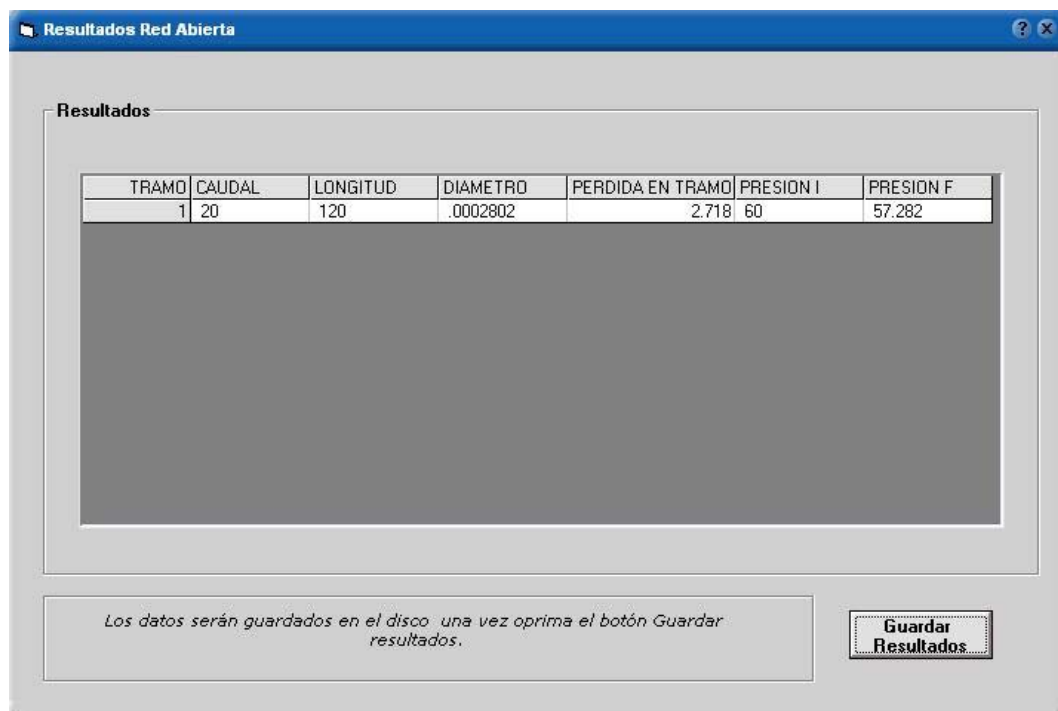


Figura 20. Resultados red abierta.

4.10.1. GUARDAR RESULTADOS

Para que los resultados mostrados por el software se pueden almacenar en medio magnético, ya sea en el disco duro o un disco flexible, el usuario hace clic izquierdo sobre el botón guardar resultados. Una vez archivado el proyecto, el usuario tendrá el archivo disponible para futuras consultas.

4.11. ABRIR PROYECTO

Para abrir un proyecto, que previamente se ha simulado en el software de redes domésticas de gas, el usuario da un clic izquierdo en el menú archivo, automáticamente se despliega un submenú con el listado de: nuevo, abrir, imprimir y salir (ver figura (3)).

Al dar un clic izquierdo el submenú abrir (ctrl+A), se despliega la pantalla abrir archivo (ver figura (21)) con los proyectos que han sido archivados. La carpeta por defecto para el almacenamiento de dichos archivos es Ejemplo.

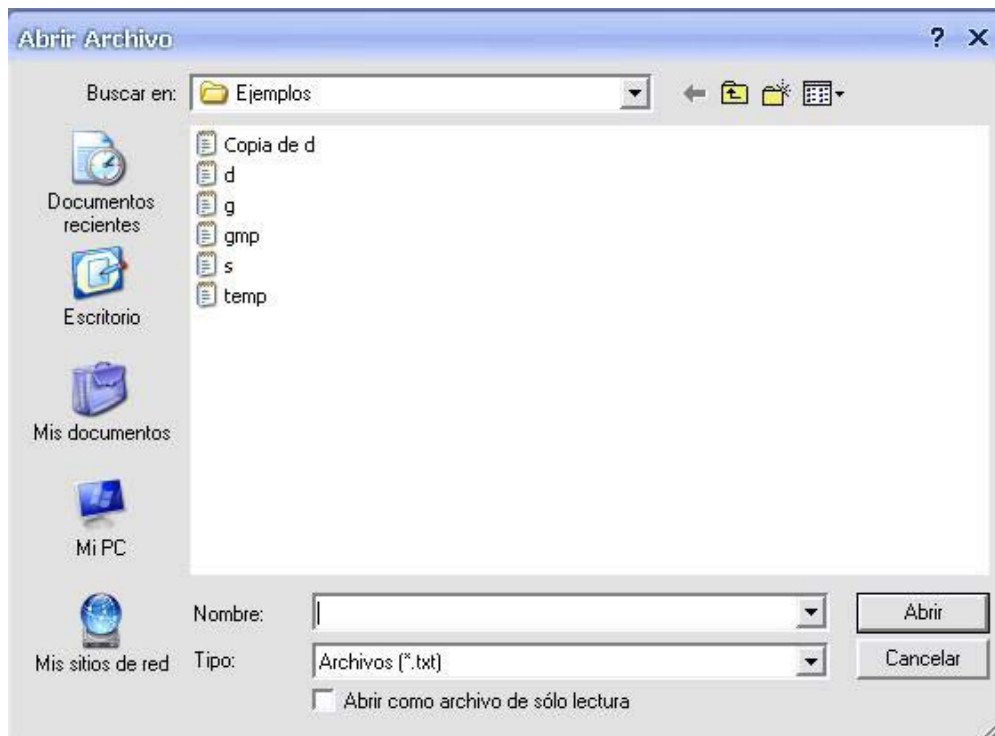


Figura 21. Archivo almacenados.

El usuario hace clic izquierdo sobre el proyecto que desea abrir, al seleccionar el proyecto, en el campo nombre de la ventana abrir aparecerá el nombre del proyecto que desea abrir, seguidamente el usuario hace un clic en el botón abrir para mostrar el

proyecto deseado. Otra forma de abrir proyectos es realizando doble clic sobre el proyecto a abrir (ver figura (21)).

4.12. IMPRIMIR

Para imprimir un proyecto del software de redes domésticas de gas, primero el usuario debe abrir el archivo, de lo contrario la pestaña de imprimir estará deshabilitada. Una vez realizado el paso anterior, el usuario da un clic izquierdo en el menú archivo y automáticamente se despliega un submenú con el listado de: Nuevo (Ctrl+U), Abrir (Ctrl+A), Imprimir (Ctrl+P) y Salir (ver figura (22)).



Figura 22. Sub-Menú Archivo.

Al dar clic izquierdo el submenú imprimir, se despliega la pantalla de impresión (ver figura (22)) con el siguiente mensaje: desea imprimir datos iniciales?, y los botones de confirmación de SI ó NO.



Figura 23. Opción de impresión.

Al dar clic en el botón "NO" cancela la impresión de los datos iniciales del proyecto, al dar clic en el botón "SI" aparecerá la ventana de configuración de impresora (ver figura (22)), Una vez mostrada la ventana de configuración de impresora, el usuario puede seleccionar la impresora, configurar la calidad de impresión, el tipo de papel y la orientación del papel. Una vez realizado los pasos anteriores, el usuario da clic izquierdo en el botón aceptar para realizar la impresión de los datos ó puede cancelar la impresión del proyecto, dando clic izquierdo en el botón cancelar.



Figura 24. Menú impresión.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El diseño de redes de distribución de gas natural debe ajustarse a la Normas Técnicas Colombianas para tal efecto, tales como la NTC 3728 (líneas de transporte y redes de distribución de gas), la NTC 3949 (Estaciones de regulación de presión para líneas de transporte y redes de distribución de gas combustible), la NTC 3838 (Presiones de operación permisibles para el transporte, distribución y suministro de gases combustibles, y en general todas las normas referentes al tema.
- La ecuación del AGA (Asociación Americana de Gas), se basa en la ecuación del IGT, y para flujo a presiones bajas, como es el caso de redes urbanas, todos los parámetros del gas que definen su condición, como lo son su Temperatura de flujo, presión base, etc, fueron tomados como fijos para hallar una constante y poder definir la ecuación en función del diámetro, longitud y caudal.
- El diámetro a utilizar en las ecuaciones debe ser el interno, pues si usamos el diámetro nominal de la tubería, las pérdidas de presión son menores a la real en cada tramo.
- Se recomienda, antes de introducir los datos, aumentar en un 5 a 10% la longitud de la tubería para compensar las pérdidas por accesorios. En caso contrario se debe hacer una tabla con el tipo de accesorios, el número de cada uno de ellos y su longitud equivalente. Este procedimiento debe realizarse por cada tramo, y la longitud equivalente por accesorios debe sumarse a la longitud de cada tramo evaluado.
- Para establecer la demanda potencial de gas natural para el sistema de distribución, el proyectista o ingeniero diseñador deberá tener en cuenta el número de viviendas, el consumo promedio por vivienda teniendo en cuenta la ubicación geográfica de la zona en estudio, las futuras zonas de expansión de acuerdo al Plan de ordenamiento territorial, el número de comercios y la actividad industrial, si existe, de la ciudad o población a diseñar.
- El software desarrollado es una herramienta para el ingeniero diseñador, pero este es quien debe trazar los criterios de diseño de la red y tomar las decisiones a que haya lugar con base en los resultados obtenidos.

BIBLIOGRAFÍA

- GAS PIPELINE DESIGN AND DISTRIBUTION NETWORKS. Section five, Distribution networks Design, Construction and Operation, The University of Calgary. 1.998.
- ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE GAS, Apuntes de Clase, Bucaramanga, 2.004.
- GASODUCTOS URBANOS, Tesis presentada para optar al título de Ingeniero Civil, Ernesto Calderón Carrillo, Universidad Industrial de Santander, 1987.
- TRANSPORTE Y DISTRIBUCION DE GAS, Flujo de Gas en Tuberías y Redes, Abel Naranjo Agudelo, Universidad Nacional de Colombia, 2.003.
- INGENIERIA DE GAS NATURAL, Marcías J. Martínez, Maracaibo, 1.995.
- SIMULATION AND ANALYSIS OF GAS NETWORKS, Anderzej J. Osiadacz, 1.987.
- MICROSOFT VISUAL BASIC 6.0, Manual del programador, Microsoft Corporation, McGraw Hill, 1.998.