



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

**SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES
HIDRÁULICAS EN EL SOTE**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

**MANUEL ROLANDO VARGAS CASTILLO
JUAN CRISTOBAL AMORES ARGANDOÑA**

**DIRECTOR: ING. LUIS ECHEVERRÍA
CODIRECTOR: ING. FERNANDO OLMEDO**

AÑO 2009

DEDICATORIA

Esta tesis es una parte de mi vida y comienzo de otras etapas por esto y más, la dedico:

A Dios creador del universo y dueño de mi vida, que me permite construir otros mundos mentales posibles...

A mis padres, por su amor y apoyo...

A mi esposa, por ser mi fuerza y templanza...

A mis hermanos... amigos fieles y sinceros...

A la vida.... Por lo aprendido y aprehendido

“Lo que hoy es utópico mañana es real. Mundos Posibles. La utopía es lo que ha conducido a que seamos posibles.

Manuel Rolando Vargas Castillo

Dedico a la vida que me ha dado tanto:

Me ha dado el sonido y el abecedario, con él, las palabras que pienso y declaro...

Me ha dado la marcha de mis pies cansados, con ellos anduve ciudades y charcos, playas y desiertos, montañas y llanos...

Me dio dos luceros que cuando los abro, perfecto distingo lo negro del blanco...

Me dio el corazón que agita su marco, cuando miro el fruto del cerebro humano, cuando miro el bueno tan lejos del malo...

Juan Cristóbal Amores Argandoña

AGRADECIMIENTO

A nuestros padres por haberse esforzado desinteresadamente en nuestra formación profesional.

A nuestros profesores de la Escuela Politécnica del Ejército por haber impartido sus valiosos conocimientos en nosotros.

A nuestro director Ing. Luis Echeverría y codirector Ing. Fernando Olmedo por haber guiado este trabajo con entera satisfacción.

Al personal de la Gerencia de Oleoducto de PETROECUADOR por habernos instruido en la parte técnica – operativa de las instalaciones, y de manera muy especial al Ing. Galo Ayala Cueva por habernos enseñado de manera puntual los conceptos que se aplican en nuestra tesis de grado.

INDICE

INDICE	1
NOMECLANTURA	3
UNIDADES	9
GLOSARIO.....	13
CAPÍTULO I	31
1 GENERALIDADES.....	31
1.1 ANTECEDENTES	31
1.2 SISTEMA OLEODUCTO TRANSECUTORIANO (SOTE)	32
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	49
1.4 OBJETIVOS.....	50
1.5 ALCANCE.....	51
CAPÍTULO II	53
2 REVISIÓN DE CONCEPTOS FUNDAMENTALES	53
2.1 INTRODUCCIÓN.....	53
2.2 EL PETRÓLEO	55
2.3 MEZCLA EN UN PUNTO DE INYECCIÓN	81
2.4 FLUJO MONOFÁSICO EN TUBERÍAS.....	83
2.5 AISLAMIENTO TÉRMICO EN TUBERÍAS	118
2.6 PERFIL DE TEMPERATURA.....	143
2.7 DISMINUCIÓN DE PÉRDIDAS POR FRICCIÓN	148
2.8 BOMBAS EN SISTEMAS DE TUBERÍAS	152
CAPÍTULO III	169
3 DESARROLLO DEL SOFTWARE.....	169
3.1 LENGUAJES Y PROGRAMAS PARA EL DESARROLLO.....	169
3.2 REQUERIMIENTO DEL HARDWARE.....	195
3.3 ARQUITECTURA DEL PROGRAMA	199
3.4 DIAGRAMA DEL SOFTWARE.....	200
3.5 ELEMENTOS DEL SOFTWARE	208
CAPÍTULO IV	219
4 PRUEBAS DEL SOFTWARE	219
4.1 ESCENARIOS OPERATIVOS.....	219
4.2 RESULTADOS DEL SOFTWARE PARA LOS ESCENARIOS	220
4.3 CUADROS COMPARATIVOS.....	225
4.4 RESULTADOS DE LA COMPARACIÓN.....	226
CAPÍTULO V	227
5 ANÁLISIS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	227
5.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	227
5.2 CONCLUSIONES.....	228
5.3 RECOMENDACIONES	231
ANEXO I.....	233
CODIGO FUENTE	233
ANEXO II.....	439
FORMULARIOS E-3000	439
ANEXO III.....	479
EJEMPLO DE SIMULACIÓN.....	479

ANEXO IV	485
MANUAL DE USUARIO	485
ANEXO V	503
ECUACIONES UTILIZADAS EN EL ANÁLISIS.....	503

NOMECLANTURA

%	Porcentaje
<i>HC</i>	Hidrocarburo
<i>ppm</i>	Partes por millón
<i>T_b</i>	Temperatura de ebullición
ρ	Densidad
<i>KUOP</i>	Factor de caracterización para hidrocarburos
<i>Spgr(60)</i>	Gravedad específica o peso específico a 60 °F
<i>API(60)</i>	Densidad <i>API</i> a 60 °F
<i>T</i>	Temperatura
<i>p</i>	Peso específico
<i>g</i>	Gravedad
<i>w</i>	Peso del fluido
<i>V</i>	Volumen
<i>P</i>	Presión
<i>h</i>	Altura
<i>P_o</i>	Presión atmosférica
<i>Z</i>	Altura
τ	Tensión superficial
<i>W</i>	Número de WEBER
<i>r</i>	Radio
Δ	Incremento
<i>V_e</i>	Volumen específico
<i>E</i>	Módulo de elasticidad volumétrica
<i>K</i>	Módulo volumétrico de elasticidad
<i>C</i>	Velocidad de la onda de presión
<i>u</i>	Velocidad media
<i>y</i>	Distancia
θ	Angulo deformado
α	Coefficiente de proporcionalidad

t	Tiempo
ν	Viscosidad cinemática
T_{Oper}	Temperatura absoluta de operación
μ	Viscosidad absoluta o dinámica
n	Número de componentes
\dot{m}	Caudal másico (masa por unidad de tiempo)
Q	Caudal volumétrico
ssu	Viscosidad Saybolt universal
ssf	Viscosidad Saybolt Furol
ρ_m	Densidad de la mezcla
ρ_n	Densidad de cada componente
V_m	Volumen de la mezcla
V_n	Volumen de cada componente
$\%i$	Porcentaje volumétrico de cada componente
API_i	Grado API de cada componente
A	Área de la sección transversal en la tubería
m	Masa
F, R_x y R_y	Fuerzas
W_p	Energía de bombas añadidas al sistema
W_t	Energía de turbinas tomada desde el sistema
W_f	Energía perdida por fricción
H_p	Cabeza total de la bomba
H_t	Cabeza total tomada por turbinas
H_f	Cabeza de pérdidas por fricción
EGL	Línea de grado energético
HGL	Línea de grado hidráulico
H_{fs}	Pérdida de carga en la singularidad

ξ	Coeficiente de pérdidas singulares
D	Diámetro nominal
π	PI número adimensional equivalente a 3.1416
$H_{f \text{ REQUERIDAS}}$	Pérdidas por fricción requeridas
f	Factor de fricción
ΔL	Tramo de longitud
$H_{f \text{ DISPONIBLES}}$	Pérdidas por fricción disponibles
f_t	Factor de fricción en el conducto
Le	Longitud equivalente (coeficiente resistencia para válvulas)
P_i	Presión interna
S	Esfuerzo permisible
Re	Número de Reynolds del fluido es adimensional
Q_T	Calor transferido durante un proceso
Q_c	Tasa de transferencia de calor por conducción
dT/dy	Gradiente térmico en dirección del flujo de calor
K	Conductividad térmica
β_K	Es una constante empírica
K_0	Conductividad térmica dado para temperatura referencial
Re	Resistencia eléctrica
esp	Espesor o distancia de la pared
$\Delta Volt$	Diferencial de voltaje
I	Flujo de corriente
Q_{conv}	Transferencia de calor por convección
h	Coeficiente de transferencia de calor por convección
Kc	Conductancia térmica transferencia de calor por convección
R_{conv}	Resistencia térmica transferencia de calor por convección
Q_r	Tasa de transferencia de calor por radiación
σ	Constante de Estefan Boltzman, $5.67 \cdot 10^{-8} \left[\frac{w}{m^2 \cdot K^4} \right]$

ζ	Emitancia de la superficie gris
$h_{combinado}$	Coefficiente de transferencia de calor combinado
U	Coefficiente total de transferencia de calor
Q_{Total}	Transferencia de calor total
e	Energía específica por unidad de masa
Qg	Tasa de calor que se genera dentro del volumen de control
W	Tasa neta de trabajo producido
$\frac{\partial E}{\partial t}$	Tasa acumulación - energía dentro del volumen de control
x, y, z	Coordenadas rectangulares
T_{Ext}	Temperatura exterior
T_{Int}	Temperatura interior
R_1	Resistencia térmica del interior del tubo (convección)
R_2	Resistencia térmica de la pared del tubo (conducción)
R_3	Resistencia térmica del aislante (conducción)
R_4	Resistencia térmica del exterior del tubo (convección)
Rt	Resistencia térmica
r_1	Radio interior de la tubería
r_2	Radio exterior de la tubería
r_3	Radio desde el centro de la tubería hasta el exterior
h_1	Coefficiente de transferencia de calor de la tubería
h_2	Coefficiente de transferencia de calor del exterior
h_n	Coefficiente de convección del medio exterior al tubo
L	Longitud del tramo de tubería
R_{Tierra}	Resistencia térmica de la tierra
$dist$	Profundidad de enterramiento hasta el centro de la tubería
$esp_{AISLANTE}$	Espesor del aislante
K_{Tierra}	Conductividad térmica de la tierra

r_{0c}	Radio crítico del aislante
Pr	Número de PRANDTL
ν	Difusividad molecular del momentun
α	Difusividad molecular del calor
E	Número de ECKERT
Nu	Número de NUSSELT
μ_m	Viscosidad determinada a la temperatura media del fluido
μ_w	Viscosidad determinada a temperatura de la pared del tubo
Tb	Temperatura promedio volumétrica
T_i	Temperatura inicial
T_0	Temperatura final
Pe	Número de PECLET
Q_{vc}	Calor añadido (+) o extraído (-) del volumen de control
W_{vc}	Trabajo realizado por el volumen de control
υ	Energía interna
h	Entalpía
Cp	Calor específico
μ_j	Coeficiente de Joule Thomson
dT	Diferencia de temperatura
∂q_{vc}	Diferencial de calor añadido o extraído
∂q_{vc}	Diferencial de calor añadido o extraído
dL	Diferencial de longitud
T_{amb}	Temperatura ambiente
$\frac{dT}{dL}$	Gradiente de temperatura
$\frac{dP}{dL}$	Gradiente de presión manométrica
$\frac{du}{dL}$	Gradiente de velocidad

$\frac{dZ}{dL}$	Gradiente potencial o de altura
DRA	Agente Reductor de Fricción
DR	Fracción de reducción de fricción
$H_{f \text{ sin } DRA}$	Pérdidas por fricción sin agente reductor
$H_{f \text{ con } DRA}$	Pérdidas por fricción con agente reductor
H	Cabeza total-bomba pies, en el punto de mayor eficiencia.
RPM	Velocidad rotacional del impulsor
N_{ss}	Velocidad específica de succión
$NPSHR$	Cabeza neta de succión (+) en el punto de mayor eficiencia
$P_{ABSOLUTA}$	Presión absoluta aplicada al fluido
ΔZ	Diferencia de altura entre la bomba y el nivel de fluido
P_{VAPOR}	Presión de vapor del fluido
H_f	Pérdidas por fricción en la tubería de succión
BHP	Brake horse power (potencia que motor entrega a bomba)
eff	Eficiencia de la bomba
H_p	Energía suministrada por la bomba al fluido

UNIDADES**TEMPERATURA**

$^{\circ}C$	Grado Celsius
$^{\circ}F$	Grado Fareheint
$^{\circ}R$	Grado Rankin

MASA

g	Gramo
Kg	Kilogramo

VOLUMEN

cm^3	Centímetro cúbico
m^3	Metro cúbico

FUERZA

KN	Kilonewton $\left[1,000 \cdot \frac{Kg \cdot m}{s^2}\right]$
N	Newton $\frac{Kg \cdot m}{s^2}$

PRESIÓN

psi	Presión normal = $\left[\frac{Lb}{pu\ lg.^2}\right]$
$psia$	Presión absoluta = $\left[\frac{Lb}{pu\ lg.^2}\right]$
$psig$	Presión manométrica = $\left[\frac{Lb}{pu\ lg.^2}\right]$
$760[mmHg]$	Milímetros de mercurio
Pa	Pascal = $\left[\frac{N}{m^2}\right]$

$$bar \quad 10^5 \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

ÁREA

m^2	Metro cuadrado
cm^2	Centímetro cuadrado
$pies^2$	Pie cuadrado

VISCOSIDAD

cp	Viscosidad dinámica (<i>Centipoise</i>)
cSt	Viscosidad cinemática (<i>Centistoke</i>)

TIEMPO

s	Segundo
min	Minuto
h	Hora

LONGITUD

$millas$	Milla terrestre equivalente a 1609 metros
m	Metro
Km	Kilómetro
$pies$	Pies
$pulg$	Pulgada

CAUDAL DEL FLUIDO

GPM	Galones por minuto
BPH	Barriles por hora
GPD	Galones por día

POTENCIA

HP Caballo de fuerza

ALTURA

msnm Metros sobre el nivel del mar

GLOSARIO

ALCO:

Es la marca del motor que el SOTE tiene como fuente motriz en las Estaciones de Bombeo.

ANDES PETROLEUM:

Compañía petrolera que realiza la entrega de crudo a Oleoductos de Petroecuador.

Bomba centrífuga:

Es un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor rotatorio llamado rodete en energía cinética y potencial requeridas. El fluido entra por el centro del rodete, que dispone de unos álabes para conducir el fluido, y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa o cuerpo de la bomba, que por el contorno su forma lo conduce hacia las tubuladura de salida o hacia el siguiente rodete (siguiente etapa).

Burbujas de vapor:

Las burbujas de vapor se forman dentro de la bomba cuando la presión estática en algún punto baja a un valor igual o menor que la presión de vapor del líquido¹

Cabeza piezométrica:

Existe una línea llamada *línea de grado hidráulico (HGL)*, que es la suma de las cabezas de presión manométrica, elevación, también llamada **CABEZA PIEZOMÉTRICA**.

¹ <http://www.mch.cl/documentos/pdf/cavita.pdf>

Cabeza total:

Existe una línea llamada *línea de grado energético (EGL)*, que es la suma de las cabezas de presión manométrica, elevación y velocidad, también llamada **CABEZA TOTAL**.

Calor:

Sensación que se experimenta ante una elevación de temperatura.

Energía que pasa de un cuerpo a otro y es causa de que se equilibren sus temperaturas. Cantidad de calor que por unidad de masa necesita una sustancia para que su temperatura se eleve un grado centígrado.

Capa límite:

En el flujo turbulento, existe una pequeña capa delgada de líquido cerca de la pared de la tubería, la velocidad es muy pequeña y en la cual el flujo es realmente laminar. A esta capa se la conoce como **CAPA LÍMITE**.

Caudal másico:

Se define como la relación de la masa de líquido en un tiempo determinado.

Caudal volumétrico:

Se define como la relación del volumen de líquido en un tiempo determinado.

Cavitación:

Se produce cuando la presión de succión disminuye hasta el punto donde se presenta la vaporización del líquido. También ocurre cuando mantenemos la temperatura constante y bajamos la presión total sobre la superficie del líquido.

La cavitación llamada también como aspiración en vacío es un efecto hidrodinámico que se produce cuando el agua o cualquier otro fluido pasa a gran velocidad por una arista afilada, produciendo una descompresión del fluido. Puede ocurrir que se alcance la presión de vapor del líquido de tal forma

que las moléculas que lo componen cambian inmediatamente a estado de vapor, formándose burbujas o, más correctamente, *cavidades*.²

Cédula:

Nos indica el espesor de la pared de la tubería para una determinada presión interna P_i y un esfuerzo permisible S .

Centipoise:

Es la centésima parte de un Poise y es de uso más común para medir la viscosidad dinámica.

Centistoke:

Es la centésima parte del stoke y es de uso más común para medir la viscosidad cinemática.

Corrosión:

Es definida como el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno. Siempre que la corrosión esté originada por una reacción electroquímica (oxidación), la velocidad a la que tiene lugar dependerá en alguna medida de la temperatura, la salinidad del fluido en contacto con el metal y las propiedades de los metales en cuestión³

Densidad:

A la relación que existe entre la masa específica de una sustancia cualquiera y una sustancia de referencia. Para los líquidos se utiliza la masa específica del agua a $4 [^{\circ}C]$ como referencia, que corresponde a $1 \left[\frac{g}{cm^3} \right]$ y para los gases se utiliza al aire con masa específica a $20 [^{\circ}C]$ y $1013 [bar]$ de presión como referencia, que corresponde a $1204 \left[\frac{Kg}{m^3} \right]$.

² <http://es.wikipedia.org/wiki/Cavitaci%C3%B3n>

³ <http://es.wikipedia.org/wiki/Corrosi%C3%B3n>

Densidad del crudo:

Se expresa en términos de densidad *API*, se relaciona con el peso específico de tal manera que un incremento en la densidad *API*, corresponde a un descenso en el peso específico.

Densidad relativa:

Es la relación entre la masa de un volumen de un material y la masa del mismo volumen de agua a la misma temperatura.

Diagrama de Moody:

Nos ayuda a determinar si las tuberías son lisas, rugosas o si el flujo es laminar, turbulento o si se encuentra en una zona de transición (zona de incertidumbre cuando el número de Reynolds está entre 2100 y 4000). Esto determinamos por medio de factores que son: número de Reynolds, factor de fricción y Rugosidad.

Ecuación ASTM:

Es un método para encontrar la viscosidad cinemática a cualquier temperatura.

Ecuación de Andrade:

Se la utiliza para medir la influencia de la temperatura sobre el flujo de los

lubricantes. $\mu = A \cdot \exp\left(\frac{B}{T}\right)^4$

Ecuación de Benoulli:

Se aplica la primera ley de la termodinámica la cual nos dice que el cambio de energía interna de un sistema es igual a la suma de energías y trabajo añadido y/o extraído. Hay que considerar que siempre va a existir conservación de la energía.

⁴ <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/266/26624604.pdf>

Ecuación de continuidad:

Se la obtiene del hecho de considerar que la masa de un sistema es constante.

Su ecuación es $\rho_1 \cdot u_1 \cdot A_1 = \rho_2 \cdot u_2 \cdot A_2$.

Ecuación de Darcy – Weisbach general:

Nos muestra las pérdidas por fricción, de una manera proporcional a la velocidad al cuadrado.

Ecuación de momentum:

Se trata de una fuerza externa la cual provoca un cambio en la velocidad del flujo.

Energía:

Es la capacidad de un sistema físico para realizar trabajo. La materia posee energía como resultado de su movimiento o de su posición en relación con las fuerzas que actúan sobre ella. La radiación electromagnética posee energía que depende de su frecuencia y, por tanto, de su longitud de onda. Esta energía se comunica a la materia cuando absorbe radiación y se recibe de la materia cuando emite radiación.

Energía cinética:

Es la que posee un cuerpo por razón de su movimiento. La energía cinética depende de la masa y la velocidad del objeto.

Esfuerzo de corte:

Es la fuerza que se aplica sobre una determinada área de un fluido para vencer la resistencia que opone a ser deformado cuando se lo somete continuamente a un esfuerzo de corte.

Energía específica:

Es la energía por unidad de peso, se expresa en pies lb/lb o pies de fluido o kg mt/kg o metros de fluido.⁵

Energía interna:

Es el trabajo que realiza un sistema internamente, el cambio de energía interna de un sistema es igual a la suma de energías y trabajo añadido y/o extraído.

Energía potencial:

Energía almacenada que posee un sistema como resultado de las posiciones relativas de sus componentes. Por ejemplo, si se mantiene una pelota a una cierta distancia del suelo, el sistema formado por la pelota y la Tierra tiene una determinada energía potencial; si se eleva más la pelota, la energía potencial del sistema aumenta.

Entalpía:

Es la cantidad de energía de un sistema termodinámico que éste puede intercambiar con su entorno.

Entropía:

Función de estado que mide el desorden de un sistema físico o químico, y por tanto su proximidad al equilibrio térmico. En cualquier transformación que se produce en un sistema aislado, la entropía del mismo aumenta o permanece constante, pero nunca disminuye. Así, cuando un sistema aislado alcanza una configuración de entropía máxima, ya no puede experimentar cambios: ha alcanzado el equilibrio.

Esfuerzo a la fluencia:

Indicación del esfuerzo máximo que se puede desarrollar en un material sin causar una deformación plástica. Es el esfuerzo en el que un material exhibe

⁵ <http://www.cig.ensmp.fr/~hubert/glu/ES/GF1172ES.HTM>

una deformación permanente específica y es una aproximación práctica de límite elástico. El límite elástico convencional está determinado a partir de un Diagrama esfuerzo-deformación. Es el esfuerzo que corresponde a la intersección de la curva de esfuerzo-deformación con una línea paralela a su sección recta, con un corrimiento específico.⁶

Factor de fricción:

Se da en el conducto el cual está conectado el accesorio tomado en la zona de turbulencia completa. El valor de f_t varía con el diámetro del conducto.

Fluido compresible:

Son aquellos fluidos que al aplicarse un incremento de presión no varía su volumen es decir que no existe un decremento en su volumen.

Fluido dilatante:

Presentan un aumento en su viscosidad al aumentar la tasa de corte, aumentan su volumen cuando son agitados.

Fluido incompresible:

Son aquellos fluidos que al aplicarse un incremento de presión su volumen varía es decir que existe un decremento en su volumen.

Fluido plástico de Bingham:

La viscosidad de estos líquidos baja al aplicar una determinada tasa de corte.

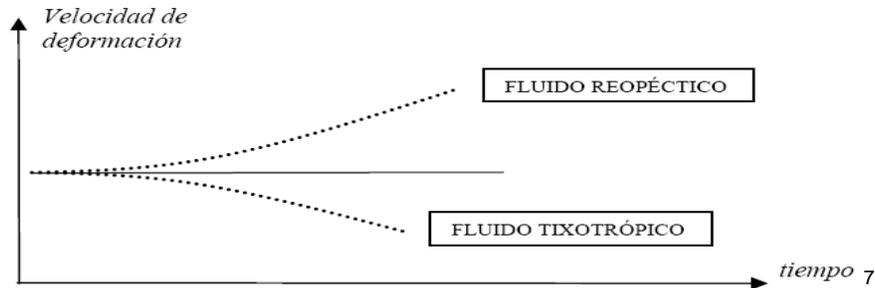
Fluido pseudoplástico:

Presentan un decremento en su viscosidad durante la aplicación de una determinada tasa de corte (agitación) en un determinado tiempo. Cuando son agitados se rompen o se separan, pero después de un determinado tiempo se vuelven a unir.

⁶ <http://www.instron.com.ar/wa/resourcecenter/glossaryterm.aspx?ID=182>

Fluido reopéctico:

Es aquel fluido que aumenta su viscosidad con el tiempo de aplicación de la fuerza y vuelven a su estado anterior tras un tiempo de reposo.

**Flujo estacionario:**

Si las propiedades de fluido en un punto en un campo no cambian con el tiempo, se dice que el flujo es estacionario.⁸

Flujo monofásico:

Corresponden al transporte de una fase líquida o una fase gas.

Flujo multifásico:

Corresponde al transporte de varias fases.

Flujo Newtoniano:

Es un flujo newtoniano cuando la viscosidad de un fluido permanece INALTERABLE al variar el esfuerzo cortante. La viscosidad absoluta es función exclusivamente de la condición del fluido en particular de la temperatura.

Flujo No Newtoniano:

Es un fluido no newtoniano cuando depende del gradiente de velocidad, además de la condición del fluido. La viscosidad en un tiempo particular depende de la agitación previa ejercida sobre el fluido.

⁷http://www.uniovi.es/Areas/Mecanica.Fluidos/docencia/_asignaturas/mecanica_de_fluidos/temas/Tema_Los_Fluidos_teoría.pdf

⁸ www.monografias.com/trabajos10/resumen/resumen.shtml - 50k -

Flujo No viscoso:

En una tubería uniforme horizontal en el cual pase un flujo no viscoso, no habrá pérdidas de presión por tanto la energía se conservará.

Flujo viscoso:

Cuando existe un flujo viscoso, lo que hace es disminuir la presión a lo largo de la tubería por tanto de alguna parte debe salir la energía para vencer ese roce.

Gradiente energético:

Es la pendiente energética, la cual se va generando por la Disminución o pérdida de carga total a lo largo de un conducto (o canal) por unidad de longitud.

Gradiente hidráulico:

Es la aplicación de una presión en una determinado punto o tramo se lo define como $\frac{dP}{dL}$: El gradiente hidráulico se puede dar en uno de los siguientes escenarios: 1) En un conducto cerrado 2) En canales abiertos y 3) En medio poroso, la disminución de la altura piezométrica por unidad de distancia en la dirección del flujo.

Gradiente térmico:

Es la aplicación de una determinada temperatura en un determinado tramo o longitud se lo define como $\frac{dT}{dL}$:.

Gradiente de velocidad:

Es la aplicación de una determinada velocidad en determinado tramo o longitud se define como $\frac{du}{dL}$:.

Gravedad API:

La gravedad API, de sus siglas en inglés *American Petroleum Institute*, es una medida de densidad que describe que tan pesado o liviano es el petróleo comparándolo con el agua. Si los grados API son mayores a 10, es más liviano que el agua, y por lo tanto flotaría en esta. La gravedad API es también usada para comparar densidades de fracciones extraídas del petróleo. Una escala de gravedad establecida por el Instituto Americano del Petróleo (API), utilizada por la industria petrolera, la unidad es llamada "Grado API". Esta unidad es definida en términos de la gravedad específica de acuerdo a la siguiente fórmula: $141.5 \text{ Grados API} = 131.5 \text{ Gravedad específica } 60^{\circ}\text{F}/60^{\circ}\text{F}$.⁹

Gravedad específica:

Es una propiedad de los fluidos y es igual que la densidad relativa, se toma normalmente como temperatura del agua 60 [°F], y una densidad del agua de

$$1 \left[\frac{g}{cm^3} \right].$$

Longitud equivalente:

Es la longitud de tubería recta del mismo diámetro nominal que la válvula o junta.

Magnitud intensiva:

Es una magnitud que no depende de la cantidad de materia que compone al cuerpo, sino sólo de su composición. Por ejemplo temperatura, densidad, la presión, etc.

MAOP:

Es la presión máxima a la que un equipo puede ser sometido durante su operación.

⁹ http://www.predic.com/mediawiki/index.php/Gravedad_API

msnm:

Metros sobre el nivel del mar.

Nomograma:

Su principal función es la de ayudar encontrar mediante gráficos, medidas y escalas numéricas estandarizadas la longitud equivalente de algunos accesorios o elementos singulares.

Norma ANSI:

American National Standards Institute - Instituto Nacional Americano de Estándares. Organización encargada de estandarizar ciertas tecnologías. Es miembro de la ISO, que es la organización internacional para la estandarización. ANSI es una organización privada sin fines de lucro, que permite la estandarización de productos, servicios, procesos, sistemas y personal.¹⁰

Normas ASME:

(Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos). Es una asociación profesional, que ha generado un código de diseño, construcción, inspección y pruebas para una amplia selección de herramientas y sistemas mecánicos. Entre ellos, calderas y recipientes a presión. Este código tiene aceptación mundial y es usado en todo el mundo.

Número de Reynolds:

Es un número adimensional con el cual se puede identificar tres tipos de flujo:

1) flujo laminar ($Re < 2100$), 2) Zona de incertidumbre no se sabe si es flujo laminar o turbulento $2100 > Re < 4000$ y 3) flujo turbulento ($Re > 4000$).

Odómetro:

Aparato que cuenta las distancias y marca la cantidad devengada.

¹⁰ <http://www.alegsa.com.ar/Dic/ansi.php>

Oleoducto:

Tubería provista de bombas y otros aparatos para conducir el solamente petróleo – crudo a larga distancia.

OTA:

Oleoducto Transandino

Pérdida lineal o singular:

Debido a la presencia de accesorios, tales como válvulas, codos, uniones, dilataciones y contracciones de las secciones, que se encuentran a lo largo del circuito de tuberías, se generan pérdidas por fricción en ellos. Estas pérdidas de energía son proporcionales a la velocidad del fluido elevada al cuadrado.

Pérdida por fricción:

Se da debido al roce que hay entre el líquido y la pared de la tubería; tales energías traen como resultado una disminución de la presión entre dos puntos del sistema de flujo, estas disminuciones son llamadas pérdidas por fricción.

Piezómetro:

Instrumento que sirve para medir el grado de compresibilidad de los líquidos.¹¹

Poise:

Es la unidad de medida de la viscosidad dinámica en el sistema métrico y es igual a $\left[\frac{\text{gramo}}{\text{cm} \cdot \text{s}} \right]$.

Poliductos:

Son redes de tuberías destinados al transporte de hidrocarburos o productos terminados. Los poliductos transportan una gran variedad de combustibles procesados en las refinerías: keroseno, naftas, gas oil etc.¹²

¹¹ <http://www.acanomas.com/Diccionario-Espanol/116351/PIEZOMETRO.htm>

Presión:

La fuerza que ejerce un fluido en equilibrio sobre un cuerpo sumergido, en cualquier punto es perpendicular a la superficie del cuerpo. Para un fluido en reposo abierto a la atmósfera, la presión es directamente proporcional a la altura bajo la superficie del líquido. Específicamente es el peso de la columna de líquido por unidad de área.

Presión atmosférica:

Es la presión ejercida naturalmente sobre el líquido.

Propiedad extensiva:

Es aquella donde varía en forma *proporcional* a la cantidad de materia que constituyen el cuerpo. A esta última categoría corresponden la masa, el peso, el volumen, el número de moléculas, cantidad de calor, capacidad calorífica, etc.¹³

Presión de estancamiento:

También llamada tubo de Pitot sirve para calcular la presión total, *presión remanente* o *presión de remanso* (suma de la presión estática y de la presión dinámica).¹⁴

Presión estática:

Es aquella que depende únicamente de la altura.

Presión de vapor:

Es la presión externa total sobre la superficie de un líquido a la cual inicia su ebullición y por ende su fase de vapor a una determinada temperatura. Ocurre, por el incremento de temperatura manteniendo la presión constante

¹² <http://www.ucm.es/info/oplosim/poliducto.htm>

¹³ http://www.df.uba.ar/~sgil/web_fisicarecreativa/guias/masas.pdf

¹⁴ http://es.wikipedia.org/wiki/Tubo_de_Pitot

Presión interna de diseño (P_i) :

Trata de la presión en el interior de una tubería por medio de la cual nos permite calcular el espesor o cédula de la misma.

Presión residual:

Es la presión con la que se debe llegar al punto deseado con el objetivo de: llenar tanques de almacenamiento, cumplir con el NPSH de las bombas y sobrepasar accidentes geográficos

Proceso:

Conjunto de las fases sucesivas de un fenómeno natural o de una operación artificial. Acción de seguir una serie de cosas que no tiene fin.

Proceso adiabático:

En un sistema entre cuyo interior y exterior no es posible el intercambio térmico. Es decir que la transformación termodinámica que un sistema experimenta sin que haya intercambio de calor con otros sistemas.

Proceso isotérmico:

Es un proceso en el cual la temperatura se mantiene constante.

Proceso isotrópico:

La propagación de ondas en medios activos puede considerarse un proceso isotrópico (por medio activo entendemos un sistema de elementos autónomos distribuidos de forma continua en el espacio con propiedades dinámicas no lineales y que interacciona con su entorno según procesos difusivos).

Régimen laminar:

Se da cuando el número de Reynolds es menor a 2100, aquí el factor de fricción depende netamente del número de Reynolds.

Régimen turbulento:

Se da cuando el número de Reynolds es mayor a 4000, aquí el factor de fricción realmente no depende del número de Reynolds. Conforme aumenta la rugosidad relativa, el valor del número de REYNOLDS en el que inicia la zona de turbulencia empieza a aumentar.

Rugosidad relativa:

Es una de las propiedades en un conducto, la magnitud de pérdida de energía de un fluido que pase por dicho conducto depende mucho de la rugosidad relativa. Una alta rugosidad relativa indica que se trata de un conducto liso y no habrá mucha pérdida de energía mientras que una tubería rugosa hará que el fluido tenga mucha pérdida de energía.

Sistema:

Es una cantidad de materia, de masa e identidad fijas, la cual está separada del medio que la rodea por medio de una superficie.

SOTE:

Sistema Oleoducto Transecuatoriano.

SSF o SFS:

Viscosidad Saybolt Furol.

SSU o SUS:

Viscosidad Saybolt universal.

Stoke:

Es la unidad de medida de la viscosidad cinemática y su unidad de medida es el *Stoke* [St] que es igual a $\left[\frac{cm^2}{s} \right]$.

Superficie de control:

Es una superficie donde permite la transferencia de masa y reduce el estudio de ecuaciones, simplificándoles a un modo más fácil y entendible.

Temperatura:

Magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente. Su unidad en el Sistema Internacional es el *kelvin* (K).

Tubo capilar:

Es un tubo muy estrecho.

Temperatura de ebullición:

Es la temperatura en la que un líquido empieza a hervir.

Turbulencia:

Esto es cuando el flujo es turbulento y las rugosidades relativas van desde 1000 hasta 1000.000 y números de Reynolds están entre 5000 y 10E8.

Viscosidad absoluta o dinámica:

Es la medida de la resistencia que presenta un líquido a fluir y se llama comúnmente viscosidad o consistencia del líquido.

Viscosidad cinemática:

Es la medida del tiempo que demora en pasar un volumen determinado de fluido a través de un capilar.

Viscosidad Saybolt:

Es la medida del tiempo que demora una muestra en pasar por un orificio.

Viscosímetro:

Aparato que mide la viscosidad de los fluidos.

Volumen de control:

Es un volumen en el espacio, el cual puede estar fijo, moverse o relacionarse con su medio ambiente a través de su superficie, la cual puede ser real o imaginaria, fija o deformable (móvil), con la condición de permitir la transferencia de masa.

YPF:

Repsol YPF, Yacimientos Petrolíferos Fiscales.

CAPÍTULO I

1 GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

En los primeros años de la década de 1960, los ingenieros usaron el método para obtener soluciones aproximadas en problemas de análisis de esfuerzos, flujo de fluidos, transferencia de calor y otras áreas. En la actualidad el perfeccionamiento de los modelos matemáticos con métodos computacionales de simulación han permitido que la ingeniería de diseño desarrolle productos altamente confiables, eficientes y económicos ya que nos permiten probar el producto incluso antes de crear un prototipo para pruebas costosas. Además, los avances en computadoras mainframe (las supercomputadoras) y la disponibilidad de poderosas microcomputadoras han puesto este método al alcance de estudiantes e ingenieros que trabajan en industrias pequeñas.

Debido a la falta de un software en el departamento de Operaciones en el Oleoducto de PETROECUADOR surge la necesidad de desarrollar una simulación de las condiciones hidráulicas en el SOTE. Para la solución de este proyecto PETROECUADOR cuenta con una basta experiencia en su personal técnico y profesional que nos servirá de ayuda durante el desarrollo de este proyecto.

Esta simulación consiste en poder hacer cambios de los parámetros hidráulicos (en el fluido pétreo como: presión, caudal, viscosidad, grado API y gravedad específica) y físicos (en la tubería como: diámetro, longitud y espesor) en el computador para que genere un compartimiento teórico de lo que podría ocurrir en el SOTE, y poder adelantarnos a los hechos sin tener que hacer los cambios en la realidad, por ésta razón el beneficio fundamental de este software es el poder ahorrar gastos innecesarios.

PETROECUADOR en la actualidad da apertura a estudiantes universitarios para que desarrollen dichos programas y puedan adquirir más experiencia como profesionales. Esto favorece de manera directa a la sociedad.

1.2 SISTEMA OLEODUCTO TRANSECUTORIANO (SOTE)



Fig. 1.1 Perfil y Planta del SOTE

1.2.1 INTRODUCCIÓN

El oleoducto cuenta con 6 estaciones de bombeo, 4 estaciones reductoras y una estación de recepción y despacho.

En Lago Agrio se hace la recepción del crudo que entrega Petroproducción, YPF, AEC y otros dependiendo de las circunstancias; y lo almacena para transportarlo en forma de batches hacia el Terminal Marítimo Balao. Cruzando el crudo por las diferentes estaciones de rebombeo y reductoras.

El SOTE transporta crudo de 23 a 24 API a 60 °F para exportación, 25 a 26 API a 60 °F para la refinería “Esmeraldas” y de 27,5 a 28,5 API a 60 °F para la refinería “La Libertad”. El crudo destinado a la refinería “Esmeraldas” es transportado directamente a través de tubería y el destinado a la refinería “La Libertad” es transportado vía marítima a través de buques ecuatorianos.

Los motores utilizados para el bombeo en origen fueron diseñados para trabajar a diesel como combustible, pero por costos y dificultad del transporte

de diesel hacia las estaciones, se ha optado por utilizar crudo combustible en su funcionamiento. Por tal razón desde Lago Agrio se envía batches de 27.5 a 28.5 API a 60 °F, en donde las estaciones se encargan de receptor, centrifugar y decantar el crudo para su utilización en los motores. El consumo de combustible es de aproximadamente $65000 \left[\frac{bls}{mes} \right]$.

Los motores ALCO se encargan de repartir su movimiento hacia las bombas centrifugas por medio de un incrementador de velocidad angular, trabajan entre 950 y 1030 RPM, mientras que los Caterpillar trabajan entre 820 y 900 RPM.

En las estaciones 1, 2, 3, 4 y 5, la forma de bombeo es en paralelo (se suman los caudales y las presiones de descarga se mantienen). En la estación 10 (Quinindé) el bombeo es en serie (la descarga de la primera bomba es la succión de la siguiente bomba, por esta razón el caudal es el mismo y no se suman).

1.2.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

1.2.2.1 Capacidad de bombeo

- ✓ 360 000 BPD (Barriles por día de operación) para crudo de 23,7 ° API.
- ✓ 390 000 BPD (Barriles por día de operación) para crudo de 23,7 ° API, utilizando químico reductor de fricción.

1.2.2.2 Capacidad de almacenamiento

- ✓ 2 000 000 Barriles en Lago Agrio



Fig. 1.2 Tanques de recepción en Lago Agrio

- ✓ 3 220 000 Barriles en el Terminal de Balao



Fig. 1.3 Válvulas de llegada del crudo en Balao

1.2.2.3 Potencia Instalada

- ✓ 101 150 HP en el SOTE (Sistema Oleoducto Transecuatoriano)
- ✓ 2 500 HP en el OTA (Oleoducto Trasandino).



Fig. 1.4 Unidad de Bombeo

1.2.3 ESTACIONES DE BOMBEO, REDUCTORAS Y TERMINAL MARÍTIMO

El SOTE cuenta con seis estaciones de bombeo:

Estación	Unidades de bombeo	Ubicación [Km.]	Altitud [msnm]	Potencia [HP]
Lago Agrio	7	0.00	297.00	17 500
Lumbaqui	7	66.57	842.60	17 500
El Salado	7	111.72	1 289.00	12 950
Baeza	7	164.07	2 002.00	20 300
Papallacta	7	189.37	3 009.00	20 300
Quinindé	3	420.25	97.00	12 600
Total [HP]				101 150

El SOTE cuenta con cuatro estaciones reductoras de presión:

Estación	Ubicación [Km.]	Altitud [msnm]
San Juan	261.72	3 497.64
Chiriboga	273.65	1 998.14
La Palma	295.97	1 613.30
Santo Domingo	329.92	567.34

1.2.3.1 Estación #1 Lago Agrio



Fig. 1.5 Estación de bombeo "Lago Agrio"

La estación de Lago Agrio es el kilómetro 0 de la tubería a una altitud de 297 msnm. Esta estación se encarga de receptor el crudo enviado por Petroproducción (28 API a 60°F en promedio), YPF (19.5 API a 60°F en promedio) y AEC (20.5 API a 60°F en promedio). Y bombear hacia Lumbaqui (estación #2).

Cuentan con 8 tanques de almacenamiento de 250000 barriles cada uno, teniendo una capacidad total de almacenamiento de 2000000 barriles.

Cuenta con 8 motores ALCO de 16 cilindros con una potencia de 2500 HP a 1050 RPM c/u, un motor es utilizado en el OTA (Oleoducto Trasandino) y los otros 7 para el SOTE. De los 7 motores que son utilizados en el SOTE, uno siempre está en stand by, ya que si llega a fallar cualquiera de los otros motores siempre tendrá su reemplazo.

El incremento de velocidad angular desde el motor ALCO hacia la bomba UCP es de 1:3.64.

Cuenta también con 8 bombas centrífugas de 5 etapas UCP, una bomba es dirigida hacia el OTA las otras 7 son para el SOTE. El diámetro de cada impeller o rodete es de 12 13/16 pulgadas.

1.2.3.2 Estación #2 Lumbaqui



Fig. 1.6 Estación de bombeo "Lumbaqui"

La estación de Lumbaqui es el kilómetro 66.57 de la tubería a una altitud de 842.60 msnm.

Esta estación se encarga de bombear el crudo enviado desde Lago Agrio hacia El Salado (estación #3).

Cuenta con 7 motores ALCO de 16 cilindros con una potencia de 2500 HP a 1050 RPM c/u, uno siempre está en stand by, ya que si llega a fallar cualquiera de los otros motores siempre tendrá su reemplazo.

El incremento de velocidad angular desde el motor ALCO hacia la bomba UCP es de 1:3.64.

Cuenta también con 7 bombas centrífugas de 5 etapas UCP. El diámetro de cada impeler o rodete es de 12 13/16 pulgadas.

Esta estación cuenta con una válvula Relief que se activa a los 500 psi.

Succión [psi]		Descarga [psi]		Succión [psi]
LL	L	H	HH	Set Point
70	80	1520	1550	100

1.2.3.3 Estación #3 El Salado



Fig. 1.7 Estación de rebombeo "El Salado"

La estación de El Salado esta en el kilómetro 111.72 de la tubería a una altitud de 1289 msnm.

Esta estación se encarga de rebompear el crudo enviado desde Lumbaqui hacia Baeza (estación #4).

Cuenta con 7 motores ALCO de 12 cilindros con una potencia de 1850 HP a 1050 RPM c/u, uno siempre está en stand by, ya que si llega a fallar cualquiera de los otros motores siempre tendrá su reemplazo.

El incremento de velocidad angular desde el motor ALCO hacia la bomba UCP es de 1:3.64.

Cuenta también con 7 bombas centrífugas de 4 etapas UCP. El diámetro de cada impeler o rodete es de 12 13/16 pulgadas.

Esta estación cuenta con una válvula Relief que se activa a los 720 psi.

Succión [psi]		Descarga [psi]		Succión [psi]
LL	L	H	HH	Set Point
380	400	1670	1690	520

1.2.3.4 Estación #4 Baeza



Fig. 1.8 Estación de rebombeo "Baeza"

La estación de Baeza esta en el kilómetro 164.07 de la tubería a una altitud de 2002 msnm.

Esta estación se encarga de rebompear el crudo enviado desde El Salado hacia Papallacta (estación #5).

Cuenta con 7 motores ALCO de 18 cilindros con una potencia de 2800 HP a 1050 RPM c/u, uno siempre está en stand by, ya que si llega a fallar cualquiera de los otros motores siempre tendrá su reemplazo.

El incremento de velocidad angular desde el motor ALCO hacia la bomba UCP es de 1:3.64.

Cuenta también con 7 bombas centrífugas de 6 etapas UCP. El diámetro de cada impeler o rodete es de 12 13/16 pulgadas.

Esta estación cuenta con una válvula Relief que se activa a los 420 psi.

Succión [psi]		Descarga [psi]		Succión [psi]
LL	L	H	HH	Set Point
60	70	1785	1810	100

1.2.3.5 Estación #5 Papallacta



Fig. 1.9 Estación de rebombeo "Papallacta"

La estación de Papallacta esta en el kilómetro 189.37 de la tubería a una altitud de 3009 msnm.

Esta estación se encarga de rebompear el crudo enviado desde Baeza hacia San Juan (estación #6), elevando el punto más alto del oleoducto ubicado en la virgen a una altitud de 4096 msnm.

Cuenta con 7 motores ALCO de 18 cilindros con una potencia de 2800 HP a 1050 RPM c/u, uno siempre está en stand by, ya que si llega a fallar cualquiera de los otros motores siempre tendrá su reemplazo.

El incremento de velocidad angular desde el motor ALCO hacia la bomba UCP es de 1:3.64.

Cuenta también con 7 bombas centrífugas de 6 etapas UCP. El diámetro de cada impeler o rodete es de 12 13/16 pulgadas.

Esta estación cuenta con una válvula Relief que se activa a los 420 psi.

Succión [psi]		Descarga [psi]		Succión [psi]
LL	L	H	HH	Set Point
35	40	1790	1810	100

1.2.3.6 Estación #6 San Juan



Fig. 1.10 Estación reductora de presión "San Juan"

La estación de San Juan esta en el kilómetro 261.718 de la tubería a una altitud de 3497.64 msnm. Con una longitud de 78°38'51"W y una latitud 0°17'14"S

Esta estación se encarga de reducir la presión del crudo enviado desde Papallacta hacia Chiriboga (estación #7).

Cuenta con 4 válvulas Masoneilan y 4 Fisher para la reducción, estas tienen un diferencial de 25 a 30 psi en 100% abiertas.

Tiene una tubería de By-Pass de 18 pulgadas al diámetro externo, que permite el mantenimiento de las válvulas reductoras anteriormente mencionadas.

Cuenta también con 3 válvulas de alivio, 2 Masoneilan y una válvula Grove de 4 pulg.

Presión Máxima	Succión	Descarga	Punto Fijo	Diferencial
777	26	1	90	25

1.2.3.7 Estación #7 Chiriboga



Fig. 1.11 Estación reductora de presión "Chiriboga"

La estación de Chiriboga esta en el kilómetro 273.650 de la tubería a una altitud de 1998.14 msnm. Con una longitud de 78°43'22"W y una latitud 0°14'48"S

Esta estación se encarga de reducir la presión del crudo enviado desde San Juan hacia La Palma (estación #8).

Cuenta con 4 válvulas Masoneilan y 4 Fisher para la reducción, estas tienen un diferencial de 25 a 30 psi en 100% abiertas.

Tiene una tubería de By-Pass de 18 pulgadas al diámetro externo, que permite el mantenimiento de las válvulas reductoras anteriormente mencionadas.

Cuenta también con 3 válvulas de alivio, 2 Masoneilan y una válvula Grove de 6 pulg.

Presión Máxima	Succión	Descarga	Punto Fijo	Diferencial
1800	780	756	1380	24

1.2.3.8 Estación #8 La Palma



Fig. 1.12 Estación reductora de presión “La Palma”

La estación de La Palma esta en el kilómetro 295.974 de la tubería a una altitud de 1613.3 msnm. Con una longitud de 78°50'56"W y una latitud 0°17'14"S

Esta estación se encarga de reducir la presión del crudo enviado desde Chiriboga hacia Santo Domingo (estación #9).

Cuenta con 4 válvulas Masoneilan y 4 Fisher para la reducción, estas tienen un diferencial de 25 a 30 psi en 100% abiertas.

Tiene una tubería de By-Pass de 18 pulgadas al diámetro externo, que permite el mantenimiento de las válvulas reductoras anteriormente mencionadas.

Cuenta también con 3 válvulas de alivio, 2 Masoneilan y una válvula Grove de 6 pulg.

En esta estación el crudo circula por la tubería de By-Pass en donde el diferencial de presión está entre los 10 psi.

Presión Máxima	Succión	Descarga	Punto Fijo	Diferencial
1300	363	351	1030	12

1.2.3.9 Estación #9 Santo Domingo



Fig. 1.13 Estación reductora de presión "Santo Domingo"

La estación de Santo Domingo esta en el kilómetro 329.921 de la tubería a una altitud de 567.34 msnm. Con una longitud de 79°05'25"W y una latitud 0°15'50"S

Esta estación se encarga de reducir la presión del crudo enviado desde La Palma hacia Quinindé (estación #10).

Cuenta con 4 válvulas Masoneilan y 4 Fisher para la reducción, estas tienen un diferencial de 25 a 30 psi en 100% abiertas.

Tiene una tubería de By-Pass de 18 pulgadas al diámetro externo, que permite el mantenimiento de las válvulas reductoras anteriormente mencionadas.

Cuenta también con 3 válvulas de alivio, 2 Masoneilan y una válvula Grove de 6 pulg.

Presión Máxima	Succión	Descarga	Punto Fijo	Diferencial
1560	298	262	920	36

1.2.3.10 Estación #10 Quinindé



Fig. 1.14 Estación de rebombeo "Quinindé"

La estación de Quinindé está en el kilómetro 420.25 de la tubería a una altitud de 97 msnm.

Esta estación se encarga de rebompear el crudo enviado desde Santo Domingo hacia el Terminal Marítimo Balao (estación #11). Esta estación fue creada para agilizar el llenado de los tanques en Balao y tiene 3 años de vigencia.

Cuenta con 3 motores CATERPILAR de 12 cilindros con una potencia de 4280 HP a 1000 RPM c/u, uno siempre está en stand by, ya que si llega a fallar cualquiera de los otros motores siempre tendrá su reemplazo.

El incremento de velocidad angular desde el motor CATERPILAR hacia la bomba centrífuga es de 1:4.026.

Cuenta también con 3 bombas centrífugas (horizontal Sultzzer Bingham) de 1 etapa. El diámetro del impeler o rodete es de 16.67 pulgadas.

Esta estación cuenta con una válvula Relief que se activa a los 867 psi.

Succión [psi]		Descarga [psi]		Succión [psi]
LL	L	H	HH	Set Point
100			1030	170

1.2.3.11 Terminal Marítimo Balao

La estación de Balao esta en el kilómetro 497.7 de la tubería a una altitud de 195 msnm.

Esta estación se encarga de almacenar el crudo enviado desde Lago Agrio, también se encarga del despacho hacia la refinería de Esmeraldas, La Libertad y para la exportación dependiendo de la calidad del crudo.

Cuenta con 10 tanques de 322000 barriles para el almacenamiento de los distintos baches de crudo. Dos están destinados para el almacenamiento del crudo de la Refinería La Libertad, otros dos para el almacenamiento del crudo de la Refinería de Esmeraldas y cuatro para el almacenamiento del crudo de exportación. Los dos restantes se los tiene de alivio por seguridad.

Los tanques tienen una medida de 18 metros de referencia y se los llena máximo hasta los 16650 metros por seguridad.

A la llegada del crudo desde Quinindé, este pasa por unas válvulas reductoras con un diferencial de 10 psi estando el 100% abierto.



Fig. 1.15 Tanques y válvulas reductoras

Para el despacho existen 3 líneas, 2 de carga y una de deslastre. Actualmente no se encuentra en funcionamiento la línea de deslastre ya que por normativa los buques deben tener doble casco; la línea de deslastre se lo utilizaba para el transporte del agua que traían los buques ya que ellos no podían moverse sin

carga y el agua era contaminada con los residuos de crudo que quedaban en el tanque del buque.



Fig. 1.16 Líneas de carga y deslastre

Las dos líneas de cargas tienen un diámetro externo de 36 pulgadas (Y) y 42 pulgadas (X) y tienen una longitud de 5 kilómetros aproximadamente desde los tanques hasta la playa en donde se encuentran unas válvulas de control de flujo que son controladas desde la estación de control. Luego las líneas de carga X y Y se sumergen hasta llegar a una válvula PLEM submarina que conecta dos monoboyas tipo SBM con la configuración Lazy "S" alejadas 7,2 Kilómetros de la playa capaces de cargar simultáneamente buques de hasta 100.000 DWT.



Fig. 1.17 Líneas de cargas y válvulas de control de flujo



Fig. 1.18 Buque cargando

Balao es el primer Terminal petrolero en el Pacífico Sudamericano que tiene un *sistema de gestión ambiental con certificación ISO 14001*.

1.2.4 TUBERÍA Y MANTENIMIENTO

1.2.4.1 Tubería



Fig. 1.19 Tubería del SOTE

La tubería del SOTE tiene especificación API 5LX 60, con una extensión de 497,6218 kilómetros; cuenta con un diámetro externo de 26 pulgadas desde Lago Agrio hasta San Juan (261.6824 kilómetros), en las reductoras tiene un

diámetro externo de 20 pulgadas desde San Juan hasta Santo Domingo (68.1903 kilómetros), y un diámetro externo de 26 pulgadas desde Santo Domingo hasta Balao (167.7491 kilómetros).

El ducto de acero cruza la cordillera los Andes y llega hasta una altura máxima de 4.096 metros, cerca de la Virgen en Papallacta.

La tubería en total cuenta con un volumen de llenado de 947.680,14 barriles.

1.2.4.2 Mantenimiento del Oleoducto



Fig. 1.20 Tubería del SOTE (Forma de mantenimiento)

La Gerencia de Oleoducto dispone de los siguientes campamentos de mantenimiento de la línea con sus respectivas bodegas: Guajaló, Santa Rosa y Santo Domingo; con todos los equipos, herramientas y materiales para dar mantenimiento preventivo al oleoducto, efectuar las reparaciones por emergencias y mantenimiento de la vía Pifo – Lago Agrio. Además en Guajaló se repara el equipo pesado y parque automotor del SOTE.

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Este proyecto consiste en un programa computacional que simula y construye el gradiente hidráulico y térmico de todo el SOTE, dependiendo de los datos que son ingresados manualmente por el

usuario. Los datos son parámetros hidráulicos y físicos de las condiciones operativas. Esto permitirá mejorar las condiciones de operación existentes en el SOTE.

Para la solución de este proyecto se necesita tener un conocimiento amplio sobre la transferencia de calor, hidráulica básica y del petróleo específicamente. La teoría hidráulica del petróleo tiene conceptos empíricos y para su utilización se debe tener un buen criterio y una basta experiencia. Con un buen criterio se puede realizar un software confiable, que sus resultados estén lo más cercano a la realidad.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- ✓ Simular en tiempo real las condiciones hidráulicas y térmicas en el SOTE
- ✓ Mejorar las condiciones existentes de operación en el SOTE por medio de una simulación en tiempo real.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Proporcionar y documentar los conocimientos básicos de la Mecánica de Fluidos adecuados para entender el comportamiento del crudo en el SOTE.
- ✓ Desarrollar un programa computacional que permita simular las condiciones hidráulicas y térmicas en el SOTE.
- ✓ Documentar el estudio y desarrollo del programa para la solución del proyecto.
- ✓ Documentar y comparar las pruebas realizadas al software.
- ✓ Analizar y concluir acerca de los resultados obtenidos.

1.5 ALCANCE

Este proyecto que permite a la Superintendencia de Operaciones de la Gerencia de Oleoducto, Estación N.- 1 Lago Agrio, mejorar las operaciones existentes en el SOTE a un bajo costo, ya que el *gradiente hidráulico y térmico* es simulado, anticipándonos a los hechos reales.

El software obtiene características en tiempo real de la operación del SOTE. Además es de fácil entendimiento y visualización para el usuario ya que tiene graficas (dinámicas) que cambian en el instante que los parámetros son ingresados, de tal manera que los resultados son de fácil comprensión.

CAPÍTULO II

2 REVISIÓN DE CONCEPTOS FUNDAMENTALES

2.1 INTRODUCCIÓN

2.1.1 CONCEPTO DE FLUIDO

Un fluido es parte de un estado de la materia la cual carece de forma. Es decir, no tiene una forma propia y se puede adaptar al recipiente que lo contiene. No presenta fuerzas internas tangenciales o éstas son muy pequeñas. Los movimientos relativos entre partículas fluidas no realizan trabajo. De esta definición se desprende que un fluido en reposo no soporta ningún esfuerzo de corte.

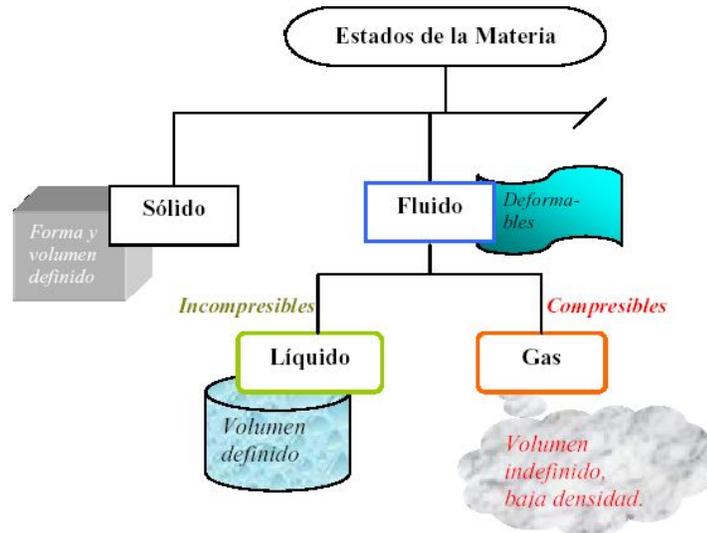


Fig. 2.1 Estados de la materia

Para nuestro caso haremos referencia principalmente al petróleo, que se encontraría dentro del grupo de los fluidos y en el subgrupo de líquidos, más adelante veremos que el petróleo es algo más compresible que el agua.

2.1.1.1 El petróleo como fluido

Líquido aceitoso, de color oscuro, olor característico, más ligero que el agua, constituido por una mezcla de hidrocarburos líquidos naturales, que se encuentra almacenado en rocas del interior de la corteza terrestre.

La materia prima básica para las refinerías es el petróleo. Las composiciones químicas de los crudos de petróleo son sorprendentemente uniformes, aunque sus características físicas varían ampliamente.

2.1.2 CONCEPTO DE MECÁNICA DE FLUIDOS

Es la parte de la física que se ocupa de la acción de los fluidos en reposo o en movimiento, así como de las aplicaciones y mecanismos de ingeniería que utilizan fluidos. La mecánica de fluidos es fundamental en campos tan diversos como la aeronáutica, diseño de tuberías, la ingeniería química, civil e industrial, la meteorología, las construcciones navales y la oceanografía.

La mecánica de fluidos puede subdividirse en dos campos principales: la estática de fluidos, o hidrostática, que se ocupa de los fluidos en reposo, y la dinámica de fluidos, que trata de los fluidos en movimiento. El término de hidrodinámica se aplica al flujo de líquidos o al flujo de los gases a baja velocidad, en el que puede considerarse que el gas es esencialmente incompresible. La aerodinámica, o dinámica de gases, se ocupa del comportamiento de los gases cuando los cambios de velocidad y presión son lo suficientemente grandes para que sea necesario incluir los efectos de la compresibilidad.

2.1.3 CONCEPTO DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Cuando dos cuerpos se encuentran a temperaturas diferentes, se produce un flujo de calor del cuerpo más caliente al más frío hasta que se alcanza el equilibrio térmico. El cambio de calor se produce de tres formas:

- *Conducción.*- En los sólidos, la única forma de transferencia de calor es la conducción, es el paso de calor de un punto a otro de un cuerpo por acción de una diferencia de temperatura, esto se da gracias al calentamiento de los átomos en un extremo, que por medio de vibraciones transmiten su energía a los átomos adyacentes, y estos a su vez a los siguientes. Por ejemplo si se calienta un extremo de una varilla metálica, de forma que aumente su temperatura, el calor se transmite hasta el extremo más frío por conducción.

- *Convección.*- Si existe una diferencia de temperatura en el interior de un líquido o un gas, es casi seguro que se producirá un movimiento del fluido. Este movimiento transfiere calor de una parte del fluido a otra por un proceso llamado convección. El movimiento del fluido puede ser natural o forzado.
- *Radiación.*- La radiación presenta una diferencia fundamental respecto a la conducción y la convección: las sustancias que intercambian calor no tienen que estar en contacto, sino que pueden estar separadas por un vacío. La radiación es la emisión y propagación de energía bajo forma de ondas o de partículas; conjunto de los elementos constitutivos de una onda que se propaga en el espacio.

2.2 EL PETRÓLEO

La composición elemental del crudo está comprendida de:

ELEMENTO	PORCENTAJE EN PESO [%]
Carbón	84 – 87
Hidrógeno	11 – 14
Oxígeno	0.1 – 0.5
Metales (V, Ni, Cu)	0.005 – 0.015 (50 – 150 ppm)
Azufre	0.04 – 6
Nitrógeno	0.1 – 1.5

Tabla 2.1 Composición elemental del crudo

2.2.1 CLASIFICACIÓN DEL PETRÓLEO

2.2.1.1 De acuerdo a la familia de hidrocarburos (HC)

Los hidrocarburos presentes en el crudo de petróleo se clasifica en:

- Parafinas
- Naftenos
- Aromáticos

Hay un cuarto tipo, las olefinas se forman durante el proceso de deshidrogenación de parafinas y naftenos.

Las parafinas son de la forma C_nH_{2n+2} , por ejemplo el metano CH_4 , etano C_2H_6 , propano C_3H_8 , butano C_4H_{10} , etc. Pueden existir varios hidrocarburos que contengan el mismo número de átomos de carbono e hidrógenos, pero con estructuras distintas. Esto es debido a que el carbono es capaz de formar no solo cadenas lineales, sino también de formar cadenas ramificadas, dando lugar a los ISOMEROS.

Las olefinas no se encuentran de forma natural en el crudo de petróleo, pero se forman durante el procesado. En general son de la forma C_nH_{2n} .

Los naftenos y aromáticos contienen átomos de carbono de cadena cíclica, la diferencia es que los naftenos lo tienen saturados con hidrógeno y los aromáticos no se saturan. Ejemplo de naftenos son: ciclopentano, metilciclopentano y de aromáticos el benceno, tolueno, cumengo, naftaleno.

Factor de caracterización de KUOP.- para identificar globalmente las familias de hidrocarburos, este factor se basa en la correlación entre dos propiedades: **DENSIDAD Y TEMPERATURA DE EBULLICIÓN**, se la define como:

$$KUOP = \frac{\sqrt[3]{Tb}}{\rho} \quad \text{Ec. 2.1}$$

Donde:

Tb : es la temperatura de ebullición en grados ranking.

ρ : es la densidad.

En términos amplios, los valores de KUOP, clasifica los hidrocarburos de la siguiente manera:

VALOR DE KUOP	FAMILIA DE HC
13 – 15	Parafínicos
12 – 13	Mixtos (Paraf. – Naft.)
11 – 12	Nafténicos
Menor a 10	Aromáticos

Tabla 2.2 Clasificación de los hidrocarburos según el valor de KUOP

2.2.1.2 De acuerdo al grado API

La densidad del crudo se expresa en términos de densidad *API*, se relaciona con el peso específico de tal manera que un incremento en la densidad *API*, corresponde a un descenso en el peso específico. Dicha relación se expresa como:

$$Spgr_{(60)} = \frac{141.5}{131.5 + API_{(60)}} \quad \text{Ec. 2.2}$$

Donde:

Spgr(60): Gravedad específica o Peso específico a 60 °F

API(60): Densidad *API* a 60 °F

El peso específico y la densidad *API*, se refiere al peso por unidad de volumen a 60°F. La mayoría de crudos se encuentran entre 15 y 45 °API. De esta manera se tiene la siguiente clasificación:

TIPO DE CRUDO	PESO ESPECÍFICO	DENSIDAD API
Extrapesado	> 1.0	< 10
Pesado	1.0 – 0.92	10.0 – 22.3
Mediano	0.92 – 0.87	22.3 – 31.1
Liviano	0.87 – 0.83	31.1 – 39.0
Superliviano	< 0.83	> 39.0

Tabla 2.3 Clasificación de los hidrocarburos de acuerdo al API

2.2.1.3 De acuerdo al contenido de azufre

Dulces: Son crudos con un contenido menor al 0.5% de azufre en peso.

Amargos: Son crudos con un contenido mayor al 0.5% en peso de azufre.

2.2.2 PROPIEDADES DEL PETRÓLEO

2.2.2.1 Masa

Es la propiedad de un cuerpo de fluido que se mide por su inercia o resistencia a un cambio de movimiento. Es también una medida de la cantidad de fluido.

2.2.2.2 Peso

Es la cantidad que pesa un cuerpo, es decir, la fuerza con la que el cuerpo es atraído hacia la Tierra por la acción de la gravedad.

2.2.2.3 Punto de fluidez

Es la temperatura mínima a la que el petróleo fluye cuando se enfría. El punto de fluidez es una especificación crítica de los productos de destilación en climas fríos.

2.2.2.4 Punto de anilina

Es la temperatura mínima de miscibilidad completa de volúmenes iguales de anilina y crudo. La anilina es más compatible con los HC aromáticos que con los nafténicos y parafínicos, de tal manera que los parafínicos necesitarán más temperatura que los nafténicos y aromáticos.

2.2.2.5 Punto de inflamación

Es la temperatura a la que debe calentarse la muestra de petróleo bajo condiciones específicas para producir suficiente vapor que forme con el aire una mezcla que pueda entrar en ignición fácilmente.

2.2.2.6 Residuo de carbón

El residuo de carbón se determina por destilación a un coque residual en ausencia de aire. En la mayoría de los casos cuanto menor es el contenido de carbón más valioso es el crudo.

2.2.2.7 Contenido de sales

Es la cantidad de NaCl presente en el petróleo, y se expresa en una relación ponderal de libras de sal respecto al volumen en barriles de crudo. Cuando esta relación mayor que 10 libras de sal por cada 1000 barriles de crudo, es necesario desalar el crudo antes de su procesamiento, para evitar problemas de corrosión.

2.2.2.8 Contenido de nitrógeno

Un contenido alto de nitrógeno es indeseable, ya que los compuestos orgánicos nitrogenados, son causa de serios envenenamientos en los catalizadores utilizados en el procesado.

2.2.2.9 Contenido de metales

El contenido de metales del crudo puede variar des pocas partes por millón hasta más de 1000 [ppm]. Cantidades pequeñas de metales, como níquel, vanadio, cobre pueden afectar seriamente las actividades de los catalizadores y dar lugar a un producto de valor inferior.

2.2.2.10 Densidad

Se denomina densidad a la relación que existe entre la masa específica de una sustancia cualquiera y una sustancia de referencia. Para los líquidos se utiliza la masa específica del agua a 4 [°C] como referencia, que corresponde a $1 \left[\frac{g}{cm^3} \right]$ y para los gases se utiliza al aire con masa específica a 20 [°C] y 1013 [bar] de presión como referencia, que corresponde a $1204 \left[\frac{Kg}{m^3} \right]$. Se la designa con ρ .

2.2.2.11 Densidad absoluta

Es la relación de la masa respecto al volumen de la muestra. Es independiente de la fuerza gravitacional, pero si depende de la temperatura y la presión. En

el caso de los líquidos, esta dependencia es despreciable y puede ser ignorada, excepto en el caso de situaciones transientes.

2.2.2.12 Densidad relativa

Es la relación entre la masa de un volumen de un material y la masa del mismo volumen de agua a la misma temperatura.

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{densidad absoluta}}{\text{densidad del agua}} \quad \text{Ec. 2.3}$$

2.2.2.13 Gravedad específica en función de la temperatura (INTEVEP)

Es igual que la densidad relativa, se toma normalmente como temperatura del agua 60 [°F], y una densidad del agua de 1 $\left[\frac{g}{cm^3} \right]$.

Ecuación empírica de la gravedad específica a cualquier temperatura¹⁵.

$$\rho(T) = -3.433 \cdot 10^{-4} (T - 60) + \frac{141.5}{131.5 + API_{(60)}} \quad \text{Ec. 2.4}$$

Donde:

$\rho(T)$: Densidad relativa o Gravedad específica ($Spgr(T)$)

T : Temperatura en [°F]

$API_{(60)}$: Grado API a 60 [°F].

2.2.2.14 Calor Específico del crudo en función de la Temperatura

El calor específico o más formalmente la capacidad calorífica específica de una sustancia es una magnitud física que indica la capacidad de un material para almacenar energía interna en forma de calor.

¹⁵ Ecuación empírica de la Revista Técnica INTEVEP, se realizaron estudios de las variaciones de viscosidad y densidad con temperatura y porcentaje de diluyente para crudos de la Faja Petrolífera Orinoco.

Matemáticamente el calor específico es la razón entre la capacidad calorífica de un objeto y su masa.

Ecuación empírica del calor específico del crudo a cualquier temperatura.

$$C_p = \frac{0.388 + 4.5 \cdot 10^{-4} \cdot T}{\sqrt{Spgr60}} \quad \text{Ec. 2.5}$$

Donde,

C_p : Calor Específico [BTU/lb · °F]

T : Temperatura [°F]

$$32^\circ F < T < 400^\circ F$$

$Spgr$: Gravedad Específica

$$0.75 < Spgr < 0.96$$

2.2.2.15 Peso específico

Es la relación del peso del fluido respecto a su volumen, se relaciona con la densidad mediante la siguiente fórmula:

$$p = \frac{w}{V} \quad \text{Ec. 2.6}$$

$$p = \rho \cdot g \quad \text{Ec. 2.7}$$

Donde:

p : Peso específico

ρ : Densidad

g : Gravedad

w : Peso del fluido

V : Volumen

2.2.2.16 Presión (P)

La fuerza que ejerce un fluido en equilibrio sobre un cuerpo sumergido, en cualquier punto es perpendicular a la superficie del cuerpo. La presión es una magnitud escalar y es una característica del punto del fluido en equilibrio, que dependerá únicamente de sus coordenadas.

Es una medida de la energía potencial. Para un fluido en reposo abierto a la atmósfera, la presión es directamente proporcional a la altura bajo la superficie del líquido. Específicamente es el peso de la columna de líquido por unidad de área.

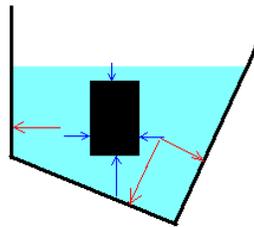


Fig. 2.2 Fuerza ejercida por un fluido sobre un cuerpo sumergido

2.2.2.17 Presión en los líquidos

Los líquidos presionan tanto las paredes y el fondo de los recipientes de la misma manera que lo hace si introducimos un objeto en ellos. Esto se debe al peso del agua y se denomina presión hidrostática.

La presión ejercida sobre el fondo de un recipiente que contiene un determinado líquido es independiente de la forma de la vasija, del volumen de la misma y de la superficie de su fondo, dependiendo únicamente de la altura h alcanzada por el líquido, de acuerdo con la expresión:

$$P = \rho \cdot g \cdot y_{B-A} \quad \text{Ec. 2.8}$$

Donde:

P : Presión estática

ρ : Densidad

g : Gravedad

y_{B-A} : Distancia

Si el punto B (véase Fig. 2.3) está en la superficie y el punto A está a una profundidad y_{B-A} . La ecuación anterior se escribe de forma más cómoda. Ahora, P_0 es la presión en la superficie del fluido (la presión atmosférica) y P la presión a la profundidad y_{B-A} en el punto A.

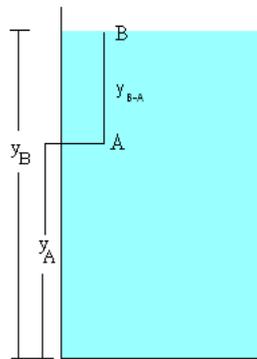


Fig. 2.3 Presión en un punto cualquiera de un volumen de líquido

$$P = P_0 + \rho \cdot g \cdot y_{B-A} \quad \text{Ec. 2.9}$$

Donde:

P : Presión estática en el punto A

P_0 : Presión atmosférica

ρ : Densidad

g : Gravedad

y_{B-A} : Distancia

2.2.2.18 Presión absoluta $[psia]$, presión manométrica $[psig]$ y de vacío

En una región como el espacio exterior, que en realidad es un vacío de gases, en esencia la presión es cero. Esta condición casi se puede obtener en el laboratorio cuando se utiliza una bomba de vacío para provocar el vacío en una botella. La presión en un vacío se llama *cero absoluto*, y todas las presiones a que se hagan referencia con respecto a esta presión cero se llaman *presiones absolutas*. Por tanto la presión atmosférica al nivel del mar en un día particular podría darse como $101 \left[\frac{KN}{m^2} \right]$, que es equivalente $760 [mmHg]$ de desviación.

Muchos aparatos para medir la presión miden presiones que no son absolutas, sino sólo diferencias de presión. Por ejemplo, un manómetro común de tubo Bourdon indica solo la diferencia ente la presión del líquido al que se conecta y la presión de la atmósfera. En este caso, entonces, la presión de referencia es en realidad la presión atmosférica del manómetro. Este tipo de lectura de presión se llama *presión manométrica*.

La unidad fundamental de presión del sistema SI es el pascal $[Pa]$, que equivale a un newton por metro cuadrado $\left[\frac{N}{m^2} \right]$. Las presiones manométricas y absolutas suelen identificarse por la unidad. Por ejemplo, si se mide una presión de $50 [KPa]$ con un manómetro referido a la atmósfera y la presión atmosférica es de $100 [KPa]$, entonces la presión se puede expresar ya sea como:

$$P = 50 [KPa] \text{ manométrica } \text{ ó también } P = 150 [KPa] \text{ absoluta}$$

Siempre que se utilice la presión atmosférica como referencia (o bien, dicho de otro modo, cuando se mida presión manométrica), existe la posibilidad de que la presión así medida pueda ser positiva o negativa. Las presiones manométricas negativas también se llaman *presiones de vacío*. Por tanto, un manómetro conectado a un tanque indica una presión de vacío de $31.0 [KPa]$; esto también se puede expresar como $70.0 [KPa]$ absoluta, o $-31.0 [KPa]$ manométrica, suponiendo que la presión atmosférica sea de $101 [KPa]$.

La siguiente fórmula relaciona de manera práctica la presión:

$$PIES \ DE \ LÍQUIDO = \frac{2.31 \cdot PSI}{Spgr} \quad Ec. 2.10$$

Donde:

PIE DE LÍQUIDO: Columna de agua en [*pies*]

PSI: Presión a ser convertida en [*psi*]

Spgr: Gravedad específica del líquido

Conversión de psi a metros [m]:

$$[m] = \frac{0.704088 \cdot [psi]}{Spgr} \quad Ec. 2.11$$

Donde:

[m]: *Metros*

Spgr: *Gravedad específica*

[psi]: *Unidad de presión en libras por pulgada cuadra*

2.2.2.19 Presión de vapor

Es la presión externa total sobre la superficie de un líquido a la cual inicia su ebullición y por ende su fase de vapor a una determinada temperatura. La vaporización ocurre, por el incremento de temperatura manteniendo la presión constante, luego de esto el líquido inicia la ebullición. También ocurre cuando mantenemos la temperatura constante y bajamos la presión total sobre la superficie del líquido. Esta última acotación, define lo que se llama CAVITACIÓN. La presión de vapor es una medida de la volatilidad de una sustancia. La presión de vapor depende de la naturaleza del líquido, y se incrementa al subir la temperatura y viceversa, es decir que existe una presión de vapor para cada temperatura. La presión de vapor se mide en términos de presión absoluta [*psia*], además es una propiedad del fluido y su valor depende

sólo de la temperatura. Al bajar el grado *API* del petróleo también disminuye su presión de vapor y viceversa. La presión de vapor del crudo ecuatoriano puede ser tomada como valor seguro de 5 [psia].

2.2.2.20 Presión atmosférica

También llamada barométrica, es la presión ejercida naturalmente sobre el líquido. Se la establece con esta expresión:

$$P_0 = 14.7 - 0.0005 \cdot Z \quad \text{Ec. 2.12}$$

Donde:

P_0 : Presión atmosférica en [psi]

Z : Altura en [pies].

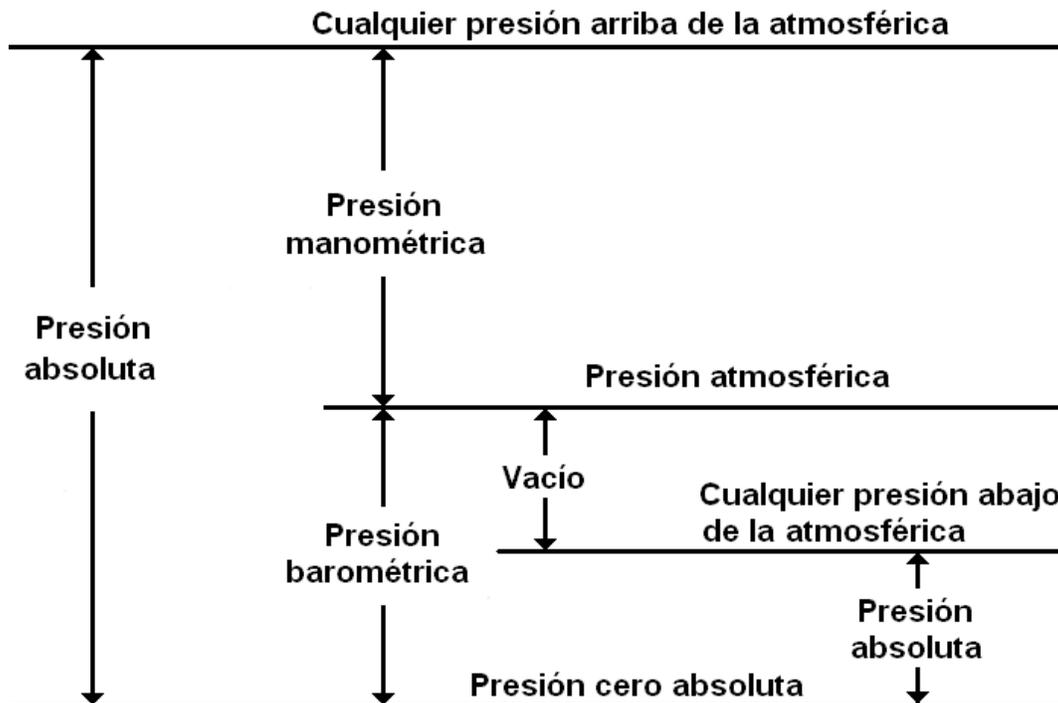


Fig. 2.4 Gráfica de presiones

2.2.2.21 Viscosidad

La viscosidad es una propiedad distintiva de los fluidos. Esta ligada a la resistencia que opone un fluido a deformarse continuamente cuando se le

somete a un esfuerzo de corte. Esta propiedad es utilizada para distinguir el comportamiento entre fluidos y sólidos. Además los fluidos pueden ser en general clasificados de acuerdo a la relación que exista entre el esfuerzo de corte aplicado y la velocidad de deformación.

La viscosidad es una manifestación del movimiento molecular dentro del fluido. Las moléculas de regiones con alta velocidad global chocan con las moléculas que se mueven con una velocidad global menor, y viceversa. Estos choques permiten transportar cantidad de movimiento de una región de fluido a otra. Ya que los movimientos moleculares aleatorios se ven afectados por la temperatura del medio, la viscosidad resulta ser una función de la temperatura.

Sus unidades son el [*Poise*] y el [*Stoke*].

2.2.2.22 Tensión superficial (τ)

Más correctamente llamada energía superficial, ocurre sólo entre interfases: líquido – líquido, líquido – gas y líquido – sólido. Esto provoca que los líquidos puedan ascender por los capilares. La tensión superficial es una propiedad de los fluidos y solo es afectada por la temperatura.

Se ha observado que entre la interfase de dos fluidos que no se mezclan se comportan como si fuera una membrana tensa. La tensión superficial es la fuerza que se requiere para mantener en equilibrio una longitud unitaria de esta película. El valor de ella dependerá de los fluidos en contacto y de la temperatura. Los efectos de la tensión superficial son solo apreciables en fenómenos de pequeñas dimensiones, como es el caso de tubos capilares, burbujas, gotas y situaciones similares.

Las partículas fluidas están sometidas a fuerzas de cohesión lo que da lugar al fenómeno de tensión superficial en la separación de dos fluidos inmiscibles.

Si una superficie libre se limita por un contorno, se puede medir la fuerza debida a la tensión superficial. Y dicha fuerza por unidad de longitud da el coeficiente de tensión superficial.

El número de *WEBER* "*W*", es el parámetro que define su uso y es la relación de las fuerzas de inercia respecto de las fuerzas de tensión superficial, su ecuación es:

$$W = \frac{\Delta P}{2 \cdot r} \quad \text{Ec. 2.13}$$

Donde:

ΔP : Variación de presión entre las dos superficies

r : Radio de la burbuja

2.2.2.23 Comprensibilidad

La comprensibilidad representa la relación entre los cambios de volumen y los cambios de presión a que esta sometido un fluido. Las variaciones de volumen pueden relacionarse directamente con variaciones de la masa específica si la cantidad de masa permanece constante. En general se sabe que en los fluidos la masa específica depende tanto de la presión como de la temperatura de acuerdo a la ecuación de estado.

Es importante la verificación de elasticidad en los fluidos. El esfuerzo unitario es proporcional a la deformación unitaria. En este caso, el esfuerzo unitario considerado es el de compresión ΔP ; la deformación unitaria es la deformación

unitaria de volumen $\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta V_e}{V_e}$. Por tanto, la ley anterior se traduce en la

fórmula siguiente:

$$\Delta P = -E \cdot \frac{\Delta V_e}{V_e} \quad \text{Ec. 2.14}$$

Donde:

ΔP : Esfuerzo unitario de compresión $\left[\frac{N}{m^2} \right]$

V_e : Volumen específico $\left[\frac{m^3}{Kg} \right]$

ΔV_e : Incremento de volumen específico $\left[\frac{m^3}{Kg} \right]$

E : Módulo de elasticidad volumétrica $\left[\frac{N}{m^2} \right]$

El signo menos expresa que a un incremento de presión corresponde un decremento (o menos incremento) de volumen. Para el agua

$$E \approx 20000[bar] = 20000 \cdot 10^5 \left[\frac{N}{m^2} \right].$$

2.2.2.23.1 *Módulo volumétrico de elasticidad (K)*

En el caso de los líquidos *es una medida de su compresibilidad*. Para muchas aplicaciones es apropiado considerar a los líquidos como incompresibles. En situaciones como los transientes, donde ocurren importantes variaciones de la presión en cortos períodos de tiempo, la compresibilidad tiene mucha importancia.

$$K = \frac{-\Delta P \cdot V}{\Delta V} \quad \text{Ec. 2.15}$$

Donde:

ΔP : Incremento de presión

V : Volumen inicial del líquido

ΔV : Decremento de volumen

Un valor típico de K para el agua a temperatura ambiente es de 300 [kpsi]. El petróleo es algo más compresible que el agua y su valor de K promedio es de 230 [kpsi]. Para el petróleo se usa la siguiente fórmula para calcular el valor de K , llamada fórmula de ARCO:

$$K = 1.286 \cdot 10^6 + 13.55 \cdot P - 4.122 \cdot 10^4 \cdot T^{1/2} - 4.53 \cdot 10^3 \cdot API - 10.59 \cdot API^2 + 3.228 \cdot T \cdot API$$

Ec. 2.16

Donde:

K : Módulo volumétrico de elasticidad en [psi]

P : Presión promedio en la línea en [psig]

API : Gravedad API

T : Temperatura absoluta en [°R]

EJEMPLO:

Cuál es el incremento de presión requerido para el agua, para reducir su volumen en un 0.1%.

$$K = \frac{-\Delta P \cdot V}{\Delta V}$$

$$\Delta P = \frac{300000 \cdot 0.1}{100}$$

$$\Delta P = 300[\text{psi}]$$

Se observa en el ejemplo anterior que el cambio en volumen es pequeño para grandes cambios de presión.

En análisis de transientes, el módulo volumétrico de elasticidad es muy importante y se lo puede apreciar en la siguiente fórmula:

$$C = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

Ec. 2.17

Donde:

C : Velocidad de la onda de presión y

ρ : Densidad.

Mientras mayor es el valor de K , mayor es el incremento de presión en el estado transiente.

2.2.3 VISCOSIDAD

Cuando los líquidos se encuentran en movimiento, existe una fricción interna que provoca una resistencia natural a continuar el movimiento. Esta resistencia se denomina viscosidad.

La viscosidad es una propiedad distintiva de los fluidos. Esta ligada a la resistencia que opone un fluido a deformarse continuamente cuando se le somete a un esfuerzo de corte. Esta propiedad es utilizada para distinguir el comportamiento entre fluidos y sólidos. Además los fluidos pueden ser en general clasificados de acuerdo a la relación que exista entre el esfuerzo de corte aplicado y la velocidad de deformación.

Supóngase que se tiene un fluido entre dos placas paralelas separada a una distancia pequeña entre ellas, una de las cuales se mueve con respecto de la otra. Esto es lo que ocurre aproximadamente en un descanso lubricado. Para que la placa superior se mantenga en movimiento con respecto a la inferior, con una diferencia de velocidades, es necesario aplicar una fuerza F , que por unidad se traduce en un esfuerzo de corte $\tau = F/A$, siendo A el área de la placa en contacto con el fluido. Se puede constatar además que el fluido en contacto con la placa inferior, que esta en reposo, se mantiene adherido a ella y por lo tanto no se mueve. Por otra parte, el fluido en contacto con la placa superior se mueve a la misma velocidad que ella. Si el espesor del fluido entre ambas placas es pequeño, se puede suponer que la variación de velocidades en su interior es lineal, de modo que se mantiene la proporción:

$$\frac{du}{dy} = \frac{u}{y} \quad \text{Ec. 2.18}$$

Existen fuerzas tangenciales:

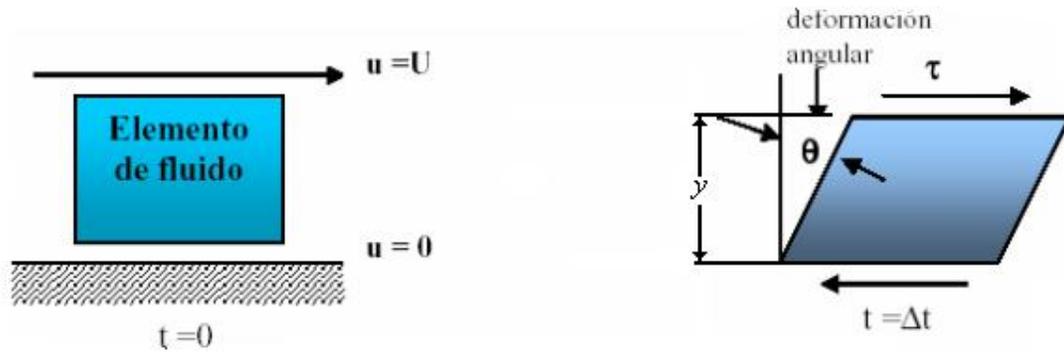


Fig. 2.5 Comportamiento de un fluido, bajo la acción de fuerza

Donde:

u : Velocidad media

y : Distancia entre placas

La tensión es proporcional a la deformación:

$$\tau = \alpha \cdot \frac{d\theta}{dt} \quad \text{Ec. 2.19}$$

Donde:

τ : Esfuerzo de deformación

θ : Angulo deformado

α : Coeficiente de proporcionalidad

t : Tiempo

Se puede hacer la siguiente aproximación para deformaciones pequeñas:

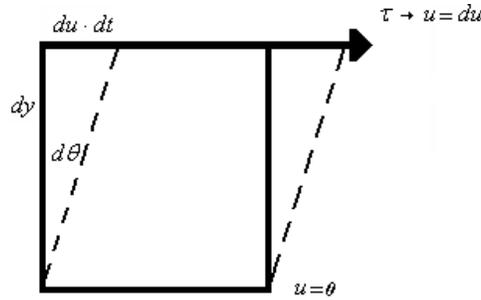


Fig. 2.6 Ángulo deformado bajo la acción de fuerza

$$d\theta \approx \tan d\theta = \frac{du \cdot dt}{dy} \quad \text{Ec. 2.20}$$

Con esto se tiene que

$$\tau = \mu \cdot \frac{d\theta}{dt} = \mu \cdot \frac{du}{dy} \quad \text{Ec. 2.21}$$

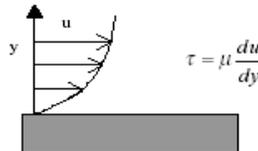


Fig. 2.7 Perfil de velocidad

μ : Coeficiente de viscosidad absoluta, análisis dimensional, $[\mu] = \frac{L^2}{T}$

2.2.3.1 Viscosidad cinemática (ν)

Es la medida del tiempo que demora en pasar un volumen determinado de fluido a través de un capilar. La unidad de medida es el *Stoke* [*St*] que es igual a $\left[\frac{cm^2}{s}\right]$. La centésima parte de esto es el *Centistoke* [*cSt*], de mayor uso.

Método ASTM para encontrar la viscosidad cinemática a cualquier temperatura.

$$\nu = 10 \uparrow \left(10 \uparrow \left[\log(\log(\nu_1 + 0,7)) + \frac{\text{Log}\left(\frac{\text{Log}(\nu_1 + 0,7)}{\text{Log}(\nu_2 + 0,7)}\right) \cdot \text{Log}\left(\frac{T_1}{T_{Oper}}\right)}{\text{Log}\left(\frac{T_2}{T_1}\right)} \right] - 0,7 \right) \quad \text{Ec. 2.22}$$

Donde:

ν : Viscosidad a T_{Oper}

ν_1 : Viscosidad a T_1 en $[cSt]$

ν_2 : Viscosidad a T_2 en $[cSt]$

T_1 : Temperatura absoluta en $[K]$

T_2 : Temperatura absoluta en $[K]$

T_{Oper} : Temperatura absoluta de operación en $[K]$

2.2.3.2 Viscosidad absoluta o dinámica (μ)

Es la medida de la resistencia que presenta un líquido a fluir y se llama comúnmente viscosidad o consistencia del líquido. La viscosidad dinámica está expresada en términos de la fuerza requerida para mover la unidad de área una distancia. La unidad de medida de la viscosidad dinámica en el sistema métrico es el *Poise* que es igual a $\left[\frac{\text{gramo}}{\text{cm} \cdot \text{s}} \right]$. La centésima parte de esta unidad es el *Centipoise* $[cp]$ de uso más común.

2.2.3.3 Relación entre Viscosidad cinemática (ν) y dinámica (μ)

La relación que existe entre estas dos viscosidades es la densidad:

VISCOSIDAD DINÁMICA = *VISCOSIDAD CINEMÁTICA* X *DENSIDAD*

$$\text{Centipoise} = \text{Centistokes} \times \frac{gr}{cm^3}$$

Ec. 2.23

- En un fluido ideal $\mu = 0$.
- En un fluido real la viscosidad dinámica tiene un valor finito, distinto de cero.

- Cuanto mayor sea μ , mayor será la fuerza necesaria para mover una placa que está unida a otra por un líquido viscoso, a una cierta velocidad u y el líquido será más viscoso.
- La viscosidad produce una resistencia, que se llama “resistencia a la deformación”, o resistencia a que unas capas de fluido resbalen sobre las otras y, por tanto, una pérdida de energía corriente.
- En el fluido ideal no existe resistencia alguna, la resistencia a la deformación en el interior del fluido es muy pequeña, pero la viscosidad se hace sentir intensamente en la capa contigua al fluido.
- En los fluidos en reposo $u = 0$ y $\tau = 0$. El esfuerzo cortante es nulo y el único esfuerzo existente es el normal o presión.

2.2.3.4 Viscosidad SAYBOLT

Es la medida del tiempo que demora una muestra en pasar por un orificio. Puede ser llevado por dos métodos:

1. Viscosidad Saybolt universal $[ssu]$
2. Viscosidad Saybolt Furol $[ssf]$

La diferencia entre los dos métodos, es el tamaño de los orificios de los viscosímetros. Los orificios más pequeños $[ssu]$ son usados para aceites más livianos, mientras que los más grandes se usan en aceites más pesados. El tiempo se transforma empíricamente a unidades de viscosidad cinemática.

$$[ssf] = 10 \text{ veces } [ssu] \quad \text{Ec. 2.24}$$

2.2.3.5 Conversiones de viscosidad

Para convertir $[ssu]$ a $[cSt]$ se usan las siguientes relaciones:

- $St \ 32 < SUS \leq 100$

$$cSt = 0.226 \cdot SUS - \frac{195}{SUS} \quad \text{Ec. 2.25}$$

- $St \ SUS > 100$

$$cSt = 0.22 \cdot SUS - \frac{135}{SUS} \quad \text{Ec. 2.26}$$

Para convertir $[cSt]$ a $[ssu]$ se usan las siguientes relaciones:

- Si $1.14 < cSt \leq 20.65$

$$ssu = \frac{cSt + \sqrt{cSt^2 + 176.28}}{0.452} \quad \text{Ec. 2.27}$$

- Si $cSt > 20.65$

$$ssu = \frac{cSt + \sqrt{cSt^2 + 118}}{0.44} \quad \text{Ec. 2.28}$$

2.2.3.6 Fluidos Newtonianos

Cualquier fluido que cumpla con la ecuación: $\tau = \mu \cdot \frac{du}{dy}$ donde μ la constante

de proporcionalidad es conocido como la viscosidad absoluta; se lo conoce como fluido newtoniano. Es decir que su viscosidad permanece INALTERABLE al variar el esfuerzo cortante. La viscosidad absoluta es función exclusivamente de la condición del fluido en particular de la temperatura. Por ejemplo: agua, aceite mineral y ciertas cases de petróleo como las de base parafínica.

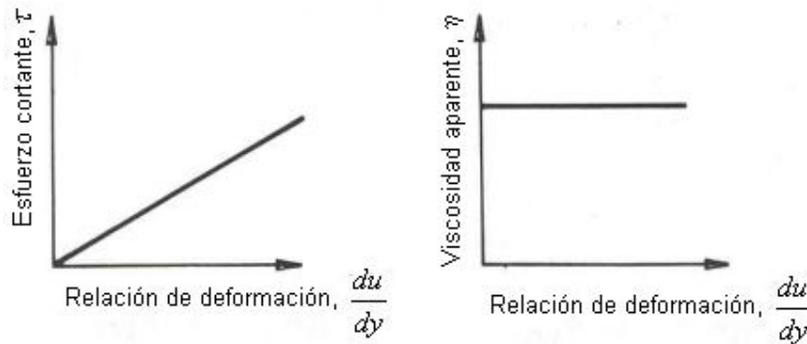


Fig. 2.8 Fluidos Newtonianos

2.2.3.7 Fluidos No Newtonianos

Por el contrario un fluido que no cumpla con la ecuación: $\tau = \mu \cdot \frac{du}{dy}$ se conoce

como fluido no newtoniano. La viscosidad del fluido no newtoniano depende del gradiente de velocidad, además de la condición del fluido. La relación de la tasa de corte con el esfuerzo cortante es no lineal. En otras palabras, la viscosidad en un tiempo particular depende de la agitación previa ejercida sobre el fluido. Ejemplos:

2.2.3.7.1 Fluidos Plásticos Bingham

La viscosidad de estos líquidos baja al aplicar una determinada tasa de corte, por ejemplo la salsa de tomate, los residuos de alto peso molecular del petróleo.

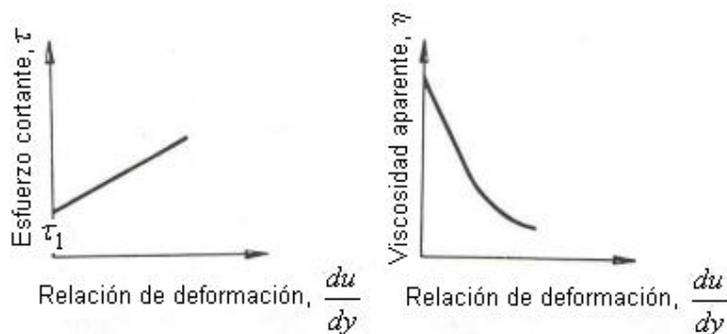


Fig. 2.9 Fluidos Plásticos Bingham

2.2.3.7.2 Fluidos Dilatantes

Presentan un aumento en su viscosidad al aumentar la tasa de corte, aumentan su volumen cuando son agitados, por ejemplo las arenas, emulsión de arcillas en agua, miel para caramelos.

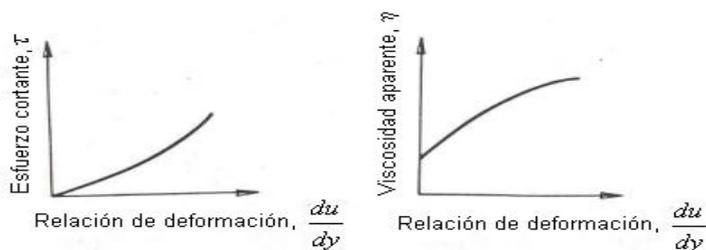


Fig. 2.10 Fluidos Dilatantes

2.2.3.7.3 Fluidos Tixotrópicos o Pseudoplásticos

Presentan un decremento en su viscosidad durante la aplicación de una determinada tasa de corte (agitación) en un determinado tiempo. Cuando son agitados se rompen o se separan, pero después de un determinado tiempo se vuelven a unir, por ejemplo lodos de perforación, pinturas, gomas, grasas, asfaltos, jabones.

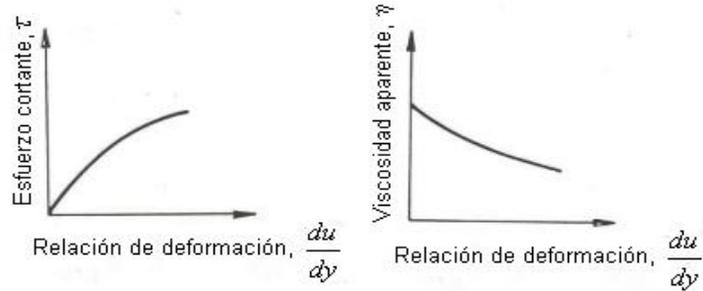


Fig. 2.11 Fluidos Tixotrópicos o Pseudoplásticos

2.2.4 PROPIEDADES ADITIVAS Y NO ADITIVAS

Es importante diferenciar que los fluidos poseen propiedades, las cuales podemos o no sumar algebraicamente. Cuando las propiedades son no aditivas es importante saber que debemos utilizar los llamados “Números de Mezcla”.

2.2.4.1 Propiedades aditivas

Tenemos la gravedad específica, densidad, contenido de azufre, contenido de metales, cenizas, presión de vapor REID, presión de vapor.

Para sacar la densidad de una mezcla se utiliza la siguiente fórmula:

$$\rho_m = \frac{V_1 \cdot \rho_1 + V_2 \cdot \rho_2 + V_3 \cdot \rho_3 + \dots + V_n \cdot \rho_n}{V_m} \quad \text{Ec. 2.29}$$

Donde:

ρ_m : Densidad de la mezcla

ρ_n : Densidad de cada componente

V_m : Volumen de la mezcla

V_n : Volumen de cada componente

2.2.4.2 Propiedades no aditivas

Viscosidad, número de octano, número de cetano, punto de fluidez, gravedad *API*.

Para sacar el *API TOTAL* en una mezcla se utiliza la siguiente fórmula:

$$API \text{ TOTAL} = \frac{1}{\sum_{i=0}^n \left[\frac{\%i}{131.5 + API i} \right]} \quad \text{Ec. 2.30}$$

Donde:

%i: Porcentaje volumétrico de cada componente

API i: Grado API de cada componente

n: Número de componentes

EJEMPLO:

Al mezclar un producto que consiste de 60% en volumen y gravedad específica de 0.800 del componente A, y un 40% en volumen y gravedad específica de 1.00 del componente B. ¿Cuál deberá ser la gravedad específica y el grado API del producto resultante?

$$Spgr_{(RESULTANTE)} = \frac{V_A \cdot Spgr_A + V_B \cdot Spgr_B}{V_T}$$

$$Spgr_{(RESULTANTE)} = \frac{60 \cdot 0.80 + 40 \cdot 1.00}{60 + 40}$$

$$Spgr_{(RESULTANTE)} = 0.88$$

Es una propiedad aditiva

Cálculo del grado API resultante:

Masa tota es igual a la sumatoria de las masas parciales de cada componente.

$$Spgr_T \cdot V_T = \sum [(\% V_T) \cdot Spgr(i)]$$

$$1. \quad Spgr_T \cdot V_T = V_T \cdot \sum Spgr(i)$$

$$Spgr_T \cdot = \sum Spgr(i)$$

$$2. \quad Spgr = \frac{141.5}{131.5 + API}$$

Reemplazando 2. en 1.

$$\frac{141.5}{131.5 + API} = \frac{141.5 \cdot \sum \% V_T}{131.5 + API}$$

$$API \text{ TOTAL} = \frac{1}{\sum \% V_T} - 131.5$$

$$API \text{ TOTAL} = \frac{1}{\frac{0.6}{131.5 + 45.3} + \frac{0.4}{131.5 + 10.0}} - 131.5$$

$$API \text{ TOTAL} = 29.3$$

Este es un claro ejemplo como funciona una propiedad no aditiva. Normalmente el error que se comete al interpretar el grado API, como propiedad aditiva aplicando a este ejemplo es el siguiente:

$$API \text{ TOTAL} = (0.6 \cdot 45.3) + (0.4 \cdot 10.0)$$

$$API \text{ TOTAL} = 31.2$$

Lo cual es falso, y se cometería un error de alrededor del 6.5% en el cálculo.

2.2.5 MEZCLA DE UN CRUDO-DILUYENTE

El procedimiento ASTM para determinar las propiedades de la mezcla crudo-diluyente se fundamentan en el uso de la siguiente ecuación, que determina la viscosidad cinemática de una mezcla crudo-diluyente.

$$X_c = \frac{(E - A)(C - D)}{(A - C)(E - F)} \text{ a } 40[^\circ C] \quad \text{Ec. 2.31}$$

$$X_c = \frac{(F - B)(C - D)}{(B - D)(E - F)} \text{ a } 100 [^\circ C] \quad \text{Ec. 2.32}$$

Donde:

$$A = \log(\log(v_m + 0.7)) \text{ a } 40 [^\circ C]$$

$$B = \log(\log(v_m + 0.7)) \text{ a } 100 [^\circ C]$$

$$C = \log(\log(v_d + 0.7)) \text{ a } 40 [^\circ C]$$

$$D = \log(\log(v_d + 0.7)) \text{ a } 100 [^\circ C]$$

$$E = \log(\log(v_c + 0.7)) \text{ a } 40 [^\circ C]$$

$$F = \log(\log(v_c + 0.7)) \text{ a } 100 [^\circ C]$$

Los subíndices m , c , d se refieren a la mezcla, al crudo y al diluyente respectivamente, mientras que X_c representa la fracción volumétrica del crudo.

2.3 MEZCLA EN UN PUNTO DE INYECCIÓN

2.3.1 GRAVEDAD ESPECÍFICA

$$Spgr60_{Mezcla} = \frac{\dot{m}_{Mezcla}}{\frac{\dot{m}_1}{Spgr60_1} + \frac{\dot{m}_2}{Spgr60_2}} \quad \text{Ec. 2.33}$$

Donde:

\dot{m} : Caudal Másico

$Spgr60$: Gravedad específica @ 60°F

2.3.2 TEMPERATURA DE LA MEZCLA

De acuerdo a la primera Ley de la Termodinámica “La energía no se crea ni se destruye; se transforma”, por tal motivo en una mezcla las energías de cada

sustancia se suman. Con este principio obtenemos la siguiente ecuación que nos permite determinar la temperatura final de una mezcla.

$$\dot{q}_1 = \dot{m}_1 \cdot Cp_1 \cdot T_1$$

$$\dot{q}_2 = \dot{m}_2 \cdot Cp_2 \cdot T_2$$

$$\dot{q}_{mezcla} = \dot{q}_1 + \dot{q}_2$$

$$\dot{q}_{mezcla} = \dot{m}_1 \cdot Cp_1 \cdot T_1 + \dot{m}_2 \cdot Cp_2 \cdot T_2 = \dot{m}_{mezcla} \cdot Cp_{mezcla} \cdot T_{mezcla}$$

$$T_{mezcla} = \frac{-0.388 + \sqrt{(0.388)^2 + (18 \cdot 10^{-4}) \cdot \left(\sqrt{Spgr60_{mezcla}} \cdot \frac{T_1 \cdot \dot{m}_1 \cdot Cp_1 + T_2 \cdot \dot{m}_2 \cdot Cp_2}{\dot{m}_{mezcla}} \right)}}{9 \cdot 10^{-4}}$$

Ec.2.34

Donde,

T : Temperatura [$^{\circ}F$]

\dot{m} : Caudal Mástco [lb/h]

Cp : Calor específico [$BTU/lb \cdot ^{\circ}F$]

$Spgr60$: Gravedad específica @ $60^{\circ}F$

2.3.3 VISCOSIDAD RESULTANTE DE UNA MEZCLA

$$\nu_{mezcla} = \left[\frac{Q_1 + Q_2}{\left(\frac{Q_1}{\sqrt{\nu_1}} + \frac{Q_2}{\sqrt{\nu_2}} \right)} \right]^2$$

Ec. 2.35

Donde,

Q : Caudal

ν : Viscosidad [SUS]

2.4 FLUJO MONOFÁSICO EN TUBERÍAS

Las situaciones con mayor frecuencia encontradas en aplicaciones de ingeniería donde se transporta un fluido monofásico corresponden al transporte de una fase líquida o una fase gas.

Los sistemas de tuberías que hacen posible el transporte de los fluidos desde los centros de producción a los centros de consumo, se construyen uniendo diferentes componentes como se muestra en la 2.12. Además de conducir el fluido, los diferentes componentes sirven para cambiar su dirección, lo dividen, lo aceleran o desaceleran, controlan el flujo y como consecuencia de estas acciones se producen ciertas pérdidas de energía mecánica en el fluido. Existen componentes como las bombas cuya función es incrementar la energía mecánica del fluido.

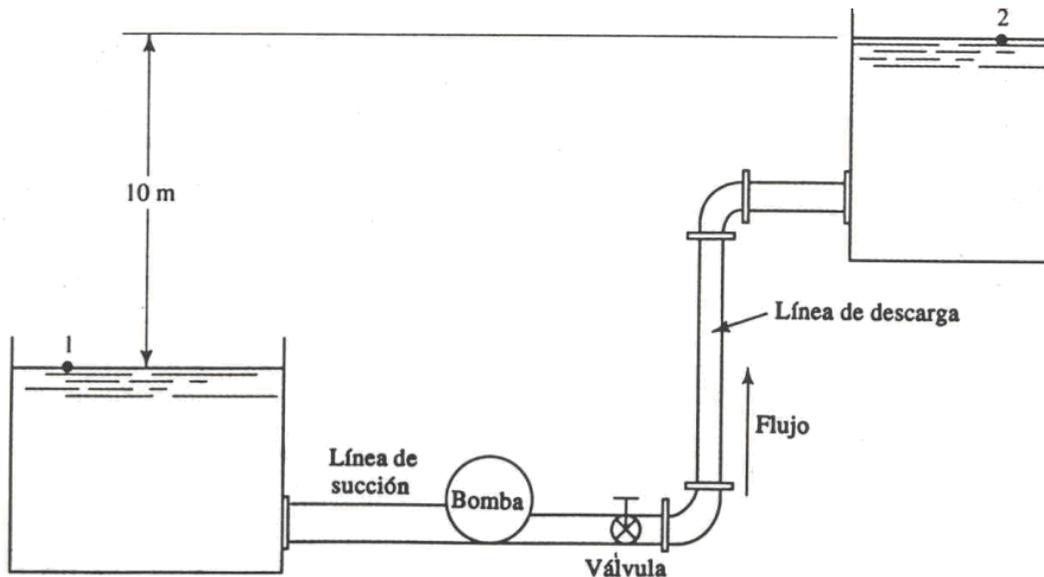


Fig. 2.12 Arreglo de tuberías, accesorios y equipos

Un *Sistema* es una cantidad de materia, de masa e identidad fijas, la cual está separada del medio que la rodea por medio de una superficie. El sistema puede ser rígido, móvil o bien puede interactuar con su medio ambiente. La superficie que separa el sistema de su medio ambiente, puede ser real, imaginaria, fija o móvil, con la condición de no permitir la transferencia de masa.

Un *Volumen de Control* es un volumen en el espacio, el cual puede estar fijo, moverse o relacionarse con su medio ambiente a través de su superficie, la cual puede ser real o imaginaria, fija o deformable (móvil), con la condición de permitir la transferencia de masa.

La solución a la mayoría de los problemas encontrados en el flujo a través de tuberías se puede resolver mediante tres ecuaciones básicas, que hacen referencia a las leyes de conservación para un fluido en movimiento estas son:

- **Conservación de masa:** *Ecuación de continuidad*
- **Conservación de momento:** *Ecuación de movimiento*
- **Conservación de energía:** *Ecuación de Bernoulli*

Existen dos tipos de Flujo Monofásico, que son:

- Flujo Monofásico Isotérmico
- Flujo Monofásico No Isotérmico

2.4.1 ECUACIÓN DE CONTINUIDAD

La ecuación de continuidad se obtiene del hecho de considerar que la masa de un sistema es constante.

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 \quad \text{Ec. 2.36}$$

$$\rho_1 \cdot Q_1 = \rho_2 \cdot Q_2 \quad \text{Ec. 2.37}$$

$$\rho_1 \cdot u_1 \cdot A_1 = \rho_2 \cdot u_2 \cdot A_2 \quad \text{Ec. 2.38}$$

Donde:

\dot{m} : Caudal másico

ρ : Densidad

Q : Caudal volumétrico

u : Velocidad

A : Área de la sección transversal en la tubería

El caudal másico se define como la relación de la masa de líquido en un tiempo determinado. Su ecuación es la siguiente:

$$\dot{m} \left[\frac{lb}{h} \right] = 349.761526 \cdot Spgr \cdot [BPH] \quad Ec. 2.39$$

Donde:

$\dot{m} \left[\frac{lb}{h} \right]$: Caudal Másico en libras por hora

$Spgr$: Gravedad específica

BPH : Caudal [Barriles por hora]

El caudal volumétrico se define como la relación del volumen de líquido en un tiempo determinado.

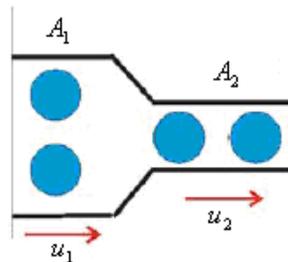


Fig. 2.13 Flujo en tubería de diferentes secciones

2.4.1.1 Ecuación de Continuidad en Flujo Isotérmico

Un Flujo Isotérmico considera que la temperatura es constante a través de la tubería y/o el tiempo, por tal razón la densidad (ρ) es constante.

La forma general de la ecuación de continuidad es la siguiente:

$$\sum [A_i \cdot v_i \cdot \rho_i] = 0 \quad Ec. 2.40$$

Tomando en consideración un Flujo Isotérmico y un Fluido Incompresible, obtenemos que:

$$Q_1 = Q_2 \quad \text{Ec. 2.41}$$

$$A_1 \cdot u_1 = A_2 \cdot u_2 \quad \text{Ec. 2.42}$$

Donde:

Q : Caudal volumétrico

u : Velocidad

A : Área de la sección transversal en la tubería

2.4.1.2 Ecuación de Continuidad en Flujo No Isotérmico

Un Flujo No Isotérmico considera que la temperatura varía a través de la tubería y/o el tiempo. Debido a que la densidad (ρ) es función de la temperatura esta no es constante, y la ecuación de continuidad queda en su forma general que es:

$$\sum [A_i \cdot v_i \cdot \rho_i] = 0 \quad \text{Ec. 2.43}$$

2.4.2 ECUACIÓN DEL MOMENTUM

En los fluidos se necesita de una fuerza externa para provocar un cambio en la velocidad del flujo. En las instalaciones de un oleoducto las fuerzas que se ejerzan sobre los codos donde la dirección del flujo del fluido cambia y sobre expansiones y contracciones en donde la velocidad cambia. Estos elementos deben estar bien anclados para resistir fuerzas.

Segunda Ley de Newton: $FUERZA = MASA \cdot ACELERACIÓN$

$$F = m \cdot \frac{du}{dt} \quad \text{Ec. 2.44}$$

$$F = \frac{m}{dt} \cdot du \quad \text{Ec. 2.45}$$

$$F = \dot{m} \cdot \Delta u \quad \text{Ec. 2.46}$$

$$F = \rho \cdot Q \cdot \Delta u \quad \text{Ec. 2.47}$$

Donde:

\dot{m} : Masa por unidad de tiempo

m : Masa

v : Velocidad

ρ : Densidad

Q : Caudal

t : Tiempo

IMPULSO = FUERZA · VARIACIÓN DE TIEMPO

CAMBIO DE MOMENTUM = MASA · CAMBIO DE VELOCIDAD

Aplicando la segunda Ley de Newton se establece que:

IMPULSO = CAMBIO DE MOMENTUM

$$F \cdot dt = m \cdot du \quad \text{Ec. 2.48}$$

La ecuación de la fuerza es válida cuando todos los términos tengan la misma dirección. Existen diferentes ecuaciones para cada dirección de interés en un caso particular.

$$F_x = \rho \cdot Q \cdot (u_{2,x} - u_{1,x}) \quad \text{Ec. 2.49}$$

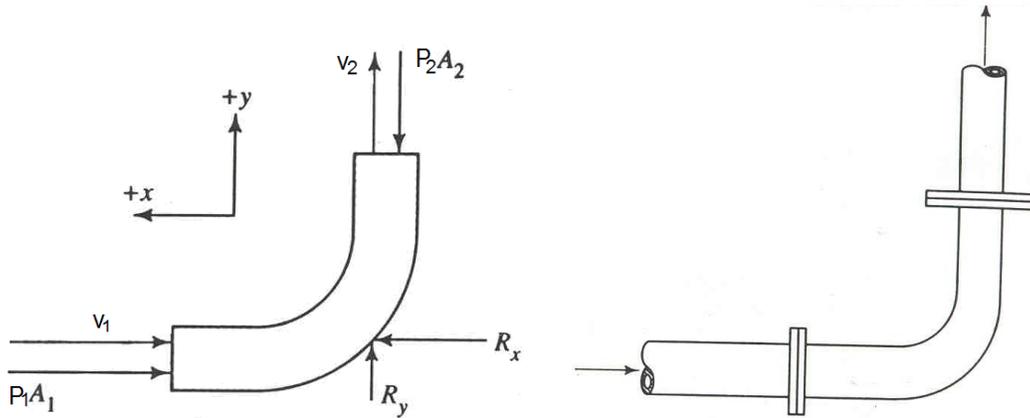
$$F_y = \rho \cdot Q \cdot (u_{2,y} - u_{1,y}) \quad \text{Ec. 2.50}$$

$$F_z = \rho \cdot Q \cdot (u_{2,z} - u_{1,z}) \quad \text{Ec. 2.51}$$

EJEMPLO:

Calcular la fuerza ejercida sobre el codo mostrado en la figura, para que se mantenga en equilibrio. El codo se encuentra en un plano horizontal conectado a dos tuberías de 4 [pulg] pulgadas cédula 40 que transportan 1071 [BPH] de petróleo. La presión a la entrada es 80 [psig].

Nota: $1 [KPa] = 1000 \left[\frac{N}{m^2} \right] = 0.145 [psi]$



En la dirección "x" tiene:

$$F_x = \rho \cdot Q \cdot (v_{2x} - v_{1x})$$

$$F_x = R_x - P_1 \cdot A_1$$

$$v_{2x} = 0$$

$$v_{1x} = v_1$$

$$R_x - P_1 \cdot A_1 = \rho \cdot Q \cdot [0 - (-v)]$$

$$R_x = \rho \cdot Q \cdot v_1 + P_1 \cdot A_1$$

$$A = \pi \cdot \left(\frac{4 \cdot 0.0254}{2} \right)^2 = 8.21 \cdot 10^{-3} [m^2]$$

$$v_1 = \frac{Q}{A} = \frac{0.05 \left[\frac{m^3}{seg} \right]}{8.21 \cdot 10^{-3} [m^2]}$$

$$v_1 = 6 \left[\frac{m}{seg} \right]$$

$$P \cdot Q \cdot v_1 = 870 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \cdot 1071 [\text{bph}] \cdot \frac{42.4}{3600 \cdot 1000} \cdot 6 \left[\frac{\text{m}}{\text{seg}} \right]$$

$$261 [\text{N}] = 28.6 [\text{Kg}]$$

$$P_1 \cdot A_1 = 80 \left[\frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} \right] \cdot 6.89 \cdot 1000 \cdot 8.213 \cdot 10^{-3} = 4527 [\text{N}] = 462 [\text{Kg}]$$

$$R_x = 26.6 + 462.0 = 488.6 [\text{Kg}]$$

En la dirección “y” se tiene:

$$F_y = \rho \cdot Q \cdot (v_{2y} - v_{1y})$$

$$F_y = R_y - P_2 \cdot A_2$$

$$v_{2y} = v_2$$

$$v_{1y} = 0$$

$$R_y - P_2 \cdot A_2 = \rho \cdot Q \cdot v_2$$

Despreciando las pérdidas de energía en el codo, entonces $v_2 = v_1$, $P_2 = P_1$, puesto que el área transversal del accesorio es constante.

$$\rho \cdot Q_2 = 26.6 [\text{Kg}]$$

$$P_2 \cdot A_2 = 462.0 [\text{Kg}]$$

$$R_y = 26.6 + 462.0$$

$$R_y = 488.6 [\text{Kg}]$$

Las fuerzas R_x y R_y son las fuerzas provocadas en el codo cuando el fluido da una vuelta de 90° .

2.4.3 ECUACIÓN DE ENERGÍA

La primera ley de la termodinámica establece que:

- El cambio de energía interna de un sistema es igual a la suma de energías y trabajo añadido y/o extraído.

Para el caso de fluidos incompresibles, la forma general de la ecuación de la energía para fluidos dentro de tuberías es la siguiente:

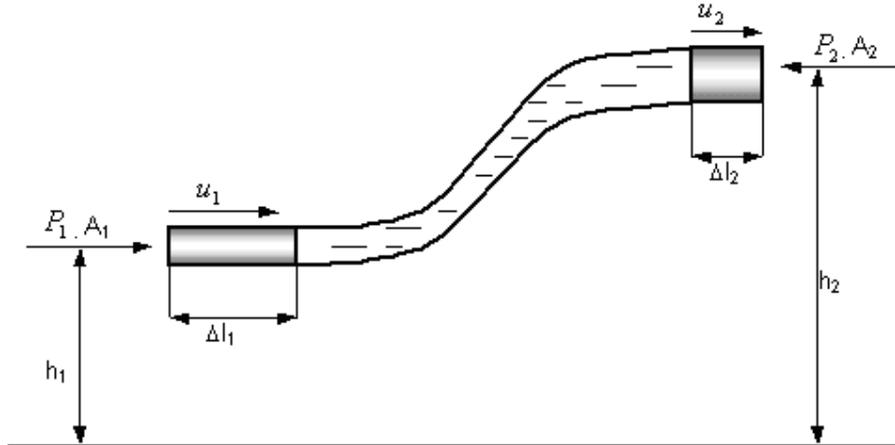


Fig. 2.14 Transporte del fluido a través de una tubería de condiciones variables

$$\frac{P_1}{\rho} + g \cdot Z_1 + \frac{u_1^2}{2} = \frac{P_2}{\rho} + g \cdot Z_2 + \frac{u_2^2}{2} - W_p + W_t + W_f \quad \text{Ec. 2.52}$$

Las unidades de cada término son de energía por unidad de masa. Los dos primeros términos en cada lado de la ecuación se denominan *energía potencial*, el tercer término es la energía cinética. W_p es la energía de bombas añadidas al sistema. W_t es la energía de turbinas tomada desde el sistema. W_f es la energía perdida por fricción.

Una forma más útil para usar la ecuación anterior es dividir a cada término por la gravedad, de manera que las unidades de cada término son pies, metros o cualquiera de longitud. Así se tiene:

ECUACIÓN DE BERNOULLI

$$\frac{P_1}{\rho g} + Z_1 + \frac{u_1^2}{2 \cdot g} = \frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + \frac{u_2^2}{2 \cdot g} - H_p + H_t + H_f \quad \text{Ec. 2.53}$$

Los tres primeros términos se llaman cabezas de presión, elevación y velocidad, respectivamente. Los tres últimos términos del lado derecho de la

ecuación se llaman: H_p *cabeza total de la bomba*, H_t *cabeza total tomada por turbinas* y H_f *cabeza de pérdidas por fricción*. La energía es una cantidad ESCALAR, y es una función de punto. La energía entre dos puntos cualesquiera del sistema, independientemente de la ruta escogida, siempre debe CONSERVARSE LA ENERGÍA.

Es muy común el uso incorrecto de esta ecuación, es importante conocer sus limitaciones, las cuales son consecuencias de los supuestos o simplificaciones utilizadas en su desarrollo. Uno de los supuestos es que los efectos viscosos en el flujo de fluidos son insignificantes o despreciables. Los esfuerzos cortantes generados por los gradientes de velocidad no se toman en cuenta. Estos esfuerzos suelen ser muy pequeños en comparación con las diferencias de presión en el campo de flujo. Localmente, estos esfuerzos afectan muy poco el campo de flujo. Sin embargo a distancias apreciables o en regiones de alta velocidad, estos esfuerzos podrían afectar el campo de flujo y es necesario incluir el efecto viscoso en el análisis del flujo de fluido.

Existe una línea llamada *línea de grado energético (EGL)*, que es la suma de las cabezas de presión manométrica, elevación y velocidad, también llamada CABEZA TOTAL.

Existe una línea llamada *línea de grado hidráulico (HGL)*, que es la suma de las cabezas de presión manométrica, elevación, también llamada CABEZA PIEZOMÉTRICA.

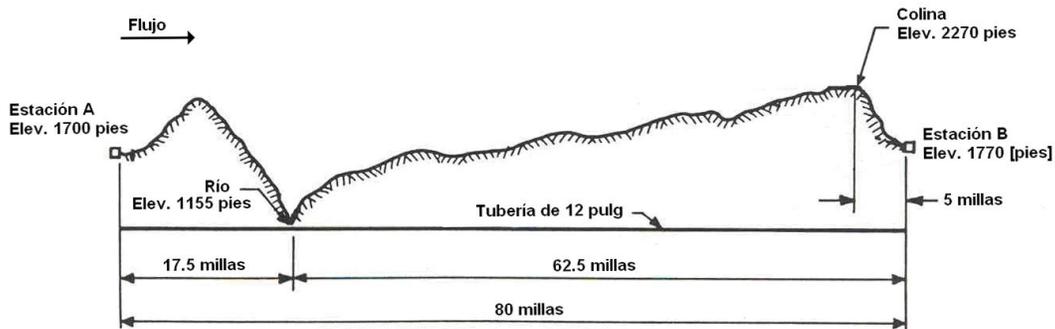
EJEMPLO:

Calcular el flujo, la presión de succión en la estación B, y la presión en el cruce del río.

El líquido que se bombea desde la estación A es petróleo de 43[°API] con una presión de 800[psi] y 70 [sus] de viscosidad. El tamaño de la tubería es 12[pulg]. La distancia entre los puntos A y B es 80[millas]. Existe una colina entre A y B, y la distancia entre A y la colina son 75[millas], y a partir de ésta, se debe bombear por gravedad hasta el punto B, ubicado 5[millas] más adelante. La elevación de la estación A, es 1700[pies],

la elevación del río es 1155 [pies] y está ubicado a 17.5 [millas] de la primera estación A.

La elevación de la estación B es 1770 [pies], y la elevación de la colina es 2270 [pies].



Planteando la ecuación de la energía entre el punto A y la Colina se obtiene:

$$\frac{P_A}{\rho g} + Z_A = \frac{P_{COLINA}}{\rho g} + Z_{COLINA} + H_f$$

$$P_{vapor} = 10 [psi]$$

$$P_{COLINA} = 4 \cdot P_{vapor} = 40 [psi]$$

$$H_f = 800 - 40 + \frac{(1700 - 2270) \cdot 0.8108}{2.31} = 560 [psi]$$

Las pérdidas por unidad de longitud son:

$$560 / 75 = 7.47 \left[\frac{psi}{milla} \right]$$

De acuerdo a DarcyWeisbach.

$$\frac{H_f 1}{H_f 2} = \frac{Spgr 1}{Spgr 2}$$

Por lo tanto

$$\frac{H_f 1}{7.47 \left[\frac{psi}{milla} \right]} = \frac{1.00}{0.8108} \Rightarrow H_f 1 = 9.21 \left[\frac{psi}{milla} \right]$$

De acuerdo al FLUJOGRAMA (Pag.) para 12[pulg], 9.21 $\left[\frac{\text{psi}}{\text{milla}}\right]$, 70 [sus] se tienen 1800[BPH].

Para encontrar la presión en la estación B, se aplica la ecuación de la energía entre la colina y estación B, se tiene:

$$\frac{P_{COLINA}}{Spgr} + Z_{COLINA} = \frac{P_B}{Spgr} + Z_B + H_f$$

$$P_B = P_{COLINA} + (Z_{COLINA} - Z_B) \cdot Spgr - H_f$$

$$P_B = 40 + \frac{(2270 - 1770) \cdot 0.8108}{2.31} - 7.47 \cdot 5 = 178.15 [\text{psi}]$$

Para esto hemos asumido que la rata de descarga (velocidad de salida desde la estación A, es la misma que la de llegada al punto B)

Para averiguar la presión en el cruce del río, de igual manera se aplica la ecuación de la energía entre este punto y la estación A, y se obtiene:

$$\frac{P_A}{Spgr} + Z_A = \frac{P_{RIO}}{Spgr} + Z_{RIO} + H_f$$

$$P_{RIO} = P_A + (Z_A - Z_{RIO}) \cdot Spgr - H_f$$

$$P_{RIO} = 800 + \frac{(1700 - 1155) \cdot 0.8108}{2.31} - 7.47 \cdot 17.5 = 860.57 [\text{psi}]$$

NOTA: Este ejercicio nos deja ver, que cuando un oleoducto atraviesa depresiones notables, como en este caso, el río, se generan presiones altas para las cuales, la máxima presión de operación de la tubería y los accesorios como bridas y válvulas instaladas, deben cumplir con los requisitos de resistencia para soportar las altas presiones desarrolladas.

T : *Temperatura* [$^{\circ}F$]

d_{ext} = *Diámetro externo* en [pulg]

U = *Coficiente de transferencia de calor global* en $\left[\frac{BTU}{pie^2 \cdot h \cdot ^{\circ}F} \right]$

ΔL = *Longitud* en [Km]

C_p = *Calor específico* en $\left[\frac{BTU}{lb \cdot ^{\circ}F} \right]$

\dot{m} : *Caudal másico* en $\left[\frac{lb}{h} \right]$

2.4.4 CAÍDA DE PRESIÓN DEBIDO A LA VISCOSIDAD

La existencia de viscosidad hace que la ecuación de Bernouilli no se cumpla exactamente. Según la ecuación de Bernouilli, si se tiene un conducto de sección constante, y a una altura constante, la presión a lo largo del conducto debería permanecer constante. Cuando hay viscosidad no es así, sino que la presión va disminuyendo a lo largo de la tubería, aun en el caso de un tubo horizontal y de sección constante. La causa es que “si hay viscosidad” de alguna parte debe salir la energía para vencer ese roce. Y sale de la diferencia de presión. La Fig. 2.15 muestra la situación en el caso de un líquido en el caso con viscosidad.

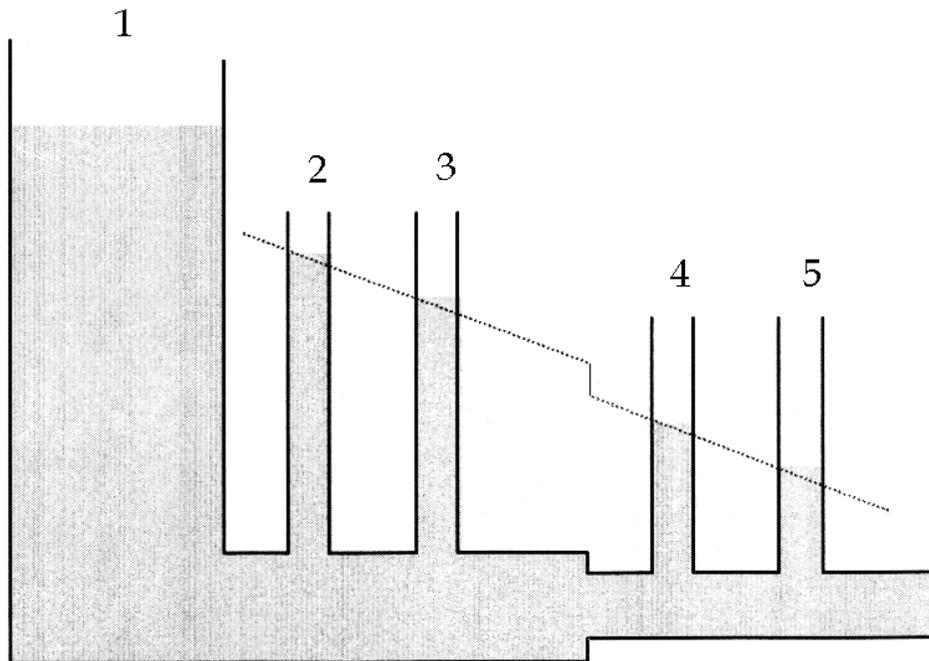


Fig. 2.15 Caída de presión y línea de gradiente hidráulico

Si el líquido fuera no-viscoso, las alturas de las columnas 2 y 3 serían iguales entre sí, en la Fig. 2.15 que se muestra, y lo mismo ocurriría entre las columnas 4 y 5. (Por supuesto se espera que las columnas 2 y 3 tengan distintas alturas que las 4 y 5, debido a que las presiones son diferentes, aun sin viscosidad, debido a que la velocidad del fluido varía si cambia la sección de la cañería). En la Fig. 2.15 se observa, sin embargo, que la presión disminuye a lo largo de la cañería, aunque la sección de ésta no cambia. Ese es el efecto de la viscosidad.

2.4.4.1 Pérdidas lineales

Pérdidas por fricción Requeridas

Las pérdidas lineales son las producidas por las tensiones viscosas, originadas entre el fluido circundante y las paredes de una tubería o conducto, y viene dada por:

$$H_{f \text{ REQUERIDAS}} = \frac{8 \cdot f \cdot \Delta L \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g \cdot d^5} \quad \text{Ec. 2.55}$$

Donde:

$H_{f_{REQUERIDAS}}$: Pérdidas por fricción requeridas

f : Factor de fricción

ΔL : Tramo de longitud

Q : Caudal volumétrico

g : Gravedad

d : Diámetro interno

Pérdidas por fricción Disponibles

En un tramo de tubería las pérdidas por fricción se puede obtener mediante el *balance de fuerzas* en la dirección del flujo: fuerzas de presión + fuerzas de gravedad + fuerzas de rozamiento viscoso = 0; lo que lleva a la ecuación:

$$H_{f_{DISPONIBLES}} = (Z_1 - Z_2) + \frac{P_1 - P_2}{Spgr} + \frac{u_1^2 - u_2^2}{2 \cdot g} \quad \text{Ec. 2.56}$$

Donde:

$H_{f_{DISPONIBLES}}$: Pérdidas por fricción disponibles

Z : Altura en unidad de longitud

P : Presión manométrica en unidad de longitud

u : Velocidad

g : Gravedad

$Spgr$: Gravedad específica

El equilibrio hidráulico se lo consigue al igualar las pérdidas por fricción disponibles con las requeridas.

2.4.4.2 Pérdidas singulares

Debido a la presencia de accesorios, tales como válvulas, codos, uniones, dilataciones y contracciones de las secciones, que se encuentran a lo largo del circuito de tuberías, se generan pérdidas por fricción en ellos.

Las pérdidas de energía son proporcionales a la velocidad del fluido elevada al cuadrado. Los valores experimentales de pérdida de energía generalmente se reportan en términos de un coeficiente de resistencia adimensional ξ , de la siguiente forma:

$$H_{fs} = \xi \cdot \frac{u^2}{2 \cdot g} = \frac{8 \cdot \xi}{g \cdot \pi^2 \cdot D^5} \cdot Q^2 \quad \text{Ec. 2.57}$$

Donde:

H_{fs} : Es la pérdida de carga en la singularidad, que es proporcional a la energía cinética

ξ : Es el denominado coeficiente de pérdidas singulares

u : Velocidad

g : Gravedad

D : Diámetro nominal

Q : Caudal del fluido

Las siguientes expresiones para trabajar en diferentes unidades:

$$H_f = K \cdot \frac{u^2}{2 \cdot g} \quad \text{Ec. 2.58}$$

$$H_f = \frac{K \cdot 0.00259 \cdot GPM^2}{D^4} \quad \text{Ec. 2.59}$$

$$H_f = \frac{K \cdot 0.00529 \cdot BPH^2}{D^4} \quad \text{Ec. 2.60}$$

Donde:

H_f : Pérdidas en [pies]

D : Diámetro interior en [pulg]

GPM : $\left[\frac{\text{galones}}{\text{minuto}} \right]$

BPH : $\left[\frac{\text{barriles}}{\text{hora}} \right]$

2.4.4.2.1 Valor de “K” para válvulas y juntas

El coeficiente de resistencia para el caso de válvulas y juntas (codos, tes, boquillas), viene dado por el método de la longitud equivalente.

$$Le = K \cdot \frac{D}{f_t} \quad \text{Ec.2.61}$$

$$K = f_t \cdot \frac{Le}{D} \quad \text{Ec. 2.62}$$

La longitud equivalente, es la longitud de tubería recta del mismo diámetro nominal que la válvula o junta. El término D , es el diámetro interno real del conducto. El término f_t , es el factor de fricción en el conducto al cual está conectado el accesorio tomado en la zona de turbulencia completa. El valor de f_t varía con el diámetro del conducto. Muchas veces se prefiere calcular la longitud equivalente del conducto para un accesorio y combinar este valor con la longitud real del conducto.

Existen nomogramas que permiten encontrar con facilidad la longitud equivalente de algunos accesorios.

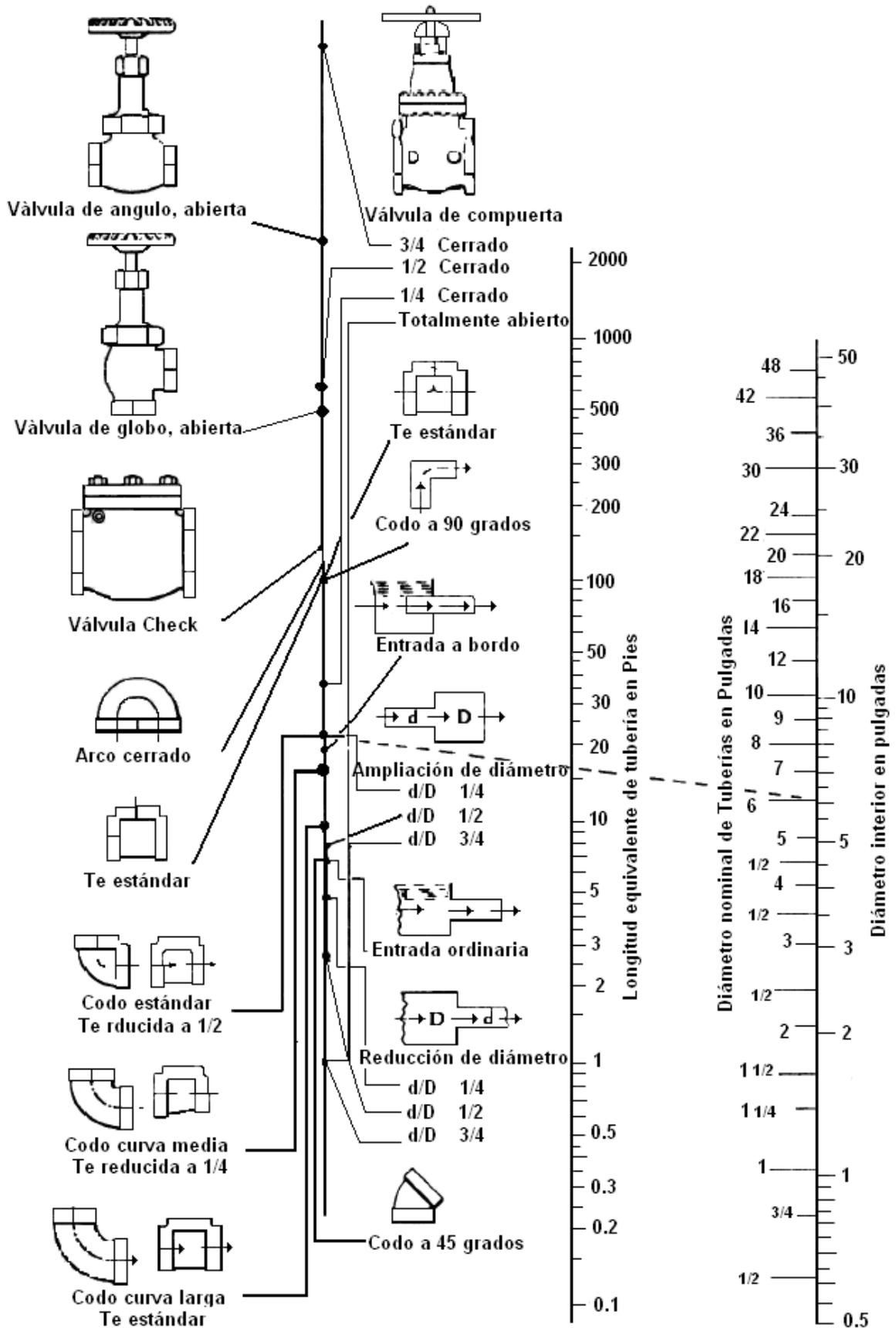


Fig. 2.16 Nomograma de estimación de la longitud equivalente de los elementos singulares

EJEMPLO:

Calcular la caída de presión a través de una válvula de globo completamente abierta en una tubería de acero, cédula 40, de 4[pulg], que transporta 400 [galones/minuto] de petróleo ($S_{pgr} = 0.87$).

Para aplicar la ecuación de la energía, se denomina punto 1, al punto aguas arriba y punto 2, al punto aguas abajo. Se considera que no existe desnivel entre los dos puntos. Aplicando la ecuación de la energía se obtiene lo siguiente:

$$P_1 - P_2 = S_{pgr} \left[(Z_2 - Z_1) + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + H_l \right]$$

$$P_1 - P_2 = S_{pgr} \cdot H_f$$

$$H_f = f \cdot Le \cdot \frac{v^2}{D \cdot 2 \cdot g}$$

$$D = \frac{4}{12} = 0.3355[\text{pies}]$$

$$A = \pi \cdot \left(\frac{0.3355}{2} \right)^2 = 0.0884[\text{pies}^2]$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{400 \left[\frac{\text{galones}}{\text{minuto}} \cdot \frac{3.785(\text{lt})}{\text{galones}} \cdot \frac{35.315(\text{pies}^3)}{1000(\text{lt})} \cdot \frac{\text{minuto}}{60(\text{seg})} \right]}{0.0884[\text{pies}^2]} = 10 \left[\frac{\text{pies}}{\text{seg}} \right]$$

f es igual a 0.017. Para válvulas de globo $L/D = 340$, entonces:

$$H_f = \frac{0.017 \cdot 340 \cdot (10.08)^2}{2 \cdot 32.2}$$

$$H_f = 9.12[\text{pies}] = 3.4[\text{psi}]$$

La longitud equivalente en tubería de 4[pulg], de esta válvula es:

$$Le = K \cdot \frac{D}{f}$$

$$Le = 5.78 \cdot \frac{0.3355}{0.017} = 114[\text{pies}]$$

2.4.5 CEDULA DE UNA TUBERIA

Nos indica el espesor de la pared de la tubería para una determinada presión interna P_i y un esfuerzo permisible S . La siguiente relación nos indica la cédula de una tubería:

$$CEDULA = \frac{1000 \cdot P_i}{S} \quad \text{Ec. 2.63}$$

Donde:

P_i : Presión interna en [psig]

S : Esfuerzo permisible en [psig]

2.4.6 PROPIEDADES PARA EL DISEÑO DE TUBERÍAS

2.4.6.1 Primarias:

- Esfuerzo de fluencia
- Esfuerzo a la tensión

2.4.6.2 Secundarias:

- Elongación (ductilidad)
- Dureza
- Fractura

2.4.6.3 Definiciones básicas:

$$ESFUERZO(STRESS) = \frac{FUERZA APLICADA}{\text{ÁREA}} \quad \text{Ec. 2.64}$$

$$DEFORMACIÓN(STRAIN) = \frac{(L_2 - L_1)}{L_1} \quad \text{Ec. 2.65}$$

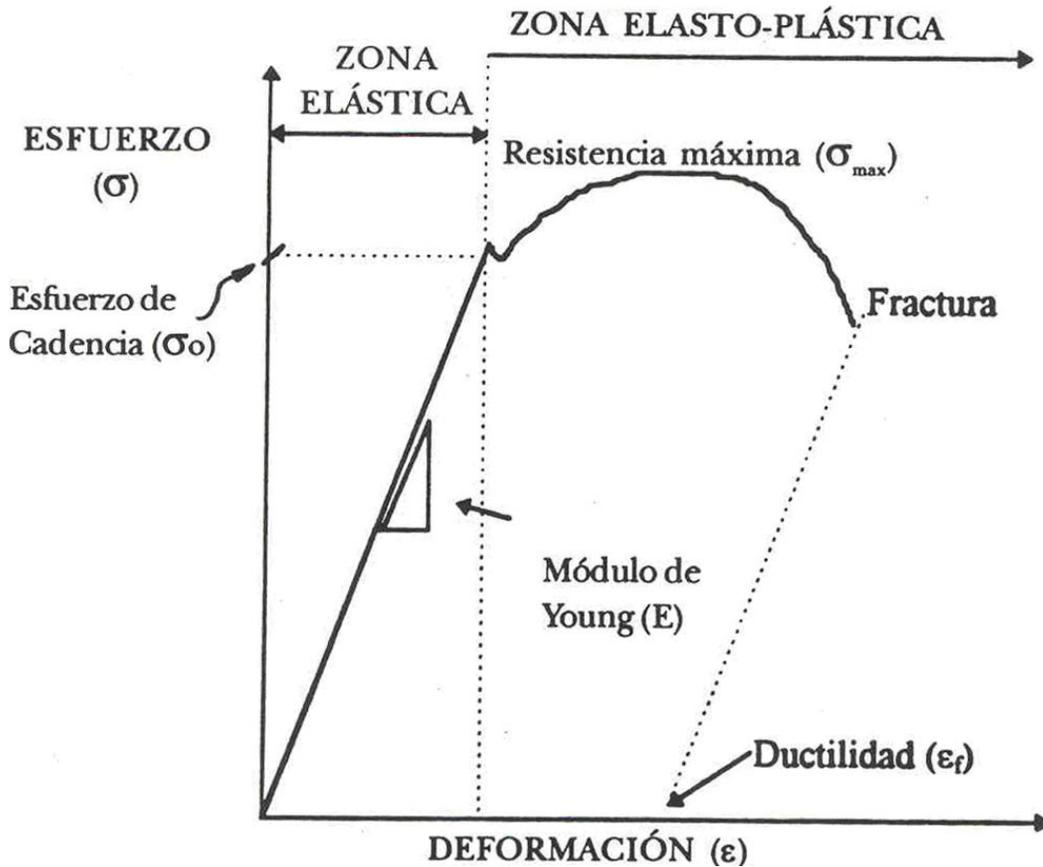


Fig. 2.17 Relación Esfuerzo - Deformación
Comportamiento típico esfuerzo contra deformación de un material en tensión uniaxial

En la figura 2.17, representa un ensayo uniaxial a tracción de la tubería, identificándose lo siguiente:

- Primeramente ocurre una deformación elástica, cuya magnitud es proporcional al esfuerzo, la constante de proporcionalidad es el módulo de elasticidad E .
- Cuando se sobrepasa el esfuerzo de fluencia o cedencia, ocurre la deformación plástica.
- Durante la deformación plástica, el esfuerzo para continuar la deformación se incrementa debido al endurecimiento por deformación en frío, hasta que se alcanza un valor máximo, llamado esfuerzo máximo.
- Después que se sobrepasa el esfuerzo máximo, el esfuerzo aplicado va decreciendo ya que se forma una constricción o cuello en la sección transversal de la probeta hasta que se produce la fractura. La

deformación máxima hasta el punto de fractura se conoce como ductilidad. Ya que la fractura es un hecho posterior a la deformación plástica, entonces al diseñar sin llegar a la deformación plástica, se supone que se está evitando la fractura.

- Para compensar la presencia de esfuerzos adicionales por defectos de fabricación, imperfecciones internas del material, etc., el esfuerzo de diseño o esfuerzo permisible se calcula dividiendo el esfuerzo a la fluencia del material para un factor de seguridad. De modo que cuando se diseña, se pueden hablar de cuatro niveles de esfuerzos:
 1. Esfuerzo máximo del material
 2. Esfuerzo de fluencia del material
 3. Esfuerzo máximo permisible para el diseño
 4. Esfuerzo normal de operación del material

2.4.7 COMBINACIÓN DE TUBERÍAS

a) *Tuberías en serie*: Si el sistema se arregla de modo que el fluido fluye a través de una línea continua sin ramificaciones, este se conoce como sistema en serie. En un sistema en serie, la pérdida total de energía es la sumatoria de las pérdidas individuales lineales y singulares.

- $Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n$ siendo Q , el flujo a través de accesorios
- $H_{f_t} = \sum_i H_{f_i}$ siendo H , las pérdidas por fricción en cada accesorio

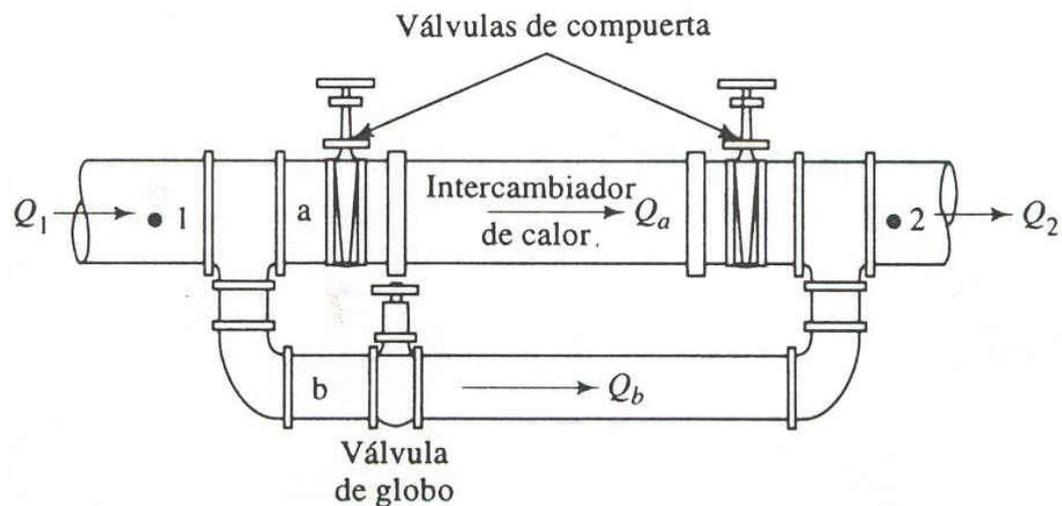
b) *Tuberías en paralelo*: si el sistema está dispuesto de manera que el flujo del fluido se ramifique en dos o más líneas se trata de un sistema de tubería en paralelo. Los principios básicos son los siguientes:

- $Q_t = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$ Donde: Q_t es el caudal total y Q_n es el caudal en cada ramal
- $H_f = H_1 = H_2 = \dots = H_n$ Donde: H son las pérdidas por fricción en cada ramal

EJEMPLO:

De acuerdo al arreglo mostrado en la figura, se tiene un intercambiador de calor para enfriamiento de un motor. El flujo de agua por diseño debe ser $100 \left[\frac{\text{galones}}{\text{minuto}} \right]$ a $60 [^{\circ}\text{F}]$ por la tubería de $2 [\text{pulg}]$ de la sección 1. El fabricante proporciona el dato que el factor K , de caída de presión a través del ramal a, es 7.5 con las tres válvulas abiertas completamente. El ramal b, es una línea de by pass, compuesta de tubería de acero cédula 40, de $1.25 [\text{pulg}]$. Los codos son estándar, la longitud de la tubería en la rama b es de $20 [\text{pies}]$, se pueden despreciar las pérdidas de fricción en la tubería a, debido al tamaño del intercambiador.

Determinar la velocidad de flujo en cada rama y la caída de presión entre los puntos 1 y 2.



Datos:

$$Q_1 = 100 \left[\frac{\text{galones}}{\text{minuto}} \right]$$

$$A_a = \frac{\pi}{4} \cdot D_a^2 = \frac{\pi}{4} \cdot (2.067)^2 [\text{pulg}^2] = 3.3556 [\text{pulg}^2] = 0.02333 [\text{pie}^2]$$

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot D_b^2 = \frac{\pi}{4} \cdot (1.38)^2 [\text{pulg}^2] = 1.4957 [\text{pulg}^2] = 0.01039 [\text{pie}^2]$$

$$K_a = 7.5$$

$$f_{at} = 0.019 \quad (\text{Dato proveniente de tabla para tubería de } 2[\text{pulg}] \text{ con cédula } 40 \text{ con total turbulencia})$$

$$f_{bt} = 0.022 \quad (\text{Dato proveniente de tabla para tubería de } 1.25[\text{pulg}] \text{ con cédula } 40 \text{ con total turbulencia})$$

$$Le_{\text{VÁLVULA COMPUERTA}}/D = 8 \quad (\text{Dato proveniente de tabla de válvula de compuerta abierta al } 100\%)$$

$$Le_{\text{CODO}}/D = 30 \quad (\text{Dato proveniente de tabla de codo estándar abierta al } 100\%)$$

$$Le_{\text{VÁLVULA GLOBO}}/D = 340 \quad (\text{Dato proveniente de tabla de válvula de globo abierta al } 100\%)$$

$$Q_1 = A_a \cdot u_a + A_b \cdot u_b$$

$$H_a = H_b$$

Para el ramal a

$$H_a = 2 \cdot f_{at} \cdot \left(\frac{Le_{\text{VÁLVULA COMPUERTA}}}{D_a} \right) \cdot \left(\frac{u_a^2}{2 \cdot g} \right) + K \cdot \left(\frac{u_a^2}{2 \cdot g} \right)$$

$$H_a = 2 \cdot 0.019 \cdot 8 \cdot \left(\frac{u_a^2}{2 \cdot g} \right) + 7.5 \cdot \left(\frac{u_a^2}{2 \cdot g} \right) = 7.8 \cdot \left(\frac{u_a^2}{2 \cdot g} \right)$$

Para el ramal b

$$H_b = 2 \cdot f_{bt} \cdot \left(\frac{Le_{\text{CODO}}}{D_b} \right) \cdot \left(\frac{u_b^2}{2 \cdot g} \right) + f_{bt} \cdot \left(\frac{Le_{\text{VÁLVULA GLOBO}}}{D_b} \right) \cdot \left(\frac{u_b^2}{2 \cdot g} \right) + f_b \cdot \left(\frac{L}{D_b} \right) \cdot \left(\frac{u_b^2}{2 \cdot g} \right)$$

$$H_b = 2 \cdot 0.022 \cdot 30 \cdot \left(\frac{u_b^2}{2 \cdot g} \right) + 0.022 \cdot 340 \cdot \left(\frac{u_b^2}{2 \cdot g} \right) + f_b \cdot \left(\frac{20}{0.115} \right) \cdot \left(\frac{u_b^2}{2 \cdot g} \right)$$

$$H_b = (8.8 + 173.91 \cdot f_b) \cdot \left(\frac{u_b^2}{2 \cdot g} \right)$$

$$\varepsilon_r = \frac{D}{\varepsilon} = \frac{0.115}{1.5 \cdot 10^{-4}} = 766.7$$

$f_b = 0.023 \rightarrow$ De acuerdo al diagrama de Moody (Tentativo o Supuesto)

$$H_b = (8.8 + 173.91 \cdot 0.023) \cdot \left(\frac{u_b^2}{2 \cdot g} \right) = 12.8 \cdot \left(\frac{u_b^2}{2 \cdot g} \right)$$

Al unir las pérdidas en los ramales

$$H_a = H_b \Rightarrow 7.8 \cdot \left(\frac{u_a^2}{2 \cdot g} \right) = 12.8 \cdot \left(\frac{u_b^2}{2 \cdot g} \right) \Rightarrow u_a = 1.28 \cdot u_b$$

$$Q_1 = A_a \cdot u_a + A_b \cdot u_b \Rightarrow 0.223 = 0.02333 \cdot 1.28 \cdot u_b + 0.01039 \cdot u_b \Rightarrow u_b = \frac{0.223}{0.02333 \cdot 1.28 + 0.01039}$$

$$u_b = 5.54 \left[\frac{\text{pies}}{\text{seg}} \right]$$

$$u_a = 1.28 \cdot 5.54 = 7.1 \left[\frac{\text{pies}}{\text{seg}} \right]$$

Como se supuso f_b tenemos que comprobar

$$\text{Re} = \frac{u_b \cdot D_b}{\mu} = \frac{5.54 \cdot 0.115}{1.21 \cdot 10^{-5}} = 52652.9$$

Con el número de Reynolds y la rugosidad relativa se obtiene del diagrama de Moody que $f_b = 0.025$, como este valor es diferente al supuesto anteriormente ($f_b = 0.023$) se vuelve a calcular con $f_b = 0.025$.

$$H_b = (8.8 + 173.91 \cdot 0.025) \cdot \left(\frac{u_b^2}{2 \cdot g} \right) = 13.15 \cdot \left(\frac{u_b^2}{2 \cdot g} \right)$$

$$H_a = H_b \Rightarrow 7.8 \cdot \left(\frac{u_a^2}{2 \cdot g} \right) = 13.15 \cdot \left(\frac{u_b^2}{2 \cdot g} \right) \Rightarrow u_a = 1.3 \cdot u_b$$

$$Q_1 = A_a \cdot u_a + A_b \cdot u_b \Rightarrow 0.223 = 0.02333 \cdot 1.3 \cdot u_b + 0.01039 \cdot u_b \Rightarrow u_b = \frac{0.223}{0.02333 \cdot 1.3 + 0.01039}$$

$$u_b = 5.48 \left[\frac{\text{pies}}{\text{seg}} \right]$$

$$u_a = 1.3 \cdot 5.48 = 7.124 \left[\frac{\text{pies}}{\text{seg}} \right]$$

$$\text{Re} = \frac{u_b \cdot D_b}{\mu} = \frac{5.48 \cdot 0.115}{1.21 \cdot 10^{-5}} = 52082.64$$

Con este número de Reynolds el valor de $f_b = 0.025$ por lo tanto no es necesario seguir iterando.

$$Q_a = A_a \cdot u_a = 0.02333 \cdot 7.124 = 0.1662 \left[\frac{\text{pies}^3}{\text{seg}} \right] = 74.5 \left[\frac{\text{gal}}{\text{min}} \right]$$

$$Q_b = A_b \cdot u_b = 0.01039 \cdot 5.48 = 0.0569 \left[\frac{\text{pies}^3}{\text{seg}} \right] = 25.5 \left[\frac{\text{gal}}{\text{min}} \right]$$

Para calcular la caída de presión se aplica la ecuación de la energía:

$$\frac{P_1}{\text{Spgr}} - \frac{P_2}{\text{Spgr}} = H_{f_{1-2}} = H_a = H_b$$

$$P_1 - P_2 = \text{Spgr} \cdot H_a = 1 \cdot 7.8 \cdot \left(\frac{7.124^2}{2 \cdot 32.2} \right) = 6.15 [\text{pies}]$$

$$P[\text{Psi}] = \frac{\text{Spgr} \cdot P[\text{pie}]}{2.31}$$

$$-\Delta P = \frac{1 \cdot 6.15}{2.31} = 2.66 [\text{Psi}]$$

2.4.8 FLUJO LAMINAR Y FLUJO TURBULENTO

La diferencia entre los flujos laminar y turbulento en una tubería fueron establecidos por Reynolds, el cual condujo una serie de experimentos en los cuales inyectó un colorante en el agua que fluía en una tubería de vidrio.

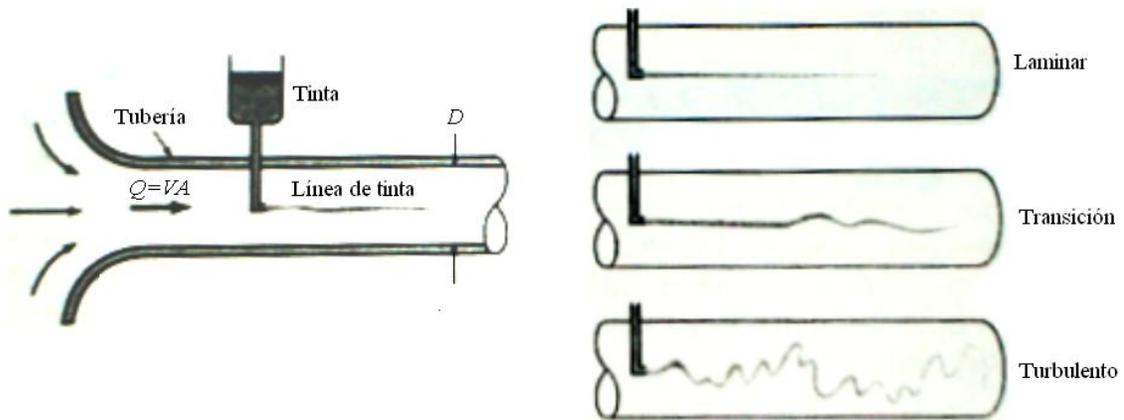


Fig. 2.18 Experimento de Reynolds

Reynolds pudo generalizar sus conclusiones acerca de los experimentos al introducir un término adimensional, que posteriormente tomó su nombre:

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot u \cdot D}{\nu} \quad \text{Ec. 2.66}$$

$$\text{Re} = \frac{u \cdot D}{\mu} \quad \text{Ec. 2.67}$$

$$\text{Re} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D \cdot \mu} \quad \text{Ec. 2.68}$$

Donde:

u : Velocidad media del fluido $\left[\frac{m}{s}\right]$

D : Diámetro del conducto $[m]$

ρ : Densidad del fluido $\left[\frac{Kg}{m^3}\right]$

μ : Viscosidad cinemática $\left[\frac{Kg}{m \cdot s}\right]$

ν : Viscosidad dinámica $\left[\frac{m^2}{s}\right]$

Para poder trabajar en diferentes unidades se tiene las siguientes ecuaciones:

$$Re = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{32.174 \cdot \nu} \quad Ec. 2.69$$

Donde:

$$v : \text{Velocidad en } \left[\frac{pie}{seg} \right]$$

$$D : \text{Diámetro interno en } [pie]$$

$$\rho : \text{Densidad en } \left[\frac{lb}{pie^3} \right]$$

$$\nu : \text{Viscosidad absoluta en } \left[\frac{lb \cdot seg}{pie^2} \right]$$

$$Re = \frac{2214 \cdot BPH}{D \cdot \mu} \quad Ec. 2.70$$

$$Re = \frac{3162 \cdot GPM}{D \cdot \mu} \quad Ec. 2.71$$

Donde:

$$BPH : \left[\frac{Barriles}{hora} \right]$$

$$D : \text{Diámetro interno en } [pulg]$$

$$\mu : \text{Viscosidad cinemática en } [cSt]$$

$$GPM : \left[\frac{Galones}{minuto} \right]$$

Reynolds mostró que ciertos valores críticos definían las velocidades críticas superior e inferior para todos los fluidos que fluyen en todos los tamaños de tubos y dedujo así el hecho de que los límites de flujo laminar y flujo turbulento se definían por números simples, pero estos números son indefinidos, ya que es dependiente de varias condiciones incidentes como:

- La quietud inicial del fluido en el tanque
- La forma de entrada del tubo
- La rugosidad del tubo

Los flujos viscosos se pueden clasificar en laminares o turbulentos teniendo en cuenta la estructura interna del flujo. En un régimen laminar, la estructura del

flujo se caracteriza por el movimiento de láminas o capas. La estructura del flujo en un régimen turbulento por otro lado, se caracteriza por los movimientos tridimensionales, aleatorios, de las partículas de fluido, superpuestos al movimiento promedio.

Mediante una cuidadosa minimización de las perturbaciones externas, es posible conseguir flujos laminares para números de REYNOLDS de hasta 5000.

Muchos experimentos han demostrado que el Re crítico inferior tiene un valor aproximado de 2100. Que entre 2100 y 4000 existe una zona de incertidumbre y que a partir de 4000 se desarrolla flujo turbulento.

- Para un número de REYNOLDS fijo, a medida que la rugosidad relativa aumenta, el factor de fricción disminuye
- Para una rugosidad relativa fija, el factor de fricción disminuye al aumentar el número de REYNOLDS, hasta alcanzar la turbulencia completa
- En la zona de turbulencia (flujo turbulento), el factor de fricción es independiente del número de REYNOLDS
- Conforme aumenta la rugosidad relativa, el valor del número de REYNOLDS en el que inicia la zona de turbulencia empieza a aumentar
- Una alta rugosidad relativa indica que se trata de un conducto liso y viceversa
- Debe evitarse de ser posible la zona de transición pues allí el comportamiento del fluido no está determinado y se pueden cometer errores apreciables al estimar el factor de fricción a través del diagrama de *MOODY*.

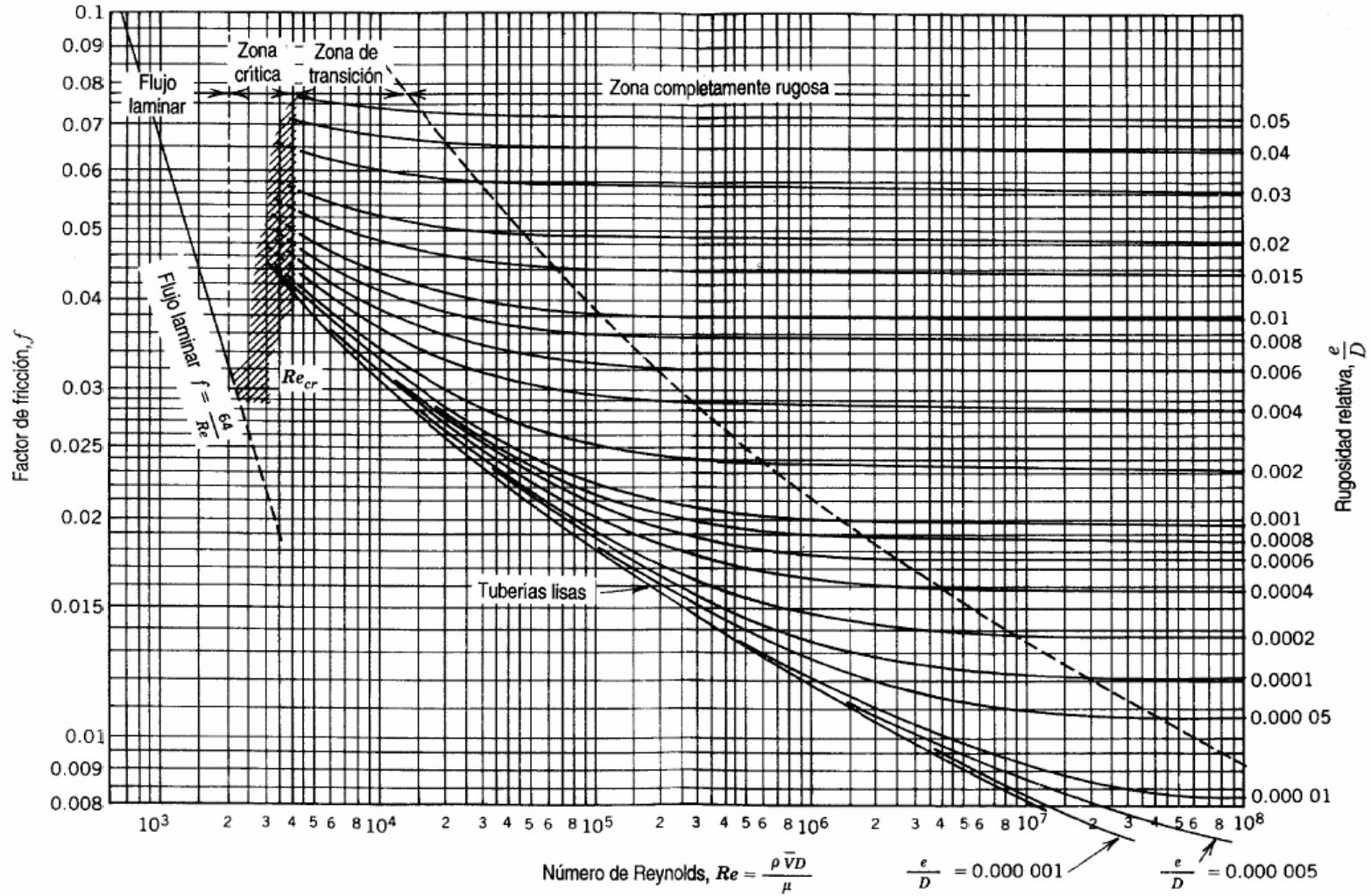


Fig. 2.19 Diagrama de Moody

Cuando se conoce la pérdida por fricción (h_f), no así la velocidad (u) se utiliza la expresión

$$\text{Re} \cdot f^{1/2} = \frac{D^{3/2}}{\nu} \cdot \left(\frac{2 \cdot g \cdot h_f}{L} \right)^{1/2} \quad \text{Ec. 2.72}$$

Esta ecuación nos permite determinar f en forma directa, empleando la Fig. 2.19

EJEMPLO:

Se desea bombear aceite, a $50 [^{\circ}\text{C}]$ ($Spgr = 0.86$), al punto B, con una presión a la llegada de $80 [\text{psig}]$. Para esto se desea usar una bomba ubicada $21 [\text{m}]$ por debajo del punto B, y los dos puntos están conectados por $240 [\text{m}]$ de tubería de $2 [\text{pulg}]$ ($50 [\text{mm}]$) de acero al carbono. El flujo a transmitir es $110 [\text{lt}/\text{minuto}]$. Calcular:

- Número de Reynolds.
- Factor de fricción a través del diagrama de Moody.
- La presión de descarga de la bomba.

Desarrollo:

$$Q = 110 \left[\frac{\text{lt}}{\text{min}} \right] = 110 \frac{\text{lt}}{\text{min}} \cdot \frac{\text{m}^3}{1000 \text{lt}} \cdot \frac{\text{min}}{60 \text{s}} = 1.83 \cdot 10^{-3} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$$

$$A = \pi \cdot \left(\frac{25}{1000} \right)^2 = 1.963 \cdot 10^{-3} \left[\text{m}^2 \right]$$

$$\nu = \frac{Q}{A} = 0.932 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$\rho = 0.86 \cdot 1000 = 860 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$\nu = 4 \cdot 10^{-3} \left[\text{Pa} \cdot \text{s} \right]$$

$$\text{Rugosidad relativa} \rightarrow \varepsilon = \frac{0.050}{4.6 \cdot 10^{-5}} = 1087$$

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot u \cdot D}{\nu}$$

$$\text{Re} = \frac{0.932 \cdot 0.050 \cdot 860}{4 \cdot 10^{-3}} = 9.54 \cdot 10^3$$

Del Diagrama de Mody :

$$f = 0.033$$

Ecuación de Darcy:

$$H_f = \frac{f \cdot L \cdot v^2}{D \cdot 2 \cdot g}$$

$$H_f = \frac{0.033 \cdot 240 \cdot (0.932)^2}{0.050 \cdot 19.6}$$

$$H_f = 7.0[m]$$

Para obtener la presión de descarga de la bomba en el punto A, se aplica la ecuación de la energía entre los puntos A y B.

$$P_A = P_B + Spgr \cdot \left[\frac{(Z_B - Z_A) + \frac{(u_B^2 - u_A^2)}{2 \cdot g}}{2 \cdot g} + H_f \right]$$

$$P_A = 80[psig] = 65.5[\text{metros de aceite}]$$

$$P_A = 65.5 + 0.86 \cdot (21.0 + 0.0 + 3.83)$$

$$P_A = 87[\text{metros de aceite}] = 106.0[psig]$$

Tomar en cuenta que:

$$PIES DE LIQUIDO = \frac{2.31 \cdot PSI}{Spgr}$$

2.4.8.1 Factor de fricción

Una forma para determinar el factor de fricción en la tubería, es utilizar el diagrama de Moody. En la cual se necesita de la rugosidad de la tubería y el número de Reynolds para determinar el régimen al que se encuentra el flujo. Pero es importante contar con ecuaciones que nos permitan a través de programas de computación calcular rápidamente el factor de fricción.

Para régimen laminar ($Re < 2100$), se recomienda utilizar la ecuación:

$$f = \frac{64}{Re}$$

Ec. 2.73

Para régimen turbulento ($Re < 4000$), se presentan dos casos:

- Zona de completa turbulencia (hacia la derecha del diagrama de Moody, f no depende de Re) :

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \cdot \log\left(3.7 \cdot \frac{D}{\varepsilon}\right) \quad \text{Ec. 2.74}$$

- Ecuación de la línea punteada, a partir de la cual, se ingresa a la zona de flujo turbulento:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = \frac{Re \cdot \varepsilon}{200 \cdot D} \quad \text{Ec. 2.75}$$

Zona de transición que se encuentra entre la línea de conductos lisos y la línea punteada de completa turbulencia. En esta zona el factor de fricción es función tanto del número de Reynolds como de la rugosidad relativa. Para régimen completamente turbulento la ecuación implícita de Colebrook – White es la más apropiada para utilizar, ésta es:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{\varepsilon}{3.7 \cdot D} + \frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{f}}\right) \quad \text{Ec. 2.76}$$

La ecuación usada para tubos lisos y que describe la curva de este nombre en el diagrama de Moody es:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \cdot \log\left(\frac{Re \cdot \sqrt{f}}{2.51}\right) \quad \text{Ec. 2.77}$$

La ecuación de Haaland de alta precisión es una ecuación explícita que se basa en la ecuación de Colebrook-White en la tercera iteración.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{\varepsilon}{3.7 \cdot D} - \frac{4.518}{Re \cdot \sqrt{f}} \cdot \log\left[\frac{\varepsilon}{3.7 \cdot D} - \frac{4.518}{Re \cdot \sqrt{f}} \left(\log\left[\left(\frac{\varepsilon}{3.7 \cdot D}\right)^{1.11} + \frac{6.9}{Re}\right]\right)\right]\right)$$

Ec. 2.78

La ecuación de Swamee y Jain cubre toda la zona de turbulencia esto es para rugosidades relativas que van desde 1000 hasta 1000.000 y números de Reynolds entre 5000 y 10⁸, ésta ecuación produce valores de f que varían respecto a la de Colebrook en más menos 1%. Esta es una ecuación recomendada para cualquier flujo turbulento. La ecuación es:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\varepsilon}{3.7 \cdot D} + \frac{5.74}{R^{0.9}} \right) \right]^2} \quad \text{Ec. 2.79}$$

2.4.9 FLUJO A TRAVÉS DE TUBERÍAS CON FRICCIÓN

Un fluido en movimiento ofrece una resistencia de fricción al flujo. Parte de la energía del sistema se convierte en energía térmica (calor), el cual se disipa a través de las paredes del conducto en el que el fluido se desplaza. La magnitud de la pérdida de energía depende de las propiedades del fluido, la velocidad del fluido, el tamaño de la tubería, la rugosidad de la pared del conducto y la longitud del tubo.

2.4.10 PERFIL DE VELOCIDAD

La velocidad media de flujo se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$u = \frac{Q}{A} \quad \text{Ec. 2.80}$$

Donde:

u : Velocidad media (en el centro de la tubería)

Q : Caudal volumétrico

A : Área transversal

La magnitud de la velocidad no es de ninguna manera uniforme dentro de la tubería y su perfil depende del flujo con el cual estamos tratando. La velocidad de un fluido en contacto con un límite sólido estacionario, como el caso de la

pared de la tubería, es igual a cero. La velocidad máxima para cualquier tipo de flujo se presenta en el centro de la tubería.

Puesto que el flujo laminar está conformado esencialmente por capas de fluido, la transferencia de momento entre las moléculas es menor y el perfil de velocidad se hace parabólico. En el caso de flujo turbulento, existe una pequeña capa delgada de líquido cerca de la pared de la tubería, la velocidad es muy pequeña y en la cual el flujo es realmente laminar. A esta capa se la conoce como CAPA LÍMITE.

2.4.10.1 Perfil de velocidades para Flujo Laminar

La distribución de velocidades parabólica en el caso de flujos laminares obedece a la siguiente ecuación:

$$U = u \cdot \left[1 - \left(\frac{r}{r_0} \right)^2 \right] \quad \text{Ec. 2.81}$$

2.4.10.2 Perfil de velocidades para Flujo Turbulento

El perfil de velocidades para un flujo turbulento depende del factor de fricción, el cual a su vez varía con el número de REYNOLDS y la rugosidad relativa. La ecuación que describe el perfil de velocidades en el flujo turbulento es:

$$U = \frac{u}{2} \cdot \left[1 + 1.43 \cdot \sqrt{f} + 2.15 \cdot \sqrt{f} \cdot \log_{10} \left(1 - \frac{r}{r_0} \right) \right] \quad \text{Ec. 2.82}$$

2.4.10.3 Velocidades de flujo recomendadas para tuberías

Los factores que determinan la velocidad de flujo en una tubería son:

- Tipo de flujo
- Tipo de tubería
- Caída de presión permisible
- Tipo de accesorios que se van a acoplar al sistema

- Control de la erosión que provoca el fluido sobre la tubería ruido permisible

Un flujo razonable para sistemas de distribución de fluido es aproximadamente de $10 \left[\frac{\text{pies}}{\text{seg}} \right]$, este criterios se lo puede aplicar para agua, petróleo, aceite y en general a líquidos, en el lado de descarga de una bomba. En realidad este rango varía entre 4.5 a $11.2 \left[\frac{\text{pies}}{\text{seg}} \right]$, dependiendo del diámetro de la tubería. En cambio en la succión de las bombas es importante tomar en cuenta velocidades de aproximadamente $3 \left[\frac{\text{pies}}{\text{seg}} \right]$. En realidad este rango varía de 1.6 a $5 \left[\frac{\text{pies}}{\text{seg}} \right]$ en la succión, dependiendo del diámetro de la tubería.

2.4.10.4 Ecuación de la velocidad lineal

$$u \left[\frac{m}{s} \right] = \frac{0.0871585 \cdot [BPH]}{d[\text{pulg}]_{\text{interno}}^2} \quad \text{Ec. 2.83}$$

Donde,

u: Velocidad lineal en $[m/s]$

BPH: Caudal volumétrico en $[BPH]$

d_{int} = Diámetro interno de la tubería en $[pulg]$

2.5 AISLAMIENTO TÉRMICO EN TUBERÍAS

El comportamiento térmico de las tuberías enterradas depende de los siguientes factores:

- Conductividad térmica del medio
- Conductividad térmica del aislante
- Conductividad térmica del fluido

- Diámetro de la tubería
- Espesor del aislante
- Profundidad de enterramiento
- Coeficiente de transferencia de calor por convección

Cuando por factores de conveniencia hidráulica para el transporte del fluido, se decide calentarlo, se procura disminuir la interacción energética entre el fluido y el medio, para lo cual se aísla y/o se entierra la tubería.

La primera ley de la termodinámica, establece que la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma, todas las transformaciones cuyo único fin es transferir de manera cíclica una cantidad de calor de una región de mayor temperatura a otra de menor temperatura, es el enunciado de la segunda ley de la termodinámica.

La cantidad de calor transferida durante un proceso simplemente es igual a la diferencia entre el cambio de la energía y el trabajo realizado.

$$Q_T = \Delta E + W \quad \text{Ec. 2.84}$$

El problema clave es determinar la tasa de la transferencia de calor, para una diferencia de temperatura específica.

Las propiedades de un fluido, como la conductividad térmica y la viscosidad cambian con la temperatura, pero si se eligen valores promedios apropiados, los cálculos se simplifican considerablemente sin introducir un error apreciable en el resultado final.

Durante el flujo de un fluido real, la viscosidad juega un papel predominante en la determinación de los regímenes de flujo y en la energía necesaria para transportar el fluido.

2.5.1 FORMAS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

La transferencia de calor puede definirse como la transmisión de energía de una región a otra, como consecuencia de una diferencia de temperatura entre

ellas. La materia contiene energía en distintas formas, pero no contiene calor. Una vez que el calor se ha transferido por cualquier mecanismo debido a la diferencia de temperaturas, la energía deja de ser calor y se transforma en energía interna.

No se aísla una tubería para que no entre el frío, sino para que no salga el calor.

Existen tres mecanismos distintos de transferencia de calor:

- Conducción
- Convección
- Radiación

2.5.1.1 Transferencia de calor por conducción (Q_c)

La conducción se debe a las colisiones de los átomos o moléculas y a los movimientos de electrones débilmente unidos a los átomos. En el caso de una barra de hierro, la flama hace que los átomos del extremo que se calientan, vibren con mayor rapidez. Estos átomos transmiten su vibración a los átomos adyacentes, y estos a su vez, a los siguientes.

La transferencia de calor por conducción implica que la energía se transfiere de una molécula a otra. La energía se desplaza, pero las moléculas no.

$$Q_c = -K \cdot A \cdot \frac{dT}{dy} \quad \text{Ec. 2.85}$$

La ecuación anterior define la conductividad térmica de un sólido y se conoce como la ley de FOURIER (1822).

Donde:

Q_c : Tasa de transferencia de calor por conducción

K : Es la conductividad térmica que depende de cada material.

A : Área de conducción.

dT/dy : Gradiente térmico en dirección del flujo de calor.

El signo negativo es consecuencia de la segunda ley de la termodinámica, la cual establece que el flujo de calor debe fluir desde el punto de mayor temperatura al de menor temperatura.

2.5.1.2 Conductividad térmica (K)

La conductividad térmica representa, la rapidez del flujo de calor en un material dado. Aunque la conductividad térmica varía con la temperatura para cada material, en muchas situaciones de ingeniería la variación es despreciable.

Elementos	Conductividad Térmica, K , $[\frac{w}{m \cdot K}]$
Agua	0.6
Aire	0.026
Arena	1.83
Tierra Gruesa	0.514

Tabla 2.4 Valores de conductividad térmica K a $300[K]$

Para muchos casos la conductividad térmica puede aproximarse como una función lineal de temperatura a lo largo de un intervalo determinado de temperatura.

$$K(T) = K_0 \cdot (1 + \beta_K \cdot T) \quad \text{Ec. 2.86}$$

Donde:

β_K : Es una constante empírica

K_0 : Conductividad térmica dado para una temperatura referencial

2.5.1.3 Resistencia térmica (R_t)

Se define como la resistencia térmica R_t .

$$R_t = \frac{esp}{KA} = \frac{(T_0 - T_x)}{Qc} \quad \text{Ec. 2.87}$$

Donde:

R_t : Resistencia térmica

esp : Espesor o distancia de la pared

Existe una analogía entre los procesos de flujo de calor y el flujo de corriente continua.

$$R_e = \frac{\Delta Volt}{I} \quad \text{Ec. 2.88}$$

Donde:

R_e Resistencia eléctrica \approx Resistencia térmica R_t

$\Delta Volt$ Diferencial de voltaje \approx Diferencial de temperatura ΔT

I Flujo de corriente \approx Flujo de calor Qc

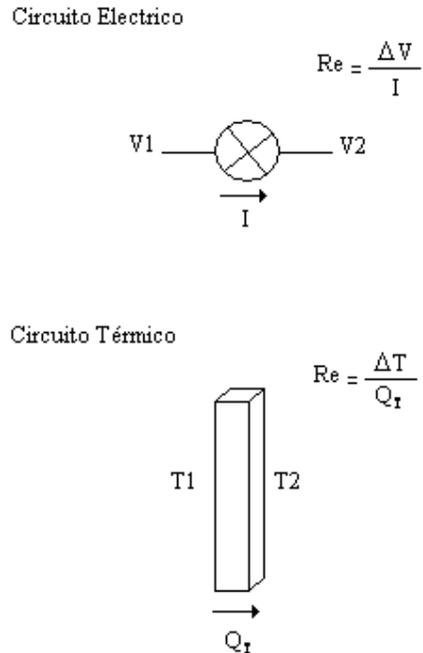


Fig. 2.20 Analogía eléctrica

2.5.1.4 Resistencia de contacto

La resistencia de contacto depende de:

- Rugosidad de la superficies
- Presión existente entre las dos caras de las superficies en contacto
- Conductividad térmica del fluido atrapado en la interfaz
- Temperatura de trabajo del fluido en la interfaz

Cuando las dos superficies, tiene un contacto perfecto, la resistencia de la interfaz tiende a ser cero y no hay diferencia de temperatura entre ellas.

Si el fluido que se encuentra en la interfaz es más viscoso, como el aceite, se reducirá la resistencia de contacto.

2.5.1.5 Transferencia de calor por convección (Q_{conv})

La transferencia de calor por convección en realidad tiene dos mecanismos que trabajan al mismo tiempo. El primero es la transferencia de energía generada por el movimiento molecular, es decir, por el modo conductivo. El segundo modo, se basa en la transferencia de energía mediante el movimiento del fluido

que se mueve por la acción de una fuerza externa, que puede ser el resultado de un gradiente de densidad (convección natural), o un diferencial de presión generada por una bomba o ventilador (convección forzada).

Si se calienta un líquido o un gas, su densidad (masa por unidad de volumen) suele disminuir. Si el líquido o gas se encuentra en el campo gravitatorio, el fluido más caliente y menos denso asciende, mientras que el fluido más frío y más denso desciende. Este tipo de movimiento, debido exclusivamente a la no uniformidad de la temperatura del fluido, se denomina convección natural. La convección forzada se logra sometiendo el fluido a un gradiente de presiones, con lo que se fuerza su movimiento de acuerdo a las leyes de la mecánica de fluidos.

Luego este modo de transferencia de calor, dependerá de la densidad, viscosidad y velocidad del fluido.

La manera de cuantificar la transferencia de calor por convección es mediante el uso de la ley de enfriamiento de NEWTON (1701).

$$Q_{conv} = h \cdot A \cdot \Delta T \quad \text{Ec. 2.89}$$

Donde:

Q_{conv} : Tasa de transferencia de calor por convección

h : Coeficiente de transferencia de calor por convección

A : Área de la transferencia de calor

ΔT : Diferencia entre la temperatura superficial y la temperatura del fluido

Elementos	Coeficiente de transferencia de calor, h , $\left[\frac{W}{m^2 \cdot K}\right]$
Aire convección natural	6-30
Aire convección forzada	30-300
Agua convección natural	900
Agua convección forzada	300-18000

Tabla 2.5 Valores de conductividad térmica h , coeficientes de película

La conductancia térmica para la transferencia de calor por convección se define como:

$$Kc = h \cdot A \quad \text{Ec. 2.90}$$

La resistencia térmica para la transferencia de calor por convección es:

$$R_{conv} = \frac{1}{h \cdot A} \quad \text{Ec. 2.91}$$

2.5.1.6 Transferencia de calor por conducción y convección en serie

En el transporte de fluidos por tuberías el fenómeno de transferencia de calor más común, donde dos fluidos (aire-crudo) o dos medios (tierra-crudo), con temperaturas determinadas se encuentran separados por la pared de la tubería.

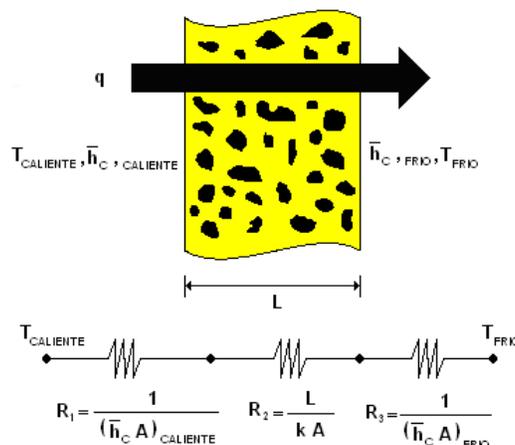


Fig. 2.22 Circuito térmico con conducción y convección en serie

La tasa de transferencia de calor en relación a la Fig. 2.22 es la siguiente:

$$Qc = \frac{T_{caliente} - T_{fría}}{R_1 + R_2 + R_3} \quad \text{Ec. 2.92}$$

$$R_1 = \left[\frac{1}{h \cdot A} \right]_{CALIENTE} \quad R_2 = \left[\frac{esp}{K \cdot A} \right]_{PARED} \quad R_3 = \left[\frac{1}{h \cdot A} \right]_{FRÍO} \quad \text{Ec. 2.93}$$

2.5.1.7 Transferencia de calor por radiación (Q_r)

La radiación está constituida por ondas electromagnéticas de diferentes longitudes de onda, la transmisión por radiación se puede realizar al vacío.

La energía radiante comprende las ondas de radio, las microondas, los infrarrojos, la luz visible, ultravioleta, los rayos X y los rayos gamma. Hemos enumerado los tipos de radiación en orden de longitud de onda decreciente.

Una superficie radiante perfecta o cuerpo negro emite energía radiante de superficie a una tasa de calor por radiación Q_r , dada por la ecuación de BOLTZMAN (1884)

$$Q_r = \sigma \cdot A \cdot T^4 \quad \text{Ec. 2.94}$$

Donde:

Q_r : Tasa de transferencia de calor por radiación

σ : Constante de Estefan Boltzman, $5.67 \cdot 10^{-8} \left[\frac{w}{m^2 \cdot K^4} \right]$

A : Área de la superficie radiante

T : Temperatura absoluta

Si el cuerpo negro irradia en un espacio cerrado que también es negro, es decir que absorbe toda la energía radiante que incide en él, la tasa neta de la transferencia de calor radiante esta dada por:

$$Q_r = \sigma \cdot A \cdot (T_1^4 - T_2^4) \quad \text{Ec. 2.95}$$

Los cuerpos reales no satisfacen las especificaciones de un cuerpo radiante perfecto aunque emiten radiación a una tasa menor de los cuerpos negros, una fracción constante de emisión de cuerpo negro en cada longitud de onda, se les llama cuerpos grises.

$$Qr = \zeta \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_1^4 - T_2^4) \quad \text{Ec. 2.96}$$

Donde:

ζ : Emitancia de la superficie gris

Si ninguno de los dos cuerpos es un cuerpo negro.

$$Qr = \zeta_{1-2} \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_1^4 - T_2^4) \quad \text{Ec. 2.97}$$

ζ_{1-2} : Es una magnitud adimensional que modifica la ecuación para las superficies radiantes perfectas de manera que se tenga en cuenta las emisiones y las geometrías relativas de los cuerpos reales.

2.5.1.8 Convección y radiación combinadas

El coeficiente de transferencia de calor por radiación entre la tubería cuyo fluido se encuentra a temperatura T_1 y el medio de temperatura T_2 es:

$$hr = \frac{\zeta \cdot \sigma \cdot (T_1^4 - T_2^4)}{(T_1 - T_2)} \quad \text{Ec. 2.98}$$

El coeficiente de transferencia de calor combinado se define como:

$$h_{combinado} = h_{cons} + hr \quad \text{Ec. 2.99}$$

El coeficiente de transferencia de calor combinado especifica el promedio de la razón de flujo de calor total entre una superficie a un fluido adyacente y los alrededores por unidad de área y por intervalos de temperatura entre la superficie y el fluido.

2.5.2 COEFICIENTE TOTAL O GLOBAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

El coeficiente total de transferencia de calor viene dado por el producto de la inversa del área y la inversa de la sumatoria de todas las resistencias térmicas individuales en la trayectoria, definida por la siguiente ecuación:

$$U = \frac{1}{A \cdot (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n)} \quad \text{Ec. 2.100}$$

$$Q_{Total} = U \cdot A \cdot \Delta T \quad \text{Ec. 2.101}$$

2.5.3 AISLAMIENTO TÉRMICO

La principal característica del aislamiento térmico es poseer una baja conductividad térmica, lo cual se consigue atrapando aire o algún otro gas en interior de pequeñas cavidades en un sólido.

Las propiedades de la conductividad térmica del aislamiento dependen de:

- Temperatura de operación
- Presión de trabajo
- Condiciones ambientales (Humedad)
- Densidad del material utilizado como aislante
- Degradación
- Rigidez estructural del material aislante
- Estabilidad química
- Costo

TIPO	INTERVALO DE TEMPERATURA [°C]	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA x 1000 [w/m·°C]	DENSIDAD [Kg/m ³]	APLICACIÓN
Súper aislante	-240 a -1100	0.0015 – 0.72	Variable	Muchas
Espuma Poliuretano	-180 a -150	16 – 20	25 – 48	Tubería caliente y fría
Fibra de vidrio	-50 a -230	32 – 55	10 – 50	Tubería
Elastómero	-40 a -100	36 – 39	70 – 100	Tubería y accesorios
Poliuretano	100 a 150	16 – 20	24 – 65	Tubería

Fibra numeral	Hasta 650	35 – 91	125 – 160	Tuberías calientes
Lana mineral	450 a 1000	52 – 130	175 – 290	Tuberías calientes
Silicato de calcio	230 a 1000	32 – 85	100 – 160	Calderas, chimeneas, tuberías
Tierra	-----	0.8 – 1	1500 – 2000	Tuberías calientes
Hojas de fibra de vidrio para envolver	-80 a -290	22 – 78	10 – 50	Tuberías y accesorios

Tabla 2.6 Tipos de aislantes y aplicaciones

2.5.4 ECUACIÓN GENERAL PARA LA CONDUCCIÓN DE CALOR Y LA PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA

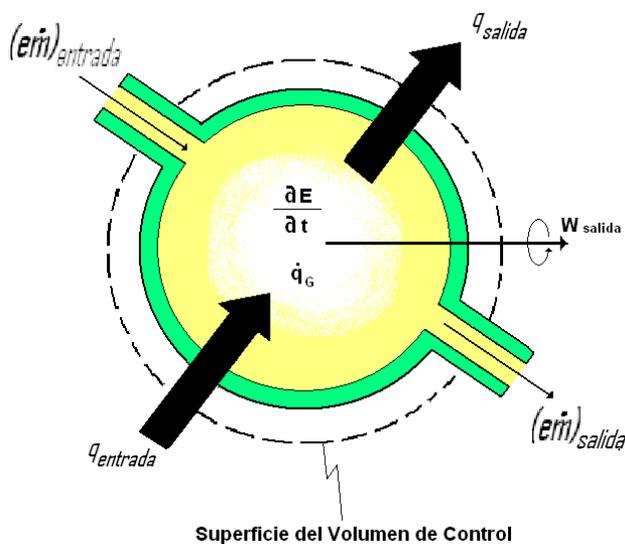


Fig. 2.23 Volumen de control para la primera ley de la termodinámica o conservación de la energía

$$(\dot{m} \cdot e)_{Entrada} + Q_T + Q_G = (\dot{m} \cdot e)_{Salida} + W + \frac{\partial E}{\partial t} \quad \text{Ec. 2.102}$$

Donde:

\dot{m} : Flujo de masa

e : Energía específica por unidad de masa

Q_r : Tasa neta de transferencia de calor al interior del volumen de control

Q_g : Tasa de calor que se genera dentro del volumen de control

W : Tasa neta de trabajo producido

$\frac{\partial E}{\partial t}$: Tasa de acumulación de energía dentro del volumen de control

Cuando no hay transporte de entrada o salida de energía a través de la superficie del volumen de control, la ecuación puede simplificarse a:

$$Q_r + Q_g = W + \frac{\partial E}{\partial t} \quad \text{Ec. 2.103}$$

La tasa de transferencia de energía por conducción en un volumen unitario más la rapidez de generación volumétrica de energía térmica debe ser igual a la rapidez de cambio de la energía almacenada dentro del volumen.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[K \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[K \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial y} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[K \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial z} \right) \right] + q_g = \rho \cdot \frac{\partial e}{\partial t} \quad \text{Ec. 2.104}$$

Donde:

x, y, z : Son coordenadas rectangulares

En coordenadas cilíndricas la ecuación de la energía de la forma:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[K \cdot r \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial r} \right) \right] + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial \phi} \left[K \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial \phi} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[K \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial z} \right) \right] + q_g = \rho \cdot Cp \cdot \frac{\partial T}{\partial t} \quad \text{Ec. 2.105}$$

2.5.5 ECUACIÓN PARA LA CONDUCCIÓN DE CALOR PARA TUBERÍAS

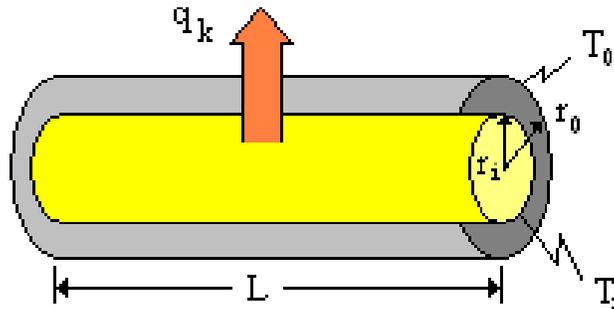


Fig. 2.24 Conducción radial de calor a través de un casco de cilindro

Para condiciones estacionarias sin generación de calor se tiene para la transferencia de calor en la dirección radial.

$$\frac{\partial}{\partial r} \left[K \cdot r \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial r} \right) \right] = 0 \quad \text{Ec. 2.106}$$

La distribución de temperatura en el cilindro con la aplicación de condiciones de frontera apropiadas:

$$\left[r \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial r} \right) \right] = C \quad \text{Ec. 2.107}$$

$$T(r) = C \cdot \ln(r) + C_1 \quad \text{Ec. 2.108}$$

Las constantes de integración se obtienen a partir de las condiciones de contorno:

$$T(r_1) = T_{r1} \quad \text{y} \quad T(r_2) = T_{r2}$$

$$T(r) = \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot K (T_{r1} - T_{r2})}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \quad \text{Ec. 2.109}$$

La resistencia térmica es:

$$Rt = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot K} \quad \text{Ec. 2.110}$$

2.5.6 ECUACIÓN PARA LA CONDUCCIÓN DE CALOR PARA UNA TUBERÍA CON RECUBRIMIENTO

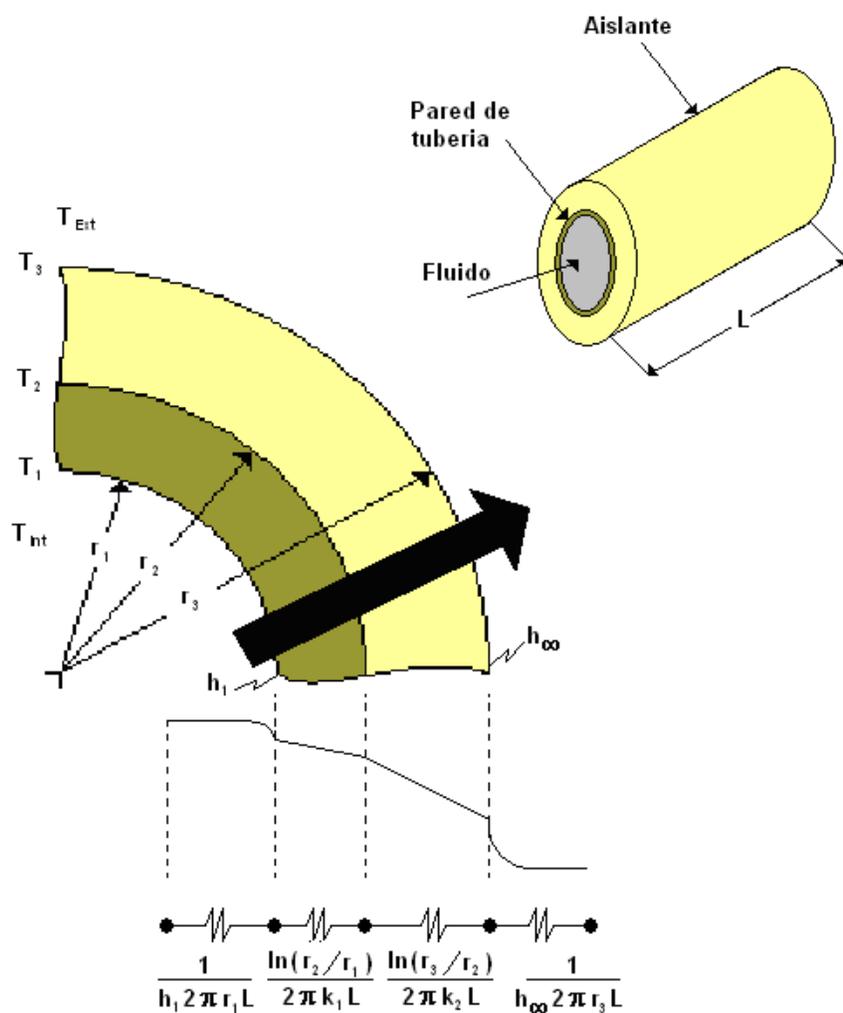


Fig. 2.25 Distribución de temperatura en una pared cilíndrica con convección en las superficies exteriores

$$Q_T = \frac{(T_{Ext} - T_{Int})}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} \quad \text{Ec. 2.111}$$

Donde:

Q_T : Tasa de transferencia de calor total

T_{Ext} : Temperatura exterior

T_{Int} : Temperatura interior

R_1 : Resistencia térmica del interior del tubo (convección)

R_2 : Resistencia térmica de la pared del tubo (conducción)

R_3 : Resistencia térmica del aislante (conducción)

R_4 : Resistencia térmica del exterior del tubo (convección)

Haciendo uso de la resistencia térmica se tiene.

$$Rt = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot L \cdot h_1} + \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot K_1} + \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot K_2} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot r_3 \cdot L \cdot h_2} \quad \text{Ec. 2.112}$$

Donde:

Rt : Resistencia térmica

r_1 : Radio interior de la tubería

r_2 : Radio exterior de la tubería

r_3 : Radio desde el centro de la tubería hasta el exterior

h_1 : Coeficiente de transferencia de calor de la tubería

h_2 : Coeficiente de transferencia de calor del exterior

L : Longitud del tramo de tubería

Se define el coeficiente U de transferencia total o global e calor como:

$$Q_T = U \cdot A \cdot (T_{Ext} - T_{Int}) \quad \text{Ec. 2.113}$$

$$U \cdot A = \frac{1}{Rt} \quad \text{Ec. 2.114}$$

$$U = \frac{1}{\left[\frac{r_3}{r_1 \cdot h_1} + \frac{r_3 \cdot \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{K_1} + \frac{r_3 \cdot \ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{K_2} + \frac{1}{h_2} \right]} \quad \text{Ec. 2.115}$$

Para un sistema de tubería con un número $(n-1)$ de capas de recubrimiento, donde n , es el número de medios distintos que el flujo puede atravesar, desde el centro del tubo hasta la superficie más externa sobre la tubería, se tiene:

$$U = \frac{1}{\left[\frac{r_n}{r_1 \cdot h_1} + \frac{r_n \cdot \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{K_{1-2}} + \frac{r_n \cdot \ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{K_{2-3}} + \dots + \frac{r_n \cdot \ln\left(\frac{r_n}{r_{n-1}}\right)}{K_{n-(n-1)}} + \frac{1}{h_n} \right]} \quad \text{Ec. 2.116}$$

Donde:

h_n : Coeficiente de convección del medio exterior al tubo

2.5.7 RESISTENCIA TÉRMICA DE LA TIERRA

La resistencia térmica de la tierra esta dada por:

$$R_{Tierra} = \frac{\ln \left[\frac{2 \cdot dist}{D + 2 \cdot esp_{AISLANTE}} + \left(\left[\frac{2 \cdot dist}{D + 2 \cdot esp_{AISLANTE}} \right]^2 - 1 \right)^{\frac{1}{2}} \right]}{2 \cdot \pi \cdot K_{Tierra} \cdot L} \quad \text{Ec. 2.117}$$

Donde:

R_{Tierra} : Resistencia térmica de la tierra

$dist$: Profundidad de enterramiento hasta el centro de la tubería

D : Diámetro exterior de la tubería

$esp_{AISLANTE}$: Espesor del aislante

K_{Tierra} : Conductividad térmica de la tierra

L : Longitud de la tubería

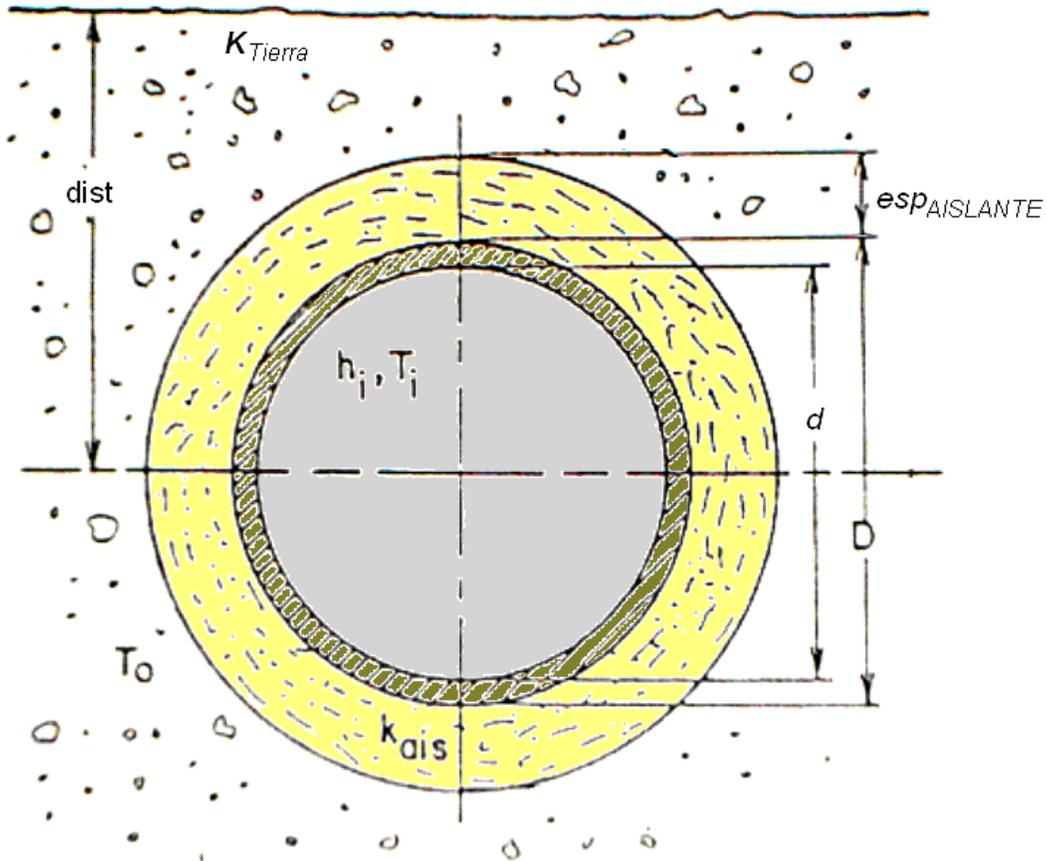


Fig. 2.26 Sección transversal de tubería enterrada

El calor cedido por unidad de longitud Q_r/L , en función de la profundidad de enterramiento $dist$, genera una función de tipo exponencial.

$$Q_r/L = \frac{2 \cdot \pi \cdot K_{Tierra} \cdot (T_{Ext} - T_{Int})}{\ln \left[\frac{2 \cdot dist}{D + 2 \cdot esp_{AISLANTE}} + \left(\left[\frac{2 \cdot dist}{D + 2 \cdot esp_{AISLANTE}} \right]^2 - 1 \right)^{\frac{1}{2}} \right]} \quad Ec. 2.118$$

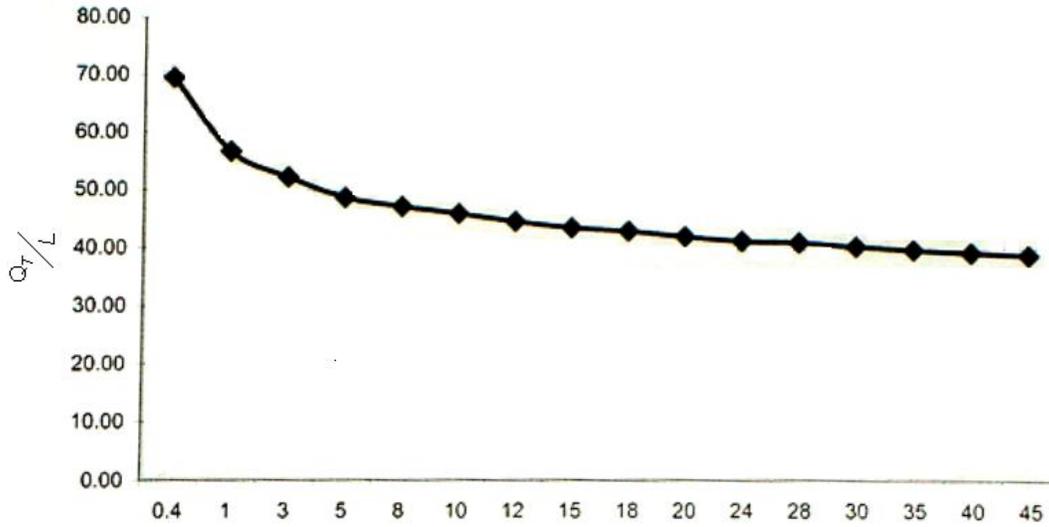


Fig. 2.27 Q_r/L vs dist

2.5.8 FACTOR DE FORMA DE CONDUCCIÓN

En un sistema bidimensional, donde solo se encuentran involucrados dos límites de temperatura, podríamos definir un factor de forma S tal que:

$$Q_T = K \cdot S \cdot \Delta T \quad \text{Ec. 2.119}$$

Los valores de S se obtiene para distintas geometrías:

FACTOR DE FORMA, S	RESTRICCIONES
$\frac{2 \cdot \pi \cdot L}{\cosh^{-1}(D/r)}$	$L \gg r$
$\frac{2 \cdot \pi \cdot L}{\ln(2 \cdot D/r)}$	$L \gg r$ $D > 3 \cdot r$
$\frac{2 \cdot \pi \cdot L}{\ln\left(\frac{L}{r}\right) \cdot \left[1 - \frac{\ln(L/2 \cdot D)}{\ln(L/r)}\right]}$	$D \gg r$ $L \gg D$

Tabla 2.7 Ecuaciones de S para distintas geometrías

2.5.9 ESPESOR CRÍTICO DE LOS AISLANTE PARA TUBERÍAS

Para optimizar y calcular el espesor crítico del aislante es decir, el mínimo espesor de material aislante necesario para evitar el flujo de calor, consideremos una capa aislante en forma de cilindro hueco de longitud L . La superficie interior del cilindro en $r = r_i$, se mantiene a una temperatura constante T_i , mientras que la superficie exterior en $r = r_o$, disipa calor por convección en un ambiente de temperatura T_∞ y coeficiente de transferencia de calor h_o , la transferencia de calor Q a través de dicha capa aislante será:

$$Q_T = \frac{T_i - T_\infty}{R_{AISLANTE} + R_o} \quad \text{Ec. 2.120}$$

$$R_{AISLANTE} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot K \cdot L} \cdot \ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right) \quad \text{y} \quad R_o = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot r_o \cdot L \cdot h_o}$$

Se toma como constantes T_i , T_∞ , K , L , h_o , r_i en tanto que r_o es la magnitud variable. Cuando r_o aumenta, la resistencia R_o disminuye pero $R_{AISLANTE}$ aumenta. Por lo tanto es de esperar que Q_T pueda tener un máximo para cierto valor de $r_o = r_{oC}$, llamado radio crítico.

El valor de r_{oC} se obtiene diferenciando la Ec. 2.112 con respecto a r_o e igualando a cero.

$$\frac{dQ_T}{dr_o} = -\frac{2 \cdot \pi \cdot K \cdot L \cdot (T_i - T_\infty)}{\left[\ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right) + \frac{K}{h_o \cdot r_o}\right]^2} \cdot \left[\frac{1}{r_o} - \frac{K}{h_o \cdot r_o^2}\right] = 0 \quad \text{Ec. 2.121}$$

Despejando r_o de la ecuación anterior, se obtiene el radio crítico r_{oC} del aislante, para el cual la tasa de transferencia de calor es un máximo.

$$r_{oC} = \frac{K}{h_o} \quad \text{Ec. 2.122}$$

Para una simple capa de aislante, la tasa de transferencia de calor viene dada por:

$$Q_T = \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot h_0 \cdot r_0 \cdot (T_i - T_\infty)}{\frac{h_0 \cdot r_0 \cdot \ln\left(\frac{r_0}{r_i}\right)}{K} + 1} \quad \text{Ec. 2.123}$$

De esta manera, si r_i es menor que r_{0c} , la tasa de pérdida de calor aumenta al incrementar el aislante hasta r_0 igual r_{0c} , y luego disminuye al seguir aumentando el aislante. Por otro lado, si r_i es mayor que r_{0c} , la tasa de calor disminuye al incrementar el espesor del aislante.

2.5.10 ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR h PARA FLUJO LAMINAR Y TURBULENTO

Debido a la complejidad de las ecuaciones de movimiento y energía es muy difícil resolver problemas de transferencia de calor por convección salvo en casos simple e idealizados.

La mayoría de casos de la transferencia de calor por convección, se estudian experimentalmente y los resultados se presentan en forma de ecuaciones empíricas que se expresan con grupos adimensionales.

2.5.10.1 Número de PRANDTL (Pr)

$$\text{Pr} = \frac{\left(\frac{\mu}{\rho}\right)}{\left(\frac{K}{\rho \cdot C_p}\right)} = \frac{\nu}{\alpha} = \frac{\text{Difusividad molecular del momentum}}{\text{Difusividad molecular del calor}} \quad \text{Ec. 2.124}$$

2.5.10.2 Número de REYNOLDS (Re)

$$\text{Re} = \frac{u \cdot d}{\nu} = \frac{u^2/d}{\nu \cdot u/d^2} = \frac{\text{Fuerza inercia (dinámicas)}}{\text{Fuerza viscosa}} \quad \text{Ec. 2.125}$$

2.5.10.3 Número de ECKERT (E)

$$E = \frac{u^2/C_p}{\Delta T} = \frac{\text{Temperatura dinámica debido al movimiento del fluido}}{\text{Diferencia de temperatura}} \quad \text{Ec. 2.126}$$

Al término $\frac{1}{2} \cdot u^2/C_p$ se le denomina temperatura dinámica.

Los números de PRANDTL, REYNOLDS y ECKERT son parámetros independientes que determinan la distribución de temperatura o la transferencia de calor por convección forzada.

2.5.10.4 Número de NUSSELT (Nu)

$$Nu = \frac{h \cdot L}{K} \quad \text{Ec. 2.127}$$

Es claro que NUSSELT depende de los mismo parámetros que la temperatura, es decir, de los números de Pr, Re y E.

$$Nu = f(\text{Pr}, \text{Re}, E) \quad \text{Ec. 2.128}$$

2.5.10.5 Convección forzada en tuberías en condición de flujo laminar

En caso de flujo laminar el número de NUSSELT, es constante e igual $Nu = 4.363$, en la región térmicamente desarrollada dentro de un tubo de sección circular y bajo la condición de frontera de flujo constante de calor en la pared del tubo.

Con presencia de temperatura uniforme o constante en la pared del tubo el número de NUSSELT es $Nu = 3.66$.

Ec. 2.129

2.5.10.6 Convección forzada en tuberías en condición de flujo turbulento

El término turbulento denota que el movimiento es de naturaleza caótica e involucra la superposición de una mezcla cruzada de partículas o de remolinos del fluido, al desplazamiento del flujo principal.

2.5.10.7 Superficies hidráulicamente lisas y rugosas

Se considera que una superficie es hidráulicamente lisa, si las alturas de las protuberancias de la superficie interna del tubo, son mucho menores que el espesor de la subcapa viscosa¹⁶.

En el caso de superficies hidráulicamente rugosas, la altura de las protuberancias es tan grande que todas penetran la subcapa viscosa.

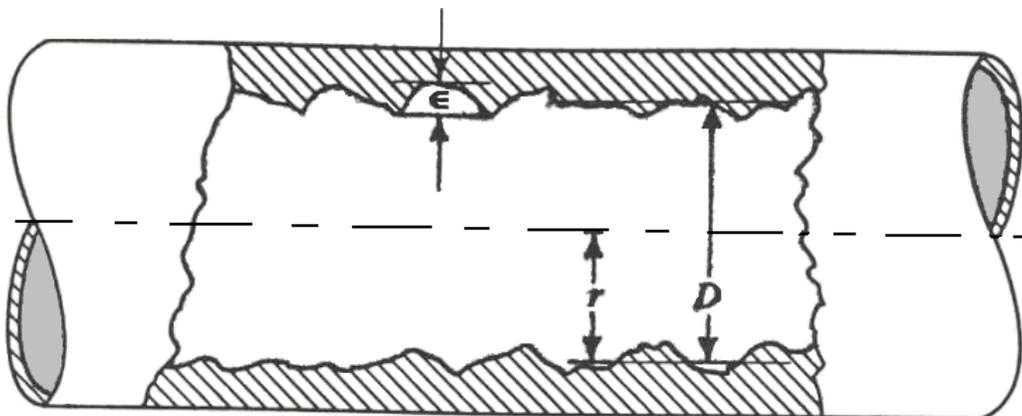


Fig. 2.28 Rugosidad de una tubería

2.5.10.7.1 Formulas empíricas de la transferencia de calor para en flujo turbulento en tuberías

1. Ecuación de Dittus-Boelter

$$Nu = 0.023 \cdot Re^{0.28} \cdot Pr^n \quad \text{Ec. 2.130}$$

Donde $n = 0.4$ en caso de calentamiento y $n = 0.3$ en caso de enfriamiento.

¹⁶ Muy importante en el caso de Oleoductos.

Es aplicable cuando las diferencias de temperatura son pequeñas y para $0.7 < Pr < 100$ y para $Re > 10\,000$ y $L/d > 60$.

2. Ecuación de Colburn

Para líquidos altamente viscosos.

$$St = \frac{Nu}{Re \cdot Pr} = \frac{h}{\rho \cdot u \cdot Cp} \quad \text{Ec. 2.131}$$

$$St \cdot Pr^{2/3} = 0.023 \cdot Re^{-0.2} \quad \text{Ec. 2.132}$$

Se recomienda esta relación para transferencia de calor en fluidos cuyas propiedades varían con la temperatura y es aplicable para $0.7 < Pr < 160$ y para $Re > 10\,000$ y $L/d > 60$.

3. Ecuación de Sieder y Tate

$$Nu = 0.027 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{1/3} \cdot \left(\frac{\mu_m}{\mu_w} \right)^{0.14} \quad \text{Ec. 2.133}$$

Donde:

μ_m : Viscosidad determinada a la temperatura media del fluido

μ_w : Viscosidad determinada a la temperatura de la pared del tubo

Es aplicable para $0.7 < Pr < 16\,700$ y para $Re > 10\,000$ y $L/d > 60$.

4. Ecuación de Notter y Sleicher

$$Nu = 5 + 0.016 \cdot Re^a \cdot Pr^b \quad \text{Ec. 2.134}$$

$$a = 0.88 - \frac{0.24}{4 + Pr} \quad \text{y} \quad b = 0.33 + 0.5 \cdot \exp(-0.6 \cdot Pr)$$

Es válida para $0.1 < Pr < 10\,000$ y para $Re < 1\,000\,000$ y $L/d > 25$.

5. Ecuación de Gnielinski

$$Nu = \frac{\left(\frac{f}{8}\right) \cdot (\text{Re} - 1000) \cdot \text{Pr}}{1.07 + 12.7 \cdot \left(\frac{f}{8}\right)^{0.5} \cdot (\text{Pr}^{2/3} - 1)} \quad \text{Ec. 2.135}$$

$$f = [1.82 \cdot \log(\text{Re}) - 164]^{-2}$$

Es aplicable para $0.5 < \text{Pr} < 2000$ y para $10000 < \text{Re} < 5000000$ y $L/d > 10$.

6. Para flujo de calor constante en la pared

Con las propiedades del fluido evaluadas a la temperatura promedio volumétrica, $T_b = \frac{(T_i + T_0)}{2}$

$$Nu = \frac{h \cdot d}{K} = 4.82 + 0.0185 \cdot (Pe)^{0.827} \quad \text{Ec. 2.136}$$

Pe , se llama número de PECLET. $Pe = \text{Re} \cdot \text{Pr}$

Es aplicable para $3600 < \text{Re} < 900000$ y $100 < Pe < 10000$.

7. Si la temperatura de la pared es constante

$$Nu = \frac{h \cdot d}{K} = 5 + 0.025 \cdot (Pe)^{0.8} \quad \text{Ec. 2.137}$$

Es aplicable para $Pe > 100$ y $L/d > 60$.

Las propiedades del fluido se evalúan a las temperaturas promedio volumétrica.

2.5.11 PERDIDA DE ENERGÍA POR LA TRANSFERENCIA DE CALOR

Ecuación del calor perdido entre dos puntos.

$$q = \frac{-0.039756 \cdot d_{int}^2 \cdot U \cdot (T_{final} - T_{inicial})}{9PH \cdot Spgr} \quad \text{Ec. 138}$$

Donde,

q : Calor perdido en [m]

d_{int} = Diámetro interno de la tubería en [pulg]

U : Coeficiente de calor global en $\left[\frac{BTU}{h \cdot pie^2 \cdot ^\circ F} \right]$

T : Temperatura en [$^\circ F$]

BPH : Caudal volumétrico en Barriles por hora

$Spgr$: Gravedad específica

2.6 PERFIL DE TEMPERATURA

La ecuación de la energía establece para un volumen de control sometido a un proceso bajo condiciones de flujo y estado estacionario lo siguiente:

$$Q_{vc} + W_{vc} = \sum_{Salida} m \cdot (e + P \cdot V_e) - \sum_{Entrada} m \cdot (e + P \cdot V_e) \quad \text{Ec. 2.139}$$

Donde:

Q_{vc} : Calor añadido (+) o extraído (-) del volumen de control

W_{vc} : Trabajo realizado por el volumen de control

m : Masa

e : Energía específica

P : Presión

V_e : Volumen específico

Ya que en una tubería el flujo de trabajo producido es cero, se tiene:

$$Q_{vc} = \sum_{\text{Salida}} m \cdot (e + P \cdot V_e) - \sum_{\text{Entrada}} m \cdot (e + P \cdot V_e) \quad \text{Ec. 2.140}$$

Expresando la energía específica en términos de sus componentes:

$$e = v + \frac{u^2}{2 \cdot g} + Z \quad \text{Ec. 2.141}$$

Donde:

e : Energía específica

v : Energía interna

u : Velocidad

g : Gravedad

Z : Altura desde un punto de referencia

Y sabiendo que la entalpía es igual a:

$$h = v + \frac{P}{\rho} \quad \text{Ec. 2.142}$$

Donde:

h : Entalpía

v : Energía interna

P : Presión

ρ : Densidad

Obteniendo

$$Q_{vc} = \sum_{Salida} m \cdot \left(v + \frac{P}{\rho} + \frac{u^2}{2 \cdot g} + Z \right) - \sum_{Entrada} m \cdot \left(v + \frac{P}{\rho} + \frac{u^2}{2 \cdot g} + Z \right) \quad Ec. 2.143$$

$$Q_{vc} = \sum_{Salida} m \cdot \left(h + \frac{u^2}{2 \cdot g} + Z \right) - \sum_{Entrada} m \cdot \left(h + \frac{u^2}{2 \cdot g} + Z \right) \quad Ec. 2.144$$

$$Q_{vc} = \left[m \cdot \left(h + \frac{u^2}{2 \cdot g} + Z \right) \right]_{Salida} - \left[m \cdot \left(h + \frac{u^2}{2 \cdot g} + Z \right) \right]_{Entrada} \quad Ec. 2.145$$

Dividiendo para la masa tenemos:

$$q_{vc} = \left(h + \frac{u^2}{2 \cdot g} + Z \right)_{Salida} - \left(h + \frac{u^2}{2 \cdot g} + Z \right)_{Entrada} \quad Ec. 2.146$$

$$\partial q_{vc} = dh + \frac{u}{g} \cdot du + dZ \quad Ec. 2.147$$

2.6.1 METODO EXPLÍCITO

La entalpía es una función de la presión y la temperatura por lo tanto:

$$h = f(P, T) \quad Ec. 2.148$$

$$\partial h = \left(\frac{\partial h}{\partial T} \right)_P \cdot dT + \left(\frac{\partial h}{\partial P} \right)_T \cdot dP \quad Ec. 2.149$$

El calor específico es:

$$Cp = \left(\frac{\partial h}{\partial T} \right)_P \quad Ec. 2.150$$

De la relación entre tres propiedades termodinámicas se tiene:

$$\left(\frac{\partial h}{\partial T}\right)_p \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_h \cdot \left(\frac{\partial P}{\partial h}\right)_T = -1 \quad \text{Ec. 2.151}$$

El coeficiente de Joule Thomson es:

$$\mu_j = \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_h \quad \text{Ec. 2.152}$$

Obteniendo que la ecuación de la energía de la forma:

$$\partial q_{vc} = C_p \cdot dT - C_p \cdot \mu_j \cdot dP + \frac{u}{g} \cdot du + dZ \quad \text{Ec. 2.153}$$

Donde:

∂q_{vc} : Diferencial de calor añadido o extraído

C_p : Calor específico

dT : Diferencia de temperatura

μ_j : Coeficiente de Joule Thomson

dP : Diferencial de presión

u : Velocidad

g : Gravedad

du : Diferencial de velocidad

dZ : Diferencial de potencial o altura

La transferencia de calor en función del coeficiente de transferencia total y la diferencia de temperatura entre el fluido y su medio ambiente es:

$$\partial q_{vc} = -U \cdot (T - T_{amb}) \cdot \pi \cdot d \cdot dL \quad \text{Ec. 2.154}$$

Donde:

∂q_{vc} : Diferencial de calor añadido o extraído

U : Coeficiente de transferencia de calor global o total

T : Temperatura

T_{amb} : Temperatura ambiente

d : Diámetro interno de la tubería

dL : Diferencial de longitud

El gradiente de temperatura es:

$$\frac{dT}{dL} = -\frac{U \cdot (T - T_{amb}) \cdot \pi \cdot d}{m \cdot Cp} - \frac{1}{Cp} \cdot \left(-Cp \cdot \mu_j \cdot \frac{dP}{dL} + \frac{u}{g} \cdot \frac{du}{dL} + \frac{dZ}{dL} \right) \quad \text{Ec. 2.155}$$

Donde;

$\frac{dT}{dL}$: Gradiente de temperatura

U : Coeficiente de transferencia de calor global o total

T : Temperatura

T_{amb} : Temperatura ambiente

d : Diámetro interno de la tubería

Cp : Calor específico

μ_j : Coeficiente de Joule Thomson

$\frac{dP}{dL}$: Gradiente de presión manométrica

u : Velocidad

g : Gravedad

$\frac{du}{dL}$: Gradiente de velocidad

$\frac{dZ}{dL}$: Gradiente potencial o de altura

Integrando y despejando la ecuación anterior, tenemos:

$$T = T_{amb} + (T_i - T_{amb}) \cdot \left(\exp\left(\frac{L - L_i}{A}\right) \right) + \left(1 - \exp\left(\frac{L - L_i}{A}\right) \right) \cdot \frac{\psi \cdot A}{\rho \cdot C_p} \cdot \frac{dP}{dL} \quad \text{Ec. 2.156}$$

Donde:

$$A = \frac{m \cdot C_p}{\pi \cdot d \cdot U} \quad \text{Ec. 2.157}$$

$$\psi = \left(\rho \cdot C_p \cdot \mu_j \cdot \frac{dP}{dL} - \frac{\rho \cdot u}{g} \cdot \frac{du}{dL} - \rho \cdot \frac{dZ}{dL} \right) \bigg/ \frac{dP}{dL} \quad \text{Ec. 2.158}$$

2.7 DISMINUCIÓN DE PÉRDIDAS POR FRICCIÓN

2.7.1 TUBERÍAS EN PARALELO O LOOPS

El término LOOP, se refiere a cierta tubería colocada en paralelo con la principal, cuyo objetivo es incrementar la rata de flujo por la disminución de pérdidas por fricción en ese sector, o alargando la distancia consecutiva entre dos estaciones de bombeo, manteniendo un flujo constante, y por ende las mismas pérdidas por fricción que se hubiesen obtenido con una tubería simple de menor longitud.

Se aconseja instalar LOOPS cuando:

- El gradiente del terreno entre dos puntos consecutivos es mucho menor que el gradiente hidráulico disponible entre ellos.
- Las pérdidas por fricción entre dos puntos consecutivos, son de tal magnitud que no permiten llegar al punto final con suficiente cabeza de presión, o el líquido se frena en un punto intermedio, tal que no llegue al punto final.
- Demanda futura de mayor caudal, que hace necesario mantener las mismas pérdidas por fricción, para mantener la misma presión interna en la tubería y así no variar los parámetros de presión de los accesorios, pero un flujo mayor.
- Los LOOPS instalados en vez de tuberías simples, preservan el porcentaje de carga desarrollado por los motores acoplados a las unidades de bombeo, ya que permitiendo variar las condiciones hidráulicas originales de la línea.

2.7.2 QUÍMICOS REDUCTORES DE FRICCIÓN

El método usado para dosificar químicos reductores de fricción en forma general, se basa en establecer un equilibrio entre las *PÉRDIDAS POR FRICCIÓN REQUERIDAS Y LAS PÉRDIDAS POR FRICCIÓN DISPONIBLES*.

Cuando este equilibrio se logra, gracias a la inyección del agente reductor de fricción, se establece la cantidad y el sitio de adición.

Los agentes reductores de fricción son polímeros con una estructura molecular similar a la base química del crudo sobre el cual actúan, pero la gran diferencia radica en que mientras el crudo es considerado como un fluido NEWTONIANO, los químicos reductores de fricción no lo son.

El DRA no es capaz de resistir el efecto de esfuerzos de corte, por lo que es indispensable inyectarlo siempre a la descarga o salida de cada estación, y chequear, a través del balance energético, si se necesita o no.

El químico reductor de fricción tiene las siguientes características:

- Reduce la fricción en tuberías de conducción de hidrocarburos.

- El DRA (Agente Reductor de Fricción), una vez disuelto en el petróleo, puede actuar en condición de flujo laminar o turbulento. Cuando está en condición de flujo laminar no tiene ningún efecto sobre la reducción de fricción. Pero cuando la solución se encuentra en condición turbulenta, como normalmente trabajan los flujos en oleoducto y poliductos, DRA, trata de reducir la turbulencia, reordenando laminarmente al fluido, dando como efecto una reducción en las pérdidas por fricción.
- DRA, es un hidrocarburo no newtoniano de tipo tixotrópico, es decir, su viscosidad disminuye cuando se aumenta su agitación a determinada temperatura, por esta razón, esta sustancia altamente viscoelástica, solo trabaja en la zona turbulenta.
- El efecto de reordenamiento que el DRA genera en la solución con el hidrocarburo, puede ser destruido por la acción de esfuerzos de corte externos como el de los impulsores de las bombas centrífugas, o los pistones de bombas de desplazamiento positivo.
- La regla general, es que el DRA, debe ser inyectado a la descarga de la unidad de bombeo, y debería hacerse en tantos puntos como estaciones de bombeo hayan.
- La efectividad del DRA disminuye a medida que la viscosidad del crudo aumenta, pues para una velocidad constante, el flujo de un crudo más liviano es más turbulento que la de uno más pesado. La efectividad del DRA aumenta mientras aumenta el número de *Reynolds* del fluido.
- Es regla que la dirección del flujo va siempre de un punto de mayor a menor presión. En la fase turbulenta del flujo, existen remolinos los cuales se oponen a la regla anterior y por tanto son los que proporcionan la turbulencia.
- El uso del DRA en la práctica reduce las pérdidas causadas en la turbulencia en los hidrocarburos líquidos, puede llegar a valores de hasta el 60 por ciento, esta reducción de presión puede ser reducida por la parte operativa de dos maneras:
 - Manteniendo las condiciones de presión actuales, o sea sin DRA e incrementando la rata de flujo.

- o Manteniendo la rata de flujo actual, ó sea sin DRA disminuyendo las condiciones de presión de descarga.

Las siguientes ecuaciones gobiernan el comportamiento del DRA:

$$DR = \frac{H_{f \text{ sin DRA}} - H_{f \text{ con DRA}}}{H_{f \text{ sin DRA}}} \quad \text{Ec. 2.159}$$

Donde:

DR : Fracción de reducción de fricción

$H_{f \text{ sin DRA}}$: Pérdidas por fricción sin agente reductor

$H_{f \text{ con DRA}}$: Pérdidas por fricción con agente reductor

El flujo o caudal aumenta de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Aumento de flujo} = \left[\left(\frac{1}{1-DR} \right)^{0.55} - 1 \right] \cdot 100 \quad \text{Ec. 2.160}$$

EJEMPLO:

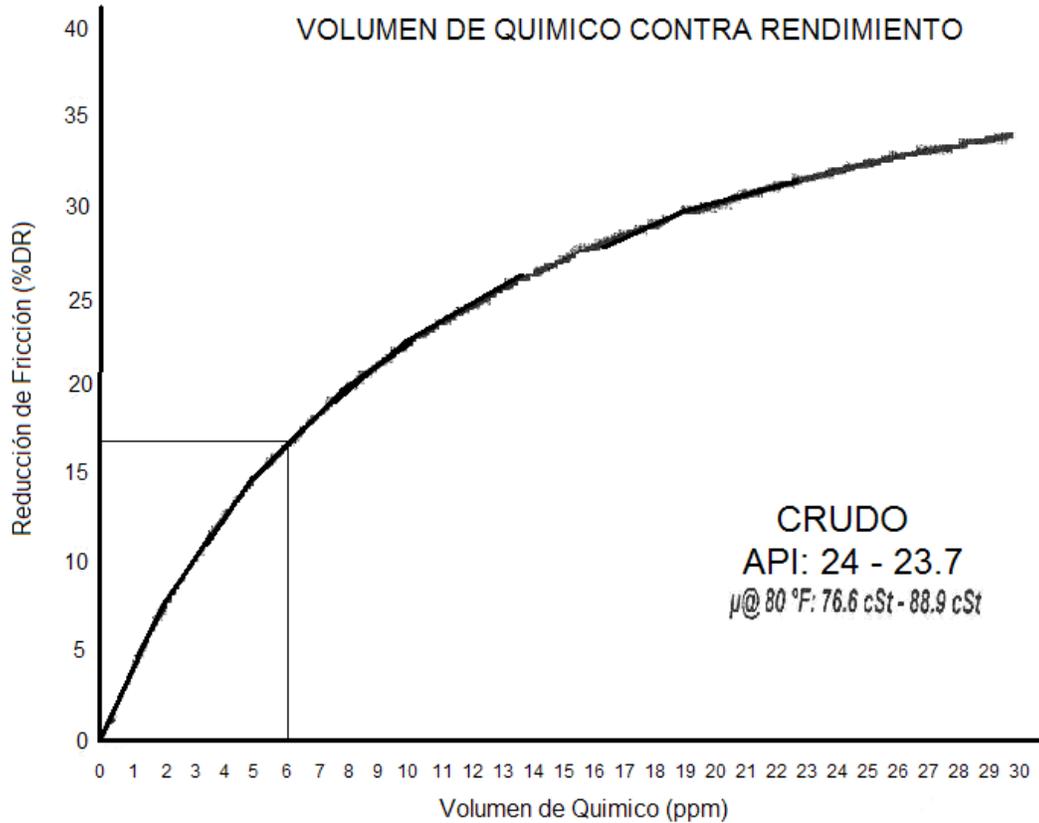
Calcular la cantidad de químico necesaria, para transportar 390000 [barriles] de petróleo por día. El flujo que se transporta sin químicos es 355000 [barriles] por día.

$$\% \Delta V = \frac{390 - 350}{350} = 11.42\%$$

$$11.42 = \left[\left(\frac{1}{1-DR} \right)^{0.55} - 1 \right] \cdot 100$$

$$DR = 0.1785 = 17.85\%$$

Del gráfico provisto por el fabricante, que se presenta a continuación %DR vs ppm de químico para un crudo de 24 [°API] A 23.7 [°API] y viscosidad 76.6 a 88.9 [cSt] a 80 [°F], se obtiene que se necesitan 6 [ppm] de DRA.



Luego se necesitan $98 \left[\frac{\text{galones}}{\text{día}} \right]$ de DRA en ese punto de inyección.

Normalmente, el efecto del químico dura hasta enfrentarse a un esfuerzo de corte grande, que puede ser las bombas y accesorios de la siguiente estación de bombeo, donde para mantener la condición de continuidad del flujo debería inyectarse una cantidad similar.

2.8 BOMBAS EN SISTEMAS DE TUBERÍAS

2.8.1 TIPOS DE BOMBAS

Se clasifican según dos consideraciones generales.

1. La que toma en consideración las características de movimiento del líquido.
2. La que se basa en el tipo de aplicación específica para los cuales se ha diseñado la bomba.

De acuerdo al primer criterio existen dos grupos grandes de bombas:

1. Desplazamiento positivo
2. Cinéticas.

El siguiente cuadro presenta una clasificación general de las bombas de acuerdo a estos dos principales tipos de bombas:

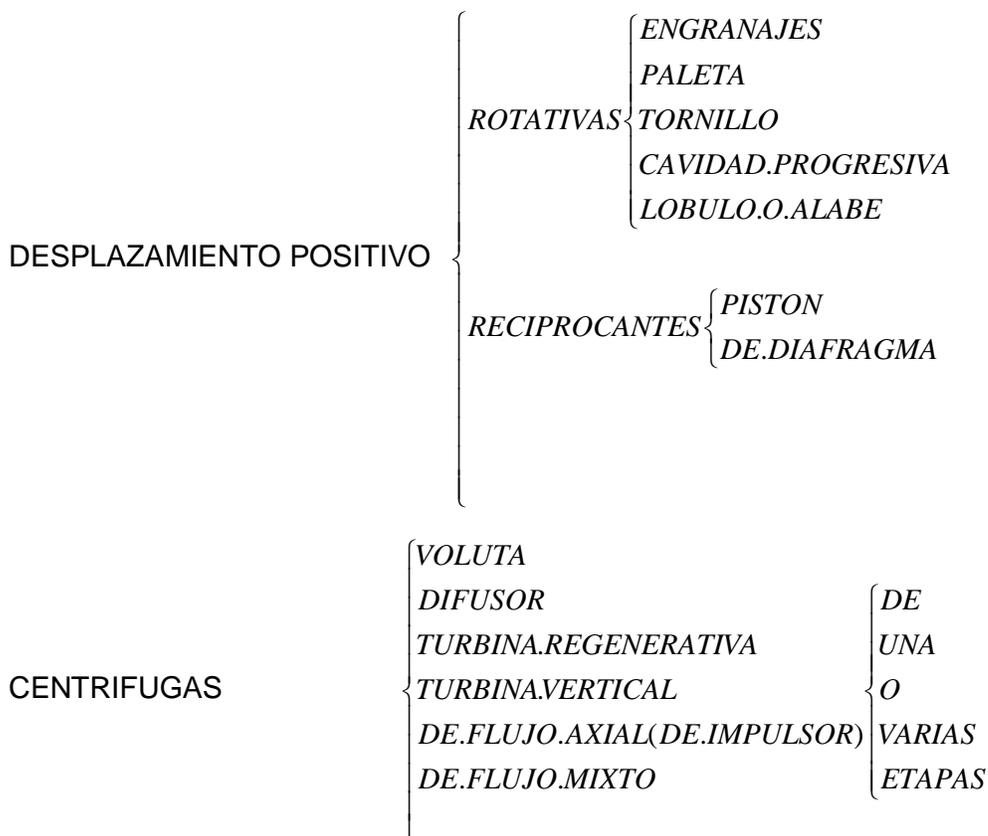


Tabla 2.8 Clasificación de las bombas

2.8.2 BOMBAS CENTRÍFUGAS

Adicionan energía al fluido acelerándolo a través de la acción de un impulsor giratorio.

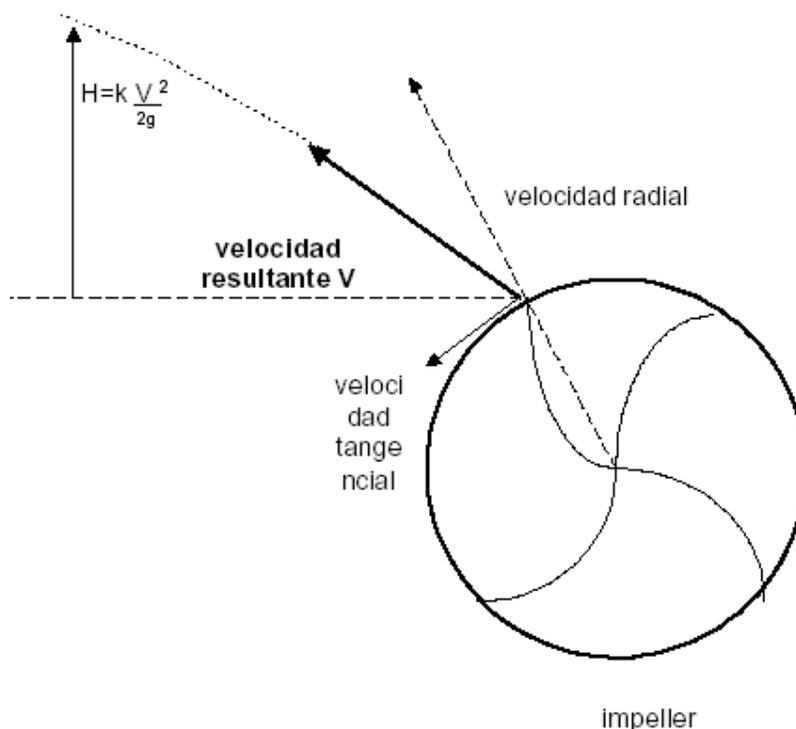


Fig. 2.29 Energía añadida al líquido por la bomba centrífuga

2.8.2.1 Bombas centrífugas de flujo mixto y axial.

Las bombas de flujo mixto desarrollan su columna parcialmente por fuerza centrífuga y parcialmente por el impulsor de los álabes sobre el líquido. El diámetro de descarga de los impulsores es mayor que el de entrada. Las bombas de flujo axial desarrollan su columna por la acción de impulso o elevación de las paletas sobre el líquido. El diámetro del impulsor es el mismo en el lado de succión y en el de descarga. Una bomba de impulsor es un tipo de bomba de flujo axial.

2.8.2.2 Características de una bomba centrífuga

- Una bomba centrífuga que se opera a velocidad constante puede suministrar cualquier capacidad de cero a un máximo.
- Las curvas características de una bomba centrífuga muestran la relación existente entre la presión de descarga, capacidad volumétrica, potencia requerida, eficiencia, presión de succión requerida, para un diámetro de impulsor específico y una carcasa determinada.

- Pueden manejar líquidos limpios, contaminados, viscosos, con sólidos en suspensión, abrasivos.
- El punto de operación de una bomba centrífuga proporciona su capacidad para un determinado valor de cabeza total. Es importante recordar que la pérdida de energía en un sistema de tuberías, y por tanto, la cabeza que debe desarrollar la bomba, se incrementan de acuerdo al cuadrado de la velocidad del flujo.
- Un funcionamiento similar al que se utiliza conectado varias bombas en serie, se puede obtener utilizando bombas multietapa.

2.8.2.3 Velocidad específica de bombas centrífugas (N_s)

La velocidad específica es un parámetro adimensional, usado para clasificar los impellers de las bombas por su tipo y tamaño.

A medida que N_s aumente, la relación entre el diámetro exterior del impeller y el diámetro del ojo del impeller, disminuye. Esta relación llega a ser 1 cuando se trata de impellers de flujo axial.

Los impellers de flujo radial desarrollan la presión de descarga básicamente debido al efecto de la fuerza centrífuga.

Mientras mayor es N_s , significa que la bomba desarrolla la presión debido a fuerza axial antes que a la centrífuga.

TIPO DE IMPELLER	N_s
Radial o turbina(alta presión, bajo caudal)	De 500 a 4200
Flujo mixto(presión media, caudal medio)	Entre 4200 y 9000
Flujo axial(baja presión, alta descarga)	Sobre 9000 a 20000

Tabla 2.9 Velocidad específica para diferentes tipos de impeller

La velocidad específica es la velocidad, en revoluciones por minuto a la cual un impulsor deberá girar, si su tamaño se reduce, para generar un flujo de un galón/minuto contra una columna de un pie a vencer.

La velocidad específica se calcula siempre en el punto de mayor eficiencia (BEP), con el máximo diámetro y con una sola etapa.

$$N_s = \frac{RPM \times \sqrt{GPM}}{\sqrt[4]{H^3}} \quad \text{Ec. 2.161}$$

Donde:

RPM : Velocidad rotacional del impulsor

GPM : Máximo flujo a través de la bomba en el punto de mayor eficiencia.

H : Cabeza total de la bomba en pies, en el punto de mayor eficiencia.

2.8.2.4 Velocidad específica de succión (N_{ss})

N_{ss} es un parámetro adimensional que se refiere puntualmente al diseño de la succión de la bomba.

Para calcular la velocidad específica de succión N_{ss} , se debe usar solo la mitad de la máxima capacidad *GPM*, cuando se trate de bombas con doble succión.

$$N_{ss} = \frac{RPM \times \sqrt{GPM}}{\sqrt[4]{(NPSHR)^3}} \quad \text{Ec. 2.162}$$

RPM : Velocidad rotacional del impulsor

GPM : Máximo flujo a través de la bomba en el punto de mayor eficiencia, para bombas de simple succión y una etapa. En el caso de bombas de doble succión y una etapa se usa la mitad de la máxima capacidad.

NPSHR : Cabeza neta de succión positiva en el punto de mayor eficiencia.

VALOR DE N_{ss}	LIQUIDO A BOMBEA
7000 a 12000	AGUA
mayor a 15000	HIDROCARBUROS

Tabla 2.10 Valores de N_{ss} para diferentes líquidos

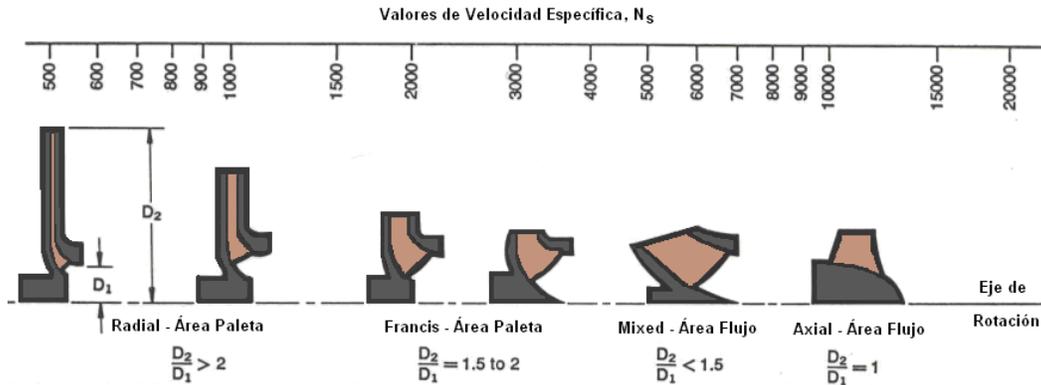


Fig. 2.30 Clasificación de impellers de acuerdo a la velocidad específica.

2.8.2.5 Leyes de afinidad para bombas centrífugas

Es importante comprender la forma en la que varían la capacidad, la cabeza, y la potencia cuando la velocidad o el diámetro del impulsor varían.

Velocidad de rotación constante	Diámetro del impulsor constante	Velocidad y el diámetro variables
$Q_q = Q_1 \cdot \frac{D_2}{D_1}$	$Q_q = Q_1 \cdot \frac{N_2}{N_1}$	$Q_q = Q_1 \cdot \frac{D_2}{D_1} \cdot \frac{N_2}{N_1}$
$H_q = H_1 \cdot \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2$	$H_q = H_1 \cdot \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2$	$H_q = H_1 \cdot \left(\frac{D_2}{D_1} \cdot \frac{N_2}{N_1}\right)^2$
$HP_q = HP_1 \cdot \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^3$	$HP_q = HP_1 \cdot \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^3$	$HP_q = HP_1 \cdot \left(\frac{D_2}{D_1} \cdot \frac{N_2}{N_1}\right)^3$

Tabla 2.11 Leyes de afinidad para bombas centrífugas

2.8.2.6 Curvas características de las bombas centrífugas

Las curvas características de las bombas centrífugas, se generan de los datos de prueba que utilizan agua como fluido. Estas curvas son relativamente

precisas para cualquier fluido con una viscosidad similar a la del agua. Un incremento de la viscosidad, provoca una disminución en su capacidad volumétrica para una determinada cabeza de descarga. También la potencia requerida aumenta y la eficiencia disminuye.

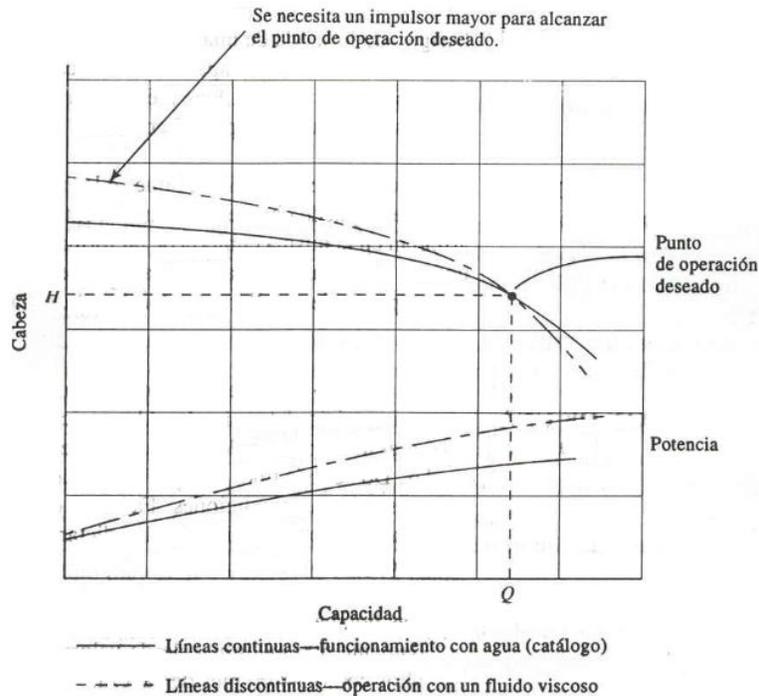


Fig. 2.31 Efecto de la viscosidad sobre las curvas características de una bomba centrífuga

2.8.2.7 Cabeza de succión neta positiva ($NPSH_{DISPONIBLE}$)

Es la presión absoluta total en la toma de succión de la bomba. Cuando la presión de vapor del fluido alcanza el valor de la presión total del medio, el fluido comienza a formar vapor. La temperatura a la cual esta vaporización ocurre decrecerá si la presión del medio también disminuye.

A medida que la presión en un fluido disminuye, la temperatura a la cual se forman las burbujas de vapor también disminuye, por lo tanto, es esencial que la presión de succión a la entrada de la bomba tenga un valor más elevado que la presión a la cual se presentaría la vaporización a la temperatura que opera el líquido.

El valor del $NPSH_{DISPONIBLE}$, depende de la naturaleza del líquido a transportar, la tubería de succión, la ubicación del depósito del fluido y la presión aplicada al fluido en el depósito. Este se expresa de la siguiente forma:

$$NPSH_{DISPONIBLE} = P_{ABSOLUTA} - \Delta Z - P_{VAPOR} - H_f \quad \text{Ec. 2.163}$$

Donde:

$P_{ABSOLUTA}$: Presión absoluta aplicada al fluido

ΔZ : Diferencia de altura entre la bomba y el nivel de fluido

P_{VAPOR} : Presión de vapor del fluido

H_f : Pérdidas por fricción en la tubería de succión

2.8.2.7.1 La cavitación

Se produce cuando la presión de succión disminuye hasta el punto donde se presenta la vaporización del líquido.

A medida que las burbujas de vapor ingresan a la bomba, éstas encuentran presiones mayores que provocan que las burbujas de vapor se colapsen en forma rápida. Lo anterior se refleja en ruido excesivo, vibración, y un desgaste mayor de las diferentes partes de la bomba.

Cuando el líquido pasa del tubo de succión al ojo del impeller, la velocidad se incrementa mientras que la presión disminuye.

2.8.2.8 Cabeza de succión neta positiva ($NPSH_{REQUERIDO}$)

Es la presión absoluta requerida para que el fluido ingrese al punto de succión, venciendo las caídas de presión y manteniendo al líquido sobre su presión de vapor.

SIEMPRE DEBE CUMPLIRSE QUE:

$$NPSH_{DISPONIBLES} \geq NPSH_{REQUERIDOS} \quad \text{Ec. 2.164}$$

2.8.2.8.1 Efecto de la viscosidad del líquido en el $NPSH_{REQUERIDO}$

Cuando una bomba impulsa agua, necesita un mayor $NPSH_{REQUERIDO}$, que cuando bombea un líquido más viscoso. Los hidrocarburos necesitan un poco menos, de modo que los diseñadores de bombas aconsejan usar para líquidos más livianos que el agua, como es el caso del petróleo y sus derivados, el $NPSH_{REQUERIDO}$, del agua, con el objeto de mantenerse en lado conservativo de este criterio.

2.8.2.8.2 Efecto de la velocidad de la bomba en el $NPSH_{REQUERIDO}$

Si la bomba va a operar a diferentes velocidades que aquella para la cual está especificada en la curva característica por el fabricante, el $NPSH_r$, se calcula de acuerdo a la siguiente relación.

$$NPSH_{REQUERIDO_2} = \left[\frac{N_2}{N_1} \right]^2 \cdot NPSH_{REQUERIDO_1} \quad \text{Ec. 2.165}$$

Donde:

N : Velocidad de la bomba en $[RPM]$

2.8.2.9 Potencia requerida por una bomba centrífuga (BHP)

Es la energía necesaria impartida a la bomba para transportar el fluido de un punto a otro, venciendo la presión estática existente entre ellos y la fricción creada por la velocidad de transporte.

Hay que tomar en cuenta que el BHP para flujo cero, es distinto de cero, pues hay energía que se necesita para hacer rotar el o los impellers cuando la bomba está en stand by.

La fórmula que describe la potencia requerida, tanto para bombas centrífugas como para reciprocantes es:

$$BHP = \frac{H \cdot Q \cdot Spgr}{3960 \cdot eff} \quad \text{Ec. 2.166}$$

$$Hyd \text{ HP} = \frac{H \cdot Q \cdot Spgr}{3960} \quad \text{Ec. 2.167}$$

BHP : Brake horse power. Es la potencia que el motor entrega a la bomba.

H : Cabeza total en columna de líquido

Q : Capacidad de flujo

eff : Eficiencia de la bomba

Spgr : Gravedad específica del fluido.

Otras formas:

$$BHP = \frac{BPH \cdot PIES \cdot Spgr}{5657 \cdot eff} \quad ; \quad BHP = \frac{GPM \cdot PSI}{1714 \cdot eff}$$

$$BHP = \frac{BPH \cdot PSI}{2450 \cdot eff} \quad ; \quad BHP = \frac{\left[\frac{m^3}{seg} \right] \cdot [m] \cdot Spgr}{76 \cdot eff}$$

Caudal proporcionado por una bomba centrífuga:

$$BPH = \frac{17.242536 \cdot BHP \cdot \% \text{Carga} \cdot \% \text{Eficiencia}}{\Delta H [m] \cdot Spgr} \quad \text{Ec. 2.168}$$

Donde,

BHP: Potencia al freno del motor

%Carga: Porcentaje de carga del motor

%Eficiencia: Eficiencia total de la bomba

%Carga: Porcentaje de carga del motor

ΔH [m]: Presión de descarga – Presión de succión de la bomba en metros

S_{pgr} : Gravedad específica

BPH: Caudal [Barriles por hora.]

Conversión de BPH a m^3/min

$$\frac{m^3}{min} = 377.36 \cdot BPH \quad \text{Ec. 2.169}$$

2.8.2.10 La eficiencia de la bomba (*eff*)

Se expresa en porcentaje, y representa la relación entre la energía impartida por la bomba al líquido versus la energía que el motor entrega a la bomba. La eficiencia también es un indicador de la energía perdida en la bomba.

Mientras mayor es la eficiencia, menor es la pérdida de energía.

$$eff = \frac{HydHP}{BHP} \quad \text{Ec. 2.170}$$

2.8.3 ARREGLO DE UNA TUBERÍA Y UNA BOMBA

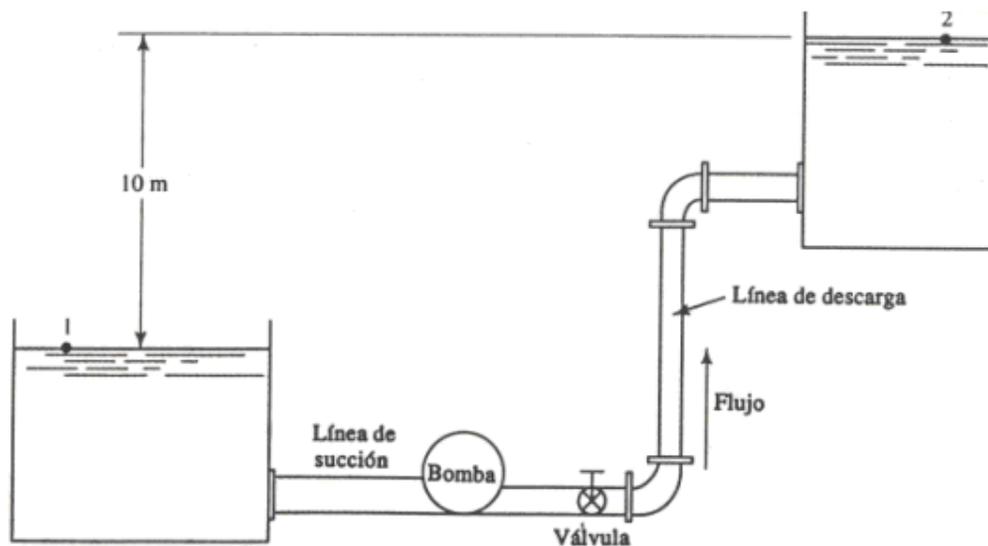


Fig. 2.32 Arreglo bomba tubería

Las curvas de funcionamiento de las bombas son suministradas por los fabricantes para cada bomba. Las curvas muestran la relación entre la energía suministrada por la bomba y la tasa de flujo circulante.

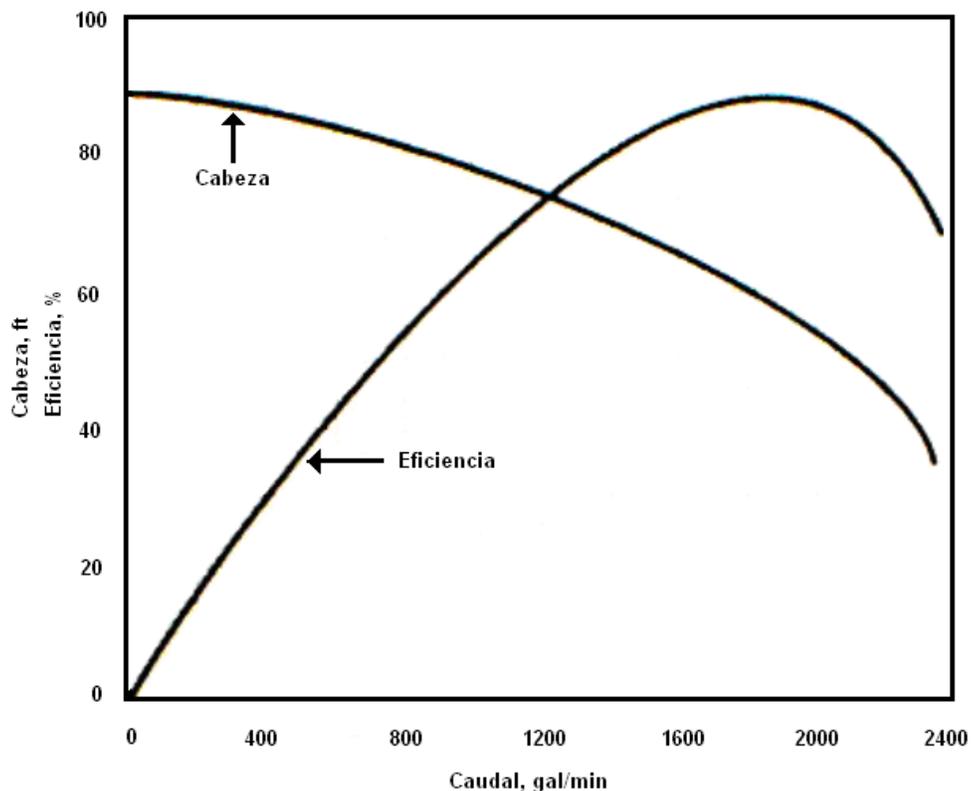


Fig. 2.33 Curva característica de una bomba

La ecuación de la energía establece:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2 \cdot g} + Z_1 + H_p - H_f = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2 \cdot g} + Z_2 \quad \text{Ec. 2.171}$$

Por lo tanto,

$$H_p = \frac{\Delta P}{\rho g} + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2 \cdot g} + \Delta Z + H_f \quad \text{Ec. 2.172}$$

Donde, H_p es la energía suministrada por la bomba al fluido.

La curva característica de la bomba genera una ecuación que puede ser representada en función de la tasa de flujo.

$$H_p = A + B \cdot Q + C \cdot Q^2 \quad \text{Ec. 2.173}$$

Idealmente la bomba debe operar lo más cerca posible al punto máximo de eficiencia.

Si las pérdidas de energía se incrementan la curva del sistema se desplaza hacia la izquierda como se muestra en la Fig. 2.34, originando una reducción en el flujo del fluido y en la eficiencia de la bomba.

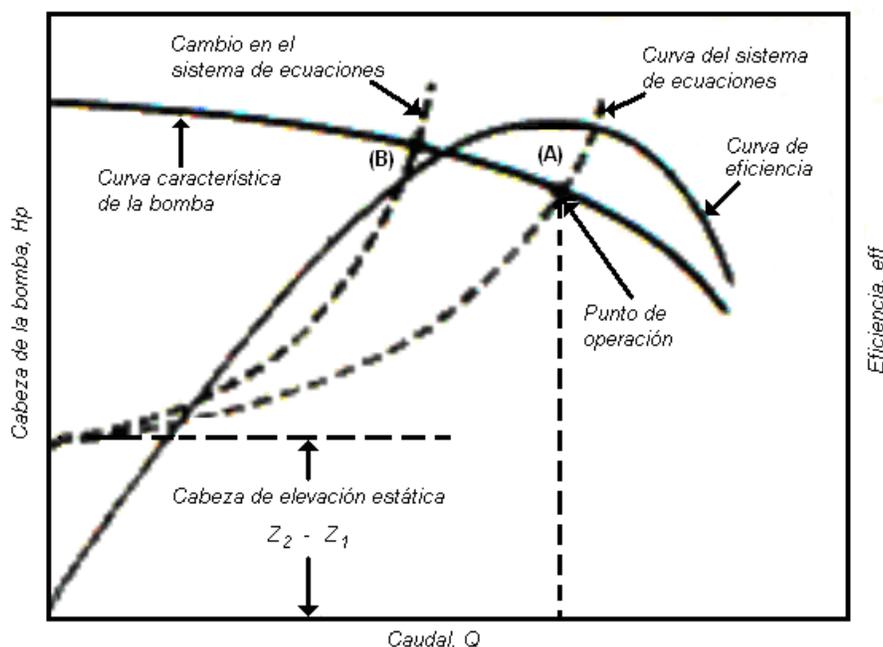


Fig. 2.34 Curva característica de una bomba y curva de la energía suministrada por la bomba

2.8.4 BOMBAS EN PARALELO Y SERIE

Si la variación en la demanda de flujo es grande, se coloca una configuración en paralelo.

Para este arreglo se genera una curva característica combinada reconociendo que la carga a través de cada bomba es idéntica, la descarga total a través del sistema de bombeo, está dado por la sumatoria de las descargas de las bombas.

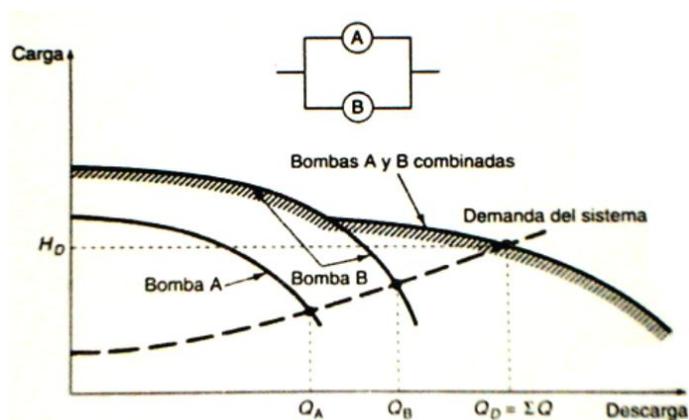


Fig. 2.35 Curvas características de bombas en paralelo

Si la demanda de carga es grande, las bombas colocadas en serie producen un aumento de carga mayor. La curva característica se obtiene sumando las cargas a través de cada bomba.

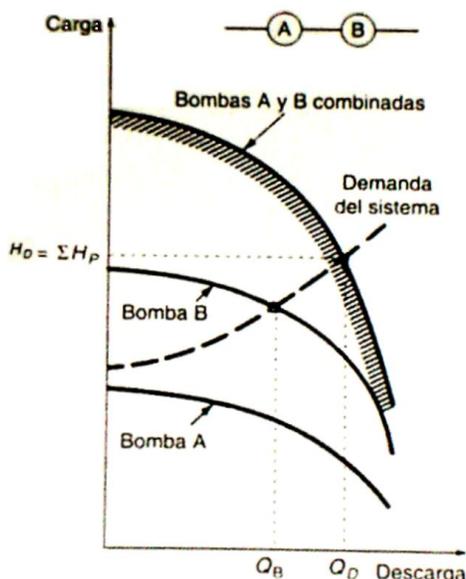


Fig. 2.36 Curvas características de bombas en serie

EJEMPLO:

Se tiende un oleoducto entre dos tanques reservorios, que tienen una diferencia de altura de 40 [pies] entre sí. La presión residual a la que debe llegar el crudo al tanque de destino es 20 [psi]. La tubería que conecta los tanques entre sí es de 6 [pulg] de diámetro interior, cédula 40, Longitud de 20000 [pies].

Usar factor de fricción= 0.020

La ecuación de la curva característica es $H_b = 80 - 0.8 \cdot Q - 0.6 \cdot Q^2$ donde Q está en [galones/minuto], y H_b en [pies]. Encontrar el flujo requerido para:

- Una bomba
- Dos bombas idénticas en serie.
- Dos bombas idénticas en paralelo.

CURVA DEL SISTEMA

$$H_s = H_{estática} + H_{residual} + H_{fricción}$$

$$H_s = 40 + 20 + K \cdot Q^2$$

$$H_s = 60 + K \cdot Q^2$$

$$K = \frac{f \cdot L}{32.2 \cdot D^5}$$

$$K = \frac{0.020 \cdot 20000}{32.2 \cdot 6^5}$$

$$K = 1.6 \cdot 10^{-3}$$

$$H_s = 60 + 1.6 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2$$

- Para una bomba se tiene que : $H_b = 80 - 0.8 \cdot Q - 0.6 \cdot Q^2$

Igualando las dos expresiones anteriores para encontrar el punto de operación.

$$60 + 1.6 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2 = 80 - 0.8 \cdot Q - 0.6 \cdot Q^2$$

$$Q = 5.2 \left[\frac{\text{galones}}{\text{minuto}} \right]$$

b. Para 2 bombas en serie se tiene que la cabeza de presión para cualquier flujo es el doble.

$$H_b = 160 - 1.6 \cdot Q - 1.2 \cdot Q^2 = 60 + 1.6 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2$$

$$Q = 7.5 \left[\frac{\text{galones}}{\text{minuto}} \right]$$

c. Para 2 bombas en paralelo el flujo es la mitad para cada bomba a la misma presión de descarga.

$$H_b = 80 - 0.8 \cdot \left(\frac{Q}{2} \right) - 0.6 \cdot \left(\frac{Q}{2} \right)^2 = 60 + 1.6 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2$$

$$Q = 10.25 \left[\frac{\text{galones}}{\text{minuto}} \right]$$

Lo descrito anteriormente se comprueba de la siguiente forma:

Sea: $H_b' = 80 - C_1 \cdot Q - C_2 \cdot Q^2$, la ecuación de la curva característica para el sistema formado por 2 bombas en paralelo.

$H_b = H_b'$ pues están en paralelo H_b es la ecuación característica para una sola bomba. Hay que determinar las constantes C_1 y C_2 que corresponde a la ecuación de H_b' .

$$80 - 0.8 \cdot Q - 0.6 \cdot Q^2 = 80 - C_1 \cdot (2 \cdot Q) - C_2 \cdot (2 \cdot Q)^2$$

por lo que se deduce que:

$$C_1 = \frac{0.8}{2} = 0.4$$

$$C_2 = \frac{0.6}{4} = 0.15$$

quedando la ecuación de la siguiente forma:

$$H_b' = 80 - 0.4 \cdot Q - 0.15 \cdot Q^2$$

CAPÍTULO III

3 DESARROLLO DEL SOFTWARE

3.1 LENGUAJES Y PROGRAMAS PARA EL DESARROLLO

3.1.1 LENGUAJES PARA EL DESARROLLO

3.1.1.1 Introducción

Al desarrollarse las primeras computadoras electrónicas, se vio la necesidad de programarlas, es decir, de almacenar en memoria la información sobre la tarea que iban a ejecutar. Las primeras se usaban como calculadoras simples; se les indicaban los pasos de cálculo, uno por uno.

John Von Neumann¹⁷ desarrolló el modelo que lleva su nombre, para describir este concepto de "programa almacenado". En este modelo, se tiene una abstracción¹⁸ de la memoria como un conjunto de celdas, que almacenan simplemente números. Estos números pueden representar dos cosas: los datos, sobre los que va a trabajar el programa; o bien, el programa en sí.

Antiguamente la programación era sumamente tediosa, pues el programador tenía que "bajarse" al nivel de la máquina y decirle, paso a paso, cada punto de la tarea que tenía que realizar. Además, debía expresarlo en forma numérica; y por supuesto, este proceso era propenso a errores, con lo que la productividad del programador era muy limitada.

El primer gran avance que se dio, fue la abstracción dada por el Lenguaje Ensamblador, con él, el nacimiento de las primeras herramientas automáticas para generar el código máquina.

Los lenguajes de tercera generación (3GL; third-generation languages) son los lenguajes propiamente como los conocemos (poseen instrucciones, funciones,

¹⁷ **John von Neumann** (28 de diciembre de 1903 - 8 de febrero de 1957) fue un matemático húngaro-estadounidense, de ascendencia judía, que realizó contribuciones importantes en física cuántica, análisis funcional, teoría de conjuntos, informática, economía, análisis numérico, hidrodinámica (de explosiones), estadística y muchos otros campos de la matemática.

¹⁸ **Abstracción**, un principio por el cual se aísla toda aquella información que no resulta relevante a un determinado nivel de conocimiento.

sintaxis, semántica); ya trascienden el uso de los términos nemotécnicos. Una instrucción puede indicar 1 o más tareas para el computador. Pueden dividirse como sigue:

- Orientados a problemas
- A procedimientos
- A objetos

4GL (Generadores de aplicaciones que no dependen de una metodología). Son de alto nivel y amigables; los programadores profesionales que utilizan 4GL sostienen que experimentan incrementos en la productividad de 200 a 1,000% en comparación con los lenguajes orientados al procedimiento de la tercera generación (COBOL, FORTRAN, BASIC y demás). Hay dos tipos de 4GL:

- Orientados a la producción
- Al usuario

Hay que notar la existencia de lenguajes que combinan características de los de alto nivel y los de bajo nivel (es decir, Ensamblador). Por ejemplo el "C": contiene estructuras de programación de alto nivel, y la facilidad de usar librerías que también son características de alto nivel; sin embargo, fue diseñado con muy pocas instrucciones, las cuales son sumamente sencillas, fáciles de traducir al lenguaje de la máquina; y requiere de un entendimiento apropiado de cómo funciona la máquina, el uso de la memoria, etcétera. Por ello, muchas personas consideramos a lenguajes como C (que fue diseñado para hacer sistemas operativos), lenguajes de nivel medio.

3.1.1.2 Lenguaje máquina o nivel bajo (primera generación)

Cualquier computadora solo puede entender directamente su propio lenguaje de máquina. El lenguaje de máquina es "el lenguaje natural" de una computadora particular. Está relacionado íntimamente con el diseño hardware. Los lenguajes de máquina por lo general consisten, en cadenas de números binarios (es decir unos y ceros) que instruyen en las computadoras para que ejecuten sus operaciones más elementales. Los lenguajes de máquina son

dependientes de la maquina, es decir, en particular pueden ser utilizados en solo un tipo de computadoras. Son difíciles de manejar por los seres humanos.

Conforme las computadoras se hicieron más populares, se hizo aparente que la programación en lenguaje de maquina era demasiado lenta y tediosa.

3.1.1.3 Lenguaje ensamblador o nivel medio (segunda generación)

En vez de utilizar las cadenas de números que las computadoras pueden entender de forma directa, los programadores empezaron a hacer abreviaturas similares al inglés. Estas abreviaturas similares al inglés formaron la base de los lenguajes ensamblador. Se desarrollaron programas de traducción denominados ensambladores para convertir los lenguajes ensamblador a lenguaje de maquina a la velocidad de las computadoras.

El Lenguaje Ensamblador fue el primer gran avance que se dio, en la programación de computadoras, y con él, el nacimiento de las primeras herramientas automáticas para generar el código máquina. Esto redujo los errores triviales, como podía ser el número que correspondía a una operación, que son sumamente engorrosos y difíciles de detectar, pero fáciles de cometer. Sin embargo, aún aquí es fácil para el programador perderse y cometer errores de lógica, pues debe bajar al nivel de la forma en que trabaja el CPU, y entender bien todo lo que sucede dentro de él.

Cuando abstraemos los opcodes¹⁹ y los sustituimos por una palabra que sea una clave de su significado, a la cual comúnmente se le conoce como mnemónico²⁰, tenemos el concepto de Lenguaje Ensamblador. Así, podemos definir simplemente al Lenguaje Ensamblador de la siguiente forma:

Lenguaje Ensamblador es la primera abstracción del Lenguaje Máquina, consistente en asociar a los opcodes, palabras clave que faciliten su uso por parte del programador.

¹⁹ **Opcod** (**Operation Code**) o **Código de Operación**, es la porción de una instrucción de lenguaje de máquina que especifica la operación a ser realizada.

²⁰ **Mnemónico** es una palabra que sustituye a un código de operación (Lenguaje de máquina), con lo cual resulta más fácil la programación, es de aquí de donde se aplica el concepto de lenguaje ensamblador.

Como se puede ver, el Lenguaje Ensamblador es directamente traducible al Lenguaje de Máquina, y viceversa; simplemente, es una abstracción que facilita su uso para los seres humanos. Por otro lado, la computadora no entiende directamente al Lenguaje Ensamblador; es necesario traducirle a Lenguaje de Máquina. Originalmente, este proceso se hacía a mano, usando para ello hojas donde se escribían tablas de programa, pero, al ser tan directa la traducción, pronto aparecieron los programas Ensambladores, que son traductores que convierten el código fuente (Lenguaje Ensamblador) a código objeto (es decir, a Lenguaje de Máquina).

Una característica que hay que resaltar, es que al depender estos lenguajes del hardware, hay un distinto Lenguaje de Máquina (y, por consiguiente, un distinto Lenguaje Ensamblador) para cada CPU. Por ejemplo, podemos mencionar tres lenguajes completamente diferentes, que sin embargo vienen de la aplicación de los conceptos anteriores:

- Lenguaje Ensamblador de la familia Intel 80x86
- Lenguaje Ensamblador de la familia Motorola 68000
- Lenguaje Ensamblador del procesador POWER, usado en las IBM RS/6000

Tenemos 3 fabricantes distintos, compitiendo entre sí y cada uno aplicando conceptos distintos en la manufactura de sus procesadores, su arquitectura y programación; todos estos aspectos, influyen en que el lenguaje máquina y ensamblador cambie bastante.

3.1.1.3.1 *Ventajas y desventajas del Lenguaje Ensamblador*

Ventajas de usar el Lenguaje Ensamblador, respecto a un lenguaje de alto nivel:

- Velocidad
- Eficiencia de tamaño
- Flexibilidad

Desventajas de usar el Lenguaje Ensamblador, respecto a un lenguaje de alto nivel:

- Tiempo de programación
- Programas fuente grandes
- Peligro de afectar recursos inesperadamente
- Falta de portabilidad

3.1.1.3.2 *Velocidad*

El proceso de traducción que realizan los intérpretes, implica un proceso de cómputo adicional al que el programador quiere realizar. Por ello, nos encontraremos con que un intérprete es siempre más lento que realizar la misma acción en Lenguaje Ensamblador, simplemente porque tiene el costo adicional de estar traduciendo el programa, cada vez que lo ejecutamos.

De ahí nacieron los compiladores²¹, que son mucho más rápidos que los intérpretes, pues hacen la traducción una vez y dejan el código objeto, que ya es Lenguaje de Máquina, y se puede ejecutar muy rápidamente. Aunque el proceso de traducción es más complejo y costoso que el de ensamblar un programa, normalmente podemos despreciarlo, contra las ventajas de codificar el programa más rápidamente.

Sin embargo, la mayor parte de las veces, el código generado por un compilador es menos eficiente que el código equivalente que un programador escribiría. La razón es que el compilador no tiene tanta inteligencia, y requiere ser capaz de crear código genérico, que sirva tanto para un programa como para otro; en cambio, un programador humano puede aprovechar las características específicas del problema, reduciendo la generalidad pero al

²¹ Un compilador es un programa que permite traducir el código fuente de un programa en lenguaje de alto nivel, a otro lenguaje de nivel inferior (típicamente lenguaje máquina). De esta manera un programador puede diseñar un programa en un lenguaje mucho más cercano a como piensa un ser humano, para luego *compilarlo* a un programa más manejable por una computadora.

mismo tiempo, no desperdicia ninguna instrucción, no hace ningún proceso que no sea necesario.

Para darnos una idea, en una PC, y suponiendo que todos son buenos programadores, un programa para ordenar una lista tardará cerca de 20 veces más en Visual Basic (un intérprete), y 2 veces más en C (un compilador), que el equivalente en Ensamblador.

Por ello, cuando es crítica la velocidad del programa, Ensamblador se vuelve un candidato lógico como lenguaje.

Ahora bien, esto no es un absoluto; un programa bien hecho en C puede ser muchas veces más rápido que un programa mal hecho en Ensamblador; sigue siendo sumamente importante la elección apropiada de algoritmos y estructuras de datos. Por ello, se recomienda buscar optimizar primero estos aspectos, en el lenguaje que se desee, y solamente usar Ensamblador cuando se requiere más optimización y no se puede lograr por estos medios.

3.1.1.3.3 *Tamaño*

Por las mismas razones que vimos en el aspecto de velocidad, los compiladores e intérpretes generan más código máquina del necesario; por ello, el programa ejecutable crece. Así, cuando es importante reducir el tamaño del ejecutable, mejorando el uso de la memoria y teniendo también beneficios en velocidad, puede convenir usar el lenguaje Ensamblador. Entre los programas que es crítico el uso mínimo de memoria, tenemos a los virus y manejadores de dispositivos (drivers). Muchos de ellos, por supuesto, están escritos en lenguaje Ensamblador.

3.1.1.3.4 *Flexibilidad*

Las razones anteriores son cuestión de grado: podemos hacer las cosas en otro lenguaje, pero queremos hacerlas más eficientemente. Pero todos los lenguajes de alto nivel tienen limitantes en el control; al hacer abstracciones, limitan su propia capacidad. Es decir, existen tareas que la máquina puede

hacer, pero que un lenguaje de alto nivel no permite. Por ejemplo, en Visual Basic no es posible cambiar la resolución del monitor a medio programa; es una limitante, impuesta por la abstracción del GUI Windows. En cambio, en ensamblador es sumamente sencillo, pues tenemos el acceso directo al hardware del monitor.

Resumiendo, la flexibilidad consiste en reconocer el hecho de que todo lo que puede hacerse con una máquina, puede hacerse en el lenguaje ensamblador de esta máquina; los lenguajes de alto nivel tienen en unas u otras formas limitantes para explotar al máximo los recursos de la máquina.

3.1.1.3.5 *Tiempo de programación*

Al ser de bajo nivel, el Lenguaje Ensamblador requiere más instrucciones para realizar el mismo proceso, en comparación con un lenguaje de alto nivel. Por otro lado, requiere de más cuidado por parte del programador, pues es propenso a que los errores de lógica se reflejen más fuertemente en la ejecución.

Por todo esto, es más lento el desarrollo de programas comparables en Lenguaje Ensamblador que en un lenguaje de alto nivel, pues el programador goza de una menor abstracción.

3.1.1.3.6 *Programas fuentes grandes*

Por las mismas razones que aumenta el tiempo, crecen los programas fuentes; simplemente, requerimos más instrucciones primitivas para describir procesos equivalentes. Esto es una desventaja porque dificulta el mantenimiento de los programas, y nuevamente reduce la productividad de los programadores.

3.1.1.3.7 *Peligro de afectar recursos inesperadamente*

Tenemos la ventaja de que todo lo que se puede hacer en la máquina, se puede hacer con el Lenguaje Ensamblador (flexibilidad). El problema es que todo error que podamos cometer, o todo riesgo que podamos tener, podemos

tenerlo también en este Lenguaje. Dicho de otra forma, tener mucho poder es útil pero también es peligroso.

En la vida práctica, afortunadamente no ocurre mucho; sin embargo, al programar en este lenguaje verán que es mucho más común que la máquina se "cuelgue", "bloquee" o "se le vaya el avión"; y que se reinicialice. ¿Por qué?, porque con este lenguaje es perfectamente posible (y sencillo) realizar secuencias de instrucciones inválidas, que normalmente no aparecen al usar un lenguaje de alto nivel.

3.1.1.3.8 Falta de portabilidad

Como ya se mencionó, existe un lenguaje ensamblador para cada máquina; por ello, evidentemente no es una selección apropiada de lenguaje cuando deseamos codificar en una máquina y luego llevar los programas a otros sistemas operativos o modelos de computadoras. Si bien esto es un problema general a todos los lenguajes, es mucho más notorio en ensamblador: yo puedo reutilizar un 90% o más del código que desarrollo en "C", en una PC, al llevarlo a una RS/6000 con UNIX, y lo mismo si después lo llevo a una Macintosh, siempre y cuando esté bien hecho y siga los estándares de "C", y los principios de la programación estructurada. En cambio, si escribimos el programa en Ensamblador de la PC, por bien que lo desarrollemos y muchos estándares que sigamos, tendremos prácticamente que rescribir el 100 % del código al llevarlo a UNIX, y otra vez lo mismo al llevarlo a Mac.

3.1.1.4 Lenguajes de alto nivel (tercera generación)

3.1.1.4.1 Antecedentes

Se han desarrollado cientos de lenguajes de alto nivel, pero solo unos pocos han alcanzado una amplia aceptación. FORTRAN fue desarrollado por IBM entre 1954 y 1957. FORTRAN es aún muy utilizado.

COBOL fue desarrollado en 1959 por un grupo de fabricantes de computadoras y de usuarios industriales y de gobierno. Hoy DIA más de la mitad del software

de negocios se programa aun en COBOL. PASCAL fue diseñado casi al mismo tiempo que C. Se concibió para uso académico.

3.1.1.4.2 Aparición de los Lenguajes de alto nivel

Con el desarrollo en los 50s y 60s de algoritmos de más elevado nivel, y el aumento de poder del hardware, empezaron a entrar al uso de computadoras científicas de otras ramas; ellos conocían mucho de Física, Química y otras ramas similares, pero no de Computación, y por supuesto, les era sumamente complicado trabajar con lenguaje Ensamblador en vez de fórmulas. Así, nació el concepto de *Lenguaje de Alto Nivel*, con el primer compilador de FORTRAN (FORmula TRANslation), que, como su nombre indica, inició como un "simple" esfuerzo de traducir un lenguaje de fórmulas, al lenguaje ensamblador y por consiguiente al lenguaje de máquina. A partir de FORTRAN, se han desarrollado innumerables lenguajes, que siguen el mismo concepto: buscar la mayor abstracción posible, y facilitar la vida al programador, aumentando la productividad, encargándose los compiladores o intérpretes de traducir el lenguaje de alto nivel, al lenguaje de computadora.

Para acelerar el proceso de programación se desarrollaron lenguajes de alto nivel, en los cuales se podían escribir simples enunciados para poder llevar a cabo tareas sustanciales. Los programadores de traducción que convierten los programas de lenguaje alto nivel al lenguaje de maquina se llaman compiladores. Los programas de alto nivel les permiten a los programadores escribir instrucciones que parecen prácticamente como el inglés de todos los días y contiene notaciones matemáticas.

Los lenguajes de alto nivel son mucho más deseables desde el punto de vista del programador que los lenguajes de maquina o ensambladores.

3.1.1.4.3 Lenguaje de programación en Visual Basic

Visual Basic es uno de los tantos lenguajes de programación que podemos encontrar hoy en día. Dicho lenguaje nace del BASIC (Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code) que fue creado en su versión original en el

Dartmouth College, con el propósito de servir a aquellas personas que estaban interesadas en iniciarse en algún lenguaje de programación. Luego de sufrir varias modificaciones, en el año 1978 se estableció el BASIC estándar.

La sencillez del lenguaje ganó el desprecio de los programadores avanzados por considerarlo "un lenguaje para principiantes".

Primero fue GW-BASIC, luego se transformó en QuickBASIC y actualmente se lo conoce como Visual Basic y la versión más reciente es la .NET que se incluye en el paquete Visual Studio .NET de Microsoft. Esta versión combina la sencillez del BASIC con un poderoso lenguaje de programación Visual que juntos permiten desarrollar robustos programas de 32 bits para Windows. Esta fusión de sencillez y la estética permitió ampliar mucho más el monopolio de Microsoft, ya que el lenguaje sólo es compatible con Windows, un sistema operativo de la misma empresa.

Visual Basic ya no es más "un lenguaje para principiantes" sino que es una perfecta alternativa para los programadores de cualquier nivel que deseen desarrollar aplicaciones compatibles con Windows

3.1.1.4.4 Lenguaje de programación en C

C evoluciono a partir de dos lenguajes previos, BCPI, y B.BCPL fue desarrollado en 1967 por Martín Richards, como lenguaje para escribir software y compiladores de sistemas operativos.

El lenguaje C fue derivado del lenguaje B por Dennis Ritchie y al inicio se implanto una computadora PDP-11 de DEC. C al inicio de hizo muy conocido como lenguaje de desarrollo de sistema operativo UNÍS. Hoy en día, virtualmente todos los sistemas principales están escritos en C y/o C++.

Con un diseño cuidadoso, es posible escribir programas en C que sean portátiles hacia la mayor parte de las computadoras.

Hacia fines de los 70, C había evolucionado a lo que hoy se conoce como C “tradicional”. La publicación en 1978 del libro de Kernighan y de Ritchie, *The C Programming Language*, atrajo gran atención sobre este lenguaje.

La Expansión rápida de C trajo consigo muchas variantes. Estas eran similares, pero a menudo no eran compatibles.

Dado que C es un lenguaje independiente del hardware y ampliamente disponible, las aplicaciones que están escritas en C pueden ejecutarse con poca o ninguna modificación en una amplia gama de sistemas distinto de computo.

3.1.2 PROGRAMAS

3.1.2.1 Introducción

Un programa es una secuencia de instrucciones. El proceso de ejecutar esas instrucciones se llama correr el programa. Los programas contienen las funciones de entrada, procesamiento y salida. La persona que resuelve problemas mediante escribir programas en la computadora se conoce como programador. Después de analizar el problema y desarrollar un plan para solucionarlo, escribe y prueba el programa que instruye a la computadora como llevar a cabo el plan. El procedimiento que realiza el programador se define como "problem solving". Pero es necesario especificar que un programador y un usuario no son lo mismo. Un usuario es cualquier persona que use el programa.

3.1.2.2 Pasos para desarrollar un programa

- El programador diseña un programa, para resolver un problema particular.
- Diseñar es un proceso creativo.
- El proceso de diseño de un programa consta de los siguientes pasos o etapas:

Pasos:

PASOS	ETAPA	DESCRIPCIÓN
1	Análisis del problema	Conducen al diseño detallado por medio un código escrito en forma de un algoritmo
2	Diseño de algoritmo	
3	Codificación	Se implementa el algoritmo en un código escrito en un lenguaje de programación. Refleja las ideas desarrolladas en las etapas de análisis y diseño
4	Compilación y ejecución	Traduce el programa fuente a programa en código de maquina y lo ejecuta.
5	Verificación	Busca errores en las etapas anteriores y los elimina.
6	Depuración	
7	Documentación	Son comentarios, etiquetas de texto, que facilitan la comprensión del programa

Tabla 3.1 Pasos para desarrollar un programa

3.1.2.3 Programas para el desarrollo**3.1.2.3.1 Programación en MathCad****3.1.2.3.1.1 Descripción**

Mathcad es un entorno de documentación técnica con prestaciones de cálculo numérico y simbólico, que permite explorar problemas, formular ideas, analizar datos, modelar y chequear escenarios, determinar la mejor solución, como así también documentar, presentar y comunicar los resultados.

Algunas de las capacidades matemáticas de MathCad están basadas en parte del código del programa algebraico Maple (Núcleo MathSoft de Maple o Mathsoft Kernel Maple, MKM)

MathCad se encuentra organizado como una hoja de trabajo, en las que las ecuaciones y expresiones se muestran gráficamente, no como simple texto.

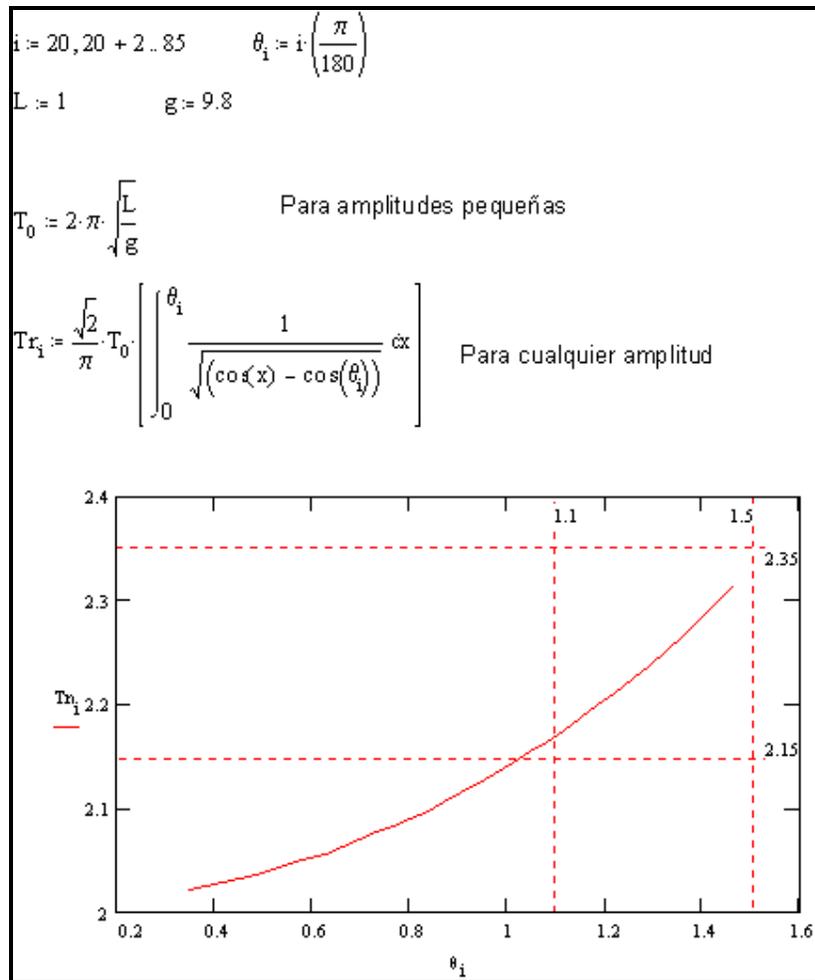


Figura 1. Hoja de trabajo en MathCad

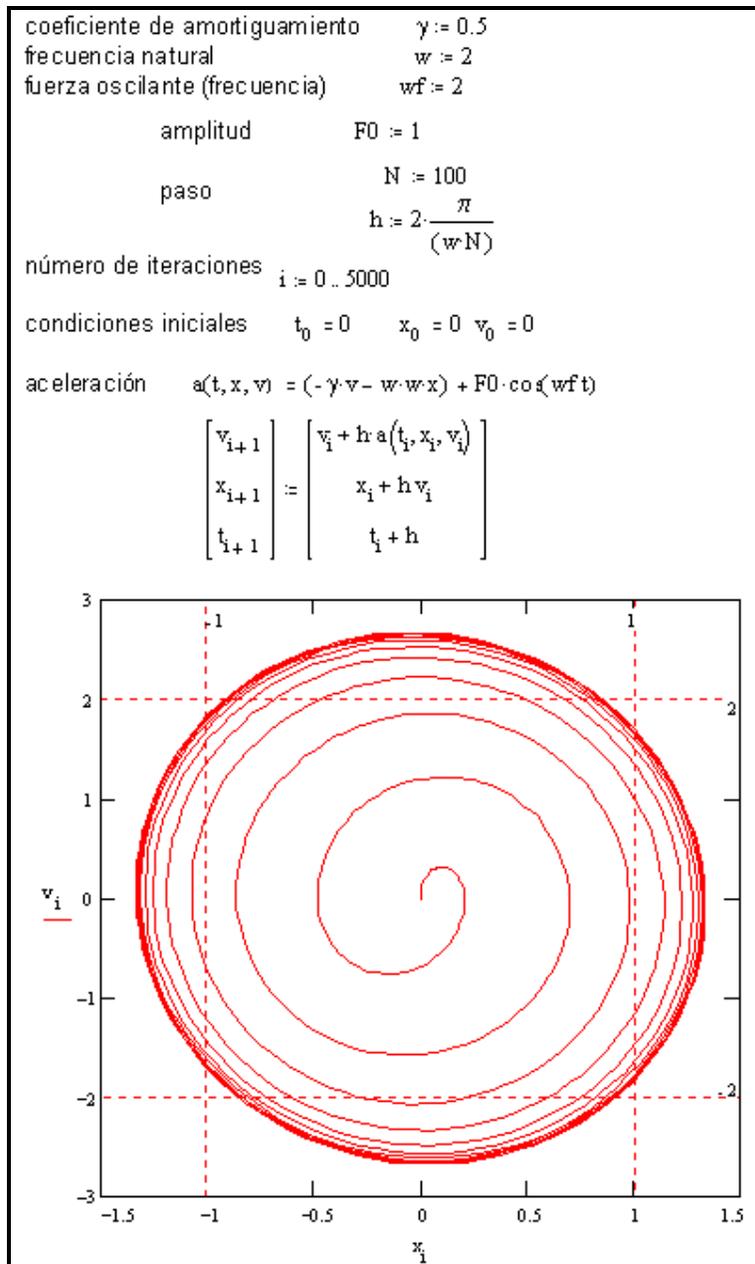


Figura 2. Hoja de trabajo en MathCad

3.1.2.3.1.2 Características

- Resolver ecuaciones diferenciales con varios métodos numéricos.
- Graficar funciones en dos o tres dimensiones.
- El uso del alfabeto griego (letras griegas mayúsculas y minúsculas).
- Cálculo de expresiones simbólicas.
- Operaciones con arreglos (vectores y matrices).

- Solución simbólica de un sistema de ecuaciones.
- Encontrar la gráfica (la curva de tendencia) de un grupo de datos.
- Implementación de subprogramas.
- Encontrar raíces de polinomios y funciones.
- Funciones estadísticas y distribuciones de probabilidad.
- Encontrar Eigenvalores o autovalores y Eigenvectores o autovectores.
- No permite realizar bucles de programación.
- El archivo generado solo puede ser ejecutado desde MathCad, esto quiere decir que su portabilidad es dependiente y baja.
- El licenciamiento del software es caro.
- La herramienta solo tiene soporte para Windows.

3.1.2.3.2 Programación en MatLab

3.1.2.3.2.1 Descripción

Se trata de un software matemático muy versátil que ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con un lenguaje de programación propio (lenguaje M).

MATLAB es un programa de cálculo numérico orientado a matrices. Por tanto, será más eficiente si se diseñan los algoritmos en términos de matrices y vectores.

El paquete MATLAB dispone de dos herramientas adicionales que expanden sus prestaciones, a saber, Simulink (plataforma de simulación multidominio) y GUIDE (editor de interfaces de usuario - GUI). Además, se pueden ampliar las capacidades de MATLAB con las cajas de herramientas (toolboxes); y las de Simulink con los paquetes de bloques (blocksets).

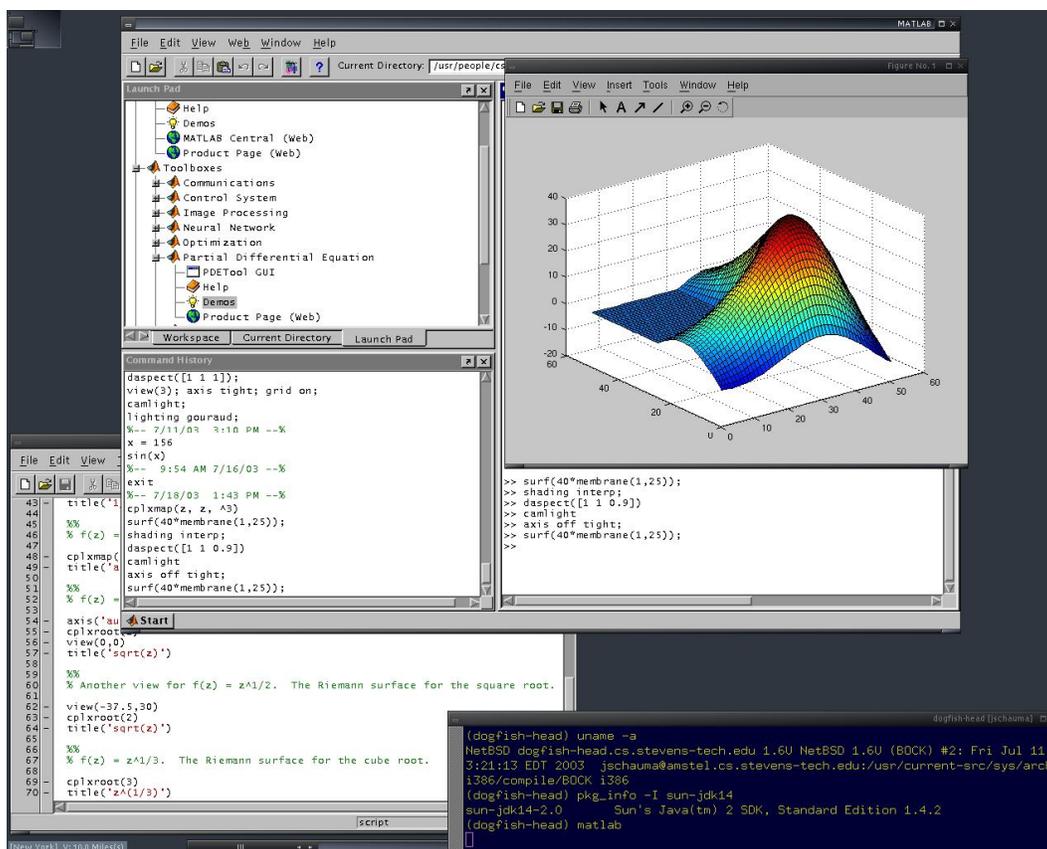


Figura 3. Interface del MatLab

En los últimos años ha aumentado el número de prestaciones, como la de programar directamente procesadores digitales de señal o crear código VHDL.

3.1.2.3.2.2 Características

- Está disponible para las plataformas Unix, Windows y Apple Mac OS X.
- Manipulación de matrices.
- Representación de datos y funciones.
- Implementación de algoritmos.
- Creación de interfaces de usuario (GUI) y la comunicación con programas en otros lenguajes y con otros dispositivos hardware.
- La portabilidad del programa realizado es independiente después de haber generado el instalador o ejecutable.
- Cálculos intensivos desde un punto de vista numérico.
- Gráficos y visualización avanzada.

- Lenguaje de alto nivel basado en vectores, arrays y matrices.
- Colección muy útil de funciones de aplicación.
- La sintaxis de MatLab es un poco compleja y el entorno de desarrollo bajo.
- El licenciamiento del software supera los US\$. 2000.

3.1.2.3.3 Programación en Excel

3.1.2.3.3.1 Descripción

Es una hoja de cálculo está organizada en columnas y filas. La planilla contiene textos y números. A esos valores los denominamos datos sin procesar. La intersección de una columna y una fila se llama celda. El nombre se compone de su letra de columna seguida de su número de fila. En Excel las planillas de cálculo se llaman hojas de cálculo. Los componentes de la ventana de aplicación de Excel son: La pequeña barra de título, la barra de menú, la barra de herramientas, la barra de formulas y la barra de estado.

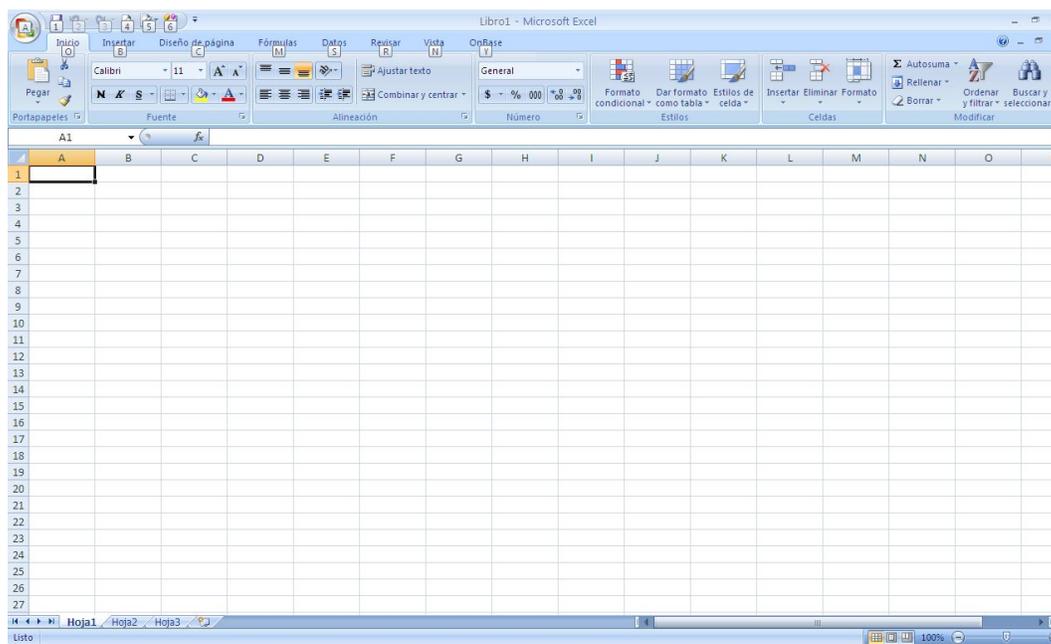


Figura 4. Interface de Excel

Este programa fue y sigue siendo desarrollado y distribuido por Microsoft. Este programa es parte del Office y su licenciamiento esta como máximo en los US\$. 200.

Excel tiene una aplicación sobre Visual Basic Script que nos permite programar objetos aunque limitadamente.

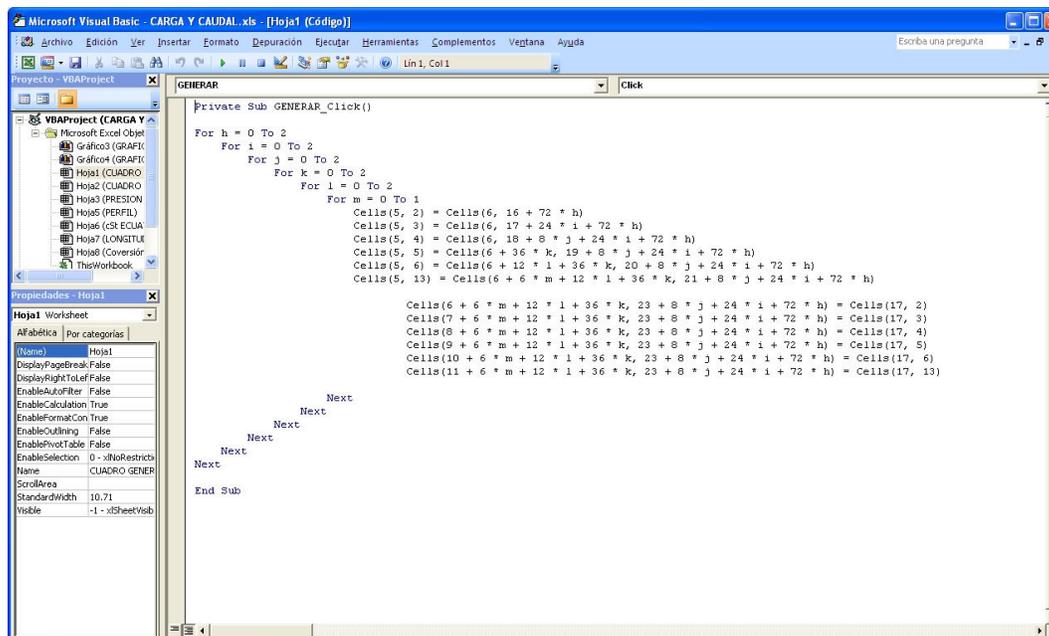


Figura 5. Interface de Visual Basic Script

3.1.2.3.3.2 Características

- Las fórmulas y funciones son limitadas y no permiten de desarrollar ecuaciones complejas.
- La actual versión (Excel 2007) es compatible con la plataforma de Windows y Macintosh.
- La ejecución del programa realizado es dependiente de que se encuentre instalado el Office. Pero en nuestro medio Microsoft Office es un programa popular, haciendo que la portabilidad sea alta.
- Permite programar en Visual Basic Script.

3.1.2.3.4 Programación en C++

3.1.2.3.4.1 Descripción

El C++ es un lenguaje de programación, diseñado a mediados de los años 1980, por Bjarne Stroustrup, como extensión del lenguaje de programación C.

Se puede decir que C++ es un lenguaje que abarca tres paradigmas de la programación: la *programación estructurada*, la *programación genérica* y la *programación orientada a objetos*.

Actualmente existe un estándar, denominado ISO C++, al que se han adherido la mayoría de los fabricantes de compiladores más modernos. Existen también algunos intérpretes como ROOT ([enlace externo](#)).

Además posee una serie de propiedades difíciles de encontrar en otros lenguajes de alto nivel:

- Posibilidad de redefinir los operadores (sobrecarga de operadores).
- Identificación de tipos en tiempo de ejecución (RTTI).

C++ está considerado por muchos como el lenguaje más potente, debido a que permite trabajar tanto a alto como a bajo nivel, sin embargo es a su vez uno de los que menos automatismos trae (obliga a hacerlo casi todo manualmente al igual que C) lo que "dificulta" mucho su aprendizaje.

El nombre C++ fue propuesto por Rick Mascitti en el año 1983, cuando el lenguaje fue utilizado por primera vez fuera de un laboratorio científico. Antes se había usado el nombre "C con clases". En C++, la expresión "C++" significa "incremento de C" y se refiere a que C++ es una extensión de C.

3.1.2.3.4.2 Características

- Facilidad que proporciona para la programación orientada a objetos y para el uso de plantillas o programación genérica (templates).
- Permite trabajar en alto y bajo nivel.
- Por ser un programa no visual dificulta en entendimiento de su codificación.
- Es un lenguaje de programación de fácil acceso y su licenciamiento es muy bajo.
- La sintaxis de sus comandos es compleja, pero que todo programador debe saber ya que se lo considera como un lenguaje madre.

- Es compatible con otros Sistemas Operativos.
- Es uno de los lenguajes de programación más completas que existe.

3.1.2.3.5 Programación en Visual C++

3.1.2.3.5.1 Descripción

Visual C++ es un entorno de desarrollo gráfico basado en el lenguaje C++ orientado a objetos, permite la creación de aplicaciones basadas en Microsoft Windows integrando clases, menús, diálogos y ventanas.

El entorno de desarrollo integra el concepto de proyecto (workspace) que contiene el código fuente de las librerías, objeto y recursos para generar el programa.

Apoyado de la potencia de la MFC (Microsoft Foundation Class) dispone de dos herramientas integradas:

- AppWizard, es el generador de aplicaciones. Se organiza e integra los distintos recursos compilándolos en una sola aplicación.
- ClassWizard, herramienta de mantenimiento de los programas. Permite añadir o eliminar clases, modificar los comportamientos de las mismas, etc.

Al ser un entorno gráfico incluye algunas herramientas para el programador

- Editor de texto
- Compilador
- Depurador
- Visor de datos

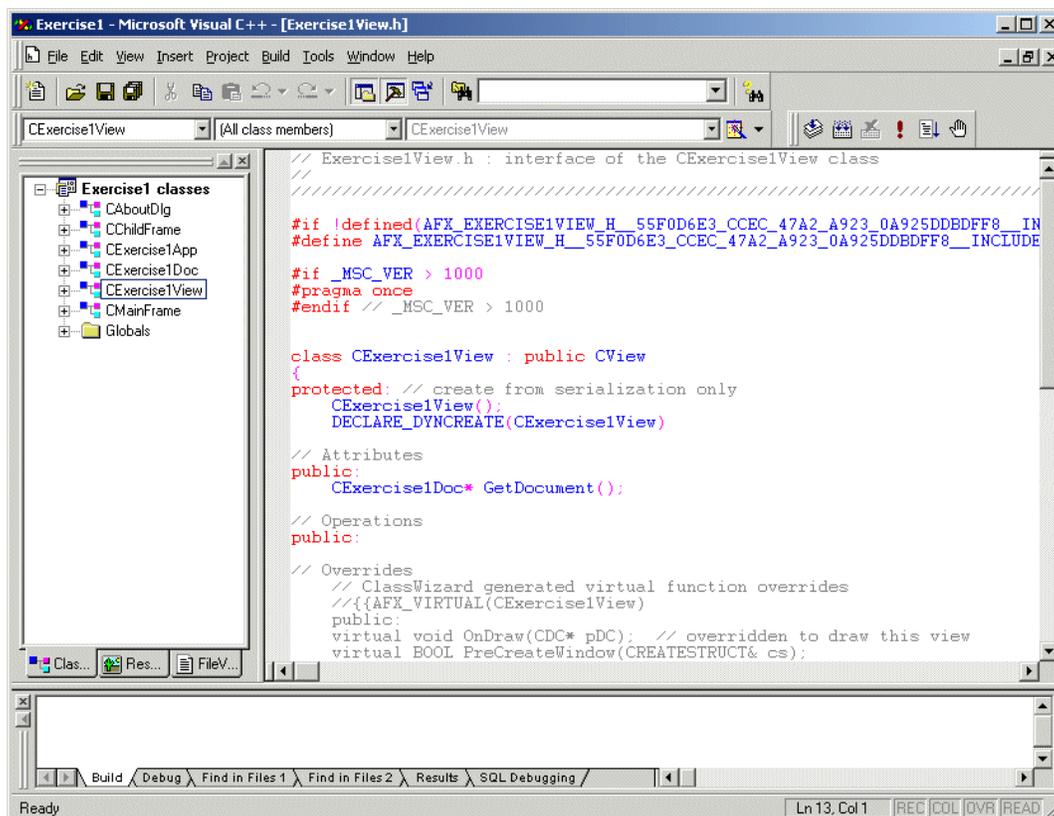


Figura 6. Interface de Visual C++

3.1.2.3.5.2 Características

- Codificación C y C++
- Aplicación (.EXE) basada en la MFC y SDK.
- Librería de enlace dinámico (.DLL) basada en la MFC y SDK.
- Aplicación (.EXE) modelo DOS (Console application)
- Programación orientada a objetos permitiendo la abstracción, encapsulamiento, herencia y polimorfismo de objetos.
- Permite la creación de aplicaciones interactivas para el usuario con el uso del mouse, teclado y otros periféricos.
- No es compatible con otros sistemas operativos fuera de la plataforma Windows.

3.1.2.3.6 Programación en Java

3.1.2.3.6.1 Descripción

Java es un lenguaje orientado a objetos creado en los años 90 por la empresa Sun Microsystems, es un lenguaje multiplataforma y de código abierto.

La sintaxis de java es similar a la de C y C++ y tiene un modelo de objetos más simple. El JRE (Java Runtime Environment, o Entorno en Tiempo de Ejecución de Java) es el software necesario para ejecutar cualquier aplicación desarrollada para la plataforma Java.

Java fue creado con el siguiente propósito:

- Usar una metodología orientada a objetos
- Ejecución del programa en múltiples plataformas
- Soporte de trabajo en red
- Ejecutar código en sistemas remotos de forma segura
- Fácil de usar y tomar lo mejor de otros lenguajes orientados a objetos como C++.

Java cuenta con varias bibliotecas que son el resultado de compilar el código fuente desarrollado por quien implementa la JRE, ofrecen apoyo para el desarrollo en Java por ejemplo:

- Manejo de datos permite implementar estructuras, arrays, árboles y conjuntos.
- Análisis XML.
- Seguridad.
- Internacionalización y localización.
- Creación de interfaces con sistemas externos.
- Acceso a bases de datos JDBC.
- Interfaz JNDI (Java Naming and Directory Interface) para servicios de directorio.

- RMI (Remote Method Invocation) y CORBA para el desarrollo de aplicaciones distribuidas.
- Herramientas nativas AWT (Abstract Windowing Toolkit), que ofrece componentes GUI (Graphical User Interface), mecanismos para crear interfaces amigables para el usuario.
- Librerías de captura, procesamiento y reproducción de audio.

Cuenta con tres plataformas para el desarrollo de aplicaciones:

- Java ME (Java Platform, Micro Edition) o J2ME — orientada a entornos de limitados recursos, como teléfonos móviles, PDAs.
- Java SE (Java Platform, Standard Edition) o J2SE — para entornos de gama media y estaciones de trabajo.
- Java EE (Java Platform, Enterprise Edition) o J2EE — orientada a entornos distribuidos empresariales o de Internet.

Algunas de las extensiones y arquitecturas desarrolladas en Java son:

- JMF (Java Media Framework)
- JavaHelp
- JavaMail
- JSML (Java Speech API Markup Language)
- JAIN (Java API for Integrated Networks)
- JDMK (Java Dynamic Management Kit)
- JML (Java Modeling Language)
- JMI (Java Metadata Interface)
- JMX (Java Management Extensions)
- JSP (JavaServer Pages)
- JSF (JavaServer Faces)
- JNI (Java Native Interface)
- JXTA (Protocolos abiertos para redes virtuales Peer-to-Peer o P2P)
- Java 3D (Una API de alto nivel para programación gráfica en 3D)

- JOGL (Java OpenGL—Una API de bajo nivel para programación gráfica usando OpenGL)

Para facilitar el desarrollo de aplicaciones en java algunas empresas han creado varias plataformas:

- BEA Workshop – software comercial, desarrollado por BEA Systems, integrado con BEA WebLogic.
- Eclipse – libre y de código abierto, Eclipse es desarrollado por la Fundación Eclipse.
- JGrasp - Software gratuito desarrollado por el Department of Computer Science and Software Engineering en el the Samuel Ginn College of Engineering de la Universidad de Auburn.
- JBuilder – software comercial (existe una versión gratuita). JBuilder es desarrollado por Borland.
- JCreator – software comercial(existe una versión gratuita) desarrollado por Xinox.
- JDeveloper – IDE gratuito desarrollado por Oracle Corporation e integrado con Oracle Application Server.
- NetBeans – IDE y plataforma base para aplicaciones ricas de escritorio (Rich Apps) gratuito de código abierto desarrollado por NetBeans.org
- Sun Java Studio Enterprise – software comercial (gratis para los miembros de Sun Developer Network), desarrollado por Sun Microsystems.
- Rational Application Developer for WebSphere Software – software comercial, desarrollado por IBM, integrado con WebSphere Application Server.

Java se ha convertido en un lenguaje con una implantación masiva en todos los entornos (personales y empresariales). La popularidad de java se calcula en 4,5 millones el número de desarrolladores y 2.500 millones de dispositivos habilitados con tecnología Java.

3.1.2.3.6.2 Características

- Metodología de programación orientada a objetos.
- Sintaxis de programación genérica, estructurada y orientada a objetos.
- Independencia de la plataforma, es capaz de ejecutar el programa en cualquier dispositivo con el uso de máquina virtual JVM.
- Código abierto y un gran cantidad de librerías libres disponibles para el programador.
- Permite la ejecución de aplicaciones remotas en la web con el uso de applets.
- Recolector de basura, gestiona el ciclo de vida de los objetos. Permite una fácil creación y eliminación de objetos.
- Para generar aplicaciones gráficas avanzadas se necesitan librerías especiales como AWT (Abstract Windowing Toolkit).

3.1.2.3.7 Programación en Visual Basic

3.1.2.3.7.1 Descripción

Visual Basic es un lenguaje de programación desarrollado por Alan Cooper para Microsoft. El lenguaje de programación es un dialecto de BASIC, con importantes añadidos. Su primera versión fue presentada en 1991 con la intención de simplificar la programación utilizando un ambiente de desarrollo completamente gráfico que facilitara la creación de interfaces gráficas y en cierta medida también la programación misma. En 2001 Microsoft propone abandonar el desarrollo basado en la API Win32 y pasar a trabajar sobre un framework o marco común de librerías independiente de la versión del sistema operativo que presenta serias incompatibilidades con el código Visual Basic existente.

Visual Basic constituye un IDE (entorno de desarrollo integrado o en inglés Integrated Development Environment) que ha sido empaquetado como un programa de aplicación, es decir, consiste en un editor de código (programa donde se escribe el código fuente), un depurador (programa que corrige errores en el código fuente para que pueda ser bien compilado), un compilador

(programa que traduce el código fuente a lenguaje de máquina), y un constructor de interfaz gráfica o GUI (es una forma de programar en la que no es necesario escribir el código para la parte gráfica del programa, sino que se puede hacer de forma visual).

3.1.2.3.7.2 Características

- Es un lenguaje de fácil aprendizaje pensado tanto para programadores principiantes como expertos, guiado por eventos, y centrado en un motor de formularios que facilita el rápido desarrollo de aplicaciones gráficas.
- Su sintaxis, derivada del antiguo BASIC, ha sido ampliada con el tiempo al agregarse las características típicas de los lenguajes estructurados modernos. Se ha agregado una implementación limitada de la programación orientada a objetos (los propios formularios y controles son objetos), aunque sí admite el polimorfismo mediante el uso de los Interfaces, no admite la herencia.
- No requiere de manejo de punteros y posee un manejo muy sencillo de cadenas de caracteres.
- Posee varias bibliotecas para manejo de bases de datos, pudiendo conectar con cualquier base de datos a través de ODBC (Informix, DBase, Access, MySQL, SQL Server, PostgreSQL ,etc) a través de ADO.
- Es utilizado principalmente para aplicaciones de gestión de empresas, debido a la rapidez con la que puede hacerse un programa que utilice una base de datos sencilla, además de la abundancia de programadores en este lenguaje.
- La plataforma donde se ejecutan estos programas en Windows, debido a que sus bibliotecas (DLL) se ejecutan en esta plataforma, desde Windows 2000.

3.2 REQUERIMIENTO DEL HARDWARE

3.2.1 DETERMINACIÓN DEL LENGUAJE O PROGRAMA

3.2.1.1 Calificación por Programa o Lenguaje de Programación

3.2.1.1.1 *MathCad*

Características de Calificación	SI	NO
Realiza funciones matemáticas complejas	1	0
Compatibilidad con otros Sistemas Operativos (Windows)	0	1
Fácil sintaxis del lenguaje	1	0
Entorno de desarrollo	0	1
Velocidad de desarrollo	0	1
Popularidad	0	1
Código Abierto	0	1
Grado de conocimiento de programación	1	0
TOTAL	3	5

3.2.1.1.2 *MatLab*

Características de Calificación	SI	NO
Realiza funciones matemáticas complejas	1	0
Compatibilidad con otros Sistemas Operativos (Windows)	1	0
Fácil sintaxis del lenguaje	0	1
Entorno de desarrollo	1	0
Velocidad de desarrollo	0	1
Popularidad	0	1
Código Abierto	0	1
Grado de conocimiento de programación	1	0
TOTAL	4	4

3.2.1.1.3 *Excel*

Características de Calificación	SI	NO
Realiza funciones matemáticas complejas	0	1
Compatibilidad con otros Sistemas Operativos (Windows)	0	1

Fácil sintaxis del lenguaje	1	0
Entorno de desarrollo	0	1
Velocidad de desarrollo	0	1
Popularidad	1	0
Código Abierto	0	1
Grado de conocimiento de programación	1	0
TOTAL	3	5

3.2.1.1.4 C++

Características de Calificación	SI	NO
Realiza funciones matemáticas complejas	0	1
Compatibilidad con otros Sistemas Operativos (Windows)	1	0
Fácil sintaxis del lenguaje	0	1
Entorno de desarrollo	0	1
Velocidad de desarrollo	0	1
Popularidad	1	0
Código Abierto	1	0
Grado de conocimiento de programación	1	0
TOTAL	4	4

3.2.1.1.5 Visual C++

Características de Calificación	SI	NO
Realiza funciones matemáticas complejas	0	1
Compatibilidad con otros Sistemas Operativos (Windows)	0	1
Fácil sintaxis del lenguaje	0	1
Entorno de desarrollo	1	0
Velocidad de desarrollo	0	1
Popularidad	1	0
Código Abierto	0	1
Grado de conocimiento de programación	1	0
TOTAL	3	5

3.2.1.1.6 Java

Características de Calificación	SI	NO
Realiza funciones matemáticas complejas	0	1
Compatibilidad con otros Sistemas Operativos (Windows)	1	0
Fácil sintaxis del lenguaje	0	1
Entorno de desarrollo	0	1
Velocidad de desarrollo	0	1
Popularidad	0	1
Código Abierto	0	1
Grado de conocimiento de programación	1	0
TOTAL	2	6

3.2.1.1.7 Visual Basic

Características de Calificación	SI	NO
Realiza funciones matemáticas complejas	0	1
Compatibilidad con otros Sistemas Operativos (Windows)	0	1
Fácil sintaxis del lenguaje	1	0
Entorno de desarrollo	1	0
Velocidad de desarrollo	1	0
Popularidad	1	0
Código Abierto	0	1
Grado de conocimiento de programación	1	0
TOTAL	5	3

3.2.2 CARACTERÍSTICAS DEL COMPUTADOR

Una vez determinado el lenguaje de programación en el cual se va a realizar el software tenemos que determinar las características del computador.

Para esto se acogen varios criterios:

- Procesador.
- Memoria RAM.
- Disco Duro.

- Sistema Operativo que soporta el computador.
- Tarjeta de Video.

Además, las características del monitor también deben ser tomadas en cuenta ya que el software a generarse presenta datos gráficos y debe dar una buena apreciación para el usuario.

Las características que rigen en el monitor son:

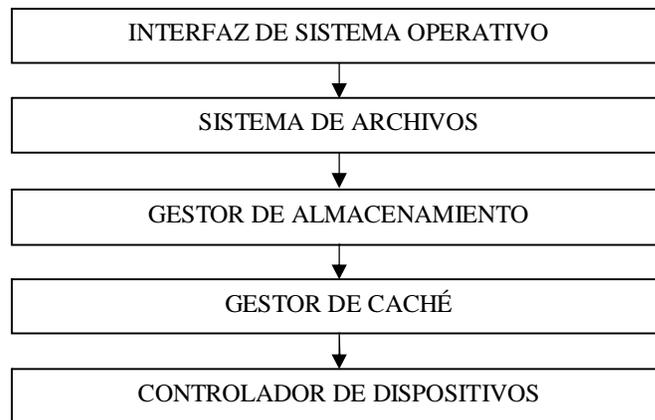
- Tamaño (Área útil).
- Resolución mínima.
- Frecuencia de refresco.

El software a realizarse tiene una interface gráfica que le permite al usuario obtener los resultados de la simulación de manera rápida y objetiva, por lo que el hardware debe ser rápido y con un gran espacio de memoria RAM. Además la gran cantidad de cálculos nos obliga a recomendar las siguientes características mínimas.

Características mínimas del CPU	
Procesador	Intel Pentium Core Duo, T2400@1.83GHz
Memoria RAM	1 GB, 667 MHz
Disco Duro	80 GB, 7200 RPM
Sistema Operativo que soporta el computador	Windows XP SP2
Tarjeta de Video	256MB ATI Radeon 2400 XT, Dual Monitor VGA
Características mínimas del monitor	
Tamaño (Área útil)	17 pulgadas
Resolución mínima	1280 x 800 píxeles
Frecuencia de refresco	60 Hz

3.3 ARQUITECTURA DEL PROGRAMA

La arquitectura del programa está estructurada en capas, cada una de ellas tiene su funcionalidad definida.



Consta de 5 capas:

- Interfaz del Sistema Operativo
- Sistema de archivos
- Gestor de almacenamiento
- Gestor de caché
- Controlador de dispositivos

3.3.1 INTERFAZ DEL SISTEMA OPERATIVO

Proporciona servicios de E/S síncrona y asíncrona a las aplicaciones y una interfaz homogénea para poderse comunicar con los manejadores de dispositivo ocultando los detalles de bajo nivel.

3.3.2 SISTEMA DE ARCHIVOS

Proporcionan una interface homogénea, a través del sistema de archivos virtuales, para acceder a todos los sistemas de archivos que proporciona el sistema operativo.

3.3.3 GESTOR DE ALMACENAMIENTO

Es un módulo del programa que proporciona la interfaz entre los datos de bajo nivel en el software y los programas de aplicación.

3.3.4 GESTOR DE CACHE

Optimiza la E/S mediante la gestión de almacenamiento intermedio en memoria para dispositivos de E/S de tipo bloque.

3.3.5 CONTROLADOR DE DISPOSITIVOS

Proporcionan operaciones de alto nivel sobre los dispositivos y las traducen en su ámbito interno a operaciones de control de cada dispositivo particular.

3.4 DIAGRAMA DEL SOFTWARE

3.4.1 SIMBOLOGÍA DEL DIAGRAMA DE FLUJO

Los diagramas de flujo (flows charts) es la representación grafica del algoritmo²²; según la ANSI consta de una simbología, que tiene los siguientes significados:

	SÍMBOLO	FUNCIÓN
Inicio/Fin		Representa el inicio y fin del diagrama de flujo.
Proceso		Cualquier tipo de operación que origine cambio de valor, formato, posición de la información almacenada en memoria, operaciones aritméticas, de transferencia, etc.
Entrada/Salida		Cualquier tipo de introducción de datos en la memoria desde los periféricos "entrada" o registros de información procesada en un periférico de salida

²² Algoritmo.- es un método para resolver un problema mediante una serie de pasos definidos, precisos y finitos.

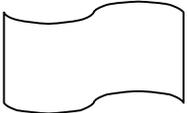
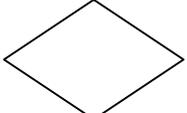
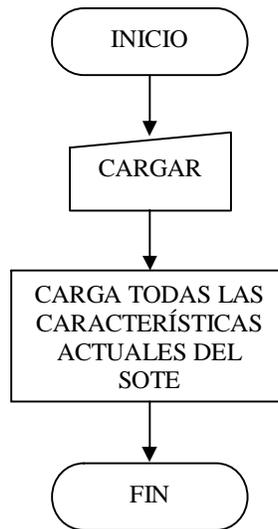
Impresora		Se utiliza en ocasiones en lugar del simbolo de entradaa/salida
		Llamada a subrutina, funcion o procedimiento; este es un modulo independiente del programa principal, que recibe una entrada procedente de dicho programa , realiza una tarea determinada y regresa al terminar al programa principal
Monitor		Pantalla ; en ocasiones se utiliza en lugar de simbolo de entrada / salida
Proceso: Decisión		Indica operaciones logicas o de comparacionentre datos- normalmente entre dos y en funcion del resultado, determina cual de los dos caminos alternativos se debe seguir; normalmente tiene dos salidas- respuestas si o no.
Conector		Sirve para enlazardos partes cualesquiera de un organigrama a traves de un conector de salida y otro en la entrada. En la misma pagina del diagrama
Conector		Conexión entre dos puntos del organigrama situados en paginas diferentes
Teclado		En ocasiones se utiliza en lugar del simbolo de entrada/salida

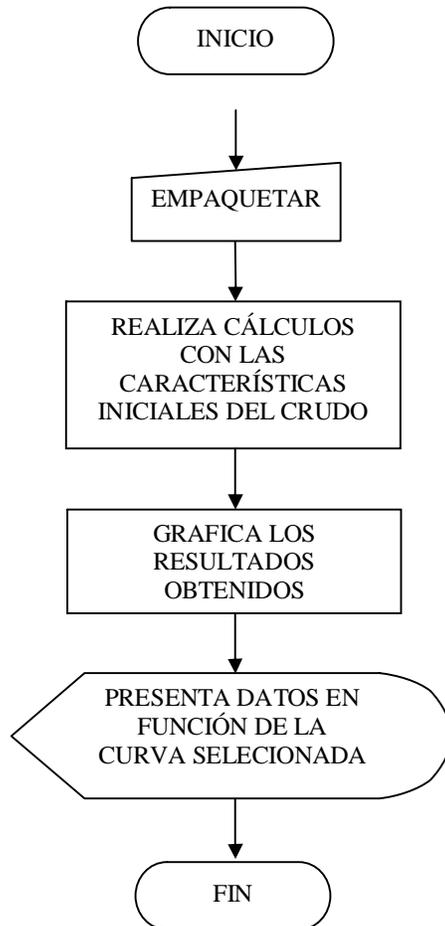
Tabla 3.2 Símbolos del diagrama de flujo

3.4.2 DIAGRAMA DEL SOFTWARE

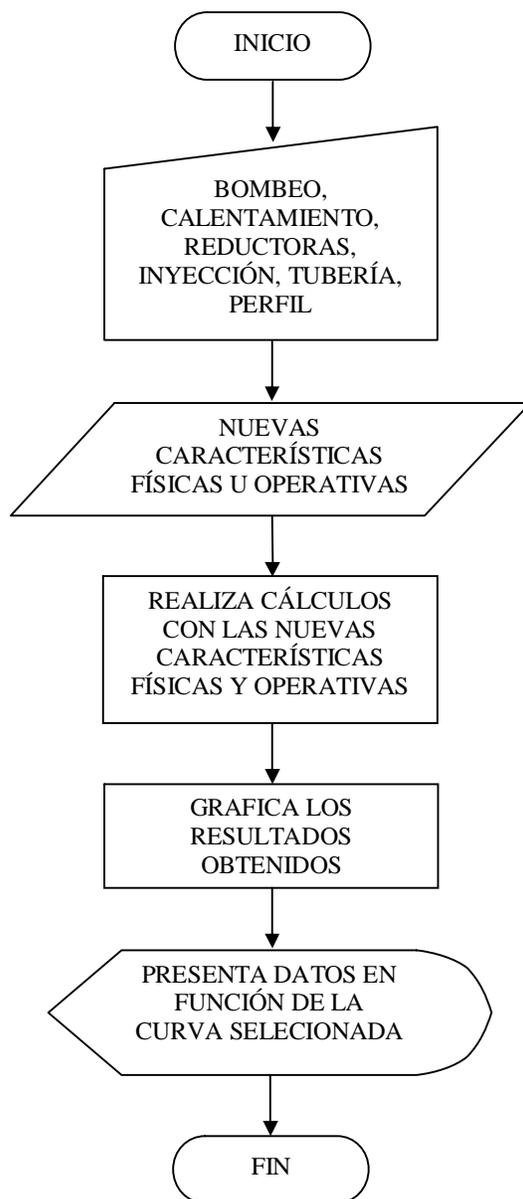
3.4.2.1 Pantalla inicial del software



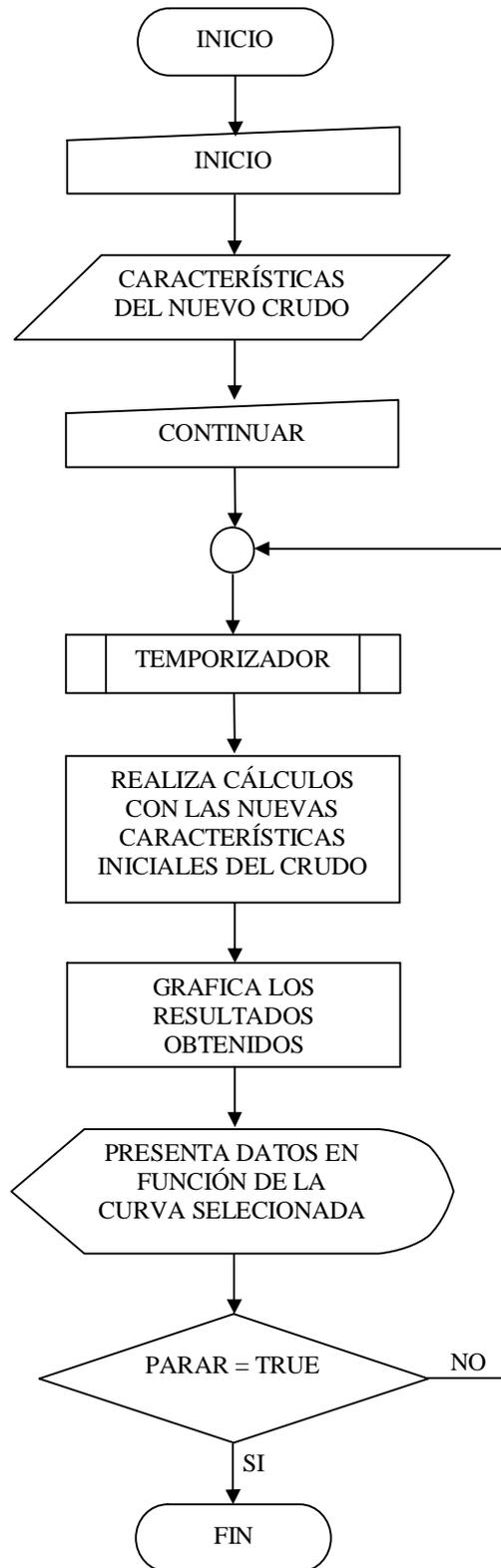
3.4.2.2 Procedimiento para visualizar resultados



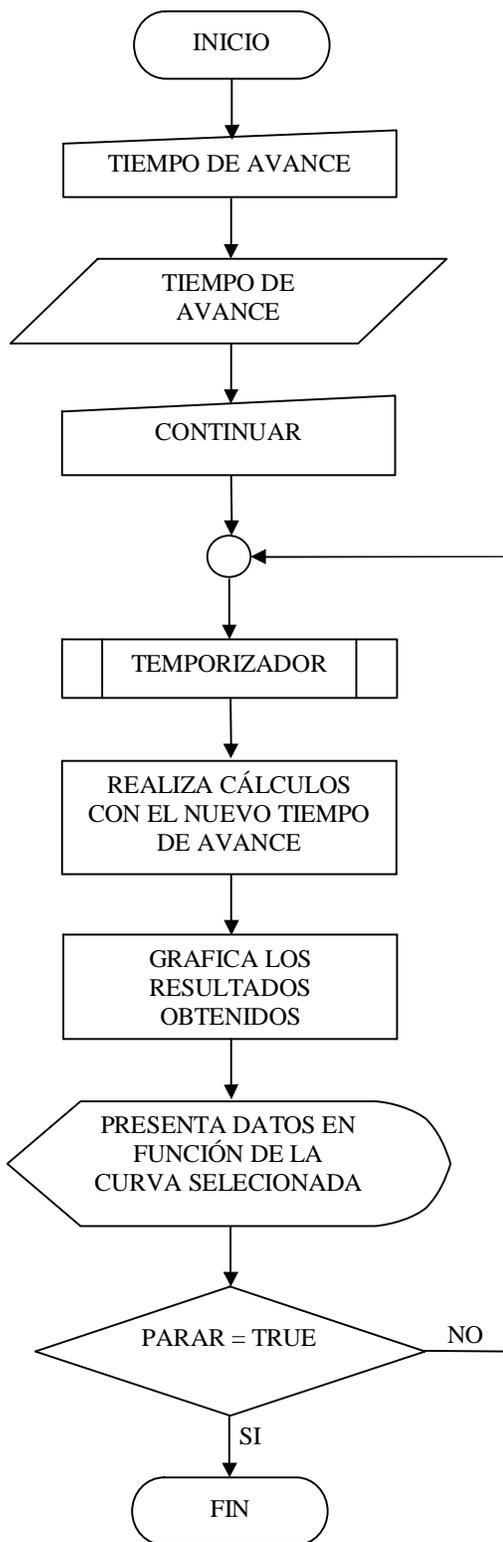
3.4.2.3 Procedimiento para simular cambios físicos y de operación en el oleoducto



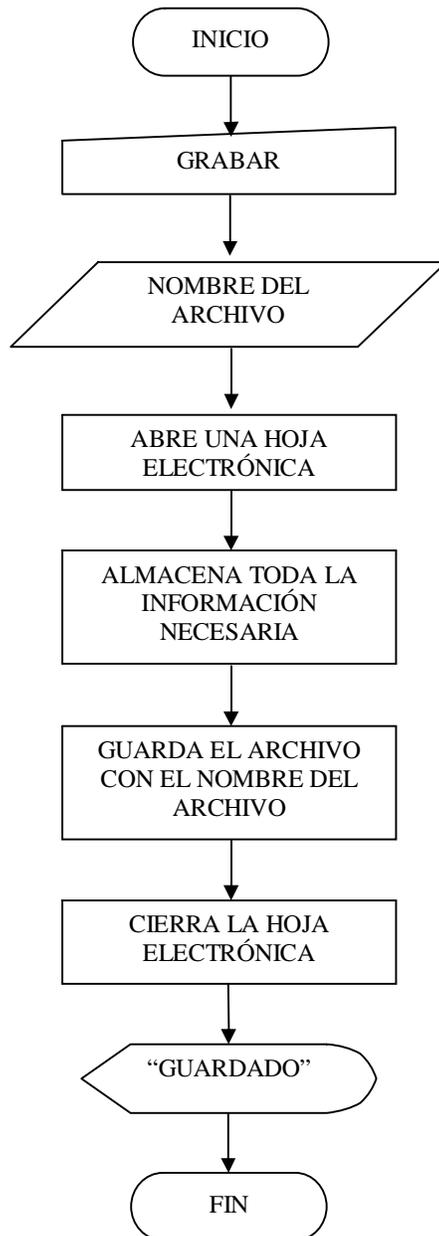
3.4.2.4 Procedimiento para simular batches de crudo



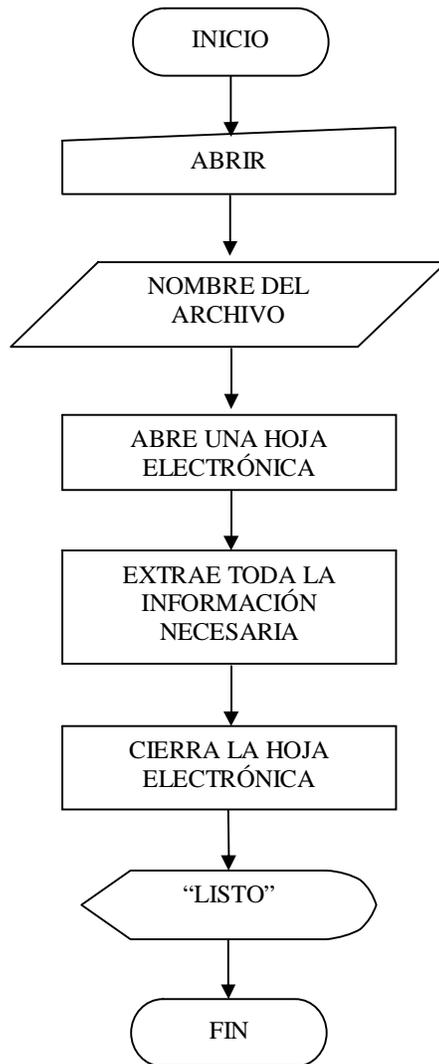
3.4.2.5 Procedimiento para simular el tiempo de avance



3.4.2.6 Procedimiento para grabar la simulación



3.4.2.7 Procedimiento para abrir una simulación



3.5 ELEMENTOS DEL SOFTWARE

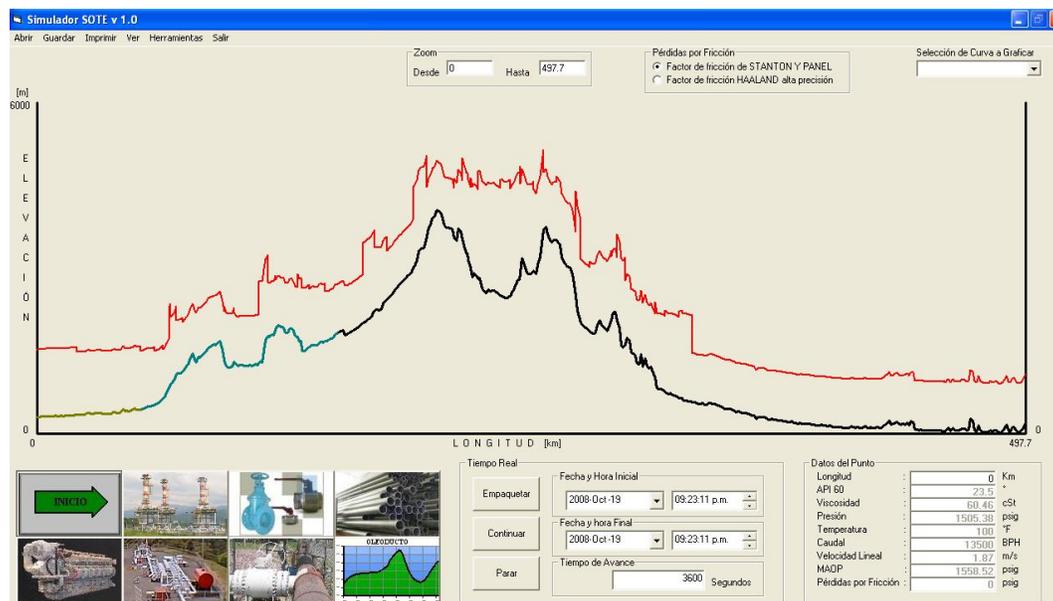
3.5.1 INTERFACES CON EL USUARIO

3.5.1.1 Ventana Inicial



Permite cargar las características actuales del SOTE.

3.5.1.2 Ventana Principal



Aquí podemos observar la simulación en general: Flujo del transporte, Datos obtenidos (resultados), Curvas características, etc. Además podemos hacer uso de varias herramientas como el cálculo de la viscosidad en función de su temperatura.



3.5.1.3 Botón INICIO

Punto de Inicio

API 60 : 23.500

Viscosidad @ 100°F : 60.462 cSt

Viscosidad @ 120°F : 40.259 cSt

Caudal Inicial : 13500 BPH

Presión Inicial : 120 psig

Temperatura : 100 °F

Botones: Calcular Viscosidad, Aceptar, Cancelar

Esta ventana nos permite modificar la característica del crudo inicial.



3.5.1.4 Botón Estaciones de Bombeo

Estación de Bombeo

Nombre : Lago Agrio

Longitud : 0.000 Km

Número de Bombas : 6

Distribución de las Bombas : Paralelo

Características de cada Unidad de Bombeo

Potencia al Freno del Motor : 2428.571 BHP

Eficiencia de la Bomba : 72.234 %

% Carga : 72.558 %

Botones: Calcular BHP, Calcular %EFF, Calcular %Carga, Modificar, Cancelar

Nos permite agregar, modificar y quitar estaciones de bombeo.



3.5.1.5 Botón Estaciones de Calentamiento



The dialog box titled "Estación de Calentamiento" contains the following fields and buttons:

- Nombre :
- Longitud : Km
- Delta T : °F
- Buttons: "Agregar" and "Cancelar"

Nos permite agregar, modificar y quitar estaciones de calentamiento.



3.5.1.6 Botón Estaciones Reductoras



The dialog box titled "Estación Reductora" contains the following fields and buttons:

- Nombre :
- Longitud : Km
- Delta P : psig
- Buttons: "Modificar" and "Cancelar"

Nos permite agregar, modificar y quitar estaciones reductoras.



3.5.1.7 Botón Válvulas y Accesorios



The dialog box titled "Válvulas y Accesorios" contains the following fields and buttons:

- Nombre :
- Longitud : Km
- Tipo :
- Coefficiente de Resistencia [K] :
- Buttons: "Agregar" and "Cancelar"

Nos permite agregar, modificar y quitar válvulas y accesorios.



3.5.1.8 Botón Punto de Inyección

Punto de Inyección

Nombre :

Longitud : Km

API 60 :

Viscosidad @ 100°F : cSt

Viscosidad @ 120°F : cSt

Temperatura : °F

Caudal : BPH

Potencia Requerida @ 65% de Eficiencia : BHP

Calcular Viscosidad

Nos permite agregar, modificar y quitar puntos de inyección.



3.5.1.9 Botón Características de la Tubería

Característica de la Tubería

NOTA: Longitud Inicial igual a 0

Longitud Hasta	Diámetro Externo	Espesor	Rugosidad	Coef. Transf. Calor Global	
20	26	0.469	0.045		1
52	26	0.438	0.045		1
59	26	0.406	0.045		1
63	26	0.375	0.045		1
66	26	0.344	0.045		1
67	26	0.562	0.045		1
70	26	0.469	0.045		1
73	26	0.375	0.045		1
94	26	0.344	0.045		1
99	26	0.375	0.045		1
112	26	0.344	0.045		1
116	26	0.562	0.045		1
120	26	0.375	0.045		1
131	26	0.344	0.045		1
137	26	0.438	0.045		1
145	26	0.406	0.045		1
164	26	0.344	0.045		1
170	26	0.562	0.045		1
176	26	0.438	0.045		1
189	26	0.344	0.045		1
196	26	0.562	0.045		1
210	26	0.344	0.045		1
214	26	0.406	0.045		1
218	26	0.562	0.045		1
222	26	0.625	0.045		1

Unidad de Longitud :

Unidad de Diámetro :

Unidad de Espesor :

Unidad de Rugosidad :

Unidad de Coef. Transf. Calor Global :

Nos permite modificar diámetros, espesores, rugosidad y coeficiente de transferencia de calor a lo largo de la tubería.



3.5.1.10 Botón Perfil

Perfil Topográfico

Longitud	Elevación	Temperatura Ambiente
0	296	73
1	300	72.99
2	307	72.97
3	305	72.98
4	310	72.96
5	313	72.95
6	310	72.96
7	315	72.95
8	314	72.95
9	318	72.94
10	317	72.94
11	316	72.94
12	319	72.94
13	315	72.95
14	326	72.92
15	323	72.93
16	332	72.9
17	329	72.91
18	330	72.91
19	335	72.89
20	335	72.89
21	339	72.88
22	340	72.88
23	343	72.87
24	344	72.87
25	372	72.79

Unidad de Longitud: Km
 Unidad de Elevación: m
 Unidad de Temperatura: °F

Eliminar Fila
 Ordenar Filas
 Aceptar
 Cancelar

Nos permite modificar longitud, elevación y temperatura ambiente del oleoducto.

3.5.1.11 Cuadro de Tiempo Real

Tiempo Real

Empaquetar

Continuar

Parar

Fecha y Hora Inicial: 2008-May-19 12:44:46 p.m.

Fecha y hora Final: 2008-May-19 12:44:46 p.m.

Tiempo de Avance: 3600 Segundos

Nos permite visualizar la simulación por medio de los botones EMPAQUETAR, CONTINUAR Y PARAR, además, el tiempo transcurrido de la simulación según el Tiempo de Avance.

3.5.1.12 Características de un punto específico.

Datos del Punto		
Longitud	:	<input type="text" value="0"/> Km
API 60	:	<input type="text"/>
Viscosidad	:	<input type="text"/> cSt
Presión	:	<input type="text"/> psig
Temperatura	:	<input type="text"/> °F
Caudal	:	<input type="text"/> BPH
Velocidad Lineal	:	<input type="text"/> m/s
MAOP	:	<input type="text"/> psig
Pérdidas por Fricción	:	<input type="text"/> psig

Nos indica las propiedades del crudo que circula por un punto específico.

3.5.1.13 Seleccionar Curva a Graficar

Selección de Curva a Graficar	
<input type="text"/>	▼
Gradiente Hidráulico Gradiente Térmico Caudal Temperatura Ambiente Velocidad Lineal API60 Viscosidad	

Nos ayuda a visualizar la curva seleccionada a la largo del oleoducto.

3.5.1.14 Zoom

Zoom		
Desde	<input type="text" value="0"/>	Hasta <input type="text" value="497.7"/>

Nos ayuda a visualizar a detalle la gráfica y sus resultados, presentando el tramo del perfil topográfico según los valores ingresados.

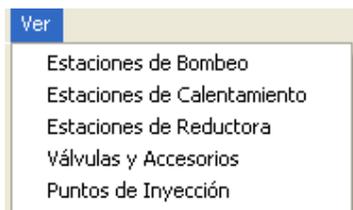
3.5.1.15 Menú

3.5.1.15.1 **Abrir** Abrir

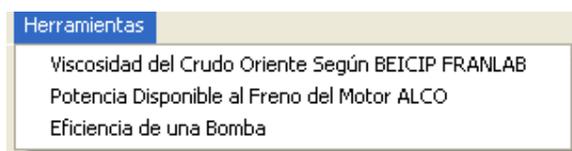
Abre una simulación ya ejecutada en el pasado. El archivo a abrir tiene la extensión SOTE.

3.5.1.15.2 Guardar Guardar

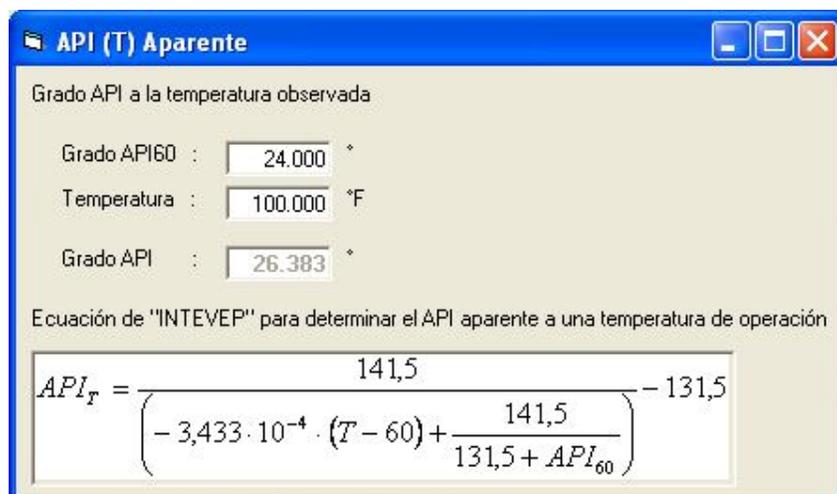
Guarda la simulación ejecutada en un archivo con extensión SOTE.

3.5.1.15.3 Ver

Nos permite visualizar de manera rápida y gráfica donde se encuentran las estaciones de bombeo, calentamiento, reductoras, válvulas, accesorios y los puntos de inyección.

3.5.1.15.4 Herramientas

Dentro de las herramientas existen las siguientes opciones:

API Aparente

Sabemos que los fluidos al ser calentados o enfriados su densidad cambia por lo que esta ecuación nos permite calcular el API Aparente de un hidrocarburo a una determinada temperatura.

Viscosidad del crudo oriente según el estudio realizado por BEICIP FRANLAB

Viscosidad estimada del petroleo crudo del oriente ecuatoriano en función del grado API y la temperatura en °F

Grado API : °

Temperatura : °F

Viscosidad : cSt

Ecuación de "BEICIP FRANLAB" para el crudo de la región amazónica del Ecuador - SOTE

$$cSt = e^{\left(\ln \left(\ln \left(e^{(28.49994 - 7.7282 \cdot \ln(API) + 0.7)} \right) + \ln \left(\frac{\ln \left(e^{(28.49994 - 7.7282 \cdot \ln(API) + 0.7)} \right) \ln \left(\frac{(460+T)}{(560)} \right)}{\ln \left(\frac{(560)}{(610)} \right)} \right) \right) \right) - 0.7}$$

La ecuación presente en la ventana es un modelo matemático que se aplica para el crudo de la región amazónica, llamado este crudo oriente (mayor a 20°API). Esta ecuación está en función del grado API y la Temperatura; nos permite calcular y tener un valor muy aproximado de la viscosidad sin tener necesidad de realizar el análisis a el laboratorio.

Potencia Disponible al Freno del Motor ALCO

Motor de cilindros

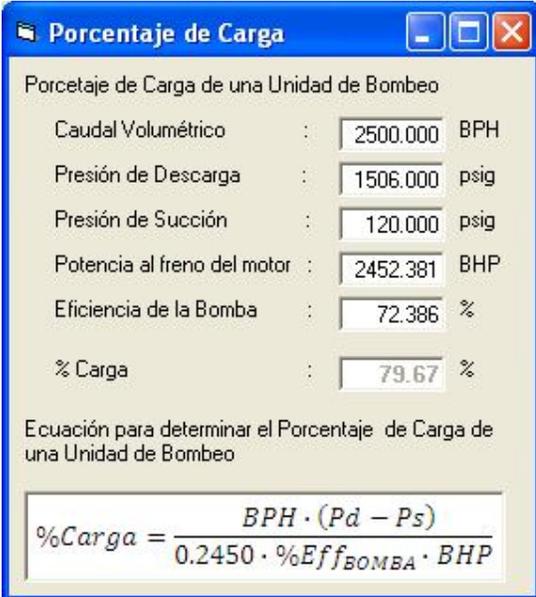
1800.000 BHP @ 1050.000 RPM

BHP @ RPM

Nota: El Oleoducto tiene como Set Points : 950 RPM (Mínimo)
1030 RPM (Máximo)

En la operación del SOTE se tiene como límites a la velocidad angular de los motores ALCO entre 950 - 1030 RPM, y se aplica para todos los motores ya sean estos de 12, 16 y 18 cilindros. En la curva de Potencia vs RPM del motor, este límite nos permite considerar este rango como una recta por lo que el cálculo es una regla de tres simple.

Porcentaje de Carga



Porcentaje de Carga de una Unidad de Bombeo

Caudal Volumétrico : 2500.000 BPH

Presión de Descarga : 1506.000 psig

Presión de Succión : 120.000 psig

Potencia al freno del motor : 2452.381 BHP

Eficiencia de la Bomba : 72.386 %

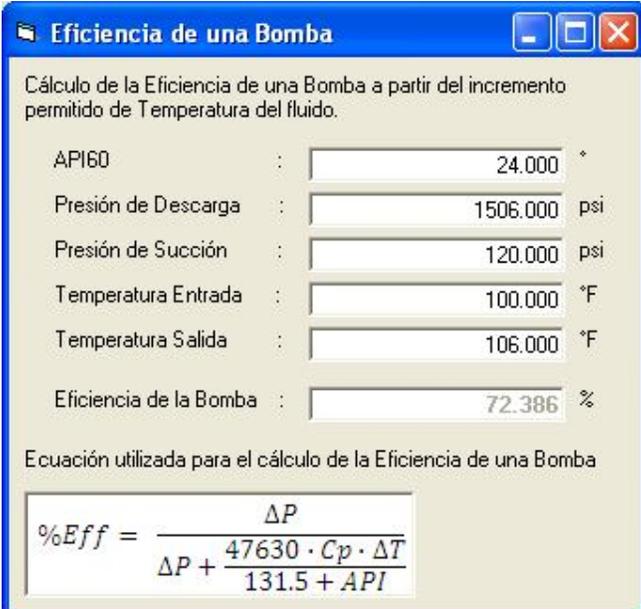
% Carga : 79.67 %

Ecuación para determinar el Porcentaje de Carga de una Unidad de Bombeo

$$\%Carga = \frac{BPH \cdot (Pd - Ps)}{0.2450 \cdot \%Eff_{BOMBA} \cdot BHP}$$

Es necesario tener conocimiento del Porcentaje de Carga de cada Unidad de Bombeo en cada Estación, esto nos ayuda a mantener los motores en buen estado. Por lo que se utilizamos la ecuación presente en la ventana para determinar este valor.

Eficiencia de una bomba a partir de la variación de su cabeza ΔH y su temperatura ΔT .



Calculo de la Eficiencia de una Bomba a partir del incremento permitido de Temperatura del fluido.

API60 : 24.000 °

Presión de Descarga : 1506.000 psi

Presión de Succión : 120.000 psi

Temperatura Entrada : 100.000 °F

Temperatura Salida : 106.000 °F

Eficiencia de la Bomba : 72.386 %

Ecuación utilizada para el cálculo de la Eficiencia de una Bomba

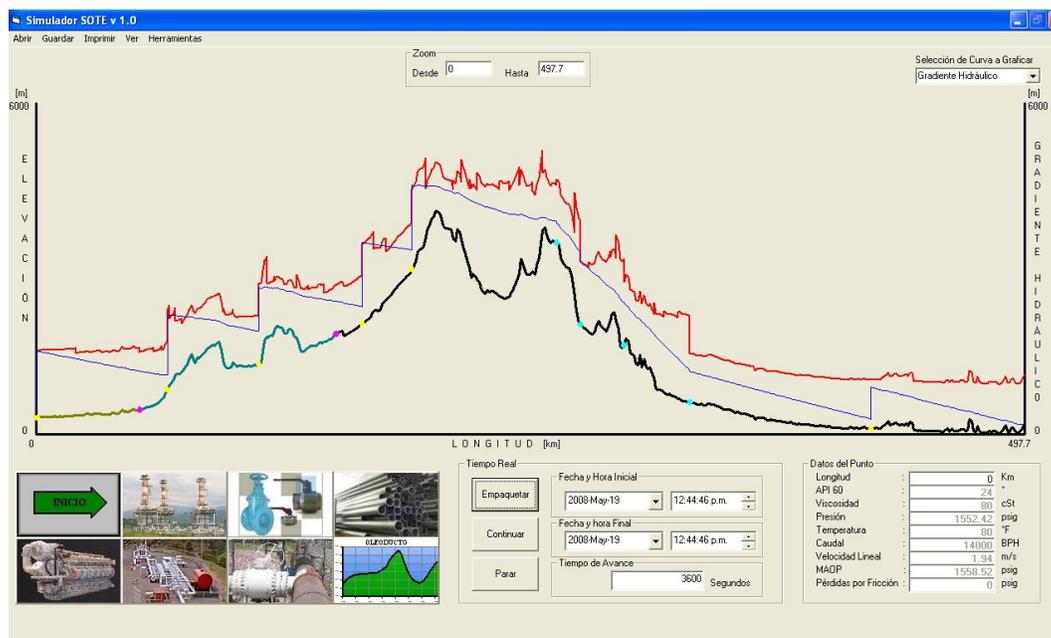
$$\%Eff = \frac{\Delta P}{\Delta P + \frac{47630 \cdot Cp \cdot \Delta T}{131.5 + API}}$$

La ecuación presente en la ventana nos permite calcular la eficiencia de una Bomba Centrífuga a partir de las presiones y temperaturas en su entrada y salida más la densidad del fluido circulante.

3.5.1.15.5 Salir Salir

Cierra el programa y todas las ventanas de este abiertas.

3.5.1.16 Ejemplo



El siguiente ejemplo representa las estaciones de bombeo (puntos de color amarillo), puntos de inyección (puntos de color morado), estaciones reductoras (puntos de color celeste), el perfil topográfico, el MAOP (Máxima Presión de Operación) y el Gradiente Hidráulico.

También podemos observar las características de crudo que ingresa al oleoducto.

En el perfil vemos que se encuentra de tres colores distintos, es porque existen tres tipos de crudos a lo largo de todo el oleoducto. Esto se debe a los dos puntos de inyección que hacen que cambien la calidad del crudo transportado.

3.5.2 CÓDIGO

El código fuente del Simulador SOTE v 1.0 se encuentra en el Anexo I.

CAPÍTULO IV

4 PRUEBAS DEL SOFTWARE

4.1 ESCENARIOS OPERATIVOS

4.1.1 CUADRO DE DATOS OPERATIVOS (FORMULARIO E-3000)

Existe una hoja de reporte en donde se almacenan todos los datos operativos periódicamente, vulgarmente se la conoce como “sábana”. Tiene un tamaño 112x45 cm y en ella consta los siguientes datos:

- Valores de recepción contra tanques.
- Existencia total en tanques, tanto para Lago Agrio como para Balao.
- Energía eléctrica consumida.
- Consumo de crudo combustible.
- B.S. & W. de las líneas de entrada y del crudo combustible.
- Existencia y recibidos de derivados y químicos en las estaciones.
- Valores de despacho contra tanques.
- Consumo de químico reductor de fricción.
- Valores de despacho de acuerdo a medidores.

En este reporte (formulario E-3000) constan los datos operativos (características generales) más importantes para determinar el gradiente hidráulico a lo largo de toda la línea.

Existen más datos que se almacenan adicionalmente en otros formularios y permiten realizar el mantenimiento respectivo de los distintos equipos.

4.1.2 DATOS OPERATIVOS

Aproximadamente tres (3) días se demora el crudo en cruzar todo el SOTE, desde Lago Agrio hasta Balao, por tal motivo se presenta en el Anexo II los Formularios E-3000 del 28 al 31 de marzo del 2008 para realizar las pruebas.

En todo oleoducto los datos más importante son: Las características físicas de la tubería, las propiedades del hidrocarburo, el caudal, y las presiones tanto de salida como de llegada. La siguiente tabla presenta los datos operativos más importantes en un instante de tiempo.

Tramo	D_{int}^{23} [pulg]	Longitud ¹ [Km]	Caudal [BPH]	Presión de Salida [psig]	Presión de Llegada [psig]
Lago Agrio - Lumbaqui	25.312	68.1267	15584	1506	100
Lumbaqui - El Salado	25.312	46.2238	14500	1490	470
El Saldo - Baeza	25.312	53.6830	14300	1560	100
Baeza - Papallacta	25.312	26.2538	15900	1702	100
Papallacta - San Juan	25.312	90.3645	15600	1715	29
San Juan - Chiriboga	19.312	12.9358	15900	1	940
Chiriboga - La Palma ²⁴	19.312	22.7260	15300	910	430
La Palma ² - Santo Domingo	19.312	35.0745	700	420	440
Santo Domingo - Quinindé	25.312	91.4234	15700	410	100
Quinindé – Balao	25.312	78.3065	15700	880	20

Tabla 4.1 Datos importantes en el transporte de hidrocarburos

4.2 RESULTADOS DEL SOFTWARE PARA LOS ESCENARIOS

4.2.1 DETERMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS POR FRICCIÓN

Este software permite calcular el gradiente hidráulico mediante dos métodos, el primer

Existen varios métodos para la determinación de las pérdidas por fricción, por lo que se implementó en el software dos de estos métodos que son los más accesibles y próximos a la realidad como modelos matemáticos.

²³ Debido a que el SOTE es un oleoducto telescópico el valor del diámetro interno y la longitud son equivalentes a tener una tubería de espesor fijo.

²⁴ La estación reductora “La Palma” se encuentra actualmente en by pass por lo que las medidas de caudal tomadas no son de la totalidad del crudo que llega a la estación.

4.2.1.1 Primer Método

Por medio del factor de fricción (f) que está en función de la rugosidad, diámetro interno de la tubería y el número de Reynolds determinamos las pérdidas por fricción (H_f) que vienen dadas por la siguiente ecuación:

Factor de fricción

Si el régimen es laminar

$$Re < 2000$$

$$f = \frac{64}{Re} \quad \text{Ec. 4.1}$$

Si el régimen es turbulento (Ec. de Haaland de alta precisión)

$$Re > 4000$$

$$f = \frac{1}{\left\{ -2 \log \left[\frac{\varepsilon}{3,7 \cdot d_{int}} - \frac{5,02}{Re} \cdot \log \left[\frac{\varepsilon}{3,7 \cdot d_{int}} - \frac{5,02}{Re} \cdot \log \left(\frac{\varepsilon}{3,7 \cdot d_{int}} - \frac{4,518}{Re} \cdot \log \left[\left(\frac{\varepsilon}{3,7 \cdot d_{int}} \right)^{1,11} + \frac{6,9}{Re} \right] \right) \right] \right] \right\}^2} \quad \text{Ec. 4.2}$$

Donde,

f : Factor de fricción

ε : Rugosidad absoluta en [pulg]

Re : Número de Reynolds

d_{int} – Diámetro interno de la tubería en [pulg]

Pérdidas por fricción (Ecuación de Darcy Weisbach)

$$H_f = \frac{15.235073 \cdot f \cdot \Delta L \cdot BPH^2}{d_{int}^5} \quad \text{Ec. 4.3}$$

Donde,

H_f : Pérdidas por fricción en [m]

f : Factor de fricción

ΔL : Longitud en [Km]

BPH : Caudal volumétrico en Barriles por hora

d_{int} = Diámetro interno de la tubería en [pulg]

4.2.1.2 Segundo Método

Existe una ecuación empírica específica para oleoductos y poliductos que nos permite determinar las pérdidas por fricción (H_f), en la que utiliza el factor de fricción viene dado por STANTON Y PANEL, y acoplado a la ecuación de DARCY WEISBACH se obtiene lo siguiente:

$$H_f = \frac{0.723186 \cdot BPH^{1.748} \cdot \nu^{0.252} \cdot \Delta L}{d_{int}^{4.748}} \quad \text{Ec. 4.4}$$

Donde,

H_f : Pérdidas por fricción en [m]

ΔL : Longitud en [Km]

BPH : Caudal volumétrico en [BPH]

ν : Viscosidad en [cSt]

$Spgr$: Gravedad específica

d_{int} = Diámetro interno de la tubería en [pulg]

Cabe recalcar que el SOTE fue diseñado con esta ecuación en 1971.

4.2.1.3 Comparación de los dos métodos implementados en el software para la determinación de las pérdidas por fricción

De acuerdo a varias corridas en el software *Simulador SOTE v1.0* se determina que el primer método (Haaland alta precisión) entrega como resultado pérdidas por fricción mayores que el segundo método (Stanton y Panel), a continuación se detalla un ejemplo:

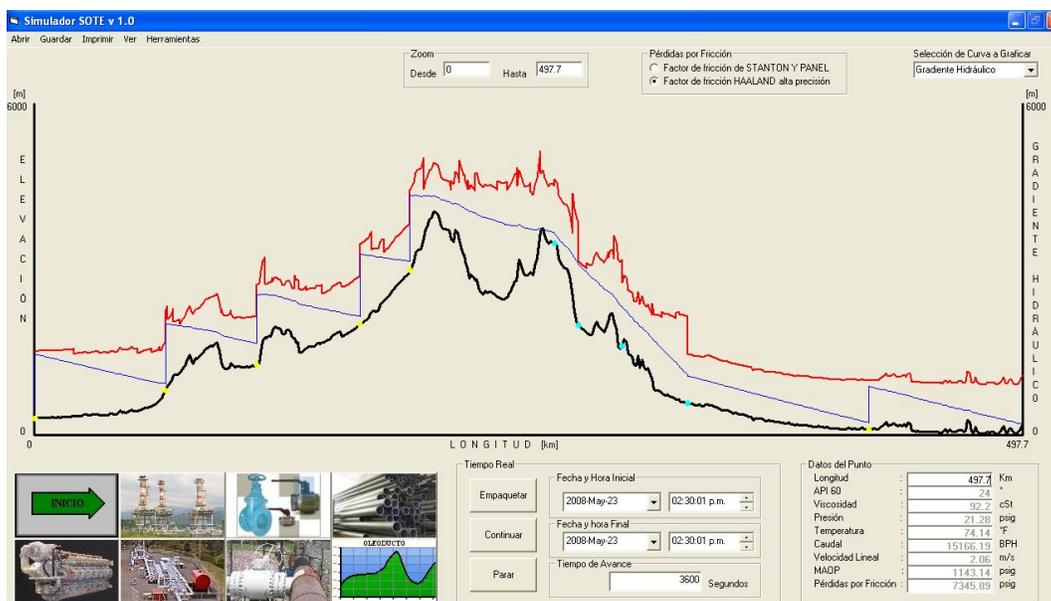


Fig. 4.1 Gradiente Hidráulico determinado con la ecuación de HAALAND

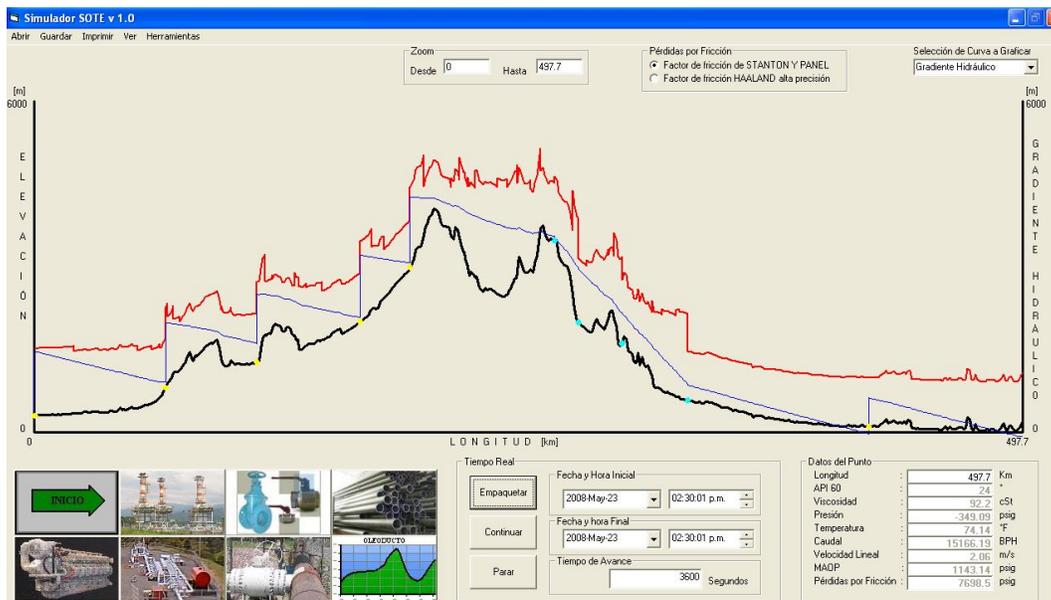


Fig. 4.2 Gradiente Hidráulico determinado con la ecuación de STANTON Y PANEL

Se debe tener en cuenta que se ocupa el perfil topográfico del SOTE y que las condiciones operativas son las mismas.

4.2.2 PRESIÓN DE DESCARGA Y DE SUCCIÓN EN ESTACIONES

Después de haber ingresado en el simulador los datos operativos de tres días comparamos las presiones, temperaturas y calidad del crudo, tanto en la salida y llegada de cada una de las estaciones.

4.2.2.1 Curva del Gradiente Hidráulico

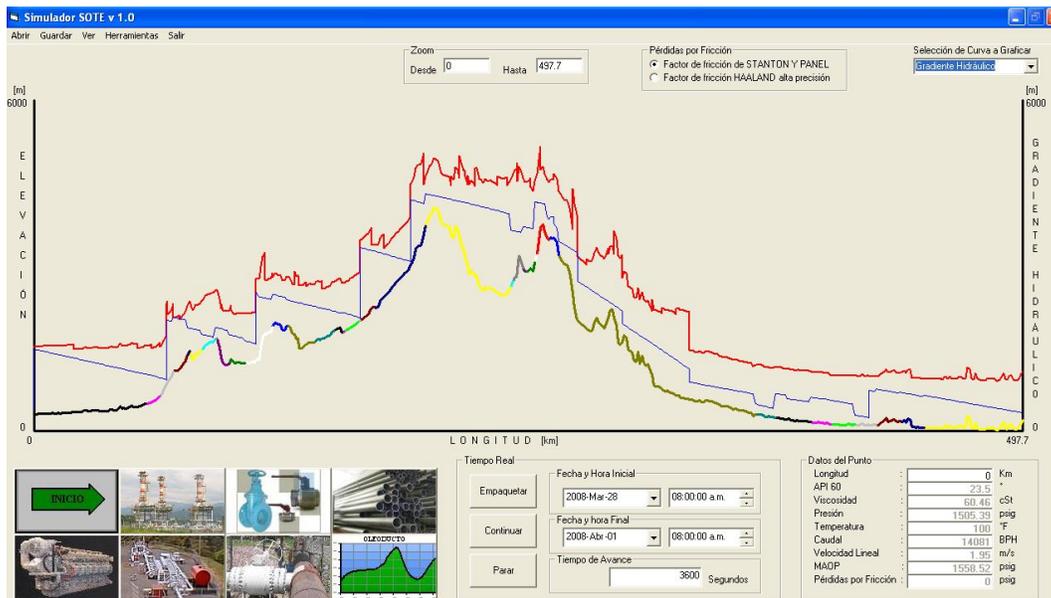


Fig. 4.3 Gradiente Hidráulico de tres días de operación

4.2.2.2 Curva del Gradiente Térmico



Fig. 4.4 Gradiente Térmico de tres días de operación

4.2.2.3 Curva de la Calidad API a 60°F



Fig. 4.5 Calidad API a 60°F de tres días de operación

4.3 CUADROS COMPARATIVOS

4.3.1 RESULTADOS DEL SOFTWARE

Estación No 1 “Lago Agrio”

Longitud	0	Km
API 60	23.5	°
Viscosidad	60.46	cSt
Presión	1505.39	psig
Temperatura	100	°F
Caudal	14081	BPH
Velocidad Lineal	1.95	m/s
MAOP	1558.52	psig
Pérdidas por Fricción	0	psig

Estación No 2 “Lumbaqui”

Longitud	66.57	Km
API 60	23.6	°
Viscosidad	68.98	cSt
Presión	110.79	psig
Temperatura	92.54	°F
Caudal	14545.65	BPH
Velocidad Lineal	1.98	m/s
MAOP	1143.14	psig
Pérdidas por Fricción	577.55	psig

Estación No 3 “El Salado”

Longitud	111.72	Km
API 60	23.6	°
Viscosidad	67.89	cSt
Presión	420.75	psig
Temperatura	93.24	°F
Caudal	14435.73	BPH
Velocidad Lineal	1.96	m/s
MAOP	1143.14	psig
Pérdidas por Fricción	955.51	psig

Estación No 4 “Baeza”

Longitud	164.07	Km
API 60	23.39	°
Viscosidad	79.63	cSt
Presión	44.99	psig
Temperatura	87.23	°F
Caudal	15782.02	BPH
Velocidad Lineal	2.15	m/s
MAOP	1143.14	psig
Pérdidas por Fricción	1403.65	psig

Estación No 5 “Papallacta”

Datos del Punto	
Longitud	189.37 Km
API 60	23.3 °
Viscosidad	64.36 cSt
Presión	81.66 psig
Temperatura	98.16 °F
Caudal	15838.37 BPH
Velocidad Lineal	2.15 m/s
MAOP	1143.14 psig
Pérdidas por Fricción	1607.4 psig

Estación No 10 “Quinindé”

Datos del Punto	
Longitud	420.25 Km
API 60	24 °
Viscosidad	85.53 cSt
Presión	139.87 psig
Temperatura	77.24 °F
Caudal	12010.92 BPH
Velocidad Lineal	1.63 m/s
MAOP	1143.14 psig
Pérdidas por Fricción	4780.17 psig

4.3.2 CUADRO COMPARATIVO

ESTACIÓN	DATOS REALES				DATOS SIMULADOS				DIFERENCIA PORCENTUAL EN LA SUCCIÓN O LLEGADA			
	SUCCIÓN		DESCARGA		SUCCIÓN		DESCARGA		psi		% Error	
	psi	°F	psi	°F	psi	°F	psi	°F	psi	% Error	°F	% Error
LAGO AGRIO	118	100	1506	113	118	100	1506	113	0	0%	0	0%
LUMBAQUI	100	88	1490	104	110.79	92.54	1490	104	10.79	1%	4.54	28%
EL SALADO	470	92	1560	104	420.75	93.24	1560	104	-49.25	-5%	1.24	10%
BAEZA	100	86	1702	106	44.99	87.23	1702	106	-55.01	-3%	1.23	6%
PAPALLACTA	100	98	1715	117	81.66	98.16	1715	117	-18.34	-1%	.16	1%
QUININDÉ	100	-	880	-	139.87	77.24	880	-	39.87	5%	No registrado valor real	No registrado valor real
PROMEDIO									-11.99	-1%	1.434	9%

Tabla 4.2 Cuadro comparativo entre los datos tomados físicamente de los manómetros con los obtenidos de la simulación en el software “Simulador SOTE v 1.0”

4.4 RESULTADOS DE LA COMPARACIÓN

El cuadro comparativo (Tabla 4.2) nos indica que la diferencia porcentual entre los datos reales y simulados en las presiones están dentro del $\pm 5\%$ de error que se considera tolerable para cualquier software basado en modelos matemáticos.

Las diferencia en las temperaturas de llegada tienen un porcentaje de error alto, pero se lo considera aceptable para este caso ya que el Oleoducto Transecuatoriano opera “No Isotérmicamente”, porque no realiza un calentamiento significativo en el crudo.

CAPÍTULO V

5 ANALISIS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Gráficamente en el Gradiente Hidráulico se puede observar que el SOTE no corre riesgos en su operación, ya que todas las presiones están alejadas del MAOP (Máxima Presión de Operación).

Es muy importante aclarar que las estaciones de bombeo se comportan al mismo tiempo como estaciones de calentamiento del crudo debido a que existen intercambiadores de calor (agua-crudo) por cada unidad de bombeo, además, el crudo absorbe energía (calor) en la bomba por el incremento de presión y la fricción existente entre las partes mecánicas. Por esta razón, cuando se observa gráficamente el Gradiente Térmico, vemos que existe un incremento de temperatura en las estaciones de bombeo inferior a 20 °F.

El error que se obtuvo en la comparación de las temperaturas de llegada a cada una de las estaciones, se debe a que no se tuvo la información necesaria sobre las condiciones externas de la tubería a lo largo de su recorrido. Sin embargo sabemos que la tubería actualmente se encuentra enterrada el 65%, por lo que se tomó 3 [$BTU/h \cdot pie^2 \cdot ^\circ F$] como valor del Coeficiente de Transferencia de Calor Global para el sector oriente y 1 [$BTU/h \cdot pie^2 \cdot ^\circ F$] para el sector occidente teniendo como resultado un cálculo de la transferencia de calor no preciso.

La simulación de las pérdidas totales de presión de una estación a otra se encuentran dentro del $\pm 5\%$ de error, que es tolerable para una toma de decisión al momento de cambiar la operación o características físicas del sistema.

En el transcurso de esta tesis se realizó una simulación de un problema que tiene el SOTE, que consiste en cambiar la características física y topográfica del SOTE, añadiendo 8 kilómetros de tubería que bordea la ciudad de Nueva

Loja desde la Estación No 1 al kilómetro 41/2 vía a Quito. Los resultados de esta simulación se encuentran en el Anexo III.

5.2 CONCLUSIONES

5.2.1 TRANSPORTE ISOTÉRMICO Y NO ISOTÉRMICO

- El transporte es Isotérmico cuando la temperatura a lo largo de toda la tubería es constante.
- El transporte es NO Isotérmico cuando la temperatura a lo largo de toda la tubería es variable.
- El Oleoducto Transecuatoriano debido a que es un oleoducto de altura (más alto del mundo), porque cruza la Cordillera de los Andes, y no se encuentra aislado térmicamente, le permite tener una transferencia de calor con el medio ambiente, haciendo que este opere NO Isotérmicamente.
- El Coeficiente de Transferencia de Calor Global se lo toma con un valor de 3 [$BTU/h \cdot pie^2 \cdot ^\circ F$] para todo el sector Oriente ya que en su mayoría se encuentra descubierta para el sector que se encuentra cubierta pero no completamente aislada térmicamente se tiene un valor de 1 [$BTU/h \cdot pie^2 \cdot ^\circ F$].

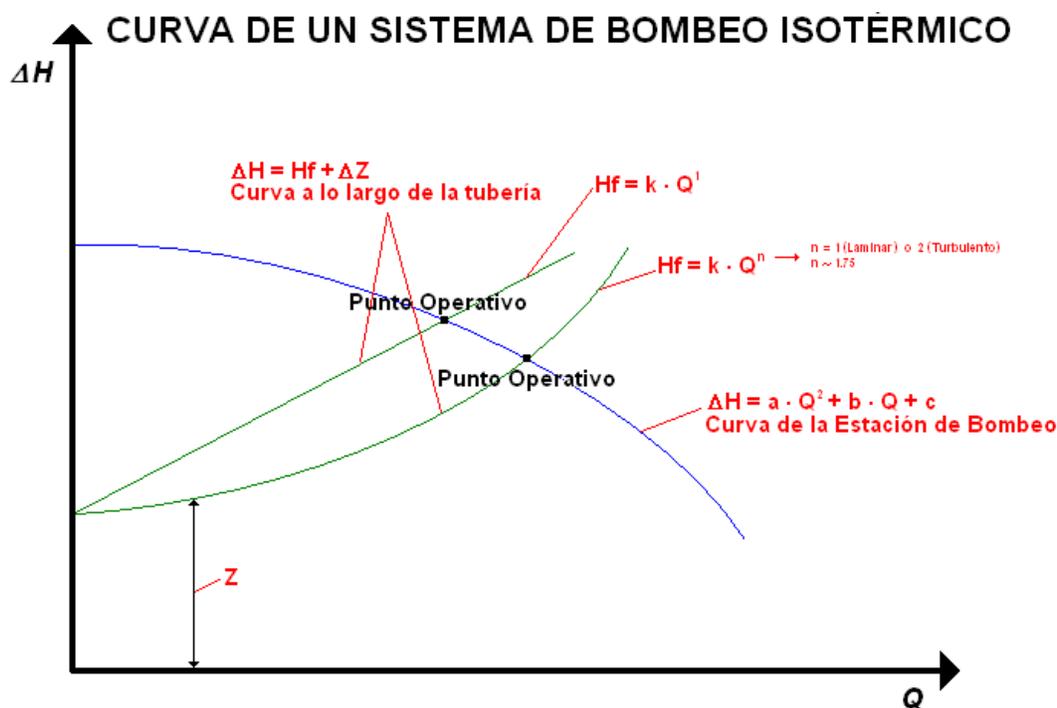
5.2.2 PERDIDAS POR FRICCIÓN

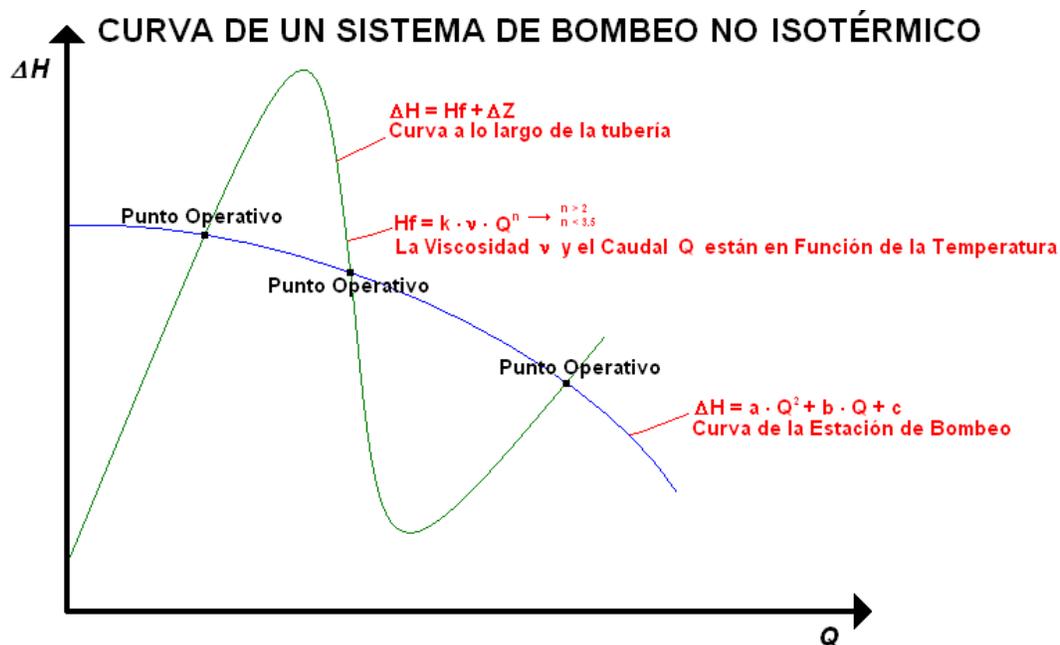
- La desviación en el cálculo de las pérdidas por fricción entre el método de STANTON Y PANEL y el método de HAALAND DE ALTA PRECISIÓN, viene dada por considerar la capa límite (δ) mayor que el segundo método, esto quiere decir, que STANTON Y PANEL considera a la tubería como hidráulicamente lisa.
- Una tubería es hidráulicamente lisa cuando (δ) la capa sublímite es mayor que la rugosidad (e).
- Una tubería es hidráulicamente rugosa cuando la rugosidad (e) es mayor en catorce (14) veces la capa sublímite (δ).

- Si la rugosidad (e) está entre el valor de capa sublímite (δ) y catorce veces la capa sublímite (δ), se dice que la tubería está en transición entre lisa y rugosa.
- STANTON Y PANEL es un método exclusivo para el cálculo de las pérdidas por fricción en petróleos, esto se demuestra al simular las condiciones operativas del SOTE, en donde los valores resultantes son muchos más apegados a los valores operativos medidos en los manómetros.

5.2.3 PRESIONES OPTIMAS

- Es más significativa la eficiencia de una bomba que el porcentaje de carga del motor cuando se calcula la presión de descarga de una unidad de bombeo.
- El punto de operación Sistema de Bombeo viene dado por la intersección entre la curva de la Estación de Bombeo y la curva del diferencial de presión a lo largo de la tubería entre estaciones.





- Para que este punto sea óptimo se requiere que la eficiencia de la bomba sea el óptimo.

5.2.4 GENERALES CON RESPECTO AL SOFTWARE

- Para poder realizar un software que tenga las características del “Simulador SOTE v 1.0” se requiere de mucha investigación y una alta experiencia del área petrolera, debido a que se requiere de muchas ecuaciones que gobiernen el comportamiento del crudo a diferentes condiciones, siendo muchas de estas ecuaciones empíricas y con limitaciones.
- Nos permite guardar las simulaciones realizadas en un archivo .SOTE, el tamaño de este archivo depende mucho de la precisión del perfil topográfico que se haya ingresado, ya que calcula punto a punto las condiciones hidráulicas.
- Tiene una interfaz gráfica agradable con el usuario porque le permite hacer acercamiento (zoom) a la tubería, ver donde se encuentran las distintas estaciones de bombeo, calentamiento, reductoras, puntos de inyección y las válvulas de bloqueo, además, permite observar las distintas curvas de las condiciones hidráulicas (Gradiente Hidráulico, Gradiente Térmico, Batches, etc.) de manera fácil y rápida.

- Es amigable ya que tiene un menú de herramientas en donde se puede calcular el API aparente, la viscosidad del crudo del oriente ecuatoriano a cualquier temperatura, la eficiencia total de una bomba y el porcentaje de carga del motor de la unidad de bombeo.
- Con solo colocar el mouse sobre la tubería nos da las condiciones hidráulicas en cualquier punto a lo largo de toda la tubería, si se requiere ser más exactos, existe un campo donde se ingresa el punto y el programa devuelve de manera inmediata todas las características hidráulicas de este punto específico.
- El software “Simulador SOTE v 1.0” presenta la simulación de las condiciones hidráulicas del SOTE en tiempo real, para que los cálculos sean realizados de manera rápida se requiere de un procesador potente, mayor o igual a un intel Core Duo de 1.8Ghz.

5.3 RECOMENDACIONES

- Para que los valores de las condiciones hidráulicas en un punto cualquiera sea más exacto, es recomendable no ingresar los valores operativos en periodos muy amplios de tiempo, es preferible ingresar el cambio al momento en que realmente se lo hace.
- Es conveniente ocupar este software para simular futuros cambios físicos y característicos del hidrocarburo, para así poder tomar una mejor decisión basada en cálculos.
- Utilizar este software como un medio fácil de entrenamiento para las personas que realizan la operación.
- Ingresar valores más exactos del perfil topográfico y de las características de su tubería para poder así calcular de mejor manera el Coeficiente de Transferencia de Calor Global.

ANEXO I

CODIGO FUENTE

Variables Globales

```
Public VAR_AUX() As Variant
Public VAR_AUX1() As Double
Public VAR_INICIO(11) As Double
Public VAR_BOMBEO() As Variant
Public VAR_CALENTAMIENTO() As Variant
Public VAR_REDUCTORA() As Variant
Public VAR_VALYACC() As Variant
Public VAR_INYECCION() As Variant
Public VAR_TUBERIA() As Double
Public VAR_TUBERIA_UNIDAD(1, 5) As Double
Public VAR_PERFIL() As Double
Public VAR_PERFIL_UNIDAD(1, 3) As Double
Public VAR_CALCULOS() As Double
Public VAR_BATCH() As Integer
Public j_BATCH As Integer
Public aux_j_BATCH As Integer
Public POS_FILA As Integer
Public POS_COLUMNA As Integer
Public POS_FILA_1 As Integer
Public POS_COLUMNA_1 As Integer
Public FLAG_PAINT As Integer
Public FLAG_CORRER As Integer
Public FLAG_VER_BOMBEO As Integer
Public FLAG_VER_CALENTAMIENTO As Integer
Public FLAG_VER_REDUCTORA As Integer
Public FLAG_VER_VALVULA As Integer
Public FLAG_VER_INYECCION As Integer
```

Inicio

```
Private Sub Cargar_Click()
```

```
    FLAG_CORRER = 0
```

```
    FLAG_PAINT = 0
```

```
    Simulador.Show
```

```
    VAR_INICIO(0) = 23.5
```

```
    VAR_INICIO(1) = 60.462
```

```
    VAR_INICIO(2) = 40.259
```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

VAR_INICIO(3) = 13500
VAR_INICIO(4) = 120
VAR_INICIO(5) = 100
VAR_INICIO(6) = 0
VAR_INICIO(7) = 0
VAR_INICIO(8) = 0
VAR_INICIO(9) = 0
VAR_INICIO(10) = 0

ReDim VAR_BOMBEO(7, 11)

VAR_BOMBEO(0, 0) = 6

VAR_BOMBEO(1, 0) = "Lago Agrio"
VAR_BOMBEO(2, 0) = "Lumbaqui"
VAR_BOMBEO(3, 0) = "El Salado"
VAR_BOMBEO(4, 0) = "Baeza"
VAR_BOMBEO(5, 0) = "Papallacta"
VAR_BOMBEO(6, 0) = "Quinindé"

VAR_BOMBEO(1, 1) = "0.000"
VAR_BOMBEO(2, 1) = "66.570"
VAR_BOMBEO(3, 1) = "111.720"
VAR_BOMBEO(4, 1) = "164.070"
VAR_BOMBEO(5, 1) = "189.370"
VAR_BOMBEO(6, 1) = "420.250"

VAR_BOMBEO(1, 2) = "6"
VAR_BOMBEO(2, 2) = "6"
VAR_BOMBEO(3, 2) = "6"
VAR_BOMBEO(4, 2) = "6"
VAR_BOMBEO(5, 2) = "6"
VAR_BOMBEO(6, 2) = "2"

VAR_BOMBEO(1, 3) = "2428.571"
VAR_BOMBEO(2, 3) = "2428.571"
VAR_BOMBEO(3, 3) = "1748.571"
VAR_BOMBEO(4, 3) = "2817.143"
VAR_BOMBEO(5, 3) = "2817.143"
VAR_BOMBEO(6, 3) = "4280.000"

VAR_BOMBEO(1, 4) = "72.558"
VAR_BOMBEO(2, 4) = "73.587"
VAR_BOMBEO(3, 4) = "93.887"
VAR_BOMBEO(4, 4) = "76.355"
VAR_BOMBEO(5, 4) = "77.269"
VAR_BOMBEO(6, 4) = "120.773"

VAR_BOMBEO(1, 5) = "72.234"
VAR_BOMBEO(2, 5) = "71.685"
VAR_BOMBEO(3, 5) = "66.804"

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

VAR_BOMBEO(4, 5) = "76.272"

VAR_BOMBEO(5, 5) = "76.662"

VAR_BOMBEO(6, 5) = "64.026"

VAR_BOMBEO(1, 6) = 0

VAR_BOMBEO(2, 6) = 0

VAR_BOMBEO(3, 6) = 0

VAR_BOMBEO(4, 6) = 0

VAR_BOMBEO(5, 6) = 0

VAR_BOMBEO(6, 6) = 0

VAR_BOMBEO(1, 7) = 0

VAR_BOMBEO(2, 7) = 0

VAR_BOMBEO(3, 7) = 0

VAR_BOMBEO(4, 7) = 0

VAR_BOMBEO(5, 7) = 0

VAR_BOMBEO(6, 7) = 1

VAR_BOMBEO(1, 8) = 0

VAR_BOMBEO(2, 8) = 0

VAR_BOMBEO(3, 8) = 0

VAR_BOMBEO(4, 8) = 0

VAR_BOMBEO(5, 8) = 0

VAR_BOMBEO(6, 8) = 0

VAR_BOMBEO(1, 9) = 0

VAR_BOMBEO(2, 9) = 0

VAR_BOMBEO(3, 9) = 0

VAR_BOMBEO(4, 9) = 0

VAR_BOMBEO(5, 9) = 0

VAR_BOMBEO(6, 9) = 0

VAR_BOMBEO(1, 10) = 0

VAR_BOMBEO(2, 10) = 0

VAR_BOMBEO(3, 10) = 0

VAR_BOMBEO(4, 10) = 0

VAR_BOMBEO(5, 10) = 0

VAR_BOMBEO(6, 10) = 0

ReDim VAR_CALENTAMIENTO(6, 5)

VAR_CALENTAMIENTO(0, 0) = 5

VAR_CALENTAMIENTO(1, 0) = "Lago Agrio"

VAR_CALENTAMIENTO(2, 0) = "Lumbaqui"

VAR_CALENTAMIENTO(3, 0) = "El Salado"

VAR_CALENTAMIENTO(4, 0) = "Baeza"

VAR_CALENTAMIENTO(5, 0) = "Papallacta"

VAR_CALENTAMIENTO(1, 1) = "0.000"

VAR_CALENTAMIENTO(2, 1) = "66.570"

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

VAR_CALENTAMIENTO(3, 1) = "111.720"
VAR_CALENTAMIENTO(4, 1) = "164.070"
VAR_CALENTAMIENTO(5, 1) = "189.370"

VAR_CALENTAMIENTO(1, 2) = "13"
VAR_CALENTAMIENTO(2, 2) = "16"
VAR_CALENTAMIENTO(3, 2) = "11"
VAR_CALENTAMIENTO(4, 2) = "20"
VAR_CALENTAMIENTO(5, 2) = "20"

VAR_CALENTAMIENTO(1, 3) = 0
VAR_CALENTAMIENTO(2, 3) = 0
VAR_CALENTAMIENTO(3, 3) = 0
VAR_CALENTAMIENTO(4, 3) = 0

VAR_CALENTAMIENTO(1, 4) = 0
VAR_CALENTAMIENTO(2, 4) = 0
VAR_CALENTAMIENTO(3, 4) = 0
VAR_CALENTAMIENTO(4, 4) = 0

ReDim VAR_REDUCTORA(5, 5)

VAR_REDUCTORA(0, 0) = 4

VAR_REDUCTORA(1, 0) = "San Juan"
VAR_REDUCTORA(2, 0) = "Chiriboga"
VAR_REDUCTORA(3, 0) = "La Palma"
VAR_REDUCTORA(4, 0) = "Santo Domingo"

VAR_REDUCTORA(1, 1) = "261.720"
VAR_REDUCTORA(2, 1) = "273.650"
VAR_REDUCTORA(3, 1) = "295.970"
VAR_REDUCTORA(4, 1) = "329.920"

VAR_REDUCTORA(1, 2) = "30.000"
VAR_REDUCTORA(2, 2) = "45.000"
VAR_REDUCTORA(3, 2) = "5.000"
VAR_REDUCTORA(4, 2) = "5.000"

VAR_REDUCTORA(1, 3) = 0
VAR_REDUCTORA(2, 3) = 0
VAR_REDUCTORA(3, 3) = 0
VAR_REDUCTORA(4, 3) = 0

VAR_REDUCTORA(1, 4) = 0
VAR_REDUCTORA(2, 4) = 0
VAR_REDUCTORA(3, 4) = 0
VAR_REDUCTORA(4, 4) = 0

ReDim VAR_VALYACC(26, 5)

VAR_VALYACC(0, 0) = 25

VAR_VALYACC(1, 0) = "26" & Chr(34) & " 600#"
VAR_VALYACC(2, 0) = "26" & Chr(34) & " 600#"
VAR_VALYACC(3, 0) = "26" & Chr(34) & " 600#"
VAR_VALYACC(4, 0) = "26" & Chr(34) & " 600#"
VAR_VALYACC(5, 0) = "26" & Chr(34) & " 600#"
VAR_VALYACC(6, 0) = "26" & Chr(34) & " 600#"
VAR_VALYACC(7, 0) = "26" & Chr(34) & " 600#"
VAR_VALYACC(8, 0) = "26" & Chr(34) & " 600#"
VAR_VALYACC(9, 0) = "26" & Chr(34) & " 600#"
VAR_VALYACC(10, 0) = "26" & Chr(34) & " 600#"
VAR_VALYACC(11, 0) = "26" & Chr(34) & " 600#"
VAR_VALYACC(12, 0) = "26" & Chr(34) & " 600#"
VAR_VALYACC(13, 0) = "26" & Chr(34) & " 600#"
VAR_VALYACC(14, 0) = "26" & Chr(34) & " 600#"
VAR_VALYACC(15, 0) = "26" & Chr(34) & " 600#"
VAR_VALYACC(16, 0) = "26" & Chr(34) & " 600#"
VAR_VALYACC(17, 0) = "26" & Chr(34) & " 600#"
VAR_VALYACC(18, 0) = "26" & Chr(34) & " 600#"
VAR_VALYACC(19, 0) = "26" & Chr(34) & " 600#"
VAR_VALYACC(20, 0) = "26" & Chr(34) & " 600#"
VAR_VALYACC(21, 0) = "26" & Chr(34) & " 600#"
VAR_VALYACC(22, 0) = "26" & Chr(34) & " 600#"
VAR_VALYACC(23, 0) = "26" & Chr(34) & " 600#"
VAR_VALYACC(24, 0) = "26" & Chr(34) & " 600#"
VAR_VALYACC(25, 0) = "26" & Chr(34) & " 600#"
VAR_VALYACC(26, 0) = "26" & Chr(34) & " 600#"

VAR_VALYACC(1, 1) = "51.055"
VAR_VALYACC(2, 1) = "51.832"
VAR_VALYACC(3, 1) = "75.151"
VAR_VALYACC(4, 1) = "112.966"
VAR_VALYACC(5, 1) = "132.481"
VAR_VALYACC(6, 1) = "132.765"
VAR_VALYACC(7, 1) = "148.953"
VAR_VALYACC(8, 1) = "178.761"
VAR_VALYACC(9, 1) = "194.316"
VAR_VALYACC(10, 1) = "198.305"
VAR_VALYACC(11, 1) = "216.324"
VAR_VALYACC(12, 1) = "222.74"
VAR_VALYACC(13, 1) = "236.438"
VAR_VALYACC(14, 1) = "236.856"
VAR_VALYACC(15, 1) = "242.857"
VAR_VALYACC(16, 1) = "253.29"
VAR_VALYACC(17, 1) = "280.674"
VAR_VALYACC(18, 1) = "302.062"
VAR_VALYACC(19, 1) = "315.253"
VAR_VALYACC(20, 1) = "324.881"
VAR_VALYACC(21, 1) = "415.278"
VAR_VALYACC(22, 1) = "420.291"

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

VAR_VALYACC(23, 1) = "420.363"
VAR_VALYACC(24, 1) = "456.858"
VAR_VALYACC(25, 1) = "457.251"
VAR_VALYACC(26, 1) = "487.736"

VAR_VALYACC(1, 2) = 6
VAR_VALYACC(2, 2) = 5
VAR_VALYACC(3, 2) = 5
VAR_VALYACC(4, 2) = 5
VAR_VALYACC(5, 2) = 6
VAR_VALYACC(6, 2) = 5
VAR_VALYACC(7, 2) = 5
VAR_VALYACC(8, 2) = 5
VAR_VALYACC(9, 2) = 5
VAR_VALYACC(10, 2) = 5
VAR_VALYACC(11, 2) = 6
VAR_VALYACC(12, 2) = 6
VAR_VALYACC(13, 2) = 5
VAR_VALYACC(14, 2) = 5
VAR_VALYACC(15, 2) = 5
VAR_VALYACC(16, 2) = 5
VAR_VALYACC(17, 2) = 5
VAR_VALYACC(18, 2) = 6
VAR_VALYACC(19, 2) = 6
VAR_VALYACC(20, 2) = 6
VAR_VALYACC(21, 2) = 6
VAR_VALYACC(22, 2) = 6
VAR_VALYACC(23, 2) = 6
VAR_VALYACC(24, 2) = 6
VAR_VALYACC(25, 2) = 5
VAR_VALYACC(26, 2) = 6

VAR_VALYACC(1, 3) = "0.200"
VAR_VALYACC(2, 3) = "2.000"
VAR_VALYACC(3, 3) = "2.000"
VAR_VALYACC(4, 3) = "2.000"
VAR_VALYACC(5, 3) = "0.200"
VAR_VALYACC(6, 3) = "2.000"
VAR_VALYACC(7, 3) = "2.000"
VAR_VALYACC(8, 3) = "2.000"
VAR_VALYACC(9, 3) = "2.000"
VAR_VALYACC(10, 3) = "2.000"
VAR_VALYACC(11, 3) = "0.200"
VAR_VALYACC(12, 3) = "0.200"
VAR_VALYACC(13, 3) = "2.000"
VAR_VALYACC(14, 3) = "2.000"
VAR_VALYACC(15, 3) = "2.000"
VAR_VALYACC(16, 3) = "2.000"
VAR_VALYACC(17, 3) = "2.000"
VAR_VALYACC(18, 3) = "0.200"
VAR_VALYACC(19, 3) = "0.200"

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

VAR_VALYACC(20, 3) = "0.200"
VAR_VALYACC(21, 3) = "0.200"
VAR_VALYACC(22, 3) = "0.200"
VAR_VALYACC(23, 3) = "0.200"
VAR_VALYACC(24, 3) = "0.200"
VAR_VALYACC(25, 3) = "2.000"
VAR_VALYACC(26, 3) = "0.200"

VAR_VALYACC(1, 4) = 0
VAR_VALYACC(2, 4) = 0
VAR_VALYACC(3, 4) = 0
VAR_VALYACC(4, 4) = 0
VAR_VALYACC(5, 4) = 0
VAR_VALYACC(6, 4) = 0
VAR_VALYACC(7, 4) = 0
VAR_VALYACC(8, 4) = 0
VAR_VALYACC(9, 4) = 0
VAR_VALYACC(10, 4) = 0
VAR_VALYACC(11, 4) = 0
VAR_VALYACC(12, 4) = 0
VAR_VALYACC(13, 4) = 0
VAR_VALYACC(14, 4) = 0
VAR_VALYACC(15, 4) = 0
VAR_VALYACC(16, 4) = 0
VAR_VALYACC(17, 4) = 0
VAR_VALYACC(18, 4) = 0
VAR_VALYACC(19, 4) = 0
VAR_VALYACC(20, 4) = 0
VAR_VALYACC(21, 4) = 0
VAR_VALYACC(22, 4) = 0
VAR_VALYACC(23, 4) = 0
VAR_VALYACC(24, 4) = 0
VAR_VALYACC(25, 4) = 0
VAR_VALYACC(26, 4) = 0

ReDim VAR_INYECCION(3, 14)

VAR_INYECCION(0, 0) = 2

VAR_INYECCION(1, 0) = "TECPE"
VAR_INYECCION(2, 0) = "AGIP"

VAR_INYECCION(1, 1) = "52.000"
VAR_INYECCION(2, 1) = "151.000"

VAR_INYECCION(1, 2) = "31.400"
VAR_INYECCION(2, 2) = "18.700"

VAR_INYECCION(1, 3) = "6.400"
VAR_INYECCION(2, 3) = "353.400"

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

VAR_INYECCION(1, 4) = "5.500"
VAR_INYECCION(2, 4) = "191.900"

VAR_INYECCION(1, 5) = "80.000"
VAR_INYECCION(2, 5) = "80.000"

VAR_INYECCION(1, 6) = "400.000"
VAR_INYECCION(2, 6) = "1375.000"

VAR_INYECCION(1, 7) = ""
VAR_INYECCION(2, 7) = ""

VAR_INYECCION(1, 8) = 0
VAR_INYECCION(2, 8) = 0

VAR_INYECCION(1, 9) = 0
VAR_INYECCION(2, 9) = 0

VAR_INYECCION(1, 10) = 0
VAR_INYECCION(2, 10) = 0

VAR_INYECCION(1, 11) = 0
VAR_INYECCION(2, 11) = 0

VAR_INYECCION(1, 12) = 0
VAR_INYECCION(2, 12) = 0

VAR_INYECCION(1, 13) = 0
VAR_INYECCION(2, 13) = 0

ReDim VAR_TUBERIA(43, 5)

VAR_TUBERIA(0, 0) = 42

VAR_TUBERIA(1, 0) = "20.000"
VAR_TUBERIA(2, 0) = "52.000"
VAR_TUBERIA(3, 0) = "59.000"
VAR_TUBERIA(4, 0) = "63.000"
VAR_TUBERIA(5, 0) = "66.570"
VAR_TUBERIA(6, 0) = "67.000"
VAR_TUBERIA(7, 0) = "70.000"
VAR_TUBERIA(8, 0) = "73.000"
VAR_TUBERIA(9, 0) = "94.000"
VAR_TUBERIA(10, 0) = "99.000"
VAR_TUBERIA(11, 0) = "111.720"
VAR_TUBERIA(12, 0) = "116.000"
VAR_TUBERIA(13, 0) = "120.000"
VAR_TUBERIA(14, 0) = "131.000"
VAR_TUBERIA(15, 0) = "137.000"
VAR_TUBERIA(16, 0) = "145.000"
VAR_TUBERIA(17, 0) = "164.070"

VAR_TUBERIA(18, 0) = "170.000"
VAR_TUBERIA(19, 0) = "176.000"
VAR_TUBERIA(20, 0) = "189.370"
VAR_TUBERIA(21, 0) = "196.000"
VAR_TUBERIA(22, 0) = "210.000"
VAR_TUBERIA(23, 0) = "214.000"
VAR_TUBERIA(24, 0) = "218.000"
VAR_TUBERIA(25, 0) = "222.000"
VAR_TUBERIA(26, 0) = "233.000"
VAR_TUBERIA(27, 0) = "238.000"
VAR_TUBERIA(28, 0) = "243.000"
VAR_TUBERIA(29, 0) = "250.000"
VAR_TUBERIA(30, 0) = "255.000"
VAR_TUBERIA(31, 0) = "261.720"
VAR_TUBERIA(32, 0) = "271.000"
VAR_TUBERIA(33, 0) = "273.650"
VAR_TUBERIA(34, 0) = "278.000"
VAR_TUBERIA(35, 0) = "289.000"
VAR_TUBERIA(36, 0) = "292.000"
VAR_TUBERIA(37, 0) = "295.970"
VAR_TUBERIA(38, 0) = "311.000"
VAR_TUBERIA(39, 0) = "316.000"
VAR_TUBERIA(40, 0) = "323.000"
VAR_TUBERIA(41, 0) = "329.920"
VAR_TUBERIA(42, 0) = "497.700"

VAR_TUBERIA(1, 1) = "26.000"
VAR_TUBERIA(2, 1) = "26.000"
VAR_TUBERIA(3, 1) = "26.000"
VAR_TUBERIA(4, 1) = "26.000"
VAR_TUBERIA(5, 1) = "26.000"
VAR_TUBERIA(6, 1) = "26.000"
VAR_TUBERIA(7, 1) = "26.000"
VAR_TUBERIA(8, 1) = "26.000"
VAR_TUBERIA(9, 1) = "26.000"
VAR_TUBERIA(10, 1) = "26.000"
VAR_TUBERIA(11, 1) = "26.000"
VAR_TUBERIA(12, 1) = "26.000"
VAR_TUBERIA(13, 1) = "26.000"
VAR_TUBERIA(14, 1) = "26.000"
VAR_TUBERIA(15, 1) = "26.000"
VAR_TUBERIA(16, 1) = "26.000"
VAR_TUBERIA(17, 1) = "26.000"
VAR_TUBERIA(18, 1) = "26.000"
VAR_TUBERIA(19, 1) = "26.000"
VAR_TUBERIA(20, 1) = "26.000"
VAR_TUBERIA(21, 1) = "26.000"
VAR_TUBERIA(22, 1) = "26.000"
VAR_TUBERIA(23, 1) = "26.000"
VAR_TUBERIA(24, 1) = "26.000"
VAR_TUBERIA(25, 1) = "26.000"

VAR_TUBERIA(26, 1) = "26.000"
VAR_TUBERIA(27, 1) = "26.000"
VAR_TUBERIA(28, 1) = "26.000"
VAR_TUBERIA(29, 1) = "26.000"
VAR_TUBERIA(30, 1) = "26.000"
VAR_TUBERIA(31, 1) = "26.000"
VAR_TUBERIA(32, 1) = "20.000"
VAR_TUBERIA(33, 1) = "20.000"
VAR_TUBERIA(34, 1) = "20.000"
VAR_TUBERIA(35, 1) = "20.000"
VAR_TUBERIA(36, 1) = "20.000"
VAR_TUBERIA(37, 1) = "20.000"
VAR_TUBERIA(38, 1) = "20.000"
VAR_TUBERIA(39, 1) = "20.000"
VAR_TUBERIA(40, 1) = "20.000"
VAR_TUBERIA(41, 1) = "20.000"
VAR_TUBERIA(42, 1) = "26.000"

VAR_TUBERIA(1, 2) = "0.469"
VAR_TUBERIA(2, 2) = "0.438"
VAR_TUBERIA(3, 2) = "0.406"
VAR_TUBERIA(4, 2) = "0.375"
VAR_TUBERIA(5, 2) = "0.344"
VAR_TUBERIA(6, 2) = "0.562"
VAR_TUBERIA(7, 2) = "0.469"
VAR_TUBERIA(8, 2) = "0.375"
VAR_TUBERIA(9, 2) = "0.344"
VAR_TUBERIA(10, 2) = "0.375"
VAR_TUBERIA(11, 2) = "0.344"
VAR_TUBERIA(12, 2) = "0.562"
VAR_TUBERIA(13, 2) = "0.375"
VAR_TUBERIA(14, 2) = "0.344"
VAR_TUBERIA(15, 2) = "0.438"
VAR_TUBERIA(16, 2) = "0.406"
VAR_TUBERIA(17, 2) = "0.344"
VAR_TUBERIA(18, 2) = "0.562"
VAR_TUBERIA(19, 2) = "0.438"
VAR_TUBERIA(20, 2) = "0.344"
VAR_TUBERIA(21, 2) = "0.562"
VAR_TUBERIA(22, 2) = "0.344"
VAR_TUBERIA(23, 2) = "0.406"
VAR_TUBERIA(24, 2) = "0.562"
VAR_TUBERIA(25, 2) = "0.625"
VAR_TUBERIA(26, 2) = "0.750"
VAR_TUBERIA(27, 2) = "0.812"
VAR_TUBERIA(28, 2) = "0.750"
VAR_TUBERIA(29, 2) = "0.625"
VAR_TUBERIA(30, 2) = "0.562"
VAR_TUBERIA(31, 2) = "0.406"
VAR_TUBERIA(32, 2) = "0.344"
VAR_TUBERIA(33, 2) = "0.562"

VAR_TUBERIA(34, 2) = "0.344"
VAR_TUBERIA(35, 2) = "0.375"
VAR_TUBERIA(36, 2) = "0.344"
VAR_TUBERIA(37, 2) = "0.469"
VAR_TUBERIA(38, 2) = "0.344"
VAR_TUBERIA(39, 2) = "0.406"
VAR_TUBERIA(40, 2) = "0.438"
VAR_TUBERIA(41, 2) = "0.469"
VAR_TUBERIA(42, 2) = "0.344"

VAR_TUBERIA(1, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(2, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(3, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(4, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(5, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(6, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(7, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(8, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(9, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(10, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(11, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(12, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(13, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(14, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(15, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(16, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(17, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(18, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(19, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(20, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(21, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(22, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(23, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(24, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(25, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(26, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(27, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(28, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(29, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(30, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(31, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(32, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(33, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(34, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(35, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(36, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(37, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(38, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(39, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(40, 3) = "0.045"
VAR_TUBERIA(41, 3) = "0.045"

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

VAR_TUBERIA(42, 3) = "0.045"

VAR_TUBERIA(1, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(2, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(3, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(4, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(5, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(6, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(7, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(8, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(9, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(10, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(11, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(12, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(13, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(14, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(15, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(16, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(17, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(18, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(19, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(20, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(21, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(22, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(23, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(24, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(25, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(26, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(27, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(28, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(29, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(30, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(31, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(32, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(33, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(34, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(35, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(36, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(37, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(38, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(39, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(40, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(41, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA(42, 4) = "3.000"

VAR_TUBERIA_UNIDAD(0, 0) = 0

VAR_TUBERIA_UNIDAD(0, 1) = 0

VAR_TUBERIA_UNIDAD(0, 2) = 0

VAR_TUBERIA_UNIDAD(0, 3) = 0

VAR_TUBERIA_UNIDAD(0, 4) = 0

ReDim VAR_PERFIL(501, 3)

VAR_PERFIL(0, 0) = 500

VAR_PERFIL(1, 0) = "0.000"

VAR_PERFIL(2, 0) = "1.000"

VAR_PERFIL(3, 0) = "2.000"

VAR_PERFIL(4, 0) = "3.000"

VAR_PERFIL(5, 0) = "4.000"

VAR_PERFIL(6, 0) = "5.000"

VAR_PERFIL(7, 0) = "6.000"

VAR_PERFIL(8, 0) = "7.000"

VAR_PERFIL(9, 0) = "8.000"

VAR_PERFIL(10, 0) = "9.000"

VAR_PERFIL(11, 0) = "10.000"

VAR_PERFIL(12, 0) = "11.000"

VAR_PERFIL(13, 0) = "12.000"

VAR_PERFIL(14, 0) = "13.000"

VAR_PERFIL(15, 0) = "14.000"

VAR_PERFIL(16, 0) = "15.000"

VAR_PERFIL(17, 0) = "16.000"

VAR_PERFIL(18, 0) = "17.000"

VAR_PERFIL(19, 0) = "18.000"

VAR_PERFIL(20, 0) = "19.000"

VAR_PERFIL(21, 0) = "20.000"

VAR_PERFIL(22, 0) = "21.000"

VAR_PERFIL(23, 0) = "22.000"

VAR_PERFIL(24, 0) = "23.000"

VAR_PERFIL(25, 0) = "24.000"

VAR_PERFIL(26, 0) = "25.000"

VAR_PERFIL(27, 0) = "26.000"

VAR_PERFIL(28, 0) = "27.000"

VAR_PERFIL(29, 0) = "28.000"

VAR_PERFIL(30, 0) = "29.000"

VAR_PERFIL(31, 0) = "30.000"

VAR_PERFIL(32, 0) = "31.000"

VAR_PERFIL(33, 0) = "32.000"

VAR_PERFIL(34, 0) = "33.000"

VAR_PERFIL(35, 0) = "34.000"

VAR_PERFIL(36, 0) = "35.000"

VAR_PERFIL(37, 0) = "36.000"

VAR_PERFIL(38, 0) = "37.000"

VAR_PERFIL(39, 0) = "38.000"

VAR_PERFIL(40, 0) = "39.000"

VAR_PERFIL(41, 0) = "40.000"

VAR_PERFIL(42, 0) = "41.000"

VAR_PERFIL(43, 0) = "42.000"

VAR_PERFIL(44, 0) = "43.000"

VAR_PERFIL(45, 0) = "44.000"

VAR_PERFIL(46, 0) = "45.000"

VAR_PERFIL(47, 0) = "46.000"

VAR_PERFIL(48, 0) = "47.000"
VAR_PERFIL(49, 0) = "48.000"
VAR_PERFIL(50, 0) = "49.000"
VAR_PERFIL(51, 0) = "50.000"
VAR_PERFIL(52, 0) = "51.000"
VAR_PERFIL(53, 0) = "52.000"
VAR_PERFIL(54, 0) = "53.000"
VAR_PERFIL(55, 0) = "54.000"
VAR_PERFIL(56, 0) = "55.000"
VAR_PERFIL(57, 0) = "56.000"
VAR_PERFIL(58, 0) = "57.000"
VAR_PERFIL(59, 0) = "58.000"
VAR_PERFIL(60, 0) = "59.000"
VAR_PERFIL(61, 0) = "60.000"
VAR_PERFIL(62, 0) = "61.000"
VAR_PERFIL(63, 0) = "62.000"
VAR_PERFIL(64, 0) = "63.000"
VAR_PERFIL(65, 0) = "64.000"
VAR_PERFIL(66, 0) = "65.000"
VAR_PERFIL(67, 0) = "66.570"
VAR_PERFIL(68, 0) = "67.000"
VAR_PERFIL(69, 0) = "68.000"
VAR_PERFIL(70, 0) = "69.000"
VAR_PERFIL(71, 0) = "70.000"
VAR_PERFIL(72, 0) = "71.000"
VAR_PERFIL(73, 0) = "72.000"
VAR_PERFIL(74, 0) = "73.000"
VAR_PERFIL(75, 0) = "74.000"
VAR_PERFIL(76, 0) = "75.000"
VAR_PERFIL(77, 0) = "76.000"
VAR_PERFIL(78, 0) = "77.000"
VAR_PERFIL(79, 0) = "78.000"
VAR_PERFIL(80, 0) = "79.000"
VAR_PERFIL(81, 0) = "80.000"
VAR_PERFIL(82, 0) = "81.000"
VAR_PERFIL(83, 0) = "82.000"
VAR_PERFIL(84, 0) = "83.000"
VAR_PERFIL(85, 0) = "84.000"
VAR_PERFIL(86, 0) = "85.000"
VAR_PERFIL(87, 0) = "86.000"
VAR_PERFIL(88, 0) = "87.000"
VAR_PERFIL(89, 0) = "88.000"
VAR_PERFIL(90, 0) = "89.000"
VAR_PERFIL(91, 0) = "90.000"
VAR_PERFIL(92, 0) = "91.000"
VAR_PERFIL(93, 0) = "92.000"
VAR_PERFIL(94, 0) = "93.000"
VAR_PERFIL(95, 0) = "94.000"
VAR_PERFIL(96, 0) = "95.000"
VAR_PERFIL(97, 0) = "96.000"
VAR_PERFIL(98, 0) = "97.000"

VAR_PERFIL(99, 0) = "98.000"
VAR_PERFIL(100, 0) = "99.000"
VAR_PERFIL(101, 0) = "100.000"
VAR_PERFIL(102, 0) = "101.000"
VAR_PERFIL(103, 0) = "102.000"
VAR_PERFIL(104, 0) = "103.000"
VAR_PERFIL(105, 0) = "104.000"
VAR_PERFIL(106, 0) = "105.000"
VAR_PERFIL(107, 0) = "106.000"
VAR_PERFIL(108, 0) = "107.000"
VAR_PERFIL(109, 0) = "108.000"
VAR_PERFIL(110, 0) = "109.000"
VAR_PERFIL(111, 0) = "110.000"
VAR_PERFIL(112, 0) = "111.000"
VAR_PERFIL(113, 0) = "111.720"
VAR_PERFIL(114, 0) = "113.000"
VAR_PERFIL(115, 0) = "114.000"
VAR_PERFIL(116, 0) = "115.000"
VAR_PERFIL(117, 0) = "116.000"
VAR_PERFIL(118, 0) = "117.000"
VAR_PERFIL(119, 0) = "118.000"
VAR_PERFIL(120, 0) = "119.000"
VAR_PERFIL(121, 0) = "120.000"
VAR_PERFIL(122, 0) = "121.000"
VAR_PERFIL(123, 0) = "122.000"
VAR_PERFIL(124, 0) = "123.000"
VAR_PERFIL(125, 0) = "124.000"
VAR_PERFIL(126, 0) = "125.000"
VAR_PERFIL(127, 0) = "126.000"
VAR_PERFIL(128, 0) = "127.000"
VAR_PERFIL(129, 0) = "128.000"
VAR_PERFIL(130, 0) = "129.000"
VAR_PERFIL(131, 0) = "130.000"
VAR_PERFIL(132, 0) = "131.000"
VAR_PERFIL(133, 0) = "132.000"
VAR_PERFIL(134, 0) = "133.000"
VAR_PERFIL(135, 0) = "134.000"
VAR_PERFIL(136, 0) = "135.000"
VAR_PERFIL(137, 0) = "136.000"
VAR_PERFIL(138, 0) = "137.000"
VAR_PERFIL(139, 0) = "138.000"
VAR_PERFIL(140, 0) = "139.000"
VAR_PERFIL(141, 0) = "140.000"
VAR_PERFIL(142, 0) = "141.000"
VAR_PERFIL(143, 0) = "142.000"
VAR_PERFIL(144, 0) = "143.000"
VAR_PERFIL(145, 0) = "144.000"
VAR_PERFIL(146, 0) = "145.000"
VAR_PERFIL(147, 0) = "146.000"
VAR_PERFIL(148, 0) = "147.000"
VAR_PERFIL(149, 0) = "148.000"

VAR_PERFIL(150, 0) = "149.000"
VAR_PERFIL(151, 0) = "150.000"
VAR_PERFIL(152, 0) = "151.000"
VAR_PERFIL(153, 0) = "152.000"
VAR_PERFIL(154, 0) = "153.000"
VAR_PERFIL(155, 0) = "154.000"
VAR_PERFIL(156, 0) = "155.000"
VAR_PERFIL(157, 0) = "156.000"
VAR_PERFIL(158, 0) = "157.000"
VAR_PERFIL(159, 0) = "158.000"
VAR_PERFIL(160, 0) = "159.000"
VAR_PERFIL(161, 0) = "160.000"
VAR_PERFIL(162, 0) = "161.000"
VAR_PERFIL(163, 0) = "162.000"
VAR_PERFIL(164, 0) = "163.000"
VAR_PERFIL(165, 0) = "164.070"
VAR_PERFIL(166, 0) = "165.000"
VAR_PERFIL(167, 0) = "166.000"
VAR_PERFIL(168, 0) = "167.000"
VAR_PERFIL(169, 0) = "168.000"
VAR_PERFIL(170, 0) = "169.000"
VAR_PERFIL(171, 0) = "170.000"
VAR_PERFIL(172, 0) = "171.000"
VAR_PERFIL(173, 0) = "172.000"
VAR_PERFIL(174, 0) = "173.000"
VAR_PERFIL(175, 0) = "174.000"
VAR_PERFIL(176, 0) = "175.000"
VAR_PERFIL(177, 0) = "176.000"
VAR_PERFIL(178, 0) = "177.000"
VAR_PERFIL(179, 0) = "178.000"
VAR_PERFIL(180, 0) = "179.000"
VAR_PERFIL(181, 0) = "180.000"
VAR_PERFIL(182, 0) = "181.000"
VAR_PERFIL(183, 0) = "182.000"
VAR_PERFIL(184, 0) = "183.000"
VAR_PERFIL(185, 0) = "184.000"
VAR_PERFIL(186, 0) = "185.000"
VAR_PERFIL(187, 0) = "186.000"
VAR_PERFIL(188, 0) = "187.000"
VAR_PERFIL(189, 0) = "188.000"
VAR_PERFIL(190, 0) = "189.370"
VAR_PERFIL(191, 0) = "190.000"
VAR_PERFIL(192, 0) = "191.000"
VAR_PERFIL(193, 0) = "192.000"
VAR_PERFIL(194, 0) = "193.000"
VAR_PERFIL(195, 0) = "194.000"
VAR_PERFIL(196, 0) = "195.000"
VAR_PERFIL(197, 0) = "196.000"
VAR_PERFIL(198, 0) = "197.000"
VAR_PERFIL(199, 0) = "198.000"
VAR_PERFIL(200, 0) = "199.000"

VAR_PERFIL(201, 0) = "200.000"
VAR_PERFIL(202, 0) = "201.000"
VAR_PERFIL(203, 0) = "202.000"
VAR_PERFIL(204, 0) = "203.000"
VAR_PERFIL(205, 0) = "204.000"
VAR_PERFIL(206, 0) = "205.000"
VAR_PERFIL(207, 0) = "206.000"
VAR_PERFIL(208, 0) = "207.000"
VAR_PERFIL(209, 0) = "208.000"
VAR_PERFIL(210, 0) = "209.000"
VAR_PERFIL(211, 0) = "210.000"
VAR_PERFIL(212, 0) = "211.000"
VAR_PERFIL(213, 0) = "212.000"
VAR_PERFIL(214, 0) = "213.000"
VAR_PERFIL(215, 0) = "214.000"
VAR_PERFIL(216, 0) = "215.000"
VAR_PERFIL(217, 0) = "216.000"
VAR_PERFIL(218, 0) = "217.000"
VAR_PERFIL(219, 0) = "218.000"
VAR_PERFIL(220, 0) = "219.000"
VAR_PERFIL(221, 0) = "220.000"
VAR_PERFIL(222, 0) = "221.000"
VAR_PERFIL(223, 0) = "222.000"
VAR_PERFIL(224, 0) = "223.000"
VAR_PERFIL(225, 0) = "224.000"
VAR_PERFIL(226, 0) = "225.000"
VAR_PERFIL(227, 0) = "226.000"
VAR_PERFIL(228, 0) = "227.000"
VAR_PERFIL(229, 0) = "228.000"
VAR_PERFIL(230, 0) = "229.000"
VAR_PERFIL(231, 0) = "230.000"
VAR_PERFIL(232, 0) = "231.000"
VAR_PERFIL(233, 0) = "232.000"
VAR_PERFIL(234, 0) = "233.000"
VAR_PERFIL(235, 0) = "234.000"
VAR_PERFIL(236, 0) = "235.000"
VAR_PERFIL(237, 0) = "236.000"
VAR_PERFIL(238, 0) = "237.000"
VAR_PERFIL(239, 0) = "238.000"
VAR_PERFIL(240, 0) = "239.000"
VAR_PERFIL(241, 0) = "240.000"
VAR_PERFIL(242, 0) = "241.000"
VAR_PERFIL(243, 0) = "242.000"
VAR_PERFIL(244, 0) = "243.000"
VAR_PERFIL(245, 0) = "244.000"
VAR_PERFIL(246, 0) = "245.000"
VAR_PERFIL(247, 0) = "246.000"
VAR_PERFIL(248, 0) = "247.000"
VAR_PERFIL(249, 0) = "248.000"
VAR_PERFIL(250, 0) = "249.000"
VAR_PERFIL(251, 0) = "250.000"

VAR_PERFIL(252, 0) = "251.000"
VAR_PERFIL(253, 0) = "252.000"
VAR_PERFIL(254, 0) = "253.000"
VAR_PERFIL(255, 0) = "254.000"
VAR_PERFIL(256, 0) = "255.000"
VAR_PERFIL(257, 0) = "256.000"
VAR_PERFIL(258, 0) = "257.000"
VAR_PERFIL(259, 0) = "258.000"
VAR_PERFIL(260, 0) = "259.000"
VAR_PERFIL(261, 0) = "260.000"
VAR_PERFIL(262, 0) = "261.720"
VAR_PERFIL(263, 0) = "262.000"
VAR_PERFIL(264, 0) = "263.000"
VAR_PERFIL(265, 0) = "264.000"
VAR_PERFIL(266, 0) = "265.000"
VAR_PERFIL(267, 0) = "266.000"
VAR_PERFIL(268, 0) = "267.000"
VAR_PERFIL(269, 0) = "268.000"
VAR_PERFIL(270, 0) = "269.000"
VAR_PERFIL(271, 0) = "270.000"
VAR_PERFIL(272, 0) = "271.000"
VAR_PERFIL(273, 0) = "272.000"
VAR_PERFIL(274, 0) = "273.650"
VAR_PERFIL(275, 0) = "274.000"
VAR_PERFIL(276, 0) = "275.000"
VAR_PERFIL(277, 0) = "276.000"
VAR_PERFIL(278, 0) = "277.000"
VAR_PERFIL(279, 0) = "278.000"
VAR_PERFIL(280, 0) = "279.000"
VAR_PERFIL(281, 0) = "280.000"
VAR_PERFIL(282, 0) = "281.000"
VAR_PERFIL(283, 0) = "282.000"
VAR_PERFIL(284, 0) = "283.000"
VAR_PERFIL(285, 0) = "284.000"
VAR_PERFIL(286, 0) = "285.000"
VAR_PERFIL(287, 0) = "286.000"
VAR_PERFIL(288, 0) = "287.000"
VAR_PERFIL(289, 0) = "288.000"
VAR_PERFIL(290, 0) = "289.000"
VAR_PERFIL(291, 0) = "290.000"
VAR_PERFIL(292, 0) = "291.000"
VAR_PERFIL(293, 0) = "292.000"
VAR_PERFIL(294, 0) = "293.000"
VAR_PERFIL(295, 0) = "294.000"
VAR_PERFIL(296, 0) = "295.000"
VAR_PERFIL(297, 0) = "295.970"
VAR_PERFIL(298, 0) = "297.000"
VAR_PERFIL(299, 0) = "298.000"
VAR_PERFIL(300, 0) = "299.000"
VAR_PERFIL(301, 0) = "300.000"
VAR_PERFIL(302, 0) = "301.000"

VAR_PERFIL(303, 0) = "302.000"
VAR_PERFIL(304, 0) = "303.000"
VAR_PERFIL(305, 0) = "304.000"
VAR_PERFIL(306, 0) = "305.000"
VAR_PERFIL(307, 0) = "306.000"
VAR_PERFIL(308, 0) = "307.000"
VAR_PERFIL(309, 0) = "308.000"
VAR_PERFIL(310, 0) = "309.000"
VAR_PERFIL(311, 0) = "310.000"
VAR_PERFIL(312, 0) = "311.000"
VAR_PERFIL(313, 0) = "312.000"
VAR_PERFIL(314, 0) = "313.000"
VAR_PERFIL(315, 0) = "314.000"
VAR_PERFIL(316, 0) = "315.000"
VAR_PERFIL(317, 0) = "316.000"
VAR_PERFIL(318, 0) = "317.000"
VAR_PERFIL(319, 0) = "318.000"
VAR_PERFIL(320, 0) = "319.000"
VAR_PERFIL(321, 0) = "320.000"
VAR_PERFIL(322, 0) = "321.000"
VAR_PERFIL(323, 0) = "322.000"
VAR_PERFIL(324, 0) = "323.000"
VAR_PERFIL(325, 0) = "324.000"
VAR_PERFIL(326, 0) = "325.000"
VAR_PERFIL(327, 0) = "326.000"
VAR_PERFIL(328, 0) = "327.000"
VAR_PERFIL(329, 0) = "328.000"
VAR_PERFIL(330, 0) = "329.000"
VAR_PERFIL(331, 0) = "329.920"
VAR_PERFIL(332, 0) = "331.000"
VAR_PERFIL(333, 0) = "332.000"
VAR_PERFIL(334, 0) = "333.000"
VAR_PERFIL(335, 0) = "334.000"
VAR_PERFIL(336, 0) = "335.000"
VAR_PERFIL(337, 0) = "336.000"
VAR_PERFIL(338, 0) = "337.000"
VAR_PERFIL(339, 0) = "338.000"
VAR_PERFIL(340, 0) = "339.000"
VAR_PERFIL(341, 0) = "340.000"
VAR_PERFIL(342, 0) = "341.000"
VAR_PERFIL(343, 0) = "342.000"
VAR_PERFIL(344, 0) = "343.000"
VAR_PERFIL(345, 0) = "344.000"
VAR_PERFIL(346, 0) = "345.000"
VAR_PERFIL(347, 0) = "346.000"
VAR_PERFIL(348, 0) = "347.000"
VAR_PERFIL(349, 0) = "348.000"
VAR_PERFIL(350, 0) = "349.000"
VAR_PERFIL(351, 0) = "350.000"
VAR_PERFIL(352, 0) = "351.000"
VAR_PERFIL(353, 0) = "352.000"

VAR_PERFIL(354, 0) = "353.000"
VAR_PERFIL(355, 0) = "354.000"
VAR_PERFIL(356, 0) = "355.000"
VAR_PERFIL(357, 0) = "356.000"
VAR_PERFIL(358, 0) = "357.000"
VAR_PERFIL(359, 0) = "358.000"
VAR_PERFIL(360, 0) = "359.000"
VAR_PERFIL(361, 0) = "360.000"
VAR_PERFIL(362, 0) = "361.000"
VAR_PERFIL(363, 0) = "362.000"
VAR_PERFIL(364, 0) = "363.000"
VAR_PERFIL(365, 0) = "364.000"
VAR_PERFIL(366, 0) = "365.000"
VAR_PERFIL(367, 0) = "366.000"
VAR_PERFIL(368, 0) = "367.000"
VAR_PERFIL(369, 0) = "368.000"
VAR_PERFIL(370, 0) = "369.000"
VAR_PERFIL(371, 0) = "370.000"
VAR_PERFIL(372, 0) = "371.000"
VAR_PERFIL(373, 0) = "372.000"
VAR_PERFIL(374, 0) = "373.000"
VAR_PERFIL(375, 0) = "374.000"
VAR_PERFIL(376, 0) = "375.000"
VAR_PERFIL(377, 0) = "376.000"
VAR_PERFIL(378, 0) = "377.000"
VAR_PERFIL(379, 0) = "378.000"
VAR_PERFIL(380, 0) = "379.000"
VAR_PERFIL(381, 0) = "380.000"
VAR_PERFIL(382, 0) = "381.000"
VAR_PERFIL(383, 0) = "382.000"
VAR_PERFIL(384, 0) = "383.000"
VAR_PERFIL(385, 0) = "384.000"
VAR_PERFIL(386, 0) = "385.000"
VAR_PERFIL(387, 0) = "386.000"
VAR_PERFIL(388, 0) = "387.000"
VAR_PERFIL(389, 0) = "388.000"
VAR_PERFIL(390, 0) = "389.000"
VAR_PERFIL(391, 0) = "390.000"
VAR_PERFIL(392, 0) = "391.000"
VAR_PERFIL(393, 0) = "392.000"
VAR_PERFIL(394, 0) = "393.000"
VAR_PERFIL(395, 0) = "394.000"
VAR_PERFIL(396, 0) = "395.000"
VAR_PERFIL(397, 0) = "396.000"
VAR_PERFIL(398, 0) = "397.000"
VAR_PERFIL(399, 0) = "398.000"
VAR_PERFIL(400, 0) = "399.000"
VAR_PERFIL(401, 0) = "400.000"
VAR_PERFIL(402, 0) = "401.000"
VAR_PERFIL(403, 0) = "402.000"
VAR_PERFIL(404, 0) = "403.000"

VAR_PERFIL(405, 0) = "404.000"
VAR_PERFIL(406, 0) = "405.000"
VAR_PERFIL(407, 0) = "406.000"
VAR_PERFIL(408, 0) = "407.000"
VAR_PERFIL(409, 0) = "408.000"
VAR_PERFIL(410, 0) = "409.000"
VAR_PERFIL(411, 0) = "410.000"
VAR_PERFIL(412, 0) = "411.000"
VAR_PERFIL(413, 0) = "412.000"
VAR_PERFIL(414, 0) = "413.000"
VAR_PERFIL(415, 0) = "414.000"
VAR_PERFIL(416, 0) = "415.000"
VAR_PERFIL(417, 0) = "416.000"
VAR_PERFIL(418, 0) = "417.000"
VAR_PERFIL(419, 0) = "418.000"
VAR_PERFIL(420, 0) = "419.000"
VAR_PERFIL(421, 0) = "420.000"
VAR_PERFIL(422, 0) = "420.250"
VAR_PERFIL(423, 0) = "421.000"
VAR_PERFIL(424, 0) = "422.000"
VAR_PERFIL(425, 0) = "423.000"
VAR_PERFIL(426, 0) = "424.000"
VAR_PERFIL(427, 0) = "425.000"
VAR_PERFIL(428, 0) = "426.000"
VAR_PERFIL(429, 0) = "427.000"
VAR_PERFIL(430, 0) = "428.000"
VAR_PERFIL(431, 0) = "429.000"
VAR_PERFIL(432, 0) = "430.000"
VAR_PERFIL(433, 0) = "431.000"
VAR_PERFIL(434, 0) = "432.000"
VAR_PERFIL(435, 0) = "433.000"
VAR_PERFIL(436, 0) = "434.000"
VAR_PERFIL(437, 0) = "435.000"
VAR_PERFIL(438, 0) = "436.000"
VAR_PERFIL(439, 0) = "437.000"
VAR_PERFIL(440, 0) = "438.000"
VAR_PERFIL(441, 0) = "439.000"
VAR_PERFIL(442, 0) = "440.000"
VAR_PERFIL(443, 0) = "441.000"
VAR_PERFIL(444, 0) = "442.000"
VAR_PERFIL(445, 0) = "443.000"
VAR_PERFIL(446, 0) = "444.000"
VAR_PERFIL(447, 0) = "445.000"
VAR_PERFIL(448, 0) = "446.000"
VAR_PERFIL(449, 0) = "447.000"
VAR_PERFIL(450, 0) = "448.000"
VAR_PERFIL(451, 0) = "449.000"
VAR_PERFIL(452, 0) = "450.000"
VAR_PERFIL(453, 0) = "451.000"
VAR_PERFIL(454, 0) = "452.000"
VAR_PERFIL(455, 0) = "453.000"

VAR_PERFIL(456, 0) = "454.000"
VAR_PERFIL(457, 0) = "455.000"
VAR_PERFIL(458, 0) = "456.000"
VAR_PERFIL(459, 0) = "457.000"
VAR_PERFIL(460, 0) = "458.000"
VAR_PERFIL(461, 0) = "459.000"
VAR_PERFIL(462, 0) = "460.000"
VAR_PERFIL(463, 0) = "461.000"
VAR_PERFIL(464, 0) = "462.000"
VAR_PERFIL(465, 0) = "463.000"
VAR_PERFIL(466, 0) = "464.000"
VAR_PERFIL(467, 0) = "465.000"
VAR_PERFIL(468, 0) = "466.000"
VAR_PERFIL(469, 0) = "467.000"
VAR_PERFIL(470, 0) = "468.000"
VAR_PERFIL(471, 0) = "469.000"
VAR_PERFIL(472, 0) = "470.000"
VAR_PERFIL(473, 0) = "471.000"
VAR_PERFIL(474, 0) = "472.000"
VAR_PERFIL(475, 0) = "473.000"
VAR_PERFIL(476, 0) = "474.000"
VAR_PERFIL(477, 0) = "475.000"
VAR_PERFIL(478, 0) = "476.000"
VAR_PERFIL(479, 0) = "477.000"
VAR_PERFIL(480, 0) = "478.000"
VAR_PERFIL(481, 0) = "479.000"
VAR_PERFIL(482, 0) = "480.000"
VAR_PERFIL(483, 0) = "481.000"
VAR_PERFIL(484, 0) = "482.000"
VAR_PERFIL(485, 0) = "483.000"
VAR_PERFIL(486, 0) = "484.000"
VAR_PERFIL(487, 0) = "485.000"
VAR_PERFIL(488, 0) = "486.000"
VAR_PERFIL(489, 0) = "487.000"
VAR_PERFIL(490, 0) = "488.000"
VAR_PERFIL(491, 0) = "489.000"
VAR_PERFIL(492, 0) = "490.000"
VAR_PERFIL(493, 0) = "491.000"
VAR_PERFIL(494, 0) = "492.000"
VAR_PERFIL(495, 0) = "493.000"
VAR_PERFIL(496, 0) = "494.000"
VAR_PERFIL(497, 0) = "495.000"
VAR_PERFIL(498, 0) = "496.000"
VAR_PERFIL(499, 0) = "497.000"
VAR_PERFIL(500, 0) = "497.700"

VAR_PERFIL(1, 1) = "296.000"
VAR_PERFIL(2, 1) = "300.000"
VAR_PERFIL(3, 1) = "307.000"
VAR_PERFIL(4, 1) = "305.000"
VAR_PERFIL(5, 1) = "310.000"

VAR_PERFIL(6, 1) = "313.000"
VAR_PERFIL(7, 1) = "310.000"
VAR_PERFIL(8, 1) = "315.000"
VAR_PERFIL(9, 1) = "314.000"
VAR_PERFIL(10, 1) = "318.000"
VAR_PERFIL(11, 1) = "317.000"
VAR_PERFIL(12, 1) = "316.000"
VAR_PERFIL(13, 1) = "319.000"
VAR_PERFIL(14, 1) = "315.000"
VAR_PERFIL(15, 1) = "326.000"
VAR_PERFIL(16, 1) = "323.000"
VAR_PERFIL(17, 1) = "332.000"
VAR_PERFIL(18, 1) = "329.000"
VAR_PERFIL(19, 1) = "330.000"
VAR_PERFIL(20, 1) = "335.000"
VAR_PERFIL(21, 1) = "335.000"
VAR_PERFIL(22, 1) = "339.000"
VAR_PERFIL(23, 1) = "340.000"
VAR_PERFIL(24, 1) = "343.000"
VAR_PERFIL(25, 1) = "344.000"
VAR_PERFIL(26, 1) = "372.000"
VAR_PERFIL(27, 1) = "365.000"
VAR_PERFIL(28, 1) = "353.000"
VAR_PERFIL(29, 1) = "358.000"
VAR_PERFIL(30, 1) = "364.000"
VAR_PERFIL(31, 1) = "372.000"
VAR_PERFIL(32, 1) = "374.000"
VAR_PERFIL(33, 1) = "373.000"
VAR_PERFIL(34, 1) = "350.000"
VAR_PERFIL(35, 1) = "355.000"
VAR_PERFIL(36, 1) = "357.000"
VAR_PERFIL(37, 1) = "355.000"
VAR_PERFIL(38, 1) = "351.000"
VAR_PERFIL(39, 1) = "381.000"
VAR_PERFIL(40, 1) = "387.000"
VAR_PERFIL(41, 1) = "377.000"
VAR_PERFIL(42, 1) = "367.000"
VAR_PERFIL(43, 1) = "392.000"
VAR_PERFIL(44, 1) = "448.000"
VAR_PERFIL(45, 1) = "400.000"
VAR_PERFIL(46, 1) = "416.000"
VAR_PERFIL(47, 1) = "403.000"
VAR_PERFIL(48, 1) = "410.000"
VAR_PERFIL(49, 1) = "435.000"
VAR_PERFIL(50, 1) = "465.000"
VAR_PERFIL(51, 1) = "426.000"
VAR_PERFIL(52, 1) = "425.000"
VAR_PERFIL(53, 1) = "436.000"
VAR_PERFIL(54, 1) = "448.000"
VAR_PERFIL(55, 1) = "462.000"
VAR_PERFIL(56, 1) = "477.000"

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

VAR_PERFIL(57, 1) = "494.000"
VAR_PERFIL(58, 1) = "492.000"
VAR_PERFIL(59, 1) = "503.000"
VAR_PERFIL(60, 1) = "517.000"
VAR_PERFIL(61, 1) = "533.000"
VAR_PERFIL(62, 1) = "557.000"
VAR_PERFIL(63, 1) = "575.000"
VAR_PERFIL(64, 1) = "628.000"
VAR_PERFIL(65, 1) = "655.000"
VAR_PERFIL(66, 1) = "733.000"
VAR_PERFIL(67, 1) = "842.600"
VAR_PERFIL(68, 1) = "882.000"
VAR_PERFIL(69, 1) = "933.000"
VAR_PERFIL(70, 1) = "973.000"
VAR_PERFIL(71, 1) = "1077.000"
VAR_PERFIL(72, 1) = "1092.000"
VAR_PERFIL(73, 1) = "1088.000"
VAR_PERFIL(74, 1) = "1117.000"
VAR_PERFIL(75, 1) = "1165.000"
VAR_PERFIL(76, 1) = "1217.000"
VAR_PERFIL(77, 1) = "1275.000"
VAR_PERFIL(78, 1) = "1364.000"
VAR_PERFIL(79, 1) = "1449.000"
VAR_PERFIL(80, 1) = "1342.000"
VAR_PERFIL(81, 1) = "1292.000"
VAR_PERFIL(82, 1) = "1388.000"
VAR_PERFIL(83, 1) = "1380.000"
VAR_PERFIL(84, 1) = "1416.000"
VAR_PERFIL(85, 1) = "1460.000"
VAR_PERFIL(86, 1) = "1483.000"
VAR_PERFIL(87, 1) = "1560.000"
VAR_PERFIL(88, 1) = "1570.000"
VAR_PERFIL(89, 1) = "1596.000"
VAR_PERFIL(90, 1) = "1610.000"
VAR_PERFIL(91, 1) = "1604.000"
VAR_PERFIL(92, 1) = "1645.000"
VAR_PERFIL(93, 1) = "1673.000"
VAR_PERFIL(94, 1) = "1504.000"
VAR_PERFIL(95, 1) = "1324.000"
VAR_PERFIL(96, 1) = "1218.000"
VAR_PERFIL(97, 1) = "1189.000"
VAR_PERFIL(98, 1) = "1191.000"
VAR_PERFIL(99, 1) = "1215.000"
VAR_PERFIL(100, 1) = "1293.000"
VAR_PERFIL(101, 1) = "1248.000"
VAR_PERFIL(102, 1) = "1222.000"
VAR_PERFIL(103, 1) = "1243.000"
VAR_PERFIL(104, 1) = "1233.000"
VAR_PERFIL(105, 1) = "1229.000"
VAR_PERFIL(106, 1) = "1227.000"
VAR_PERFIL(107, 1) = "1228.000"

VAR_PERFIL(108, 1) = "1233.000"
VAR_PERFIL(109, 1) = "1230.000"
VAR_PERFIL(110, 1) = "1233.000"
VAR_PERFIL(111, 1) = "1258.000"
VAR_PERFIL(112, 1) = "1247.000"
VAR_PERFIL(113, 1) = "1289.000"
VAR_PERFIL(114, 1) = "1289.000"
VAR_PERFIL(115, 1) = "1512.000"
VAR_PERFIL(116, 1) = "1688.000"
VAR_PERFIL(117, 1) = "1768.000"
VAR_PERFIL(118, 1) = "1753.000"
VAR_PERFIL(119, 1) = "1793.000"
VAR_PERFIL(120, 1) = "1783.000"
VAR_PERFIL(121, 1) = "1882.000"
VAR_PERFIL(122, 1) = "1963.000"
VAR_PERFIL(123, 1) = "1948.000"
VAR_PERFIL(124, 1) = "1923.000"
VAR_PERFIL(125, 1) = "1915.000"
VAR_PERFIL(126, 1) = "1825.000"
VAR_PERFIL(127, 1) = "1832.000"
VAR_PERFIL(128, 1) = "1898.000"
VAR_PERFIL(129, 1) = "1897.000"
VAR_PERFIL(130, 1) = "1848.000"
VAR_PERFIL(131, 1) = "1765.000"
VAR_PERFIL(132, 1) = "1753.000"
VAR_PERFIL(133, 1) = "1667.000"
VAR_PERFIL(134, 1) = "1497.000"
VAR_PERFIL(135, 1) = "1498.000"
VAR_PERFIL(136, 1) = "1490.000"
VAR_PERFIL(137, 1) = "1537.000"
VAR_PERFIL(138, 1) = "1563.000"
VAR_PERFIL(139, 1) = "1605.000"
VAR_PERFIL(140, 1) = "1604.000"
VAR_PERFIL(141, 1) = "1597.000"
VAR_PERFIL(142, 1) = "1607.000"
VAR_PERFIL(143, 1) = "1652.000"
VAR_PERFIL(144, 1) = "1653.000"
VAR_PERFIL(145, 1) = "1645.000"
VAR_PERFIL(146, 1) = "1675.000"
VAR_PERFIL(147, 1) = "1680.000"
VAR_PERFIL(148, 1) = "1703.000"
VAR_PERFIL(149, 1) = "1723.000"
VAR_PERFIL(150, 1) = "1738.000"
VAR_PERFIL(151, 1) = "1795.000"
VAR_PERFIL(152, 1) = "1817.000"
VAR_PERFIL(153, 1) = "1837.000"
VAR_PERFIL(154, 1) = "1860.000"
VAR_PERFIL(155, 1) = "1877.000"
VAR_PERFIL(156, 1) = "1787.000"
VAR_PERFIL(157, 1) = "1791.000"
VAR_PERFIL(158, 1) = "1824.000"

VAR_PERFIL(159, 1) = "1837.000"
VAR_PERFIL(160, 1) = "1872.000"
VAR_PERFIL(161, 1) = "1878.000"
VAR_PERFIL(162, 1) = "1918.000"
VAR_PERFIL(163, 1) = "1935.000"
VAR_PERFIL(164, 1) = "1968.000"
VAR_PERFIL(165, 1) = "2002.000"
VAR_PERFIL(166, 1) = "2015.000"
VAR_PERFIL(167, 1) = "2057.000"
VAR_PERFIL(168, 1) = "2078.000"
VAR_PERFIL(169, 1) = "2115.000"
VAR_PERFIL(170, 1) = "2180.000"
VAR_PERFIL(171, 1) = "2225.000"
VAR_PERFIL(172, 1) = "2247.000"
VAR_PERFIL(173, 1) = "2237.000"
VAR_PERFIL(174, 1) = "2243.000"
VAR_PERFIL(175, 1) = "2350.000"
VAR_PERFIL(176, 1) = "2397.000"
VAR_PERFIL(177, 1) = "2422.000"
VAR_PERFIL(178, 1) = "2458.000"
VAR_PERFIL(179, 1) = "2499.000"
VAR_PERFIL(180, 1) = "2540.000"
VAR_PERFIL(181, 1) = "2589.000"
VAR_PERFIL(182, 1) = "2634.000"
VAR_PERFIL(183, 1) = "2688.000"
VAR_PERFIL(184, 1) = "2721.000"
VAR_PERFIL(185, 1) = "2757.000"
VAR_PERFIL(186, 1) = "2786.000"
VAR_PERFIL(187, 1) = "2842.000"
VAR_PERFIL(188, 1) = "2872.000"
VAR_PERFIL(189, 1) = "2905.000"
VAR_PERFIL(190, 1) = "3009.000"
VAR_PERFIL(191, 1) = "3025.000"
VAR_PERFIL(192, 1) = "3123.000"
VAR_PERFIL(193, 1) = "3292.000"
VAR_PERFIL(194, 1) = "3360.000"
VAR_PERFIL(195, 1) = "3355.000"
VAR_PERFIL(196, 1) = "3387.000"
VAR_PERFIL(197, 1) = "3561.000"
VAR_PERFIL(198, 1) = "3713.000"
VAR_PERFIL(199, 1) = "3808.000"
VAR_PERFIL(200, 1) = "3908.000"
VAR_PERFIL(201, 1) = "3926.000"
VAR_PERFIL(202, 1) = "4047.000"
VAR_PERFIL(203, 1) = "4025.000"
VAR_PERFIL(204, 1) = "3995.000"
VAR_PERFIL(205, 1) = "3888.000"
VAR_PERFIL(206, 1) = "3769.000"
VAR_PERFIL(207, 1) = "3730.000"
VAR_PERFIL(208, 1) = "3728.000"
VAR_PERFIL(209, 1) = "3713.000"

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

VAR_PERFIL(210, 1) = "3700.000"
VAR_PERFIL(211, 1) = "3552.000"
VAR_PERFIL(212, 1) = "3487.000"
VAR_PERFIL(213, 1) = "3722.000"
VAR_PERFIL(214, 1) = "3667.000"
VAR_PERFIL(215, 1) = "3524.000"
VAR_PERFIL(216, 1) = "3403.000"
VAR_PERFIL(217, 1) = "3257.000"
VAR_PERFIL(218, 1) = "3141.000"
VAR_PERFIL(219, 1) = "3000.000"
VAR_PERFIL(220, 1) = "2835.000"
VAR_PERFIL(221, 1) = "2907.000"
VAR_PERFIL(222, 1) = "2857.000"
VAR_PERFIL(223, 1) = "2802.000"
VAR_PERFIL(224, 1) = "2747.000"
VAR_PERFIL(225, 1) = "2616.000"
VAR_PERFIL(226, 1) = "2595.000"
VAR_PERFIL(227, 1) = "2545.000"
VAR_PERFIL(228, 1) = "2608.000"
VAR_PERFIL(229, 1) = "2573.000"
VAR_PERFIL(230, 1) = "2588.000"
VAR_PERFIL(231, 1) = "2590.000"
VAR_PERFIL(232, 1) = "2555.000"
VAR_PERFIL(233, 1) = "2538.000"
VAR_PERFIL(234, 1) = "2497.000"
VAR_PERFIL(235, 1) = "2487.000"
VAR_PERFIL(236, 1) = "2467.000"
VAR_PERFIL(237, 1) = "2453.000"
VAR_PERFIL(238, 1) = "2465.000"
VAR_PERFIL(239, 1) = "2491.000"
VAR_PERFIL(240, 1) = "2563.000"
VAR_PERFIL(241, 1) = "2600.000"
VAR_PERFIL(242, 1) = "2708.000"
VAR_PERFIL(243, 1) = "2781.000"
VAR_PERFIL(244, 1) = "2900.000"
VAR_PERFIL(245, 1) = "3177.000"
VAR_PERFIL(246, 1) = "3106.000"
VAR_PERFIL(247, 1) = "2957.000"
VAR_PERFIL(248, 1) = "2887.000"
VAR_PERFIL(249, 1) = "2897.000"
VAR_PERFIL(250, 1) = "2901.000"
VAR_PERFIL(251, 1) = "2957.000"
VAR_PERFIL(252, 1) = "2888.000"
VAR_PERFIL(253, 1) = "3058.000"
VAR_PERFIL(254, 1) = "3197.000"
VAR_PERFIL(255, 1) = "3451.000"
VAR_PERFIL(256, 1) = "3686.000"
VAR_PERFIL(257, 1) = "3742.000"
VAR_PERFIL(258, 1) = "3609.000"
VAR_PERFIL(259, 1) = "3501.000"
VAR_PERFIL(260, 1) = "3454.000"

VAR_PERFIL(261, 1) = "3505.000"
VAR_PERFIL(262, 1) = "3497.640"
VAR_PERFIL(263, 1) = "3468.000"
VAR_PERFIL(264, 1) = "3412.000"
VAR_PERFIL(265, 1) = "3185.000"
VAR_PERFIL(266, 1) = "3137.000"
VAR_PERFIL(267, 1) = "3056.000"
VAR_PERFIL(268, 1) = "3022.000"
VAR_PERFIL(269, 1) = "3015.000"
VAR_PERFIL(270, 1) = "2942.000"
VAR_PERFIL(271, 1) = "2815.000"
VAR_PERFIL(272, 1) = "2495.000"
VAR_PERFIL(273, 1) = "2225.000"
VAR_PERFIL(274, 1) = "1998.140"
VAR_PERFIL(275, 1) = "1983.000"
VAR_PERFIL(276, 1) = "1953.000"
VAR_PERFIL(277, 1) = "1921.000"
VAR_PERFIL(278, 1) = "1900.000"
VAR_PERFIL(279, 1) = "1853.000"
VAR_PERFIL(280, 1) = "1825.000"
VAR_PERFIL(281, 1) = "1809.000"
VAR_PERFIL(282, 1) = "1843.000"
VAR_PERFIL(283, 1) = "1958.000"
VAR_PERFIL(284, 1) = "2055.000"
VAR_PERFIL(285, 1) = "1969.000"
VAR_PERFIL(286, 1) = "1925.000"
VAR_PERFIL(287, 1) = "1895.000"
VAR_PERFIL(288, 1) = "1853.000"
VAR_PERFIL(289, 1) = "1953.000"
VAR_PERFIL(290, 1) = "2050.000"
VAR_PERFIL(291, 1) = "2178.000"
VAR_PERFIL(292, 1) = "2197.000"
VAR_PERFIL(293, 1) = "2043.000"
VAR_PERFIL(294, 1) = "1895.000"
VAR_PERFIL(295, 1) = "1601.000"
VAR_PERFIL(296, 1) = "1555.000"
VAR_PERFIL(297, 1) = "1613.300"
VAR_PERFIL(298, 1) = "1734.000"
VAR_PERFIL(299, 1) = "1696.000"
VAR_PERFIL(300, 1) = "1467.000"
VAR_PERFIL(301, 1) = "1445.000"
VAR_PERFIL(302, 1) = "1422.000"
VAR_PERFIL(303, 1) = "1267.000"
VAR_PERFIL(304, 1) = "1255.000"
VAR_PERFIL(305, 1) = "1438.000"
VAR_PERFIL(306, 1) = "1217.000"
VAR_PERFIL(307, 1) = "1362.000"
VAR_PERFIL(308, 1) = "1228.000"
VAR_PERFIL(309, 1) = "1173.000"
VAR_PERFIL(310, 1) = "1206.000"
VAR_PERFIL(311, 1) = "1122.000"

VAR_PERFIL(312, 1) = "1017.000"
VAR_PERFIL(313, 1) = "823.000"
VAR_PERFIL(314, 1) = "810.000"
VAR_PERFIL(315, 1) = "803.000"
VAR_PERFIL(316, 1) = "792.000"
VAR_PERFIL(317, 1) = "761.000"
VAR_PERFIL(318, 1) = "733.000"
VAR_PERFIL(319, 1) = "708.000"
VAR_PERFIL(320, 1) = "723.000"
VAR_PERFIL(321, 1) = "697.000"
VAR_PERFIL(322, 1) = "688.000"
VAR_PERFIL(323, 1) = "672.000"
VAR_PERFIL(324, 1) = "637.000"
VAR_PERFIL(325, 1) = "638.000"
VAR_PERFIL(326, 1) = "614.000"
VAR_PERFIL(327, 1) = "602.000"
VAR_PERFIL(328, 1) = "598.000"
VAR_PERFIL(329, 1) = "586.000"
VAR_PERFIL(330, 1) = "573.000"
VAR_PERFIL(331, 1) = "567.340"
VAR_PERFIL(332, 1) = "560.000"
VAR_PERFIL(333, 1) = "553.000"
VAR_PERFIL(334, 1) = "535.000"
VAR_PERFIL(335, 1) = "533.000"
VAR_PERFIL(336, 1) = "553.000"
VAR_PERFIL(337, 1) = "524.000"
VAR_PERFIL(338, 1) = "513.000"
VAR_PERFIL(339, 1) = "554.000"
VAR_PERFIL(340, 1) = "543.000"
VAR_PERFIL(341, 1) = "542.000"
VAR_PERFIL(342, 1) = "531.000"
VAR_PERFIL(343, 1) = "516.000"
VAR_PERFIL(344, 1) = "502.000"
VAR_PERFIL(345, 1) = "492.000"
VAR_PERFIL(346, 1) = "472.000"
VAR_PERFIL(347, 1) = "452.000"
VAR_PERFIL(348, 1) = "438.000"
VAR_PERFIL(349, 1) = "447.000"
VAR_PERFIL(350, 1) = "441.000"
VAR_PERFIL(351, 1) = "426.000"
VAR_PERFIL(352, 1) = "412.000"
VAR_PERFIL(353, 1) = "390.000"
VAR_PERFIL(354, 1) = "393.000"
VAR_PERFIL(355, 1) = "387.000"
VAR_PERFIL(356, 1) = "376.000"
VAR_PERFIL(357, 1) = "368.000"
VAR_PERFIL(358, 1) = "363.000"
VAR_PERFIL(359, 1) = "348.000"
VAR_PERFIL(360, 1) = "346.000"
VAR_PERFIL(361, 1) = "332.000"
VAR_PERFIL(362, 1) = "331.000"

VAR_PERFIL(363, 1) = "270.000"
VAR_PERFIL(364, 1) = "302.000"
VAR_PERFIL(365, 1) = "294.000"
VAR_PERFIL(366, 1) = "295.500"
VAR_PERFIL(367, 1) = "294.500"
VAR_PERFIL(368, 1) = "282.500"
VAR_PERFIL(369, 1) = "250.500"
VAR_PERFIL(370, 1) = "253.000"
VAR_PERFIL(371, 1) = "258.000"
VAR_PERFIL(372, 1) = "247.000"
VAR_PERFIL(373, 1) = "246.000"
VAR_PERFIL(374, 1) = "241.000"
VAR_PERFIL(375, 1) = "236.000"
VAR_PERFIL(376, 1) = "229.000"
VAR_PERFIL(377, 1) = "225.000"
VAR_PERFIL(378, 1) = "215.500"
VAR_PERFIL(379, 1) = "206.500"
VAR_PERFIL(380, 1) = "197.500"
VAR_PERFIL(381, 1) = "214.000"
VAR_PERFIL(382, 1) = "185.000"
VAR_PERFIL(383, 1) = "193.500"
VAR_PERFIL(384, 1) = "173.500"
VAR_PERFIL(385, 1) = "191.000"
VAR_PERFIL(386, 1) = "182.500"
VAR_PERFIL(387, 1) = "176.000"
VAR_PERFIL(388, 1) = "178.500"
VAR_PERFIL(389, 1) = "177.500"
VAR_PERFIL(390, 1) = "170.500"
VAR_PERFIL(391, 1) = "166.000"
VAR_PERFIL(392, 1) = "163.000"
VAR_PERFIL(393, 1) = "148.000"
VAR_PERFIL(394, 1) = "142.500"
VAR_PERFIL(395, 1) = "148.000"
VAR_PERFIL(396, 1) = "154.000"
VAR_PERFIL(397, 1) = "140.000"
VAR_PERFIL(398, 1) = "146.500"
VAR_PERFIL(399, 1) = "130.000"
VAR_PERFIL(400, 1) = "147.500"
VAR_PERFIL(401, 1) = "132.000"
VAR_PERFIL(402, 1) = "110.000"
VAR_PERFIL(403, 1) = "109.000"
VAR_PERFIL(404, 1) = "119.000"
VAR_PERFIL(405, 1) = "115.000"
VAR_PERFIL(406, 1) = "109.000"
VAR_PERFIL(407, 1) = "105.000"
VAR_PERFIL(408, 1) = "102.000"
VAR_PERFIL(409, 1) = "104.000"
VAR_PERFIL(410, 1) = "104.000"
VAR_PERFIL(411, 1) = "128.000"
VAR_PERFIL(412, 1) = "108.000"
VAR_PERFIL(413, 1) = "105.000"

VAR_PERFIL(414, 1) = "109.000"
VAR_PERFIL(415, 1) = "106.000"
VAR_PERFIL(416, 1) = "94.000"
VAR_PERFIL(417, 1) = "109.000"
VAR_PERFIL(418, 1) = "133.000"
VAR_PERFIL(419, 1) = "101.000"
VAR_PERFIL(420, 1) = "103.500"
VAR_PERFIL(421, 1) = "114.500"
VAR_PERFIL(422, 1) = "97.000"
VAR_PERFIL(423, 1) = "93.000"
VAR_PERFIL(424, 1) = "95.000"
VAR_PERFIL(425, 1) = "114.000"
VAR_PERFIL(426, 1) = "96.500"
VAR_PERFIL(427, 1) = "95.500"
VAR_PERFIL(428, 1) = "135.500"
VAR_PERFIL(429, 1) = "157.500"
VAR_PERFIL(430, 1) = "192.500"
VAR_PERFIL(431, 1) = "234.000"
VAR_PERFIL(432, 1) = "165.000"
VAR_PERFIL(433, 1) = "174.000"
VAR_PERFIL(434, 1) = "196.000"
VAR_PERFIL(435, 1) = "205.500"
VAR_PERFIL(436, 1) = "177.500"
VAR_PERFIL(437, 1) = "162.500"
VAR_PERFIL(438, 1) = "174.000"
VAR_PERFIL(439, 1) = "166.000"
VAR_PERFIL(440, 1) = "197.000"
VAR_PERFIL(441, 1) = "151.000"
VAR_PERFIL(442, 1) = "219.000"
VAR_PERFIL(443, 1) = "212.500"
VAR_PERFIL(444, 1) = "71.000"
VAR_PERFIL(445, 1) = "68.000"
VAR_PERFIL(446, 1) = "62.500"
VAR_PERFIL(447, 1) = "71.000"
VAR_PERFIL(448, 1) = "62.500"
VAR_PERFIL(449, 1) = "52.500"
VAR_PERFIL(450, 1) = "49.500"
VAR_PERFIL(451, 1) = "52.000"
VAR_PERFIL(452, 1) = "49.000"
VAR_PERFIL(453, 1) = "47.500"
VAR_PERFIL(454, 1) = "51.000"
VAR_PERFIL(455, 1) = "54.000"
VAR_PERFIL(456, 1) = "51.500"
VAR_PERFIL(457, 1) = "48.500"
VAR_PERFIL(458, 1) = "47.000"
VAR_PERFIL(459, 1) = "37.000"
VAR_PERFIL(460, 1) = "87.500"
VAR_PERFIL(461, 1) = "100.500"
VAR_PERFIL(462, 1) = "45.000"
VAR_PERFIL(463, 1) = "95.000"
VAR_PERFIL(464, 1) = "53.000"

VAR_PERFIL(465, 1) = "52.000"
VAR_PERFIL(466, 1) = "53.000"
VAR_PERFIL(467, 1) = "63.000"
VAR_PERFIL(468, 1) = "92.500"
VAR_PERFIL(469, 1) = "80.500"
VAR_PERFIL(470, 1) = "56.000"
VAR_PERFIL(471, 1) = "72.500"
VAR_PERFIL(472, 1) = "257.500"
VAR_PERFIL(473, 1) = "231.000"
VAR_PERFIL(474, 1) = "62.500"
VAR_PERFIL(475, 1) = "44.500"
VAR_PERFIL(476, 1) = "152.500"
VAR_PERFIL(477, 1) = "62.500"
VAR_PERFIL(478, 1) = "31.000"
VAR_PERFIL(479, 1) = "27.000"
VAR_PERFIL(480, 1) = "23.500"
VAR_PERFIL(481, 1) = "25.000"
VAR_PERFIL(482, 1) = "62.500"
VAR_PERFIL(483, 1) = "45.000"
VAR_PERFIL(484, 1) = "52.000"
VAR_PERFIL(485, 1) = "60.000"
VAR_PERFIL(486, 1) = "30.000"
VAR_PERFIL(487, 1) = "14.000"
VAR_PERFIL(488, 1) = "44.000"
VAR_PERFIL(489, 1) = "81.000"
VAR_PERFIL(490, 1) = "162.500"
VAR_PERFIL(491, 1) = "57.500"
VAR_PERFIL(492, 1) = "32.000"
VAR_PERFIL(493, 1) = "112.500"
VAR_PERFIL(494, 1) = "108.000"
VAR_PERFIL(495, 1) = "35.000"
VAR_PERFIL(496, 1) = "18.000"
VAR_PERFIL(497, 1) = "27.000"
VAR_PERFIL(498, 1) = "63.500"
VAR_PERFIL(499, 1) = "135.000"
VAR_PERFIL(500, 1) = "195.000"

VAR_PERFIL(1, 2) = "73.000"
VAR_PERFIL(2, 2) = "72.990"
VAR_PERFIL(3, 2) = "72.970"
VAR_PERFIL(4, 2) = "72.980"
VAR_PERFIL(5, 2) = "72.960"
VAR_PERFIL(6, 2) = "72.950"
VAR_PERFIL(7, 2) = "72.960"
VAR_PERFIL(8, 2) = "72.950"
VAR_PERFIL(9, 2) = "72.950"
VAR_PERFIL(10, 2) = "72.940"
VAR_PERFIL(11, 2) = "72.940"
VAR_PERFIL(12, 2) = "72.940"
VAR_PERFIL(13, 2) = "72.940"
VAR_PERFIL(14, 2) = "72.950"

VAR_PERFIL(15, 2) = "72.920"
VAR_PERFIL(16, 2) = "72.930"
VAR_PERFIL(17, 2) = "72.900"
VAR_PERFIL(18, 2) = "72.910"
VAR_PERFIL(19, 2) = "72.910"
VAR_PERFIL(20, 2) = "72.890"
VAR_PERFIL(21, 2) = "72.890"
VAR_PERFIL(22, 2) = "72.880"
VAR_PERFIL(23, 2) = "72.880"
VAR_PERFIL(24, 2) = "72.870"
VAR_PERFIL(25, 2) = "72.870"
VAR_PERFIL(26, 2) = "72.790"
VAR_PERFIL(27, 2) = "72.810"
VAR_PERFIL(28, 2) = "72.840"
VAR_PERFIL(29, 2) = "72.830"
VAR_PERFIL(30, 2) = "72.810"
VAR_PERFIL(31, 2) = "72.790"
VAR_PERFIL(32, 2) = "72.790"
VAR_PERFIL(33, 2) = "72.790"
VAR_PERFIL(34, 2) = "72.850"
VAR_PERFIL(35, 2) = "72.840"
VAR_PERFIL(36, 2) = "72.830"
VAR_PERFIL(37, 2) = "72.840"
VAR_PERFIL(38, 2) = "72.850"
VAR_PERFIL(39, 2) = "72.770"
VAR_PERFIL(40, 2) = "72.750"
VAR_PERFIL(41, 2) = "72.780"
VAR_PERFIL(42, 2) = "72.800"
VAR_PERFIL(43, 2) = "72.740"
VAR_PERFIL(44, 2) = "72.580"
VAR_PERFIL(45, 2) = "72.710"
VAR_PERFIL(46, 2) = "72.670"
VAR_PERFIL(47, 2) = "72.710"
VAR_PERFIL(48, 2) = "72.690"
VAR_PERFIL(49, 2) = "72.620"
VAR_PERFIL(50, 2) = "72.530"
VAR_PERFIL(51, 2) = "72.640"
VAR_PERFIL(52, 2) = "72.640"
VAR_PERFIL(53, 2) = "72.610"
VAR_PERFIL(54, 2) = "72.580"
VAR_PERFIL(55, 2) = "72.540"
VAR_PERFIL(56, 2) = "72.500"
VAR_PERFIL(57, 2) = "72.450"
VAR_PERFIL(58, 2) = "72.460"
VAR_PERFIL(59, 2) = "72.430"
VAR_PERFIL(60, 2) = "72.390"
VAR_PERFIL(61, 2) = "72.350"
VAR_PERFIL(62, 2) = "72.280"
VAR_PERFIL(63, 2) = "72.230"
VAR_PERFIL(64, 2) = "72.090"
VAR_PERFIL(65, 2) = "72.010"

VAR_PERFIL(66, 2) = "71.800"
VAR_PERFIL(67, 2) = "71.600"
VAR_PERFIL(68, 2) = "70.990"
VAR_PERFIL(69, 2) = "70.600"
VAR_PERFIL(70, 2) = "70.290"
VAR_PERFIL(71, 2) = "69.480"
VAR_PERFIL(72, 2) = "69.360"
VAR_PERFIL(73, 2) = "69.390"
VAR_PERFIL(74, 2) = "69.170"
VAR_PERFIL(75, 2) = "68.790"
VAR_PERFIL(76, 2) = "68.390"
VAR_PERFIL(77, 2) = "67.940"
VAR_PERFIL(78, 2) = "67.250"
VAR_PERFIL(79, 2) = "66.580"
VAR_PERFIL(80, 2) = "67.420"
VAR_PERFIL(81, 2) = "67.810"
VAR_PERFIL(82, 2) = "67.060"
VAR_PERFIL(83, 2) = "67.120"
VAR_PERFIL(84, 2) = "66.840"
VAR_PERFIL(85, 2) = "66.500"
VAR_PERFIL(86, 2) = "66.320"
VAR_PERFIL(87, 2) = "65.720"
VAR_PERFIL(88, 2) = "65.640"
VAR_PERFIL(89, 2) = "65.440"
VAR_PERFIL(90, 2) = "65.330"
VAR_PERFIL(91, 2) = "65.380"
VAR_PERFIL(92, 2) = "65.060"
VAR_PERFIL(93, 2) = "64.840"
VAR_PERFIL(94, 2) = "66.160"
VAR_PERFIL(95, 2) = "67.560"
VAR_PERFIL(96, 2) = "68.380"
VAR_PERFIL(97, 2) = "68.610"
VAR_PERFIL(98, 2) = "68.590"
VAR_PERFIL(99, 2) = "68.400"
VAR_PERFIL(100, 2) = "67.800"
VAR_PERFIL(101, 2) = "68.150"
VAR_PERFIL(102, 2) = "68.350"
VAR_PERFIL(103, 2) = "68.190"
VAR_PERFIL(104, 2) = "68.260"
VAR_PERFIL(105, 2) = "68.300"
VAR_PERFIL(106, 2) = "68.310"
VAR_PERFIL(107, 2) = "68.300"
VAR_PERFIL(108, 2) = "68.260"
VAR_PERFIL(109, 2) = "68.290"
VAR_PERFIL(110, 2) = "68.260"
VAR_PERFIL(111, 2) = "68.070"
VAR_PERFIL(112, 2) = "68.160"
VAR_PERFIL(113, 2) = "68.000"
VAR_PERFIL(114, 2) = "67.950"
VAR_PERFIL(115, 2) = "67.400"
VAR_PERFIL(116, 2) = "66.970"

VAR_PERFIL(117, 2) = "66.770"
VAR_PERFIL(118, 2) = "66.810"
VAR_PERFIL(119, 2) = "66.710"
VAR_PERFIL(120, 2) = "66.730"
VAR_PERFIL(121, 2) = "66.490"
VAR_PERFIL(122, 2) = "66.290"
VAR_PERFIL(123, 2) = "66.330"
VAR_PERFIL(124, 2) = "66.390"
VAR_PERFIL(125, 2) = "66.410"
VAR_PERFIL(126, 2) = "66.630"
VAR_PERFIL(127, 2) = "66.610"
VAR_PERFIL(128, 2) = "66.450"
VAR_PERFIL(129, 2) = "66.450"
VAR_PERFIL(130, 2) = "66.570"
VAR_PERFIL(131, 2) = "66.780"
VAR_PERFIL(132, 2) = "66.810"
VAR_PERFIL(133, 2) = "67.020"
VAR_PERFIL(134, 2) = "67.440"
VAR_PERFIL(135, 2) = "67.430"
VAR_PERFIL(136, 2) = "67.450"
VAR_PERFIL(137, 2) = "67.340"
VAR_PERFIL(138, 2) = "67.270"
VAR_PERFIL(139, 2) = "67.170"
VAR_PERFIL(140, 2) = "67.170"
VAR_PERFIL(141, 2) = "67.190"
VAR_PERFIL(142, 2) = "67.170"
VAR_PERFIL(143, 2) = "67.050"
VAR_PERFIL(144, 2) = "67.050"
VAR_PERFIL(145, 2) = "67.070"
VAR_PERFIL(146, 2) = "67.000"
VAR_PERFIL(147, 2) = "66.990"
VAR_PERFIL(148, 2) = "66.930"
VAR_PERFIL(149, 2) = "66.880"
VAR_PERFIL(150, 2) = "66.840"
VAR_PERFIL(151, 2) = "66.700"
VAR_PERFIL(152, 2) = "66.650"
VAR_PERFIL(153, 2) = "66.600"
VAR_PERFIL(154, 2) = "66.540"
VAR_PERFIL(155, 2) = "66.500"
VAR_PERFIL(156, 2) = "66.720"
VAR_PERFIL(157, 2) = "66.710"
VAR_PERFIL(158, 2) = "66.630"
VAR_PERFIL(159, 2) = "66.600"
VAR_PERFIL(160, 2) = "66.510"
VAR_PERFIL(161, 2) = "66.500"
VAR_PERFIL(162, 2) = "66.400"
VAR_PERFIL(163, 2) = "66.360"
VAR_PERFIL(164, 2) = "66.280"
VAR_PERFIL(165, 2) = "66.200"
VAR_PERFIL(166, 2) = "66.150"
VAR_PERFIL(167, 2) = "65.990"

VAR_PERFIL(168, 2) = "65.910"
VAR_PERFIL(169, 2) = "65.780"
VAR_PERFIL(170, 2) = "65.540"
VAR_PERFIL(171, 2) = "65.380"
VAR_PERFIL(172, 2) = "65.300"
VAR_PERFIL(173, 2) = "65.330"
VAR_PERFIL(174, 2) = "65.310"
VAR_PERFIL(175, 2) = "64.920"
VAR_PERFIL(176, 2) = "64.750"
VAR_PERFIL(177, 2) = "64.650"
VAR_PERFIL(178, 2) = "64.520"
VAR_PERFIL(179, 2) = "64.370"
VAR_PERFIL(180, 2) = "64.220"
VAR_PERFIL(181, 2) = "64.040"
VAR_PERFIL(182, 2) = "63.880"
VAR_PERFIL(183, 2) = "63.680"
VAR_PERFIL(184, 2) = "63.560"
VAR_PERFIL(185, 2) = "63.430"
VAR_PERFIL(186, 2) = "63.320"
VAR_PERFIL(187, 2) = "63.120"
VAR_PERFIL(188, 2) = "63.010"
VAR_PERFIL(189, 2) = "62.890"
VAR_PERFIL(190, 2) = "62.600"
VAR_PERFIL(191, 2) = "61.940"
VAR_PERFIL(192, 2) = "60.410"
VAR_PERFIL(193, 2) = "57.760"
VAR_PERFIL(194, 2) = "56.690"
VAR_PERFIL(195, 2) = "56.770"
VAR_PERFIL(196, 2) = "56.270"
VAR_PERFIL(197, 2) = "53.540"
VAR_PERFIL(198, 2) = "51.160"
VAR_PERFIL(199, 2) = "49.670"
VAR_PERFIL(200, 2) = "48.110"
VAR_PERFIL(201, 2) = "47.820"
VAR_PERFIL(202, 2) = "45.930"
VAR_PERFIL(203, 2) = "46.270"
VAR_PERFIL(204, 2) = "46.740"
VAR_PERFIL(205, 2) = "48.420"
VAR_PERFIL(206, 2) = "50.280"
VAR_PERFIL(207, 2) = "50.890"
VAR_PERFIL(208, 2) = "50.930"
VAR_PERFIL(209, 2) = "51.160"
VAR_PERFIL(210, 2) = "51.360"
VAR_PERFIL(211, 2) = "53.680"
VAR_PERFIL(212, 2) = "54.700"
VAR_PERFIL(213, 2) = "51.020"
VAR_PERFIL(214, 2) = "51.880"
VAR_PERFIL(215, 2) = "54.120"
VAR_PERFIL(216, 2) = "56.020"
VAR_PERFIL(217, 2) = "58.310"
VAR_PERFIL(218, 2) = "60.120"

VAR_PERFIL(219, 2) = "62.330"
VAR_PERFIL(220, 2) = "64.920"
VAR_PERFIL(221, 2) = "63.790"
VAR_PERFIL(222, 2) = "64.570"
VAR_PERFIL(223, 2) = "65.440"
VAR_PERFIL(224, 2) = "66.300"
VAR_PERFIL(225, 2) = "68.350"
VAR_PERFIL(226, 2) = "68.680"
VAR_PERFIL(227, 2) = "69.460"
VAR_PERFIL(228, 2) = "68.480"
VAR_PERFIL(229, 2) = "69.020"
VAR_PERFIL(230, 2) = "68.790"
VAR_PERFIL(231, 2) = "68.760"
VAR_PERFIL(232, 2) = "69.310"
VAR_PERFIL(233, 2) = "69.570"
VAR_PERFIL(234, 2) = "70.220"
VAR_PERFIL(235, 2) = "70.370"
VAR_PERFIL(236, 2) = "70.690"
VAR_PERFIL(237, 2) = "70.910"
VAR_PERFIL(238, 2) = "70.720"
VAR_PERFIL(239, 2) = "70.310"
VAR_PERFIL(240, 2) = "69.180"
VAR_PERFIL(241, 2) = "68.600"
VAR_PERFIL(242, 2) = "66.910"
VAR_PERFIL(243, 2) = "65.770"
VAR_PERFIL(244, 2) = "63.900"
VAR_PERFIL(245, 2) = "59.560"
VAR_PERFIL(246, 2) = "60.670"
VAR_PERFIL(247, 2) = "63.010"
VAR_PERFIL(248, 2) = "64.100"
VAR_PERFIL(249, 2) = "63.950"
VAR_PERFIL(250, 2) = "63.880"
VAR_PERFIL(251, 2) = "63.010"
VAR_PERFIL(252, 2) = "64.090"
VAR_PERFIL(253, 2) = "61.420"
VAR_PERFIL(254, 2) = "59.250"
VAR_PERFIL(255, 2) = "55.270"
VAR_PERFIL(256, 2) = "51.580"
VAR_PERFIL(257, 2) = "50.710"
VAR_PERFIL(258, 2) = "52.790"
VAR_PERFIL(259, 2) = "54.480"
VAR_PERFIL(260, 2) = "55.220"
VAR_PERFIL(261, 2) = "54.420"
VAR_PERFIL(262, 2) = "54.550"
VAR_PERFIL(263, 2) = "55.000"
VAR_PERFIL(264, 2) = "55.190"
VAR_PERFIL(265, 2) = "55.950"
VAR_PERFIL(266, 2) = "56.110"
VAR_PERFIL(267, 2) = "56.390"
VAR_PERFIL(268, 2) = "56.500"
VAR_PERFIL(269, 2) = "56.530"

VAR_PERFIL(270, 2) = "56.770"
VAR_PERFIL(271, 2) = "57.200"
VAR_PERFIL(272, 2) = "58.280"
VAR_PERFIL(273, 2) = "59.190"
VAR_PERFIL(274, 2) = "59.860"
VAR_PERFIL(275, 2) = "60.000"
VAR_PERFIL(276, 2) = "60.240"
VAR_PERFIL(277, 2) = "60.490"
VAR_PERFIL(278, 2) = "60.660"
VAR_PERFIL(279, 2) = "61.040"
VAR_PERFIL(280, 2) = "61.260"
VAR_PERFIL(281, 2) = "61.390"
VAR_PERFIL(282, 2) = "61.120"
VAR_PERFIL(283, 2) = "60.200"
VAR_PERFIL(284, 2) = "59.430"
VAR_PERFIL(285, 2) = "60.110"
VAR_PERFIL(286, 2) = "60.460"
VAR_PERFIL(287, 2) = "60.700"
VAR_PERFIL(288, 2) = "61.040"
VAR_PERFIL(289, 2) = "60.240"
VAR_PERFIL(290, 2) = "59.470"
VAR_PERFIL(291, 2) = "58.440"
VAR_PERFIL(292, 2) = "58.290"
VAR_PERFIL(293, 2) = "59.520"
VAR_PERFIL(294, 2) = "60.700"
VAR_PERFIL(295, 2) = "63.050"
VAR_PERFIL(296, 2) = "63.410"
VAR_PERFIL(297, 2) = "63.000"
VAR_PERFIL(298, 2) = "61.530"
VAR_PERFIL(299, 2) = "61.970"
VAR_PERFIL(300, 2) = "64.620"
VAR_PERFIL(301, 2) = "64.880"
VAR_PERFIL(302, 2) = "65.150"
VAR_PERFIL(303, 2) = "66.950"
VAR_PERFIL(304, 2) = "67.090"
VAR_PERFIL(305, 2) = "64.960"
VAR_PERFIL(306, 2) = "67.530"
VAR_PERFIL(307, 2) = "65.840"
VAR_PERFIL(308, 2) = "67.400"
VAR_PERFIL(309, 2) = "68.040"
VAR_PERFIL(310, 2) = "67.650"
VAR_PERFIL(311, 2) = "68.630"
VAR_PERFIL(312, 2) = "69.850"
VAR_PERFIL(313, 2) = "72.100"
VAR_PERFIL(314, 2) = "72.250"
VAR_PERFIL(315, 2) = "72.330"
VAR_PERFIL(316, 2) = "72.460"
VAR_PERFIL(317, 2) = "72.820"
VAR_PERFIL(318, 2) = "73.140"
VAR_PERFIL(319, 2) = "73.430"
VAR_PERFIL(320, 2) = "73.260"

VAR_PERFIL(321, 2) = "73.560"
VAR_PERFIL(322, 2) = "73.670"
VAR_PERFIL(323, 2) = "73.850"
VAR_PERFIL(324, 2) = "74.260"
VAR_PERFIL(325, 2) = "74.250"
VAR_PERFIL(326, 2) = "74.520"
VAR_PERFIL(327, 2) = "74.660"
VAR_PERFIL(328, 2) = "74.710"
VAR_PERFIL(329, 2) = "74.850"
VAR_PERFIL(330, 2) = "75.000"
VAR_PERFIL(331, 2) = "75.070"
VAR_PERFIL(332, 2) = "75.140"
VAR_PERFIL(333, 2) = "75.210"
VAR_PERFIL(334, 2) = "75.400"
VAR_PERFIL(335, 2) = "75.420"
VAR_PERFIL(336, 2) = "75.210"
VAR_PERFIL(337, 2) = "75.510"
VAR_PERFIL(338, 2) = "75.630"
VAR_PERFIL(339, 2) = "75.200"
VAR_PERFIL(340, 2) = "75.320"
VAR_PERFIL(341, 2) = "75.330"
VAR_PERFIL(342, 2) = "75.440"
VAR_PERFIL(343, 2) = "75.600"
VAR_PERFIL(344, 2) = "75.750"
VAR_PERFIL(345, 2) = "75.850"
VAR_PERFIL(346, 2) = "76.060"
VAR_PERFIL(347, 2) = "76.270"
VAR_PERFIL(348, 2) = "76.420"
VAR_PERFIL(349, 2) = "76.320"
VAR_PERFIL(350, 2) = "76.390"
VAR_PERFIL(351, 2) = "76.540"
VAR_PERFIL(352, 2) = "76.690"
VAR_PERFIL(353, 2) = "76.920"
VAR_PERFIL(354, 2) = "76.890"
VAR_PERFIL(355, 2) = "76.950"
VAR_PERFIL(356, 2) = "77.070"
VAR_PERFIL(357, 2) = "77.150"
VAR_PERFIL(358, 2) = "77.210"
VAR_PERFIL(359, 2) = "77.360"
VAR_PERFIL(360, 2) = "77.380"
VAR_PERFIL(361, 2) = "77.530"
VAR_PERFIL(362, 2) = "77.540"
VAR_PERFIL(363, 2) = "78.180"
VAR_PERFIL(364, 2) = "77.850"
VAR_PERFIL(365, 2) = "77.930"
VAR_PERFIL(366, 2) = "77.910"
VAR_PERFIL(367, 2) = "77.930"
VAR_PERFIL(368, 2) = "78.050"
VAR_PERFIL(369, 2) = "78.390"
VAR_PERFIL(370, 2) = "78.360"
VAR_PERFIL(371, 2) = "78.310"

VAR_PERFIL(372, 2) = "78.420"
VAR_PERFIL(373, 2) = "78.430"
VAR_PERFIL(374, 2) = "78.490"
VAR_PERFIL(375, 2) = "78.540"
VAR_PERFIL(376, 2) = "78.610"
VAR_PERFIL(377, 2) = "78.660"
VAR_PERFIL(378, 2) = "78.760"
VAR_PERFIL(379, 2) = "78.850"
VAR_PERFIL(380, 2) = "78.940"
VAR_PERFIL(381, 2) = "78.770"
VAR_PERFIL(382, 2) = "79.080"
VAR_PERFIL(383, 2) = "78.990"
VAR_PERFIL(384, 2) = "79.200"
VAR_PERFIL(385, 2) = "79.010"
VAR_PERFIL(386, 2) = "79.100"
VAR_PERFIL(387, 2) = "79.170"
VAR_PERFIL(388, 2) = "79.140"
VAR_PERFIL(389, 2) = "79.150"
VAR_PERFIL(390, 2) = "79.230"
VAR_PERFIL(391, 2) = "79.280"
VAR_PERFIL(392, 2) = "79.310"
VAR_PERFIL(393, 2) = "79.460"
VAR_PERFIL(394, 2) = "79.520"
VAR_PERFIL(395, 2) = "79.460"
VAR_PERFIL(396, 2) = "79.400"
VAR_PERFIL(397, 2) = "79.550"
VAR_PERFIL(398, 2) = "79.480"
VAR_PERFIL(399, 2) = "79.650"
VAR_PERFIL(400, 2) = "79.470"
VAR_PERFIL(401, 2) = "79.630"
VAR_PERFIL(402, 2) = "79.860"
VAR_PERFIL(403, 2) = "79.870"
VAR_PERFIL(404, 2) = "79.770"
VAR_PERFIL(405, 2) = "79.810"
VAR_PERFIL(406, 2) = "79.870"
VAR_PERFIL(407, 2) = "79.920"
VAR_PERFIL(408, 2) = "79.950"
VAR_PERFIL(409, 2) = "79.930"
VAR_PERFIL(410, 2) = "79.930"
VAR_PERFIL(411, 2) = "79.670"
VAR_PERFIL(412, 2) = "79.880"
VAR_PERFIL(413, 2) = "79.920"
VAR_PERFIL(414, 2) = "79.870"
VAR_PERFIL(415, 2) = "79.910"
VAR_PERFIL(416, 2) = "80.030"
VAR_PERFIL(417, 2) = "79.870"
VAR_PERFIL(418, 2) = "79.620"
VAR_PERFIL(419, 2) = "79.960"
VAR_PERFIL(420, 2) = "79.930"
VAR_PERFIL(421, 2) = "79.820"
VAR_PERFIL(422, 2) = "80.000"

VAR_PERFIL(423, 2) = "79.910"
VAR_PERFIL(424, 2) = "79.960"
VAR_PERFIL(425, 2) = "80.380"
VAR_PERFIL(426, 2) = "79.990"
VAR_PERFIL(427, 2) = "79.970"
VAR_PERFIL(428, 2) = "80.860"
VAR_PERFIL(429, 2) = "81.340"
VAR_PERFIL(430, 2) = "82.120"
VAR_PERFIL(431, 2) = "83.040"
VAR_PERFIL(432, 2) = "81.510"
VAR_PERFIL(433, 2) = "81.710"
VAR_PERFIL(434, 2) = "82.200"
VAR_PERFIL(435, 2) = "82.410"
VAR_PERFIL(436, 2) = "81.790"
VAR_PERFIL(437, 2) = "81.460"
VAR_PERFIL(438, 2) = "81.710"
VAR_PERFIL(439, 2) = "81.530"
VAR_PERFIL(440, 2) = "82.220"
VAR_PERFIL(441, 2) = "81.200"
VAR_PERFIL(442, 2) = "82.710"
VAR_PERFIL(443, 2) = "82.570"
VAR_PERFIL(444, 2) = "79.420"
VAR_PERFIL(445, 2) = "79.360"
VAR_PERFIL(446, 2) = "79.230"
VAR_PERFIL(447, 2) = "79.420"
VAR_PERFIL(448, 2) = "79.230"
VAR_PERFIL(449, 2) = "79.010"
VAR_PERFIL(450, 2) = "78.940"
VAR_PERFIL(451, 2) = "79.000"
VAR_PERFIL(452, 2) = "78.930"
VAR_PERFIL(453, 2) = "78.900"
VAR_PERFIL(454, 2) = "78.980"
VAR_PERFIL(455, 2) = "79.040"
VAR_PERFIL(456, 2) = "78.990"
VAR_PERFIL(457, 2) = "78.920"
VAR_PERFIL(458, 2) = "78.890"
VAR_PERFIL(459, 2) = "78.670"
VAR_PERFIL(460, 2) = "79.790"
VAR_PERFIL(461, 2) = "80.080"
VAR_PERFIL(462, 2) = "78.840"
VAR_PERFIL(463, 2) = "79.960"
VAR_PERFIL(464, 2) = "79.020"
VAR_PERFIL(465, 2) = "79.000"
VAR_PERFIL(466, 2) = "79.020"
VAR_PERFIL(467, 2) = "79.240"
VAR_PERFIL(468, 2) = "79.900"
VAR_PERFIL(469, 2) = "79.630"
VAR_PERFIL(470, 2) = "79.090"
VAR_PERFIL(471, 2) = "79.460"
VAR_PERFIL(472, 2) = "83.570"
VAR_PERFIL(473, 2) = "82.980"

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```
VAR_PERFIL(474, 2) = "79.230"  
VAR_PERFIL(475, 2) = "78.830"  
VAR_PERFIL(476, 2) = "81.230"  
VAR_PERFIL(477, 2) = "79.230"  
VAR_PERFIL(478, 2) = "78.530"  
VAR_PERFIL(479, 2) = "78.440"  
VAR_PERFIL(480, 2) = "78.370"  
VAR_PERFIL(481, 2) = "78.400"  
VAR_PERFIL(482, 2) = "79.230"  
VAR_PERFIL(483, 2) = "78.840"  
VAR_PERFIL(484, 2) = "79.000"  
VAR_PERFIL(485, 2) = "79.180"  
VAR_PERFIL(486, 2) = "78.510"  
VAR_PERFIL(487, 2) = "78.160"  
VAR_PERFIL(488, 2) = "78.820"  
VAR_PERFIL(489, 2) = "79.640"  
VAR_PERFIL(490, 2) = "81.460"  
VAR_PERFIL(491, 2) = "79.120"  
VAR_PERFIL(492, 2) = "78.560"  
VAR_PERFIL(493, 2) = "80.340"  
VAR_PERFIL(494, 2) = "80.240"  
VAR_PERFIL(495, 2) = "78.620"  
VAR_PERFIL(496, 2) = "78.240"  
VAR_PERFIL(497, 2) = "78.440"  
VAR_PERFIL(498, 2) = "79.260"  
VAR_PERFIL(499, 2) = "80.840"  
VAR_PERFIL(500, 2) = "82.000"
```

```
VAR_PERFIL_UNIDAD(0, 0) = 0  
VAR_PERFIL_UNIDAD(0, 1) = 0  
VAR_PERFIL_UNIDAD(0, 2) = 0
```

```
ReDim VAR_BATCH(501)  
VAR_BATCH(0) = 500  
For i = 1 To VAR_BATCH(0)  
    VAR_BATCH(i) = 0  
Next
```

```
aux_j_BATCH = 0
```

```
FLAG_VER_BOMBEO = 0  
FLAG_VER_CALENTAMIENTO = 0  
FLAG_VER_REDUCTORA = 0  
FLAG_VER_VALVULA = 0  
FLAG_VER_INYECCION = 0
```

```
Simulador.Zoom_Desde.Text = VAR_PERFIL(1, 0)  
Simulador.Zoom_Hasta.Text = VAR_PERFIL(VAR_PERFIL(0, 0), 0)  
Simulador.Text_Valor_Longitud1.Caption = Simulador.Zoom_Desde  
Simulador.Text_Valor_Longitud2.Caption = Simulador.Zoom_Hasta
```

```

Simulador.Fecha_Inicial.Value = Now
Simulador.Fecha_Final.Value = Now
Simulador.Tiempo_Inicial.Value = Now
Simulador.Tiempo_Final.Value = Now

Simulador.Dato_API60_Vista.Text = ""
Simulador.Dato_Viscosidad_Vista.Text = ""
Simulador.Dato_Presion_Vista.Text = ""
Simulador.Dato_Temperatura_Vista.Text = ""
Simulador.Dato_Caudal_Vista.Text = ""
Simulador.Dato_Velocidad_Vista.Text = ""
Simulador.Dato_MAOP_Vista.Text = ""
Simulador.Dato_Hf_Vista.Text = ""

Simulador.Seleccion_Grafico.ListIndex = 0

Simulador.DARCY.Value = True
Simulador.HAALAND.Value = False

Simulador.Corrida_Click

Unload SimuladorSOTE
End Sub

```

Simulador

```

Dim FLAG_BOTON As Integer
Dim FLAG_MOUSE As Integer
Dim FLAG_PERFILyTUBERIA As Integer
Dim MOUSE_X As Integer
Dim MOUSE_Y As Integer
Dim NUM_DESDE As Double
Dim NUM_HASTA As Double
Dim desde As Integer
Dim hasta As Integer
Dim factor As Double
Dim AUX_CALCULOS() As Double
Dim VAR_FLOTANTE() As Double
Dim CORRER As Boolean

Private Sub Abrir_Click()

CORRER = False

' Establecer CancelError a True
CommonDialog1.CancelError = True
On Error GoTo ErrHandler
' Establecer los indicadores
CommonDialog1.Flags = cdiOFNHideReadOnly
' Establecer los filtros

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```
CommonDialog1.Filter = "(*.SOTE)*.SOTE"  
' Especificar el filtro predeterminado  
CommonDialog1.FilterIndex = 0  
' Presentar el cuadro de diálogo Abrir  
CommonDialog1.ShowOpen  
' Presentar el nombre del archivo seleccionado  
  
'Cargar datos de Excel  
Inicio  
Dim oXL As Excel.Application  
Dim oWB As Excel.Workbook  
Dim oWS As Excel.Worksheet  
  
Set oXL = New Excel.Application  
Set oWB = oXL.Workbooks.Open(CommonDialog1.FileName)  
Set oWS = oWB.Worksheets("Hojal")  
  
ReDim VAR_CALCULOS(oWS.Cells(1, 1) + 1, 59)  
For i = 0 To oWS.Cells(1, 1)  
    For j = 0 To 58  
        VAR_CALCULOS(i, j) = oWS.Cells(1 + i, 1 + j)  
    Next  
Next  
  
ReDim VAR_BOMBEO(oWS.Cells(1, 63) + 1, 11)  
For i = 0 To oWS.Cells(1, 63)  
    For j = 0 To 10  
        VAR_BOMBEO(i, j) = oWS.Cells(1 + i, 63 + j)  
    Next  
Next  
  
ReDim VAR_CALENTAMIENTO(oWS.Cells(1, 75) + 1, 5)  
For i = 0 To oWS.Cells(1, 75)  
    For j = 0 To 4  
        VAR_CALENTAMIENTO(i, j) = oWS.Cells(1 + i, 75 + j)  
    Next  
Next  
  
ReDim VAR_REDUCTORA(oWS.Cells(1, 81) + 1, 5)  
For i = 0 To oWS.Cells(1, 81)  
    For j = 0 To 4  
        VAR_REDUCTORA(i, j) = oWS.Cells(1 + i, 81 + j)  
    Next  
Next  
  
ReDim VAR_INYECCION(oWS.Cells(1, 87) + 1, 14)  
For i = 0 To oWS.Cells(1, 87)  
    For j = 0 To 13  
        VAR_INYECCION(i, j) = oWS.Cells(1 + i, 87 + j)  
    Next  
Next
```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

ReDim VAR_VALYACC(oWS.Cells(1, 102) + 1, 5)
For i = 0 To oWS.Cells(1, 102)
    For j = 0 To 4
        VAR_VALYACC(i, j) = oWS.Cells(1 + i, 102 + j)
    Next
Next

For i = 0 To 10
    VAR_INICIO(i) = oWS.Cells(1 + i, 108)
Next

ReDim VAR_PERFIL(oWS.Cells(1, 110) + 1, 3)
For i = 0 To oWS.Cells(1, 110)
    For j = 0 To 2
        VAR_PERFIL(i, j) = oWS.Cells(1 + i, 110 + j)
    Next
Next

For i = 0 To 2
    VAR_PERFIL_UNIDAD(1, i) = oWS.Cells(1 + i, 113)
Next

ReDim VAR_TUBERIA(oWS.Cells(1, 115) + 1, 5)
For i = 0 To oWS.Cells(1, 115)
    For j = 0 To 4
        VAR_TUBERIA(i, j) = oWS.Cells(1 + i, 115 + j)
    Next
Next

For i = 0 To 4
    VAR_TUBERIA_UNIDAD(1, i) = oWS.Cells(1 + i, 120)
Next

FLAG_CORRER = oWS.Cells(1, 122)
FLAG_PERFILyTUBERIA = oWS.Cells(2, 122)
FLAG_PAINT = oWS.Cells(3, 122)
NUM_DESDE = oWS.Cells(4, 122)
NUM_HASTA = oWS.Cells(5, 122)
Zoom_Desde = oWS.Cells(4, 122)
Zoom_Hasta = oWS.Cells(5, 122)
aux_j_BATCH = oWS.Cells(6, 122)
Simulador.Fecha_Inicial = oWS.Cells(7, 122).Value
Simulador.Tiempo_Inicial = oWS.Cells(8, 122).Value
Simulador.Fecha_Final = oWS.Cells(9, 122).Value
Simulador.Tiempo_Final = oWS.Cells(10, 122).Value
Simulador.Tiempo_Avance = oWS.Cells(11, 122).Value

ReDim VAR_BATCH(oWS.Cells(1, 1) + 1)
For i = 0 To oWS.Cells(1, 124)
    VAR_BATCH(i) = oWS.Cells(1 + i, 124)

```

```

Next

desde = 0
For i = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
  If VAR_CALCULOS(i, 0) >= NUM_DESDE Then
    desde = i
    i = VAR_CALCULOS(0, 0)
  End If
Next

hasta = VAR_CALCULOS(0, 0)
For j = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
  If VAR_CALCULOS(j, 0) >= NUM_HASTA Then
    hasta = j
    j = VAR_CALCULOS(0, 0)
  End If
Next

factor = 17917.2 / (NUM_HASTA - NUM_DESDE)

If FLAG_CORRER = 1 Then
  If FLAG_PERFILyTUBERIA = 1 Then
    Caracteristica_Punto
    FLAG_PAINT = 1
    Graficar
    CORRER = False
    Temporizador.Interval = 1000
  Else
    CORRER = False
  End If
End If

oXL.Quit
Fin

MsgBox "Cargado '" & CommonDialog1.FileName & "'"

Exit Sub

ErrorHandler:
  ' El usuario ha hecho clic en el botón Cancelar
  Exit Sub
End Sub

Public Sub Anade_Corre_Datos()

  NUM_DESDE = Simulador.Zoom_Desde
  NUM_HASTA = Simulador.Zoom_Hasta

  FLAG_PERFILyTUBERIA = 0

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

If VAR_PERFIL(0, 0) > 1 And VAR_TUBERIA(0, 0) > 0 Then
    FLAG_PERFILyTUBERIA = 1
Else
    If VAR_PERFIL(0, 0) <= 1 Then
        MsgBox "Perfil no Válido"
    End If

    If VAR_TUBERIA(0, 0) <= 0 Then
        MsgBox "Características de la tubería no son válidas"
    End If

    FLAG_PERFILyTUBERIA = 0
End If

If FLAG_PERFILyTUBERIA = 1 Then
' Crea y añade datos a VAR_CALCULOS
Inicio
    ReDim VAR_CALCULOS(VAR_PERFIL(0, 0) + 1, 59)
    VAR_CALCULOS(0, 0) = VAR_PERFIL(0, 0)

    For i = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
        For j = 0 To 58
            VAR_CALCULOS(i, j) = 0
        Next
    Next

'Añade el perfil
    Inicio
        For i = 1 To VAR_PERFIL(0, 0)
            VAR_CALCULOS(i, 0) = VAR_PERFIL(i, 0)
            VAR_CALCULOS(i, 1) = VAR_PERFIL(i, 1)
            VAR_CALCULOS(i, 2) = VAR_PERFIL(i, 2)
        Next
    Fin

'Añade las características de la tubería
    Inicio
        If VAR_TUBERIA(VAR_TUBERIA(0, 0), 0) >= VAR_CALCULOS(VAR_CALCULOS(0, 0), 0) Then
            k = 1
            For i = 1 To VAR_TUBERIA(0, 0)
                For j = k To VAR_CALCULOS(0, 0)
                    If VAR_CALCULOS(j, 0) <= VAR_TUBERIA(i, 0) Then

                        Espesor
                        VAR_CALCULOS(j, 3) = VAR_TUBERIA(i, 2)

                        Diametro Externo
                        VAR_CALCULOS(j, 4) = VAR_TUBERIA(i, 1)

                        Diametro Interno
                        VAR_CALCULOS(j, 5) = VAR_CALCULOS(j, 4) - 2 * VAR_CALCULOS(j, 3)
                    End If
                Next
            Next
        End If
    End If
End If

```

```

Rugosidad
VAR_CALCULOS(j, 6) = VAR_TUBERIA(i, 3)

Coeficiente de Transferencia Global
VAR_CALCULOS(j, 7) = VAR_TUBERIA(i, 4)
Else
If i < VAR_TUBERIA(0, 0) Then
VAR_AUX1 = VAR_CALCULOS
ReDim VAR_CALCULOS(VAR_CALCULOS(0, 0) + 1, 59)
VAR_CALCULOS(0, 0) = VAR_AUX1(0, 0) + 1

For M = 1 To j - 1
For L = 0 To 58
VAR_CALCULOS(M, L) = VAR_AUX1(M, L)
Next
Next

For L = 0 To 58
VAR_CALCULOS(M, L) = VAR_AUX1(M - 1, L)
Next

Espesor
VAR_CALCULOS(M, 3) = VAR_TUBERIA(i + 1, 2)

Diametro Externo
VAR_CALCULOS(M, 4) = VAR_TUBERIA(i + 1, 1)

Diametro Interno
VAR_CALCULOS(M, 5) = VAR_CALCULOS(M, 4) - 2 * VAR_CALCULOS(M, 3)

Rugosidad
VAR_CALCULOS(M, 6) = VAR_TUBERIA(i + 1, 3)

Coeficiente de Transferencia Global
VAR_CALCULOS(M, 7) = VAR_TUBERIA(i + 1, 4)

For M = M + 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
For L = 0 To 58
VAR_CALCULOS(M, L) = VAR_AUX1(M - 1, L)
Next
Next
End If

k = j + 1
j = VAR_CALCULOS(0, 0)
End If
Next
Next
Else
MsgBox "Características de la tubería no son válidas"

```

End If

Fin

'Añade Inicio

Inicio

'API @ 60 inicial

VAR_CALCULOS(1, 8) = VAR_INICIO(0)

'Spgr @ 60 inicial

VAR_CALCULOS(1, 9) = 141.5 / (131.5 + VAR_CALCULOS(1, 8))

'Viscosidad inicial @ 100°F

VAR_CALCULOS(1, 10) = VAR_INICIO(1)

'Viscosidad inicial @ 120°F

VAR_CALCULOS(1, 11) = VAR_INICIO(2)

'Temperatura inicial del crudo

VAR_CALCULOS(1, 12) = VAR_INICIO(5)

'Caudal

VAR_CALCULOS(1, 13) = VAR_INICIO(3)

'Presión

VAR_CALCULOS(1, 14) = VAR_INICIO(4)

Fin

'Añade las estaciones de bombeo

Inicio

For i = 1 To VAR_BOMBEO(0, 0)

For j = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0) - 1

If VAR_BOMBEO(i, 1) = VAR_CALCULOS(j, 0) And VAR_BOMBEO(i, 1) <> VAR_CALCULOS(j + 1, 0) Then

VAR_AUX1 = VAR_CALCULOS

ReDim VAR_CALCULOS(VAR_CALCULOS(0, 0) + 1, 59)

VAR_CALCULOS(0, 0) = VAR_AUX1(0, 0) + 1

For k = 1 To j

For L = 0 To 24

VAR_CALCULOS(k, L) = VAR_AUX1(k, L)

Next

Next

For L = 0 To 24

VAR_CALCULOS(j + 1, L) = VAR_AUX1(j, L)

Next

'Dato Referencial

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

VAR_CALCULOS(j + 1, 15) = 1

Potencia Nominal por bomba
VAR_CALCULOS(j + 1, 20) = VAR_BOMBEO(i, 3)

Número de bombas
VAR_CALCULOS(j + 1, 21) = VAR_BOMBEO(i, 2)

Eficiencia por bomba
VAR_CALCULOS(j + 1, 22) = VAR_BOMBEO(i, 5)

Porcentaje de Carga
VAR_CALCULOS(j + 1, 23) = VAR_BOMBEO(i, 4)

Distribución de bombas (0:Paralelo 1:Serie)
VAR_CALCULOS(j + 1, 24) = VAR_BOMBEO(i, 8)

For k = j + 2 To VAR_CALCULOS(0, 0)
  For L = 0 To 24
    VAR_CALCULOS(k, L) = VAR_AUX1(k - 1, L)
  Next
Next
j = j + 1
End If

If VAR_BOMBEO(i, 1) > VAR_CALCULOS(j, 0) And VAR_BOMBEO(i, 1) < VAR_CALCULOS(j + 1, 0) Then

  VAR_AUX1 = VAR_CALCULOS
  ReDim VAR_CALCULOS(VAR_CALCULOS(0, 0) + 1, 59)
  VAR_CALCULOS(0, 0) = VAR_AUX1(0, 0) + 1

  For k = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0) - 1
    For L = 0 To 24
      If VAR_AUX1(k, 0) < VAR_BOMBEO(i, 1) Then
        VAR_CALCULOS(k, L) = VAR_AUX1(k, L)
        flag = 0
      End If

      If VAR_AUX1(k, 0) > VAR_BOMBEO(i, 1) And flag = 0 Then

        For M = 0 To 58
          VAR_CALCULOS(k, M) = VAR_AUX1(k, M)
        Next

        Dato Referencial
        VAR_CALCULOS(k, 15) = 1

        Potencia Nominal por bomba
        VAR_CALCULOS(k, 20) = VAR_BOMBEO(i, 3)

        Número de bombas

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

VAR_CALCULOS(k, 21) = VAR_BOMBEO(i, 2)

Eficiencia por bomba
VAR_CALCULOS(k, 22) = VAR_BOMBEO(i, 5)

Porcentaje de Carga
VAR_CALCULOS(k, 23) = VAR_BOMBEO(i, 4)

Distribución de bombas (0:Paralelo 1:Serie)
VAR_CALCULOS(k, 24) = VAR_BOMBEO(i, 8)

Longitud
VAR_CALCULOS(k, 0) = VAR_BOMBEO(i, 1)

Elevación
VAR_CALCULOS(k, 1) = VAR_CALCULOS(k - 1, 1) + (VAR_CALCULOS(k, 0) - VAR_CALCULOS(k - 1,
0)) / (VAR_CALCULOS(k + 2, 0) - VAR_CALCULOS(k - 1, 0)) * (VAR_CALCULOS(k + 1, 1) - VAR_CALCULOS(k - 1, 1))

flag = 1
End If

If VAR_AUX1(k, 0) > VAR_BOMBEO(i, 1) And flag = 1 Then
    VAR_CALCULOS(k + 1, L) = VAR_AUX1(k, L)
End If
Next
Next

End If
Next
Next
Fin

'Añade los puntos de inyección
Inicio
For i = 1 To VAR_INYECCION(0, 0)
    For j = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0) - 1
        If VAR_INYECCION(i, 1) = VAR_CALCULOS(j, 0) And VAR_INYECCION(i, 1) <> VAR_CALCULOS(j + 1, 0)
Then

        VAR_AUX1 = VAR_CALCULOS
        ReDim VAR_CALCULOS(VAR_CALCULOS(0, 0) + 1, 59)
        VAR_CALCULOS(0, 0) = VAR_AUX1(0, 0) + 1

        For k = 1 To j
            For L = 0 To 31
                VAR_CALCULOS(k, L) = VAR_AUX1(k, L)
            Next
        Next

        For L = 0 To 14
            VAR_CALCULOS(j + 1, L) = VAR_AUX1(j, L)

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

Next

'Dato Referencial
VAR_CALCULOS(j + 1, 19) = 1

'API@60 de inyección
VAR_CALCULOS(j + 1, 25) = VAR_INYECCION(i, 2)

'Spgr60 de inyección
VAR_CALCULOS(j + 1, 26) = 141.5 / (131.5 + VAR_CALCULOS(j + 1, 25))

'Viscosidad @ 100°F de inyección
VAR_CALCULOS(j + 1, 27) = VAR_INYECCION(i, 3)

'Viscosidad @ 120°F de inyección
VAR_CALCULOS(j + 1, 28) = VAR_INYECCION(i, 4)

'Temperatura de inyección
VAR_CALCULOS(j + 1, 29) = VAR_INYECCION(i, 5)

'Caudal
VAR_CALCULOS(j + 1, 30) = VAR_INYECCION(i, 6)

'Potencia Requerida
If VAR_INYECCION(i, 7) = "" Then
    VAR_CALCULOS(j + 1, 31) = 0
Else
    VAR_CALCULOS(j + 1, 31) = VAR_INYECCION(i, 7)
End If

For k = j + 2 To VAR_CALCULOS(0, 0)
    For L = 0 To 31
        VAR_CALCULOS(k, L) = VAR_AUX1(k - 1, L)
    Next
Next
j = j + 1

End If

If VAR_INYECCION(i, 1) > VAR_CALCULOS(j, 0) And VAR_INYECCION(i, 1) < VAR_CALCULOS(j + 1, 0) Then

    VAR_AUX1 = VAR_CALCULOS
    ReDim VAR_CALCULOS(VAR_CALCULOS(0, 0) + 1, 59)
    VAR_CALCULOS(0, 0) = VAR_AUX1(0, 0) + 1

    For k = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0) - 1
        For L = 0 To 58
            If VAR_AUX1(k, 0) < VAR_INYECCION(i, 1) Then
                VAR_CALCULOS(k, L) = VAR_AUX1(k, L)
                flag = 0
            End If
        Next
    Next

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

If VAR_AUX1(k, 0) > VAR_INYECCION(i, 1) And flag = 0 Then

    For M = 0 To 58
        VAR_CALCULOS(k, M) = VAR_AUX1(k, M)
    Next

    'Dato Referencial
    VAR_CALCULOS(k, 19) = 1

    'API@60 de inyección
    VAR_CALCULOS(k, 25) = VAR_INYECCION(i, 2)

    'Spgr @60 de inyección
    VAR_CALCULOS(k, 26) = 141.5 / (131.5 + VAR_CALCULOS(j, 25))

    'Viscosidad @ 100°F de inyección
    VAR_CALCULOS(k, 27) = VAR_INYECCION(i, 3)

    'Viscosidad @ 120°F de inyección
    VAR_CALCULOS(k, 28) = VAR_INYECCION(i, 4)

    'Temperatura de inyección
    VAR_CALCULOS(k, 29) = VAR_INYECCION(i, 5)

    'Caudal
    VAR_CALCULOS(k, 30) = VAR_INYECCION(i, 6)

    'Potencia Requerida
    If VAR_INYECCION(i, 7) = "" Then
        VAR_CALCULOS(k, 31) = 0
    Else
        VAR_CALCULOS(k, 31) = VAR_INYECCION(i, 7)
    End If

    'Longitud
    VAR_CALCULOS(k, 0) = VAR_INYECCION(i, 1)

    'Elevación
    VAR_CALCULOS(k, 1) = VAR_CALCULOS(k - 1, 1) + (VAR_CALCULOS(k, 0) - VAR_CALCULOS(k - 1,
0)) / (VAR_CALCULOS(k + 2, 0) - VAR_CALCULOS(k - 1, 0)) * (VAR_CALCULOS(k + 1, 1) - VAR_CALCULOS(k - 1, 1))

    flag = 1
End If

If VAR_AUX1(k, 0) > VAR_INYECCION(i, 1) And flag = 1 Then
    VAR_CALCULOS(k + 1, L) = VAR_AUX1(k, L)
End If
Next
Next

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

End If
Next
Next
Fin

'Añade las estaciones de calentamiento
Inicio
For i = 1 To VAR_CALENTAMIENTO(0, 0)
  For j = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0) - 1
    If VAR_CALENTAMIENTO(i, 1) = VAR_CALCULOS(j, 0) And VAR_CALENTAMIENTO(i, 1) <>
VAR_CALCULOS(j + 1, 0) Then

      VAR_AUX1 = VAR_CALCULOS
      ReDim VAR_CALCULOS(VAR_CALCULOS(0, 0) + 1, 59)
      VAR_CALCULOS(0, 0) = VAR_AUX1(0, 0) + 1

      For k = 1 To j
        For L = 0 To 32
          VAR_CALCULOS(k, L) = VAR_AUX1(k, L)
        Next
      Next

      For L = 0 To 14
        VAR_CALCULOS(j + 1, L) = VAR_AUX1(j, L)
      Next

      'Dato Referencial
      VAR_CALCULOS(j + 1, 16) = 1

      'Incremento de temperatura
      VAR_CALCULOS(j + 1, 32) = VAR_CALENTAMIENTO(i, 2)

      For k = j + 2 To VAR_CALCULOS(0, 0)
        For L = 0 To 32
          VAR_CALCULOS(k, L) = VAR_AUX1(k - 1, L)
        Next
      Next
      j = j + 1

    End If

    If VAR_CALENTAMIENTO(i, 1) > VAR_CALCULOS(j, 0) And VAR_CALENTAMIENTO(i, 1) <
VAR_CALCULOS(j + 1, 0) Then

      VAR_AUX1 = VAR_CALCULOS
      ReDim VAR_CALCULOS(VAR_CALCULOS(0, 0) + 1, 59)
      VAR_CALCULOS(0, 0) = VAR_AUX1(0, 0) + 1

      For k = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0) - 1
        For L = 0 To 58
          If VAR_AUX1(k, 0) < VAR_CALENTAMIENTO(i, 1) Then

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

    VAR_CALCULOS(k, L) = VAR_AUX1(k, L)
    flag = 0
End If

If VAR_AUX1(k, 0) > VAR_CALENTAMIENTO(i, 1) And flag = 0 Then

    For M = 0 To 58
        VAR_CALCULOS(k, M) = VAR_AUX1(k, M)
    Next

    Dato Referencial
    VAR_CALCULOS(k, 16) = 1

    Incremento de temperatura
    VAR_CALCULOS(k, 32) = VAR_CALENTAMIENTO(i, 2)

    Longitud
    VAR_CALCULOS(k, 0) = VAR_CALENTAMIENTO(i, 1)

    Elevación
    VAR_CALCULOS(k, 1) = VAR_CALCULOS(k - 1, 1) + (VAR_CALCULOS(k, 0) - VAR_CALCULOS(k - 1,
0)) / (VAR_CALCULOS(k + 2, 0) - VAR_CALCULOS(k - 1, 0)) * (VAR_CALCULOS(k + 1, 1) - VAR_CALCULOS(k - 1, 1))

    flag = 1
End If

If VAR_AUX1(k, 0) > VAR_CALENTAMIENTO(i, 1) And flag = 1 Then
    VAR_CALCULOS(k + 1, L) = VAR_AUX1(k, L)
End If
Next
Next

End If
Next
Next
Fin

'Añade las estaciones reductoras
Inicio
For i = 1 To VAR_REDUCTORA(0, 0)
    For j = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0) - 1
        If VAR_REDUCTORA(i, 1) = VAR_CALCULOS(j, 0) And VAR_REDUCTORA(i, 1) <> VAR_CALCULOS(j + 1, 0)
Then

            VAR_AUX1 = VAR_CALCULOS
            ReDim VAR_CALCULOS(VAR_CALCULOS(0, 0) + 1, 59)
            VAR_CALCULOS(0, 0) = VAR_AUX1(0, 0) + 1

            For k = 1 To j
                For L = 0 To 33
                    VAR_CALCULOS(k, L) = VAR_AUX1(k, L)

```

```

    Next
  Next

  For L = 0 To 14
    VAR_CALCULOS(j + 1, L) = VAR_AUX1(j, L)
  Next

  'Dato Referencial
  VAR_CALCULOS(j + 1, 17) = 1

  'Decremento de presión
  VAR_CALCULOS(j + 1, 33) = VAR_REDUCTORA(i, 2)

  For k = j + 2 To VAR_CALCULOS(0, 0)
    For L = 0 To 33
      VAR_CALCULOS(k, L) = VAR_AUX1(k - 1, L)
    Next
  Next
  j = j + 1
End If

If VAR_REDUCTORA(i, 1) > VAR_CALCULOS(j, 0) And VAR_REDUCTORA(i, 1) < VAR_CALCULOS(j + 1, 0)
Then

  VAR_AUX1 = VAR_CALCULOS
  ReDim VAR_CALCULOS(VAR_CALCULOS(0, 0) + 1, 59)
  VAR_CALCULOS(0, 0) = VAR_AUX1(0, 0) + 1

  For k = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0) - 1
    For L = 0 To 58
      If VAR_AUX1(k, 0) < VAR_REDUCTORA(i, 1) Then
        VAR_CALCULOS(k, L) = VAR_AUX1(k, L)
        flag = 0
      End If

      If VAR_AUX1(k, 0) > VAR_REDUCTORA(i, 1) And flag = 0 Then

        For M = 0 To 58
          VAR_CALCULOS(k, M) = VAR_AUX1(k, M)
        Next

        'Dato Referencial
        VAR_CALCULOS(k, 17) = 1

        'Decremento de presión
        VAR_CALCULOS(k, 33) = VAR_REDUCTORA(i, 2)

        'Longitud
        VAR_CALCULOS(k, 0) = VAR_REDUCTORA(i, 1)

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

Elevación
VAR_CALCULOS(k, 1) = VAR_CALCULOS(k - 1, 1) + (VAR_CALCULOS(k, 0) - VAR_CALCULOS(k - 1,
0)) / (VAR_CALCULOS(k + 2, 0) - VAR_CALCULOS(k - 1, 0)) * (VAR_CALCULOS(k + 1, 1) - VAR_CALCULOS(k - 1, 1))

flag = 1
End If

If VAR_AUX1(k, 0) > VAR_REDUCTORA(i, 1) And flag = 1 Then
VAR_CALCULOS(k + 1, L) = VAR_AUX1(k, L)
End If
Next
Next

End If
Next
Next
Fin

```

'Añade válvulas y accesorios

```

Inicio
For i = 1 To VAR_VALYACC(0, 0)
For j = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0) - 1
If VAR_VALYACC(i, 1) = VAR_CALCULOS(j, 0) And VAR_VALYACC(i, 1) <> VAR_CALCULOS(j + 1, 0) Then

VAR_AUX1 = VAR_CALCULOS
ReDim VAR_CALCULOS(VAR_CALCULOS(0, 0) + 1, 59)
VAR_CALCULOS(0, 0) = VAR_AUX1(0, 0) + 1

For k = 1 To j
For L = 0 To 34
VAR_CALCULOS(k, L) = VAR_AUX1(k, L)
Next
Next

For L = 0 To 14
VAR_CALCULOS(j + 1, L) = VAR_AUX1(j, L)
Next

'Dato Referencial
VAR_CALCULOS(j + 1, 18) = 1

Coeficiente de pérdidas
VAR_CALCULOS(j + 1, 34) = VAR_VALYACC(i, 3)

For k = j + 2 To VAR_CALCULOS(0, 0)
For L = 0 To 34
VAR_CALCULOS(k, L) = VAR_AUX1(k - 1, L)
Next
Next
j = j + 1

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

End If

If VAR_VALYACC(i, 1) > VAR_CALCULOS(j, 0) And VAR_VALYACC(i, 1) < VAR_CALCULOS(j + 1, 0) Then

    VAR_AUX1 = VAR_CALCULOS
    ReDim VAR_CALCULOS(VAR_CALCULOS(0, 0) + 1, 59)
    VAR_CALCULOS(0, 0) = VAR_AUX1(0, 0) + 1

    For k = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0) - 1
        For L = 0 To 58
            If VAR_AUX1(k, 0) < VAR_VALYACC(i, 1) Then
                VAR_CALCULOS(k, L) = VAR_AUX1(k, L)
                flag = 0
            End If

            If VAR_AUX1(k, 0) > VAR_VALYACC(i, 1) And flag = 0 Then

                For M = 0 To 58
                    VAR_CALCULOS(k, M) = VAR_AUX1(k, M)
                Next

                'Dato Referencial
                VAR_CALCULOS(k, 18) = 1

                'Coeficiente de pérdidas
                VAR_CALCULOS(k, 34) = VAR_VALYACC(i, 3)

                'Longitud
                VAR_CALCULOS(k, 0) = VAR_VALYACC(i, 1)

                'Elevación
                VAR_CALCULOS(k, 1) = VAR_CALCULOS(k - 1, 1) + (VAR_CALCULOS(k, 0) - VAR_CALCULOS(k - 1,
0)) / (VAR_CALCULOS(k + 1, 0) - VAR_CALCULOS(k - 1, 0)) * (VAR_CALCULOS(k + 1, 1) - VAR_CALCULOS(k - 1, 1))

                flag = 1
            End If

            If VAR_AUX1(k, 0) > VAR_VALYACC(i, 1) And flag = 1 Then
                VAR_CALCULOS(k + 1, L) = VAR_AUX1(k, L)
            End If
        Next
    Next

End If

Next

Next

'Fin

'Crea variable de Batcheo
'Inicio
AUX_BATCH = VAR_BATCH

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```
ReDim VAR_BATCH(VAR_CALCULOS(0, 0) + 1)
VAR_BATCH(0) = VAR_CALCULOS(0, 0)
```

```
If VAR_BATCH(0) >= AUX_BATCH(0) Then
  For i = 1 To AUX_BATCH(0)
    VAR_BATCH(i) = AUX_BATCH(i)
  Next
  For j = i + 1 To VAR_BATCH(0)
    VAR_BATCH(j) = 0
  Next
Else
  For i = 1 To VAR_BATCH(0)
    VAR_BATCH(i) = AUX_BATCH(i)
  Next
End If
Fin
```

Llenado de tabla

Inicio

Primera Fila

Temperatura inicial

```
VAR_CALCULOS(1, 38) = VAR_CALCULOS(1, 12)
```

Presión Inicial

```
SpGrinicial = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (VAR_CALCULOS(1, 38) - 60) + VAR_CALCULOS(1, 9)
```

```
VAR_CALCULOS(1, 57) = 0.704088 * VAR_CALCULOS(1, 14) / SpGrinicial
```

Caudal másico de la mezcla

```
SpGrinicial = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (VAR_CALCULOS(1, 38) - 60) + VAR_CALCULOS(1, 9)
```

```
VAR_CALCULOS(1, 35) = 349.761526 * SpGrinicial * VAR_CALCULOS(1, 13)
```

```
If VAR_CALCULOS(1, 19) = 1 Then
```

```
  SpgrInyeccion = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (VAR_CALCULOS(1, 29) - 60) + VAR_CALCULOS(1, 26)
```

```
  CaudalInyeccion = VAR_CALCULOS(1, 30)
```

```
  VAR_CALCULOS(1, 36) = 349.761526 * SpgrInyeccion * CaudalInyeccion
```

```
Else
```

```
  VAR_CALCULOS(1, 36) = 0
```

```
End If
```

```
VAR_CALCULOS(1, 37) = VAR_CALCULOS(1, 35) + VAR_CALCULOS(1, 36)
```

Spgr60 de la mezcla

```
If VAR_CALCULOS(1, 19) = 1 Then
```

```
  VAR_CALCULOS(1, 40) = VAR_CALCULOS(1, 37) / (VAR_CALCULOS(1, 35) / VAR_CALCULOS(1, 9) +
  VAR_CALCULOS(1, 36) / VAR_CALCULOS(1, 26))
```

```
Else
```

```
  VAR_CALCULOS(1, 40) = VAR_CALCULOS(1, 9)
```

```
End If
```

Temperatura de la mezcla

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

If VAR_CALCULOS(1, 19) = 1 Then
  Cp inicial = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * VAR_CALCULOS(1, 38)) / (VAR_CALCULOS(1, 9) ^ (0.5))
  Cpinyeccion = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * VAR_CALCULOS(1, 29)) / (VAR_CALCULOS(1, 26) ^ (0.5))
  qinicio = VAR_CALCULOS(1, 38) * VAR_CALCULOS(1, 35) * Cp inicial
  qinyeccion = VAR_CALCULOS(1, 29) * VAR_CALCULOS(1, 36) * Cpinyeccion
  VAR_CALCULOS(1, 39) = (-0.388 + (0.150544 + 18 * (10 ^ (-4)) * (VAR_CALCULOS(1, 40) ^ (0.5))) * (qinicio +
qinyeccion) / VAR_CALCULOS(1, 37)) ^ (0.5)) / (9 * (10 ^ (-4)))
  Else
    VAR_CALCULOS(1, 39) = VAR_CALCULOS(1, 38)
  End If

Temperatura mas el calentamiento
If VAR_CALCULOS(1, 16) = 1 Then
  VAR_CALCULOS(1, 39) = VAR_CALCULOS(1, 39) + VAR_CALCULOS(1, 32)
End If

'Spgr (T)
VAR_CALCULOS(1, 41) = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (VAR_CALCULOS(1, 39) - 60) + VAR_CALCULOS(1, 40)

'API60
VAR_CALCULOS(1, 42) = 141.5 / VAR_CALCULOS(1, 40) - 131.5

'API (T)
VAR_CALCULOS(1, 43) = 141.5 / VAR_CALCULOS(1, 41) - 131.5

'Caudal Volumétrico
VAR_CALCULOS(1, 44) = VAR_CALCULOS(1, 37) / (349.761526 * VAR_CALCULOS(1, 40))
VAR_CALCULOS(1, 45) = VAR_CALCULOS(1, 37) / (349.761526 * VAR_CALCULOS(1, 41))

'Viscosidad de la mezcla
If VAR_CALCULOS(1, 19) = 1 Then

  If VAR_CALCULOS(1, 10) <= 20.65 Then
    v1_100 = (VAR_CALCULOS(1, 10) + (VAR_CALCULOS(1, 10) * VAR_CALCULOS(1, 10) + 176.28) ^ (0.5)) /
0.452
  Else
    v1_100 = (VAR_CALCULOS(1, 10) + (VAR_CALCULOS(1, 10) * VAR_CALCULOS(1, 10) + 118) ^ (0.5)) / 0.44
  End If

  If VAR_CALCULOS(1, 11) <= 20.65 Then
    v1_120 = (VAR_CALCULOS(1, 11) + (VAR_CALCULOS(1, 11) * VAR_CALCULOS(1, 11) + 176.28) ^ (0.5)) /
0.452
  Else
    v1_120 = (VAR_CALCULOS(1, 11) + (VAR_CALCULOS(1, 11) * VAR_CALCULOS(1, 11) + 118) ^ (0.5)) / 0.44
  End If

  If VAR_CALCULOS(1, 27) <= 20.65 Then
    v2_100 = (VAR_CALCULOS(1, 27) + (VAR_CALCULOS(1, 27) * VAR_CALCULOS(1, 27) + 176.28) ^ (0.5)) /
0.452
  Else
    v2_100 = (VAR_CALCULOS(1, 27) + (VAR_CALCULOS(1, 27) * VAR_CALCULOS(1, 27) + 118) ^ (0.5)) / 0.44

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

End If

If VAR_CALCULOS(1, 28) <= 20.65 Then
    v2_120 = (VAR_CALCULOS(1, 28) + (VAR_CALCULOS(1, 28) * VAR_CALCULOS(1, 28) + 176.28) ^ (0.5)) /
0.452
Else
    v2_120 = (VAR_CALCULOS(1, 28) + (VAR_CALCULOS(1, 28) * VAR_CALCULOS(1, 28) + 118) ^ (0.5)) / 0.44
End If

Qini100 = VAR_CALCULOS(1, 35) / (349.761526 * (-3.433 * 10 ^ (-4) * 40 + VAR_CALCULOS(1, 9)))
Qiny100 = VAR_CALCULOS(1, 36) / (349.761526 * (-3.433 * 10 ^ (-4) * 40 + VAR_CALCULOS(1, 26)))
VAR_CALCULOS(1, 46) = ((Qini100 + Qiny100) / (Qini100 / (v1_100 ^ (0.5)) + Qiny100 / (v2_100 ^ (0.5)))) ^ 2

If VAR_CALCULOS(1, 46) <= 100 Then
    VAR_CALCULOS(1, 46) = 0.226 * VAR_CALCULOS(1, 46) - 195 / VAR_CALCULOS(1, 46)
Else
    VAR_CALCULOS(1, 46) = 0.22 * VAR_CALCULOS(1, 46) - 135 / VAR_CALCULOS(1, 46)
End If

Qini120 = VAR_CALCULOS(1, 35) / (349.761526 * (-3.433 * 10 ^ (-4) * 60 + VAR_CALCULOS(1, 9)))
Qiny120 = VAR_CALCULOS(1, 36) / (349.761526 * (-3.433 * 10 ^ (-4) * 60 + VAR_CALCULOS(1, 26)))
VAR_CALCULOS(1, 47) = ((Qini120 + Qiny120) / (Qini120 / (v1_120 ^ (0.5)) + Qiny120 / (v2_120 ^ (0.5)))) ^ 2

If VAR_CALCULOS(1, 47) <= 100 Then
    VAR_CALCULOS(1, 47) = 0.226 * VAR_CALCULOS(1, 47) - 195 / VAR_CALCULOS(1, 47)
Else
    VAR_CALCULOS(1, 47) = 0.22 * VAR_CALCULOS(1, 47) - 135 / VAR_CALCULOS(1, 47)
End If

Else
    VAR_CALCULOS(1, 46) = VAR_CALCULOS(1, 10)
    VAR_CALCULOS(1, 47) = VAR_CALCULOS(1, 11)
End If

'Viscosidad (T)
VAR_CALCULOS(1, 48) = 10 ^ (10 ^ (Log(Log(VAR_CALCULOS(1, 46) + 0.7) / Log(10#)) / Log(10#) +
(Log(Log(VAR_CALCULOS(1, 46) + 0.7) / Log(10#)) / (Log(VAR_CALCULOS(1, 47) + 0.7) / Log(10#))) / Log(10#)) /
1.52560288322346E-02 * (Log(310.777777777778 / (5 / 9 * (VAR_CALCULOS(1, 39) - 32) + 273)) / Log(10#))) - 0.7

'Velocidad
VAR_CALCULOS(1, 49) = 0.08715854948 * VAR_CALCULOS(1, 45) / (VAR_CALCULOS(1, 5)) ^ (2)

'Calor Específico
VAR_CALCULOS(1, 50) = (0.388 + 4.5 * 10 ^ (-4) * VAR_CALCULOS(1, 39)) / (VAR_CALCULOS(1, 40)) ^ (0.5)

'Reynolds
VAR_CALCULOS(1, 51) = 2214 * VAR_CALCULOS(1, 45) / (VAR_CALCULOS(1, 5) * VAR_CALCULOS(1, 48))

'Factor de Friccion
Flujo Laminar
If VAR_CALCULOS(1, 51) < 2000 Then

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

    VAR_CALCULOS(1, 52) = 64 / VAR_CALCULOS(1, 51)
End If

Flujo Turbulento
If VAR_CALCULOS(1, 51) >= 2000 Then
    VAR_CALCULOS(1, 52) = 1 / (-2 * Log(VAR_CALCULOS(1, 6) / 25.4 / (3.7 * VAR_CALCULOS(1, 5))) - 4.518 /
VAR_CALCULOS(1, 51) * Log(VAR_CALCULOS(1, 6) / 25.4 / (3.7 * VAR_CALCULOS(1, 5))) - 4.518 / VAR_CALCULOS(1,
51) * Log(VAR_CALCULOS(1, 6) / 25.4 / (3.7 * VAR_CALCULOS(1, 5))) - 4.518 / VAR_CALCULOS(1, 51) *
Log((VAR_CALCULOS(1, 6) / 25.4 / (3.7 * VAR_CALCULOS(1, 5))) ^ (1.11) + (6.9 / VAR_CALCULOS(1, 51))) / Log(10#)) /
Log(10#)) / Log(10#)) / Log(10#)) ^ (2)
End If

Pérdidas menores
If VAR_CALCULOS(1, 18) = 1 Then
    VAR_CALCULOS(1, 53) = VAR_CALCULOS(1, 34) * VAR_CALCULOS(1, 49) ^ (2) / (19.6)
Else
    VAR_CALCULOS(1, 53) = 0
End If

Pérdidas por fricción
VAR_CALCULOS(1, 54) = 0

Calor perdido
VAR_CALCULOS(1, 55) = 0

Pérdidas totales
VAR_CALCULOS(1, 56) = 0.704088 * VAR_CALCULOS(1, 33) / VAR_CALCULOS(1, 41) + VAR_CALCULOS(1, 53)
+ VAR_CALCULOS(1, 54) + VAR_CALCULOS(1, 55)

Presión
VAR_CALCULOS(1, 58) = VAR_CALCULOS(1, 57) - VAR_CALCULOS(1, 56)
Fin

Filas Restantes
Inicio
For i = 2 To VAR_CALCULOS(0, 0)
    Temperatura inicial o de llegada
    If VAR_BATCH(i) = 0 Then
        Cp = (0.388 + 4.5 * 10 ^ (-4) * VAR_CALCULOS(i - 1, 39)) / (VAR_CALCULOS(i - 1, 40) ^ (0.5))
        VAR_CALCULOS(i, 38) = VAR_CALCULOS(i, 2) + (VAR_CALCULOS(i - 1, 39) - VAR_CALCULOS(i, 2)) *
Exp(-273.33 * VAR_CALCULOS(i - 1, 4) * VAR_CALCULOS(i - 1, 7) * (VAR_CALCULOS(i, 0) - VAR_CALCULOS(i - 1,
0))) / (Cp * VAR_CALCULOS(i - 1, 37)))
    Else
        Cp = (0.388 + 4.5 * 10 ^ (-4) * AUX_CALCULOS(i - 1, 39)) / (AUX_CALCULOS(i - 1, 40) ^ (0.5))
        VAR_CALCULOS(i, 38) = AUX_CALCULOS(i, 2) + (AUX_CALCULOS(i - 1, 39) - AUX_CALCULOS(i, 2)) *
Exp(-273.33 * AUX_CALCULOS(i - 1, 4) * AUX_CALCULOS(i - 1, 7) * (AUX_CALCULOS(i, 0) - AUX_CALCULOS(i - 1,
0))) / (Cp * AUX_CALCULOS(i - 1, 37)))
    End If

    Presión Inicial
    If VAR_BATCH(i) = 0 Then

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

If VAR_CALCULOS(i, 15) = 1 Then
    SpGrinicial = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (VAR_CALCULOS(i, 38) - 60) + VAR_CALCULOS(i - 1, 40)
    VAR_CALCULOS(i, 57) = 0.17242536 * VAR_CALCULOS(i, 20) * VAR_CALCULOS(i, 21) *
VAR_CALCULOS(i, 22) * VAR_CALCULOS(i, 23) / (VAR_CALCULOS(i - 1, 45) * SpGrinicial)
Else
    VAR_CALCULOS(i, 57) = 0
End If
Else
    If AUX_CALCULOS(i, 15) = 1 Then
        SpGrinicial = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (AUX_CALCULOS(i, 38) - 60) + AUX_CALCULOS(i - 1, 40)
        VAR_CALCULOS(i, 57) = 0.17242536 * AUX_CALCULOS(i, 22) * AUX_CALCULOS(i, 23) *
AUX_CALCULOS(i, 20) * AUX_CALCULOS(i, 21) / (AUX_CALCULOS(i - 1, 45) * SpGrinicial)
Else
        VAR_CALCULOS(i, 57) = 0
    End If
End If

```

Caudal másico de la mezcla

```

If VAR_BATCH(i) = 0 Then
    VAR_CALCULOS(i, 35) = VAR_CALCULOS(i - 1, 37)

    If VAR_CALCULOS(i, 19) = 1 And VAR_CALCULOS(i - 1, 58) > 0 Then
        SpgrInyeccion = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (VAR_CALCULOS(i, 29) - 60) + VAR_CALCULOS(i, 26)
        CaudalInyeccion = VAR_CALCULOS(i, 30)
        VAR_CALCULOS(i, 36) = 349.761526 * SpgrInyeccion * CaudalInyeccion
    Else
        VAR_CALCULOS(i, 36) = 0
    End If

```

```

    VAR_CALCULOS(i, 37) = VAR_CALCULOS(i, 35) + VAR_CALCULOS(i, 36)
Else
    VAR_CALCULOS(i, 35) = AUX_CALCULOS(i - 1, 37)

```

```

    If AUX_CALCULOS(i, 19) = 1 And AUX_CALCULOS(i - 1, 58) > 0 Then
        SpgrInyeccion = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (AUX_CALCULOS(i, 29) - 60) + AUX_CALCULOS(i, 26)
        CaudalInyeccion = AUX_CALCULOS(i, 30)
        VAR_CALCULOS(i, 36) = 349.761526 * SpgrInyeccion * CaudalInyeccion
    Else
        VAR_CALCULOS(i, 36) = 0
    End If

```

```

    VAR_CALCULOS(i, 37) = AUX_CALCULOS(i, 35) + AUX_CALCULOS(i, 36)
End If

```

'Spgr60

```

If VAR_BATCH(i) = 0 Then
    If VAR_CALCULOS(i, 19) = 1 Then
        VAR_CALCULOS(i, 40) = VAR_CALCULOS(i, 37) / (VAR_CALCULOS(i, 35) / VAR_CALCULOS(i - 1, 40) +
VAR_CALCULOS(i, 36) / VAR_CALCULOS(i, 26))
    Else
        VAR_CALCULOS(i, 40) = VAR_CALCULOS(i - 1, 40)
    End If

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

End If
Else
  If AUX_CALCULOS(i, 19) = 1 Then
    VAR_CALCULOS(i, 40) = AUX_CALCULOS(i, 37) / (AUX_CALCULOS(i, 35) / AUX_CALCULOS(i - 1, 40) +
AUX_CALCULOS(i, 36) / AUX_CALCULOS(i, 26))
  Else
    VAR_CALCULOS(i, 40) = AUX_CALCULOS(i - 1, 40)
  End If
End If

Temperatura de la mezcla
If VAR_BATCH(i) = 0 Then
  If VAR_CALCULOS(i, 19) = 1 Then
    Cpinicial = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * VAR_CALCULOS(i, 38)) / (VAR_CALCULOS(i - 1, 40) ^ (0.5))
    Cpinyeccion = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * VAR_CALCULOS(i, 29)) / (VAR_CALCULOS(i, 26) ^ (0.5))
    qinicio = VAR_CALCULOS(i, 38) * VAR_CALCULOS(i, 35) * Cpinicial
    qinyeccion = VAR_CALCULOS(i, 29) * VAR_CALCULOS(i, 36) * Cpinyeccion
    VAR_CALCULOS(i, 39) = (-0.388 + (0.150544 + 18 * (10 ^ (-4)) * (VAR_CALCULOS(i, 40) ^ (0.5))) * (qinicio +
qinyeccion) / VAR_CALCULOS(i, 37)) ^ (0.5)) / (9 * (10 ^ (-4)))
  Else
    VAR_CALCULOS(i, 39) = VAR_CALCULOS(i, 38)
  End If
Else
  If AUX_CALCULOS(i, 19) = 1 Then
    Cpinicial = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * AUX_CALCULOS(i, 38)) / (AUX_CALCULOS(i - 1, 40) ^ (0.5))
    Cpinyeccion = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * AUX_CALCULOS(i, 29)) / (AUX_CALCULOS(i, 26) ^ (0.5))
    qinicio = AUX_CALCULOS(i, 38) * AUX_CALCULOS(i, 35) * Cpinicial
    qinyeccion = AUX_CALCULOS(i, 29) * AUX_CALCULOS(i, 36) * Cpinyeccion
    VAR_CALCULOS(i, 39) = (-0.388 + (0.150544 + 18 * (10 ^ (-4)) * (AUX_CALCULOS(i, 40) ^ (0.5))) * (qinicio +
qinyeccion) / AUX_CALCULOS(i, 37)) ^ (0.5)) / (9 * (10 ^ (-4)))
  Else
    VAR_CALCULOS(i, 39) = AUX_CALCULOS(i, 38)
  End If
End If

Temperatura mas el calentamiento
If VAR_BATCH(i) = 0 Then
  If VAR_CALCULOS(i, 16) = 1 Then
    VAR_CALCULOS(i, 39) = VAR_CALCULOS(i, 39) + VAR_CALCULOS(i, 32)
  End If
Else
  If AUX_CALCULOS(i, 16) = 1 Then
    VAR_CALCULOS(i, 39) = AUX_CALCULOS(i, 39) + AUX_CALCULOS(i, 32)
  End If
End If

Spgr (T)
If VAR_BATCH(i) = 0 Then
  VAR_CALCULOS(i, 41) = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (VAR_CALCULOS(i, 39) - 60) + VAR_CALCULOS(i, 40)
Else
  VAR_CALCULOS(i, 41) = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (AUX_CALCULOS(i, 39) - 60) + AUX_CALCULOS(i, 40)

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

End If

'API60
If VAR_BATCH(i) = 0 Then
    VAR_CALCULOS(i, 42) = 141.5 / VAR_CALCULOS(i, 40) - 131.5
Else
    VAR_CALCULOS(i, 42) = 141.5 / AUX_CALCULOS(i, 40) - 131.5
End If

'API (T)
If VAR_BATCH(i) = 0 Then
    VAR_CALCULOS(i, 43) = 141.5 / VAR_CALCULOS(i, 41) - 131.5
Else
    VAR_CALCULOS(i, 43) = 141.5 / AUX_CALCULOS(i, 41) - 131.5
End If

Caudal Volumétrico
If VAR_BATCH(i) = 0 Then
    VAR_CALCULOS(i, 44) = VAR_CALCULOS(i, 37) / (349.761526 * VAR_CALCULOS(i, 40))
    VAR_CALCULOS(i, 45) = VAR_CALCULOS(i, 37) / (349.761526 * VAR_CALCULOS(i, 41))
Else
    VAR_CALCULOS(i, 44) = AUX_CALCULOS(i, 37) / (349.761526 * AUX_CALCULOS(i, 40))
    VAR_CALCULOS(i, 45) = AUX_CALCULOS(i, 37) / (349.761526 * AUX_CALCULOS(i, 41))
End If

Viscosidad de la mezcla
If VAR_BATCH(i) = 0 Then
    If VAR_CALCULOS(i, 19) = 1 Then

        If VAR_CALCULOS(i - 1, 46) <= 20.65 Then
            v1_100 = (VAR_CALCULOS(i - 1, 46) + (VAR_CALCULOS(i - 1, 46) * VAR_CALCULOS(i - 1, 46) + 176.28)
^ (0.5)) / 0.452
        Else
            v1_100 = (VAR_CALCULOS(i - 1, 46) + (VAR_CALCULOS(i - 1, 46) * VAR_CALCULOS(i - 1, 46) + 118) ^
(0.5)) / 0.44
        End If

        If VAR_CALCULOS(i - 1, 47) <= 20.65 Then
            v1_120 = (VAR_CALCULOS(i - 1, 47) + (VAR_CALCULOS(i - 1, 47) * VAR_CALCULOS(i - 1, 47) + 176.28)
^ (0.5)) / 0.452
        Else
            v1_120 = (VAR_CALCULOS(i - 1, 47) + (VAR_CALCULOS(i - 1, 47) * VAR_CALCULOS(i - 1, 47) + 118) ^
(0.5)) / 0.44
        End If

        If VAR_CALCULOS(i, 27) <= 20.65 Then
            v2_100 = (VAR_CALCULOS(i, 27) + (VAR_CALCULOS(i, 27) * VAR_CALCULOS(i, 27) + 176.28) ^ (0.5)) /
0.452
        Else
            v2_100 = (VAR_CALCULOS(i, 27) + (VAR_CALCULOS(i, 27) * VAR_CALCULOS(i, 27) + 118) ^ (0.5)) /
0.44
    End If

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

End If

If VAR_CALCULOS(i, 28) <= 20.65 Then
    v2_120 = (VAR_CALCULOS(i, 28) + (VAR_CALCULOS(i, 28) * VAR_CALCULOS(i, 28) + 176.28) ^ (0.5)) /
0.452
Else
    v2_120 = (VAR_CALCULOS(i, 28) + (VAR_CALCULOS(i, 28) * VAR_CALCULOS(i, 28) + 118) ^ (0.5)) /
0.44
End If

Qini100 = VAR_CALCULOS(i, 35) / (349.761526 * (-3.433 * 10 ^ (-4) * 40 + VAR_CALCULOS(i - 1, 40)))
Qiny100 = VAR_CALCULOS(i, 36) / (349.761526 * (-3.433 * 10 ^ (-4) * 40 + VAR_CALCULOS(i, 26)))
VAR_CALCULOS(i, 46) = ((Qini100 + Qiny100) / (Qini100 / (v1_100 ^ (0.5)) + Qiny100 / (v2_100 ^ (0.5)))) ^ 2
If VAR_CALCULOS(i, 46) <= 100 Then
    VAR_CALCULOS(i, 46) = 0.226 * VAR_CALCULOS(i, 46) - 195 / VAR_CALCULOS(i, 46)
Else
    VAR_CALCULOS(i, 46) = 0.22 * VAR_CALCULOS(i, 46) - 135 / VAR_CALCULOS(i, 46)
End If
Qini120 = VAR_CALCULOS(i, 35) / (349.761526 * (-3.433 * 10 ^ (-4) * 60 + VAR_CALCULOS(i - 1, 40)))
Qiny120 = VAR_CALCULOS(i, 36) / (349.761526 * (-3.433 * 10 ^ (-4) * 60 + VAR_CALCULOS(i, 26)))
VAR_CALCULOS(i, 47) = ((Qini120 + Qiny120) / (Qini120 / (v1_120 ^ (0.5)) + Qiny120 / (v2_120 ^ (0.5)))) ^ 2
If VAR_CALCULOS(i, 47) <= 100 Then
    VAR_CALCULOS(i, 47) = 0.226 * VAR_CALCULOS(i, 47) - 195 / VAR_CALCULOS(i, 47)
Else
    VAR_CALCULOS(i, 47) = 0.22 * VAR_CALCULOS(i, 47) - 135 / VAR_CALCULOS(i, 47)
End If
Else
    VAR_CALCULOS(i, 46) = VAR_CALCULOS(i - 1, 46)
    VAR_CALCULOS(i, 47) = VAR_CALCULOS(i - 1, 47)
End If

VAR_CALCULOS(i, 48) = 10 ^ (10 ^ (Log(Log(VAR_CALCULOS(i, 46) + 0.7) / Log(10#)) / Log(10#) +
(Log(Log(VAR_CALCULOS(i, 46) + 0.7) / Log(10#)) / (Log(VAR_CALCULOS(i, 47) + 0.7) / Log(10#))) / Log(10#)) /
1.52560288322346E-02 * (Log(310.777777777778 / (5 / 9 * (VAR_CALCULOS(i, 39) - 32) + 273)) / Log(10#))) - 0.7
Else
    If AUX_CALCULOS(i, 19) = 1 Then

        If AUX_CALCULOS(i - 1, 46) <= 20.65 Then
            v1_100 = (AUX_CALCULOS(i - 1, 46) + (AUX_CALCULOS(i - 1, 46) * AUX_CALCULOS(i - 1, 46) + 176.28)
^ (0.5)) / 0.452
        Else
            v1_100 = (AUX_CALCULOS(i - 1, 46) + (AUX_CALCULOS(i - 1, 46) * AUX_CALCULOS(i - 1, 46) + 118) ^
(0.5)) / 0.44
        End If

        If AUX_CALCULOS(i - 1, 47) <= 20.65 Then
            v1_120 = (AUX_CALCULOS(i - 1, 47) + (AUX_CALCULOS(i - 1, 47) * AUX_CALCULOS(i - 1, 47) + 176.28)
^ (0.5)) / 0.452
        Else
            v1_120 = (AUX_CALCULOS(i - 1, 47) + (AUX_CALCULOS(i - 1, 47) * AUX_CALCULOS(i - 1, 47) + 118) ^
(0.5)) / 0.44
        End If
    End If

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

End If

If AUX_CALCULOS(i, 27) <= 20.65 Then
    v2_100 = (AUX_CALCULOS(i, 27) + (AUX_CALCULOS(i, 27) * AUX_CALCULOS(i, 27) + 176.28) ^ (0.5)) /
0.452
Else
    v2_100 = (AUX_CALCULOS(i, 27) + (AUX_CALCULOS(i, 27) * AUX_CALCULOS(i, 27) + 118) ^ (0.5)) /
0.44
End If

If AUX_CALCULOS(i, 28) <= 20.65 Then
    v2_120 = (AUX_CALCULOS(i, 28) + (AUX_CALCULOS(i, 28) * AUX_CALCULOS(i, 28) + 176.28) ^ (0.5)) /
0.452
Else
    v2_120 = (AUX_CALCULOS(i, 28) + (AUX_CALCULOS(i, 28) * AUX_CALCULOS(i, 28) + 118) ^ (0.5)) /
0.44
End If

Qini100 = AUX_CALCULOS(i, 35) / (349.761526 * (-3.433 * 10 ^ (-4) * 40 + AUX_CALCULOS(i - 1, 40)))
Qiny100 = AUX_CALCULOS(i, 36) / (349.761526 * (-3.433 * 10 ^ (-4) * 40 + AUX_CALCULOS(i, 26)))
VAR_CALCULOS(i, 46) = ((Qini100 + Qiny100) / (Qini100 / (v1_100 ^ (0.5)) + Qiny100 / (v2_100 ^ (0.5)))) ^ 2
If AUX_CALCULOS(i, 46) <= 100 Then
    VAR_CALCULOS(i, 46) = 0.226 * AUX_CALCULOS(i, 46) - 195 / AUX_CALCULOS(i, 46)
Else
    VAR_CALCULOS(i, 46) = 0.22 * AUX_CALCULOS(i, 46) - 135 / AUX_CALCULOS(i, 46)
End If

Qini120 = AUX_CALCULOS(i, 35) / (349.761526 * (-3.433 * 10 ^ (-4) * 60 + AUX_CALCULOS(i - 1, 40)))
Qiny120 = AUX_CALCULOS(i, 36) / (349.761526 * (-3.433 * 10 ^ (-4) * 60 + AUX_CALCULOS(i, 26)))
VAR_CALCULOS(i, 47) = ((Qini120 + Qiny120) / (Qini120 / (v1_120 ^ (0.5)) + Qiny120 / (v2_120 ^ (0.5)))) ^ 2
If AUX_CALCULOS(i, 47) <= 100 Then
    VAR_CALCULOS(i, 47) = 0.226 * AUX_CALCULOS(i, 47) - 195 / AUX_CALCULOS(i, 47)
Else
    VAR_CALCULOS(i, 47) = 0.22 * AUX_CALCULOS(i, 47) - 135 / AUX_CALCULOS(i, 47)
End If

Else
    VAR_CALCULOS(i, 46) = AUX_CALCULOS(i - 1, 46)
    VAR_CALCULOS(i, 47) = AUX_CALCULOS(i - 1, 47)
End If

VAR_CALCULOS(i, 48) = 10 ^ (10 ^ (Log(Log(AUX_CALCULOS(i, 46) + 0.7) / Log(10#)) / Log(10#)) +
(Log(Log(AUX_CALCULOS(i, 46) + 0.7) / Log(10#)) / (Log(AUX_CALCULOS(i, 47) + 0.7) / Log(10#))) / Log(10#)) /
1.52560288322346E-02 * (Log(310.7777777777778 / (5 / 9 * (AUX_CALCULOS(i, 39) - 32) + 273)) / Log(10#))) - 0.7
End If

Velocidad
If VAR_BATCH(i) = 0 Then
    VAR_CALCULOS(i, 49) = 0.08715854948 * VAR_CALCULOS(i, 45) / (VAR_CALCULOS(i, 5)) ^ (2)
Else
    VAR_CALCULOS(i, 49) = 0.08715854948 * AUX_CALCULOS(i, 45) / (AUX_CALCULOS(i, 5)) ^ (2)
End If

```

Calor Especifico

```

If VAR_BATCH(i) = 0 Then
  VAR_CALCULOS(i, 50) = (0.388 + 4.5 * 10 ^ (-4) * VAR_CALCULOS(i, 39)) / (VAR_CALCULOS(i, 40)) ^ (0.5)
Else
  VAR_CALCULOS(i, 50) = (0.388 + 4.5 * 10 ^ (-4) * AUX_CALCULOS(i, 39)) / (AUX_CALCULOS(i, 40)) ^ (0.5)
End If

```

Reynolds

```

If VAR_BATCH(i) = 0 Then
  VAR_CALCULOS(i, 51) = 2214 * VAR_CALCULOS(i, 45) / (VAR_CALCULOS(i, 5) * VAR_CALCULOS(i, 48))
Else
  VAR_CALCULOS(i, 51) = 2214 * AUX_CALCULOS(i, 45) / (AUX_CALCULOS(i, 5) * AUX_CALCULOS(i, 48))
End If

```

Factor de Friccion

Flujo Laminar

```

If VAR_BATCH(i) = 0 Then
  If VAR_CALCULOS(i, 51) < 2000 Then
    VAR_CALCULOS(i, 52) = 64 / VAR_CALCULOS(i, 51)
  End If

```

Else

```

  If AUX_CALCULOS(i, 51) < 2000 Then
    VAR_CALCULOS(i, 52) = 64 / AUX_CALCULOS(i, 51)
  End If

```

End If

Flujo Turbulento

```

If VAR_BATCH(i) = 0 Then
  If VAR_CALCULOS(i, 51) >= 2000 Then
    VAR_CALCULOS(i, 52) = 1 / (-2 * Log(VAR_CALCULOS(i, 6) / 25.4 / (3.7 * VAR_CALCULOS(i, 5)) - 5.02 /
VAR_CALCULOS(i, 51) * Log(VAR_CALCULOS(i, 6) / 25.4 / (3.7 * VAR_CALCULOS(i, 5)) - 5.02 / VAR_CALCULOS(i, 51)
* Log(VAR_CALCULOS(i, 6) / 25.4 / (3.7 * VAR_CALCULOS(i, 5)) - 4.518 / VAR_CALCULOS(i, 51) *
Log((VAR_CALCULOS(i, 6) / 25.4 / (3.7 * VAR_CALCULOS(i, 5))) ^ (1.11) + (6.9 / VAR_CALCULOS(i, 51))) / Log(10#)) /
Log(10#)) / Log(10#)) / Log(10#)) ^ (2)

```

End If

Else

```

  If AUX_CALCULOS(i, 51) >= 2000 Then
    VAR_CALCULOS(i, 52) = 1 / (-2 * Log(AUX_CALCULOS(i, 6) / 25.4 / (3.7 * AUX_CALCULOS(i, 5)) - 5.02 /
AUX_CALCULOS(i, 51) * Log(AUX_CALCULOS(i, 6) / 25.4 / (3.7 * AUX_CALCULOS(i, 5)) - 5.02 / AUX_CALCULOS(i, 51)
* Log(AUX_CALCULOS(i, 6) / 25.4 / (3.7 * AUX_CALCULOS(i, 5)) - 4.518 / AUX_CALCULOS(i, 51) *
Log((AUX_CALCULOS(i, 6) / 25.4 / (3.7 * AUX_CALCULOS(i, 5))) ^ (1.11) + (6.9 / AUX_CALCULOS(i, 51))) / Log(10#)) /
Log(10#)) / Log(10#)) / Log(10#)) ^ (2)

```

End If

End If

Pérdidas menores

```

If VAR_BATCH(i) = 0 Then
  If VAR_CALCULOS(i, 18) = 1 Then
    VAR_CALCULOS(i, 53) = VAR_CALCULOS(i, 34) * VAR_CALCULOS(i, 49) ^ (2) / (19.6)
  Else
    VAR_CALCULOS(i, 53) = 0
  End If

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

End If
Else
  If AUX_CALCULOS(i, 18) = 1 Then
    VAR_CALCULOS(i, 53) = AUX_CALCULOS(i, 34) * AUX_CALCULOS(i, 49) ^ (2) / (19.6)
  Else
    VAR_CALCULOS(i, 53) = 0
  End If
End If

Pérdidas por fricción
If VAR_BATCH(i) = 0 Then
  If HAALAND.Value = True Then
    VAR_CALCULOS(i, 54) = 15.2350727263 * VAR_CALCULOS(i - 1, 52) * (VAR_CALCULOS(i, 0) -
VAR_CALCULOS(i - 1, 0)) * VAR_CALCULOS(i - 1, 45) ^ (2) / (VAR_CALCULOS(i - 1, 5) ^ (5))
  End If
  If DARCY.Value = True Then
    VAR_CALCULOS(i, 54) = 0.72318615 * VAR_CALCULOS(i - 1, 45) ^ (1.748) * VAR_CALCULOS(i - 1, 48) ^
(0.252) * (VAR_CALCULOS(i, 0) - VAR_CALCULOS(i - 1, 0)) / (VAR_CALCULOS(i - 1, 5) ^ (4.748))
  End If
Else
  If HAALAND.Value = True Then
    VAR_CALCULOS(i, 54) = 15.2350727263 * AUX_CALCULOS(i - 1, 52) * (AUX_CALCULOS(i, 0) -
AUX_CALCULOS(i - 1, 0)) * AUX_CALCULOS(i - 1, 45) ^ (2) / (AUX_CALCULOS(i - 1, 5) ^ (5))
  End If
  If DARCY.Value = True Then
    VAR_CALCULOS(i, 54) = 0.72318615 * AUX_CALCULOS(i - 1, 45) ^ (1.748) * AUX_CALCULOS(i - 1, 48) ^
(0.252) * (AUX_CALCULOS(i, 0) - AUX_CALCULOS(i - 1, 0)) / (AUX_CALCULOS(i - 1, 5) ^ (4.748))
  End If
End If

Calor perdido
If VAR_BATCH(i) = 0 Then
  VAR_CALCULOS(i, 55) = -0.039756127 * VAR_CALCULOS(i - 1, 5) ^ (2) * VAR_CALCULOS(i - 1, 7) *
(VAR_CALCULOS(i, 38) - VAR_CALCULOS(i - 1, 39)) / (VAR_CALCULOS(i - 1, 45) * VAR_CALCULOS(i - 1, 41))
Else
  VAR_CALCULOS(i, 55) = -0.039756127 * AUX_CALCULOS(i - 1, 5) ^ (2) * AUX_CALCULOS(i - 1, 7) *
(AUX_CALCULOS(i, 38) - AUX_CALCULOS(i - 1, 39)) / (AUX_CALCULOS(i - 1, 45) * AUX_CALCULOS(i - 1, 41))
End If

Pérdidas totales
If VAR_BATCH(i) = 0 Then
  VAR_CALCULOS(i, 56) = 0.704088 * VAR_CALCULOS(i, 33) / VAR_CALCULOS(i - 1, 41) +
VAR_CALCULOS(i, 53) + VAR_CALCULOS(i, 54) + VAR_CALCULOS(i, 55)
Else
  VAR_CALCULOS(i, 56) = 0.704088 * AUX_CALCULOS(i, 33) / AUX_CALCULOS(i - 1, 41) +
AUX_CALCULOS(i, 53) + AUX_CALCULOS(i, 54) + AUX_CALCULOS(i, 55)
End If

Presión
If VAR_BATCH(i) = 0 Then

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

        VAR_CALCULOS(i, 58) = ((VAR_CALCULOS(i, 57) + VAR_CALCULOS(i - 1, 58)) + VAR_CALCULOS(i - 1, 1)
- VAR_CALCULOS(i, 1) + (VAR_CALCULOS(i - 1, 49) ^ 2 - VAR_CALCULOS(i, 49) ^ 2) / 2 / 9.8 - VAR_CALCULOS(i, 56))
        Else
            VAR_CALCULOS(i, 58) = ((AUX_CALCULOS(i, 57) + AUX_CALCULOS(i - 1, 58)) + AUX_CALCULOS(i - 1, 1)
- AUX_CALCULOS(i, 1) + (AUX_CALCULOS(i - 1, 49) ^ 2 - AUX_CALCULOS(i, 49) ^ 2) / 2 / 9.8 - AUX_CALCULOS(i, 56))
        End If

    Next
Fin
Fin

End If
End Sub

Private Sub API_Aparente_Click()
    API_Aparente.Show
End Sub

Private Sub API_T_Aparente_Click()
    API_Aparente.Show
End Sub

Private Sub Bombeo_Click()
    CORRER = False
    Lista.Top = 9120
    Lista.Left = 720
    Lista.Visible = True
    Lista.Enabled = True
    FLAG_BOTON = 1
End Sub

Private Sub Bombeo_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    If FLAG_BOTON <> 1 Then
        Lista.Visible = False
        Lista.Enabled = False
    End If
End Sub

Private Sub Calentamiento_Click()
    CORRER = False
    Lista.Top = 7800
    Lista.Left = 2640
    Lista.Visible = True
    Lista.Enabled = True
    FLAG_BOTON = 2
End Sub

Private Sub Calentamiento_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    If FLAG_BOTON <> 2 Then
        Lista.Visible = False
        Lista.Enabled = False
    End If
End Sub

```

```

End If
End Sub

Public Sub Caracteristica_Punto()
Características del punto
Inicio
Dim LONGITUD As Double
If Simulador.Dato_Longitud_Vista.Text <> "" Then
LONGITUD = Simulador.Dato_Longitud_Vista.Text
If LONGITUD = VAR_CALCULOS(1, 0) Then
Simulador.Dato_API60_Vista.Text = Round(VAR_CALCULOS(1, 42), 2)
Simulador.Dato_Viscosidad_Vista.Text = Round(VAR_CALCULOS(1, 48), 2)
Simulador.Dato_Presion_Vista.Text = Round(VAR_CALCULOS(1, 58) / 0.3048 / 2.31 * VAR_CALCULOS(1, 41), 2)
Simulador.Dato_Temperatura_Vista.Text = Round(VAR_CALCULOS(1, 39), 2)
Simulador.Dato_Caudal_Vista.Text = Round(VAR_CALCULOS(1, 45), 2)
Simulador.Dato_Velocidad_Vista.Text = Round(VAR_CALCULOS(1, 49), 2)
Simulador.Dato_MAOP_Vista.Text = Round(43200 * 2 * VAR_CALCULOS(1, 3) / VAR_CALCULOS(1, 4), 2)
Simulador.Dato_Hf_Vista.Text = 0
End If
For i = 2 To VAR_CALCULOS(0, 0)
If LONGITUD = VAR_CALCULOS(i, 0) Then
Simulador.Dato_API60_Vista.Text = Round(VAR_CALCULOS(i, 42), 2)
Simulador.Dato_Viscosidad_Vista.Text = Round(VAR_CALCULOS(i, 48), 2)
Simulador.Dato_Presion_Vista.Text = Round(VAR_CALCULOS(i, 58) / 0.3048 / 2.31 * VAR_CALCULOS(i, 41), 2)
Simulador.Dato_Temperatura_Vista.Text = Round(VAR_CALCULOS(i, 39), 2)
Simulador.Dato_Caudal_Vista.Text = Round(VAR_CALCULOS(i, 45), 2)
Simulador.Dato_Velocidad_Vista.Text = Round(VAR_CALCULOS(i, 49), 2)
Simulador.Dato_MAOP_Vista.Text = Round(43200 * 2 * VAR_CALCULOS(i, 3) / VAR_CALCULOS(i, 4), 2)
a = 0
For j = 1 To LONGITUD
a = a + VAR_CALCULOS(j, 54) / 0.3048 / 2.31 * VAR_CALCULOS(j, 41)
Next
Simulador.Dato_Hf_Vista.Text = Round(a, 2)

i = VAR_CALCULOS(0, 0)
End If
If VAR_CALCULOS(i - 1, 0) < LONGITUD And LONGITUD < VAR_CALCULOS(i, 0) Then
Simulador.Dato_API60_Vista.Text = Round(VAR_CALCULOS(i - 1, 42), 2)
Simulador.Dato_Viscosidad_Vista.Text = Round(VAR_CALCULOS(i - 1, 48), 2)
Simulador.Dato_Presion_Vista.Text = Round(((VAR_CALCULOS(i - 1, 58) - VAR_CALCULOS(i, 58)) /
(VAR_CALCULOS(i - 1, 0) - VAR_CALCULOS(i, 0)) * (LONGITUD - VAR_CALCULOS(i - 1, 0)) + VAR_CALCULOS(i - 1,
58)) / 0.3048 / 2.31 * VAR_CALCULOS(i - 1, 41), 2)
Simulador.Dato_Temperatura_Vista.Text = Round((VAR_CALCULOS(i - 1, 39) - VAR_CALCULOS(i, 39)) /
(VAR_CALCULOS(i - 1, 0) - VAR_CALCULOS(i, 0)) * (LONGITUD - VAR_CALCULOS(i - 1, 0)) + VAR_CALCULOS(i - 1,
39), 2)
Simulador.Dato_Caudal_Vista.Text = Round(VAR_CALCULOS(i - 1, 45), 2)
Simulador.Dato_Velocidad_Vista.Text = Round(((VAR_CALCULOS(i - 1, 49) - VAR_CALCULOS(i, 49)) /
(VAR_CALCULOS(i - 1, 0) - VAR_CALCULOS(i, 0)) * (LONGITUD - VAR_CALCULOS(i - 1, 0)) + VAR_CALCULOS(i - 1,
49)), 2)

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

    Simulador.Dato_MAOP_Vista.Text = Round(43200 * 2 * ((VAR_CALCULOS(i - 1, 3) / VAR_CALCULOS(i - 1, 4) -
VAR_CALCULOS(i, 3) / VAR_CALCULOS(i, 4)) / (VAR_CALCULOS(i - 1, 0) - VAR_CALCULOS(i, 0)) * (LONGITUD -
VAR_CALCULOS(i - 1, 0)) + VAR_CALCULOS(i - 1, 3) / VAR_CALCULOS(i - 1, 4)), 2)
    a = 0
    For j = 1 To LONGITUD
        a = a + VAR_CALCULOS(j, 54) / 0.3048 / 2.31 * VAR_CALCULOS(j, 41)
    Next
    For k = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
        If VAR_CALCULOS(k, 0) > LONGITUD Then
            Exit For
        End If
    Next
    a = a + VAR_CALCULOS(k, 54) / 0.3048 / 2.31 * VAR_CALCULOS(k, 41) * (LONGITUD + VAR_CALCULOS(k, 0) -
1)

    Simulador.Dato_Hf_Vista.Text = Round(a, 2)

    i = VAR_CALCULOS(0, 0)
    End If
Next
Else
    Simulador.Dato_API60_Vista.Text = "Error"
    Simulador.Dato_Viscosidad_Vista.Text = "Error"
    Simulador.Dato_Presion_Vista.Text = "Error"
    Simulador.Dato_Temperatura_Vista.Text = "Error"
    Simulador.Dato_Caudal_Vista.Text = "Error"
    Simulador.Dato_Velocidad_Vista.Text = "Error"
    Simulador.Dato_MAOP_Vista.Text = "Error"
    Simulador.Dato_Hf_Vista.Text = "Error"
End If
If LONGITUD > VAR_CALCULOS(VAR_CALCULOS(0, 0), 0) Then
    Simulador.Dato_API60_Vista.Text = "No Existe"
    Simulador.Dato_Viscosidad_Vista.Text = "No Existe"
    Simulador.Dato_Presion_Vista.Text = "No Existe"
    Simulador.Dato_Temperatura_Vista.Text = "No Existe"
    Simulador.Dato_Caudal_Vista.Text = "No Existe"
    Simulador.Dato_Velocidad_Vista.Text = "No Existe"
    Simulador.Dato_MAOP_Vista.Text = "No Existe"
    Simulador.Dato_Hf_Vista.Text = "No Existe"
End If
'Fin
End Sub

Private Sub Continuar_Click()
    If FLAG_PERFILyTUBERIA = 1 Then
        CORRER = True
        Caracteristica_Punto
    End If
End Sub

Public Sub Corrida_Click()

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```
FLAG_CORRER = 1

For i = 0 To VAR_BATCH(0)
    VAR_BATCH(i) = 0
Next

aux_j_BATCH = 0

Anade_Corre_Datos

If FLAG_PERFILyTUBERIA = 1 Then
    Caracteristica_Punto
    FLAG_PAINT = 1
    CORRER = False
    Graficar
    Temporizador.Interval = 1000
Else
    CORRER = False
End If
End Sub

Private Sub cSt_CrudoOriente_Click()
    cSt_CrudoOriente_BEICIP.Show
End Sub

Private Sub DARCY_Click()
    Simulador.DARCY.Value = True
    Simulador.HAALAND.Value = False
End Sub

Private Sub Dato_Longitud_Vista_Change()
    If FLAG_CORRER = 1 Then
        Caracteristica_Punto
    End If
End Sub

Private Sub Dato_Longitud_Vista_KeyPress(KeyAscii As Integer)

'DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
    If KeyAscii = 44 Then
        KeyAscii = 46
    End If

'INGRESO DEL VALOR VALIDADO
    flag = 0
    For i = 1 To Len(Dato_Longitud_Vista.Text)
        If 46 = Asc(Right(Dato_Longitud_Vista.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
            flag = 1
        End If
    Next
```

```

If KeyAscii = 13 Then
    If Dato_Longitud_Vista.Text = "" Then
        Dato_Longitud_Vista.Text = "0"
    End If

    Dato_Longitud_Vista.Text = Round(Dato_Longitud_Vista.Text, 3)

    If Asc(Right(Dato_Longitud_Vista.Text, 2)) = 46 Then
        Dato_Longitud_Vista.Text = Dato_Longitud_Vista.Text & "00"
    Else
        If Asc(Right(Dato_Longitud_Vista.Text, 3)) = 46 Then
            Dato_Longitud_Vista.Text = Dato_Longitud_Vista.Text & "0"
        Else
            If Asc(Right(Dato_Longitud_Vista.Text, 4)) <> 46 Then
                Dato_Longitud_Vista.Text = Dato_Longitud_Vista.Text & ".000"
            End If
        End If
    End If

    Dato_Longitud_Vista.SelStart = 0
    Dato_Longitud_Vista.SelLength = Len(Dato_Longitud_Vista.Text)

    Graficar
End If

If KeyAscii = 8 Then
    If Dato_Longitud_Vista.Text = "" Then
        Dato_Longitud_Vista.Text = "0"
    End If
End If

If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
    KeyAscii = 0
End If
End Sub

Private Sub Eficiencia_Bomba_Temp_Click()
    Eficiencia_Bomba.Show
End Sub

Private Sub Fecha_Final_GotFocus()
    CORRER = False
End Sub

Private Sub Fecha_Final_LostFocus()
    Tiempo_Final.Year = Fecha_Final.Year
    Tiempo_Final.Month = Fecha_Final.Month
    Tiempo_Final.Day = Fecha_Final.Day

    Fecha_Final.Hour = Tiempo_Final.Hour
    Fecha_Final.Minute = Tiempo_Final.Minute

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

Fecha_Final.Second = Tiempo_Final.Second

If Fecha_Final.Value < Fecha_Inicial.Value Then
    Fecha_Final.Value = Fecha_Inicial.Value
    Tiempo_Final.Value = Tiempo_Inicial.Value
    Beep
End If
End Sub

Private Sub Fecha_Inicial_GotFocus()
    CORRER = False
End Sub

Private Sub Fecha_Inicial_LostFocus()
    Tiempo_Inicial.Year = Fecha_Inicial.Year
    Tiempo_Inicial.Month = Fecha_Inicial.Month
    Tiempo_Inicial.Day = Fecha_Inicial.Day

    Fecha_Inicial.Hour = Tiempo_Inicial.Hour
    Fecha_Inicial.Minute = Tiempo_Inicial.Minute
    Fecha_Inicial.Second = Tiempo_Inicial.Second

    If Fecha_Final.Value < Fecha_Inicial.Value Then
        Fecha_Final.Value = Fecha_Inicial.Value
        Tiempo_Final.Value = Tiempo_Inicial.Value
        Beep
    End If
End Sub

Private Sub Form_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    MOUSE_X = X
    MOUSE_Y = Y

    If FLAG_CORRER = 1 Then
        If X >= 500 And X <= 18417.2 And Y >= 1000 And Y <= 7000 Then
            'Características del punto
            Inicio
            Dim LONGITUD As Double
            LONGITUD = Round((X - 500) / factor + VAR_CALCULOS(desde, 0), 2)
            If LONGITUD = VAR_CALCULOS(1, 0) And Y >= 6970 - VAR_CALCULOS(1, 1) And Y <= 7030 -
VAR_CALCULOS(1, 1) Then
                Simulador.Dato_Longitud_Mouse.Caption = LONGITUD
                Simulador.Dato_API60_Mouse.Caption = Round(VAR_CALCULOS(1, 42), 2)
                Simulador.Dato_Viscosidad_Mouse.Caption = Round(VAR_CALCULOS(1, 48), 2)
                Simulador.Dato_Presion_Mouse.Caption = Round(VAR_CALCULOS(1, 58) / 0.3048 / 2.31 * VAR_CALCULOS(1, 41),
2)

                Simulador.Dato_Temperatura_Mouse.Caption = Round(VAR_CALCULOS(1, 39), 2)
                Simulador.Dato_Caudal_Volumetrico_Mouse.Caption = Round(VAR_CALCULOS(1, 45), 2)
                Simulador.Dato_Caudal_Masico_Mouse.Caption = Round(VAR_CALCULOS(1, 37), 2)
                Simulador.Dato_Velocidad_Mouse.Caption = Round(VAR_CALCULOS(1, 49), 2)
                Simulador.Dato_MAOP_Mouse.Caption = Round(43200 * 2 * VAR_CALCULOS(1, 3) / VAR_CALCULOS(1, 4), 2)
            End If
        End If
    End If
End Sub

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

Simulador.Dato_Hf_Mouse.Caption = 0

FLAG_MOUSE = 1

If MOUSE_X < 15800 Then
    Simulador.Vizualizar_en_Mouse.Left = MOUSE_X + 100
Else
    Simulador.Vizualizar_en_Mouse.Left = MOUSE_X - 3000
End If
Simulador.Vizualizar_en_Mouse.Top = MOUSE_Y + 100

Else
    FLAG_MOUSE = 0
End If

For i = 2 To VAR_CALCULOS(0, 0)
    If VAR_CALCULOS(i - 1, 0) <> VAR_CALCULOS(i, 0) Then

        valor_Y = ((VAR_CALCULOS(i - 1, 1) - VAR_CALCULOS(i, 1)) / (VAR_CALCULOS(i - 1, 0) -
VAR_CALCULOS(i, 0)) * (LONGITUD - VAR_CALCULOS(i - 1, 0))) + VAR_CALCULOS(i - 1, 1)

        If Y >= 6970 - valor_Y And Y <= 7030 - valor_Y Then
            If LONGITUD = VAR_CALCULOS(i, 0) Then
                Simulador.Dato_Longitud_Mouse.Caption = LONGITUD
                Simulador.Dato_API60_Mouse.Caption = Round(VAR_CALCULOS(i, 42), 2)
                Simulador.Dato_Viscosidad_Mouse.Caption = Round(VAR_CALCULOS(i, 48), 2)
                Simulador.Dato_Presion_Mouse.Caption = Round(VAR_CALCULOS(i, 58) / 0.3048 / 2.31 *
VAR_CALCULOS(i, 41), 2)
                Simulador.Dato_Temperatura_Mouse.Caption = Round(VAR_CALCULOS(i, 39), 2)
                Simulador.Dato_Caudal_Volumetrico_Mouse.Caption = Round(VAR_CALCULOS(i, 45), 2)
                Simulador.Dato_Caudal_Masico_Mouse.Caption = Round(VAR_CALCULOS(i, 37), 2)
                Simulador.Dato_Velocidad_Mouse.Caption = Round(VAR_CALCULOS(i, 49), 2)
                Simulador.Dato_MAOP_Mouse.Caption = Round(43200 * 2 * VAR_CALCULOS(i, 3) / VAR_CALCULOS(i, 4),
2)

                a = 0
                For j = 1 To LONGITUD
                    a = a + VAR_CALCULOS(j, 54) / 0.3048 / 2.31 * VAR_CALCULOS(j, 41)
                Next
                For k = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
                    If VAR_CALCULOS(k, 0) = LONGITUD Then
                        Exit For
                    End If
                Next
                a = a + VAR_CALCULOS(k, 54) / 0.3048 / 2.31 * VAR_CALCULOS(k, 41) * (LONGITUD +
VAR_CALCULOS(k, 0) - 1)
                Simulador.Dato_Hf_Mouse.Caption = Round(a, 2)

                FLAG_MOUSE = 1

                If MOUSE_X < 15800 Then

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

    Simulador.Vizualizar_en_Mouse.Left = MOUSE_X + 100
Else
    Simulador.Vizualizar_en_Mouse.Left = MOUSE_X - 3000
End If
Simulador.Vizualizar_en_Mouse.Top = MOUSE_Y + 100

Exit For
Else
If VAR_CALCULOS(i - 1, 0) < LONGITUD And LONGITUD < VAR_CALCULOS(i, 0) Then
    Simulador.Dato_Longitud_Mouse.Caption = LONGITUD
    Simulador.Dato_API60_Mouse.Caption = Round(VAR_CALCULOS(i - 1, 42), 2)
    Simulador.Dato_Viscosidad_Mouse.Caption = Round(VAR_CALCULOS(i - 1, 48), 2)
    Simulador.Dato_Presion_Mouse.Caption = Round(((VAR_CALCULOS(i - 1, 58) - VAR_CALCULOS(i, 58)) /
(VAR_CALCULOS(i - 1, 0) - VAR_CALCULOS(i, 0)) * (LONGITUD - VAR_CALCULOS(i - 1, 0)) + VAR_CALCULOS(i - 1,
58)) / 0.3048 / 2.31 * VAR_CALCULOS(i - 1, 41), 2)
    Simulador.Dato_Temperatura_Mouse.Caption = Round((VAR_CALCULOS(i - 1, 39) - VAR_CALCULOS(i,
39)) / (VAR_CALCULOS(i - 1, 0) - VAR_CALCULOS(i, 0)) * (LONGITUD - VAR_CALCULOS(i - 1, 0)) +
VAR_CALCULOS(i - 1, 39), 2)
    Simulador.Dato_Caudal_Volumetrico_Mouse.Caption = Round(VAR_CALCULOS(i - 1, 45), 2)
    Simulador.Dato_Caudal_Masico_Mouse.Caption = Round(VAR_CALCULOS(i - 1, 37), 2)
    Simulador.Dato_Velocidad_Mouse.Caption = Round(((VAR_CALCULOS(i - 1, 49) - VAR_CALCULOS(i,
49)) / (VAR_CALCULOS(i - 1, 0) - VAR_CALCULOS(i, 0)) * (LONGITUD - VAR_CALCULOS(i - 1, 0)) +
VAR_CALCULOS(i - 1, 49)), 2)
    Simulador.Dato_MAOP_Mouse.Caption = Round(43200 * 2 * ((VAR_CALCULOS(i - 1, 3) /
VAR_CALCULOS(i - 1, 4) - VAR_CALCULOS(i, 3) / VAR_CALCULOS(i, 4)) / (VAR_CALCULOS(i - 1, 0) -
VAR_CALCULOS(i, 0)) * (LONGITUD - VAR_CALCULOS(i - 1, 0)) + VAR_CALCULOS(i - 1, 3) / VAR_CALCULOS(i - 1,
4)), 2)

    a = 0
    For j = 1 To LONGITUD
        a = a + VAR_CALCULOS(j, 54) / 0.3048 / 2.31 * VAR_CALCULOS(j, 41)
    Next
    For k = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
        If VAR_CALCULOS(k, 0) > LONGITUD Then
            Exit For
        End If
    Next
    a = a + VAR_CALCULOS(k, 54) / 0.3048 / 2.31 * VAR_CALCULOS(k, 41) * (LONGITUD +
VAR_CALCULOS(k, 0) - 1)
    Simulador.Dato_Hf_Mouse.Caption = Round(a, 2)

FLAG_MOUSE = 1

If MOUSE_X < 15800 Then
    Simulador.Vizualizar_en_Mouse.Left = MOUSE_X + 100
Else
    Simulador.Vizualizar_en_Mouse.Left = MOUSE_X - 3000
End If
Simulador.Vizualizar_en_Mouse.Top = MOUSE_Y + 100

Exit For

```

```

Else
    FLAG_MOUSE = 0
End If
End If
End If
End If
Next
Fin
Else
    FLAG_MOUSE = 0
End If
End If
If FLAG_MOUSE = 1 Then
    Simulador.Vizualizar_en_Mouse.Visible = True
Else
    Simulador.Vizualizar_en_Mouse.Visible = False
End If
End Sub

Private Sub Form_Paint()
    Graficar
End Sub

Private Sub Form_Resize()
    Refresh
End Sub

Public Sub Graficar()
    Inicio Dibujo
    Cls

    If FLAG_MOUSE = 1 Then
        If MOUSE_X < 15800 Then
            Simulador.Vizualizar_en_Mouse.Left = MOUSE_X + 100
        Else
            Simulador.Vizualizar_en_Mouse.Left = MOUSE_X - 3000
        End If
        Simulador.Vizualizar_en_Mouse.Top = MOUSE_Y + 100
        Simulador.Vizualizar_en_Mouse.Visible = True
    Else
        Simulador.Vizualizar_en_Mouse.Visible = False
    End If

    DrawWidth = 3           'Grosor de línea
    ForeColor = RGB(0, 0, 0) 'Color de línea
    ForeColor = QBColor(Rnd * 1) 'Color de línea
    BackColor = QBColor(Rnd * 15) 'Color del fondo
    FillColor = QBColor(Int(Rnd * 10)) 'Color del relleno
    FillStyle = Int(Rnd * 8) 'Estilo del relleno
    DrawMode = 10           'Tipo de línea
    DrawStyle = 1           'Estilo de línea

```

```

If Seleccion_Grafico.ListIndex = 0 Then
  Simulador.Text_Grafico_1 = ""
  Simulador.Text_Grafico_2 = ""
  Simulador.Text_Grafico_3 = ""
  Simulador.Text_Grafico_4 = ""
  Simulador.Text_Grafico_5 = ""
  Simulador.Text_Grafico_6 = ""
  Simulador.Text_Grafico_7 = ""
  Simulador.Text_Grafico_8 = ""
  Simulador.Text_Grafico_9 = ""
  Simulador.Text_Grafico_10 = ""
  Simulador.Text_Grafico_11 = ""
  Simulador.Text_Grafico_12 = ""
  Simulador.Text_Grafico_13 = ""
  Simulador.Text_Grafico_14 = ""
  Simulador.Text_Grafico_15 = ""
  Simulador.Text_Grafico_16 = ""
  Simulador.Text_Grafico_17 = ""
  Simulador.Text_Grafico_18 = ""
  Simulador.Text_Grafico_19 = ""
  Simulador.Text_Grafico_20 = ""

```

```

  Simulador.Text_Unidad_Grafico.Caption = ""

```

```

  Simulador.Text_Valor_Grafico.Caption = ""

```

```

End If

```

```

Eje (Ordenada Izquierda)

```

```

CurrentX = 500

```

```

CurrentY = 7000

```

```

DrawWidth = 3

```

```

ForeColor = RGB(0, 0, 0)

```

```

Line -(500, 1000)

```

```

Eje (Ordenada Derecha)

```

```

CurrentX = 500 + 497.7 * 36

```

```

CurrentY = 7000

```

```

DrawWidth = 3

```

```

ForeColor = RGB(0, 0, 0)

```

```

Line -(500 + 497.7 * 36, 1000)

```

```

Eje (Axcisa)

```

```

CurrentX = 500

```

```

CurrentY = 7000

```

```

DrawWidth = 3

```

```

ForeColor = RGB(0, 0, 0)

```

```

Line -(500 + 497.7 * 36, 7000)

```

```

If FLAG_PAINT = 1 Then

```

```

  desde = 0

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

For i = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
  If VAR_CALCULOS(i, 0) >= NUM_DESDE Then
    desde = i
    i = VAR_CALCULOS(0, 0)
  End If
Next

hasta = VAR_CALCULOS(0, 0)
For j = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
  If VAR_CALCULOS(j, 0) >= NUM_HASTA Then
    hasta = j
    j = VAR_CALCULOS(0, 0)
  End If
Next

factor = 17917.2 / (NUM_HASTA - NUM_DESDE)

Eje (Axcisa)
Simulador.Text_Valor_Longitud1.Caption = NUM_DESDE
Simulador.Text_Valor_Longitud2.Caption = NUM_HASTA
CurrentX = 500
CurrentY = 7000
DrawWidth = 3
ForeColor = RGB(0, 0, 0)
Line -(500 + (NUM_HASTA - NUM_DESDE) * factor, 7000)

Perfil
CurrentX = 500 + (VAR_CALCULOS(hasta, 0) - VAR_CALCULOS(desde, 0)) * factor
CurrentY = 7000 - VAR_CALCULOS(hasta, 1)
DrawWidth = 3

If CORRER = True Then
  If Round(AUX_CALCULOS(AUX_CALCULOS(0, 0), 42), 3) <> Round(VAR_CALCULOS(VAR_CALCULOS(0, 0), 42),
3) Then
    aux_j_BATCH = aux_j_BATCH + 3
    If aux_j_BATCH > 15 Then
      aux_j_BATCH = aux_j_BATCH - 16
    End If
  End If
End If

j_BATCH = aux_j_BATCH

For i = hasta To desde Step -1

  If hasta > i Then
    If VAR_BATCH(i) = 1 Or VAR_CALCULOS(i, 42) <> VAR_CALCULOS(i + 1, 42) Then
      If VAR_CALCULOS(i, 42) <> VAR_CALCULOS(i + 1, 42) Then
        j_BATCH = j_BATCH + 3
        If j_BATCH > 15 Then
          j_BATCH = j_BATCH - 16
        End If
      End If
    End If
  End If
End For

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

        End If
    End If
End If

ForeColor = QBColor(j_BATCH)

Line -(500 + (VAR_CALCULOS(i, 0) - VAR_CALCULOS(desde, 0)) * factor, 7000 - VAR_CALCULOS(i, 1))
Next

'Maxima Presión de Operación
CurrentX = 500
CurrentY = 7000 - 43200 * 2 * VAR_CALCULOS(desde, 3) / VAR_CALCULOS(desde, 4) * 2.31 * 0.3048 /
VAR_CALCULOS(desde, 41) - VAR_CALCULOS(desde, 1)
DrawWidth = 2
ForeColor = RGB(255, 0, 0)
For i = desde To hasta
    Line -(500 + (VAR_CALCULOS(i, 0) - VAR_CALCULOS(desde, 0)) * factor, 7000 - 43200 * 2 * VAR_CALCULOS(i, 3) /
VAR_CALCULOS(i, 4) * 2.31 * 0.3048 / VAR_CALCULOS(i, 41) - VAR_CALCULOS(i, 1))
Next

DrawWidth = 1
ForeColor = RGB(0, 0, 255)

'Gradiente Hidráulico
If Seleccion_Grafico.ListIndex = 1 Then
    Simulador.Text_Grafico_1 = "G"
    Simulador.Text_Grafico_2 = "R"
    Simulador.Text_Grafico_3 = "A"
    Simulador.Text_Grafico_4 = "D"
    Simulador.Text_Grafico_5 = "I"
    Simulador.Text_Grafico_6 = "E"
    Simulador.Text_Grafico_7 = "N"
    Simulador.Text_Grafico_8 = "T"
    Simulador.Text_Grafico_9 = "E"
    Simulador.Text_Grafico_10 = ""
    Simulador.Text_Grafico_11 = "H"
    Simulador.Text_Grafico_12 = "I"
    Simulador.Text_Grafico_13 = "D"
    Simulador.Text_Grafico_14 = "R"
    Simulador.Text_Grafico_15 = "Á"
    Simulador.Text_Grafico_16 = "U"
    Simulador.Text_Grafico_17 = "L"
    Simulador.Text_Grafico_18 = "I"
    Simulador.Text_Grafico_19 = "C"
    Simulador.Text_Grafico_20 = "0"

    Simulador.Text_Unidad_Grafico.Caption = "[m]"
    Simulador.Text_Valor_Grafico.Caption = "6000"

    CurrentX = 500
    CurrentY = 7000 - VAR_CALCULOS(desde, 58) - VAR_CALCULOS(desde, 1)

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```
For i = desde To hasta
  Line -(500 + (VAR_CALCULOS(i, 0) - VAR_CALCULOS(desde, 0)) * factor, 7000 - VAR_CALCULOS(i, 58) -
VAR_CALCULOS(i, 1))
  Next
End If
```

Gradiente de Temperatura

```
If Seleccion_Grafico.ListIndex = 2 Then
```

```
  Simulador.Text_Grafico_1 = ""
  Simulador.Text_Grafico_2 = "G"
  Simulador.Text_Grafico_3 = "R"
  Simulador.Text_Grafico_4 = "A"
  Simulador.Text_Grafico_5 = "D"
  Simulador.Text_Grafico_6 = "I"
  Simulador.Text_Grafico_7 = "E"
  Simulador.Text_Grafico_8 = "N"
  Simulador.Text_Grafico_9 = "T"
  Simulador.Text_Grafico_10 = "E"
  Simulador.Text_Grafico_11 = ""
  Simulador.Text_Grafico_12 = "T"
  Simulador.Text_Grafico_13 = "É"
  Simulador.Text_Grafico_14 = "R"
  Simulador.Text_Grafico_15 = "M"
  Simulador.Text_Grafico_16 = "I"
  Simulador.Text_Grafico_17 = "C"
  Simulador.Text_Grafico_18 = "O"
  Simulador.Text_Grafico_19 = ""
  Simulador.Text_Grafico_20 = ""
```

```
  Simulador.Text_Unidad_Grafico.Caption = "[°F]"
```

```
  Simulador.Text_Valores_Grafico.Caption = "300"
```

```
  CurrentX = 500
```

```
  CurrentY = 7000 - VAR_CALCULOS(desde, 39) * 20
```

```
  For i = desde To hasta
```

```
    Line -(500 + (VAR_CALCULOS(i, 0) - VAR_CALCULOS(desde, 0)) * factor, 7000 - VAR_CALCULOS(i, 39) * 20)
```

```
  Next
```

```
End If
```

Caudal

```
If Seleccion_Grafico.ListIndex = 3 Then
```

```
  Simulador.Text_Grafico_1 = ""
  Simulador.Text_Grafico_2 = ""
  Simulador.Text_Grafico_3 = ""
  Simulador.Text_Grafico_4 = ""
  Simulador.Text_Grafico_5 = ""
  Simulador.Text_Grafico_6 = ""
  Simulador.Text_Grafico_7 = ""
  Simulador.Text_Grafico_8 = "C"
  Simulador.Text_Grafico_9 = "A"
  Simulador.Text_Grafico_10 = "U"
```

```

Simulador.Text_Grafico_11 = "D"
Simulador.Text_Grafico_12 = "A"
Simulador.Text_Grafico_13 = "L"
Simulador.Text_Grafico_14 = ""
Simulador.Text_Grafico_15 = ""
Simulador.Text_Grafico_16 = ""
Simulador.Text_Grafico_17 = ""
Simulador.Text_Grafico_18 = ""
Simulador.Text_Grafico_19 = ""
Simulador.Text_Grafico_20 = ""

```

```

Simulador.Text_Unidad_Grafico.Caption = "[BPH]"
Simulador.Text_Valor_Grafico.Caption = "60000"

```

```

CurrentX = 500
CurrentY = 7000 - VAR_CALCULOS(desde, 45) / 10
For i = desde To hasta
    Line -(500 + (VAR_CALCULOS(i, 0) - VAR_CALCULOS(desde, 0)) * factor, 7000 - VAR_CALCULOS(i, 45) / 10)
Next
End If

```

Temperatura Ambiente

If Seleccion_Grafico.ListIndex = 4 Then

```

Simulador.Text_Grafico_1 = "T"
Simulador.Text_Grafico_2 = "E"
Simulador.Text_Grafico_3 = "M"
Simulador.Text_Grafico_4 = "P"
Simulador.Text_Grafico_5 = "E"
Simulador.Text_Grafico_6 = "R"
Simulador.Text_Grafico_7 = "A"
Simulador.Text_Grafico_8 = "T"
Simulador.Text_Grafico_9 = "U"
Simulador.Text_Grafico_10 = "R"
Simulador.Text_Grafico_11 = "A"
Simulador.Text_Grafico_12 = ""
Simulador.Text_Grafico_13 = "A"
Simulador.Text_Grafico_14 = "M"
Simulador.Text_Grafico_15 = "B"
Simulador.Text_Grafico_16 = "I"
Simulador.Text_Grafico_17 = "E"
Simulador.Text_Grafico_18 = "N"
Simulador.Text_Grafico_19 = "T"
Simulador.Text_Grafico_20 = "E"

```

```

Simulador.Text_Unidad_Grafico.Caption = "[°F]"
Simulador.Text_Valor_Grafico.Caption = "300"

```

```

CurrentX = 500
CurrentY = 7000 - VAR_CALCULOS(desde, 2) * 20
For i = desde To hasta
    Line -(500 + (VAR_CALCULOS(i, 0) - VAR_CALCULOS(desde, 0)) * factor, 7000 - VAR_CALCULOS(i, 2) * 20)

```

```

Next
End If

'Velocidad Lineal
If Seleccion_Grafico.ListIndex = 5 Then
  Simulador.Text_Grafico_1 = ""
  Simulador.Text_Grafico_2 = ""
  Simulador.Text_Grafico_3 = "V"
  Simulador.Text_Grafico_4 = "E"
  Simulador.Text_Grafico_5 = "L"
  Simulador.Text_Grafico_6 = "O"
  Simulador.Text_Grafico_7 = "C"
  Simulador.Text_Grafico_8 = "I"
  Simulador.Text_Grafico_9 = "D"
  Simulador.Text_Grafico_10 = "A"
  Simulador.Text_Grafico_11 = "D"
  Simulador.Text_Grafico_12 = ""
  Simulador.Text_Grafico_13 = "L"
  Simulador.Text_Grafico_14 = "I"
  Simulador.Text_Grafico_15 = "N"
  Simulador.Text_Grafico_16 = "E"
  Simulador.Text_Grafico_17 = "A"
  Simulador.Text_Grafico_18 = "L"
  Simulador.Text_Grafico_19 = ""
  Simulador.Text_Grafico_20 = ""

  Simulador.Text_Unidad_Grafico.Caption = "[m/s]"
  Simulador.Text_Valor_Grafico.Caption = "7.5"

  CurrentX = 500
  CurrentY = 7000 - VAR_CALCULOS(desde, 49) * 800
  For i = desde To hasta
    Line -(500 + (VAR_CALCULOS(i, 0) - VAR_CALCULOS(desde, 0)) * factor, 7000 - VAR_CALCULOS(i, 49) * 800)
  Next
End If

'API Aparente
If Seleccion_Grafico.ListIndex = 6 Then
  Simulador.Text_Grafico_1 = ""
  Simulador.Text_Grafico_2 = ""
  Simulador.Text_Grafico_3 = ""
  Simulador.Text_Grafico_4 = ""
  Simulador.Text_Grafico_5 = ""
  Simulador.Text_Grafico_6 = ""
  Simulador.Text_Grafico_7 = ""
  Simulador.Text_Grafico_8 = "A"
  Simulador.Text_Grafico_9 = "P"
  Simulador.Text_Grafico_10 = "T"
  Simulador.Text_Grafico_11 = "6"
  Simulador.Text_Grafico_12 = "0"
  Simulador.Text_Grafico_13 = ""

```

```

Simulador.Text_Grafico_14 = ""
Simulador.Text_Grafico_15 = ""
Simulador.Text_Grafico_16 = ""
Simulador.Text_Grafico_17 = ""
Simulador.Text_Grafico_18 = ""
Simulador.Text_Grafico_19 = ""
Simulador.Text_Grafico_20 = ""

Simulador.Text_Unidad_Grafico.Caption = "[°]"
Simulador.Text_Valor_Grafico.Caption = "100"

CurrentX = 500
CurrentY = 7000 - VAR_CALCULOS(desde, 43) * 60
For i = desde To hasta
    Line -(500 + (VAR_CALCULOS(i, 0) - VAR_CALCULOS(desde, 0)) * factor, 7000 - VAR_CALCULOS(i, 42) * 60)
Next
End If

'Viscosidad
If Seleccion_Grafico.ListIndex = 7 Then
    Simulador.Text_Grafico_1 = ""
    Simulador.Text_Grafico_2 = ""
    Simulador.Text_Grafico_3 = ""
    Simulador.Text_Grafico_4 = ""
    Simulador.Text_Grafico_5 = ""
    Simulador.Text_Grafico_6 = "V"
    Simulador.Text_Grafico_7 = "I"
    Simulador.Text_Grafico_8 = "S"
    Simulador.Text_Grafico_9 = "C"
    Simulador.Text_Grafico_10 = "O"
    Simulador.Text_Grafico_11 = "S"
    Simulador.Text_Grafico_12 = "I"
    Simulador.Text_Grafico_13 = "D"
    Simulador.Text_Grafico_14 = "A"
    Simulador.Text_Grafico_15 = "D"
    Simulador.Text_Grafico_16 = ""
    Simulador.Text_Grafico_17 = ""
    Simulador.Text_Grafico_18 = ""
    Simulador.Text_Grafico_19 = ""
    Simulador.Text_Grafico_20 = ""

    Simulador.Text_Unidad_Grafico.Caption = "[cSt]"
    Simulador.Text_Valor_Grafico.Caption = "300"

    CurrentX = 500
    CurrentY = 7000 - VAR_CALCULOS(desde, 48) * 20
    For i = desde To hasta
        Line -(500 + (VAR_CALCULOS(i, 0) - VAR_CALCULOS(desde, 0)) * factor, 7000 - VAR_CALCULOS(i, 48) * 20)
    Next
End If

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```
Estaciones de Bombeo
If FLAG_VER_BOMBEO = 1 Then
  For i = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
    If VAR_CALCULOS(i, 15) = 1 Then
      FillColor = RGB(255, 255, 0)
      FillStyle = 0
      Circle (500 + (VAR_CALCULOS(i, 0) - VAR_CALCULOS(desde, 0)) * factor, 7000 - VAR_CALCULOS(i, 1)), 50,
      RGB(255, 255, 0)
    End If
  Next
End If

Estaciones de Calentamiento
If FLAG_VER_CALENTAMIENTO = 1 Then
  For i = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
    If VAR_CALCULOS(i, 16) = 1 Then
      FillColor = RGB(255, 0, 0)
      FillStyle = 0
      Circle (500 + (VAR_CALCULOS(i, 0) - VAR_CALCULOS(desde, 0)) * factor, 7000 - VAR_CALCULOS(i, 1)), 50,
      RGB(255, 0, 0)
    End If
  Next
End If

Estaciones Reductoras
If FLAG_VER_REDUCTORA = 1 Then
  For i = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
    If VAR_CALCULOS(i, 17) = 1 Then
      FillColor = RGB(0, 255, 255)
      FillStyle = 0
      Circle (500 + (VAR_CALCULOS(i, 0) - VAR_CALCULOS(desde, 0)) * factor, 7000 - VAR_CALCULOS(i, 1)), 50,
      RGB(0, 255, 255)
    End If
  Next
End If

Válvulas y Accesorios
If FLAG_VER_VALVULA = 1 Then
  For i = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
    If VAR_CALCULOS(i, 18) = 1 Then
      FillColor = RGB(0, 255, 0)
      FillStyle = 0
      Circle (500 + (VAR_CALCULOS(i, 0) - VAR_CALCULOS(desde, 0)) * factor, 7000 - VAR_CALCULOS(i, 1)), 50,
      RGB(0, 255, 0)
    End If
  Next
End If

Puntos de Inyección
If FLAG_VER_INYECCION = 1 Then
  For i = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

    If VAR_CALCULOS(i, 19) = 1 Then
        FillColor = RGB(255, 0, 255)
        FillStyle = 0
        Circle (500 + (VAR_CALCULOS(i, 0) - VAR_CALCULOS(desde, 0)) * factor, 7000 - VAR_CALCULOS(i, 1)), 50,
        RGB(255, 0, 255)
    End If
Next
End If

End If
Fin Dibujo
End Sub

```

Private Sub Guardar_Click()

```

CORRER = False

' Establecer CancelError a True
CommonDialog1.CancelError = True
On Error GoTo ErrHandler
' Establecer los indicadores
CommonDialog1.Flags = cdlOFNHideReadOnly
' Establecer los filtros
CommonDialog1.Filter = "(*.SOTE)*.SOTE"
' Especificar el filtro predeterminado
CommonDialog1.FilterIndex = 0
' Presentar el cuadro de diálogo Abrir
CommonDialog1.ShowSave

```

Ingreso de datos a Excel

```

Inicio
Dim oXL As Excel.Application
Dim oWB As Excel.Workbook
Dim oWS As Excel.Worksheet

Set oXL = New Excel.Application
Set oWB = oXL.Workbooks.Add
Set oWS = oWB.Worksheets("Hoja1")

```

```

If FLAG_CORRER = 1 Then
    For i = 0 To VAR_CALCULOS(0, 0)
        For j = 0 To 58
            oWS.Cells(1 + i, 1 + j).Value = VAR_CALCULOS(i, j)
        Next
    Next
End If

```

```

For i = 0 To VAR_BOMBEO(0, 0)
    For j = 0 To 10
        oWS.Cells(1 + i, 63 + j).Value = VAR_BOMBEO(i, j)
    Next
Next

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```
Next

For i = 0 To VAR_CALENTAMIENTO(0, 0)
  For j = 0 To 4
    oWS.Cells(1 + i, 75 + j).Value = VAR_CALENTAMIENTO(i, j)
  Next
Next

For i = 0 To VAR_REDUCTORA(0, 0)
  For j = 0 To 4
    oWS.Cells(1 + i, 81 + j).Value = VAR_REDUCTORA(i, j)
  Next
Next

For i = 0 To VAR_INYECCION(0, 0)
  For j = 0 To 13
    oWS.Cells(1 + i, 87 + j).Value = VAR_INYECCION(i, j)
  Next
Next

For i = 0 To VAR_VALYACC(0, 0)
  For j = 0 To 4
    oWS.Cells(1 + i, 102 + j).Value = VAR_VALYACC(i, j)
  Next
Next

For i = 0 To 10
  oWS.Cells(1 + i, 108).Value = VAR_INICIO(i)
Next

For i = 0 To VAR_PERFIL(0, 0)
  For j = 0 To 2
    oWS.Cells(1 + i, 110 + j).Value = VAR_PERFIL(i, j)
  Next
Next

For i = 0 To 2
  oWS.Cells(1 + i, 113).Value = VAR_PERFIL_UNIDAD(1, i)
Next

For i = 0 To VAR_TUBERIA(0, 0)
  For j = 0 To 4
    oWS.Cells(1 + i, 115 + j).Value = VAR_TUBERIA(i, j)
  Next
Next

For i = 0 To 4
  oWS.Cells(1 + i, 120).Value = VAR_TUBERIA_UNIDAD(1, i)
Next

oWS.Cells(1, 122).Value = FLAG_CORRER
```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```
oWS.Cells(2, 122).Value = FLAG_PERFILyTUBERIA
oWS.Cells(3, 122).Value = FLAG_PAINT
oWS.Cells(4, 122).Value = NUM_DESDE
oWS.Cells(5, 122).Value = NUM_HASTA
oWS.Cells(6, 122).Value = aux_j_BATCH
oWS.Cells(7, 122).Value = Simulador.Fecha_Inicial
oWS.Cells(8, 122).Value = Simulador.Tiempo_Inicial
oWS.Cells(9, 122).Value = Simulador.Fecha_Final
oWS.Cells(10, 122).Value = Simulador.Tiempo_Final
oWS.Cells(11, 122).Value = Simulador.Tiempo_Avance

For i = 0 To VAR_BATCH(0)
    oWS.Cells(1 + i, 124).Value = VAR_BATCH(i)
Next

oWB.SaveAs (CommonDialog1.FileName)
oXL.Quit
Fin

MsgBox "Guardado en '" & CommonDialog1.FileName & "'"

Exit Sub

ErrorHandler:
' El usuario ha hecho clic en el botón Cancelar
Exit Sub
End Sub

Private Sub HAALAND_Click()
    Simulador.DARCY.Value = False
    Simulador.HAALAND.Value = True
End Sub

Private Sub Imprimir_Click()

    CORRER = False

    Dim BeginPage, EndPage, NumCopies, i
    ' Establecer CancelError a True
    CommonDialog1.CancelError = True
    On Error GoTo ErrorHandler
    ' Presentar el cuadro de diálogo Imprimir
    CommonDialog1.ShowPrinter
    ' Obtener los valores seleccionados por el usuario en el cuadro de
    ' diálogo
    BeginPage = CommonDialog1.FromPage
    EndPage = CommonDialog1.ToPage
    NumCopies = CommonDialog1.Copies
    For i = 1 To NumCopies
        ' Código para enviar los datos a la impresora
        Graficar
```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```
Simulador.PrintForm

' hide the form
' (as we dont want this in the screen shot)

Me.Visible = False

DoEvents

Clipboard.Clear

' send a print screen button keypress event
' and DoEvents to allow windows time to process
' the event and capture the image to the clipboard
keybd_event vbKeySnapshot, 0, 0, 0

DoEvents

' send a print screen button up event
keybd_event vbKeySnapshot, 0, &H2, 0

DoEvents

' paste the clipboard contents into the picture box
'ScreenCapture.Picture = Clipboard.GetData(vbCFBitmap)
DoEvents

' show the form and change the pointer to an
' hourglass while the image is processed

Me.Visible = True
Me.Refresh

'Screen.MousePointer = vbHourglass

' save the image to a file using the application path
'SavePicture ScreenCapture.Picture, App.Path & "\screen.bmp"

Next i
Exit Sub
ErrorHandler:
' El usuario ha hecho clic en el botón Cancelar
Exit Sub
End Sub

Private Sub Inicio_Click()
CORRER = False
Unload P_Inicio
P_Inicio.Texto_API.Enabled = True
P_Inicio.Dato_API.Enabled = True
P_Inicio.Texto_cSt_1.Enabled = True
```

```

P_Inicio.Dato_cSt_1.Enabled = True
P_Inicio.Unidad_cSt_1.Enabled = True
P_Inicio.Texto_cSt_2.Enabled = True
P_Inicio.Dato_cSt_2.Enabled = True
P_Inicio.Unidad_cSt_2.Enabled = True
P_Inicio.Texto_Caudal.Enabled = True
P_Inicio.Dato_Caudal.Enabled = True
P_Inicio.Unidad_Caudal.Enabled = True
P_Inicio.Texto_Presion.Enabled = True
P_Inicio.Dato_Presion.Enabled = True
P_Inicio.Unidad_Presion.Enabled = True
P_Inicio.Texto_Temperatura.Enabled = True
P_Inicio.Dato_Temperatura.Enabled = True
P_Inicio.Unidad_Temperatura.Enabled = True
P_Inicio.Unidad_cSt_1.ListIndex = 0
P_Inicio.Unidad_cSt_2.ListIndex = 0
P_Inicio.Unidad_Caudal.ListIndex = 0
P_Inicio.Unidad_Presion.ListIndex = 0
P_Inicio.Unidad_Temperatura.ListIndex = 0

P_Inicio.Dato_API = VAR_INICIO(0)
P_Inicio.Dato_cSt_1 = VAR_INICIO(1)
P_Inicio.Dato_cSt_2 = VAR_INICIO(2)
P_Inicio.Dato_Caudal = VAR_INICIO(3)
P_Inicio.Dato_Presion = VAR_INICIO(4)
P_Inicio.Dato_Temperatura = VAR_INICIO(5)

P_Inicio.Show

End Sub

Private Sub Inicio_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Lista.Visible = False
    Lista.Enabled = False
End Sub

Private Sub Inyeccion_Click()
    CORRER = False
    Lista.Top = 9120
    Lista.Left = 4560
    Lista.Visible = True
    Lista.Enabled = True
    FLAG_BOTON = 5
End Sub

Private Sub Inyeccion_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    If FLAG_BOTON <> 5 Then
        Lista.Visible = False
        Lista.Enabled = False
    End If
End Sub

```

```
Private Sub Lista_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
```

```
  If Y > 0 And Y < 180 Then
```

```
    If FLAG_BOTON = 1 Then
```

```
      Unload E_Bombeo
      E_Bombeo.Texto_Nombre.Enabled = True
      E_Bombeo.Dato_Nombre.Visible = True
      E_Bombeo.Dato_Nombre.Enabled = True
      E_Bombeo.Seleccion_Nombre.Visible = False
      E_Bombeo.Seleccion_Nombre.Enabled = False
      E_Bombeo.Texto_Longitud.Enabled = True
      E_Bombeo.Dato_Longitud.Enabled = True
      E_Bombeo.Unidad_Longitud.Enabled = True
      E_Bombeo.Texto_Num_Bombas.Enabled = True
      E_Bombeo.Dato_Num_Bombas.Enabled = True
      E_Bombeo.Texto_Potencia.Enabled = True
      E_Bombeo.Dato_Potencia.Enabled = True
      E_Bombeo.Unidad_Potencia.Enabled = True
      E_Bombeo.Texto_Carga.Enabled = True
      E_Bombeo.Dato_Carga.Enabled = True
      E_Bombeo.Unidad_Carga.Enabled = True
      E_Bombeo.Texto_Eficiencia.Enabled = True
      E_Bombeo.Dato_Eficiencia.Enabled = True
      E_Bombeo.Unidad_Eficiencia.Enabled = True
      E_Bombeo.Texto_Distribucion.Enabled = True
      E_Bombeo.Seleccion_Distribucion.Enabled = True
      E_Bombeo.Bombeo.Caption = "Agregar"
      E_Bombeo.Unidad_Longitud.ListIndex = 0
      E_Bombeo.Unidad_Potencia.ListIndex = 0
      E_Bombeo.Unidad_Carga.ListIndex = 0
      E_Bombeo.Unidad_Eficiencia.ListIndex = 0
      E_Bombeo.Seleccion_Distribucion.ListIndex = 0
      E_Bombeo.Show
```

```
    End If
```

```
    If FLAG_BOTON = 2 Then
```

```
      Unload E_Calentamiento
      E_Calentamiento.Texto_Nombre.Enabled = True
      E_Calentamiento.Dato_Nombre.Visible = True
      E_Calentamiento.Dato_Nombre.Enabled = True
      E_Calentamiento.Seleccion_Nombre.Visible = False
      E_Calentamiento.Seleccion_Nombre.Enabled = False
      E_Calentamiento.Texto_Longitud.Enabled = True
      E_Calentamiento.Dato_Longitud.Enabled = True
      E_Calentamiento.Unidad_Longitud.Enabled = True
      E_Calentamiento.Texto_DeltaT.Enabled = True
      E_Calentamiento.Dato_DeltaT.Enabled = True
      E_Calentamiento.Unidad_DeltaT.Enabled = True
      E_Calentamiento.Calentamiento.Caption = "Agregar"
      E_Calentamiento.Unidad_Longitud.ListIndex = 0
      E_Calentamiento.Unidad_DeltaT.ListIndex = 0
      E_Calentamiento.Show
```

```
End If
If FLAG_BOTON = 3 Then
  Unload E_Reductora
  E_Reductora.Texto_Nombre.Enabled = True
  E_Reductora.Dato_Nombre.Visible = True
  E_Reductora.Dato_Nombre.Enabled = True
  E_Reductora.Seleccion_Nombre.Visible = False
  E_Reductora.Seleccion_Nombre.Enabled = False
  E_Reductora.Texto_Longitud.Enabled = True
  E_Reductora.Dato_Longitud.Enabled = True
  E_Reductora.Unidad_Longitud.Enabled = True
  E_Reductora.Texto_DeltaP.Enabled = True
  E_Reductora.Dato_DeltaP.Enabled = True
  E_Reductora.Unidad_DeltaP.Enabled = True
  E_Reductora.Reductora.Caption = "Agregar"
  E_Reductora.Unidad_Longitud.ListIndex = 0
  E_Reductora.Unidad_DeltaP.ListIndex = 0
  E_Reductora.Show
End If
If FLAG_BOTON = 4 Then
  Unload Val_Acc
  Val_Acc.Texto_Nombre.Enabled = True
  Val_Acc.Dato_Nombre.Visible = True
  Val_Acc.Dato_Nombre.Enabled = True
  Val_Acc.Seleccion_Nombre.Visible = False
  Val_Acc.Seleccion_Nombre.Enabled = False
  Val_Acc.Texto_Longitud.Enabled = True
  Val_Acc.Dato_Longitud.Enabled = True
  Val_Acc.Unidad_Longitud.Enabled = True
  Val_Acc.Texto_Tipo.Enabled = True
  Val_Acc.Seleccion_Tipo.Enabled = True
  Val_Acc.Texto_Coef_K.Enabled = True
  Val_Acc.Dato_Coef_K.Enabled = True
  Val_Acc.ValAcc.Caption = "Agregar"
  Val_Acc.Unidad_Longitud.ListIndex = 0
  Val_Acc.Seleccion_Tipo.ListIndex = 0
  Val_Acc.Show
End If
If FLAG_BOTON = 5 Then
  Unload P_Inyeccion
  P_Inyeccion.Texto_Nombre.Enabled = True
  P_Inyeccion.Dato_Nombre.Visible = True
  P_Inyeccion.Dato_Nombre.Enabled = True
  P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.Visible = False
  P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.Enabled = False
  P_Inyeccion.Texto_Longitud.Enabled = True
  P_Inyeccion.Dato_Longitud.Enabled = True
  P_Inyeccion.Unidad_Longitud.Enabled = True
  P_Inyeccion.Texto_API.Enabled = True
  P_Inyeccion.Dato_API.Enabled = True
  P_Inyeccion.Texto_cSt_1.Enabled = True
```

```

P_Inyeccion.Dato_cSt_1.Enabled = True
P_Inyeccion.Unidad_cSt_1.Enabled = True
P_Inyeccion.Texto_cSt_2.Enabled = True
P_Inyeccion.Dato_cSt_2.Enabled = True
P_Inyeccion.Unidad_cSt_2.Enabled = True
P_Inyeccion.Texto_Temperatura.Enabled = True
P_Inyeccion.Dato_Temperatura.Enabled = True
P_Inyeccion.Unidad_Temperatura.Enabled = True
P_Inyeccion.Texto_Caudal.Enabled = True
P_Inyeccion.Dato_Caudal.Enabled = True
P_Inyeccion.Unidad_Caudal.Enabled = True
P_Inyeccion.Texto_Potencia.Enabled = True
P_Inyeccion.Dato_Potencia.Enabled = False
P_Inyeccion.Unidad_Potencia.Enabled = False
If FLAG_CORRER = 1 Then
    P_Inyeccion.Alerta.Visible = False
Else
    P_Inyeccion.Alerta.Visible = True
End If
P_Inyeccion.Inyeccion.Caption = "Agregar"
P_Inyeccion.Unidad_Longitud.ListIndex = 0
P_Inyeccion.Unidad_cSt_1.ListIndex = 0
P_Inyeccion.Unidad_cSt_2.ListIndex = 0
P_Inyeccion.Unidad_Temperatura.ListIndex = 0
P_Inyeccion.Unidad_Caudal.ListIndex = 0
P_Inyeccion.Unidad_Potencia.ListIndex = 0
P_Inyeccion.Show
End If
Else
If Y < 360 Then
If FLAG_BOTON = 1 Then
    Unload E_Bombeo
    If VAR_BOMBEO(0, 0) > 0 Then
        E_Bombeo.Texto_Nombre.Enabled = True
        E_Bombeo.Dato_Nombre.Visible = False
        E_Bombeo.Dato_Nombre.Enabled = False
        E_Bombeo.Seleccion_Nombre.Visible = True
        E_Bombeo.Seleccion_Nombre.Enabled = True
        E_Bombeo.Texto_Longitud.Enabled = True
        E_Bombeo.Dato_Longitud.Enabled = True
        E_Bombeo.Unidad_Longitud.Enabled = True
        E_Bombeo.Texto_Num_Bombas.Enabled = True
        E_Bombeo.Dato_Num_Bombas.Enabled = True
        E_Bombeo.Texto_Potencia.Enabled = True
        E_Bombeo.Dato_Potencia.Enabled = True
        E_Bombeo.Unidad_Potencia.Enabled = True
        E_Bombeo.Texto_Carga.Enabled = True
        E_Bombeo.Dato_Carga.Enabled = True
        E_Bombeo.Unidad_Carga.Enabled = True
        E_Bombeo.Texto_Eficiencia.Enabled = True
        E_Bombeo.Dato_Eficiencia.Enabled = True
    
```

```

E_Bombeo.Unidad_Eficiencia.Enabled = True
E_Bombeo.Texto_Distribucion.Enabled = True
E_Bombeo.Seleccion_Distribucion.Enabled = True
E_Bombeo.Bombeo.Caption = "Modificar"
For i = 0 To VAR_BOMBEO(0, 0) - 1
    E_Bombeo.Seleccion_Nombre.AddItem VAR_BOMBEO(i + 1, 0)
Next
E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex = 0
E_Bombeo.Dato_Longitud.Text = VAR_BOMBEO(1, 1)
E_Bombeo.Dato_Num_Bombas.Text = VAR_BOMBEO(1, 2)
E_Bombeo.Dato_Potencia.Text = VAR_BOMBEO(1, 3)
E_Bombeo.Dato_Carga.Text = VAR_BOMBEO(1, 4)
E_Bombeo.Dato_Eficiencia.Text = VAR_BOMBEO(1, 5)
E_Bombeo.Unidad_Longitud.ListIndex = VAR_BOMBEO(1, 7)
E_Bombeo.Seleccion_Distribucion.ListIndex = VAR_BOMBEO(1, 8)
E_Bombeo.Unidad_Potencia.ListIndex = VAR_BOMBEO(1, 9)
E_Bombeo.Unidad_Carga.ListIndex = VAR_BOMBEO(1, 11)
E_Bombeo.Unidad_Eficiencia.ListIndex = VAR_BOMBEO(1, 10)
E_Bombeo.Show
Else
    Beep
End If
End If
If FLAG_BOTON = 2 Then
    Unload E_Calentamiento
    If VAR_CALENTAMIENTO(0, 0) > 0 Then
        E_Calentamiento.Texto_Nombre.Enabled = True
        E_Calentamiento.Dato_Nombre.Visible = False
        E_Calentamiento.Dato_Nombre.Enabled = False
        E_Calentamiento.Seleccion_Nombre.Visible = True
        E_Calentamiento.Seleccion_Nombre.Enabled = True
        E_Calentamiento.Texto_Longitud.Enabled = True
        E_Calentamiento.Dato_Longitud.Enabled = True
        E_Calentamiento.Unidad_Longitud.Enabled = True
        E_Calentamiento.Texto_DeltaT.Enabled = True
        E_Calentamiento.Dato_DeltaT.Enabled = True
        E_Calentamiento.Unidad_DeltaT.Enabled = True
        E_Calentamiento.Calentamiento.Caption = "Modificar"
        For i = 0 To VAR_CALENTAMIENTO(0, 0) - 1
            E_Calentamiento.Seleccion_Nombre.AddItem VAR_CALENTAMIENTO(i + 1, 0)
        Next
        E_Calentamiento.Seleccion_Nombre.ListIndex = 0
        E_Calentamiento.Dato_Longitud.Text = VAR_CALENTAMIENTO(1, 1)
        E_Calentamiento.Dato_DeltaT.Text = VAR_CALENTAMIENTO(1, 2)
        E_Calentamiento.Unidad_Longitud.ListIndex = VAR_CALENTAMIENTO(1, 4)
        E_Calentamiento.Unidad_DeltaT.ListIndex = VAR_CALENTAMIENTO(1, 5)
        E_Calentamiento.Show
    Else
        Beep
    End If
End If

```

```

If FLAG_BOTON = 3 Then
  Unload E_Reductora
  If VAR_REDUCTORA(0, 0) > 0 Then
    E_Reductora.Texto_Nombre.Enabled = True
    E_Reductora.Dato_Nombre.Visible = False
    E_Reductora.Dato_Nombre.Enabled = False
    E_Reductora.Seleccion_Nombre.Visible = True
    E_Reductora.Seleccion_Nombre.Enabled = True
    E_Reductora.Texto_Longitud.Enabled = True
    E_Reductora.Dato_Longitud.Enabled = True
    E_Reductora.Unidad_Longitud.Enabled = True
    E_Reductora.Texto_DeltaP.Enabled = True
    E_Reductora.Dato_DeltaP.Enabled = True
    E_Reductora.Unidad_DeltaP.Enabled = True
    E_Reductora.Reductora.Caption = "Modificar"
    For i = 0 To VAR_REDUCTORA(0, 0) - 1
      E_Reductora.Seleccion_Nombre.AddItem VAR_REDUCTORA(i + 1, 0)
    Next
    E_Reductora.Seleccion_Nombre.ListIndex = 0
    E_Reductora.Dato_Longitud.Text = VAR_REDUCTORA(1, 1)
    E_Reductora.Dato_DeltaP.Text = VAR_REDUCTORA(1, 2)
    E_Reductora.Unidad_Longitud.ListIndex = VAR_REDUCTORA(1, 4)
    E_Reductora.Unidad_DeltaP.ListIndex = VAR_REDUCTORA(1, 5)
    E_Reductora.Show
  Else
    Beep
  End If
End If
If FLAG_BOTON = 4 Then
  Unload Val_Acc
  If VAR_VALYACC(0, 0) > 0 Then
    Val_Acc.Texto_Nombre.Enabled = True
    Val_Acc.Dato_Nombre.Visible = False
    Val_Acc.Dato_Nombre.Enabled = False
    Val_Acc.Seleccion_Nombre.Visible = True
    Val_Acc.Seleccion_Nombre.Enabled = True
    Val_Acc.Texto_Longitud.Enabled = True
    Val_Acc.Dato_Longitud.Enabled = True
    Val_Acc.Unidad_Longitud.Enabled = True
    Val_Acc.Texto_Tipo.Enabled = True
    Val_Acc.Seleccion_Tipo.Enabled = True
    Val_Acc.Texto_Coef_K.Enabled = True
    Val_Acc.Dato_Coef_K.Enabled = True
    Val_Acc.ValAcc.Caption = "Modificar"
    For i = 0 To VAR_VALYACC(0, 0) - 1
      Val_Acc.Seleccion_Nombre.AddItem VAR_VALYACC(i + 1, 0)
    Next
    Val_Acc.Seleccion_Nombre.ListIndex = 0
    Val_Acc.Dato_Longitud.Text = VAR_VALYACC(1, 1)
    Val_Acc.Seleccion_Tipo.ListIndex = VAR_VALYACC(1, 2)
    Val_Acc.Dato_Coef_K.Text = VAR_VALYACC(1, 3)
  End If
End If

```

```

Val_Acc.Unidad_Longitud.ListIndex = VAR_VALYACC(1, 4)
Val_Acc.Show
Else
    Beep
End If
End If
If FLAG_BOTON = 5 Then
    Unload P_Inyeccion
    If VAR_INYECCION(0, 0) > 0 Then
        P_Inyeccion.Texto_Nombre.Enabled = True
        P_Inyeccion.Dato_Nombre.Visible = False
        P_Inyeccion.Dato_Nombre.Enabled = False
        P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.Visible = True
        P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.Enabled = True
        P_Inyeccion.Texto_Longitud.Enabled = True
        P_Inyeccion.Dato_Longitud.Enabled = True
        P_Inyeccion.Unidad_Longitud.Enabled = True
        P_Inyeccion.Texto_API.Enabled = True
        P_Inyeccion.Dato_API.Enabled = True
        P_Inyeccion.Texto_cSt_1.Enabled = True
        P_Inyeccion.Dato_cSt_1.Enabled = True
        P_Inyeccion.Unidad_cSt_1.Enabled = True
        P_Inyeccion.Texto_cSt_2.Enabled = True
        P_Inyeccion.Dato_cSt_2.Enabled = True
        P_Inyeccion.Unidad_cSt_2.Enabled = True
        P_Inyeccion.Texto_Temperatura.Enabled = True
        P_Inyeccion.Dato_Temperatura.Enabled = True
        P_Inyeccion.Unidad_Temperatura.Enabled = True
        P_Inyeccion.Texto_Caudal.Enabled = True
        P_Inyeccion.Dato_Caudal.Enabled = True
        P_Inyeccion.Unidad_Caudal.Enabled = True
        P_Inyeccion.Texto_Potencia.Enabled = True
        P_Inyeccion.Dato_Potencia.Enabled = False
        P_Inyeccion.Unidad_Potencia.Enabled = False
        If FLAG_CORRER = 1 Then
            P_Inyeccion.Alerta.Visible = False
        Else
            P_Inyeccion.Alerta.Visible = True
        End If
        P_Inyeccion.Inyeccion.Caption = "Modificar"
        For i = 0 To VAR_INYECCION(0, 0) - 1
            P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.AddItem VAR_INYECCION(i + 1, 0)
        Next
        P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex = 0
        P_Inyeccion.Dato_Longitud.Text = VAR_INYECCION(1, 1)
        P_Inyeccion.Dato_API.Text = VAR_INYECCION(1, 2)
        P_Inyeccion.Dato_cSt_1.Text = VAR_INYECCION(1, 3)
        P_Inyeccion.Dato_cSt_2.Text = VAR_INYECCION(1, 4)
        P_Inyeccion.Dato_Temperatura.Text = VAR_INYECCION(1, 5)
        P_Inyeccion.Dato_Caudal.Text = VAR_INYECCION(1, 6)
        P_Inyeccion.Dato_Potencia.Text = VAR_INYECCION(1, 7)
    End If
End If

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

P_Inyeccion.Unidad_Longitud.ListIndex = VAR_INYECCION(1, 9)
P_Inyeccion.Unidad_cSt_1.ListIndex = VAR_INYECCION(1, 10)
P_Inyeccion.Unidad_cSt_2.ListIndex = VAR_INYECCION(1, 11)
P_Inyeccion.Unidad_Temperatura.ListIndex = VAR_INYECCION(1, 12)
P_Inyeccion.Unidad_Caudal.ListIndex = VAR_INYECCION(1, 13)
P_Inyeccion.Unidad_Potencia.ListIndex = VAR_INYECCION(1, 14)

If FLAG_CORRER = 1 Then
  For i = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
    If VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1) = VAR_CALCULOS(i, 0) And
P_Inyeccion.Dato_API > 0 And P_Inyeccion.Dato_cSt_1 > 0 And P_Inyeccion.Dato_cSt_2 > 0 And
P_Inyeccion.Dato_Temperatura > 0 And P_Inyeccion.Dato_Caudal > 0 Then
      SpgrInyeccion60 = 141.5 / (131.5 + P_Inyeccion.Dato_API)
      SpgrInyeccion = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (P_Inyeccion.Dato_Temperatura - 60) + SpgrInyeccion60
      CaudalMasticoInyeccion = 349.761526 * SpgrInyeccion * P_Inyeccion.Dato_Caudal
      Cpinyeccion = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * P_Inyeccion.Dato_Temperatura) / (SpgrInyeccion60 ^ (0.5))
      qinyeccion = P_Inyeccion.Dato_Temperatura * CaudalMasticoInyeccion * Cpinyeccion

      If i > 1 Then
        SpGrinicio = VAR_CALCULOS(i - 1, 41)
        CaudalMasticoInicio = 349.761526 * SpGrinicio * VAR_CALCULOS(i - 1, 45)
        Cpincipial = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * VAR_CALCULOS(i, 38)) / (VAR_CALCULOS(i - 1, 40) ^ (0.5))
        qinicio = VAR_CALCULOS(i, 38) * VAR_CALCULOS(i, 35) * Cpincipial
      Else
        SpGrinicio = 141.5 / (131.5 + VAR_INICIO(0))
        CaudalMasticoInicio = 349.761526 * SpGrinicio * VAR_INICIO(13)
        Cpincipial = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * VAR_CALCULOS(i, 38)) / (SpGrinicio ^ (0.5))
        qinicio = VAR_CALCULOS(i, 38) * VAR_CALCULOS(i, 35) * Cpincipial
      End If

      spgr60 = (CaudalMasticoInicio + CaudalMasticoInyeccion) / ((CaudalMasticoInicio / SpGrinicio) +
(CaudalMasticoInyeccion / SpgrInyeccion))
      temperatura = (-0.388 + (0.150544 + 18 * (10 ^ (-4)) * (spgr60 ^ (0.5)) * (qinicio + qinyeccion) /
(CaudalMasticoInicio + CaudalMasticoInyeccion) ^ (0.5)) / (9 * (10 ^ (-4))))
      spgr = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (temperatura - 60) + spgr60

      P_Inyeccion.Dato_Potencia.Text = Round((P_Inyeccion.Dato_Caudal * VAR_CALCULOS(i, 58) * spgr) /
(17.242536 * 65), 3)
      VAR_INYECCION(1, 7) = P_Inyeccion.Dato_Potencia.Text
    End If
  Next
End If
P_Inyeccion.Show
Else
  Beep
End If
End If
Else
  If Y < 570 Then
    If FLAG_BOTON = 1 Then
      Unload E_Bombeo
      If VAR_BOMBEO(0, 0) > 0 Then

```

```

E_Bombeo.Texto_Nombre.Enabled = False
E_Bombeo.Dato_Nombre.Visible = False
E_Bombeo.Dato_Nombre.Enabled = False
E_Bombeo.Seleccion_Nombre.Visible = True
E_Bombeo.Seleccion_Nombre.Enabled = True
E_Bombeo.Texto_Longitud.Enabled = False
E_Bombeo.Dato_Longitud.Enabled = False
E_Bombeo.Unidad_Longitud.Enabled = False
E_Bombeo.Texto_Num_Bombas.Enabled = False
E_Bombeo.Dato_Num_Bombas.Enabled = False
E_Bombeo.Texto_Potencia.Enabled = False
E_Bombeo.Dato_Potencia.Enabled = False
E_Bombeo.Unidad_Potencia.Enabled = False
E_Bombeo.Texto_Carga.Enabled = False
E_Bombeo.Dato_Carga.Enabled = False
E_Bombeo.Unidad_Carga.Enabled = False
E_Bombeo.Texto_Eficiencia.Enabled = False
E_Bombeo.Dato_Eficiencia.Enabled = False
E_Bombeo.Unidad_Eficiencia.Enabled = False
E_Bombeo.Texto_Distribucion.Enabled = False
E_Bombeo.Seleccion_Distribucion.Enabled = False
E_Bombeo.Bombeo.Caption = "Quitar"
For i = 0 To VAR_BOMBEO(0, 0) - 1
    E_Bombeo.Seleccion_Nombre.AddItem VAR_BOMBEO(i + 1, 0)
Next
E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex = 0
E_Bombeo.Dato_Longitud.Text = VAR_BOMBEO(1, 1)
E_Bombeo.Dato_Num_Bombas.Text = VAR_BOMBEO(1, 2)
E_Bombeo.Dato_Potencia.Text = VAR_BOMBEO(1, 3)
E_Bombeo.Dato_Carga.Text = VAR_BOMBEO(1, 4)
E_Bombeo.Dato_Eficiencia.Text = VAR_BOMBEO(1, 5)
E_Bombeo.Unidad_Longitud.ListIndex = VAR_BOMBEO(1, 7)
E_Bombeo.Seleccion_Distribucion.ListIndex = VAR_BOMBEO(1, 8)
E_Bombeo.Unidad_Potencia.ListIndex = VAR_BOMBEO(1, 9)
E_Bombeo.Unidad_Carga.ListIndex = VAR_BOMBEO(1, 11)
E_Bombeo.Unidad_Eficiencia.ListIndex = VAR_BOMBEO(1, 10)
E_Bombeo.Show
Else
    Beep
End If
End If
If FLAG_BOTON = 2 Then
    Unload E_Calentamiento
    If VAR_CALENTAMIENTO(0, 0) > 0 Then
        E_Calentamiento.Texto_Nombre.Enabled = False
        E_Calentamiento.Dato_Nombre.Visible = False
        E_Calentamiento.Dato_Nombre.Enabled = False
        E_Calentamiento.Seleccion_Nombre.Visible = True
        E_Calentamiento.Seleccion_Nombre.Enabled = True
        E_Calentamiento.Texto_Longitud.Enabled = False
        E_Calentamiento.Dato_Longitud.Enabled = False
    
```

```

E_Calentamiento.Unidad_Longitud.Enabled = False
E_Calentamiento.Texto_DeltaT.Enabled = False
E_Calentamiento.Dato_DeltaT.Enabled = False
E_Calentamiento.Unidad_DeltaT.Enabled = False
E_Calentamiento.Calentamiento.Caption = "Quitar"
For i = 0 To VAR_CALENTAMIENTO(0, 0) - 1
    E_Calentamiento.Seleccion_Nombre.AddItem VAR_CALENTAMIENTO(i + 1, 0)
Next
E_Calentamiento.Seleccion_Nombre.ListIndex = 0
E_Calentamiento.Dato_Longitud.Text = VAR_CALENTAMIENTO(1, 1)
E_Calentamiento.Dato_DeltaT.Text = VAR_CALENTAMIENTO(1, 2)
E_Calentamiento.Unidad_Longitud.ListIndex = VAR_CALENTAMIENTO(1, 4)
E_Calentamiento.Unidad_DeltaT.ListIndex = VAR_CALENTAMIENTO(1, 5)
E_Calentamiento.Show
Else
    Beep
End If
End If
If FLAG_BOTON = 3 Then
    Unload E_Reductora
    If VAR_REDUCTORA(0, 0) > 0 Then
        E_Reductora.Texto_Nombre.Enabled = False
        E_Reductora.Dato_Nombre.Visible = False
        E_Reductora.Dato_Nombre.Enabled = False
        E_Reductora.Seleccion_Nombre.Visible = True
        E_Reductora.Seleccion_Nombre.Enabled = True
        E_Reductora.Texto_Longitud.Enabled = False
        E_Reductora.Dato_Longitud.Enabled = False
        E_Reductora.Unidad_Longitud.Enabled = False
        E_Reductora.Texto_DeltaP.Enabled = False
        E_Reductora.Dato_DeltaP.Enabled = False
        E_Reductora.Unidad_DeltaP.Enabled = False
        E_Reductora.Reductora.Caption = "Quitar"
        For i = 0 To VAR_REDUCTORA(0, 0) - 1
            E_Reductora.Seleccion_Nombre.AddItem VAR_REDUCTORA(i + 1, 0)
        Next
        E_Reductora.Seleccion_Nombre.ListIndex = 0
        E_Reductora.Dato_Longitud.Text = VAR_REDUCTORA(1, 1)
        E_Reductora.Dato_DeltaP.Text = VAR_REDUCTORA(1, 2)
        E_Reductora.Unidad_Longitud.ListIndex = VAR_REDUCTORA(1, 4)
        E_Reductora.Unidad_DeltaP.ListIndex = VAR_REDUCTORA(1, 5)
        E_Reductora.Show
    Else
        Beep
    End If
End If
If FLAG_BOTON = 4 Then
    Unload Val_Acc
    If VAR_VALYACC(0, 0) > 0 Then
        Val_Acc.Texto_Nombre.Enabled = False
        Val_Acc.Dato_Nombre.Visible = False

```

```

Val_Acc.Dato_Nombre.Enabled = False
Val_Acc.Seleccion_Nombre.Visible = True
Val_Acc.Seleccion_Nombre.Enabled = True
Val_Acc.Texto_Longitud.Enabled = False
Val_Acc.Dato_Longitud.Enabled = False
Val_Acc.Unidad_Longitud.Enabled = False
Val_Acc.Texto_Tipo.Enabled = False
Val_Acc.Seleccion_Tipo.Enabled = False
Val_Acc.Texto_Coef_K.Enabled = False
Val_Acc.Dato_Coef_K.Enabled = False
Val_Acc.ValAcc.Caption = "Quitar"
For i = 0 To VAR_VALYACC(0, 0) - 1
    Val_Acc.Seleccion_Nombre.AddItem VAR_VALYACC(i + 1, 0)
Next
Val_Acc.Seleccion_Nombre.ListIndex = 0
Val_Acc.Dato_Longitud.Text = VAR_VALYACC(1, 1)
Val_Acc.Seleccion_Tipo.ListIndex = VAR_VALYACC(1, 2)
Val_Acc.Dato_Coef_K.Text = VAR_VALYACC(1, 3)
Val_Acc.Unidad_Longitud.ListIndex = VAR_VALYACC(1, 4)
Val_Acc.Show
Else
    Beep
End If
End If
If FLAG_BOTON = 5 Then
    Unload P_Inyeccion
    If VAR_INYECCION(0, 0) > 0 Then
        P_Inyeccion.Texto_Nombre.Enabled = False
        P_Inyeccion.Dato_Nombre.Visible = False
        P_Inyeccion.Dato_Nombre.Enabled = False
        P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.Visible = True
        P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.Enabled = True
        P_Inyeccion.Texto_Longitud.Enabled = False
        P_Inyeccion.Dato_Longitud.Enabled = False
        P_Inyeccion.Unidad_Longitud.Enabled = False
        P_Inyeccion.Texto_API.Enabled = False
        P_Inyeccion.Dato_API.Enabled = False
        P_Inyeccion.Texto_cSt_1.Enabled = False
        P_Inyeccion.Dato_cSt_1.Enabled = False
        P_Inyeccion.Unidad_cSt_1.Enabled = False
        P_Inyeccion.Texto_cSt_2.Enabled = False
        P_Inyeccion.Dato_cSt_2.Enabled = False
        P_Inyeccion.Unidad_cSt_2.Enabled = False
        P_Inyeccion.Texto_Temperatura.Enabled = False
        P_Inyeccion.Dato_Temperatura.Enabled = False
        P_Inyeccion.Unidad_Temperatura.Enabled = False
        P_Inyeccion.Texto_Caudal.Enabled = False
        P_Inyeccion.Dato_Caudal.Enabled = False
        P_Inyeccion.Unidad_Caudal.Enabled = False
        P_Inyeccion.Texto_Potencia.Enabled = False
        P_Inyeccion.Dato_Potencia.Enabled = False
    
```

```

P_Inyeccion.Unidad_Potencia.Enabled = False
If FLAG_CORRER = 1 Then
  P_Inyeccion.Alerta.Visible = False
  P_Inyeccion.Alerta.Enabled = False
Else
  P_Inyeccion.Alerta.Visible = True
  P_Inyeccion.Alerta.Enabled = False
End If
P_Inyeccion.Inyeccion.Caption = "Quitar"
For i = 0 To VAR_INYECCION(0, 0) - 1
  P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.AddItem VAR_INYECCION(i + 1, 0)
Next
P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex = 0
P_Inyeccion.Dato_Longitud.Text = VAR_INYECCION(1, 1)
P_Inyeccion.Dato_API.Text = VAR_INYECCION(1, 2)
P_Inyeccion.Dato_cSt_1.Text = VAR_INYECCION(1, 3)
P_Inyeccion.Dato_cSt_2.Text = VAR_INYECCION(1, 4)
P_Inyeccion.Dato_Temperatura.Text = VAR_INYECCION(1, 5)
P_Inyeccion.Dato_Caudal.Text = VAR_INYECCION(1, 6)
P_Inyeccion.Dato_Potencia.Text = VAR_INYECCION(1, 7)
P_Inyeccion.Unidad_Longitud.ListIndex = VAR_INYECCION(1, 9)
P_Inyeccion.Unidad_cSt_1.ListIndex = VAR_INYECCION(1, 10)
P_Inyeccion.Unidad_cSt_2.ListIndex = VAR_INYECCION(1, 11)
P_Inyeccion.Unidad_Temperatura.ListIndex = VAR_INYECCION(1, 12)
P_Inyeccion.Unidad_Caudal.ListIndex = VAR_INYECCION(1, 13)
P_Inyeccion.Unidad_Potencia.ListIndex = VAR_INYECCION(1, 14)
If FLAG_CORRER = 1 Then
  For i = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
    If VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1) = VAR_CALCULOS(i, 0) And
P_Inyeccion.Dato_API > 0 And P_Inyeccion.Dato_cSt_1 > 0 And P_Inyeccion.Dato_cSt_2 > 0 And
P_Inyeccion.Dato_Temperatura > 0 And P_Inyeccion.Dato_Caudal > 0 Then
      SpgrInyeccion60 = 141.5 / (131.5 + P_Inyeccion.Dato_API)
      SpgrInyeccion = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (P_Inyeccion.Dato_Temperatura - 60) + SpgrInyeccion60
      CaudalMasicoInyeccion = 349.761526 * SpgrInyeccion * P_Inyeccion.Dato_Caudal
      Cpinyeccion = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * P_Inyeccion.Dato_Temperatura) / (SpgrInyeccion60 ^ (0.5))
      qinyeccion = P_Inyeccion.Dato_Temperatura * CaudalMasicoInyeccion * Cpinyeccion
      If i > 1 Then
        SpGrinicio = VAR_CALCULOS(i - 1, 41)
        CaudalMasicoInicio = 349.761526 * SpGrinicio * VAR_CALCULOS(i - 1, 45)
        Cpinicial = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * VAR_CALCULOS(i, 38)) / (VAR_CALCULOS(i - 1, 40) ^ (0.5))
        qinicio = VAR_CALCULOS(i, 38) * VAR_CALCULOS(i, 35) * Cpinicial
      Else
        SpGrinicio = 141.5 / (131.5 + VAR_INICIO(0))
        CaudalMasicoInicio = 349.761526 * SpGrinicio * VAR_INICIO(13)
        Cpinicial = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * VAR_CALCULOS(i, 38)) / (SpGrinicio ^ (0.5))
        qinicio = VAR_CALCULOS(i, 38) * VAR_CALCULOS(i, 35) * Cpinicial
      End If

      spgr60 = (CaudalMasicoInicio + CaudalMasicoInyeccion) / ((CaudalMasicoInicio / SpGrinicio) +
(CaudalMasicoInyeccion / SpgrInyeccion))

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

    temperatura = (-0.388 + (0.150544 + 18 * (10 ^ (-4)) * (spgr60 ^ (0.5)) * (qinicio + qinyeccion) /
(CaudalMasticoInicio + CaudalMasticoInyeccion) ^ (0.5)) / (9 * (10 ^ (-4))))
    spgr = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (temperatura - 60) + spgr60

```

```

    P_Inyeccion.Dato_Potencia.Text = Round((P_Inyeccion.Dato_Caudal * VAR_CALCULOS(i, 58) * spgr) /
(17.242536 * 65), 3)

```

```

    VAR_INYECCION(1, 7) = P_Inyeccion.Dato_Potencia.Text

```

```

    End If

```

```

    Next

```

```

    End If

```

```

    P_Inyeccion.Show

```

```

    Else

```

```

        Beep

```

```

    End If

```

```

End Sub

```

```

Private Sub Lista_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)

```

```

    If Y < 180 Then

```

```

        Lista.ListIndex = 0

```

```

    Else

```

```

        If Y < 360 Then

```

```

            Lista.ListIndex = 1

```

```

        Else

```

```

            Lista.ListIndex = 2

```

```

        End If

```

```

    End If

```

```

End Sub

```

```

Private Sub Parada_Click()

```

```

    CORRER = False

```

```

End Sub

```

```

Private Sub Perfil_Click()

```

```

    CORRER = False

```

```

    M_Perfil.Tabla_Perfil.ColWidth(0) = 1270

```

```

    M_Perfil.Tabla_Perfil.ColWidth(1) = 1270

```

```

    M_Perfil.Tabla_Perfil.ColWidth(2) = 1710

```

```

    M_Perfil.Tabla_Perfil.Col = 0

```

```

    M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = 0

```

```

    M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = "    Longitud"

```

```

    M_Perfil.Tabla_Perfil.Col = 1

```

```

    M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = 0

```

```

    M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = "    Elevación"

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

M_Perfil.Tabla_Perfil.Col = 2
M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = 0
M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = "Temperatura Ambiente"

M_Perfil.Tabla_Perfil.Col = 0
M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = 1

If VAR_PERFIL(0, 0) <> 0 Then
    M_Perfil.Tabla_Perfil.Rows = VAR_PERFIL(0, 0) + 1
    M_Perfil.Selec_Unidad_Longitud.ListIndex = VAR_PERFIL_UNIDAD(0, 0)
    M_Perfil.Selec_Unidad_Elevacion.ListIndex = VAR_PERFIL_UNIDAD(0, 1)
    M_Perfil.Selec_Unidad_Elevacion.ListIndex = VAR_PERFIL_UNIDAD(0, 2)
    For i = 1 To VAR_PERFIL(0, 0)
        For j = 0 To 2
            M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = i
            M_Perfil.Tabla_Perfil.Col = j
            M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = VAR_PERFIL(i, j)
        Next
    Next
    M_Perfil.Tabla_Perfil.Col = 0
Else
    M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = 1
    For i = 0 To 2
        M_Perfil.Tabla_Perfil.Col = i
        M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = "0.000"
    Next

    M_Perfil.Selec_Unidad_Longitud.ListIndex = 0
    M_Perfil.Selec_Unidad_Elevacion.ListIndex = 0
    M_Perfil.Selec_Unidad_Temperatura.ListIndex = 0

    M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = 1
    M_Perfil.Tabla_Perfil.Col = 0
    POS_FILA_1 = 1
    POS_COLUMNA_1 = 0
End If

M_Perfil.Show
End Sub

Private Sub Perfil_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Lista.Visible = False
    Lista.Enabled = False
End Sub

Private Sub Porcentaje_Carga_Motor_Click()
    Porcentaje_Carga.Show
End Sub

Private Sub Potencia_Freno_Click()
    Potencia_ALCO.Show

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

End Sub

Private Sub Reductora_Click()

```
CORRER = False
Lista.Top = 9120
Lista.Left = 2640
Lista.Visible = True
Lista.Enabled = True
FLAG_BOTON = 3
```

End Sub

Private Sub Reductora_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)

```
If FLAG_BOTON <> 3 Then
    Lista.Visible = False
    Lista.Enabled = False
```

```
End If
```

End Sub

Private Sub Salir_Click()

```
Unload API_Aparente
Unload cSt_CrudoOriente_BEICIP
Unload E_Calentamiento
Unload E_Reductora
Unload Eficiencia_Bomba
Unload M_Perfil
Unload M_Tuberia
Unload P_Inicio
Unload P_Inyeccion
Unload Porcentaje_Carga
Unload Potencia_ALCO
Unload Val_Acc
Unload Simulador
```

End Sub

Private Sub Seleccion_Grafico_Click()

```
Graficar
```

End Sub

Private Sub Tiempo_Final_GotFocus()

```
CORRER = False
```

End Sub

Private Sub Tiempo_Final_LostFocus()

```
Tiempo_Final.Year = Fecha_Final.Year
Tiempo_Final.Month = Fecha_Final.Month
Tiempo_Final.Day = Fecha_Final.Day
```

```
Fecha_Final.Hour = Tiempo_Final.Hour
Fecha_Final.Minute = Tiempo_Final.Minute
Fecha_Final.Second = Tiempo_Final.Second
```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

If Fecha_Final.Value < Fecha_Inicial.Value Then
    Fecha_Final.Value = Fecha_Inicial.Value
    Tiempo_Final.Value = Tiempo_Inicial.Value
    Beep
End If
End Sub

Private Sub Tiempo_Inicial_GotFocus()
    CORRER = False
End Sub

Private Sub Tiempo_Inicial_LostFocus()
    Tiempo_Inicial.Year = Fecha_Inicial.Year
    Tiempo_Inicial.Month = Fecha_Inicial.Month
    Tiempo_Inicial.Day = Fecha_Inicial.Day

    Fecha_Inicial.Hour = Tiempo_Inicial.Hour
    Fecha_Inicial.Minute = Tiempo_Inicial.Minute
    Fecha_Inicial.Second = Tiempo_Inicial.Second

    If Fecha_Final.Value < Fecha_Inicial.Value Then
        Fecha_Final.Value = Fecha_Inicial.Value
        Tiempo_Final.Value = Tiempo_Inicial.Value
        Beep
    End If
End Sub

Private Sub Temporizador_Timer()
    If CORRER = True Then
        Fecha_Final = Fecha_Final + Tiempo_Avance / 86400
        Tiempo_Final.Hour = Fecha_Final.Hour
        Tiempo_Final.Minute = Fecha_Final.Minute
        Tiempo_Final.Second = Fecha_Final.Second
        For i = VAR_CALCULOS(0, 0) To 1 Step -1
            If VAR_BATCH(i) = 1 Then
                Avance = Round(VAR_CALCULOS(i, 49) * Tiempo_Avance / 1000, 0)
                For j = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
                    If VAR_CALCULOS(j, 0) >= VAR_CALCULOS(i, 0) + Avance Or VAR_CALCULOS(i, 0) + Avance >
VAR_CALCULOS(VAR_CALCULOS(0, 0), 0) Then
                        VAR_BATCH(i) = 0
                        VAR_BATCH(j) = 1
                    Exit For
                End If
            Next
        End If
    Next
End If
Next

AUX_CALCULOS = VAR_CALCULOS

Anade_Corre_Datos

```

```

    Graficar
End If
End Sub

Private Sub Tuberia_Click()
    CORRER = False

    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.ColWidth(0) = 1500
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.ColWidth(1) = 1500
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.ColWidth(2) = 1500
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.ColWidth(3) = 1500
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.ColWidth(4) = 2100

    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col = 0
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = 0
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = " Longitud Hasta"
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col = 1
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = 0
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = " Diámetro Externo"
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col = 2
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = 0
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = " Espesor"
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col = 3
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = 0
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = " Rugosidad"
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col = 4
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = 0
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = " Coef. Transf. Calor Global"

    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col = 0
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = 1

    If VAR_TUBERIA(0, 0) <> 0 Then
        M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Rows = VAR_TUBERIA(0, 0) + 1
        M_Tuberia.Selec_Unidad_Longitud.ListIndex = VAR_TUBERIA_UNIDAD(0, 0)
        M_Tuberia.Selec_Unidad_Diametro.ListIndex = VAR_TUBERIA_UNIDAD(0, 1)
        M_Tuberia.Selec_Unidad_Espesor.ListIndex = VAR_TUBERIA_UNIDAD(0, 2)
        M_Tuberia.Selec_Unidad_Rugosidad.ListIndex = VAR_TUBERIA_UNIDAD(0, 3)
        M_Tuberia.Selec_Unidad_Rugosidad.ListIndex = VAR_TUBERIA_UNIDAD(0, 4)
        For i = 1 To VAR_TUBERIA(0, 0)
            For j = 0 To 4
                M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = i
                M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col = j
                M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = VAR_TUBERIA(i, j)
            Next
        Next
        M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col = 0
    Else
        M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = 1
        For i = 0 To 4
            M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col = i

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = "0.000"
Next

M_Tuberia.Selec_Unidad_Longitud.ListIndex = 0
M_Tuberia.Selec_Unidad_Diametro.ListIndex = 0
M_Tuberia.Selec_Unidad_Espesor.ListIndex = 0
M_Tuberia.Selec_Unidad_Rugosidad.ListIndex = 0
M_Tuberia.Selec_Unidad_Rugosidad.ListIndex = 0

M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = 1
M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col = 0
POS_FILA = 1
POS_COLUMNNA = 0
End If

M_Tuberia.Show
End Sub

Private Sub Tuberia_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Lista.Visible = False
    Lista.Enabled = False
End Sub

Private Sub Valvula_Click()
    CORRER = False
    Lista.Top = 7800
    Lista.Left = 4560
    Lista.Visible = True
    Lista.Enabled = True
    FLAG_BOTON = 4
End Sub

Private Sub Valvula_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    If FLAG_BOTON <> 4 Then
        Lista.Visible = False
        Lista.Enabled = False
    End If
End Sub

Private Sub Tiempo_Avance_GotFocus()
    CORRER = False
    Tiempo_Avance.SelStart = 0
    Tiempo_Avance.SelLength = Len(Tiempo_Avance.Text)
End Sub

Private Sub Tiempo_Avance_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    If KeyAscii = 13 Then
        If Tiempo_Avance.Text = "" Then
            Tiempo_Avance.Text = "0"
        End If
        Tiempo_Avance.SelStart = 0
    End If
End Sub

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```
Tiempo_Avance.SelLength = Len(Tiempo_Avance.Text)
End If

If Not (KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) Then
    KeyAscii = 0
End If
End Sub

Private Sub Tiempo_Avance_LostFocus()
    If Tiempo_Avance.Text = "" Then
        Tiempo_Avance.Text = "0"
    End If
End Sub

Private Sub VER_BOMBEO_Click()
    If FLAG_VER_BOMBEO = 0 Then
        Simulador.VER_BOMBEO.Checked = True
        FLAG_VER_BOMBEO = 1
        Graficar
    Else
        Simulador.VER_BOMBEO.Checked = False
        FLAG_VER_BOMBEO = 0
        Graficar
    End If
End Sub

Private Sub VER_CALENTAMIENTO_Click()
    If FLAG_VER_CALENTAMIENTO = 0 Then
        Simulador.VER_CALENTAMIENTO.Checked = True
        FLAG_VER_CALENTAMIENTO = 1
        Graficar
    Else
        Simulador.VER_CALENTAMIENTO.Checked = False
        FLAG_VER_CALENTAMIENTO = 0
        Graficar
    End If
End Sub

Private Sub VER_INYECCION_Click()
    If FLAG_VER_INYECCION = 0 Then
        Simulador.VER_INYECCION.Checked = True
        FLAG_VER_INYECCION = 1
        Graficar
    Else
        Simulador.VER_INYECCION.Checked = False
        FLAG_VER_INYECCION = 0
        Graficar
    End If
End Sub

Private Sub VER_REDUCTORA_Click()
```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```
If FLAG_VER_REDUCTORA = 0 Then
    Simulador.VER_REDUCTORA.Checked = True
    FLAG_VER_REDUCTORA = 1
    Graficar
Else
    Simulador.VER_REDUCTORA.Checked = False
    FLAG_VER_REDUCTORA = 0
    Graficar
End If
End Sub

Private Sub VER_VALVULAS_Click()
    If FLAG_VER_VALVULA = 0 Then
        Simulador.VER_VALVULAS.Checked = True
        FLAG_VER_VALVULA = 1
        Graficar
    Else
        Simulador.VER_VALVULAS.Checked = False
        FLAG_VER_VALVULA = 0
        Graficar
    End If
End Sub

Private Sub Zoom_Desde_GotFocus()
    Zoom_Desde.SelStart = 0
    Zoom_Desde.SelLength = Len(Zoom_Desde.Text)
End Sub

Private Sub Zoom_Desde_KeyPress(KeyAscii As Integer)

'DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
    If KeyAscii = 44 Then
        KeyAscii = 46
    End If

INGRESO DEL VALOR VALIDADO
    flag = 0
    For i = 1 To Len(Zoom_Desde.Text)
        If 46 = Asc(Right(Zoom_Desde.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
            flag = 1
        End If
    Next

    If KeyAscii = 13 Then
        If Zoom_Desde.Text = "" Then
            Zoom_Desde.Text = "0"
        End If

        Zoom_Desde.Text = Round(Zoom_Desde.Text, 3)

        If Asc(Right(Zoom_Desde.Text, 2)) = 46 Then
```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```
Zoom_Desde.Text = Zoom_Desde.Text & "00"
Else
If Asc(Right(Zoom_Desde.Text, 3)) = 46 Then
Zoom_Desde.Text = Zoom_Desde.Text & "0"
Else
If Asc(Right(Zoom_Desde.Text, 4)) <> 46 Then
Zoom_Desde.Text = Zoom_Desde.Text & ".000"
End If
End If
End If

Zoom_Desde.SelStart = 0
Zoom_Desde.SelLength = Len(Zoom_Desde.Text)

NUM_DESDE = Zoom_Desde

Graficar
End If

If KeyAscii = 8 Then
If Zoom_Desde.Text = "" Then
Zoom_Desde.Text = "0"
End If
End If

If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
KeyAscii = 0
End If
End Sub

Private Sub Zoom_Desde_LostFocus()

NUM_DESDE = Zoom_Desde
NUM_HASTA = Zoom_Hasta

If NUM_DESDE < NUM_HASTA Then
If Zoom_Desde.Text = "" Then
Zoom_Desde.Text = "0"
End If

Zoom_Desde.Text = Round(Zoom_Desde.Text, 3)

If Asc(Right(Zoom_Desde.Text, 2)) = 46 Then
Zoom_Desde.Text = Zoom_Desde.Text & "00"
Else
If Asc(Right(Zoom_Desde.Text, 3)) = 46 Then
Zoom_Desde.Text = Zoom_Desde.Text & "0"
Else
If Asc(Right(Zoom_Desde.Text, 4)) <> 46 Then
Zoom_Desde.Text = Zoom_Desde.Text & ".000"
End If
End If
End If
End If
```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```
End If
End If

NUM_DESDE = Zoom_Desde

Graficar
Else
MsgBox ("El valor tiene que ser menor que HASTA")
Simulador.Zoom_Desde.Text = VAR_PERFIL(1, 0)
End If
End Sub

Private Sub Zoom_Hasta_GotFocus()
Zoom_Hasta.SelStart = 0
Zoom_Hasta.SelLength = Len(Zoom_Hasta.Text)
End Sub

Private Sub Zoom_Hasta_KeyPress(KeyAscii As Integer)

'DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
If KeyAscii = 44 Then
KeyAscii = 46
End If

'INGRESO DEL VALOR VALIDADO
flag = 0
For i = 1 To Len(Zoom_Hasta.Text)
If 46 = Asc(Right(Zoom_Hasta.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
flag = 1
End If
Next

If KeyAscii = 13 Then
If Zoom_Hasta.Text = "" Then
Zoom_Hasta.Text = "0"
End If

Zoom_Hasta.Text = Round(Zoom_Hasta.Text, 3)

If Asc(Right(Zoom_Hasta.Text, 2)) = 46 Then
Zoom_Hasta.Text = Zoom_Hasta.Text & "00"
Else
If Asc(Right(Zoom_Hasta.Text, 3)) = 46 Then
Zoom_Hasta.Text = Zoom_Hasta.Text & "0"
Else
If Asc(Right(Zoom_Hasta.Text, 4)) <> 46 Then
Zoom_Hasta.Text = Zoom_Hasta.Text & ".000"
End If
End If
End If
```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

Zoom_Hasta.SelStart = 0
Zoom_Hasta.SelLength = Len(Zoom_Hasta.Text)

NUM_HASTA = Zoom_Hasta

Graficar
End If

If KeyAscii = 8 Then
    If Zoom_Hasta.Text = "" Then
        Zoom_Hasta.Text = "0"
    End If
End If

If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
    KeyAscii = 0
End If
End Sub

Private Sub Zoom_Hasta_LostFocus()

    NUM_DESDE = Zoom_Desde
    NUM_HASTA = Zoom_Hasta

    If NUM_HASTA > NUM_DESDE Then
        If Zoom_Hasta.Text = "" Then
            Zoom_Hasta.Text = "0"
        End If

        Zoom_Hasta.Text = Round(Zoom_Hasta.Text, 3)

        If Asc(Right(Zoom_Hasta.Text, 2)) = 46 Then
            Zoom_Hasta.Text = Zoom_Hasta.Text & "00"
        Else
            If Asc(Right(Zoom_Hasta.Text, 3)) = 46 Then
                Zoom_Hasta.Text = Zoom_Hasta.Text & "0"
            Else
                If Asc(Right(Zoom_Hasta.Text, 4)) <> 46 Then
                    Zoom_Hasta.Text = Zoom_Hasta.Text & ".000"
                End If
            End If
        End If

        NUM_HASTA = Zoom_Hasta

        Graficar
    Else
        MsgBox ("El valor tiene que ser mayor de DESDE")
        Simulador.Zoom_Hasta.Text = VAR_PERFIL(VAR_PERFIL(0, 0), 0)
    End If
End Sub

```

Estaciones de Bombeo

```
Private Sub Bombeo_Click()
```

```
'Agrega en VAR_BOMBEO los datos ingresados
```

```
If E_Bombeo.Bombeo.Caption = "Agregar" Then
    VAR_BOMBEO(0, 0) = VAR_BOMBEO(0, 0) + 1
```

```
VAR_AUX = VAR_BOMBEO
```

```
ReDim VAR_BOMBEO(VAR_BOMBEO(0, 0) + 1, 11)
```

```
For i = 0 To VAR_AUX(0, 0) - 1
```

```
    For j = 0 To 10
```

```
        VAR_BOMBEO(i, j) = VAR_AUX(i, j)
```

```
    Next
```

```
Next
```

```
VAR_BOMBEO(VAR_BOMBEO(0, 0), 0) = E_Bombeo.Dato_Nombre
```

```
VAR_BOMBEO(VAR_BOMBEO(0, 0), 1) = E_Bombeo.Dato_Longitud
```

```
VAR_BOMBEO(VAR_BOMBEO(0, 0), 2) = E_Bombeo.Dato_Num_Bombas
```

```
VAR_BOMBEO(VAR_BOMBEO(0, 0), 3) = E_Bombeo.Dato_Potencia
```

```
VAR_BOMBEO(VAR_BOMBEO(0, 0), 4) = E_Bombeo.Dato_Carga
```

```
VAR_BOMBEO(VAR_BOMBEO(0, 0), 5) = E_Bombeo.Dato_Eficiencia
```

```
VAR_BOMBEO(VAR_BOMBEO(0, 0), 6) = E_Bombeo.Unidad_Longitud.ListIndex
```

```
VAR_BOMBEO(VAR_BOMBEO(0, 0), 7) = E_Bombeo.Seleccion_Distribucion.ListIndex
```

```
VAR_BOMBEO(VAR_BOMBEO(0, 0), 8) = E_Bombeo.Unidad_Potencia.ListIndex
```

```
VAR_BOMBEO(VAR_BOMBEO(0, 0), 9) = E_Bombeo.Unidad_Carga.ListIndex
```

```
VAR_BOMBEO(VAR_BOMBEO(0, 0), 10) = E_Bombeo.Unidad_Eficiencia.ListIndex
```

```
End If
```

```
'Modifica en VAR_BOMBEO los datos ingresados
```

```
If E_Bombeo.Bombeo.Caption = "Modificar" Then
```

```
    VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1) = E_Bombeo.Dato_Longitud
```

```
    VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 2) = E_Bombeo.Dato_Num_Bombas
```

```
    VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 3) = E_Bombeo.Dato_Potencia
```

```
    VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 4) = E_Bombeo.Dato_Carga
```

```
    VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 5) = E_Bombeo.Dato_Eficiencia
```

```
    VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 6) = E_Bombeo.Unidad_Longitud.ListIndex
```

```
    VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 7) = E_Bombeo.Seleccion_Distribucion.ListIndex
```

```
    VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 8) = E_Bombeo.Unidad_Potencia.ListIndex
```

```
    VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 9) = E_Bombeo.Unidad_Carga.ListIndex
```

```
    VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 10) = E_Bombeo.Unidad_Eficiencia.ListIndex
```

```
End If
```

```
'Quita en VAR_BOMBEO los datos ingresados
```

```
If E_Bombeo.Bombeo.Caption = "Quitar" Then
```

```
    If VAR_BOMBEO(0, 0) > 0 Then
```

```
        VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 0) = ""
```

```
        VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1) = ""
```

```
        VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 2) = ""
```

```
        VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 3) = ""
```

```

VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 4) = ""
VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 5) = ""
VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 6) = ""
VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 7) = ""
VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 8) = ""
VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 9) = ""
VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 10) = ""

For i = E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1 To VAR_BOMBEO(0, 0) - 1
    VAR_BOMBEO(i, 0) = VAR_BOMBEO(i + 1, 0)
    VAR_BOMBEO(i, 1) = VAR_BOMBEO(i + 1, 1)
    VAR_BOMBEO(i, 2) = VAR_BOMBEO(i + 1, 2)
    VAR_BOMBEO(i, 3) = VAR_BOMBEO(i + 1, 3)
    VAR_BOMBEO(i, 4) = VAR_BOMBEO(i + 1, 4)
    VAR_BOMBEO(i, 5) = VAR_BOMBEO(i + 1, 5)
    VAR_BOMBEO(i, 6) = VAR_BOMBEO(i + 1, 6)
    VAR_BOMBEO(i, 7) = VAR_BOMBEO(i + 1, 7)
    VAR_BOMBEO(i, 8) = VAR_BOMBEO(i + 1, 8)
    VAR_BOMBEO(i, 9) = VAR_BOMBEO(i + 1, 9)
    VAR_BOMBEO(i, 10) = VAR_BOMBEO(i + 1, 10)
Next
VAR_BOMBEO(0, 0) = VAR_BOMBEO(0, 0) - 1

VAR_AUX = VAR_BOMBEO
ReDim VAR_BOMBEO(VAR_AUX(0, 0), 11)
For i = 0 To VAR_AUX(0, 0)
    For j = 0 To 10
        VAR_BOMBEO(i, j) = VAR_AUX(i, j)
    Next
Next
End If
End If

Unload E_Bombeo

If FLAG_CORRER = 1 Then
    MsgBox "Para observar los cambios se requiere presionar el botón Continuar"
Else
    MsgBox "Presione el botón Empaquetar para iniciar"
End If
End Sub

Private Sub Calcular_BHP_Click()
    Potencia_ALCO.Show
    If Seleccion_Nombre.ListIndex = 0 Then
        Potencia_ALCO.Numero_Cilindros.ListIndex = 1
    End If
    If Seleccion_Nombre.ListIndex = 1 Then
        Potencia_ALCO.Numero_Cilindros.ListIndex = 1
    End If
    If Seleccion_Nombre.ListIndex = 2 Then

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

Potencia_ALCO.Numero_Cilindros.ListIndex = 0
End If
If Seleccion_Nombre.ListIndex = 3 Then
    Potencia_ALCO.Numero_Cilindros.ListIndex = 2
End If
If Seleccion_Nombre.ListIndex = 4 Then
    Potencia_ALCO.Numero_Cilindros.ListIndex = 2
End If

Potencia_ALCO.Dato_RPM.Text = "1030.000"

Potencia_ALCO.Dato_Potencia = Round(Potencia_ALCO.Dato_RPM * Potencia_ALCO.Texto_Potencia /
Potencia_ALCO.Texto_RPM, 3)
End Sub

Private Sub Calcular_CARGA_Click()
    Porcentaje_Carga.Show

    If FLAG_CORRER = 1 Then
        For i = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
            If VAR_CALCULOS(i, 0) = Dato_Longitud Then
                Exit For
            End If
        Next

        If Seleccion_Distribucion.ListIndex = 0 Then
            Porcentaje_Carga.Dato_Caudal = Round(VAR_CALCULOS(i, 45) / Dato_Num_Bombas, 3)
            Porcentaje_Carga.Dato_BHP = Round(Dato_Potencia, 3)
        Else
            Porcentaje_Carga.Dato_Caudal = Round(VAR_CALCULOS(i, 45))
            Porcentaje_Carga.Dato_BHP = Round(Dato_Potencia * Dato_Num_Bombas, 3)
        End If

        Porcentaje_Carga.Dato_Pd = Round(Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Descarga, 3)
        Porcentaje_Carga.Dato_Ps = Round(VAR_CALCULOS(i, 58) * VAR_CALCULOS(i, 41) / 0.704088, 3)
        Porcentaje_Carga.Dato_Eficiencia = Round(Dato_Eficiencia, 3)

        Porcentaje_Carga.Dato_Carga = Round(Porcentaje_Carga.Dato_Caudal * (Porcentaje_Carga.Dato_Pd -
Porcentaje_Carga.Dato_Ps) / 0.245 / Porcentaje_Carga.Dato_Eficiencia / Porcentaje_Carga.Dato_BHP, 3)

    End If
End Sub

Private Sub Calcular_EFF_Click()
    Eficiencia_Bomba.Show

    If FLAG_CORRER = 1 Then
        For i = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
            If VAR_CALCULOS(i, 0) = Dato_Longitud Then
                Exit For
            End If
        Next
    End If
End Sub

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

Next

Eficiencia_Bomba.Dato_API60 = Round(VAR_CALCULOS(i, 42), 3)
Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Descarga = Round(Porcentaje_Carga.Dato_Pd)
Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Succion = Round(VAR_CALCULOS(i, 58) * VAR_CALCULOS(i, 41) / 0.704088, 3)

If Dato_API60 <= 100 Then
    spgr = -3.433 * 10 ^ (-4) * (Eficiencia_Bomba.Dato_TempEntrada - 60) + 141.5 / (131.5 + Eficiencia_Bomba.Dato_API60)
    Cp = (0.388 + 4.5 * 10 ^ (-4) * Eficiencia_Bomba.Dato_TempEntrada) / (141.5 / (131.5 + Eficiencia_Bomba.Dato_API60))
^ 0,5
    TempRise = 41.39 * Exp(-3.67 * spgr)
    TempCorregida = TempRise * (Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Descarga - Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Succion) /
1000
    Eficiencia_Bomba.Dato_Eficiencia = Round((Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Descarga -
Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Succion) * 100 / ((Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Descarga -
Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Succion) + 47630 * Cp * ((Eficiencia_Bomba.Dato_TempSalida -
Eficiencia_Bomba.Dato_TempEntrada) - TempCorregida) / (141.5 / spgr)), 3)
    End If
End If
End Sub

Private Sub Cancel_Click()
    Unload E_Bombeo
End Sub

Private Sub Dato_Carga_GotFocus()
    Dato_Carga.SelStart = 0
    Dato_Carga.SelLength = Len(Dato_Carga.Text)
End Sub

Private Sub Dato_Carga_KeyPress(KeyAscii As Integer)

'DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
    If KeyAscii = 44 Then
        KeyAscii = 46
    End If

'INGRESO DEL VALOR VALIDADO
    flag = 0
    For i = 1 To Len(Dato_Carga.Text)
        If 46 = Asc(Right(Dato_Carga.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
            flag = 1
        End If
    Next

    If KeyAscii = 13 Then
        If Dato_Carga.Text = "" Then
            Dato_Carga.Text = "0"
        End If

        Dato_Carga.Text = Round(Dato_Carga.Text, 3)
    End If

```

```

If Asc(Right(Dato_Carga.Text, 2)) = 46 Then
    Dato_Carga.Text = Dato_Carga.Text & "00"
Else
    If Asc(Right(Dato_Carga.Text, 3)) = 46 Then
        Dato_Carga.Text = Dato_Carga.Text & "0"
    Else
        If Asc(Right(Dato_Carga.Text, 4)) <> 46 Then
            Dato_Carga.Text = Dato_Carga.Text & ".000"
        End If
    End If
End If

Dato_Carga.SelStart = 0
Dato_Carga.SelLength = Len(Dato_Carga.Text)

If Dato_Carga = 0 Then
    Dato_Carga.Text = "75.000"
    MsgBox "El porcentaje de carga no puede ser menor o igual a 0"
End If

If FLAG_CORRER = 1 Then
    For i = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
        If VAR_CALCULOS(i, 0) = Dato_Longitud Then
            Exit For
        End If
    Next

    If Seleccion_Distribucion.ListIndex = 0 Then
        Dato_Eficiencia = Round(VAR_CALCULOS(i, 45) / Dato_Num_Bombas * (Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Descarga
- Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Succion) / 0.245 / Dato_Carga / Dato_Potencia, 3)
    Else
        Dato_Eficiencia = Round(VAR_CALCULOS(i, 45) / Dato_Num_Bombas * (Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Descarga
- Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Succion) / 0.245 / Dato_Carga / Dato_Potencia, 3)
    End If
End If

If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
    KeyAscii = 0
End If

End Sub

Private Sub Dato_Carga_LostFocus()
    If Dato_Carga.Text = "" Then
        Dato_Carga.Text = "0"
    End If

    Dato_Carga.Text = Round(Dato_Carga.Text, 3)

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

If Asc(Right(Dato_Carga.Text, 2)) = 46 Then
    Dato_Carga.Text = Dato_Carga.Text & "00"
Else
    If Asc(Right(Dato_Carga.Text, 3)) = 46 Then
        Dato_Carga.Text = Dato_Carga.Text & "0"
    Else
        If Asc(Right(Dato_Carga.Text, 4)) <> 46 Then
            Dato_Carga.Text = Dato_Carga.Text & ".000"
        End If
    End If
End If

If Dato_Carga = 0 Then
    Dato_Carga.Text = "75.000"
    MsgBox "El porcentaje de carga no puede ser menor o igual a 0"
End If

If FLAG_CORRER = 1 Then
    For i = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
        If VAR_CALCULOS(i, 0) = Dato_Longitud Then
            Exit For
        End If
    Next

    If Seleccion_Distribucion.ListIndex = 0 Then
        Dato_Eficiencia = Round(VAR_CALCULOS(i, 45) / Dato_Num_Bombas * (Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Descarga -
Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Succion) / 0.245 / Dato_Carga / Dato_Potencia, 3)
    Else
        Dato_Eficiencia = Round(VAR_CALCULOS(i, 45) / Dato_Num_Bombas * (Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Descarga -
Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Succion) / 0.245 / Dato_Carga / Dato_Potencia, 3)
    End If
End If
End Sub

Private Sub Dato_Eficiencia_GotFocus()
    Dato_Eficiencia.SelStart = 0
    Dato_Eficiencia.SelLength = Len(Dato_Eficiencia.Text)
End Sub

Private Sub Dato_Eficiencia_KeyPress(KeyAscii As Integer)
'DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
    If KeyAscii = 44 Then
        KeyAscii = 46
    End If

'INGRESO DEL VALOR VALIDADO
    flag = 0
    For i = 1 To Len(Dato_Eficiencia.Text)
        If 46 = Asc(Right(Dato_Eficiencia.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
            flag = 1
        End If
    End If

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

Next

If KeyAscii = 13 Then
    If Dato_Eficiencia.Text = "" Then
        Dato_Eficiencia.Text = "0"
    End If

    Dato_Eficiencia.Text = Round(Dato_Eficiencia.Text, 3)

    If Asc(Right(Dato_Eficiencia.Text, 2)) = 46 Then
        Dato_Eficiencia.Text = Dato_Eficiencia.Text & "00"
    Else
        If Asc(Right(Dato_Eficiencia.Text, 3)) = 46 Then
            Dato_Eficiencia.Text = Dato_Eficiencia.Text & "0"
        Else
            If Asc(Right(Dato_Eficiencia.Text, 4)) <> 46 Then
                Dato_Eficiencia.Text = Dato_Eficiencia.Text & ".000"
            End If
        End If
    End If

    Dato_Eficiencia.SelStart = 0
    Dato_Eficiencia.SelLength = Len(Dato_Eficiencia.Text)

    If Dato_Eficiencia = 0 Then
        Dato_Eficiencia.Text = "65.000"
        MsgBox "La eficiencia no puede ser menor o igual a 0"
    End If

    If FLAG_CORRER = 1 Then
        For i = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
            If VAR_CALCULOS(i, 0) = Dato_Longitud Then
                Exit For
            End If
        Next

        If Seleccion_Distribucion.ListIndex = 0 Then
            Dato_Carga = Round(VAR_CALCULOS(i, 45) / Dato_Num_Bombas * (Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Descarga -
Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Succion) / 0.245 / Dato_Eficiencia / Dato_Potencia, 3)
        Else
            Dato_Carga = Round(VAR_CALCULOS(i, 45) / Dato_Num_Bombas * (Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Descarga -
Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Succion) / 0.245 / Dato_Eficiencia / Dato_Potencia, 3)
        End If
    End If

    If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
        KeyAscii = 0
    End If

End Sub

```

```

Private Sub Dato_Eficiencia_LostFocus()
    If Dato_Eficiencia.Text = "" Then
        Dato_Eficiencia.Text = "0"
    End If

    Dato_Eficiencia.Text = Round(Dato_Eficiencia.Text, 3)

    If Asc(Right(Dato_Eficiencia.Text, 2)) = 46 Then
        Dato_Eficiencia.Text = Dato_Eficiencia.Text & "00"
    Else
        If Asc(Right(Dato_Eficiencia.Text, 3)) = 46 Then
            Dato_Eficiencia.Text = Dato_Eficiencia.Text & "0"
        Else
            If Asc(Right(Dato_Eficiencia.Text, 4)) <> 46 Then
                Dato_Eficiencia.Text = Dato_Eficiencia.Text & ".000"
            End If
        End If
    End If
End If

If Dato_Eficiencia = 0 Then
    Dato_Eficiencia.Text = "65.000"
    MsgBox "La eficiencia no puede ser menor o igual a 0"
End If

If FLAG_CORRER = 1 Then
    For i = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
        If VAR_CALCULOS(i, 0) = Dato_Longitud Then
            Exit For
        End If
    Next

    If Seleccion_Distribucion.ListIndex = 0 Then
        Dato_Carga = Round(VAR_CALCULOS(i, 45) / Dato_Num_Bombas * (Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Descarga -
Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Succion) / 0.245 / Dato_Eficiencia / Dato_Potencia, 3)
    Else
        Dato_Carga = Round(VAR_CALCULOS(i, 45) / Dato_Num_Bombas * (Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Descarga -
Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Succion) / 0.245 / Dato_Eficiencia / Dato_Potencia, 3)
    End If
End If
End Sub

Private Sub Dato_Longitud_GotFocus()
    Dato_Longitud.SelStart = 0
    Dato_Longitud.SelLength = Len(Dato_Longitud.Text)
End Sub

Private Sub Dato_Longitud_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
    If KeyAscii = 44 Then
        KeyAscii = 46
    End If

```

INGRESO DEL VALOR VALIDADO

```

flag = 0
For i = 1 To Len(Dato_Longitud.Text)
    If 46 = Asc(Right(Dato_Longitud.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
        flag = 1
    End If
Next

If KeyAscii = 13 Then
    If Dato_Longitud.Text = "" Then
        Dato_Longitud.Text = "0"
    End If

    Dato_Longitud.Text = Round(Dato_Longitud.Text, 3)

    If Asc(Right(Dato_Longitud.Text, 2)) = 46 Then
        Dato_Longitud.Text = Dato_Longitud.Text & "00"
    Else
        If Asc(Right(Dato_Longitud.Text, 3)) = 46 Then
            Dato_Longitud.Text = Dato_Longitud.Text & "0"
        Else
            If Asc(Right(Dato_Longitud.Text, 4)) <> 46 Then
                Dato_Longitud.Text = Dato_Longitud.Text & ".000"
            End If
        End If
    End If

    Dato_Longitud.SelStart = 0
    Dato_Longitud.SelLength = Len(Dato_Longitud.Text)
End If

If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
    KeyAscii = 0
End If

End Sub

```

Private Sub Dato_Longitud_LostFocus()

```

If Dato_Longitud.Text = "" Then
    Dato_Longitud.Text = "0"
End If

Dato_Longitud.Text = Round(Dato_Longitud.Text, 3)

If Asc(Right(Dato_Longitud.Text, 2)) = 46 Then
    Dato_Longitud.Text = Dato_Longitud.Text & "00"
Else
    If Asc(Right(Dato_Longitud.Text, 3)) = 46 Then
        Dato_Longitud.Text = Dato_Longitud.Text & "0"
    Else

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

    If Asc(Right(Dato_Longitud.Text, 4)) <> 46 Then
        Dato_Longitud.Text = Dato_Longitud.Text & ".000"
    End If
End If
End If
End Sub

Private Sub Dato_Nombre_GotFocus()
    Dato_Nombre.SelStart = 0
    Dato_Nombre.SelLength = Len(Dato_Nombre.Text)
End Sub

Private Sub Dato_Num_Bombas_GotFocus()
    Dato_Num_Bombas.SelStart = 0
    Dato_Num_Bombas.SelLength = Len(Dato_Num_Bombas.Text)
End Sub

Private Sub Dato_Num_Bombas_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    INGRESO DEL VALOR VALIDADO
    If KeyAscii = 13 Then
        If Dato_Num_Bombas.Text = "" Then
            Dato_Num_Bombas.Text = "0"
        End If

        Dato_Num_Bombas.SelStart = 0
        Dato_Num_Bombas.SelLength = Len(Dato_Num_Bombas.Text)
    End If

    If Not (KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) Then
        KeyAscii = 0
    End If

End Sub

Private Sub Dato_Num_Bombas_LostFocus()
    If Dato_Num_Bombas.Text = "" Then
        Dato_Num_Bombas.Text = "0"
    End If

    Dato_Num_Bombas.Text = Round(Dato_Num_Bombas.Text, 3)

    If Asc(Right(Dato_Num_Bombas.Text, 2)) = 46 Then
        Dato_Num_Bombas.Text = Dato_Num_Bombas.Text & "00"
    Else
        If Asc(Right(Dato_Num_Bombas.Text, 3)) = 46 Then
            Dato_Num_Bombas.Text = Dato_Num_Bombas.Text & "0"
        Else
            If Asc(Right(Dato_Num_Bombas.Text, 4)) <> 46 Then
                Dato_Num_Bombas.Text = Dato_Num_Bombas.Text & ".000"
            End If
        End If
    End If
End Sub

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```
End If
End Sub

Private Sub Dato_Potencia_GotFocus()
    Dato_Potencia.SelStart = 0
    Dato_Potencia.SelLength = Len(Dato_Potencia.Text)
End Sub

Private Sub Dato_Potencia_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
    If KeyAscii = 44 Then
        KeyAscii = 46
    End If

    INGRESO DEL VALOR VALIDADO
    flag = 0
    For i = 1 To Len(Dato_Potencia.Text)
        If 46 = Asc(Right(Dato_Potencia.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
            flag = 1
        End If
    Next

    If KeyAscii = 13 Then
        If Dato_Potencia.Text = "" Then
            Dato_Potencia.Text = "0"
        End If

        Dato_Potencia.Text = Round(Dato_Potencia.Text, 3)

        If Asc(Right(Dato_Potencia.Text, 2)) = 46 Then
            Dato_Potencia.Text = Dato_Potencia.Text & "00"
        Else
            If Asc(Right(Dato_Potencia.Text, 3)) = 46 Then
                Dato_Potencia.Text = Dato_Potencia.Text & "0"
            Else
                If Asc(Right(Dato_Potencia.Text, 4)) <> 46 Then
                    Dato_Potencia.Text = Dato_Potencia.Text & ".000"
                End If
            End If
        End If
    End If

    Dato_Potencia.SelStart = 0
    Dato_Potencia.SelLength = Len(Dato_Potencia.Text)

    If FLAG_CORRER = 1 Then
        For i = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
            If VAR_CALCULOS(i, 0) = Dato_Longitud Then
                Exit For
            End If
        Next
    End If
End Sub
```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

    If Seleccion_Distribucion.ListIndex = 0 Then
        Dato_Carga = Round(VAR_CALCULOS(i, 45) / Dato_Num_Bombas * (Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Descarga -
Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Succion) / 0.245 / Dato_Eficiencia / Dato_Potencia, 3)
    Else
        Dato_Carga = Round(VAR_CALCULOS(i, 45) / Dato_Num_Bombas * (Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Descarga -
Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Succion) / 0.245 / Dato_Eficiencia / Dato_Potencia, 3)
    End If
End If
End If

If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
    KeyAscii = 0
End If

End Sub

Private Sub Dato_Potencia_LostFocus()
    If Dato_Potencia.Text = "" Then
        Dato_Potencia.Text = "0"
    End If

    Dato_Potencia.Text = Round(Dato_Potencia.Text, 3)

    If Asc(Right(Dato_Potencia.Text, 2)) = 46 Then
        Dato_Potencia.Text = Dato_Potencia.Text & "00"
    Else
        If Asc(Right(Dato_Potencia.Text, 3)) = 46 Then
            Dato_Potencia.Text = Dato_Potencia.Text & "0"
        Else
            If Asc(Right(Dato_Potencia.Text, 4)) <> 46 Then
                Dato_Potencia.Text = Dato_Potencia.Text & ".000"
            End If
        End If
    End If
End If

If FLAG_CORRER = 1 Then
    For i = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
        If VAR_CALCULOS(i, 0) = Dato_Longitud Then
            Exit For
        End If
    Next

    If Seleccion_Distribucion.ListIndex = 0 Then
        Dato_Carga = Round(VAR_CALCULOS(i, 45) / Dato_Num_Bombas * (Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Descarga -
Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Succion) / 0.245 / Dato_Eficiencia / Dato_Potencia, 3)
    Else
        Dato_Carga = Round(VAR_CALCULOS(i, 45) / Dato_Num_Bombas * (Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Descarga -
Eficiencia_Bomba.Dato_Presion_Succion) / 0.245 / Dato_Eficiencia / Dato_Potencia, 3)
    End If
End If
End Sub

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```
Private Sub Seleccion_Distribucion_KeyPress(KeyAscii As Integer)
```

```
    KeyAscii = 0
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Seleccion_Nombre_Change()
```

```
    E_Bombeo.Dato_Nombre.Text = VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 0)
```

```
    E_Bombeo.Dato_Longitud.Text = VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1)
```

```
    E_Bombeo.Dato_Num_Bombas.Text = VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 2)
```

```
    E_Bombeo.Dato_Potencia.Text = VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 3)
```

```
    E_Bombeo.Dato_Carga.Text = VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 4)
```

```
    E_Bombeo.Dato_Eficiencia.Text = VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 5)
```

```
    E_Bombeo.Unidad_Longitud.ListIndex = VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 6)
```

```
    E_Bombeo.Seleccion_Distribucion.ListIndex = VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 7)
```

```
    E_Bombeo.Unidad_Potencia.ListIndex = VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 8)
```

```
    E_Bombeo.Unidad_Carga.ListIndex = VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 9)
```

```
    E_Bombeo.Unidad_Eficiencia.ListIndex = VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 10)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Seleccion_Nombre_Click()
```

```
    E_Bombeo.Dato_Nombre.Text = VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 0)
```

```
    E_Bombeo.Dato_Longitud.Text = VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1)
```

```
    E_Bombeo.Dato_Num_Bombas.Text = VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 2)
```

```
    E_Bombeo.Dato_Potencia.Text = VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 3)
```

```
    E_Bombeo.Dato_Carga.Text = VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 4)
```

```
    E_Bombeo.Dato_Eficiencia.Text = VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 5)
```

```
    E_Bombeo.Unidad_Longitud.ListIndex = VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 6)
```

```
    E_Bombeo.Seleccion_Distribucion.ListIndex = VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 7)
```

```
    E_Bombeo.Unidad_Potencia.ListIndex = VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 8)
```

```
    E_Bombeo.Unidad_Carga.ListIndex = VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 9)
```

```
    E_Bombeo.Unidad_Eficiencia.ListIndex = VAR_BOMBEO(E_Bombeo.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 10)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Seleccion_Nombre_KeyPress(KeyAscii As Integer)
```

```
    KeyAscii = 0
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Unidad_DeltaP_KeyPress(KeyAscii As Integer)
```

```
    KeyAscii = 0
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Unidad_Eficiencia_KeyPress(KeyAscii As Integer)
```

```
    KeyAscii = 0
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Unidad_Longitud_KeyPress(KeyAscii As Integer)
```

```
    KeyAscii = 0
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Unidad_Potencia_KeyPress(KeyAscii As Integer)
```

```
    KeyAscii = 0
```

End Sub

Estaciones de Calentamiento

Private Sub Calentamiento_Click()

'Agrega en VAR_CALENTAMIENTO los datos ingresados

```
If E_Calentamiento.Calentamiento.Caption = "Agregar" Then
    VAR_CALENTAMIENTO(0, 0) = VAR_CALENTAMIENTO(0, 0) + 1
```

```
VAR_AUX = VAR_CALENTAMIENTO
```

```
ReDim VAR_CALENTAMIENTO(VAR_CALENTAMIENTO(0, 0) + 1, 5)
```

```
For i = 0 To VAR_AUX(0, 0) - 1
```

```
    For j = 0 To 4
```

```
        VAR_CALENTAMIENTO(i, j) = VAR_AUX(i, j)
```

```
    Next
```

```
Next
```

```
VAR_CALENTAMIENTO(VAR_CALENTAMIENTO(0, 0), 0) = E_Calentamiento.Dato_Nombre
```

```
VAR_CALENTAMIENTO(VAR_CALENTAMIENTO(0, 0), 1) = E_Calentamiento.Dato_Longitud
```

```
VAR_CALENTAMIENTO(VAR_CALENTAMIENTO(0, 0), 2) = E_Calentamiento.Dato_DeltaT
```

```
VAR_CALENTAMIENTO(VAR_CALENTAMIENTO(0, 0), 3) = E_Calentamiento.Unidad_Longitud.ListIndex
```

```
VAR_CALENTAMIENTO(VAR_CALENTAMIENTO(0, 0), 4) = E_Calentamiento.Unidad_DeltaT.ListIndex
```

```
End If
```

'Modifica en VAR_CALENTAMIENTO los datos ingresados

```
If E_Calentamiento.Calentamiento.Caption = "Modificar" Then
```

```
    VAR_CALENTAMIENTO(E_Calentamiento.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1) = E_Calentamiento.Dato_Longitud
```

```
    VAR_CALENTAMIENTO(E_Calentamiento.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 2) = E_Calentamiento.Dato_DeltaT
```

```
    VAR_CALENTAMIENTO(E_Calentamiento.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 3) = E_Calentamiento.Unidad_Longitud.ListIndex
```

```
    VAR_CALENTAMIENTO(E_Calentamiento.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 4) = E_Calentamiento.Unidad_DeltaT.ListIndex
```

```
End If
```

'Quita en VAR_CALENTAMIENTO los datos ingresados

```
If E_Calentamiento.Calentamiento.Caption = "Quitar" Then
```

```
    If VAR_CALENTAMIENTO(0, 0) > 0 Then
```

```
        VAR_CALENTAMIENTO(E_Calentamiento.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 0) = ""
```

```
        VAR_CALENTAMIENTO(E_Calentamiento.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1) = ""
```

```
        VAR_CALENTAMIENTO(E_Calentamiento.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 2) = ""
```

```
        VAR_CALENTAMIENTO(E_Calentamiento.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 3) = ""
```

```
        VAR_CALENTAMIENTO(E_Calentamiento.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 4) = ""
```

```
    For i = E_Calentamiento.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1 To VAR_CALENTAMIENTO(0, 0) - 1
```

```
        VAR_CALENTAMIENTO(i, 0) = VAR_CALENTAMIENTO(i + 1, 0)
```

```
        VAR_CALENTAMIENTO(i, 1) = VAR_CALENTAMIENTO(i + 1, 1)
```

```
        VAR_CALENTAMIENTO(i, 2) = VAR_CALENTAMIENTO(i + 1, 2)
```

```
        VAR_CALENTAMIENTO(i, 3) = VAR_CALENTAMIENTO(i + 1, 3)
```

```
        VAR_CALENTAMIENTO(i, 4) = VAR_CALENTAMIENTO(i + 1, 4)
```

```
    Next
```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

VAR_CALENTAMIENTO(0, 0) = VAR_CALENTAMIENTO(0, 0) - 1

VAR_AUX = VAR_CALENTAMIENTO
ReDim VAR_CALENTAMIENTO(VAR_AUX(0, 0), 5)
For i = 0 To VAR_AUX(0, 0)
    For j = 0 To 4
        VAR_CALENTAMIENTO(i, j) = VAR_AUX(i, j)
    Next
Next

End If
End If

Unload E_Calentamiento

If FLAG_CORRER = 1 Then
    MsgBox "Para observar los cambios se requiere presionar el botón Continuar"
Else
    MsgBox "Presione el botón Empaquetar para iniciar"
End If
End Sub

Private Sub Cancel_Click()
    Unload E_Calentamiento
End Sub

Private Sub Dato_DeltaT_GotFocus()
    Dato_DeltaT.SelStart = 0
    Dato_DeltaT.SelLength = Len(Dato_DeltaT.Text)
End Sub

Private Sub Dato_DeltaT_KeyPress(KeyAscii As Integer)
'DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
    If KeyAscii = 44 Then
        KeyAscii = 46
    End If

'INGRESO DEL VALOR VALIDADO
    flag = 0
    For i = 1 To Len(Dato_DeltaT.Text)
        If 46 = Asc(Right(Dato_DeltaT.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
            flag = 1
        End If
    Next

    If KeyAscii = 13 Then
        If Dato_DeltaT.Text = "" Then
            Dato_DeltaT.Text = "0"
        End If

        Dato_DeltaT.Text = Round(Dato_DeltaT.Text, 3)
    End If

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

If Asc(Right(Dato_DeltaT.Text, 2)) = 46 Then
    Dato_DeltaT.Text = Dato_DeltaT.Text & "00"
Else
    If Asc(Right(Dato_DeltaT.Text, 3)) = 46 Then
        Dato_DeltaT.Text = Dato_DeltaT.Text & "0"
    Else
        If Asc(Right(Dato_DeltaT.Text, 4)) <> 46 Then
            Dato_DeltaT.Text = Dato_DeltaT.Text & ".000"
        End If
    End If
End If

Dato_DeltaT.SelStart = 0
Dato_DeltaT.SelLength = Len(Dato_DeltaT.Text)
End If

If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
    KeyAscii = 0
End If

End Sub

Private Sub Dato_DeltaT_LostFocus()
    If Dato_DeltaT.Text = "" Then
        Dato_DeltaT.Text = "0"
    End If

    Dato_DeltaT.Text = Round(Dato_DeltaT.Text, 3)

    If Asc(Right(Dato_DeltaT.Text, 2)) = 46 Then
        Dato_DeltaT.Text = Dato_DeltaT.Text & "00"
    Else
        If Asc(Right(Dato_DeltaT.Text, 3)) = 46 Then
            Dato_DeltaT.Text = Dato_DeltaT.Text & "0"
        Else
            If Asc(Right(Dato_DeltaT.Text, 4)) <> 46 Then
                Dato_DeltaT.Text = Dato_DeltaT.Text & ".000"
            End If
        End If
    End If
End Sub

Private Sub Dato_Longitud_GotFocus()
    Dato_Longitud.SelStart = 0
    Dato_Longitud.SelLength = Len(Dato_Longitud.Text)
End Sub

Private Sub Dato_Longitud_KeyPress(KeyAscii As Integer)
'DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
    If KeyAscii = 44 Then

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```
KeyAscii = 46
End If

INGRESO DEL VALOR VALIDADO
flag = 0
For i = 1 To Len(Dato_Longitud.Text)
    If 46 = Asc(Right(Dato_Longitud.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
        flag = 1
    End If
Next

If KeyAscii = 13 Then
    If Dato_Longitud.Text = "" Then
        Dato_Longitud.Text = "0"
    End If

    Dato_Longitud.Text = Round(Dato_Longitud.Text, 3)

    If Asc(Right(Dato_Longitud.Text, 2)) = 46 Then
        Dato_Longitud.Text = Dato_Longitud.Text & "00"
    Else
        If Asc(Right(Dato_Longitud.Text, 3)) = 46 Then
            Dato_Longitud.Text = Dato_Longitud.Text & "0"
        Else
            If Asc(Right(Dato_Longitud.Text, 4)) <> 46 Then
                Dato_Longitud.Text = Dato_Longitud.Text & ".000"
            End If
        End If
    End If

    Dato_Longitud.SelStart = 0
    Dato_Longitud.SelLength = Len(Dato_Longitud.Text)
End If

If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
    KeyAscii = 0
End If

End Sub

Private Sub Dato_Longitud_LostFocus()
    If Dato_Longitud.Text = "" Then
        Dato_Longitud.Text = "0"
    End If

    Dato_Longitud.Text = Round(Dato_Longitud.Text, 3)

    If Asc(Right(Dato_Longitud.Text, 2)) = 46 Then
        Dato_Longitud.Text = Dato_Longitud.Text & "00"
    Else
        If Asc(Right(Dato_Longitud.Text, 3)) = 46 Then
```

```

    Dato_Longitud.Text = Dato_Longitud.Text & "0"
Else
    If Asc(Right(Dato_Longitud.Text, 4)) <> 46 Then
        Dato_Longitud.Text = Dato_Longitud.Text & ".000"
    End If
End If
End If
End Sub

```

```

Private Sub Dato_Nombre_GotFocus()
    Dato_Nombre.SelStart = 0
    Dato_Nombre.SelLength = Len(Dato_Nombre.Text)
End Sub

```

```

Private Sub Seleccion_Nombre_Change()
    E_Calentamiento.Dato_Nombre.Text = VAR_CALENTAMIENTO(E_Calentamiento.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 0)
    E_Calentamiento.Dato_Longitud.Text = VAR_CALENTAMIENTO(E_Calentamiento.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1)
    E_Calentamiento.Dato_DeltaT.Text = VAR_CALENTAMIENTO(E_Calentamiento.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 2)
    E_Calentamiento.Unidad_Longitud.ListIndex = VAR_CALENTAMIENTO(E_Calentamiento.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1,
3)
    E_Calentamiento.Unidad_DeltaT.ListIndex = VAR_CALENTAMIENTO(E_Calentamiento.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 4)
End Sub

```

```

Private Sub Seleccion_Nombre_Click()
    E_Calentamiento.Dato_Nombre.Text = VAR_CALENTAMIENTO(E_Calentamiento.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 0)
    E_Calentamiento.Dato_Longitud.Text = VAR_CALENTAMIENTO(E_Calentamiento.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1)
    E_Calentamiento.Dato_DeltaT.Text = VAR_CALENTAMIENTO(E_Calentamiento.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 2)
    E_Calentamiento.Unidad_Longitud.ListIndex = VAR_CALENTAMIENTO(E_Calentamiento.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1,
3)
    E_Calentamiento.Unidad_DeltaT.ListIndex = VAR_CALENTAMIENTO(E_Calentamiento.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 4)
End Sub

```

```

Private Sub Seleccion_Nombre_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    KeyAscii = 0
End Sub

```

```

Private Sub Unidad_DeltaT_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    KeyAscii = 0
End Sub

```

```

Private Sub Unidad_Longitud_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    KeyAscii = 0
End Sub

```

Estaciones Reductoras

```

Private Sub Cancel_Click()
    Unload E_Reductora
End Sub

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

Private Sub Dato_DeltaP_GotFocus()
    Dato_DeltaP.SelStart = 0
    Dato_DeltaP.SelLength = Len(Dato_DeltaP.Text)
End Sub

Private Sub Dato_DeltaP_KeyPress(KeyAscii As Integer)
'DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
    If KeyAscii = 44 Then
        KeyAscii = 46
    End If

'INGRESO DEL VALOR VALIDADO
    flag = 0
    For i = 1 To Len(Dato_DeltaP.Text)
        If 46 = Asc(Right(Dato_DeltaP.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
            flag = 1
        End If
    Next

    If KeyAscii = 13 Then
        If Dato_DeltaP.Text = "" Then
            Dato_DeltaP.Text = "0"
        End If

        Dato_DeltaP.Text = Round(Dato_DeltaP.Text, 3)

        If Asc(Right(Dato_DeltaP.Text, 2)) = 46 Then
            Dato_DeltaP.Text = Dato_DeltaP.Text & "00"
        Else
            If Asc(Right(Dato_DeltaP.Text, 3)) = 46 Then
                Dato_DeltaP.Text = Dato_DeltaP.Text & "0"
            Else
                If Asc(Right(Dato_DeltaP.Text, 4)) <> 46 Then
                    Dato_DeltaP.Text = Dato_DeltaP.Text & ".000"
                End If
            End If
        End If
    End If

    Dato_DeltaP.SelStart = 0
    Dato_DeltaP.SelLength = Len(Dato_DeltaP.Text)
End If

    If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
        KeyAscii = 0
    End If

End Sub

Private Sub Dato_DeltaP_LostFocus()
    If Dato_DeltaP.Text = "" Then

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

    Dato_DeltaP.Text = "0"
End If

Dato_DeltaP.Text = Round(Dato_DeltaP.Text, 3)

If Asc(Right(Dato_DeltaP.Text, 2)) = 46 Then
    Dato_DeltaP.Text = Dato_DeltaP.Text & "00"
Else
    If Asc(Right(Dato_DeltaP.Text, 3)) = 46 Then
        Dato_DeltaP.Text = Dato_DeltaP.Text & "0"
    Else
        If Asc(Right(Dato_DeltaP.Text, 4)) <> 46 Then
            Dato_DeltaP.Text = Dato_DeltaP.Text & ".000"
        End If
    End If
End If
End If
End Sub

Private Sub Dato_Longitud_GotFocus()
    Dato_Longitud.SelStart = 0
    Dato_Longitud.SelLength = Len(Dato_Longitud.Text)
End Sub

Private Sub Dato_Longitud_KeyPress(KeyAscii As Integer)
'DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
    If KeyAscii = 44 Then
        KeyAscii = 46
    End If

INGRESO DEL VALOR VALIDADO
    flag = 0
    For i = 1 To Len(Dato_Longitud.Text)
        If 46 = Asc(Right(Dato_Longitud.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
            flag = 1
        End If
    Next

    If KeyAscii = 13 Then
        If Dato_Longitud.Text = "" Then
            Dato_Longitud.Text = "0"
        End If

        Dato_Longitud.Text = Round(Dato_Longitud.Text, 3)

        If Asc(Right(Dato_Longitud.Text, 2)) = 46 Then
            Dato_Longitud.Text = Dato_Longitud.Text & "00"
        Else
            If Asc(Right(Dato_Longitud.Text, 3)) = 46 Then
                Dato_Longitud.Text = Dato_Longitud.Text & "0"
            Else
                If Asc(Right(Dato_Longitud.Text, 4)) <> 46 Then

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

        Dato_Longitud.Text = Dato_Longitud.Text & ".000"
    End If
End If
End If

Dato_Longitud.SelStart = 0
Dato_Longitud.SelLength = Len(Dato_Longitud.Text)
End If

If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
    KeyAscii = 0
End If

End Sub

Private Sub Dato_Longitud_LostFocus()
    If Dato_Longitud.Text = "" Then
        Dato_Longitud.Text = "0"
    End If

    Dato_Longitud.Text = Round(Dato_Longitud.Text, 3)

    If Asc(Right(Dato_Longitud.Text, 2)) = 46 Then
        Dato_Longitud.Text = Dato_Longitud.Text & "00"
    Else
        If Asc(Right(Dato_Longitud.Text, 3)) = 46 Then
            Dato_Longitud.Text = Dato_Longitud.Text & "0"
        Else
            If Asc(Right(Dato_Longitud.Text, 4)) <> 46 Then
                Dato_Longitud.Text = Dato_Longitud.Text & ".000"
            End If
        End If
    End If
End Sub

Private Sub Dato_Nombre_GotFocus()
    Dato_Nombre.SelStart = 0
    Dato_Nombre.SelLength = Len(Dato_Nombre.Text)
End Sub

Private Sub Reductora_Click()
'Agrega en VAR_REDUCTORA los datos ingresados
    If E_Reductora.Reductora.Caption = "Agregar" Then
        VAR_REDUCTORA(0, 0) = VAR_REDUCTORA(0, 0) + 1

        VAR_AUX = VAR_REDUCTORA
        ReDim VAR_REDUCTORA(VAR_REDUCTORA(0, 0) + 1, 5)
        For i = 0 To VAR_AUX(0, 0) - 1
            For j = 0 To 4
                VAR_REDUCTORA(i, j) = VAR_AUX(i, j)
            Next j
        Next i
    End If
End Sub

```

```

Next
Next

VAR_REDUCTORA(VAR_REDUCTORA(0, 0), 0) = E_Reductora.Dato_Nombre
VAR_REDUCTORA(VAR_REDUCTORA(0, 0), 1) = E_Reductora.Dato_Longitud
VAR_REDUCTORA(VAR_REDUCTORA(0, 0), 2) = E_Reductora.Dato_DeltaP
VAR_REDUCTORA(VAR_REDUCTORA(0, 0), 3) = E_Reductora.Unidad_Longitud.ListIndex
VAR_REDUCTORA(VAR_REDUCTORA(0, 0), 4) = E_Reductora.Unidad_DeltaP.ListIndex
End If

Modifica en VAR_REDUCTORA los datos ingresados
If E_Reductora.Reductora.Caption = "Modificar" Then
  VAR_REDUCTORA(E_Reductora.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1) = E_Reductora.Dato_Longitud
  VAR_REDUCTORA(E_Reductora.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 2) = E_Reductora.Dato_DeltaP
  VAR_REDUCTORA(E_Reductora.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 3) = E_Reductora.Unidad_Longitud.ListIndex
  VAR_REDUCTORA(E_Reductora.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 4) = E_Reductora.Unidad_DeltaP.ListIndex
End If

'Quita en VAR_REDUCTORA los datos ingresados
If E_Reductora.Reductora.Caption = "Quitar" Then
  If VAR_REDUCTORA(0, 0) > 0 Then
    VAR_REDUCTORA(E_Reductora.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 0) = ""
    VAR_REDUCTORA(E_Reductora.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1) = ""
    VAR_REDUCTORA(E_Reductora.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 2) = ""
    VAR_REDUCTORA(E_Reductora.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 3) = ""
    VAR_REDUCTORA(E_Reductora.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 4) = ""

    For i = E_Reductora.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1 To VAR_REDUCTORA(0, 0) - 1
      VAR_REDUCTORA(i, 0) = VAR_REDUCTORA(i + 1, 0)
      VAR_REDUCTORA(i, 1) = VAR_REDUCTORA(i + 1, 1)
      VAR_REDUCTORA(i, 2) = VAR_REDUCTORA(i + 1, 2)
      VAR_REDUCTORA(i, 3) = VAR_REDUCTORA(i + 1, 3)
      VAR_REDUCTORA(i, 4) = VAR_REDUCTORA(i + 1, 4)
    Next
    VAR_REDUCTORA(0, 0) = VAR_REDUCTORA(0, 0) - 1

    VAR_AUX = VAR_REDUCTORA
    ReDim VAR_REDUCTORA(VAR_REDUCTORA(0, 0), 5)
    For i = 0 To VAR_AUX(0, 0)
      For j = 0 To 4
        VAR_REDUCTORA(i, j) = VAR_AUX(i, j)
      Next
    Next

  End If
End If

Unload E_Reductora

If FLAG_CORRER = 1 Then
  MsgBox "Para observar los cambios se requiere presionar el botón Continuar"

```

```

Else
    MsgBox "Presione el botón Empaquetar para iniciar"
End If
End Sub

Private Sub Seleccion_Nombre_Change()
    E_Reductora.Dato_Nombre.Text = VAR_REDUCTORA(E_Reductora.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 0)
    E_Reductora.Dato_Longitud.Text = VAR_REDUCTORA(E_Reductora.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1)
    E_Reductora.Dato_DeltaP.Text = VAR_REDUCTORA(E_Reductora.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 2)
    E_Reductora.Unidad_Longitud.ListIndex = VAR_REDUCTORA(E_Reductora.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 3)
    E_Reductora.Unidad_DeltaP.ListIndex = VAR_REDUCTORA(E_Reductora.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 4)
End Sub

Private Sub Seleccion_Nombre_Click()
    E_Reductora.Dato_Nombre.Text = VAR_REDUCTORA(E_Reductora.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 0)
    E_Reductora.Dato_Longitud.Text = VAR_REDUCTORA(E_Reductora.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1)
    E_Reductora.Dato_DeltaP.Text = VAR_REDUCTORA(E_Reductora.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 2)
    E_Reductora.Unidad_Longitud.ListIndex = VAR_REDUCTORA(E_Reductora.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 3)
    E_Reductora.Unidad_DeltaP.ListIndex = VAR_REDUCTORA(E_Reductora.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 4)
End Sub

Private Sub Seleccion_Nombre_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    KeyAscii = 0
End Sub

Private Sub Unidad_DeltaP_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    KeyAscii = 0
End Sub

Private Sub Unidad_Longitud_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    KeyAscii = 0
End Sub

```

Válvulas y Accesorios

```

Private Sub Cancel_Click()
    Unload Val_Acc
End Sub

Private Sub Dato_Coef_K_GotFocus()
    Dato_Coef_K.SelStart = 0
    Dato_Coef_K.SelLength = Len(Dato_Coef_K.Text)
End Sub

Private Sub Dato_Coef_K_KeyPress(KeyAscii As Integer)
'DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
    If KeyAscii = 44 Then
        KeyAscii = 46
    End If

```

INGRESO DEL VALOR VALIDADO

```

flag = 0
For i = 1 To Len(Dato_Coef_K.Text)
  If 46 = Asc(Right(Dato_Coef_K.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
    flag = 1
  End If
Next

If KeyAscii = 13 Then
  If Dato_Coef_K.Text = "" Then
    Dato_Coef_K.Text = "0"
  End If

  Dato_Coef_K.Text = Round(Dato_Coef_K.Text, 3)

  If Asc(Right(Dato_Coef_K.Text, 2)) = 46 Then
    Dato_Coef_K.Text = Dato_Coef_K.Text & "00"
  Else
    If Asc(Right(Dato_Coef_K.Text, 3)) = 46 Then
      Dato_Coef_K.Text = Dato_Coef_K.Text & "0"
    Else
      If Asc(Right(Dato_Coef_K.Text, 4)) <> 46 Then
        Dato_Coef_K.Text = Dato_Coef_K.Text & ".000"
      End If
    End If
  End If

  Dato_Coef_K.SelStart = 0
  Dato_Coef_K.SelLength = Len(Dato_Coef_K.Text)
End If

If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
  KeyAscii = 0
End If

End Sub

```

Private Sub Dato_Coef_K_LostFocus()

```

If Dato_Coef_K.Text = "" Then
  Dato_Coef_K.Text = "0"
End If

Dato_Coef_K.Text = Round(Dato_Coef_K.Text, 3)

If Asc(Right(Dato_Coef_K.Text, 2)) = 46 Then
  Dato_Coef_K.Text = Dato_Coef_K.Text & "00"
Else
  If Asc(Right(Dato_Coef_K.Text, 3)) = 46 Then
    Dato_Coef_K.Text = Dato_Coef_K.Text & "0"
  Else
    If Asc(Right(Dato_Coef_K.Text, 4)) <> 46 Then

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

        Dato_Coef_K.Text = Dato_Coef_K.Text & ".000"
    End If
End If
End If
End Sub

Private Sub Dato_Longitud_GotFocus()
    Dato_Longitud.SelStart = 0
    Dato_Longitud.SelLength = Len(Dato_Longitud.Text)
End Sub

Private Sub Dato_Longitud_KeyPress(KeyAscii As Integer)
'DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
    If KeyAscii = 44 Then
        KeyAscii = 46
    End If

'INGRESO DEL VALOR VALIDADO
    flag = 0
    For i = 1 To Len(Dato_Longitud.Text)
        If 46 = Asc(Right(Dato_Longitud.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
            flag = 1
        End If
    Next

    If KeyAscii = 13 Then
        If Dato_Longitud.Text = "" Then
            Dato_Longitud.Text = "0"
        End If

        Dato_Longitud.Text = Round(Dato_Longitud.Text, 3)

        If Asc(Right(Dato_Longitud.Text, 2)) = 46 Then
            Dato_Longitud.Text = Dato_Longitud.Text & "00"
        Else
            If Asc(Right(Dato_Longitud.Text, 3)) = 46 Then
                Dato_Longitud.Text = Dato_Longitud.Text & "0"
            Else
                If Asc(Right(Dato_Longitud.Text, 4)) <> 46 Then
                    Dato_Longitud.Text = Dato_Longitud.Text & ".000"
                End If
            End If
        End If

        Dato_Longitud.SelStart = 0
        Dato_Longitud.SelLength = Len(Dato_Longitud.Text)
    End If

    If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
        KeyAscii = 0
    End If

```

End Sub

Private Sub Dato_Longitud_LostFocus()

 If Dato_Longitud.Text = "" Then

 Dato_Longitud.Text = "0"

 End If

 Dato_Longitud.Text = Round(Dato_Longitud.Text, 3)

 If Asc(Right(Dato_Longitud.Text, 2)) = 46 Then

 Dato_Longitud.Text = Dato_Longitud.Text & "00"

 Else

 If Asc(Right(Dato_Longitud.Text, 3)) = 46 Then

 Dato_Longitud.Text = Dato_Longitud.Text & "0"

 Else

 If Asc(Right(Dato_Longitud.Text, 4)) <> 46 Then

 Dato_Longitud.Text = Dato_Longitud.Text & ".000"

 End If

 End If

 End If

End Sub

Private Sub Seleccion_Nombre_KeyPress(KeyAscii As Integer)

 KeyAscii = 0

End Sub

Private Sub Seleccion_Tipo_KeyPress(KeyAscii As Integer)

 KeyAscii = 0

End Sub

Private Sub Unidad_Longitud_KeyPress(KeyAscii As Integer)

 KeyAscii = 0

End Sub

Private Sub ValAcc_Click()

'Agrega en VAR_VALYACC los datos ingresados

 If Val_Acc.ValAcc.Caption = "Agregar" Then

 VAR_VALYACC(0, 0) = VAR_VALYACC(0, 0) + 1

 VAR_AUX = VAR_VALYACC

 ReDim VAR_VALYACC(VAR_VALYACC(0, 0) + 1, 5)

 For i = 0 To VAR_AUX(0, 0) - 1

 For j = 0 To 4

 VAR_VALYACC(i, j) = VAR_AUX(i, j)

 Next

 Next

 VAR_VALYACC(VAR_VALYACC(0, 0), 0) = Val_Acc.Dato_Nombre

 VAR_VALYACC(VAR_VALYACC(0, 0), 1) = Val_Acc.Dato_Longitud

 VAR_VALYACC(VAR_VALYACC(0, 0), 2) = Val_Acc.Seleccion_Tipo.ListIndex

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

    VAR_VALYACC(VAR_VALYACC(0, 0), 3) = Val_Acc.Dato_Coef_K
    VAR_VALYACC(VAR_VALYACC(0, 0), 4) = Val_Acc.Unidad_Longitud.ListIndex
End If

Modifica en VAR_VALYACC los datos ingresados
If Val_Acc.ValAcc.Caption = "Modificar" Then
    VAR_VALYACC(Val_Acc.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1) = Val_Acc.Dato_Longitud
    VAR_VALYACC(Val_Acc.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 2) = Val_Acc.Seleccion_Tipo.ListIndex
    VAR_VALYACC(Val_Acc.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 3) = Val_Acc.Dato_Coef_K
    VAR_VALYACC(Val_Acc.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 4) = Val_Acc.Unidad_Longitud.ListIndex
End If

'Quita en VAR_VALYACC los datos ingresados
If Val_Acc.ValAcc.Caption = "Quitar" Then
    If VAR_VALYACC(0, 0) > 0 Then
        VAR_VALYACC(Val_Acc.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 0) = ""
        VAR_VALYACC(Val_Acc.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1) = ""
        VAR_VALYACC(Val_Acc.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 2) = ""
        VAR_VALYACC(Val_Acc.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 3) = ""
        VAR_VALYACC(Val_Acc.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 4) = ""

        For i = Val_Acc.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1 To VAR_VALYACC(0, 0) - 1
            VAR_VALYACC(i, 0) = VAR_VALYACC(i + 1, 0)
            VAR_VALYACC(i, 1) = VAR_VALYACC(i + 1, 1)
            VAR_VALYACC(i, 2) = VAR_VALYACC(i + 1, 2)
            VAR_VALYACC(i, 3) = VAR_VALYACC(i + 1, 3)
            VAR_VALYACC(i, 4) = VAR_VALYACC(i + 1, 4)
        Next
        VAR_VALYACC(0, 0) = VAR_VALYACC(0, 0) - 1

        VAR_AUX = VAR_VALYACC
        ReDim VAR_VALYACC(VAR_VALYACC(0, 0), 5)
        For i = 0 To VAR_AUX(0, 0)
            For j = 0 To 4
                VAR_VALYACC(i, j) = VAR_AUX(i, j)
            Next
        Next

    End If
End If

Unload Val_Acc

If FLAG_CORRER = 1 Then
    MsgBox "Para observar los cambios se requiere presionar el botón Continuar"
Else
    MsgBox "Presione el botón Empaquetar para iniciar"
End If
End Sub

Private Sub Seleccion_Nombre_Change()

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```
Val_Acc.Dato_Nombre.Text = VAR_VALYACC(Val_Acc.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 0)
Val_Acc.Dato_Longitud.Text = VAR_VALYACC(Val_Acc.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1)
Val_Acc.Seleccion_Tipo.ListIndex = VAR_VALYACC(Val_Acc.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 2)
Val_Acc.Dato_Coef_K.Text = VAR_VALYACC(Val_Acc.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 3)
Val_Acc.Unidad_Longitud.ListIndex = VAR_VALYACC(Val_Acc.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 4)
End Sub
```

```
Private Sub Seleccion_Nombre_Click()
    Val_Acc.Dato_Nombre.Text = VAR_VALYACC(Val_Acc.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 0)
    Val_Acc.Dato_Longitud.Text = VAR_VALYACC(Val_Acc.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1)
    Val_Acc.Seleccion_Tipo.ListIndex = VAR_VALYACC(Val_Acc.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 2)
    Val_Acc.Dato_Coef_K.Text = VAR_VALYACC(Val_Acc.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 3)
    Val_Acc.Unidad_Longitud.ListIndex = VAR_VALYACC(Val_Acc.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 4)
End Sub
```

Puntos de Inyección

```
Private Sub Calcular_Viscosidad_Click()
    cSt_CrudoOriente_BEICIP.Show
    cSt_CrudoOriente_BEICIP.Dato_API = Dato_API
End Sub
```

```
Private Sub Cancel_Click()
    Unload P_Inyeccion
End Sub
```

```
Private Sub Dato_API_GotFocus()
    Dato_API.SelStart = 0
    Dato_API.SelLength = Len(Dato_API.Text)
End Sub
```

```
Private Sub Dato_API_KeyPress(KeyAscii As Integer)
'DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
    If KeyAscii = 44 Then
        KeyAscii = 46
    End If

'INGRESO DEL VALOR VALIDADO
    flag = 0
    For i = 1 To Len(Dato_API.Text)
        If 46 = Asc(Right(Dato_API.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
            flag = 1
        End If
    Next

    If KeyAscii = 13 Then
        If Dato_API.Text = "" Then
            Dato_API.Text = "0"
        End If
    End If
```

```

Dato_API.Text = Round(Dato_API.Text, 3)

If Asc(Right(Dato_API.Text, 2)) = 46 Then
    Dato_API.Text = Dato_API.Text & "00"
Else
    If Asc(Right(Dato_API.Text, 3)) = 46 Then
        Dato_API.Text = Dato_API.Text & "0"
    Else
        If Asc(Right(Dato_API.Text, 4)) <> 46 Then
            Dato_API.Text = Dato_API.Text & ".000"
        End If
    End If
End If

Dato_API.SelStart = 0
Dato_API.SelLength = Len(Dato_API.Text)
End If

If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
    KeyAscii = 0
End If

End Sub

Private Sub Dato_API_LostFocus()
    If Dato_API.Text = "" Then
        Dato_API.Text = "0"
    End If

    Dato_API.Text = Round(Dato_API.Text, 3)

    If Asc(Right(Dato_API.Text, 2)) = 46 Then
        Dato_API.Text = Dato_API.Text & "00"
    Else
        If Asc(Right(Dato_API.Text, 3)) = 46 Then
            Dato_API.Text = Dato_API.Text & "0"
        Else
            If Asc(Right(Dato_API.Text, 4)) <> 46 Then
                Dato_API.Text = Dato_API.Text & ".000"
            End If
        End If
    End If

    End If

    If FLAG_CORRER = 1 Then
        For i = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
            If VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1) = VAR_CALCULOS(i, 0) And
P_Inyeccion.Dato_API > 0 And P_Inyeccion.Dato_cSt_1 > 0 And P_Inyeccion.Dato_cSt_2 > 0 And
P_Inyeccion.Dato_Temperatura > 0 And P_Inyeccion.Dato_Caudal > 0 Then
                SpgrInyeccion60 = 141.5 / (131.5 + P_Inyeccion.Dato_API)
                SpgrInyeccion = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (P_Inyeccion.Dato_Temperatura - 60) + SpgrInyeccion60
                CaudalMasticoInyeccion = 349.761526 * SpgrInyeccion * P_Inyeccion.Dato_Caudal
                Cpinyeccion = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4))) * P_Inyeccion.Dato_Temperatura / (SpgrInyeccion60 ^ (0.5))
            End If
        Next i
    End If
End Sub

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

qinyeccion = P_Inyeccion.Dato_Temperatura * CaudalMasicoInyeccion * Cpinyeccion
If i > 1 Then
    SpGrinicio = VAR_CALCULOS(i - 1, 41)
    CaudalMasicoInicio = 349.761526 * SpGrinicio * VAR_CALCULOS(i - 1, 45)
    Cpincipial = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * VAR_CALCULOS(i, 38)) / (VAR_CALCULOS(i - 1, 40) ^ (0.5))
    qinicio = VAR_CALCULOS(i, 38) * VAR_CALCULOS(i, 35) * Cpincipial
Else
    SpGrinicio = 141.5 / (131.5 + VAR_INICIO(0))
    CaudalMasicoInicio = 349.761526 * SpGrinicio * VAR_INICIO(13)
    Cpincipial = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * VAR_CALCULOS(i, 38)) / (SpGrinicio ^ (0.5))
    qinicio = VAR_CALCULOS(i, 38) * VAR_CALCULOS(i, 35) * Cpincipial
End If

    spgr60 = (CaudalMasicoInicio + CaudalMasicoInyeccion) / ((CaudalMasicoInicio / SpGrinicio) +
(CaudalMasicoInyeccion / SpgrInyeccion))
    temperatura = (-0.388 + (0.150544 + 18 * (10 ^ (-4)) * (spgr60 ^ (0.5)) * (qinicio + qinyeccion) / (CaudalMasicoInicio +
CaudalMasicoInyeccion)) ^ (0.5)) / (9 * (10 ^ (-4)))
    spgr = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (temperatura - 60) + spgr60

    P_Inyeccion.Dato_Potencia.Text = Round((P_Inyeccion.Dato_Caudal * VAR_CALCULOS(i, 58) * spgr) / (17.242536 *
65), 3)
End If
Next
End If
End Sub

Private Sub Dato_Caudal_GotFocus()
    Dato_Caudal.SelStart = 0
    Dato_Caudal.SelLength = Len(Dato_Caudal.Text)
End Sub

Private Sub Dato_Caudal_KeyPress(KeyAscii As Integer)
'DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
    If KeyAscii = 44 Then
        KeyAscii = 46
    End If

'INGRESO DEL VALOR VALIDADO
    flag = 0
    For i = 1 To Len(Dato_Caudal.Text)
        If 46 = Asc(Right(Dato_Caudal.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
            flag = 1
        End If
    Next

    If KeyAscii = 13 Then
        If Dato_Caudal.Text = "" Then
            Dato_Caudal.Text = "0"
        End If

        Dato_Caudal.Text = Round(Dato_Caudal.Text, 3)

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

If Asc(Right(Dato_Caudal.Text, 2)) = 46 Then
    Dato_Caudal.Text = Dato_Caudal.Text & "00"
Else
    If Asc(Right(Dato_Caudal.Text, 3)) = 46 Then
        Dato_Caudal.Text = Dato_Caudal.Text & "0"
    Else
        If Asc(Right(Dato_Caudal.Text, 4)) <> 46 Then
            Dato_Caudal.Text = Dato_Caudal.Text & ".000"
        End If
    End If
End If

Dato_Caudal.SelStart = 0
Dato_Caudal.SelLength = Len(Dato_Caudal.Text)

If FLAG_CORRER = 1 Then
    For i = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
        If VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1) = VAR_CALCULOS(i, 0) And
        P_Inyeccion.Dato_API > 0 And P_Inyeccion.Dato_cSt_1 > 0 And P_Inyeccion.Dato_cSt_2 > 0 And
        P_Inyeccion.Dato_Temperatura > 0 And P_Inyeccion.Dato_Caudal > 0 Then
            SpgrInyeccion60 = 141.5 / (131.5 + P_Inyeccion.Dato_API)
            SpgrInyeccion = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (P_Inyeccion.Dato_Temperatura - 60) + SpgrInyeccion60
            CaudalMasticoInyeccion = 349.761526 * SpgrInyeccion * P_Inyeccion.Dato_Caudal
            Cpinyeccion = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * P_Inyeccion.Dato_Temperatura) / (SpgrInyeccion60 ^ (0.5))
            qinyeccion = P_Inyeccion.Dato_Temperatura * CaudalMasticoInyeccion * Cpinyeccion
            If i > 1 Then
                SpGrinicio = VAR_CALCULOS(i - 1, 41)
                CaudalMasticoInicio = 349.761526 * SpGrinicio * VAR_CALCULOS(i - 1, 45)
                Cpinicial = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * VAR_CALCULOS(i, 38)) / (VAR_CALCULOS(i - 1, 40) ^ (0.5))
                qinicio = VAR_CALCULOS(i, 38) * VAR_CALCULOS(i, 35) * Cpinicial
            Else
                SpGrinicio = 141.5 / (131.5 + VAR_INICIO(0))
                CaudalMasticoInicio = 349.761526 * SpGrinicio * VAR_INICIO(13)
                Cpinicial = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * VAR_CALCULOS(i, 38)) / (SpGrinicio ^ (0.5))
                qinicio = VAR_CALCULOS(i, 38) * VAR_CALCULOS(i, 35) * Cpinicial
            End If

            spgr60 = (CaudalMasticoInicio + CaudalMasticoInyeccion) / ((CaudalMasticoInicio / SpGrinicio) +
            (CaudalMasticoInyeccion / SpgrInyeccion))
            temperatura = (-0.388 + (0.150544 + 18 * (10 ^ (-4)) * (spgr60 ^ (0.5)) * (qinicio + qinyeccion) / (CaudalMasticoInicio
            + CaudalMasticoInyeccion)) ^ (0.5)) / (9 * (10 ^ (-4)))
            spgr = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (temperatura - 60) + spgr60

            P_Inyeccion.Dato_Potencia.Text = Round((P_Inyeccion.Dato_Caudal * VAR_CALCULOS(i, 58) * spgr) / (17.242536
            * 65), 3)
        End If
    Next
End If
End If

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
    KeyAscii = 0
End If

End Sub

Private Sub Dato_Caudal_LostFocus()
    If Dato_Caudal.Text = "" Then
        Dato_Caudal.Text = "0"
    End If

    Dato_Caudal.Text = Round(Dato_Caudal.Text, 3)

    If Asc(Right(Dato_Caudal.Text, 2)) = 46 Then
        Dato_Caudal.Text = Dato_Caudal.Text & "00"
    Else
        If Asc(Right(Dato_Caudal.Text, 3)) = 46 Then
            Dato_Caudal.Text = Dato_Caudal.Text & "0"
        Else
            If Asc(Right(Dato_Caudal.Text, 4)) <> 46 Then
                Dato_Caudal.Text = Dato_Caudal.Text & ".000"
            End If
        End If
    End If

    If FLAG_CORRER = 1 Then
        For i = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
            If VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1) = VAR_CALCULOS(i, 0) And
                P_Inyeccion.Dato_API > 0 And P_Inyeccion.Dato_cSt_1 > 0 And P_Inyeccion.Dato_cSt_2 > 0 And
                P_Inyeccion.Dato_Temperatura > 0 And P_Inyeccion.Dato_Caudal > 0 Then
                SpgrInyeccion60 = 141.5 / (131.5 + P_Inyeccion.Dato_API)
                SpgrInyeccion = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (P_Inyeccion.Dato_Temperatura - 60) + SpgrInyeccion60
                CaudalMasticoInyeccion = 349.761526 * SpgrInyeccion * P_Inyeccion.Dato_Caudal
                Cpinyeccion = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * P_Inyeccion.Dato_Temperatura) / (SpgrInyeccion60 ^ (0.5))
                qinyeccion = P_Inyeccion.Dato_Temperatura * CaudalMasticoInyeccion * Cpinyeccion
                If i > 1 Then
                    SpGrinicio = VAR_CALCULOS(i - 1, 41)
                    CaudalMasticoInicio = 349.761526 * SpGrinicio * VAR_CALCULOS(i - 1, 45)
                    Cpinicial = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * VAR_CALCULOS(i, 38)) / (VAR_CALCULOS(i - 1, 40) ^ (0.5))
                    qinicio = VAR_CALCULOS(i, 38) * VAR_CALCULOS(i, 35) * Cpinicial
                Else
                    SpGrinicio = 141.5 / (131.5 + VAR_INICIO(0))
                    CaudalMasticoInicio = 349.761526 * SpGrinicio * VAR_INICIO(13)
                    Cpinicial = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * VAR_CALCULOS(i, 38)) / (SpGrinicio ^ (0.5))
                    qinicio = VAR_CALCULOS(i, 38) * VAR_CALCULOS(i, 35) * Cpinicial
                End If

                spgr60 = (CaudalMasticoInicio + CaudalMasticoInyeccion) / ((CaudalMasticoInicio / SpGrinicio) +
                    (CaudalMasticoInyeccion / SpgrInyeccion))
                temperatura = (-0.388 + 0.150544 + 18 * (10 ^ (-4)) * (spgr60 ^ (0.5)) * (qinicio + qinyeccion) / (CaudalMasticoInicio +
                    CaudalMasticoInyeccion) ^ (0.5)) / (9 * (10 ^ (-4)))
                spgr = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (temperatura - 60) + spgr60
            End If
        Next i
    End If
End Sub

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

        P_Inyeccion.Dato_Potencia.Text = Round((P_Inyeccion.Dato_Caudal * VAR_CALCULOS(i, 58) * spgr) / (17.242536 *
65), 3)
    End If
Next
End If
End Sub

Private Sub Dato_cSt_1_GotFocus()
    Dato_cSt_1.SelStart = 0
    Dato_cSt_1.SelLength = Len(Dato_cSt_1.Text)
End Sub

Private Sub Dato_cSt_2_GotFocus()
    Dato_cSt_2.SelStart = 0
    Dato_cSt_2.SelLength = Len(Dato_cSt_2.Text)
End Sub

Private Sub Dato_cSt_1_KeyPress(KeyAscii As Integer)
'DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
    If KeyAscii = 44 Then
        KeyAscii = 46
    End If

'INGRESO DEL VALOR VALIDADO
    flag = 0
    For i = 1 To Len(Dato_cSt_1.Text)
        If 46 = Asc(Right(Dato_cSt_1.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
            flag = 1
        End If
    Next

    If KeyAscii = 13 Then
        If Dato_cSt_1.Text = "" Then
            Dato_cSt_1.Text = "0"
        End If

        Dato_cSt_1.Text = Round(Dato_cSt_1.Text, 3)

        If Asc(Right(Dato_cSt_1.Text, 2)) = 46 Then
            Dato_cSt_1.Text = Dato_cSt_1.Text & "00"
        Else
            If Asc(Right(Dato_cSt_1.Text, 3)) = 46 Then
                Dato_cSt_1.Text = Dato_cSt_1.Text & "0"
            Else
                If Asc(Right(Dato_cSt_1.Text, 4)) <> 46 Then
                    Dato_cSt_1.Text = Dato_cSt_1.Text & ".000"
                End If
            End If
        End If
    End If
End Sub

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

    Dato_cSt_1.SelStart = 0
    Dato_cSt_1.SelLength = Len(Dato_cSt_1.Text)
End If

If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
    KeyAscii = 0
End If

End Sub

Private Sub Dato_cSt_2_KeyPress(KeyAscii As Integer)
DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
    If KeyAscii = 44 Then
        KeyAscii = 46
    End If

INGRESO DEL VALOR VALIDADO
    flag = 0
    For i = 1 To Len(Dato_cSt_2.Text)
        If 46 = Asc(Right(Dato_cSt_2.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
            flag = 1
        End If
    Next

    If KeyAscii = 13 Then
        If Dato_cSt_2.Text = "" Then
            Dato_cSt_2.Text = "0"
        End If

        Dato_cSt_2.Text = Round(Dato_cSt_2.Text, 3)

        If Asc(Right(Dato_cSt_2.Text, 2)) = 46 Then
            Dato_cSt_2.Text = Dato_cSt_2.Text & "00"
        Else
            If Asc(Right(Dato_cSt_2.Text, 3)) = 46 Then
                Dato_cSt_2.Text = Dato_cSt_2.Text & "0"
            Else
                If Asc(Right(Dato_cSt_2.Text, 4)) <> 46 Then
                    Dato_cSt_2.Text = Dato_cSt_2.Text & ".000"
                End If
            End If
        End If
    End If

    Dato_cSt_2.SelStart = 0
    Dato_cSt_2.SelLength = Len(Dato_cSt_2.Text)
End If

If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
    KeyAscii = 0
End If

End Sub

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

Private Sub Dato_cSt_1_LostFocus()
    If Dato_cSt_1.Text = "" Then
        Dato_cSt_1.Text = "0"
    End If

    Dato_cSt_1.Text = Round(Dato_cSt_1.Text, 3)

    If Asc(Right(Dato_cSt_1.Text, 2)) = 46 Then
        Dato_cSt_1.Text = Dato_cSt_1.Text & "00"
    Else
        If Asc(Right(Dato_cSt_1.Text, 3)) = 46 Then
            Dato_cSt_1.Text = Dato_cSt_1.Text & "0"
        Else
            If Asc(Right(Dato_cSt_1.Text, 4)) <> 46 Then
                Dato_cSt_1.Text = Dato_cSt_1.Text & ".000"
            End If
        End If
    End If

    If FLAG_CORRER = 1 Then
        For i = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
            If VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1) = VAR_CALCULOS(i, 0) And
                P_Inyeccion.Dato_API > 0 And P_Inyeccion.Dato_cSt_1 > 0 And P_Inyeccion.Dato_cSt_2 > 0 And
                P_Inyeccion.Dato_Temperatura > 0 And P_Inyeccion.Dato_Caudal > 0 Then

                SpgrInyeccion60 = 141.5 / (131.5 + P_Inyeccion.Dato_API)
                SpgrInyeccion = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (P_Inyeccion.Dato_Temperatura - 60) + SpgrInyeccion60
                CaudalMasticoInyeccion = 349.761526 * SpgrInyeccion * P_Inyeccion.Dato_Caudal
                Cpinyeccion = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * P_Inyeccion.Dato_Temperatura) / (SpgrInyeccion60 ^ (0.5))
                qinyeccion = P_Inyeccion.Dato_Temperatura * CaudalMasticoInyeccion * Cpinyeccion

                If i > 1 Then
                    SpGrinicio = VAR_CALCULOS(i - 1, 41)
                    CaudalMasticoInicio = 349.761526 * SpGrinicio * VAR_CALCULOS(i - 1, 45)
                    Cpinicial = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * VAR_CALCULOS(i, 38)) / (VAR_CALCULOS(i - 1, 40) ^ (0.5))
                    qinicio = VAR_CALCULOS(i, 38) * VAR_CALCULOS(i, 35) * Cpinicial
                Else
                    SpGrinicio = 141.5 / (131.5 + VAR_INICIO(0))
                    CaudalMasticoInicio = 349.761526 * SpGrinicio * VAR_INICIO(13)
                    Cpinicial = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * VAR_CALCULOS(i, 38)) / (SpGrinicio ^ (0.5))
                    qinicio = VAR_CALCULOS(i, 38) * VAR_CALCULOS(i, 35) * Cpinicial
                End If

                spgr60 = (CaudalMasticoInicio + CaudalMasticoInyeccion) / ((CaudalMasticoInicio / SpGrinicio) +
                (CaudalMasticoInyeccion / SpgrInyeccion))
                temperatura = (-0.388 + (0.150544 + 18 * (10 ^ (-4)) * (spgr60 ^ (0.5)) * (qinicio + qinyeccion) / (CaudalMasticoInicio +
                CaudalMasticoInyeccion)) ^ (0.5)) / (9 * (10 ^ (-4)))
                spgr = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (temperatura - 60) + spgr60

                P_Inyeccion.Dato_Potencia.Text = Round((P_Inyeccion.Dato_Caudal * VAR_CALCULOS(i, 58) * spgr) / (17.242536 *
                65), 3)
            End If
        Next
    End If

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

End Sub
Private Sub Dato_cSt_2_LostFocus()
    If Dato_cSt_2.Text = "" Then
        Dato_cSt_2.Text = "0"
    End If

    Dato_cSt_2.Text = Round(Dato_cSt_2.Text, 3)

    If Asc(Right(Dato_cSt_2.Text, 2)) = 46 Then
        Dato_cSt_2.Text = Dato_cSt_2.Text & "00"
    Else
        If Asc(Right(Dato_cSt_2.Text, 3)) = 46 Then
            Dato_cSt_2.Text = Dato_cSt_2.Text & "0"
        Else
            If Asc(Right(Dato_cSt_2.Text, 4)) <> 46 Then
                Dato_cSt_2.Text = Dato_cSt_2.Text & ".000"
            End If
        End If
    End If

    End If
End If
If FLAG_CORRER = 1 Then
    For i = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
        If VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1) = VAR_CALCULOS(i, 0) And
P_Inyeccion.Dato_API > 0 And P_Inyeccion.Dato_cSt_1 > 0 And P_Inyeccion.Dato_cSt_2 > 0 And
P_Inyeccion.Dato_Temperatura > 0 And P_Inyeccion.Dato_Caudal > 0 Then
            SpgrInyeccion60 = 141.5 / (131.5 + P_Inyeccion.Dato_API)
            SpgrInyeccion = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (P_Inyeccion.Dato_Temperatura - 60) + SpgrInyeccion60
            CaudalMasticoInyeccion = 349.761526 * SpgrInyeccion * P_Inyeccion.Dato_Caudal
            Cpinieccion = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * P_Inyeccion.Dato_Temperatura) / (SpgrInyeccion60 ^ (0.5))
            qinyeccion = P_Inyeccion.Dato_Temperatura * CaudalMasticoInyeccion * Cpinieccion
            If i > 1 Then
                SpGrinicio = VAR_CALCULOS(i - 1, 41)
                CaudalMasticoInicio = 349.761526 * SpGrinicio * VAR_CALCULOS(i - 1, 45)
                Cpinicial = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * VAR_CALCULOS(i, 38)) / (VAR_CALCULOS(i - 1, 40) ^ (0.5))
                qinicio = VAR_CALCULOS(i, 38) * VAR_CALCULOS(i, 35) * Cpinicial
            Else
                SpGrinicio = 141.5 / (131.5 + VAR_INICIO(0))
                CaudalMasticoInicio = 349.761526 * SpGrinicio * VAR_INICIO(13)
                Cpinicial = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * VAR_CALCULOS(i, 38)) / (SpGrinicio ^ (0.5))
                qinicio = VAR_CALCULOS(i, 38) * VAR_CALCULOS(i, 35) * Cpinicial
            End If

            spgr60 = (CaudalMasticoInicio + CaudalMasticoInyeccion) / ((CaudalMasticoInicio / SpGrinicio) +
(CaudalMasticoInyeccion / SpgrInyeccion))
            temperatura = (-0.388 + (0.150544 + 18 * (10 ^ (-4)) * (spgr60 ^ (0.5)) * (qinicio + qinyeccion) / (CaudalMasticoInicio +
CaudalMasticoInyeccion)) ^ (0.5)) / (9 * (10 ^ (-4)))
            spgr = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (temperatura - 60) + spgr60

            P_Inyeccion.Dato_Potencia.Text = Round((P_Inyeccion.Dato_Caudal * VAR_CALCULOS(i, 58) * spgr) / (17.242536 *
65), 3)
        End If
    Next
End Sub

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

End If
End Sub

Private Sub Dato_Longitud_GotFocus()
    Dato_Longitud.SelStart = 0
    Dato_Longitud.SelLength = Len(Dato_Longitud.Text)
End Sub

Private Sub Dato_Longitud_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
    If KeyAscii = 44 Then
        KeyAscii = 46
    End If

    INGRESO DEL VALOR VALIDADO
    flag = 0
    For i = 1 To Len(Dato_Longitud.Text)
        If 46 = Asc(Right(Dato_Longitud.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
            flag = 1
        End If
    Next

    If KeyAscii = 13 Then
        If Dato_Longitud.Text = "" Then
            Dato_Longitud.Text = "0"
        End If

        Dato_Longitud.Text = Round(Dato_Longitud.Text, 3)

        If Asc(Right(Dato_Longitud.Text, 2)) = 46 Then
            Dato_Longitud.Text = Dato_Longitud.Text & "00"
        Else
            If Asc(Right(Dato_Longitud.Text, 3)) = 46 Then
                Dato_Longitud.Text = Dato_Longitud.Text & "0"
            Else
                If Asc(Right(Dato_Longitud.Text, 4)) <> 46 Then
                    Dato_Longitud.Text = Dato_Longitud.Text & ".000"
                End If
            End If
        End If

        Dato_Longitud.SelStart = 0
        Dato_Longitud.SelLength = Len(Dato_Longitud.Text)
    End If

    If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
        KeyAscii = 0
    End If
End Sub

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

Private Sub Dato_Longitud_LostFocus()
    If Dato_Longitud.Text = "" Then
        Dato_Longitud.Text = "0"
    End If

    Dato_Longitud.Text = Round(Dato_Longitud.Text, 3)

    If Asc(Right(Dato_Longitud.Text, 2)) = 46 Then
        Dato_Longitud.Text = Dato_Longitud.Text & "00"
    Else
        If Asc(Right(Dato_Longitud.Text, 3)) = 46 Then
            Dato_Longitud.Text = Dato_Longitud.Text & "0"
        Else
            If Asc(Right(Dato_Longitud.Text, 4)) <> 46 Then
                Dato_Longitud.Text = Dato_Longitud.Text & ".000"
            End If
        End If
    End If

    End If

    If FLAG_CORRER = 1 Then
        For i = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
            If VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1) = VAR_CALCULOS(i, 0) And
                P_Inyeccion.Dato_API > 0 And P_Inyeccion.Dato_cSt_1 > 0 And P_Inyeccion.Dato_cSt_2 > 0 And
                P_Inyeccion.Dato_Temperatura > 0 And P_Inyeccion.Dato_Caudal > 0 Then

                SpgrInyeccion60 = 141.5 / (131.5 + P_Inyeccion.Dato_API)
                SpgrInyeccion = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (P_Inyeccion.Dato_Temperatura - 60) + SpgrInyeccion60
                CaudalMasticoInyeccion = 349.761526 * SpgrInyeccion * P_Inyeccion.Dato_Caudal
                Cpinyeccion = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * P_Inyeccion.Dato_Temperatura) / (SpgrInyeccion60 ^ (0.5))
                qinyeccion = P_Inyeccion.Dato_Temperatura * CaudalMasticoInyeccion * Cpinyeccion

                If i > 1 Then
                    SpGrinicio = VAR_CALCULOS(i - 1, 41)
                    CaudalMasticoInicio = 349.761526 * SpGrinicio * VAR_CALCULOS(i - 1, 45)
                    Cpinicial = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * VAR_CALCULOS(i, 38)) / (VAR_CALCULOS(i - 1, 40) ^ (0.5))
                    qinicio = VAR_CALCULOS(i, 38) * VAR_CALCULOS(i, 35) * Cpinicial
                Else
                    SpGrinicio = 141.5 / (131.5 + VAR_INICIO(0))
                    CaudalMasticoInicio = 349.761526 * SpGrinicio * VAR_INICIO(13)
                    Cpinicial = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * VAR_CALCULOS(i, 38)) / (SpGrinicio ^ (0.5))
                    qinicio = VAR_CALCULOS(i, 38) * VAR_CALCULOS(i, 35) * Cpinicial
                End If

                spgr60 = (CaudalMasticoInicio + CaudalMasticoInyeccion) / ((CaudalMasticoInicio / SpGrinicio) +
                (CaudalMasticoInyeccion / SpgrInyeccion))
                temperatura = (-0.388 + (0.150544 + 18 * (10 ^ (-4)) * (spgr60 ^ (0.5)) * (qinicio + qinyeccion) / (CaudalMasticoInicio +
                CaudalMasticoInyeccion)) ^ (0.5)) / (9 * (10 ^ (-4)))
                spgr = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (temperatura - 60) + spgr60

                P_Inyeccion.Dato_Potencia.Text = Round((P_Inyeccion.Dato_Caudal * VAR_CALCULOS(i, 58) * spgr) / (17.242536 *
                65), 3)

            End If
        Next
    End If

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

End Sub

Private Sub Dato_Nombre_GotFocus()

 Dato_Nombre.SelStart = 0

 Dato_Nombre.SelLength = Len(Dato_Nombre.Text)

End Sub

Private Sub Dato_Temperatura_GotFocus()

 Dato_Temperatura.SelStart = 0

 Dato_Temperatura.SelLength = Len(Dato_Temperatura.Text)

End Sub

Private Sub Dato_Temperatura_KeyPress(KeyAscii As Integer)

'DETERMINA EL PUNTO DECIMAL

 If KeyAscii = 44 Then

 KeyAscii = 46

 End If

'INGRESO DEL VALOR VALIDADO

 flag = 0

 For i = 1 To Len(Dato_Temperatura.Text)

 If 46 = Asc(Right(Dato_Temperatura.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then

 flag = 1

 End If

 Next

 If KeyAscii = 13 Then

 If Dato_Temperatura.Text = "" Then

 Dato_Temperatura.Text = "0"

 End If

 Dato_Temperatura.Text = Round(Dato_Temperatura.Text, 3)

 If Asc(Right(Dato_Temperatura.Text, 2)) = 46 Then

 Dato_Temperatura.Text = Dato_Temperatura.Text & "00"

 Else

 If Asc(Right(Dato_Temperatura.Text, 3)) = 46 Then

 Dato_Temperatura.Text = Dato_Temperatura.Text & "0"

 Else

 If Asc(Right(Dato_Temperatura.Text, 4)) <> 46 Then

 Dato_Temperatura.Text = Dato_Temperatura.Text & ".000"

 End If

 End If

 End If

 Dato_Temperatura.SelStart = 0

 Dato_Temperatura.SelLength = Len(Dato_Temperatura.Text)

End If

If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then

 KeyAscii = 0

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

End If

End Sub

Private Sub Dato_Temperatura_LostFocus()
    If Dato_Temperatura.Text = "" Then
        Dato_Temperatura.Text = "0"
    End If

    Dato_Temperatura.Text = Round(Dato_Temperatura.Text, 3)

    If Asc(Right(Dato_Temperatura.Text, 2)) = 46 Then
        Dato_Temperatura.Text = Dato_Temperatura.Text & "00"
    Else
        If Asc(Right(Dato_Temperatura.Text, 3)) = 46 Then
            Dato_Temperatura.Text = Dato_Temperatura.Text & "0"
        Else
            If Asc(Right(Dato_Temperatura.Text, 4)) <> 46 Then
                Dato_Temperatura.Text = Dato_Temperatura.Text & ".000"
            End If
        End If
    End If

    End If

    If FLAG_CORRER = 1 Then
        For i = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
            If VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1) = VAR_CALCULOS(i, 0) And
            P_Inyeccion.Dato_API > 0 And P_Inyeccion.Dato_cSt_1 > 0 And P_Inyeccion.Dato_cSt_2 > 0 And
            P_Inyeccion.Dato_Temperatura > 0 And P_Inyeccion.Dato_Caudal > 0 Then
                SpgrInyeccion60 = 141.5 / (131.5 + P_Inyeccion.Dato_API)
                SpgrInyeccion = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (P_Inyeccion.Dato_Temperatura - 60) + SpgrInyeccion60
                CaudalMasticoInyeccion = 349.761526 * SpgrInyeccion * P_Inyeccion.Dato_Caudal
                Cpinyeccion = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * P_Inyeccion.Dato_Temperatura) / (SpgrInyeccion60 ^ (0.5))
                qinyeccion = P_Inyeccion.Dato_Temperatura * CaudalMasticoInyeccion * Cpinyeccion
                If i > 1 Then
                    SpGrinicio = VAR_CALCULOS(i - 1, 41)
                    CaudalMasticoInicio = 349.761526 * SpGrinicio * VAR_CALCULOS(i - 1, 45)
                    Cpinicial = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * VAR_CALCULOS(i, 38)) / (VAR_CALCULOS(i - 1, 40) ^ (0.5))
                    qinicio = VAR_CALCULOS(i, 38) * VAR_CALCULOS(i, 35) * Cpinicial
                Else
                    SpGrinicio = 141.5 / (131.5 + VAR_INICIO(0))
                    CaudalMasticoInicio = 349.761526 * SpGrinicio * VAR_INICIO(13)
                    Cpinicial = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * VAR_CALCULOS(i, 38)) / (SpGrinicio ^ (0.5))
                    qinicio = VAR_CALCULOS(i, 38) * VAR_CALCULOS(i, 35) * Cpinicial
                End If

                spgr60 = (CaudalMasticoInicio + CaudalMasticoInyeccion) / ((CaudalMasticoInicio / SpGrinicio) +
                (CaudalMasticoInyeccion / SpgrInyeccion))
                temperatura = (-0.388 + (0.150544 + 18 * (10 ^ (-4)) * (spgr60 ^ (0.5)) * (qinicio + qinyeccion) / (CaudalMasticoInicio +
                CaudalMasticoInyeccion)) ^ (0.5)) / (9 * (10 ^ (-4)))
                spgr = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (temperatura - 60) + spgr60
            End If
        Next i
    End If

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

        P_Inyeccion.Dato_Potencia.Text = Round((P_Inyeccion.Dato_Caudal * VAR_CALCULOS(i, 58) * spgr) / (17.242536 *
65), 3)
    End If
Next
End If
End Sub

Private Sub Inyeccion_Click()
'Agrega en VAR_INYECCION los datos ingresados
If P_Inyeccion.Inyeccion.Caption = "Agregar" Then
    VAR_INYECCION(0, 0) = VAR_INYECCION(0, 0) + 1

    VAR_AUX = VAR_INYECCION
    ReDim VAR_INYECCION(VAR_INYECCION(0, 0) + 1, 14)
    For i = 0 To VAR_AUX(0, 0) - 1
        For j = 0 To 13
            VAR_INYECCION(i, j) = VAR_AUX(i, j)
        Next
    Next

    VAR_INYECCION(VAR_INYECCION(0, 0), 0) = P_Inyeccion.Dato_Nombre
    VAR_INYECCION(VAR_INYECCION(0, 0), 1) = P_Inyeccion.Dato_Longitud
    VAR_INYECCION(VAR_INYECCION(0, 0), 2) = P_Inyeccion.Dato_API
    VAR_INYECCION(VAR_INYECCION(0, 0), 3) = P_Inyeccion.Dato_cSt_1
    VAR_INYECCION(VAR_INYECCION(0, 0), 4) = P_Inyeccion.Dato_cSt_2
    VAR_INYECCION(VAR_INYECCION(0, 0), 5) = P_Inyeccion.Dato_Temperatura
    VAR_INYECCION(VAR_INYECCION(0, 0), 6) = P_Inyeccion.Dato_Caudal
    If FLAG_CORRER = 1 Then
        For i = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
            If VAR_INYECCION(VAR_INYECCION(0, 0), 0), 1) = VAR_CALCULOS(i, 0) And
VAR_INYECCION(VAR_INYECCION(0, 0), 2) > 0 And VAR_INYECCION(VAR_INYECCION(0, 0), 3) > 0 And
VAR_INYECCION(VAR_INYECCION(0, 0), 4) > 0 And VAR_INYECCION(VAR_INYECCION(0, 0), 5) > 0 And
VAR_INYECCION(VAR_INYECCION(0, 0), 6) > 0 Then
                SpgrInyeccion60 = 141.5 / (131.5 + VAR_INYECCION(VAR_INYECCION(0, 0), 2))
                SpgrInyeccion = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (VAR_INYECCION(VAR_INYECCION(0, 0), 5) - 60) + SpgrInyeccion60
                CaudalMasicoInyeccion = 349.761526 * SpgrInyeccion * VAR_INYECCION(VAR_INYECCION(0, 0), 6)
                Cpinyeccion = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * VAR_INYECCION(VAR_INYECCION(0, 0), 5)) / (SpgrInyeccion60 ^
(0.5))

                qinyeccion = VAR_INYECCION(VAR_INYECCION(0, 0), 5) * CaudalMasicoInyeccion * Cpinyeccion
            If i > 1 Then
                SpGrinicio = VAR_CALCULOS(i - 1, 41)
                CaudalMasicoInicio = 349.761526 * SpGrinicio * VAR_CALCULOS(i - 1, 45)
                Cpincipial = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * VAR_CALCULOS(i, 38)) / (VAR_CALCULOS(i - 1, 40) ^ (0.5))
                qinico = VAR_CALCULOS(i, 38) * VAR_CALCULOS(i, 35) * Cpincipial
            Else
                SpGrinicio = 141.5 / (131.5 + VAR_INICIO(0))
                CaudalMasicoInicio = 349.761526 * SpGrinicio * VAR_INICIO(13)
                Cpincipial = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * VAR_CALCULOS(i, 38)) / (SpGrinicio ^ (0.5))
                qinico = VAR_CALCULOS(i, 38) * VAR_CALCULOS(i, 35) * Cpincipial
            End If
        Next
    End If
End Sub

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

    spgr60 = (CaudalMasicoInicio + CaudalMasicoInyeccion) / ((CaudalMasicoInicio / SpGrinicio) +
(CaudalMasicoInyeccion / SpgrInyeccion))
    temperatura = (-0.388 + (0.150544 + 18 * (10 ^ (-4)) * (spgr60 ^ (0.5)) * (qinicio + qinyeccion) / (CaudalMasicoInicio
+ CaudalMasicoInyeccion)) ^ (0.5)) / (9 * (10 ^ (-4)))
    spgr = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (temperatura - 60) + spgr60

    VAR_INYECCION(VAR_INYECCION(0, 0), 7) = Round((VAR_INYECCION(VAR_INYECCION(0, 0), 6) *
VAR_CALCULOS(i, 58) * spgr) / (17.242536 * 65), 3)
    P_Inyeccion.Dato_Potencia.Text = VAR_INYECCION(VAR_INYECCION(0, 0), 7)
End If
Next
End If
VAR_INYECCION(VAR_INYECCION(0, 0), 8) = P_Inyeccion.Unidad_Longitud.ListIndex
VAR_INYECCION(VAR_INYECCION(0, 0), 9) = P_Inyeccion.Unidad_cSt_1.ListIndex
VAR_INYECCION(VAR_INYECCION(0, 0), 10) = P_Inyeccion.Unidad_cSt_2.ListIndex
VAR_INYECCION(VAR_INYECCION(0, 0), 11) = P_Inyeccion.Unidad_Temperatura.ListIndex
VAR_INYECCION(VAR_INYECCION(0, 0), 12) = P_Inyeccion.Unidad_Caudal.ListIndex
VAR_INYECCION(VAR_INYECCION(0, 0), 13) = P_Inyeccion.Unidad_Potencia.ListIndex
End If

Modifica en VAR_INYECCION los datos ingresados
If P_Inyeccion.Inyeccion.Caption = "Modificar" Then
    VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1) = P_Inyeccion.Dato_Longitud
    VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 2) = P_Inyeccion.Dato_API
    VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 3) = P_Inyeccion.Dato_cSt_1
    VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 4) = P_Inyeccion.Dato_cSt_2
    VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 5) = P_Inyeccion.Dato_Temperatura
    VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 6) = P_Inyeccion.Dato_Caudal
    If FLAG_CORRER = 1 Then
        For i = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
            If VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1) = VAR_CALCULOS(i, 0) And
VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 2) > 0 And
VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 3) > 0 And
VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 4) > 0 And
VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 5) > 0 And
VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 6) > 0 Then
                SpgrInyeccion60 = 141.5 / (131.5 + VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 2))
                SpgrInyeccion = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 5) - 60) +
SpgrInyeccion60
                CaudalMasicoInyeccion = 349.761526 * SpgrInyeccion *
VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 6)
                Cpinyeccion = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 5)) /
(SpgrInyeccion60 ^ (0.5))
                qinyeccion = VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 5) * CaudalMasicoInyeccion *
Cpinyeccion
            If i > 1 Then
                SpGrinicio = VAR_CALCULOS(i - 1, 41)
                CaudalMasicoInicio = 349.761526 * SpGrinicio * VAR_CALCULOS(i - 1, 45)
                Cpincipial = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * VAR_CALCULOS(i, 38)) / (VAR_CALCULOS(i - 1, 40) ^ (0.5))
                qinicio = VAR_CALCULOS(i, 38) * VAR_CALCULOS(i, 35) * Cpincipial
            Else

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

SpGrinicio = 141.5 / (131.5 + VAR_INICIO(0))
CaudalMasticoInicio = 349.761526 * SpGrinicio * VAR_INICIO(13)
Cpinicial = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * VAR_CALCULOS(i, 38)) / (SpGrinicio ^ (0.5))
qinicio = VAR_CALCULOS(i, 38) * VAR_CALCULOS(i, 35) * Cpinicial
End If

spgr60 = (CaudalMasticoInicio + CaudalMasticoInyeccion) / ((CaudalMasticoInicio / SpGrinicio) +
(CaudalMasticoInyeccion / SpgrInyeccion))
temperatura = (-0.388 + (0.150544 + 18 * (10 ^ (-4)) * (spgr60 ^ (0.5))) * (qinicio + qinyeccion) / (CaudalMasticoInicio
+ CaudalMasticoInyeccion)) ^ (0.5)) / (9 * (10 ^ (-4)))
spgr = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (temperatura - 60) + spgr60

VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 7) =
Round((VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 6) * VAR_CALCULOS(i, 58) * spgr) / (17.242536 *
65), 3)
P_Inyeccion.Dato_Potencia.Text = VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 7)
End If
Next
End If
VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 8) = P_Inyeccion.Unidad_Longitud.ListIndex
VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 9) = P_Inyeccion.Unidad_cSt_1.ListIndex
VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 10) = P_Inyeccion.Unidad_cSt_2.ListIndex
VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 11) = P_Inyeccion.Unidad_Temperatura.ListIndex
VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 12) = P_Inyeccion.Unidad_Caudal.ListIndex
VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 13) = P_Inyeccion.Unidad_Potencia.ListIndex
End If

'Quita en VAR_INYECCION los datos ingresados
If P_Inyeccion.Inyeccion.Caption = "Quitar" Then
If VAR_INYECCION(0, 0) > 0 Then
VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 0) = ""
VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1) = ""
VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 2) = ""
VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 3) = ""
VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 4) = ""
VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 5) = ""
VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 6) = ""
VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 7) = ""
VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 8) = ""
VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 9) = ""
VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 10) = ""
VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 11) = ""
VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 12) = ""
VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 13) = ""

For i = P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1 To VAR_INYECCION(0, 0) - 1
VAR_INYECCION(i, 0) = VAR_INYECCION(i + 1, 0)
VAR_INYECCION(i, 1) = VAR_INYECCION(i + 1, 1)
VAR_INYECCION(i, 2) = VAR_INYECCION(i + 1, 2)
VAR_INYECCION(i, 3) = VAR_INYECCION(i + 1, 3)
VAR_INYECCION(i, 4) = VAR_INYECCION(i + 1, 4)

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

VAR_INYECCION(i, 5) = VAR_INYECCION(i + 1, 5)
VAR_INYECCION(i, 6) = VAR_INYECCION(i + 1, 6)
VAR_INYECCION(i, 7) = VAR_INYECCION(i + 1, 7)
VAR_INYECCION(i, 8) = VAR_INYECCION(i + 1, 8)
VAR_INYECCION(i, 9) = VAR_INYECCION(i + 1, 9)
VAR_INYECCION(i, 10) = VAR_INYECCION(i + 1, 10)
VAR_INYECCION(i, 11) = VAR_INYECCION(i + 1, 11)
VAR_INYECCION(i, 12) = VAR_INYECCION(i + 1, 12)
VAR_INYECCION(i, 13) = VAR_INYECCION(i + 1, 13)
Next
VAR_INYECCION(0, 0) = VAR_INYECCION(0, 0) - 1

VAR_AUX = VAR_INYECCION
ReDim VAR_INYECCION(VAR_INYECCION(0, 0), 14)
For i = 0 To VAR_AUX(0, 0)
    For j = 0 To 13
        VAR_INYECCION(i, j) = VAR_AUX(i, j)
    Next
Next

End If
End If

Unload P_Inyeccion

If FLAG_CORRER = 1 Then
    MsgBox "Para observar los cambios se requiere presionar el botón Continuar"
Else
    MsgBox "Presione el botón Empaquetar para iniciar"
End If
End Sub

Private Sub Seleccion_Nombre_Change()
    P_Inyeccion.Dato_Nombre.Text = VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 0)
    P_Inyeccion.Dato_Longitud.Text = VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1)
    P_Inyeccion.Dato_API.Text = VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 2)
    P_Inyeccion.Dato_cSt_1.Text = VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 3)
    P_Inyeccion.Dato_cSt_2.Text = VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 4)
    P_Inyeccion.Dato_Temperatura.Text = VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 5)
    P_Inyeccion.Dato_Caudal.Text = VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 6)
    P_Inyeccion.Dato_Potencia.Text = VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 7)
    P_Inyeccion.Unidad_Longitud.ListIndex = VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 8)
    P_Inyeccion.Unidad_cSt_1.ListIndex = VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 9)
    P_Inyeccion.Unidad_cSt_2.ListIndex = VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 10)
    P_Inyeccion.Unidad_Temperatura.ListIndex = VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 11)
    P_Inyeccion.Unidad_Caudal.ListIndex = VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 12)
    P_Inyeccion.Unidad_Potencia.ListIndex = VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 13)
End Sub

Private Sub Seleccion_Nombre_Click()
    P_Inyeccion.Dato_Nombre.Text = VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 0)

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

P_Inyeccion.Dato_Longitud.Text = VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1)
P_Inyeccion.Dato_API.Text = VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 2)
P_Inyeccion.Dato_cSt_1.Text = VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 3)
P_Inyeccion.Dato_cSt_2.Text = VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 4)
P_Inyeccion.Dato_Temperatura.Text = VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 5)
P_Inyeccion.Dato_Caudal.Text = VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 6)
P_Inyeccion.Dato_Potencia.Text = VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 7)
P_Inyeccion.Unidad_Longitud.ListIndex = VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 8)
P_Inyeccion.Unidad_cSt_1.ListIndex = VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 9)
P_Inyeccion.Unidad_cSt_2.ListIndex = VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 10)
P_Inyeccion.Unidad_Temperatura.ListIndex = VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 11)
P_Inyeccion.Unidad_Caudal.ListIndex = VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 12)
P_Inyeccion.Unidad_Potencia.ListIndex = VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 13)
If FLAG_CORRER = 1 Then
  For i = 1 To VAR_CALCULOS(0, 0)
    If VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 1) = VAR_CALCULOS(i, 0) And
P_Inyeccion.Dato_API > 0 And P_Inyeccion.Dato_cSt_1 > 0 And P_Inyeccion.Dato_cSt_2 > 0 And
P_Inyeccion.Dato_Temperatura > 0 And P_Inyeccion.Dato_Caudal > 0 Then
      SpgrInyeccion60 = 141.5 / (131.5 + P_Inyeccion.Dato_API)
      SpgrInyeccion = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (P_Inyeccion.Dato_Temperatura - 60) + SpgrInyeccion60
      CaudalMasticoInyeccion = 349.761526 * SpgrInyeccion * P_Inyeccion.Dato_Caudal
      Cpinyeccion = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * P_Inyeccion.Dato_Temperatura) / (SpgrInyeccion60 ^ (0.5))
      qinyeccion = P_Inyeccion.Dato_Temperatura * CaudalMasticoInyeccion * Cpinyeccion
      If i > 1 Then
        SpGrinicio = VAR_CALCULOS(i - 1, 41)
        CaudalMasticoInicio = 349.761526 * SpGrinicio * VAR_CALCULOS(i - 1, 45)
        Cpinicial = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * VAR_CALCULOS(i, 38)) / (VAR_CALCULOS(i - 1, 40) ^ (0.5))
        qinicio = VAR_CALCULOS(i, 38) * VAR_CALCULOS(i, 35) * Cpinicial
      Else
        SpGrinicio = 141.5 / (131.5 + VAR_INICIO(0))
        CaudalMasticoInicio = 349.761526 * SpGrinicio * VAR_INICIO(13)
        Cpinicial = (0.388 + 4.5 * (10 ^ (-4)) * VAR_CALCULOS(i, 38)) / (SpGrinicio ^ (0.5))
        qinicio = VAR_CALCULOS(i, 38) * VAR_CALCULOS(i, 35) * Cpinicial
      End If

      spgr60 = (CaudalMasticoInicio + CaudalMasticoInyeccion) / ((CaudalMasticoInicio / SpGrinicio) +
(CaudalMasticoInyeccion / SpgrInyeccion))
      temperatura = (-0.388 + (0.150544 + 18 * (10 ^ (-4)) * (spgr60 ^ (0.5)) * (qinicio + qinyeccion) / (CaudalMasticoInicio +
CaudalMasticoInyeccion) ^ (0.5)) / (9 * (10 ^ (-4))))
      spgr = -3.433 * (10 ^ (-4)) * (temperatura - 60) + spgr60

      P_Inyeccion.Dato_Potencia.Text = Round((P_Inyeccion.Dato_Caudal * VAR_CALCULOS(i, 58) * spgr) / (17.242536 *
65), 3)
      VAR_INYECCION(P_Inyeccion.Seleccion_Nombre.ListIndex + 1, 7) = P_Inyeccion.Dato_Potencia.Text
    End If
  Next
End If
End Sub

Private Sub Seleccion_Nombre_KeyPress(KeyAscii As Integer)
  KeyAscii = 0

```

End Sub

Private Sub Unidad_Caudal_KeyPress(KeyAscii As Integer)

KeyAscii = 0

End Sub

Private Sub Unidad_cSt_1_KeyPress(KeyAscii As Integer)

KeyAscii = 0

End Sub

Private Sub Unidad_cSt_2_KeyPress(KeyAscii As Integer)

KeyAscii = 0

End Sub

Private Sub Unidad_Longitud_KeyPress(KeyAscii As Integer)

KeyAscii = 0

End Sub

Private Sub Unidad_Temperatura_KeyPress(KeyAscii As Integer)

KeyAscii = 0

End Sub

Características de la Tubería

Dim FLAG1 As Integer

Dim NUMERO As Double

Dim AUX As Double

Dim AUX1 As Double

Dim AUX_TEXT As String

Dim AUX1_TEXT As String

Private Sub Aceptar_Tuberia_Click()

POS_FILA = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row

POS_COLUMNNA = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col

Redondea a 3 decimales a las celdas

Inicio

If M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = "" Then

M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = "0"

End If

If M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row <> 0 Then

NUMERO = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text

NUMERO = Round(NUMERO, 3)

M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = NUMERO

If Asc(Right(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text, 2)) = 46 Then

M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text & "00"

Else

If Asc(Right(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text, 3)) = 46 Then

M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text & "0"

```

Else
  If Asc(Right(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text, 4)) <> 46 Then
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text & ".000"
  End If
End If
End If
End If
End If
Fin

'Verifica si la celda ingresada está repetida
Inicio
  flag = 0
  If M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col = 0 Then
    For i = 1 To M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Rows - 1
      If POS_FILA <> i Then
        M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = i
        AUX = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text
      End If
      M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = POS_FILA
      NUMERO = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text
      If AUX = NUMERO And AUX <> 0 Then
        MsgBox "La longitud está repetida"
        flag = 1
        M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = POS_FILA
        i = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Rows - 1
      End If
    Next
  End If
Fin

'Ordena las celdas en forma ascendente
Inicio
  If flag = 0 Then
    For i = 1 To M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Rows - 2
      For j = i + 1 To M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Rows - 1
        M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col = 0
        M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = i
        AUX = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text
        M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = j
        If M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = "" Then
          M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = "0"
        End If
        If (AUX > M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text And M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text <> 0) Or AUX = 0 Then
          For k = 0 To M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Cols - 1
            M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col = k
            M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = i
            AUX = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text

            M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = j
            AUX1 = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text

```

```

M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = AUX
NUMERO = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text
NUMERO = Round(NUMERO, 3)
M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = NUMERO
If Asc(Right(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text, 2)) = 46 Then
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text & "00"
Else
    If Asc(Right(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text, 3)) = 46 Then
        M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text & "0"
    Else
        If Asc(Right(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text, 4)) <> 46 Then
            M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text & ".000"
        End If
    End If
End If

M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = i
M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = AUX1
NUMERO = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text
NUMERO = Round(NUMERO, 3)
M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = NUMERO
If Asc(Right(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text, 2)) = 46 Then
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text & "00"
Else
    If Asc(Right(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text, 3)) = 46 Then
        M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text & "0"
    Else
        If Asc(Right(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text, 4)) <> 46 Then
            M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text & ".000"
        End If
    End If
End If
Next
End If
Next
Next
End If

For i = 1 To M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Rows - 1
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col = 0
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = i
    If M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = 0 Then
        j = i
        i = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Rows
    End If
Next

If j = 1 Then
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Rows = j + 1
Else
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Rows = j

```

```

End If
Fin

'Crear Variable Tuberia
Inicio
  ReDim VAR_TUBERIA(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Rows, 5)

  VAR_TUBERIA(0, 0) = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Rows - 1
  VAR_TUBERIA_UNIDAD(0, 0) = M_Tuberia.Selec_Unidad_Longitud.ListIndex
  VAR_TUBERIA_UNIDAD(0, 1) = M_Tuberia.Selec_Unidad_Diametro.ListIndex
  VAR_TUBERIA_UNIDAD(0, 2) = M_Tuberia.Selec_Unidad_Espesor.ListIndex
  VAR_TUBERIA_UNIDAD(0, 3) = M_Tuberia.Selec_Unidad_Rugosidad.ListIndex
  VAR_TUBERIA_UNIDAD(0, 4) = M_Tuberia.Selec_Unidad_CoefCalor.ListIndex

  For i = 1 To VAR_TUBERIA(0, 0)
    For j = 0 To 4
      M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = i
      M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col = j
      VAR_TUBERIA(i, j) = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text
    Next
  Next
Fin

Unload M_Tuberia

If FLAG_CORRER = 1 Then
  MsgBox "Para observar los cambios se requiere presionar el botón Continuar"
Else
  MsgBox "Presione el botón Empaquetar para iniciar"
End If
End Sub

Private Sub Cancelar_Click()
  Unload M_Tuberia
End Sub

Private Sub EliminarFila_Tuberia_Click()
  POS_FILA = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row
  POS_COLUMNA = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col

  For i = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row To M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Rows - 2
    For j = 0 To 4
      M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col = j
      M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = i + 1
      AUX_TEXT = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text
      M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = i
      M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = AUX_TEXT
    Next
  Next

  M_Tuberia.Tabla_Tuberia.RemoveItem (M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Rows - 1)

```

```

If POS_FILA <= M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row Then
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = POS_FILA
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col = POS_COLUMNA
Else
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = POS_FILA - 1
End If
End Sub

Private Sub OrdenarFilas_Tuberia_Click()
    POS_FILA = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row
    POS_COLUMNA = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col

    If M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = "" Then
        M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = "0"
    End If

    If M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row <> 0 Then
        NUMERO = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text
        NUMERO = Round(NUMERO, 3)
        M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = NUMERO
        If Asc(Right(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text, 2)) = 46 Then
            M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text & "00"
        Else
            If Asc(Right(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text, 3)) = 46 Then
                M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text & "0"
            Else
                If Asc(Right(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text, 4)) <> 46 Then
                    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text & ".000"
                End If
            End If
        End If
    End If

    flag = 0
    If M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col = 0 Then
        For i = 1 To M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Rows - 1
            If POS_FILA <> i Then
                M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = i
                AUX = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text
            End If
            M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = POS_FILA
            NUMERO = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text
            If AUX = NUMERO And AUX <> 0 Then
                MsgBox "La longitud está repetida"
                flag = 1
                M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = POS_FILA
                i = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Rows - 1
            End If
        Next
    End If
End Sub

```

```

If flag = 0 Then
  For i = 1 To M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Rows - 2
    For j = i + 1 To M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Rows - 1
      M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col = 0
      M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = i
      AUX = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text
      M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = j
      If M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = "" Then
        M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = "0"
      End If
      If (AUX > M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text And M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text <> 0) Or AUX = 0 Then
        For k = 0 To M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Cols - 1
          M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col = k
          M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = i
          AUX = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text

          M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = j
          AUX1 = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text

          M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = AUX
          NUMERO = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text
          NUMERO = Round(NUMERO, 3)
          M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = NUMERO
          If Asc(Right(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text, 2)) = 46 Then
            M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text & "00"
          Else
            If Asc(Right(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text, 3)) = 46 Then
              M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text & "0"
            Else
              If Asc(Right(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text, 4)) <> 46 Then
                M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text & ".000"
              End If
            End If
          End If
        Next k
      End If
      M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = i
      M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = AUX1
      NUMERO = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text
      NUMERO = Round(NUMERO, 3)
      M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = NUMERO
      If Asc(Right(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text, 2)) = 46 Then
        M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text & "00"
      Else
        If Asc(Right(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text, 3)) = 46 Then
          M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text & "0"
        Else
          If Asc(Right(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text, 4)) <> 46 Then
            M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text & ".000"
          End If
        End If
      End If
    Next k
  Next j
Next i

```

```

        End If
    Next
End If
Next
Next
End If
End Sub

Private Sub Selec_Unidad_CoefCalor_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    KeyAscii = 0
End Sub

Private Sub Selec_Unidad_Diametro_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    KeyAscii = 0
End Sub

Private Sub Selec_Unidad_Espesor_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    KeyAscii = 0
End Sub

Private Sub Selec_Unidad_Longitud_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    KeyAscii = 0
End Sub

Private Sub Selec_Unidad_Rugosidad_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    KeyAscii = 0
End Sub

Private Sub Tabla_Tuberia_KeyPress(KeyAscii As Integer)

    POS_FILA = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row
    POS_COLUMNNA = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col

    If FLAG1 = 1 And KeyAscii <> 13 Then
        M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = ""
        FLAG1 = 0
    End If

    If FLAG1 = 0 Then
'DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
        If KeyAscii = 44 Then
            KeyAscii = 46
        End If

'INGRESO DEL VALOR VALIDADO
        flag = 0
        For i = 1 To Len(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text)
            a = Asc(Right(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text, i))
            If 46 = Asc(Right(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
                flag = 1
            End If
        Next i
    End If
End Sub

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

Next

```
If (KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57) And flag = 0 Then
  If M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = "" And KeyAscii = 46 Then
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = "0."
  Else
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text & Chr(KeyAscii)
  End If
End If
End If
End If
```

INGRESA EL DATO Y MUEVE DE POSICIÓN

```
If KeyAscii = 13 Then

  If M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = "" Then
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = "0"
  End If

  If M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row <> 0 Then
    NUMERO = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text
    NUMERO = Round(NUMERO, 3)
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = NUMERO
    If Asc(Right(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text, 2)) = 46 Then
      M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text & "00"
    Else
      If Asc(Right(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text, 3)) = 46 Then
        M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text & "0"
      Else
        If Asc(Right(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text, 4)) <> 46 Then
          M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text & ".000"
        End If
      End If
    End If
  End If
End If
End If

flag = 0
If M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col = 0 Then
  For i = 1 To M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Rows - 1
    If POS_FILA <> i Then
      M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = i
      AUX = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text
    End If
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = POS_FILA
    NUMERO = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text
    If AUX = NUMERO And AUX <> 0 Then
      MsgBox "La longitud está repetida"
      flag = 1
      M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = POS_FILA
      i = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Rows - 1
    End If
  Next
```

```

End If

If flag = 0 Then
  If M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col < 4 Then
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col + 1
  Else
    If M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Rows - 1 Then
      M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col = 0
      M_Tuberia.Tabla_Tuberia.AddItem ("")
      M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row + 1
      For i = 1 To 4
        M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col = i
        M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = "0.000"
      Next
      M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col = 0
    Else
      M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col = 0
      M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row + 1
    End If
  End If
End If

FLAG1 = 1
'SCROLL ACTUALIZADO SEGUN POSICIÓN DE LA CELDA
M_Tuberia.Tabla_Tuberia.TopRow = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row
Else
  FLAG1 = 0
End If
End Sub

Private Sub Tabla_Tuberia_KeyUp(KeyCode As Integer, Shift As Integer)
BORRA LA CELDA
  If KeyCode = vbKeyDelete Or KeyCode = vbKeyBack Then
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = ""
  End If
End Sub

Private Sub Tabla_Tuberia_LeaveCell()
INGRESA EL DATO Y MUEVE DE POSICIÓN
  POS_FILA = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row
  POS_COLUMNA = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col

  If M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = "" Then
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = "0"
  End If

  If M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row <> 0 Then
    NUMERO = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text
    NUMERO = Round(NUMERO, 3)
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = NUMERO
    If Asc(Right(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text, 2)) = 46 Then
      M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text & "00"
    End If
  End If
End Sub

```

```

Else
  If Asc(Right(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text, 3)) = 46 Then
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text & "0"
  Else
    If Asc(Right(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text, 4)) <> 46 Then
      M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text & ".000"
    End If
  End If
End If
End If
FLAG1 = 1
End Sub

```

```

Private Sub Tabla_Tuberia_RowColChange()
  POS_FILA1 = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row
  POS_COLUMNNA1 = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col
  If M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = "" Then
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = 0
  End If
  If M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row <> 0 Then
    NUMERO = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text
    NUMERO = Round(NUMERO, 3)
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = NUMERO
    If Asc(Right(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text, 2)) = 46 Then
      M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text & "00"
    Else
      If Asc(Right(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text, 3)) = 46 Then
        M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text & "0"
      Else
        If Asc(Right(M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text, 4)) <> 46 Then
          M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text & ".000"
        End If
      End If
    End If
  End If
End If
flag = 0

```

```

If POS_COLUMNNA = 0 Then
  For i = 1 To M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Rows - 1
    If POS_FILA <> i Then
      M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col = 0
      M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = i
      AUX = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text
      M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = POS_FILA
      NUMERO = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Text
      If AUX = NUMERO And AUX <> 0 Then
        MsgBox "La longitud está repetida"
        M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col = 0
        i = M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Rows - 1
        flag = 1
      End If
    End If
  Next i
End If

```

```

        End If
    End If
Next
End If
If flag = 0 Then
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Col = POS_COLUMNA1
    M_Tuberia.Tabla_Tuberia.Row = POS_FILA1
End If
End Sub

```

Perfil Topográfico

```

Dim FLAG1 As Integer
Dim NUMERO As Double
Dim AUX As Double
Dim AUX1 As Double
Dim AUX_TEXT As String

Private Sub Aceptar_Perfil_Click()
    POS_FILA_1 = M_Perfil.Tabla_Perfil.Row
    POS_COLUMNA_1 = M_Perfil.Tabla_Perfil.Col

    Redondea a 3 decimales a las celdas
    Inicio
    If M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = "" Then
        M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = "0"
    End If

    If M_Perfil.Tabla_Perfil.Row <> 0 Then
        NUMERO = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text
        NUMERO = Round(NUMERO, 3)
        M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = NUMERO
        If Asc(Right(M_Perfil.Tabla_Perfil.Text, 2)) = 46 Then
            M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text & "00"
        Else
            If Asc(Right(M_Perfil.Tabla_Perfil.Text, 3)) = 46 Then
                M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text & "0"
            Else
                If Asc(Right(M_Perfil.Tabla_Perfil.Text, 4)) <> 46 Then
                    M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text & ".000"
                End If
            End If
        End If
    End If

    End If
End Sub

'Fin

'Verifica si la celda ingresada está repetida
Inicio
    flag = 0
    If M_Perfil.Tabla_Perfil.Col = 0 Then

```

```

For i = 1 To M_Perfil.Tabla_Perfil.Rows - 1
  If POS_FILA_1 <> i Then
    M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = i
    AUX = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text
  End If
  M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = POS_FILA_1
  NUMERO = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text
  If AUX = NUMERO Then
    MsgBox "La longitud está repetida"
    flag = 1
    M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = POS_FILA_1
    i = M_Perfil.Tabla_Perfil.Rows - 1
  End If
Next
End If
Fin

'Ordena las celdas en forma ascendente
Inicio
  If flag = 0 Then
    For i = 1 To M_Perfil.Tabla_Perfil.Rows - 2
      For j = i + 1 To M_Perfil.Tabla_Perfil.Rows - 1
        M_Perfil.Tabla_Perfil.Col = 0
        M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = i
        AUX = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text
        M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = j
        If M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = "" Then
          M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = "0"
        End If
        If (AUX > M_Perfil.Tabla_Perfil.Text And M_Perfil.Tabla_Perfil.Text <> 0) Then
          For k = 0 To M_Perfil.Tabla_Perfil.Cols - 1
            M_Perfil.Tabla_Perfil.Col = k
            M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = i
            AUX = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text

            M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = j
            AUX1 = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text

            M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = AUX
            NUMERO = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text
            NUMERO = Round(NUMERO, 3)
            M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = NUMERO
            If Asc(Right(M_Perfil.Tabla_Perfil.Text, 2)) = 46 Then
              M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text & "00"
            Else
              If Asc(Right(M_Perfil.Tabla_Perfil.Text, 3)) = 46 Then
                M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text & "0"
              Else
                If Asc(Right(M_Perfil.Tabla_Perfil.Text, 4)) <> 46 Then
                  M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text & ".000"
                End If
              End If
            End If
          End If
        End If
      Next j
    Next i
  End If

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

        End If
    End If

    M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = i
    M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = AUX1
    NUMERO = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text
    NUMERO = Round(NUMERO, 3)
    M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = NUMERO
    If Asc(Right(M_Perfil.Tabla_Perfil.Text, 2)) = 46 Then
        M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text & "00"
    Else
        If Asc(Right(M_Perfil.Tabla_Perfil.Text, 3)) = 46 Then
            M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text & "0"
        Else
            If Asc(Right(M_Perfil.Tabla_Perfil.Text, 4)) <> 46 Then
                M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text & ".000"
            End If
        End If
    End If
End If
Next
End If
Next
Next
End If

For i = 1 To M_Perfil.Tabla_Perfil.Rows - 1
    M_Perfil.Tabla_Perfil.Col = 0
    M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = i
    If M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = 0 And i > 1 Then
        j = i
        i = M_Perfil.Tabla_Perfil.Rows
    End If
Next

If j = 1 Then
    M_Perfil.Tabla_Perfil.Rows = j + 1
Else
    M_Perfil.Tabla_Perfil.Rows = j
End If

Fin

'Crear Variable Perfil
Inicio
    ReDim VAR_PERFIL(M_Perfil.Tabla_Perfil.Rows, 3)

    VAR_PERFIL(0, 0) = M_Perfil.Tabla_Perfil.Rows - 1
    VAR_PERFIL_UNIDAD(0, 0) = M_Perfil.Selec_Unidad_Longitud.ListIndex
    VAR_PERFIL_UNIDAD(0, 1) = M_Perfil.Selec_Unidad_Elevacion.ListIndex
    VAR_PERFIL_UNIDAD(0, 2) = M_Perfil.Selec_Unidad_Temperatura.ListIndex
    For i = 1 To VAR_PERFIL(0, 0)
        For j = 0 To 2

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

        M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = i
        M_Perfil.Tabla_Perfil.Col = j
        VAR_PERFIL(i, j) = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text
    Next
Next
Fin

Unload M_Perfil

If FLAG_CORRER = 1 Then
    MsgBox "Para observar los cambios se requiere presionar el botón Continuar"
Else
    MsgBox "Presione el botón Empaquetar para iniciar"
End If
End Sub

Private Sub Cancelar_Click()
    Unload M_Perfil
End Sub

Private Sub EliminarFila_Perfil_Click()
    POS_FILA = M_Perfil.Tabla_Perfil.Row
    POS_COLUMNA = M_Perfil.Tabla_Perfil.Col

    For i = M_Perfil.Tabla_Perfil.Row To M_Perfil.Tabla_Perfil.Rows - 2
        For j = 0 To 2
            M_Perfil.Tabla_Perfil.Col = j
            M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = i + 1
            AUX_TEXT = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text
            M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = i
            M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = AUX_TEXT
        Next
    Next

    M_Perfil.Tabla_Perfil.RemoveItem (M_Perfil.Tabla_Perfil.Rows - 1)

    If POS_FILA <= M_Perfil.Tabla_Perfil.Row Then
        M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = POS_FILA
        M_Perfil.Tabla_Perfil.Col = POS_COLUMNA
    Else
        M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = POS_FILA - 1
    End If
End Sub

Private Sub OrdenarFilas_Perfil_Click()
    POS_FILA_1 = M_Perfil.Tabla_Perfil.Row
    POS_COLUMNA_1 = M_Perfil.Tabla_Perfil.Col

    Redondea a 3 decimales a las celdas

    If M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = "" Then
        M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = "0"
    End If
End Sub

```

End If

```

If M_Perfil.Tabla_Perfil.Row <> 0 Then
  NUMERO = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text
  NUMERO = Round(NUMERO, 3)
  M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = NUMERO
  If Asc(Right(M_Perfil.Tabla_Perfil.Text, 2)) = 46 Then
    M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text & "00"
  Else
    If Asc(Right(M_Perfil.Tabla_Perfil.Text, 3)) = 46 Then
      M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text & "0"
    Else
      If Asc(Right(M_Perfil.Tabla_Perfil.Text, 4)) <> 46 Then
        M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text & ".000"
      End If
    End If
  End If
End If
End If
End If

```

'Verifica si la celda ingresada está repetida

```

flag = 0
If M_Perfil.Tabla_Perfil.Col = 0 Then
  For i = 1 To M_Perfil.Tabla_Perfil.Rows - 1
    If POS_FILA_1 <> i Then
      M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = i
      AUX = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text
    End If
    M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = POS_FILA_1
    NUMERO = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text
    If AUX = NUMERO Then
      MsgBox "La longitud está repetida"
      flag = 1
      M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = POS_FILA_1
      i = M_Perfil.Tabla_Perfil.Rows - 1
    End If
  Next
End If

```

'Ordena las celdas en forma ascendente

```

If flag = 0 Then
  For i = 1 To M_Perfil.Tabla_Perfil.Rows - 2
    For j = i + 1 To M_Perfil.Tabla_Perfil.Rows - 1
      M_Perfil.Tabla_Perfil.Col = 0
      M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = i
      AUX = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text
      M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = j
      If M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = "" Then
        M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = "0"
      End If
      If (AUX > M_Perfil.Tabla_Perfil.Text And M_Perfil.Tabla_Perfil.Text <> 0) Then
        For k = 0 To M_Perfil.Tabla_Perfil.Cols - 1

```

```

M_Perfil.Tabla_Perfil.Col = k
M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = i
AUX = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text

M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = j
AUX1 = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text
M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = AUX
NUMERO = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text
NUMERO = Round(NUMERO, 3)
M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = NUMERO
If Asc(Right(M_Perfil.Tabla_Perfil.Text, 2)) = 46 Then
    M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text & "00"
Else
    If Asc(Right(M_Perfil.Tabla_Perfil.Text, 3)) = 46 Then
        M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text & "0"
    Else
        If Asc(Right(M_Perfil.Tabla_Perfil.Text, 4)) <> 46 Then
            M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text & ".000"
        End If
    End If
End If

M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = i
M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = AUX1
NUMERO = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text
NUMERO = Round(NUMERO, 3)
M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = NUMERO
If Asc(Right(M_Perfil.Tabla_Perfil.Text, 2)) = 46 Then
    M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text & "00"
Else
    If Asc(Right(M_Perfil.Tabla_Perfil.Text, 3)) = 46 Then
        M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text & "0"
    Else
        If Asc(Right(M_Perfil.Tabla_Perfil.Text, 4)) <> 46 Then
            M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text & ".000"
        End If
    End If
End If

Next
End If
Next
End If
End Sub

Private Sub Selec_Unidad_Elevacion_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    KeyAscii = 0
End Sub

Private Sub Selec_Unidad_Longitud_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    KeyAscii = 0

```

End Sub

Private Sub Selec_Unidad_Temperatura_KeyPress(KeyAscii As Integer)

KeyAscii = 0

End Sub

Private Sub Tabla_Perfil_KeyPress(KeyAscii As Integer)

POS_FILA_1 = M_Perfil.Tabla_Perfil.Row

POS_COLUMNA_1 = M_Perfil.Tabla_Perfil.Col

If FLAG1 = 1 And KeyAscii <> 13 Then

M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = ""

FLAG1 = 0

End If

'DETERMINA EL PUNTO DECIMAL

If FLAG1 = 0 Then

If KeyAscii = 44 Then

KeyAscii = 46

End If

'INGRESO DEL VALOR VALIDADO

flag = 0

For i = 1 To Len(M_Perfil.Tabla_Perfil.Text)

a = Asc(Right(M_Perfil.Tabla_Perfil.Text, i))

If 46 = Asc(Right(M_Perfil.Tabla_Perfil.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then

flag = 1

End If

Next

If (KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57) And flag = 0 Then

If M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = "" And KeyAscii = 46 Then

M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = "0."

Else

M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text & Chr(KeyAscii)

End If

End If

End If

'INGRESA EL DATO Y MUEVE DE POSICIÓN

If KeyAscii = 13 Then

If M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = "" Then

M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = "0"

End If

If M_Perfil.Tabla_Perfil.Row <> 0 Then

NUMERO = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text

NUMERO = Round(NUMERO, 3)

M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = NUMERO

If Asc(Right(M_Perfil.Tabla_Perfil.Text, 2)) = 46 Then

M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text & "00"

Else

If Asc(Right(M_Perfil.Tabla_Perfil.Text, 3)) = 46 Then

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text & "0"
Else
If Asc(Right(M_Perfil.Tabla_Perfil.Text, 4)) <> 46 Then
M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text & ".000"
End If
End If
End If
End If

```

'Verifica si la celda ingresada está repetida

```

flag = 0
If M_Perfil.Tabla_Perfil.Col = 0 Then
For i = 1 To M_Perfil.Tabla_Perfil.Rows - 1
If POS_FILA_1 <> i Then
M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = i
AUX = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text
End If
M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = POS_FILA_1
NUMERO = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text
If AUX = NUMERO And M_Perfil.Tabla_Perfil.Row <> i Then
MsgBox "La longitud está repetida"
flag = 1
M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = POS_FILA_1
i = M_Perfil.Tabla_Perfil.Rows - 1
End If
Next
End If

```

```

If flag = 0 Then
If M_Perfil.Tabla_Perfil.Col < 2 Then
M_Perfil.Tabla_Perfil.Col = M_Perfil.Tabla_Perfil.Col + 1
Else
If M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = M_Perfil.Tabla_Perfil.Rows - 1 Then
M_Perfil.Tabla_Perfil.Col = 0
M_Perfil.Tabla_Perfil.AddItem ("")
M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = M_Perfil.Tabla_Perfil.Row + 1
For i = 1 To 2
M_Perfil.Tabla_Perfil.Col = i
M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = "0.000"
Next
M_Perfil.Tabla_Perfil.Col = 0
Else
M_Perfil.Tabla_Perfil.Col = 0
M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = M_Perfil.Tabla_Perfil.Row + 1
End If
End If
End If

```

FLAG1 = 1

'SCROLL ACTUALIZADO SEGUN POSICIÓN DE LA CELDA

M_Perfil.Tabla_Perfil.TopRow = M_Perfil.Tabla_Perfil.Row

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```
Else
    FLAG1 = 0
End If
End Sub

Private Sub Tabla_Perfil_KeyUp(KeyCode As Integer, Shift As Integer)
BORRA LA CELDA
    If KeyCode = vbKeyDelete Or KeyCode = vbKeyBack Then
        M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = ""
    End If
End Sub

Private Sub Tabla_Perfil_LeaveCell()
INGRESA EL DATO Y MUEVE DE POSICIÓN
    POS_FILA_1 = M_Perfil.Tabla_Perfil.Row
    POS_COLUMNA_1 = M_Perfil.Tabla_Perfil.Col

    If M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = "" Then
        M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = "0"
    End If

    If M_Perfil.Tabla_Perfil.Row <> 0 Then
        NUMERO = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text
        NUMERO = Round(NUMERO, 3)
        M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = NUMERO
        If Asc(Right(M_Perfil.Tabla_Perfil.Text, 2)) = 46 Then
            M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text & "00"
        Else
            If Asc(Right(M_Perfil.Tabla_Perfil.Text, 3)) = 46 Then
                M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text & "0"
            Else
                If Asc(Right(M_Perfil.Tabla_Perfil.Text, 4)) <> 46 Then
                    M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text & ".000"
                End If
            End If
        End If
    End If

    FLAG1 = 1
End Sub

Private Sub Tabla_Perfil_RowColChange()
    POS_FILA1 = M_Perfil.Tabla_Perfil.Row
    POS_COLUMNA1 = M_Perfil.Tabla_Perfil.Col

    If M_Perfil.Tabla_Perfil.Row <> 0 Then
        NUMERO = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text
        NUMERO = Round(NUMERO, 3)
        M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = NUMERO
        If Asc(Right(M_Perfil.Tabla_Perfil.Text, 2)) = 46 Then
            M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text & "00"
```

```

Else
    If Asc(Right(M_Perfil.Tabla_Perfil.Text, 3)) = 46 Then
        M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text & "0"
    Else
        If Asc(Right(M_Perfil.Tabla_Perfil.Text, 4)) <> 46 Then
            M_Perfil.Tabla_Perfil.Text = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text & ".000"
        End If
    End If
End If
End If

'Verifica si la celda ingresada está repetida
flag = 0
If POS_COLUMNA_1 = 0 Then
    For i = 1 To M_Perfil.Tabla_Perfil.Rows - 1
        If POS_FILA_1 <> i Then
            M_Perfil.Tabla_Perfil.Col = 0
            M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = i
            AUX = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text
            M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = POS_FILA_1
            NUMERO = M_Perfil.Tabla_Perfil.Text
            If AUX = NUMERO Then
                MsgBox "La longitud está repetida"
                M_Perfil.Tabla_Perfil.Col = 0
                i = M_Perfil.Tabla_Perfil.Rows - 1
                flag = 1
            End If
        End If
    Next
End If
If flag = 0 Then
    M_Perfil.Tabla_Perfil.Col = POS_COLUMNA1
    M_Perfil.Tabla_Perfil.Row = POS_FILA1
End If
End Sub

```

Herramientas – API Aparente

```

Private Sub Dato_API60_GotFocus()
    Dato_API60.SelStart = 0
    Dato_API60.SelLength = Len(Dato_API60.Text)
End Sub

Private Sub Dato_API60_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
    If KeyAscii = 44 Then
        KeyAscii = 46
    End If

```

INGRESO DEL VALOR VALIDADO

```

flag = 0
For i = 1 To Len(Dato_API60.Text)
    If 46 = Asc(Right(Dato_API60.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
        flag = 1
    End If
Next

If KeyAscii = 13 Then
    If Dato_API60.Text = "" Then
        Dato_API60.Text = "0"
    End If

    Dato_API60.Text = Round(Dato_API60.Text, 3)

    If Asc(Right(Dato_API60.Text, 2)) = 46 Then
        Dato_API60.Text = Dato_API60.Text & "00"
    Else
        If Asc(Right(Dato_API60.Text, 3)) = 46 Then
            Dato_API60.Text = Dato_API60.Text & "0"
        Else
            If Asc(Right(Dato_API60.Text, 4)) <> 46 Then
                Dato_API60.Text = Dato_API60.Text & ".000"
            End If
        End If
    End If

    Dato_API60.SelStart = 0
    Dato_API60.SelLength = Len(Dato_API60.Text)

    If Dato_API60 < 10 Then
        Dato_API60 = 10
        MsgBox "El menor grado API es 10"
    End If

    Dato_API = Round(141.5 / (-3.433 * 10 ^ (-4) * (Dato_Temperatura - 60) + 141.5 / (131.5 + Dato_API60)) - 131.5, 3)

End If

If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
    KeyAscii = 0
End If

End Sub

Private Sub Dato_API60_LostFocus()
    If Dato_API60.Text = "" Then
        Dato_API60.Text = "0"
    End If

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```
Dato_API60.Text = Round(Dato_API60.Text, 3)

If Asc(Right(Dato_API60.Text, 2)) = 46 Then
    Dato_API60.Text = Dato_API60.Text & "00"
Else
    If Asc(Right(Dato_API60.Text, 3)) = 46 Then
        Dato_API60.Text = Dato_API60.Text & "0"
    Else
        If Asc(Right(Dato_API60.Text, 4)) <> 46 Then
            Dato_API60.Text = Dato_API60.Text & ".000"
        End If
    End If
End If

If Dato_API60 < 10 Then
    Dato_API60 = 10
End If

Dato_API = Round(141.5 / (-3.433 * 10 ^ (-4) * (Dato_Temperatura - 60) + 141.5 / (131.5 + Dato_API60)) - 131.5, 3)

End Sub

Private Sub Dato_Temperatura_GotFocus()
    Dato_Temperatura.SelStart = 0
    Dato_Temperatura.SelLength = Len(Dato_Temperatura.Text)
End Sub

Private Sub Dato_Temperatura_KeyPress(KeyAscii As Integer)
'DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
    If KeyAscii = 44 Then
        KeyAscii = 46
    End If

'INGRESO DEL VALOR VALIDADO
    flag = 0
    For i = 1 To Len(Dato_Temperatura.Text)
        If 46 = Asc(Right(Dato_Temperatura.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
            flag = 1
        End If
    Next

    If KeyAscii = 13 Then
        If Dato_Temperatura.Text = "" Then
            Dato_Temperatura.Text = "0"
        End If

        Dato_Temperatura.Text = Round(Dato_Temperatura.Text, 3)

        If Asc(Right(Dato_Temperatura.Text, 2)) = 46 Then
            Dato_Temperatura.Text = Dato_Temperatura.Text & "00"
        Else
            If Asc(Right(Dato_Temperatura.Text, 3)) = 46 Then
```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```
Dato_Temperatura.Text = Dato_Temperatura.Text & "0"
Else
  If Asc(Right(Dato_Temperatura.Text, 4)) <> 46 Then
    Dato_Temperatura.Text = Dato_Temperatura.Text & ".000"
  End If
End If
End If

Dato_Temperatura.SelStart = 0
Dato_Temperatura.SelLength = Len(Dato_Temperatura.Text)

Dato_API = Round(141.5 / (-3.433 * 10 ^ (-4) * (Dato_Temperatura - 60) + 141.5 / (131.5 + Dato_API60)) - 131.5, 3)

End If

If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
  KeyAscii = 0
End If

End Sub

Private Sub Dato_Temperatura_LostFocus()
  If Dato_Temperatura.Text = "" Then
    Dato_Temperatura.Text = "0"
  End If

  Dato_Temperatura.Text = Round(Dato_Temperatura.Text, 3)

  If Asc(Right(Dato_Temperatura.Text, 2)) = 46 Then
    Dato_Temperatura.Text = Dato_Temperatura.Text & "00"
  Else
    If Asc(Right(Dato_Temperatura.Text, 3)) = 46 Then
      Dato_Temperatura.Text = Dato_Temperatura.Text & "0"
    Else
      If Asc(Right(Dato_Temperatura.Text, 4)) <> 46 Then
        Dato_Temperatura.Text = Dato_Temperatura.Text & ".000"
      End If
    End If
  End If

  End If

  Dato_API = Round(141.5 / (-3.433 * 10 ^ (-4) * (Dato_Temperatura - 60) + 141.5 / (131.5 + Dato_API60)) - 131.5, 3)

End Sub
```

Herramientas – Viscosidad del Crudo Oriente

```
Private Sub Dato_API_GotFocus()
  Dato_API.SelStart = 0
  Dato_API.SelLength = Len(Dato_API.Text)
End Sub
```

```

Private Sub Dato_API_KeyPress(KeyAscii As Integer)
'DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
  If KeyAscii = 44 Then
    KeyAscii = 46
  End If

INGRESO DEL VALOR VALIDADO
  flag = 0
  For i = 1 To Len(Dato_API.Text)
    If 46 = Asc(Right(Dato_API.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
      flag = 1
    End If
  Next

  If KeyAscii = 13 Then
    If Dato_API.Text = "" Then
      Dato_API.Text = "0"
    End If

    Dato_API.Text = Round(Dato_API.Text, 3)

    If Asc(Right(Dato_API.Text, 2)) = 46 Then
      Dato_API.Text = Dato_API.Text & "00"
    Else
      If Asc(Right(Dato_API.Text, 3)) = 46 Then
        Dato_API.Text = Dato_API.Text & "0"
      Else
        If Asc(Right(Dato_API.Text, 4)) <> 46 Then
          Dato_API.Text = Dato_API.Text & ".000"
        End If
      End If
    End If
  End If

  Dato_API.SelStart = 0
  Dato_API.SelLength = Len(Dato_API.Text)

  If Dato_API < 10 Then
    Dato_API = 10
    MsgBox "El menor grado API es 10"
  End If

  If Dato_API <= 46 Then
    Dato_Viscosidad = Round(Exp(Exp(Log(Log((Exp(28.49994 - 7.7282 * Log(Dato_API))) + 0.7)) +
    Log(Log((Exp(28.49994 - 7.7282 * Log(Dato_API))) + 0.7) / Log((Exp(21.29056 - 5.73822 * Log(Dato_API))) + 0.7)) * Log((460
    + Dato_Temperatura) / (460 + 100)) / Log((460 + 100) / (460 + 150)))) - 0.7, 3)
  Else
    MsgBox "Error"
  End If
End If

If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

        KeyAscii = 0
    End If

End Sub

Private Sub Dato_API_LostFocus()
    If Dato_API.Text = "" Then
        Dato_API.Text = "0"
    End If

    Dato_API.Text = Round(Dato_API.Text, 3)

    If Asc(Right(Dato_API.Text, 2)) = 46 Then
        Dato_API.Text = Dato_API.Text & "00"
    Else
        If Asc(Right(Dato_API.Text, 3)) = 46 Then
            Dato_API.Text = Dato_API.Text & "0"
        Else
            If Asc(Right(Dato_API.Text, 4)) <> 46 Then
                Dato_API.Text = Dato_API.Text & ".000"
            End If
        End If
    End If
End If

If Dato_API < 10 Then
    Dato_API = 10
End If

If Dato_API <= 46 Then
    Dato_Viscosidad = Round(Exp(Exp(Log(Log((Exp(28.49994 - 7.7282 * Log(Dato_API))) + 0.7)) + Log(Log((Exp(28.49994 - 7.7282 * Log(Dato_API))) + 0.7) / Log((Exp(21.29056 - 5.73822 * Log(Dato_API))) + 0.7)) * Log((460 + Dato_Temperatura) / (460 + 100)) / Log((460 + 100) / (460 + 150)))) - 0.7, 3)
Else
    MsgBox "Error"
End If
End Sub

Private Sub Dato_Temperatura_GotFocus()
    Dato_Temperatura.SelStart = 0
    Dato_Temperatura.SelLength = Len(Dato_Temperatura.Text)
End Sub

Private Sub Dato_Temperatura_KeyPress(KeyAscii As Integer)
'DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
    If KeyAscii = 44 Then
        KeyAscii = 46
    End If

'INGRESO DEL VALOR VALIDADO
    flag = 0
    For i = 1 To Len(Dato_Temperatura.Text)

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

If 46 = Asc(Right(Dato_Temperatura.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
    flag = 1
End If
Next

If KeyAscii = 13 Then
    If Dato_Temperatura.Text = "" Then
        Dato_Temperatura.Text = "0"
    End If

    Dato_Temperatura.Text = Round(Dato_Temperatura.Text, 3)

    If Asc(Right(Dato_Temperatura.Text, 2)) = 46 Then
        Dato_Temperatura.Text = Dato_Temperatura.Text & "00"
    Else
        If Asc(Right(Dato_Temperatura.Text, 3)) = 46 Then
            Dato_Temperatura.Text = Dato_Temperatura.Text & "0"
        Else
            If Asc(Right(Dato_Temperatura.Text, 4)) <> 46 Then
                Dato_Temperatura.Text = Dato_Temperatura.Text & ".000"
            End If
        End If
    End If

    Dato_Temperatura.SelStart = 0
    Dato_Temperatura.SelLength = Len(Dato_Temperatura.Text)

    Dato_Viscosidad = Round(Exp(Exp(Log(Log((Exp(28.49994 - 7.7282 * Log(Dato_API))) + 0.7)) + Log(Log((Exp(28.49994 - 7.7282 * Log(Dato_API))) + 0.7) / Log((Exp(21.29056 - 5.73822 * Log(Dato_API))) + 0.7)) * Log((460 + Dato_Temperatura) / (460 + 100)) / Log((460 + 100) / (460 + 150)))) - 0.7, 3)
End If

If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
    KeyAscii = 0
End If

End Sub

Private Sub Dato_Temperatura_LostFocus()
    If Dato_Temperatura.Text = "" Then
        Dato_Temperatura.Text = "0"
    End If

    Dato_Temperatura.Text = Round(Dato_Temperatura.Text, 3)

    If Asc(Right(Dato_Temperatura.Text, 2)) = 46 Then
        Dato_Temperatura.Text = Dato_Temperatura.Text & "00"
    Else
        If Asc(Right(Dato_Temperatura.Text, 3)) = 46 Then
            Dato_Temperatura.Text = Dato_Temperatura.Text & "0"
        Else
    
```

```

    If Asc(Right(Dato_Temperatura.Text, 4)) <> 46 Then
        Dato_Temperatura.Text = Dato_Temperatura.Text & ".000"
    End If
End If
End If

Dato_Viscosidad = Round(Exp(Exp(Log(Log((Exp(28.49994 - 7.7282 * Log(Dato_API)))) + 0.7)) + Log(Log((Exp(28.49994 - 7.7282 * Log(Dato_API)))) + 0.7) / Log((Exp(21.29056 - 5.73822 * Log(Dato_API)))) + 0.7)) * Log((460 + Dato_Temperatura) / (460 + 100)) / Log((460 + 100) / (460 + 150))) - 0.7, 3)
End Sub

```

Herramientas – Eficiencia de una Bomba Centrífuga

```

Private Sub Dato_API60_GotFocus()
    Dato_API60.SelStart = 0
    Dato_API60.SelLength = Len(Dato_API60.Text)
End Sub

Private Sub Dato_API60_KeyPress(KeyAscii As Integer)
'DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
    If KeyAscii = 44 Then
        KeyAscii = 46
    End If

'INGRESO DEL VALOR VALIDADO
    flag = 0
    For i = 1 To Len(Dato_API60.Text)
        If 46 = Asc(Right(Dato_API60.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
            flag = 1
        End If
    Next

    If KeyAscii = 13 Then
        If Dato_API60.Text = "" Then
            Dato_API60.Text = "0"
        End If

        Dato_API60.Text = Round(Dato_API60.Text, 3)

        If Asc(Right(Dato_API60.Text, 2)) = 46 Then
            Dato_API60.Text = Dato_API60.Text & "00"
        Else
            If Asc(Right(Dato_API60.Text, 3)) = 46 Then
                Dato_API60.Text = Dato_API60.Text & "0"
            Else
                If Asc(Right(Dato_API60.Text, 4)) <> 46 Then
                    Dato_API60.Text = Dato_API60.Text & ".000"
                End If
            End If
        End If
    End If
End Sub

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

Dato_API60.SelStart = 0
Dato_API60.SelLength = Len(Dato_API60.Text)

If Dato_API60 < 10 Then
    Dato_API60 = 10
    MsgBox "El menor grado API es 10"
End If

If Dato_API60 <= 100 Then

    spgr = -3.433 * 10 ^ (-4) * (Dato_TempEntrada - 60) + 141.5 / (131.5 + Dato_API60)

    Cp = (0.388 + 4.5 * 10 ^ (-4) * Dato_TempEntrada) / (141.5 / (131.5 + Dato_API60)) ^ 0.5

    TempRise = 41.39 * Exp(-3.67 * spgr)

    TempCorregida = TempRise * (Dato_Presion_Descarga - Dato_Presion_Succion) / 1000

    Dato_Eficiencia = Round((Dato_Presion_Descarga - Dato_Presion_Succion) * 100 / ((Dato_Presion_Descarga -
Dato_Presion_Succion) + 47630 * Cp * ((Dato_TempSalida - Dato_TempEntrada) - TempCorregida) / (141.5 / spgr)), 3)
    Else
        MsgBox "El grado API debe ser menor a 100°"
    End If

End If

If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
    KeyAscii = 0
End If

End Sub

Private Sub Dato_API60_LostFocus()
    If Dato_API60.Text = "" Then
        Dato_API60.Text = "0"
    End If

    Dato_API60.Text = Round(Dato_API60.Text, 3)

    If Asc(Right(Dato_API60.Text, 2)) = 46 Then
        Dato_API60.Text = Dato_API60.Text & "00"
    Else
        If Asc(Right(Dato_API60.Text, 3)) = 46 Then
            Dato_API60.Text = Dato_API60.Text & "0"
        Else
            If Asc(Right(Dato_API60.Text, 4)) <> 46 Then
                Dato_API60.Text = Dato_API60.Text & ".000"
            End If
        End If
    End If

End Sub

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

If Dato_API60 < 10 Then
    Dato_API60 = 10
End If

If Dato_API60 <= 100 Then

    spgr = -3.433 * 10 ^ (-4) * (Dato_TempEntrada - 60) + 141.5 / (131.5 + Dato_API60)

    Cp = (0.388 + 4.5 * 10 ^ (-4) * Dato_TempEntrada) / (141.5 / (131.5 + Dato_API60)) ^ 0.5

    TempRise = 41.39 * Exp(-3.67 * spgr)

    TempCorregida = TempRise * (Dato_Presion_Descarga - Dato_Presion_Succion) / 1000

    Dato_Eficiencia = Round((Dato_Presion_Descarga - Dato_Presion_Succion) * 100 / ((Dato_Presion_Descarga -
Dato_Presion_Succion) + 47630 * Cp * ((Dato_TempSalida - Dato_TempEntrada) - TempCorregida) / (141.5 / spgr)), 3)
    Else
        MsgBox "El grado API debe ser menor a 100°"
    End If

End Sub

Private Sub Dato_Presion_Descarga_GotFocus()
    Dato_Presion_Descarga.SelStart = 0
    Dato_Presion_Descarga.SelLength = Len(Dato_Presion_Descarga.Text)
End Sub

Private Sub Dato_Presion_Descarga_KeyPress(KeyAscii As Integer)
DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
    If KeyAscii = 44 Then
        KeyAscii = 46
    End If

INGRESO DEL VALOR VALIDADO
    flag = 0
    For i = 1 To Len(Dato_Presion_Descarga.Text)
        If 46 = Asc(Right(Dato_Presion_Descarga.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
            flag = 1
        End If
    Next

    If KeyAscii = 13 Then
        If Dato_Presion_Descarga.Text = "" Then
            Dato_Presion_Descarga.Text = "0"
        End If

        Dato_Presion_Descarga.Text = Round(Dato_Presion_Descarga.Text, 3)

        If Asc(Right(Dato_Presion_Descarga.Text, 2)) = 46 Then
            Dato_Presion_Descarga.Text = Dato_Presion_Descarga.Text & "00"
        Else

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

If Asc(Right(Dato_Presion_Descarga.Text, 3)) = 46 Then
    Dato_Presion_Descarga.Text = Dato_Presion_Descarga.Text & "0"
Else
    If Asc(Right(Dato_Presion_Descarga.Text, 4)) <> 46 Then
        Dato_Presion_Descarga.Text = Dato_Presion_Descarga.Text & ".000"
    End If
End If
End If

Dato_Presion_Descarga.SelStart = 0
Dato_Presion_Descarga.SelLength = Len(Dato_Presion_Descarga.Text)

If Dato_API60 <= 100 Then

    spgr = -3.433 * 10 ^ (-4) * (Dato_TempEntrada - 60) + 141.5 / (131.5 + Dato_API60)

    Cp = (0.388 + 4.5 * 10 ^ (-4) * Dato_TempEntrada) / (141.5 / (131.5 + Dato_API60)) ^ 0.5

    TempRise = 41.39 * Exp(-3.67 * spgr)

    TempCorregida = TempRise * (Dato_Presion_Descarga - Dato_Presion_Succion) / 1000

    Dato_Eficiencia = Round((Dato_Presion_Descarga - Dato_Presion_Succion) * 100 / ((Dato_Presion_Descarga -
Dato_Presion_Succion) + 47630 * Cp * ((Dato_TempSalida - Dato_TempEntrada) - TempCorregida) / (141.5 / spgr)), 3)
Else
    MsgBox "El grado API debe ser menor a 100°"
End If

End If

If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
    KeyAscii = 0
End If

End Sub

Private Sub Dato_Presion_Descarga_LostFocus()
    If Dato_Presion_Descarga.Text = "" Then
        Dato_Presion_Descarga.Text = "0"
    End If

    Dato_Presion_Descarga.Text = Round(Dato_Presion_Descarga.Text, 3)

    If Asc(Right(Dato_Presion_Descarga.Text, 2)) = 46 Then
        Dato_Presion_Descarga.Text = Dato_Presion_Descarga.Text & "00"
    Else
        If Asc(Right(Dato_Presion_Descarga.Text, 3)) = 46 Then
            Dato_Presion_Descarga.Text = Dato_Presion_Descarga.Text & "0"
        Else
            If Asc(Right(Dato_Presion_Descarga.Text, 4)) <> 46 Then
                Dato_Presion_Descarga.Text = Dato_Presion_Descarga.Text & ".000"
            End If
        End If
    End If
End Sub

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

    End If
End If
End If

If Dato_API60 <= 100 Then

    spgr = -3.433 * 10 ^ (-4) * (Dato_TempEntrada - 60) + 141.5 / (131.5 + Dato_API60)

    Cp = (0.388 + 4.5 * 10 ^ (-4) * Dato_TempEntrada) / (141.5 / (131.5 + Dato_API60)) ^ 0.5

    TempRise = 41.39 * Exp(-3.67 * spgr)

    TempCorregida = TempRise * (Dato_Presion_Descarga - Dato_Presion_Succion) / 1000

    Dato_Eficiencia = Round((Dato_Presion_Descarga - Dato_Presion_Succion) * 100 / ((Dato_Presion_Descarga -
Dato_Presion_Succion) + 47630 * Cp * ((Dato_TempSalida - Dato_TempEntrada) - TempCorregida) / (141.5 / spgr)), 3)
    Else
        MsgBox "El grado API debe ser menor a 100°"
    End If

End Sub

Private Sub Dato_Presion_Succion_GotFocus()
    Dato_Presion_Succion.SelStart = 0
    Dato_Presion_Succion.SelLength = Len(Dato_Presion_Succion.Text)
End Sub

Private Sub Dato_Presion_Succion_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
    If KeyAscii = 44 Then
        KeyAscii = 46
    End If

    INGRESO DEL VALOR VALIDADO
    flag = 0
    For i = 1 To Len(Dato_Presion_Succion.Text)
        If 46 = Asc(Right(Dato_Presion_Succion.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
            flag = 1
        End If
    Next

    If KeyAscii = 13 Then
        If Dato_Presion_Succion.Text = "" Then
            Dato_Presion_Succion.Text = "0"
        End If

        Dato_Presion_Succion.Text = Round(Dato_Presion_Succion.Text, 3)

        If Asc(Right(Dato_Presion_Succion.Text, 2)) = 46 Then
            Dato_Presion_Succion.Text = Dato_Presion_Succion.Text & "00"
        Else

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

If Asc(Right(Dato_Presion_Succion.Text, 3)) = 46 Then
    Dato_Presion_Succion.Text = Dato_Presion_Succion.Text & "0"
Else
    If Asc(Right(Dato_Presion_Succion.Text, 4)) <> 46 Then
        Dato_Presion_Succion.Text = Dato_Presion_Succion.Text & ".000"
    End If
End If
End If

Dato_Presion_Succion.SelStart = 0
Dato_Presion_Succion.SelLength = Len(Dato_Presion_Succion.Text)

If Dato_API60 <= 100 Then

    spgr = -3.433 * 10 ^ (-4) * (Dato_TempEntrada - 60) + 141.5 / (131.5 + Dato_API60)

    Cp = (0.388 + 4.5 * 10 ^ (-4) * Dato_TempEntrada) / (141.5 / (131.5 + Dato_API60)) ^ 0.5

    TempRise = 41.39 * Exp(-3.67 * spgr)

    TempCorregida = TempRise * (Dato_Presion_Descarga - Dato_Presion_Succion) / 1000

    Dato_Eficiencia = Round((Dato_Presion_Descarga - Dato_Presion_Succion) * 100 / ((Dato_Presion_Descarga -
Dato_Presion_Succion) + 47630 * Cp * ((Dato_TempSalida - Dato_TempEntrada) - TempCorregida) / (141.5 / spgr)), 3)
Else
    MsgBox "El grado API debe ser menor a 100°"
End If

End If

If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
    KeyAscii = 0
End If

End Sub

Private Sub Dato_Presion_Succion_LostFocus()
    If Dato_Presion_Succion.Text = "" Then
        Dato_Presion_Succion.Text = "0"
    End If

    Dato_Presion_Succion.Text = Round(Dato_Presion_Succion.Text, 3)

    If Asc(Right(Dato_Presion_Succion.Text, 2)) = 46 Then
        Dato_Presion_Succion.Text = Dato_Presion_Succion.Text & "00"
    Else
        If Asc(Right(Dato_Presion_Succion.Text, 3)) = 46 Then
            Dato_Presion_Succion.Text = Dato_Presion_Succion.Text & "0"
        Else
            If Asc(Right(Dato_Presion_Succion.Text, 4)) <> 46 Then
                Dato_Presion_Succion.Text = Dato_Presion_Succion.Text & ".000"
            End If
        End If
    End If
End Sub

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

    End If
End If
End If

If Dato_API60 <= 100 Then

    spgr = -3.433 * 10 ^ (-4) * (Dato_TempEntrada - 60) + 141.5 / (131.5 + Dato_API60)

    Cp = (0.388 + 4.5 * 10 ^ (-4) * Dato_TempEntrada) / (141.5 / (131.5 + Dato_API60)) ^ 0.5

    TempRise = 41.39 * Exp(-3.67 * spgr)

    TempCorregida = TempRise * (Dato_Presion_Descarga - Dato_Presion_Succion) / 1000

    Dato_Eficiencia = Round((Dato_Presion_Descarga - Dato_Presion_Succion) * 100 / ((Dato_Presion_Descarga -
Dato_Presion_Succion) + 47630 * Cp * ((Dato_TempSalida - Dato_TempEntrada) - TempCorregida) / (141.5 / spgr)), 3)
    Else
        MsgBox "El grado API debe ser menor a 100°"
    End If

End Sub

Private Sub Dato_TempEntrada_GotFocus()
    Dato_TempEntrada.SelStart = 0
    Dato_TempEntrada.SelLength = Len(Dato_TempEntrada.Text)
End Sub

Private Sub Dato_TempEntrada_KeyPress(KeyAscii As Integer)
DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
    If KeyAscii = 44 Then
        KeyAscii = 46
    End If

INGRESO DEL VALOR VALIDADO
    flag = 0
    For i = 1 To Len(Dato_TempEntrada.Text)
        If 46 = Asc(Right(Dato_TempEntrada.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
            flag = 1
        End If
    Next

    If KeyAscii = 13 Then
        If Dato_TempEntrada.Text = "" Then
            Dato_TempEntrada.Text = "0"
        End If

        Dato_TempEntrada.Text = Round(Dato_TempEntrada.Text, 3)

        If Asc(Right(Dato_TempEntrada.Text, 2)) = 46 Then
            Dato_TempEntrada.Text = Dato_TempEntrada.Text & "00"
        Else

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

If Asc(Right(Dato_TempEntrada.Text, 3)) = 46 Then
    Dato_TempEntrada.Text = Dato_TempEntrada.Text & "0"
Else
    If Asc(Right(Dato_TempEntrada.Text, 4)) <> 46 Then
        Dato_TempEntrada.Text = Dato_TempEntrada.Text & ".000"
    End If
End If
End If

Dato_TempEntrada.SelStart = 0
Dato_TempEntrada.SelLength = Len(Dato_TempEntrada.Text)

If Dato_API60 <= 100 Then

    spgr = -3.433 * 10 ^ (-4) * (Dato_TempEntrada - 60) + 141.5 / (131.5 + Dato_API60)

    Cp = (0.388 + 4.5 * 10 ^ (-4) * Dato_TempEntrada) / (141.5 / (131.5 + Dato_API60)) ^ 0.5

    TempRise = 41.39 * Exp(-3.67 * spgr)

    TempCorregida = TempRise * (Dato_Presion_Descarga - Dato_Presion_Succion) / 1000

    Dato_Eficiencia = Round((Dato_Presion_Descarga - Dato_Presion_Succion) * 100 / ((Dato_Presion_Descarga -
Dato_Presion_Succion) + 47630 * Cp * ((Dato_TempSalida - Dato_TempEntrada) - TempCorregida) / (141.5 / spgr)), 3)
Else
    MsgBox "El grado API debe ser menor a 100°"
End If
End If

If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
    KeyAscii = 0
End If

End Sub

Private Sub Dato_TempEntrada_LostFocus()
    If Dato_TempEntrada.Text = "" Then
        Dato_TempEntrada.Text = "0"
    End If

    Dato_TempEntrada.Text = Round(Dato_TempEntrada.Text, 3)

    If Asc(Right(Dato_TempEntrada.Text, 2)) = 46 Then
        Dato_TempEntrada.Text = Dato_TempEntrada.Text & "00"
    Else
        If Asc(Right(Dato_TempEntrada.Text, 3)) = 46 Then
            Dato_TempEntrada.Text = Dato_TempEntrada.Text & "0"
        Else
            If Asc(Right(Dato_TempEntrada.Text, 4)) <> 46 Then
                Dato_TempEntrada.Text = Dato_TempEntrada.Text & ".000"
            End If
        End If
    End If

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

End If
End If

If Dato_API60 <= 100 Then

    spgr = -3.433 * 10 ^ (-4) * (Dato_TempEntrada - 60) + 141.5 / (131.5 + Dato_API60)

    Cp = (0.388 + 4.5 * 10 ^ (-4) * Dato_TempEntrada) / (141.5 / (131.5 + Dato_API60)) ^ 0.5

    TempRise = 41.39 * Exp(-3.67 * spgr)

    TempCorregida = TempRise * (Dato_Presion_Descarga - Dato_Presion_Succion) / 1000

    Dato_Eficiencia = Round((Dato_Presion_Descarga - Dato_Presion_Succion) * 100 / ((Dato_Presion_Descarga -
Dato_Presion_Succion) + 47630 * Cp * ((Dato_TempSalida - Dato_TempEntrada) - TempCorregida) / (141.5 / spgr)), 3)
    Else
        MsgBox "El grado API debe ser menor a 100°"
    End If
End Sub

Private Sub Dato_TempSalida_GotFocus()
    Dato_TempSalida.SelStart = 0
    Dato_TempSalida.SelLength = Len(Dato_TempSalida.Text)
End Sub

Private Sub Dato_TempSalida_KeyPress(KeyAscii As Integer)
'DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
    If KeyAscii = 44 Then
        KeyAscii = 46
    End If

'INGRESO DEL VALOR VALIDADO
    flag = 0
    For i = 1 To Len(Dato_TempSalida.Text)
        If 46 = Asc(Right(Dato_TempSalida.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
            flag = 1
        End If
    Next

    If KeyAscii = 13 Then
        If Dato_TempSalida.Text = "" Then
            Dato_TempSalida.Text = "0"
        End If

        Dato_TempSalida.Text = Round(Dato_TempSalida.Text, 3)

        If Asc(Right(Dato_TempSalida.Text, 2)) = 46 Then
            Dato_TempSalida.Text = Dato_TempSalida.Text & "00"
        Else
            If Asc(Right(Dato_TempSalida.Text, 3)) = 46 Then
                Dato_TempSalida.Text = Dato_TempSalida.Text & "0"
            End If
        End If
    End Sub

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

Else
  If Asc(Right(Dato_TempSalida.Text, 4)) <> 46 Then
    Dato_TempSalida.Text = Dato_TempSalida.Text & ".000"
  End If
End If
End If

Dato_TempSalida.SelStart = 0
Dato_TempSalida.SelLength = Len(Dato_TempSalida.Text)

If Dato_API60 <= 100 Then

  spgr = -3.433 * 10 ^ (-4) * (Dato_TempEntrada - 60) + 141.5 / (131.5 + Dato_API60)

  Cp = (0.388 + 4.5 * 10 ^ (-4) * Dato_TempEntrada) / (141.5 / (131.5 + Dato_API60)) ^ 0.5

  TempRise = 41.39 * Exp(-3.67 * spgr)

  TempCorregida = TempRise * (Dato_Presion_Descarga - Dato_Presion_Succion) / 1000

  Dato_Eficiencia = Round((Dato_Presion_Descarga - Dato_Presion_Succion) * 100 / ((Dato_Presion_Descarga -
Dato_Presion_Succion) + 47630 * Cp * ((Dato_TempSalida - Dato_TempEntrada) - TempCorregida) / (141.5 / spgr)), 3)
Else
  MsgBox "El grado API debe ser menor a 100°"
End If
End If

If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
  KeyAscii = 0
End If

End Sub

Private Sub Dato_TempSalida_LostFocus()
  If Dato_TempSalida.Text = "" Then
    Dato_TempSalida.Text = "0"
  End If

  Dato_TempSalida.Text = Round(Dato_TempSalida.Text, 3)

  If Asc(Right(Dato_TempSalida.Text, 2)) = 46 Then
    Dato_TempSalida.Text = Dato_TempSalida.Text & "00"
  Else
    If Asc(Right(Dato_TempSalida.Text, 3)) = 46 Then
      Dato_TempSalida.Text = Dato_TempSalida.Text & "0"
    Else
      If Asc(Right(Dato_TempSalida.Text, 4)) <> 46 Then
        Dato_TempSalida.Text = Dato_TempSalida.Text & ".000"
      End If
    End If
  End If
End If

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```
If Dato_API60 <= 100 Then

    spgr = -3.433 * 10 ^ (-4) * (Dato_TempEntrada - 60) + 141.5 / (131.5 + Dato_API60)

    Cp = (0.388 + 4.5 * 10 ^ (-4) * Dato_TempEntrada) / (141.5 / (131.5 + Dato_API60)) ^ 0.5

    TempRise = 41.39 * Exp(-3.67 * spgr)

    TempCorregida = TempRise * (Dato_Presion_Descarga - Dato_Presion_Succion) / 1000

    Dato_Eficiencia = Round((Dato_Presion_Descarga - Dato_Presion_Succion) * 100 / ((Dato_Presion_Descarga -
Dato_Presion_Succion) + 47630 * Cp * ((Dato_TempSalida - Dato_TempEntrada) - TempCorregida) / (141.5 / spgr)), 3)
    Else
        MsgBox "El grado API debe ser menor a 100°"
    End If
End Sub
```

Herramientas – Porcentaje de Carga del Motor

```
Private Sub Dato_BHP_GotFocus()
    Dato_BHP.SelStart = 0
    Dato_BHP.SelLength = Len(Dato_BHP.Text)
End Sub

Private Sub Dato_BHP_KeyPress(KeyAscii As Integer)

    BHP_auxiliar = Dato_BHP

'DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
    If KeyAscii = 44 Then
        KeyAscii = 46
    End If

INGRESO DEL VALOR VALIDADO
    flag = 0
    For i = 1 To Len(Dato_BHP.Text)
        If 46 = Asc(Right(Dato_BHP.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
            flag = 1
        End If
    Next

    If KeyAscii = 13 Then
        If Dato_BHP.Text = "" Then
            Dato_BHP.Text = "0"
        End If

        Dato_BHP.Text = Round(Dato_BHP.Text, 3)

        If Asc(Right(Dato_BHP.Text, 2)) = 46 Then
```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

    Dato_BHP.Text = Dato_BHP.Text & "00"
Else
    If Asc(Right(Dato_BHP.Text, 3)) = 46 Then
        Dato_BHP.Text = Dato_BHP.Text & "0"
    Else
        If Asc(Right(Dato_BHP.Text, 4)) <> 46 Then
            Dato_BHP.Text = Dato_BHP.Text & ".000"
        End If
    End If
End If

Dato_BHP.SelStart = 0
Dato_BHP.SelLength = Len(Dato_BHP.Text)

If Dato_BHP <= 0 Then
    MsgBox "La potencia debe ser mayor que 0"
    Dato_BHP = BHP_auxiliar
End If

If Dato_Eficiencia > 0 And Dato_BHP > 0 Then
    Dato_Carga = Round(Dato_Caudal * (Dato_Pd - Dato_Ps) / 0.245 / Dato_Eficiencia / Dato_BHP, 3)
End If

End If

If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
    KeyAscii = 0
End If

End Sub

Private Sub Dato_BHP_LostFocus()

    BHP_auxiliar = Dato_BHP

    If Dato_BHP.Text = "" Then
        Dato_BHP.Text = "0"
    End If

    Dato_BHP.Text = Round(Dato_BHP.Text, 3)

    If Asc(Right(Dato_BHP.Text, 2)) = 46 Then
        Dato_BHP.Text = Dato_BHP.Text & "00"
    Else
        If Asc(Right(Dato_BHP.Text, 3)) = 46 Then
            Dato_BHP.Text = Dato_BHP.Text & "0"
        Else
            If Asc(Right(Dato_BHP.Text, 4)) <> 46 Then
                Dato_BHP.Text = Dato_BHP.Text & ".000"
            End If
        End If
    End If

End If

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

End If
If Dato_BHP <= 0 Then
    MsgBox "La potencia debe ser mayor que 0"
    Dato_BHP = BHP_auxiliar
End If

If Dato_Eficiencia > 0 And Dato_BHP > 0 Then
    Dato_Carga = Round(Dato_Caudal * (Dato_Pd - Dato_Ps) / 0.245 / Dato_Eficiencia / Dato_BHP, 3)
End If

End Sub

Private Sub Dato_Caudal_GotFocus()
    Dato_Caudal.SelStart = 0
    Dato_Caudal.SelLength = Len(Dato_Caudal.Text)
End Sub

Private Sub Dato_Caudal_KeyPress(KeyAscii As Integer)
'DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
    If KeyAscii = 44 Then
        KeyAscii = 46
    End If

'INGRESO DEL VALOR VALIDADO
    flag = 0
    For i = 1 To Len(Dato_Caudal.Text)
        If 46 = Asc(Right(Dato_Caudal.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
            flag = 1
        End If
    Next

    If KeyAscii = 13 Then
        If Dato_Caudal.Text = "" Then
            Dato_Caudal.Text = "0"
        End If

        Dato_Caudal.Text = Round(Dato_Caudal.Text, 3)

        If Asc(Right(Dato_Caudal.Text, 2)) = 46 Then
            Dato_Caudal.Text = Dato_Caudal.Text & "00"
        Else
            If Asc(Right(Dato_Caudal.Text, 3)) = 46 Then
                Dato_Caudal.Text = Dato_Caudal.Text & "0"
            Else
                If Asc(Right(Dato_Caudal.Text, 4)) <> 46 Then
                    Dato_Caudal.Text = Dato_Caudal.Text & ".000"
                End If
            End If
        End If

        Dato_Caudal.SelStart = 0
    End Sub

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```
Dato_Caudal.SelLength = Len(Dato_Caudal.Text)

If Dato_Eficiencia > 0 And Dato_BHP > 0 Then
    Dato_Carga = Round(Dato_Caudal * (Dato_Pd - Dato_Ps) / 0.245 / Dato_Eficiencia / Dato_BHP, 3)
End If

End If

If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
    KeyAscii = 0
End If

End Sub

Private Sub Dato_Caudal_LostFocus()
    If Dato_Caudal.Text = "" Then
        Dato_Caudal.Text = "0"
    End If

    Dato_Caudal.Text = Round(Dato_Caudal.Text, 3)

    If Asc(Right(Dato_Caudal.Text, 2)) = 46 Then
        Dato_Caudal.Text = Dato_Caudal.Text & "00"
    Else
        If Asc(Right(Dato_Caudal.Text, 3)) = 46 Then
            Dato_Caudal.Text = Dato_Caudal.Text & "0"
        Else
            If Asc(Right(Dato_Caudal.Text, 4)) <> 46 Then
                Dato_Caudal.Text = Dato_Caudal.Text & ".000"
            End If
        End If
    End If

End Sub

If Dato_Eficiencia > 0 And Dato_BHP > 0 Then
    Dato_Carga = Round(Dato_Caudal * (Dato_Pd - Dato_Ps) / 0.245 / Dato_Eficiencia / Dato_BHP, 3)
End If

End Sub

Private Sub Dato_Eficiencia_GotFocus()
    Dato_Eficiencia.SelStart = 0
    Dato_Eficiencia.SelLength = Len(Dato_Eficiencia.Text)
End Sub

Private Sub Dato_Eficiencia_KeyPress(KeyAscii As Integer)

eficiencia_auxiliar = Dato_Eficiencia

'DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
If KeyAscii = 44 Then
    KeyAscii = 46
```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

End If

'INGRESO DEL VALOR VALIDADO
flag = 0
For i = 1 To Len(Dato_Eficiencia.Text)
    If 46 = Asc(Right(Dato_Eficiencia.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
        flag = 1
    End If
Next

If KeyAscii = 13 Then
    If Dato_Eficiencia.Text = "" Then
        Dato_Eficiencia.Text = "0"
    End If

    Dato_Eficiencia.Text = Round(Dato_Eficiencia.Text, 3)

    If Asc(Right(Dato_Eficiencia.Text, 2)) = 46 Then
        Dato_Eficiencia.Text = Dato_Eficiencia.Text & "00"
    Else
        If Asc(Right(Dato_Eficiencia.Text, 3)) = 46 Then
            Dato_Eficiencia.Text = Dato_Eficiencia.Text & "0"
        Else
            If Asc(Right(Dato_Eficiencia.Text, 4)) <> 46 Then
                Dato_Eficiencia.Text = Dato_Eficiencia.Text & ".000"
            End If
        End If
    End If

    Dato_Eficiencia.SelStart = 0
    Dato_Eficiencia.SelLength = Len(Dato_Eficiencia.Text)

    If Dato_Eficiencia = 0 Then
        MsgBox "La eficiencia debe ser mayor que 0"
        Dato_Eficiencia = eficiencia_auxiliar
    End If

    If Dato_Eficiencia > 0 And Dato_BHP > 0 Then
        Dato_Carga = Round(Dato_Caudal * (Dato_Pd - Dato_Ps) / 0.245 / Dato_Eficiencia / Dato_BHP, 3)
    End If

End If

If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
    KeyAscii = 0
End If

End Sub

Private Sub Dato_Eficiencia_LostFocus()

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```
eficiencia_auxiliar = Dato_Eficiencia

If Dato_Eficiencia.Text = "" Then
    Dato_Eficiencia.Text = "0"
End If

Dato_Eficiencia.Text = Round(Dato_Eficiencia.Text, 3)

If Asc(Right(Dato_Eficiencia.Text, 2)) = 46 Then
    Dato_Eficiencia.Text = Dato_Eficiencia.Text & "00"
Else
    If Asc(Right(Dato_Eficiencia.Text, 3)) = 46 Then
        Dato_Eficiencia.Text = Dato_Eficiencia.Text & "0"
    Else
        If Asc(Right(Dato_Eficiencia.Text, 4)) <> 46 Then
            Dato_Eficiencia.Text = Dato_Eficiencia.Text & ".000"
        End If
    End If
End If

If Dato_Eficiencia = 0 Then
    MsgBox "La eficiencia debe ser mayor que 0"
    Dato_Eficiencia = eficiencia_auxiliar
End If

If Dato_Eficiencia > 0 And Dato_BHP > 0 Then
    Dato_Carga = Round(Dato_Caudal * (Dato_Pd - Dato_Ps) / 0.245 / Dato_Eficiencia / Dato_BHP, 3)
End If

End Sub

Private Sub Dato_Pd_GotFocus()
    Dato_Pd.SelStart = 0
    Dato_Pd.SelLength = Len(Dato_Pd.Text)
End Sub

Private Sub Dato_Pd_KeyPress(KeyAscii As Integer)

Pd_auxiliar = Dato_Pd

'DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
If KeyAscii = 44 Then
    KeyAscii = 46
End If

'INGRESO DEL VALOR VALIDADO
flag = 0
For i = 1 To Len(Dato_Pd.Text)
    If 46 = Asc(Right(Dato_Pd.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
        flag = 1
    End If
End If
```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

Next

If KeyAscii = 13 Then
    If Dato_Pd.Text = "" Then
        Dato_Pd.Text = "0"
    End If

    Dato_Pd.Text = Round(Dato_Pd.Text, 3)

    If Asc(Right(Dato_Pd.Text, 2)) = 46 Then
        Dato_Pd.Text = Dato_Pd.Text & "00"
    Else
        If Asc(Right(Dato_Pd.Text, 3)) = 46 Then
            Dato_Pd.Text = Dato_Pd.Text & "0"
        Else
            If Asc(Right(Dato_Pd.Text, 4)) <> 46 Then
                Dato_Pd.Text = Dato_Pd.Text & ".000"
            End If
        End If
    End If

    Dato_Pd.SelStart = 0
    Dato_Pd.SelLength = Len(Dato_Pd.Text)

    Dim Pd As Double
    Dim Ps As Double

    Pd = Dato_Pd
    Ps = Dato_Ps

    If Pd < Ps Then
        MsgBox "La presión de descarga debe ser mayor que la presión de succión"
        Dato_Pd = Pd_auxiliar
    End If

    If Dato_Eficiencia > 0 And Dato_BHP > 0 Then
        Dato_Carga = Round(Dato_Caudal * (Dato_Pd - Dato_Ps) / 0.245 / Dato_Eficiencia / Dato_BHP, 3)
    End If

End If

If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
    KeyAscii = 0
End If

End Sub

Private Sub Dato_Pd_LostFocus()

    Pd_auxiliar = Dato_Pd

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```
If Dato_Pd.Text = "" Then
    Dato_Pd.Text = "0"
End If

Dato_Pd.Text = Round(Dato_Pd.Text, 3)

If Asc(Right(Dato_Pd.Text, 2)) = 46 Then
    Dato_Pd.Text = Dato_Pd.Text & "00"
Else
    If Asc(Right(Dato_Pd.Text, 3)) = 46 Then
        Dato_Pd.Text = Dato_Pd.Text & "0"
    Else
        If Asc(Right(Dato_Pd.Text, 4)) <> 46 Then
            Dato_Pd.Text = Dato_Pd.Text & ".000"
        End If
    End If
End If

Dim Pd As Double
Dim Ps As Double

Pd = Dato_Pd
Ps = Dato_Ps

If Pd < Ps Then
    MsgBox "La presión de descarga debe ser mayor que la presión de succión"
    Dato_Pd = Pd_auxiliar
End If

If Dato_Eficiencia > 0 And Dato_BHP > 0 Then
    Dato_Carga = Round(Dato_Caudal * (Dato_Pd - Dato_Ps) / 0.245 / Dato_Eficiencia / Dato_BHP, 3)
End If

End Sub

Private Sub Dato_Ps_GotFocus()
    Dato_Ps.SelStart = 0
    Dato_Ps.SelLength = Len(Dato_Ps.Text)
End Sub

Private Sub Dato_Ps_KeyPress(KeyAscii As Integer)

Ps_auxiliar = Dato_Ps

'DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
If KeyAscii = 44 Then
    KeyAscii = 46
End If

'INGRESO DEL VALOR VALIDADO
flag = 0
```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```

For i = 1 To Len(Dato_Ps.Text)
  If 46 = Asc(Right(Dato_Ps.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
    flag = 1
  End If
Next

If KeyAscii = 13 Then
  If Dato_Ps.Text = "" Then
    Dato_Ps.Text = "0"
  End If

  Dato_Ps.Text = Round(Dato_Ps.Text, 3)

  If Asc(Right(Dato_Ps.Text, 2)) = 46 Then
    Dato_Ps.Text = Dato_Ps.Text & "00"
  Else
    If Asc(Right(Dato_Ps.Text, 3)) = 46 Then
      Dato_Ps.Text = Dato_Ps.Text & "0"
    Else
      If Asc(Right(Dato_Ps.Text, 4)) <> 46 Then
        Dato_Ps.Text = Dato_Ps.Text & ".000"
      End If
    End If
  End If

  Dato_Ps.SelStart = 0
  Dato_Ps.SelLength = Len(Dato_Ps.Text)

  Dim Pd As Double
  Dim Ps As Double

  Pd = Dato_Pd
  Ps = Dato_Ps

  If Pd < Ps Then
    MsgBox "La presión de succión debe ser menor que la presión de descarga"
    Dato_Ps = Ps_auxiliar
  End If

  If Dato_Eficiencia > 0 And Dato_BHP > 0 Then
    Dato_Carga = Round(Dato_Caudal * (Dato_Pd - Dato_Ps) / 0.245 / Dato_Eficiencia / Dato_BHP, 3)
  End If

End If

If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
  KeyAscii = 0
End If

End Sub

```

```

Private Sub Dato_Ps_LostFocus()

    Ps_auxiliar = Dato_Ps

    If Dato_Ps.Text = "" Then
        Dato_Ps.Text = "0"
    End If

    Dato_Ps.Text = Round(Dato_Ps.Text, 3)

    If Asc(Right(Dato_Ps.Text, 2)) = 46 Then
        Dato_Ps.Text = Dato_Ps.Text & "00"
    Else
        If Asc(Right(Dato_Ps.Text, 3)) = 46 Then
            Dato_Ps.Text = Dato_Ps.Text & "0"
        Else
            If Asc(Right(Dato_Ps.Text, 4)) <> 46 Then
                Dato_Ps.Text = Dato_Ps.Text & ".000"
            End If
        End If
    End If

    Dim Pd As Double
    Dim Ps As Double

    Pd = Dato_Pd
    Ps = Dato_Ps

    If Pd < Ps Then
        MsgBox "La presión de succión debe ser menor que la presión de descarga"
        Dato_Ps = Ps_auxiliar
    End If

    If Dato_Eficiencia > 0 And Dato_BHP > 0 Then
        Dato_Carga = Round(Dato_Caudal * (Dato_Pd - Dato_Ps) / 0.245 / Dato_Eficiencia / Dato_BHP, 3)
    End If

End Sub

```

Herramientas – Potencia del Motor ALCO

```

Private Sub Dato_RPM_GotFocus()
    Dato_RPM.SelStart = 0
    Dato_RPM.SelLength = Len(Dato_RPM.Text)
End Sub

Private Sub Dato_RPM_KeyPress(KeyAscii As Integer)
'DETERMINA EL PUNTO DECIMAL
    If KeyAscii = 44 Then
        KeyAscii = 46
    End If
End Sub

```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```
End If

'INGRESO DEL VALOR VALIDADO
flag = 0
For i = 1 To Len(Dato_RPM.Text)
  If 46 = Asc(Right(Dato_RPM.Text, i)) And KeyAscii = 46 Then
    flag = 1
  End If
Next

If KeyAscii = 13 Then
  If Dato_RPM.Text = "" Then
    Dato_RPM.Text = "0"
  End If

  Dato_RPM.Text = Round(Dato_RPM.Text, 3)

  If Asc(Right(Dato_RPM.Text, 2)) = 46 Then
    Dato_RPM.Text = Dato_RPM.Text & "00"
  Else
    If Asc(Right(Dato_RPM.Text, 3)) = 46 Then
      Dato_RPM.Text = Dato_RPM.Text & "0"
    Else
      If Asc(Right(Dato_RPM.Text, 4)) <> 46 Then
        Dato_RPM.Text = Dato_RPM.Text & ".000"
      End If
    End If
  End If

  Dato_RPM.SelStart = 0
  Dato_RPM.SelLength = Len(Dato_RPM.Text)

  Dato_Potencia = Round(Dato_RPM * Texto_Potencia / Texto_RPM, 3)
End If

If Not ((KeyAscii = 46 Or KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 57 Or KeyAscii = 8) And flag = 0) Then
  KeyAscii = 0
End If

End Sub

Private Sub Dato_RPM_LostFocus()
  If Dato_RPM.Text = "" Then
    Dato_RPM.Text = "0"
  End If

  Dato_RPM.Text = Round(Dato_RPM.Text, 3)

  If Asc(Right(Dato_RPM.Text, 2)) = 46 Then
    Dato_RPM.Text = Dato_RPM.Text & "00"
  Else
```

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

```
If Asc(Right(Dato_RPM.Text, 3)) = 46 Then
    Dato_RPM.Text = Dato_RPM.Text & "0"
Else
    If Asc(Right(Dato_RPM.Text, 4)) <> 46 Then
        Dato_RPM.Text = Dato_RPM.Text & ".000"
    End If
End If
End If

Dato_Potencia = Round(Dato_RPM * Texto_Potencia / Texto_RPM, 3)
End Sub

Private Sub Numero_Cilindros_Click()
    If Numero_Cilindros.ListIndex = 0 Then
        Texto_Potencia.Caption = "1800.000"
        Texto_RPM.Caption = "1050.000"
        Dato_Potencia.Text = "1800.000"
        Dato_RPM.Text = "1050.000"
    End If
    If Numero_Cilindros.ListIndex = 1 Then
        Texto_Potencia.Caption = "2500.000"
        Texto_RPM.Caption = "1050.000"
        Dato_Potencia.Text = "2500.000"
        Dato_RPM.Text = "1050.000"
    End If
    If Numero_Cilindros.ListIndex = 2 Then
        Texto_Potencia.Caption = "2900.000"
        Texto_RPM.Caption = "1050.000"
        Dato_Potencia.Text = "2900.000"
        Dato_RPM.Text = "1050.000"
    End If
End Sub
```

ANEXO II

FORMULARIOS E-3000

Fecha: 28 de marzo del 2008

B. S. & W. DE LINEAS Y CENTRIFUGA																			
TEMPERATURA BOMBA	HORAS	OLEODUCTO				PETROPRODUCCION				CUYABENO				SUCURBOS					
		API OBS.	TEMP.	B.S.W.	API 60°	HORAS	API OBS.	TEMP.	B.S.W.	API 60°	HORAS	API OBS.	TEMP.	B.S.W.	API 60°	API OBS.	TEMP. EXC.	API 60°	
	08	25.6	92	0.8	23.5	08	25.4	88	1.2	23.6	08	26.9	84	0.4	25.3	30.1	84	0.1	29.4
	10	25.8	95	0.7	23.3	10	25.5	91	1.6	23.5	10	27.2	86	0.3	25.5	30.6	82	0.2	28.4
	12	26.0	96	0.7	23.7	12	25.8	95	1.6	23.5	12	26.4	92	0.3	24.8	33	83	0.1	29.6
	14	25.9	95	1.0	23.6	14	25.6	97	0.8	23.2	14	26.6	95.5	0.4	24.4	31.9	85	0.1	29.4
	16	25.5	90	1.2	23.6	16	25.7	92	1.6	23.8	16	28.5	86	0.3	26.7	31.5	86	0.1	28.6
	18	25.7	96	1.4	24.0	18	25.8	87	1.4	24.0	18	28.1	84	0.2	26.5	31.1	85	0.1	29.4
	20	26.0	95	0.4	23.7	20	26.0	90	1.4	24.0	20	26.7	82	0.3	25.2	30.9	84	0.1	29.2
	22	26.0	94	0.6	23.8	22	26.6	86	1.2	24.9	22	26.4	81	0.3	25.0	30.3	82	0.4	28.7
	24	26.0	95	0.6	23.7	24	25.9	83	0.9	24.4	24	27.1	84	0.5	25.5				
	02	26.0	94	0.5	23.8	02	27.0	86	0.5	25.3	02	26.4	85	0.6	25.2				
	04	25.4	83	0.9	23.9	04	25.5	82	1.4	24.1	04								
	06					06					06								
PROM.	PROM.	25.8	92	0.8	23.7	PROM.	25.9	88	1.2	24.0	PROM.	27.1	85	0.4	25.4	31.2	86	0.1	29.3
		PARA DIFER. MEDIDOR CONSUMO																	
		API:	FACTOR:																

Tabla 4.1 Características del crudo recibido y despachado hacia Balao

LAGO AGRIO ESTACION 1													
FLUJO BARRILES	SUCCION	DESCARGA	MOTOR ALCO 1 RPM	MOTOR ALCO 2 RPM	MOTOR ALCO 3 RPM	MOTOR ALCO 4 RPM	MOTOR ALCO 5 RPM	MOTOR ALCO 6 RPM	MOTOR ALCO 7 RPM	MOTOR ALCO 8 RPM	MOTOR BOOSTER 1 RPM	MOTOR BOOSTER 2 RPM	MOTOR BOOSTER 3 RPM
15761	119	1360	986	986	-	-	986	986	986	-	1795	-	1795
13227													
15729	118	1320	990	990	-	990	990	990	-	-	1792	-	1799
13395													
15795	115	1440	1007	1007	1007	1007	1007	1007	-	-	1793	-	1799
15798	115	1440	1010	1010	1010	-	1010	1010	1010	-	1793	-	1799
15846	117	1460	1010	1010	1010	-	1010	1010	1010	-	1793	-	1793
15883	115	1480	1015	1015	1015	-	1015	1015	1015	-	1794	-	1794
15914	115	1465	1011	1011	1011	-	1011	1011	1011	-	1793	1793	-
15536	114	1480	1023	1023	1023	1023	1023	1023	1023	-	1795	1795	-
15850	123	1438	-	1020	1020	1020	1020	1020	1020	-	1795	1790	-
	120	1506	1030	-	1030	1030	1030	1030	1030	-	1795	1790	-
14190	120	1503	1030	1030	1030	1030	-	1030	1030	-	1786	1786	-
14148	120	1506	1030	1030	1030	1030	-	1030	1030	-	1794	1795	-
14383	120	1506	1030	1030	1030	1030	1030	-	1030	-	1794	1795	-
14431	120	1506	1028	1028	1028	1028	1028	-	1028	-	1790	1790	-
14507	119	1506	1030	1030	1030	1030	1030	-	1030	-	1792	1790	-
14654	118	1506	1030	1030	1030	1030	1030	-	1030	-	1794	1793	-
14654	117	1506	1030	1030	1030	1030	1030	-	1030	-	1793	1795	-
14696	116	1505	1030	1030	1030	1030	1030	-	1030	-	1795	1792	-
14539													
15539	116	1506	1030	1030	1030	1030	1030	-	1030	-	1794	1795	-
14507													
15507	115	1504	-	1030	1030	1030	1030	1030	1030	-	1793	1792	-
15544	114	1500	-	1030	1030	1030	1030	1030	1030	-	1793	1793	-
15585	113	1506	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024	-	1793	1793	-
15665	112	1506	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024	-	1793	1795	-
15664	120	1506	1022	1022	1022	1022	1022	1022	1022	-	1795	1780	-
14288	120	1490	-	1024	1024	1024	1024	1024	1024	-	1783	1783	-

Tabla 4.2 Características de la Operación en Lago Agrio

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

06:00 1000 RPM
 07:30 OFF
 17:35 → SOC
 01:00 —

D.2000 LUMBAQUI ESTACION 2									
FLUJO BARRILES	SUCCION	DESCARGA	MOTOR ALCO 1 RPM	MOTOR ALCO 2 RPM	MOTOR ALCO 3 RPM	MOTOR ALCO 4 RPM	MOTOR ALCO 5 RPM	MOTOR ALCO 6 RPM	MOTOR ALCO 7 RPM
14200	100	1415	1000	1000	-	1000	1000	1000	1000
14300	100	1416	1001	1001	-	1001	1001	1001	1001
14400	100	1420	1004	1004	-	1004	1004	1004	1004
144000	100	1408	1000	1000	-	1000	1000	1000	1000
14400	100	1404	1000	1000	-	1000	1000	1000	1000
14600	100	1404	1007	1007	-	1007	1007	1007	1007
14800	100	1415	995	995	-	995	995	995	995
14400	120	1407	997	-	997	997	997	997	997
14700	110	1405	1000	-	1000	1000	1000	1000	1000
14600	130	1440	1000	-	1000	1000	1000	1000	1000
14700	124	1441	998	998	998	998	-	998	998
14200	170	1440	1000	1000	1000	1000	-	1000	1000
14000	170	1440	994	994	994	994	-	994	994
14300	130	1460	1004	1004	1004	1004	-	1004	1004
14700	130	1473	1007	1007	1007	1007	-	1007	1007
14700	100	1470	1020	1020	1020	1020	-	1020	1020
14800	100	1458	1017	1017	1017	1017	-	1017	1017
14700	100	1467	1020	1020	1020	1020	-	1020	1020
14800	100	1471	1023	1023	1023	1023	-	1023	1023
14900	100	1485	1025	1025	1025	1025	-	1025	1025
14800	100	1487	1027	1027	1027	-	1027	1027	1027
14800	100	1490	1024	1024	1024	-	1024	1024	1024
15200	100	1510	1030	1030	1030	-	1030	1030	1030
15100	115	1504	1027	1027	1027	-	1027	1027	1027
15000	118	1510	1030	1030	1030	-	1030	1030	1030
15000	120	1500	1022	1022	1022	-	1022	1022	1022
15200	100	1505	1030	1030	1030	-	1030	1030	1030
15200	100	1570	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024
15300	100	1510	1025	1025	1025	1025	1025	1025	1025
15300	100	1570	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024
15300	100	1570	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024
15300	100	1570	1023	1023	1023	1023	1023	1023	1023
15300	100	1570	1023	1023	1023	1023	1023	1023	1023
15200	105	1570	1025	1025	1025	1025	1025	1025	1025
15200	108	1520	1025	1025	1025	1025	1025	1025	1025
15200	110	1520	1022	1022	1022	1022	1022	1022	1022
14900	115	1520	1022	1022	1022	1022	1022	1022	1022
14800	100	1497	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017
14700	100	1498	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017
14600	100	1495	1015	1015	1015	1015	1015	1015	1015
14600	100	1497	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017
14700	100	1495	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017
14600	100	1500	1016	1016	1016	1016	1016	1016	1016
14700	100	1495	1015	1015	1015	1015	1015	1015	1015
14800	100	1495	1015	1015	1015	1015	1015	1015	1015
14600	100	1500	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017
14500	115	1520	1018	1018	1018	1018	1018	1018	1018
14300	120	1505	1020	1020	1020	-	1020	1020	1020

Tabla 4.3 Características de la Operación en Lumbaqui y control de la Inyección en TECPE

SALADO ESTACION 3									
FLUJO BARRILES	SUCCION	DESCARGA	MOTOR ALCO 1 RPM	MOTOR ALCO 2 RPM	MOTOR ALCO 3 RPM	MOTOR ALCO 4 RPM	MOTOR ALCO 5 RPM	MOTOR ALCO 6 RPM	MOTOR ALCO 7 RPM
14000	530	1590	1002	1002	1002	-	1002	1002	1002
13900	530	1569	994	994	994	-	994	994	994
13800	526	1604	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010
14100	530	1576	-	998	998	998	998	998	998
14200	530	1526	-	998	998	998	998	998	998
14200	530	1602	-	1028	1028	1028	1028	1028	1028
14006	530	1541	996	996	996	996	996	-	996
14000	530	1545	984	984	984	984	984	-	984
14400	530	1593	1020	1020	1020	1020	1020	-	1020
14100	530	1563	1006	1006	1006	1006	1006	-	1006
13900	530	1566	996	996	996	996	996	-	996
13800	530	1518	983	983	983	983	983	-	983
13600	525	1476	970	970	970	970	970	-	970
13800	519	1507	978	978	978	978	978	-	978
13800	518	1508	980	980	980	980	980	-	980
14500	470	1464	986	986	986	986	986	-	986
14600	470	1471	970	970	970	970	970	-	970
14500	470	1476	968	968	968	968	968	-	968
14400	470	1423	-	963	963	963	963	963	963
14600	470	1384	-	956	956	956	956	956	956
14500	470	1345	-	955	955	955	955	955	955
14400	470	1404	-	954	954	954	954	954	954
14600	470	1444	977	977	977	-	977	977	977
14600	470	1470	985	985	985	-	985	985	985
14700	470	1480	987	987	987	-	987	987	987
14600	470	1480	985	985	985	-	985	985	985
15000	470	1500	995	995	995	-	995	995	995
14900	470	1510	1002	1002	1002	-	1002	1002	1002
14700	470	1530	1010	1010	1010	-	1010	1010	1010
14900	470	1530	1012	1012	1012	-	1012	1012	1012
14900	470	1550	1015	1015	1015	-	1015	1015	1015
14900	470	1550	1019	1019	1019	-	1019	1019	1019
14900	470	1550	1020	1020	1020	-	1020	1020	1020
14700	485	1590	1030	1030	1030	-	1030	1030	1030
14900	490	1595	1030	1030	1030	-	1030	1030	1030
14800	490	1600	1030	1030	1030	-	1030	1030	1030
14700	500	1606	1030	1030	1030	-	1030	1030	1030
14300	490	1590	1030	1030	1030	1030	1030	1030	-
14300	480	1600	1030	1030	1030	1030	1030	1030	-
14500	480	1590	1030	1030	1030	1030	1030	1030	-
14400	490	1600	1030	1030	1030	1030	1030	1030	-
14300	490	1590	1030	1030	1030	1030	1030	1030	-
14400	490	1600	1030	1030	1030	1030	1030	1030	-
14300	490	1590	1030	1030	1030	1030	1030	1030	-
14300	490	1595	1030	1030	1030	1030	1030	1030	-
14400	490	1595	1030	1030	1030	1030	1030	1030	-
14300	500	1580	1006	1006	1006	1006	1006	1006	-
13900	510	1560	1000	1000	-	1000	1000	1000	1000

Tabla 4.4 Características de la Operación en El Salado

BAEZA ESTACION 4									
FLUJO BARRILES	SUCCION	DESCARGA	MOTOR ALCO 1 RPM	MOTOR ALCO 2 RPM	MOTOR ALCO 3 RPM	MOTOR ALCO 4 RPM	MOTOR ALCO 5 RPM	MOTOR ALCO 6 RPM	MOTOR ALCO 7 RPM
16100	100	1740	1014	1014	1014	1014	1014	1014	1014
16100	100	1713	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006
16200	130	1770	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017
16300	100	1745	1016	1016	1016	1016	1016	1016	1016
16300	100	1745	1016	1016	1016	1016	1016	1016	1016
15900	177	1770	988	988	988	988	988	988	988
16000	130	1770	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017
16100	100	1715	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008
16300	195	1770	995	995	995	995	995	995	995
16200	120	1770	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007
16200	160	1765	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005
16300	142	1770	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008
16200	130	1770	1014	1014	1014	1014	1014	1014	1014
16200	150	1770	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007
16100	153	1770	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006
15100	100	1679	1005	1005	1005	1005	-	1005	1005
14700	100	1560	996	996	996	996	-	996	996
14700	100	1656	996	996	996	996	-	996	996
16600	100	1656	996	996	996	996	-	996	996
14700	100	1655	1002	1002	1002	1002	=	1002	1002
14700	100	1605	1001	1001	1001	1001	1001	1001	-
14500	100	1617	1000	1000	1000	1000	1000	1000	-
14800	100	1592	997	997	997	997	-	997	997
14900	100	1580	988	988	988	988	-	988	988
14900	100	1560	1004	1004	1004	1004	-	1004	-
14800	100	1545	1001	1001	1001	1001	-	1001	-
14900	100	1520	995	995	995	995	-	995	-
15100	100	1523	997	997	997	997	-	997	-
15200	100	1534	991	991	991	991	-	991	-
15000	100	1540	994	-	994	994	994	994	-
15100	100	1571	996	-	996	996	996	996	-
15200	100	1560	998	-	998	998	998	998	-
15200	100	1580	998	-	998	998	998	998	-
16200	100	1610	1000	-	1000	1000	1000	1000	1000
16100	100	1615	999	-	999	999	999	999	999
16000	100	1615	1000	-	1000	1000	1000	1000	1000
16000	100	1627	997	997	997	997	997	-	997
15900	100	1640	998	998	998	998	998	=	998
16100	100	1660	1005	1005	1005	1005	1005	-	1005
15900	100	1620	1007	1007	1007	1007	1007	-	1007
15900	100	1690	1013	1013	1013	1013	1013	-	1013
16100	100	1700	1016	1016	1016	1016	1016	-	1016
15900	100	1715	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020
16100	100	1725	-	1023	1023	1023	1023	1023	1023
16100	100	1725	-	1021	1021	1021	1021	1021	1021
16000	100	1720	-	1020	1020	1020	1020	1020	1020
14100	130	1682	-	990	990	990	990	990	990
13800	130	1665	-	985	985	985	985	985	985

Tabla 4.6 Características de la Operación en Baeza

PAPALLACTA ESTACION 5									
FLUJO BARRILES	SUCCION	DESCARGA	MOTOR ALCO 1 RPM	MOTOR ALCO 2 RPM	MOTOR ALCO 3 RPM	MOTOR ALCO 4 RPM	MOTOR ALCO 5 RPM	MOTOR ALCO 6 RPM	MOTOR ALCO 7 RPM
16000	130	1770	1015	1015	1015	1015	1015	1015	1015
16100	130	1765	1013	1013	1013	1013	1023	1023	1023
16100	148	1770	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011
16000	137	1770	1015	1015	1015	1015	1015	1015	1015
16000	137	1770	1015	1015	1015	1015	1015	1015	1015
15600	160	1745	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017
16000	149	1770	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010
15400	100	1764	1077	1077	1077	1077	1077	1077	1077
16100	150	1770	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010
16000	150	1770	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010
16000	151	1764	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009
16000	150	1770	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009
16100	154	1770	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009
16000	155	1770	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008
16000	156	1770	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008
15000	100	1677	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007
14500	100	1634	988	988	988	—	988	988	988
14400	100	1636	989	989	989	—	989	989	989
14400	100	1635	989	989	989	—	989	989	989
14400	100	1640	990	990	990	—	990	990	990
14300	100	1631	987	987	987	987	987	—	987
14400	100	1637	987	987	—	987	987	987	987
14300	100	1633	988	988	—	988	988	988	988
14500	100	1653	995	995	—	995	995	995	995
14500	100	1654	996	996	960	960	960	960	960
14500	100	1649	994	994	994	—	994	994	994
14700	100	1655	1010	1010	1010	—	1010	1010	1010
14800	100	1645	1010	1010	1010	—	1010	1010	1010
14800	100	1660	1000	1000	1000	—	1000	1000	1000
14900	100	1665	995	995	995	—	995	995	995
14800	100	1580	990	990	990	990	990	990	990
14600	100	1575	990	990	990	990	990	990	990
14600	100	1580	991	991	991	—	991	991	991
15700	100	1655	1022	1022	1022	—	1022	1022	1022
15800	100	1655	1015	1015	1015	—	1015	1015	1015
15800	100	1660	1015	1015	1015	—	1015	1015	1015
15800	100	1665	1015	1015	1015	—	1015	1015	1015
15900	100	1665	1014	1014	1014	—	1014	1014	1014
15900	100	1660	1015	1015	1015	—	1015	1015	1015
15800	100	1640	1008	1008	1008	—	1008	1008	1008
15800	100	1600	1000	1000	1000	—	1000	1000	1000
15900	100	1590	996	996	996	—	996	996	996
15800	100	1565	981	981	981	—	981	981	981
16000	100	1565	975	975	975	—	975	975	975
15900	100	1555	980	980	980	—	980	980	980
15900	100	1570	981	981	981	—	981	981	981
14050	120	1470	951	951	951	—	951	951	951
13600	115	1460	—	950	950	—	950	950	950

Tabla 4.7 Características de la Operación en Papallacta

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

HORA	SAN JUAN ESTACION 6						CHIRIBOGA ESTACION 7					
	ENTRADA	SALIDA	FLUJO	ENTRADA	SALIDA	FLUJO	ENTRADA	SALIDA	FLUJO	ENTRADA	SALIDA	FLUJO
06:00	32	1	16100				1370	1280	15600			
07:00	32	1	16200	32	1	16200	1270	1260	15600	1310	1280	15700
08:00	32	1	16200				1260	1280	15400			
09:00	30	1	16000	30	1	16000	1240	1260	15400	1250	1270	15600
10:00	32	1	16200	32	1	16200	1250	1220	15600	1240	1210	15600
11:00	32	1	16100	32	1	16200	1240	1210	15400	1240	1210	15700
12:00	32	1	16300	32	1	161000	1230	1200	15400	1210	1180	15400
13:00	32	1	16100	32	1	16100	1200	1170	15200	1190	1170	15200
14:00	28	1	15300	28	1	14900	1190	1150	15200	1020	1040	15300
15:00	25	1	14600	25	1	14500	900	930	14900	910	890	14800
16:00	25	1	14700	25	1	14500	900	880	14200	880	860	14100
17:00	25	1	14500	25	1	14500	870	850	14000	880	860	14100
18:00	25	1	14700	25	1	14600	890	870	14200	900	880	14400
19:00	26	1	14700	26	1	14800	890	870	14300	890	870	14300
20:00	27	1	14900	27	1	15000	900	880	14300	910	890	14400
21:00	27	1	15000	27	1	14900	910	890	14400	910	890	14500
22:00	27	1	14900	27	1	14900	920	890	14400	920	890	14400
23:00	30	1	15700	30	1	16000	970	940	14800	1010	990	15200
24:00	30	1	15800	30	1	16000	1050	1020	14900	1100	1080	14900
01:00	30	1	15900	30	1	16000	1140	1100	15700	1180	1150	15700
02:00	30	1	16000	30	1	16200	1230	1200	15700	1280	1250	15700
03:00	30	1	16000	30	1	16100	1310	1280	15200	1320	1290	15200
04:00	32	1	16700	33	1	16000	1350	1320	15400	1390	1350	15300
05:00	40	20	16000	23	1	14200	1450	1380	15400	1430	1380	15300
06:00	22	1	14000	22	1	14000	1190	1160	15000	1180	1160	15000

Tabla 4.8 Características de la Operación en San Juan y Chiriboga

LA PALMA ESTACION 8						SANTO DOMINGO ESTACION 9						HORA
ENTRADA	SALIDA	FLUJO	ENTRADA	SALIDA	FLUJO	ENTRADA	SALIDA	FLUJO	ENTRADA	SALIDA	FLUJO	
810	800	700				630	590	15900				06:00
800	790	700	810	800	700	627	590	16000	630	595	16000	07:00
820	810	700				625	605	15700				08:00
820	810	700	790	780	700	665	625	16100	650	610	15400	09:00
790	780	700	280	270	700	650	610	16100	660	615	16100	10:00
780	760	700	770	760	700	620	620	16100	680	630	16100	11:00
770	760	700	760	750	700	680	640	16100	680	640	16100	12:00
740	740	700	720	710	700	680	630	16100	665	620	16100	13:00
690	690	700				640	596	16000	590	550	15700	14:00
580	520	700	450	440	700	530	490	16500	480	440	16250	15:00
390	380	700	360	350	700	445	410	15000	430	390	14700	16:00
350	350	700	360	350	700	405	370	14600				17:00
360	350	700	360	350	700	400	360	14320	390	360	14400	18:00
360	350	700	360	350	700	395	370	14300	400	370	14500	19:00
360	350	700	360	350	700	400	370	14300	400	370	14500	20:00
360	350	700	360	350	700	410	350	14000	420	390	14700	21:00
390	380	700	390	380	700	420	390	14600	420	390	14600	22:00
390	380	700	430	440	700	410	380	14500	430	400	14800	23:00
600	590	700	660	650	700	490	455	15200	520	485	15300	24:00
700	690	700	730	720	700	540	505	15400	550	520	15300	01:00
720	760	700	810	800	700	580	540	15500	610	570	15500	02:00
820	810	700	820	810	700	630	595	15600	640	600	15800	03:00
840	830	700	860	850	700	640	600	15800	650	615	15700	04:00
850	870	700	880	870	700	650	620	15700	640	610	15800	05:00
780	760	700	780	760	700	600	580	15300	600	560	15300	06:00

Tabla 4.9 Características de la Operación en La Palma y Santo Domingo

QUININDE ESTACION 10					
FLUJO BARRILES	SUCCION	DESCARGA	MOTOR CATERPILLAR		MOTOR CATERPILLAR
			1 RPM	2 RPM	3 RPM
16100	166	962	900	-	900
16300	160	950	900		900
16300	155	955	900		900
16300	165	960	900		900
16200	160	970	900		900
16200	160	970	900		900
16200	155	970	900		900
16100	160	965	900	900	-
16500	165	970	900	900	-
163500	167	974	900	900	=
16500	170	980	900	900	
16300	170	985	900	900	
16400	170	985	900	900	
16400	170	985	900	900	
16100	163	987	900	900	
16100	145	970	900	900	
15600	115	945	900		
15300	100	950	900	900	-
15100	100	915	900	900	-
14900	100	890	900	900	-
14700	100	875	900	900	-
14500	100	865	900	900	-
14300	100	866	900	900	-
14500	100	873	900	900	-
14500	100	885	900	900	-
14200	100	888	900	900	-
14600	100	887	900	900	-
14600	100	894	900	900	-
14600	100	896	900	900	-
14600	100	911	900	900	-
14600	100	916	900	900	-
14700	100	916	900	900	-
14700	100	916	900	900	-
14800	100	903	900	900	-
15300	100	943	900	900	-
15400	130	927	900	900	-
15320	130	965	900	900	-
15500	135	970	900	900	-
15600	150	980	900	900	-
15700	165	991	900	900	-
16000	174	999	900	900	-
15900	178	998	900	900	-
16100	180	996	900	900	-
16000	182	1002	900	900	-
16000	183	1004	900	900	-
15700	155	983	900	900	-

Tabla 4.10 Características de la Operación en Quinindé

BALAO ESTACION 11		
BARRILES HORA	BARRILES ACUMULADOS	PRESION ENTRADA
15728	377254	28
15936		29
15945	31	21
15938	47669	23
85893	14350	23
15940	95345	26
15959	111304	27
15817	127051	28
15714	142865	29
15207	158072	28
14352	187074	29
14276	201300	29
14304	215674	30
14331	230025	31
14427	244452	32
14452	258904	34
14448	273352	8
15015	288367	12
15027	303388	16
15442	318330	18
15557	330337	18
15635	350022	20
15504	365526	21

Tabla 4.11 Características de la Operación en Balao

Fecha: 29 de marzo del 2008

B. S. & W. DE LINEAS Y CENTRIFUGA																			
TEMPERATURA BOMBA	HORAS	OLEODUCTO				HORAS	PETROPRODUCCION				HORAS	CUARABENO				SQUANIBENS			
		API OBS.	TEMP.	B.S.W.	API 60°		API OBS.	TEMP.	B.S.W.	API 60°		API OBS.	TEMP.	B.S.W.	API 60°	API OBS.	TEMP.	B.S.W.	API 60°
10	08	25.2	86	1.0	23.5	08	25.3	84	0.9	23.7	08	26.7	78	0.7	25.5	21.5	79	0.2	28.2
	10	25.7	92	1.0	23.6	10	25.3	88	0.9	23.5	10	25.5	85	1.0	27.8	31.6	85	0.2	28.8
14	12	25.6	93	0.9	23.5	12	25.8	97	0.8	23.7	12	28.4	90	0.6	26.4	30.8	91	0.2	28.8
	14	26.2	94	1.0	24.0	14	25.7	97	0.7	23.3	14	28.0	92.5	0.3	25.8	31.9	93	0.1	29.1
18	16	26.2	92	1.0	24.1	16	26.6	94	0.3	24.4	16	26.5	89	0.7	24.7	31.6	90	0.1	29.4
	18	30.6	87	0.2	28.7	18	26.6	93	0.6	24.4	18	26.3	87	0.7	24.5	32.9	87	0.1	29.0
22	20	30.9	83	0.2	29.2	20	26.8	85	1.3	24.9	20	27.9	83	0.5	28.3	30.2	82	0.1	28.6
	22	30.9	83	0.3	29.2	22	26.3	88	0.8	24.5	22	27.5	80	0.4	26.1	30.0	82	0.1	28.4
02	24	27.8	86	0.4	26.0	24	26.2	85	0.9	24.6	24	27.7	79	0.3	26.4				
	02	27.8	86	0.4	26.0	02	26.1	85	0.9	23.5	02	27.6	79	0.4	26.3				
06	04	27.8	86	0.5	26.0	04	26.0	87	0.8	24.2	04								
	06					06					06								
PROM.	PROM.	27.7	88.0	0.6	25.9	PROM.	26.0	89.3	0.9	24.1	PROM.	27.6	84.2	0.6	26.0	30.8	86.1	0.1	28.9
		PARA DIFER. MEDIDOR CONSUMO																	
		API:	FACTOR:																

Tabla 4.12 Características del crudo recibido y despachado hacia Balao

LAGO AGRIO ESTACION 1													
FLUJO BARRILES	SUCCION	DESCARGA	MOTOR ALCO 1 RPM	MOTOR ALCO 2 RPM	MOTOR ALCO 3 RPM	MOTOR ALCO 4 RPM	MOTOR ALCO 5 RPM	MOTOR ALCO 6 RPM	MOTOR ALCO 7 RPM	MOTOR ALCO 8 RPM	MOTOR BOOSTER 1 RPM	MOTOR BOOSTER 2 RPM	MOTOR BOOSTER 3 RPM
14288	120	1490	-	1024	1024	1024	1024	1024	1024	-	1783	1783	-
13232	121	1320	-	-	990	-	990	990	990	-	1775	1775	-
11870	121	1320	-	-	990	-	990	990	990	-	1775	1776	-
11680	120	1320	-	-	990	-	990	990	990	-	1774	1776	-
11765	120	1325	990	-	-	-	997	997	997	-	1777	1778	-
11881	120	1325	992	-	-	-	993	993	993	-	1780	1781	-
11807	120	1325	991	-	-	-	991	991	991	-	1785	1785	-
11671	120	1325	990	-	-	-	990	990	990	-	1789	1790	-
11661	119	1330	971	971	971	-	971	971	-	-	1791	1797	-
12111	118	1335	976	976	976	-	976	976	-	-	1794	1797	-
12258	117	1335	977	977	977	-	977	977	-	-	1797	1797	-
12153	116	1335	975	-	975	975	975	975	-	-	1794	1792	-
12252	117	1335	984	-	984	984	984	984	-	-	1797	1797	-
12237	120	1335	987	-	987	987	987	987	-	-	1788	1788	-
12428	120	1335	989	-	989	989	989	989	-	-	1792	1794	-
12635	119	1335	992	-	992	992	992	992	-	-	1791	1794	-
12792	118	1335	993	-	993	993	993	993	-	-	1793	1794	-
12981	117	1330	993	-	993	993	993	993	-	-	1797	1793	-
12949	120	1325	982	-	982	982	982	982	-	-	1782	1781	-
15215	118	1430	1010	1010	1010	1010	1010	-	1010	-	1791	1793	-
15923	118	1430	1009	1009	1009	1009	1009	-	1009	-	1792	1792	-
16027	117	1425	1008	1008	1008	1008	1008	-	1008	-	1793	1792	-
16080	122	1430	1006	1006	1006	1006	1006	-	1006	-	1778	1778	-
9068	120	1440	-	1011	1011	1011	1011	1011	1011	-	-	1780	1787
17117	120	1475	-	1030	1030	1030	1030	-	1030	-	-	1795	1800

Tabla 4.13 Características de la Operación en Lago Agrio

06:00 - - -

05:02. INICIA RECEPC. CERRDO.

D.1717. **LUMBAQUI ESTACION 2**

FLUJO BARRILES	SUCCION	DESCARGA	MOTOR ALCO 1 RPM	MOTOR ALCO 2 RPM	MOTOR ALCO 3 RPM	MOTOR ALCO 4 RPM	MOTOR ALCO 5 RPM	MOTOR ALCO 6 RPM	MOTOR ALCO 7 RPM
14300	120	1505	1020	1020	1020	1020	-	1020	1020
13200	110	1476	990	990	990	990	-	990	990
12300	100	1357	978	978	978	-	-	978	978
12300	100	1347	977	974	974	974	-	974	974
12200	100	1351	-	976	976	976	-	976	976
12200	100	1349	-	975	975	975	-	975	975
12100	100	1355	-	977	977	977	-	977	977
1230	100	1360	-	974	974	974	-	981	-
12200	100	1366	-	981	981	981	-	981	-
12400	100	1370	-	984	984	984	-	984	-
12600	100	1370	-	983	983	983	-	984	-
12300	100	1368	-	981	981	981	-	981	-
12200	105	1362	-	977	977	977	-	977	-
12300	105	1360	-	978	978	977	-	977	-
12500	100	1368	-	982	982	982	-	982	-
12500	100	1370	984	-	984	984	984	984	-
123	100	1375	989	-	-	984	984	984	989
12800	100	1373	982	-	-	982	982	982	982
12600	100	1377	984	-	-	984	984	984	984
12700	100	1370	991	-	-	991	991	991	991
12800	100	1379	997	-	-	992	992	992	992
12900	100	1376	990	-	-	990	990	996	990
12700	100	1376	993	993	-	-	993	-	993
12700	100	1368	991	991	991	-	991	-	991
12700	100	1370	991	991	991	-	991	-	991
12700	100	1368	991	991	991	-	991	-	991
12900	100	1370	994	994	994	-	994	-	994
13000	110	1380	995	995	995	-	995	-	995
13000	120	1387	999	999	999	-	999	-	999
13000	100	1395	998	998	998	-	998	-	998
13200	100	1390	1005	1005	1005	-	1005	-	1005
13500	100	1410	1010	1010	1010	-	1010	-	1010
13600	100	1420	1010	1010	1010	-	1010	-	1010
13600	100	1420	-	1010	1010	1010	-	1010	1010
13400	115	1415	-	1002	1002	1002	-	1002	1002
13500	115	1420	-	1006	1006	1006	-	1006	1006
14900	140	1572	1020	1020	1020	1020	-	1020	1020
14800	140	1570	1020	1020	1020	1020	-	1020	1020
14700	150	1570	1019	1019	1019	1019	-	1019	1019
14800	150	1505	1015	1015	1015	1015	-	1015	1015
14800	160	1570	1014	1014	1014	1014	-	1014	1014
14800	155	1570	1015	1015	1015	1015	1015	1015	-
14900	170	1520	1012	1012	1012	1012	1012	1012	-
14900	180	1520	1010	1010	-	1010	1010	1010	1010
14500	125	1475	1022	-	1022	1022	1022	1022	1022
14600	120	1460	1018	1018	1018	1018	-	1018	1018
14600	115	1445	1015	1015	1015	1015	-	1015	1015

Tabla 4.14 Características de la Operación en Lumbaqui y control de la Inyección en TECPE

SALADO ESTACION 3									
FLUJO BARRILES	SUCCION	DESCARGA	MOTOR ALCO 1 RPM	MOTOR ALCO 2 RPM	MOTOR ALCO 3 RPM	MOTOR ALCO 4 RPM	MOTOR ALCO 5 RPM	MOTOR ALCO 6 RPM	MOTOR ALCO 7 RPM
13900	510	1560	1000	1000	-	1000	1000	1000	1000
13100	490	1490	967	967	-	967	967	967	967
1200	470	1377	950	950	-	950	950	-	950
11900	470	1373	950	950	-	950	950	-	950
11800	470	1370	-	974	-	974	974	-	974
11700	470	1380	-	970	-	-	970	970	970
11900	470	1387	-	972	-	-	972	972	972
11700	470	1385	-	972	-	-	972	972	972
11800	470	1390	-	975	-	-	975	975	975
12000	470	1386	-	973	-	-	973	973	973
11900	470	1385	-	973	-	973	-	973	973
11800	470	1383	-	971	-	971	-	971	971
11800	470	1379	-	969	-	969	-	969	969
11800	470	1385	-	972	-	972	-	972	972
11900	470	1387	-	975	-	975	-	975	975
12000	470	1407	-	955	955	955	-	955	955
12300	470	1407	-	956	956	956	-	956	956
11200	470	1405	954	954	954	954	954	954	-
12400	470	1408	956	-	956	956	956	956	-
12400	470	1410	958	-	958	958	958	958	-
12400	470	1410	954	-	958	958	958	958	-
12300	470	1411	958	-	958	958	958	958	-
12000	470	1407	-	956	956	956	956	956	-
12400	470	1410	960	-	960	960	960	960	-
11400	470	1420	960	-	960	960	960	960	-
12200	470	1418	960	-	960	960	960	960	-
12400	470	1420	964	964	964	-	964	-	964
12500	470	1430	970	970	970	-	970	-	970
12600	470	1435	970	970	970	-	970	-	970
12900	470	1450	980	-	980	-	980	-	980
13000	470	1458	980	980	980	-	980	-	980
13000	470	1465	986	986	986	-	986	-	986
13300	470	1480	995	995	995	-	995	-	995
13200	470	1475	994	994	994	-	994	-	994
13100	470	1465	989	989	989	-	989	-	989
13100	470	1470	992	992	992	-	992	-	992
14500	486	1600	1030	1030	1030	1030	-	1030	1030
14600	480	1590	1030	1030	1030	1030	-	1030	1030
14500	500	1610	1030	1030	1030	1030	-	1030	1030
14300	480	1590	1030	1030	1030	1030	-	1030	1030
14400	520	1615	1030	1030	1030	1030	-	1030	1030
14300	490	1600	1030	1030	1030	1030	-	1030	1030
14400	520	1615	1030	1030	1030	1030	-	1030	1030
14400	495	1610	1030	1030	1030	1030	-	1030	1030
14300	480	1590	1030	1030	1030	1030	-	1030	1030
14200	485	1590	1030	1030	1030	1030	-	1030	1030
14400	484	1600	1030	1030	1030	1030	-	1030	1030

Tabla 4.15 Características de la Operación en El Salado

BAEZA ESTACION 4									
FLUJO BARRILES	SUCCION	DESCARGA	MOTOR ALCO 1 RPM	MOTOR ALCO 2 RPM	MOTOR ALCO 3 RPM	MOTOR ALCO 4 RPM	MOTOR ALCO 5 RPM	MOTOR ALCO 6 RPM	MOTOR ALCO 7 RPM
13800	130	1665	-	985	985	985	985	985	985
14200	100	1630	-	977	977	977	977	977	977
11800	100	1545	-	975	975	-	975	975	975
12000	100	1593	974	974	-	974	974	974	-
11900	100	1590	976	976	976	976	976	-	-
11700	100	1585	970	970	970	-	-	970	970
11800	100	1590	973	973	973	-	-	973	973
11900	100	1590	973	973	973	-	-	973	973
12000	100	1590	975	975	975	-	-	975	975
12100	100	1590	974	974	974	-	-	974	974
12100	100	90	974	974	974	-	-	974	974
12000	100	1580	972	972	972	-	-	972	972
11900	100	1580	970	970	970	-	-	970	970
12000	100	1580	972	972	972	-	-	972	972
12000	100	1580	971	971	-	-	971	971	971
12000	100	1590	977	-	-	977	977	977	977
124	100	1590	978	-	-	978	978	978	978
12500	100	1585	977	-	-	977	977	977	977
12600	100	1590	978	-	-	978	978	978	978
12500	100	1592	981	-	-	981	981	981	981
12600	100	1595	983	-	-	983	983	983	983
12500	100	1590	-	980	980	980	980	980	-
12400	100	1585	-	978	978	978	978	978	-
12400	100	1585	-	977	977	977	977	977	-
12300	100	1580	-	976	976	976	976	976	-
12500	100	1582	-	978	978	978	978	978	-
12500	100	1584	-	978	978	978	978	978	-
12800	100	1590	-	982	982	982	982	982	-
12700	100	1593	-	981	981	981	981	981	-
13300	100	1605	-	990	990	990	990	990	-
12800	100	1615	-	990	990	990	990	990	-
13100	100	1603	-	987	987	987	987	987	-
13200	100	1620	-	994	994	-	994	994	994
13300	100	1625	-	995	995	-	995	995	995
13000	100	1620	-	992	992	-	992	992	992
13100	100	1626	-	994	994	-	994	994	994
16500	100	1715	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008
16300	100	1706	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005
16500	115	1770	1018	1018	1018	1018	1018	1018	1018
16300	100	1716	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008
16700	107	1770	1022	1022	1022	1022	1022	1022	1022
16400	100	1730	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011
16500	100	1770	1021	1021	1021	1021	1021	1021	1021
16000	105	1770	1022	1022	1022	1022	1022	1022	1022
16000	100	1715	1006	1006	1006	1006	-	-	1006
1726	100	16400	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010
16300	100	1727	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011

Tabla 4.17 Características de la Operación en Baeza

PAPALLACTA ESTACION 5									
FLUJO BARRILES	SUCCION	DESCARGA	MOTOR ALCO 1 RPM	MOTOR ALCO 2 RPM	MOTOR ALCO 3 RPM	MOTOR ALCO 4 RPM	MOTOR ALCO 5 RPM	MOTOR ALCO 6 RPM	MOTOR ALCO 7 RPM
13600	115	1460	-	950	950	-	950	950	950
13100	100	1467	-	950	950	-	950	950	950
11700	100	1435	-	957	957	-	957	957	957
11700	100	1436	956	-	956	-	956	956	-
11700	100	1436	957	-	957	-	957	-	957
11500	100	1436	954	-	-	-	954	954	954
11700	100	1437	956	956	-	-	956	956	-
11700	100	1438	956	956	-	-	956	956	-
11800	100	1438	957	957	-	-	956	956	-
11600	100	1440	956	956	-	-	956	956	-
11800	100	1439	957	957	-	-	957	957	-
11700	100	1438	958	958	-	-	-	958	958
11700	100	1436	955	955	-	-	-	955	955
11600	100	1437	958	958	-	-	-	958	958
11400	100	1434	957	957	-	-	-	957	957
12000	100	1475	-	973	973	-	-	973	973
12200	100	1483	-	976	976	-	-	976	976
12100	100	1485	-	977	977	-	-	977	977
12300	100	1488	-	979	979	-	-	979	979
12700	100	1487	-	978	978	-	981	-	981
12300	100	1492	-	980	980	-	980	-	980
12300	100	1489	980	980	-	980	980	-	-
12000	100	1474	974	974	-	974	974	-	-
12300	100	1481	978	978	-	978	978	-	-
12200	100	1477	977	977	-	977	977	-	-
12200	100	1480	978	978	-	978	978	-	-
12300	100	1486	979	979	-	979	979	-	-
12300	100	1490	983	983	-	983	983	-	-
12400	100	1495	985	985	-	985	985	-	-
12400	120	1505	985	-	985	985	-	985	985
12600	120	1505	-	-	985	985	-	985	985
12800	100	1515	-	-	986	986	-	986	986
13100	115	1525	970	-	970	970	-	970	970
13000	115	1520	965	-	965	965	-	965	965
12900	115	1510	960	-	960	960	-	960	960
12900	115	1520	963	-	963	963	-	963	963
16200	105	1770	1025	1025	1025	1025	1025	1025	1025
16000	100	1765	1023	1023	1023	1023	1023	1023	1023
16700	115	1770	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012
16300	115	1770	1023	1023	1023	1023	1023	1023	1023
16300	110	1770	1014	1014	1014	1014	1014	1014	1014
16300	110	1770	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024
16300	145	1770	1014	1014	1014	1014	1014	1014	1014
16300	140	1770	1014	1014	1014	1014	1014	1014	1014
15900	100	1450	956	-	-	-	-	-	-
16200	100	1755	1022	1022	1022	1022	1022	1022	1022
16100	100	1770	1025	1025	1025	1025	1025	1025	1025

Tabla 4.18 Características de la Operación en Papallacta

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

HORA	SAN JUAN ESTACION 6						CHIRIBOGA ESTACION 7					
	ENTRADA	SALIDA	FLUJO	ENTRADA	SALIDA	FLUJO	ENTRADA	SALIDA	FLUJO	ENTRADA	SALIDA	FLUJO
06:00	22	1	14000	27	1	17600	1180	1160	15000	910	890	14200
07:00	20	1	13300	17	1	12400	770	750	14900	660	640	12400
08:00	16	1	11900	17	2	11700	860	850	11500	550	540	11300
09:00	16	2	11700	17	2	11700	550	540	11300	550	540	11300
10:00	16	3	11400	17	3	12200	550	540	11400	560	550	11500
11:00	19	3	12000	17	3	11900	560	550	11500	580	570	11500
12:00	17	3	11800	17	3	11900	600	590	11600	590	580	11400
13:00	11	3	11800	19	3	12100	600	590	11500	610	600	11800
14:00	19	3	12300	17	1	12400	600	600	11700	610	600	11700
15:00	17	1	12500	17	1	12600	620	610	11800	640	630	11900
16:00	17	1	12600	17	1	12500	670	660	11800	690	680	11900
17:00	17	1	12400	17	1	12400	730	720	11900	740	730	11900
18:00	17	1	12300	17	1	12400	740	720	11900	740	720	11900
19:00	17	1	12500	17	1	12300	710	720	11900	750	730	11900
20:00	17	1	12600	18	1	12800	770	750	12100	780	760	12900
21:00	18	1	12900				780	780	12300			
22:00	19	1	13100	20	1	13400	790	770	12400	810	790	12500
23:00	20	1	13300	19	1	13100	830	810	12600	830	810	12600
24:00	19	1	13200	30	1	16400	820	800	12600	950	920	14400
01:00	30	1	16400	32	1	16400	1030	1000	15500	1090	1060	15200
02:00	32	1	16400	32	1	16500	1170	1140	15380	1250	1220	15700
03:00	32	1	16500	32	1	16600	1320	12700	15800	1350	1300	15700
04:00	32	1	16500	5	1	8700	1350	1320	15900	430	430	6700
05:00				29	1	16100				780	760	12600
06:00	32	1	16500	32	1	16500	970	950	15300	970	950	15300

Tabla 4.19 Características de la Operación en San Juan y Chiriboga

LA PALMA ESTACION 8						SANTO DOMINGO ESTACION 9						HORA
ENTRADA	SALIDA	FLUJO	ENTRADA	SALIDA	FLUJO	ENTRADA	SALIDA	FLUJO	ENTRADA	SALIDA	FLUJO	
780	760	700	670	640	700	600	560	15300	525	495	15000	06:00
570	560	700	430	470	700	420	475	14700	440	410	14400	07:00
320	310	700	320	310	700	390	360	14000	275	255	12900	08:00
320	310	700	320	310	700	320	300	12100	320	300	12000	09:00
320	310	700	320	310	700	330	310	12180	320	300	12100	10:00
320	310	700	320	310	700	300	280	12100	300	280	12100	11:00
320	310	700	330	320	700	285	250	11900	250	230	11800	12:00
330	320	700	330	320	700	225	205	11800	220	200	11800	13:00
330	320	700	330	320	700	220	195	11900	230	210	11800	14:00
330	320	700	330	320	700	230	210	11900	228	206	12100	15:00
330	320	700	330	320	700	240	220	12100	240	220	12100	16:00
330	320	700	350	340	700	240	220	12100	220	200	12100	17:00
350	340	700	350	340	700	220	200	12100	210	190	12000	18:00
350	340	700	350	340	700	210	195	12100	210	190	12100	19:00
350	340	700	350	340	700	200	185	12100	270	200	12100	20:00
350	340	700				230	210	12300				21:00
350	340	700	350	340	700	275	255	12500	300	280	12600	22:00
350	340	700	350	340	700	330	310	12700	350	330	12900	23:00
350	340	700	360	350	700	365	340	12900	390	365	13700	24:00
410	400	700	630	620	700	510	485	14000	465	430	13700	01:00
700	690	700	770	760	700	520	480	15800	560	525	15900	02:00
800	790	700	840	830	700	590	560	16100	620	580	16100	03:00
840	830	700	340	330	700	630	590	16200	380	350	14600	04:00
			340	330	700				230	215	12000	05:00
340	330	700	360	350	700	250	230	12400	250	230	12400	06:00

Tabla 4.20 Características de la Operación en La Palma y Santo Domingo

QUININDE ESTACION 10					
FLUJO BARRILES	SUCCION	DESCARGA	MOTOR CATERPILLAR 1 RPM	MOTOR CATERPILLAR 2 RPM	MOTOR CATERPILLAR 3 RPM
15700	155	983	900	900	-
15500	115	955	900	900	
15500	115	955	900	900	
14800	100	890	900	900	
14500	100	837	900	900	
13200	100	750	810	810	
12300	130	680	900	-	-
12300	228	678	900	-	-
12300	230	680	900	-	-
12200	230	680	900		
12300	215	675	900		
12200	220	670	900	-	-
12200	225	670	900	-	-
12100	215	665	900	-	-
11900	200	650	900	-	-
12000	195	650	900	-	-
11900	200	655	900	-	-
12000	210	660	900	-	-
11900	215	665	900	-	-
12000	215	665	900		
12100	225	675	900	-	-
12200	225	680	900		
12400	230	680	900		
12100	225	678	900	-	-
12200	219	677	900	-	-
12100	230	681	900	-	-
12100	230	681	900	-	-
12000	230	682	900	-	-
12100	240	690	900	-	-
12100	255	702	900	-	-
	?				
12400	275	721	900	-	-
12500	288	731	900	-	-
12700	302	745	900	-	-
13000	318	756	900	-	-
13000	326	765	900	-	-
13000	330	770	900	-	-
13600	362	799	900	-	-
15700	190	1000	900	900	-
15600	211	1006	900	900	-
16100	224	1008	900	900	-
16000	222	1007	900	900	-
16000	220	1000	900	900	-
16200	208	988	900	900	-
14300	130	815	830	830	-
12800	199	675	890	890	-
12200	200	593	850	850	-

Tabla 4.21 Características de la Operación en Quinindé

BALAO ESTACION 11		
BARRILES HORA	BARRILES ACUMULADOS	PRESION ENTRADA
15504	365526	21
15279		22
14744		
11953	51077	10
12013	78071	11
11782	86854	12
11730	98584	12
11732	110316	13
11826	122142	14
12070	174717	15
11919	146131	16
11851	158012	17
11995	190007	18
11850	181887	18
12160	194047	19
12438	206485	20
12608	219093	21
12966	232059	22
14598	246657	26
13814	262222	27
15936	278207	15
15937	294114	18
13208	307309	11

Tabla 4.22 Características de la Operación en Balao

Fecha: 30 de marzo del 2008

B. S. & W. DE LINEAS Y CENTRIFUGA																			
TEMPERATURA BOMBA	HORAS	OLEODUCTO				HORAS	PETROPRODUCCION				HORAS	CUMAREN0				S. C. U. H. / B. C. S.			
		API OBS.	TEMP.	B.S.W.	API 60°		API OBS.	TEMP.	B.S.W.	API 60°		API OBS.	TEMP.	B.S.W.	API 60°	API 0.1AS	EF. 10	EF. 20	API 0.1
10	08	26.1	85	0.9	24.5	08	25.6	85	0.7	23.4	08	26.5	87	0.6	25.3	30.4	87	0.1	27.0
	10	26.1	86	0.9	24.4	10	25.8	86	1.0	24.1	10	27.0	87	0.6	25.5	30.9	87	0.1	28.3
14	12	26.3	86	0.9	24.3	12	24.8	84	0.6	22.6	12	28.3	87	0.2	26.5	30.7	87	0.1	28.5
	14	26.2	88	0.9	24.0	14	25.4	82	1.0	23.3	14	28.3	84	0.2	26.7	30.3	87	0.1	28.6
18	16	26.3	88	1.0	24.0	16	26.6	85	1.0	24.4	16	26.1	85	0.2	24.5	30.3	85	0.1	28.8
	18	25.9	88	0.8	24.2	18	26.3	82	1.0	24.2	18	25.9	84	0.2	24.3	30.9	85	0.0	27.7
22	20	25.3	80	0.4	24.0	20	26.0	81.0	0.5	24.6	20	27.1	79.0	0.3	23.8	30.0	79	0.2	28.2
	22	25.6	83	0.5	24.0	22	25.4	89	0.6	23.5	22	26.6	80	0.5	23.3	32.0	80	0.1	28.5
02	24	25.6	84	0.5	24.0	24	25.4	86	0.5	23.7	24	27.3	84	0.4	23.7	30.1	82	0.2	28.5
	02	25.6	83	0.5	24.0	02	24.5	85	0.6	23.7	02	27.3	87	0.3	26.1	30.2	78	0.0	28.4
06	04	25.4	86	0.4	23.8	04	25.1	86	0.2	23.4	04	27.3	85	0.2	26.1				
	06					06					06								
PROM.	PROM.	25.9	85.7	0.7	24.2	PROM.	25.6	88.1	0.8	23.8	PROM.	27.1	81.7	0.3	25.6	30.7	81.7	0.1	29.1

Tabla 4.23 Características del crudo recibido y despachado hacia Balao

LAGO AGRIO ESTACION 1													
FLUJO BARRILES	SUCCION	DESCARGA	MOTOR ALCO 1 RPM	MOTOR ALCO 2 RPM	MOTOR ALCO 3 RPM	MOTOR ALCO 4 RPM	MOTOR ALCO 5 RPM	MOTOR ALCO 6 RPM	MOTOR ALCO 7 RPM	MOTOR ALCO 8 RPM	MOTOR BOOSTER 1 RPM	MOTOR BOOSTER 2 RPM	MOTOR BOOSTER 3 RPM
12117	120	1475	-	1030	1030	1030	1030	1030	1030	-	-	1795	1800
15644	114	1475	-	1030	1030	1030	1030	1030	1030	-	-	1795	1798
15619	119	1460	-	1017	1017	1017	1017	1017	1017	-	-	1795	1775
14913													
15153	119	1410	1015	1015	1015	1015	1015	-	-			1796	1796
14345	119	1440	1006	1006	1006	1006	1006	1006	-	-	-	1793	1798
12310	117	1440	1008	1008	1008	1008	1008	1008	-	-	-	1797	1798
14850													
	116	1443	1011	1011	1011	1011	1011	1011	-	-	-	1799	1790
15303	114	1485	1030	1030	1030	1030	1030	1030	-	-	-	1793	1798
15146	113	1506	1076	1076	1076	1076	1076	1076	1076	-	-	1794	1794
14989	117	1506	1027	1027	1027	1027	1027	1027	1027	-	-	1794	1798
14974													
	112	1489	1030	1030	1030	1030	1030	1030	-	-	-	1793	1798
14864	111	1486	1030	1030	-	1030	1030	1030	1030	-	-	1793	1793
15283	117	1506	1025	1025	1025	1025	1025	1025	1025	-	-	1794	1798
75084	116	1506	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024			1793	1794
15125	116	1506	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024			1793	1798
14905	115	1506	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024			1794	1798
14989	114	1506	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024			1793	1799
14979	113	1506	1025	1025	1025	1025	1025	1025	1025			1794	1800
14937	112	1506	1025	1025	1025	1025	1025	1025	1025			1794	1799
14916	115	1506	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024			1794	1799
14853	114	1506	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024			1794	1799
14853	113	1506	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024			1793	1798
14874	120	1506	1021	1021	1021	1021	1021	1021	1021			1786	1792
114822	120	1506	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020			1791	1799
14822	120	1506	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020			1793	1798

Tabla 4.24 Características de la Operación en Lago Agrio

06:00. — — — 15:30 → 500
 07:45 1000 Bs.
 12:30 500
 14:16 OFF.

D. LUMBAQUI ESTACION 2									
FLUJO BARRILES	SUCCION	DESCARGA	MOTOR ALCO 1 RPM	MOTOR ALCO 2 RPM	MOTOR ALCO 3 RPM	MOTOR ALCO 4 RPM	MOTOR ALCO 5 RPM	MOTOR ALCO 6 RPM	MOTOR ALCO 7 RPM
14600	115	1445	1015	1015	1015	1015	-	1015	1015
14800	100	1412	1009	1009	1009	1009	-	1009	1009
15400	100	1430	1020	1020	1020	1020	-	1020	1020
15200	100	1472	-	1016	1016	1016	1016	1016	1016
15400	100	1437	-	1023	1023	1023	1023	1023	1023
15600	108	1458	-	1026	1026	1026	1026	1026	1026
15600	110	1464	-	1028	1028	1028	1028	1028	1028
15700	110	1455	-	1024	1024	1024	1024	1024	1024
15800	100	1408	-	1009	1009	1009	1009	1009	1009
15700	100	1417	-	1014	1014	1014	1014	1014	1014
16000	100	1427	-	1020	1020	1020	1020	1020	1020
16200	100	1470	-	1016	1016	1016	1016	1016	1016
15800	100	1412	-	1014	1014	1014	1014	1014	1014
16100	100	1437	-	1018	1018	1018	1018	1018	1018
15700	100	1425	-	1013	1013	1013	1013	1013	1013
15500	100	1474	-	1011	1011	1011	1011	1011	1011
15700	100	1446	-	1024					
15700	100	1449	-	1027	1027	1027	1027	1027	1027
15400	100	1458	-	1023	1023	1023	1023	1023	1023
15300	100	1466	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012
15900	100	1433	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017
15900	100	1477	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017
15900	100	1480	1018	1018	1018	1018	1018	1018	1018
15900	100	1485	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020
15800	100	1490	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020
15500	100	1490	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020
15700	100	1491	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020
15700	100	1490	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020
15800	100	1490	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020
15700	100	1485	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019
15700	100	1485	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019
15600	100	1483	1018	1018	1018	1018	1018	1018	1018
15700	100	1480	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017
15600	100	1490	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017
15600	100	1480	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017
15600	100	1490	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017
15500	100	1485	1018	1018	1018	1018	1018	1018	1018
15400	100	1485	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017
15500	100	1490	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017
15500	100	1490	1018	1018	1018	1018	1018	1018	1018
15500	100	1490	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019
15500	100	1495	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020
15800	100	1490	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019
15500	100	1495	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020
15600	100	1495	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020
15500	100	1495	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020

Tabla 4.25 Características de la Operación en Lumbaqui y control de la Inyección en TECPE

SALADO ESTACION 3									
FLUJO BARRILES	SUCCION	DESCARGA	MOTOR ALCO 1 RPM	MOTOR ALCO 2 RPM	MOTOR ALCO 3 RPM	MOTOR ALCO 4 RPM	MOTOR ALCO 5 RPM	MOTOR ALCO 6 RPM	MOTOR ALCO 7 RPM
14400	485	1600	1030	1030	1030	1030	-	1030	1030
14300	491	1608	1024	-	1024	1024	-	1024	1024
15400	530	1630	1070	1030	-	1030	1030	1030	1030
14800	497	1599	1030	1070	-	1030	1030	-	1030
14600	487	1595	1030	1030	1070	1030	1030	-	1030
15400	520	1616	1030	-	1030	1030	1030	1030	1030
15200	525	1626	1030	-	1030	1030	1030	1030	1030
15300	535	1616	1030	-	1030	1030	1030	1030	1030
13600	470	1435	982	-	982	982	982	982	982
13800	470	1438	974	-	974	974	974	974	974
13900	470	1430	970	-	970	970	970	970	970
13800	470	1417	965	-	965	965	965	965	965
15300	470	1510	1020	-	1020	1020	1020	1020	1020
15400	470	1508	1017	-	1017	1017	1017	1017	1017
15300	470	1498	-	1012	1012	1012	1012	1012	1012
15000	470	1468	-	990	990	990	990	990	990
15400	470	1467	990	990	990	990	990	-	990
15200	470	1468	990	990	990	990	990	990	-
15200	470	1465	990	990	990	990	990	-	990
15200	470	1471	994	994	994	994	-	994	994
15600	470	1480	1000	1000	1000	-	1000	1000	1000
1550	470	1467	993	993	993	-	993	993	993
15300	470	1450	986	986	986	-	986	986	986
15300	470	1455	988	988	988	-	988	988	988
15500	470	1460	990	990	990	-	990	990	990
15400	470	1465	989	989	989	-	989	989	989
15200	470	1480	995	995	995	-	995	995	995
15400	470	1490	995	995	995	-	995	995	995
15200	470	1490	998	998	998	-	998	998	998
15300	470	1500	1003	1003	1003	-	1003	1003	1003
15300	470	1510	1006	1006	1006	-	1006	1006	1006
15200	470	1512	1006	1006	1006	-	1006	1006	1006
15300	470	1515	1007	1007	-	1007	1007	1007	1007
15200	470	1516	1008	1008	-	1008	1008	1008	1008
15100	470	1520	1008	1008	-	1008	1008	1008	1008
15100	470	1520	1010	1010	-	1010	1010	1010	1010
15100	470	1530	1012	1012	-	1012	1012	1012	1012
15100	470	1530	1012	1012	-	1012	1012	1012	1012
15300	470	1540	1017	1017	-	1017	1017	1017	1017
15100	470	1550	1020	1020	-	1020	1020	1020	1020
15200	470	1550	1020	1020	-	1020	1020	1020	1020
15300	470	1550	1020	1020	-	1020	1020	1020	1020
15000	470	1550	1021	1021	-	1021	1021	1021	1021
15000	470	1545	1020	1020	-	1020	1020	1020	1020
15100	470	1550	1020	1020	-	1020	1020	1020	1020
15200	470	1565	1020	1020	-	1020	1020	1020	1020

Tabla 4.26 Características de la Operación en El Salado

BAEZA ESTACION 4									
FLUJO BARRILES	SUCCION	DESCARGA	MOTOR ALCO 1 RPM	MOTOR ALCO 2 RPM	MOTOR ALCO 3 RPM	MOTOR ALCO 4 RPM	MOTOR ALCO 5 RPM	MOTOR ALCO 6 RPM	MOTOR ALCO 7 RPM
16300	100	1727	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011
16300	100	1770	1021	1021	1021	1021	1021	1021	1021
16400	135	1770	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012
15120	110	1675	1000	1000	1000	1000	1000	1000	—
17200	100	1670	1000	1000	1000	1000	1000	1000	—
15500	105	1715	1015	1015	—	1015	1015	1015	1015
15900	115	1740	1019	1019	—	1019	1019	1019	1019
15700	130	1705	1006	1006	—	1006	1006	1006	1006
13900	100	1638	—	986	986	986	986	986	986
13800	100	1640	—	980	980	980	980	980	980
14100	100	1642	—	987	987	987	987	987	987
14100	100	1640	—	986	986	986	986	986	986
15200	110	1690	—	1009	1009	1009	1009	1009	1009
15600	110	1715	—	1016	1016	1016	1016	1016	1016
15600	115	1695	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010
15400	100	1680	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010
15400	100	1675	1006	1006	1006	1006	1006	—	1006
15000	100	1660	1006	—	1006	1006	1006	—	1006
15200	100	1661	1006	1006	1006	1006	1006	—	1006
18400	100	1655	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017
15500	100	1555	1006	1006	1006	1006	1006	—	1006
16500	100	1650	1004	1004	1004	1004	1004	—	1004
15600	100	1642	1011	1011	1011	1011	1011	—	1011
13600	100	1587	986	986	—	986	986	—	986
13400	100	1555	989	989	—	989	989	—	989
13200	100	1551	988	988	—	988	988	—	988
13300	100	1545	987	987	—	987	987	987	987
13400	100	1527	980	980	—	—	980	980	980
13100	100	1593	975	975	—	—	975	975	975
13200	100	1576	972	972	—	972	972	972	972
15500	100	1542	975	975	—	975	975	975	975
15500	100	1530	978	978	—	978	978	978	978
15300	100	1535	976	976	976	976	976	976	—
15300	100	1536	977	977	977	977	977	977	—
15300	100	1501	978	978	978	978	978	978	—
15300	100	1565	979	979	979	979	979	979	—
15300	100	1590	986	986	986	986	986	986	—
15400	100	1596	988	988	988	988	988	988	—
15200	100	1598	990	990	990	990	990	990	—
15400	100	1600	987	987	987	987	987	987	987
15400	100	1605	987	987	987	987	—	987	987
15200	100	1609	988	988	988	988	—	988	988
15300	100	1615	990	990	990	990	—	990	990
15200	100	1620	990	990	990	990	—	990	990
15200	100	1627	992	992	992	992	—	992	992
15200	100	1630	992	992	992	992	—	992	992

Tabla 4.28 Características de la Operación en Baeza

PAPALLACTA ESTACION 5									
FLUJO BARRILES	SUCCION	DESCARGA	MOTOR ALCO 1 RPM	MOTOR ALCO 2 RPM	MOTOR ALCO 3 RPM	MOTOR ALCO 4 RPM	MOTOR ALCO 5 RPM	MOTOR ALCO 6 RPM	MOTOR ALCO 7 RPM
16100	100	1770	1025	1025	1025	1025	1025	1025	1025
16100	140	1768	1028	-	1028	1028	1028	1028	1028
16100	144	1770	1024	-	1024	1024	1024	1024	1024
14800	100	1665	1001	-	1001	1001	1001	1001	1001
15000	100	1681	1007	-	1007	1007	1007	1007	1007
15200	123	1715	1017	-	1017	1017	1017	1017	1017
15400	140	1727	101	-	1011	1011	1011	1011	1011
15500	115	1717	1016	-	1016	1016	1016	1016	1016
13700	100	1574	968	-	968	968	968	968	968
13600	100	1575	988	-	-	988	988	988	988
13900	100	1592	993	-	-	993	993	993	993
17600	100	1584	990	-	-	990	990	990	990
15900	100	1727	1020	1020	-	1020	1020	1020	1020
15300	130	1725	1014	1014	1014	1014	-	1014	1014
15200	117	1717	1016	1016	1016	1016	-	1016	1016
15100	110	1710	1014	1014	1014	1014	-	1014	1014
15100	105	1707	1015	1015	1015	1015	1015	-	1015
15100	105	1700	1014	1014	1014	1014	1014	-	1014
15100	105	1715	1014	1014	1014	1014	1014	-	1014
15100	100	1705	1017	1017	1017	1017	1017	-	1017
15500	100	1721	1009	1009	1009	1009	1009	-	1009
15500	100	1718	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008
15740	100	1700	1001	1004	1004	1004	1004	1004	1004
13100	100	1530	973	973	-	973	973	973	-
13300	100	1530	972	972	-	972	972	972	-
13200	100	1525	970	970	-	970	970	970	-
13000	100	1525	970	970	-	970	970	970	-
13200	100	1520	965	968	-	965	965	965	-
13300	100	1520	970	970	-	970	970	970	-
13400	100	1525	970	970	-	970	970	970	-
15200	100	1635	1014	1014	1014	1014	1014	1014	-
12300	100	1440	-	952	952	952	952	952	-
12500	100	1430	-	950	950	950	950	950	-
12700	100	1420	-	950	950	950	950	950	-
12600	100	1420	-	950	950	950	950	950	-
15000	100	1565	-	980	980	980	980	980	980
14900	100	1565	-	988	988	988	988	988	988
15000	100	1590	988	988	988	-	988	988	988
15100	100	1595	988	988	988	-	988	988	988
15000	100	1600	990	990	990	-	990	990	990
15000	100	1595	988	988	988	-	988	988	988
15000	100	1580	985	986	985	-	985	985	985
15000	100	1565	981	981	981	-	981	981	981
15000	100	1550	975	975	975	-	975	975	975
14900	100	1520	965	965	965	-	965	965	965

Tabla 4.29 Características de la Operación en Papallacta

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

HORA	SAN JUAN ESTACION 6						CHIRIBOGA ESTACION 7					
	ENTRADA	SALIDA	FLUJO	ENTRADA	SALIDA	FLUJO	ENTRADA	SALIDA	FLUJO	ENTRADA	SALIDA	FLUJO
06:00	32	1	16500				970	950	19300			
07:00	29	1	16000				1010	890	18200			
08:00	31	1	16700	27	1	15200	1100	1070	15400	1040	1010	15400
09:00	27	1	15100	29	1	15200	930	950	15200	920	870	15100
10:00	29	1	15700	14	1	11400	910	890	15600	690	670	11900
11:00				23	1	14200				890	870	14700
12:00	22	1	13400	27	1	14100	810	790	13400	810	770	13400
13:00	23	1	17900	27	1	15200	820	810	13500	820	810	13500
14:00	29	1	15600	27	1	15400	930	900	14700	930	900	14400
15:00	27	1	15700	27	1	15200	920	940	14400	940	920	14400
16:00	27	1	15200	27	1	15300	990	960	15200	960	930	15000
17:00	27	1	15400	29	1	15600	970	920	14500	970	940	14800
18:00	27	1	15500	29	1	15300	980	960	14800	970	960	14700
19:00	20	1	13400	20	1	13400	920	900	13800	860	840	12900
20:00	20	1	13300	19	1	13300	800	830	12300	800	820	12300
21:00	19	1	13300	19	1	13200	850	860	13200	830	810	12600
22:00	20	1	13300	27	1	15300	820	810	12700	940	920	14100
23:00	17	1	12600	17	1	12200	910	860	13300	790	770	12200
24:00	17	2	12400	17	1	12400	800	780	12200	800	780	12400
01:00	17	2	12400	26	1	15100	790	770	12300	920	900	13900
02:00	26	1	13200	26	1	15900	960	930	14300	1030	1000	13600
03:00	26	1	13700	26	1	15300	1115	1090	14400	1100	1080	14700
04:00	26	1	15300	25	1	15000	1100	1070	14700	1080	1060	14600
05:00	26	1	14400	25	1	15200	1060	1040	14300	1040	1020	14800
06:00	25	1	15100	25	1	15100	1000	980	14700	1010	980	14700

Tabla 4.30 Características de la Operación en San Juan y Chiriboga

LA PALMA ESTACION 8						SANTO DOMINGO ESTACION 9					
ENTRADA	SALIDA	FLUJO	ENTRADA	SALIDA	FLUJO	ENTRADA	SALIDA	FLUJO	ENTRADA	SALIDA	FLUJO
360	350	700				250	230	12400			
700	690	700				265	235	14500			
670	660	700	630	620	700	560	520	15900	560	520	15700
570	560	700	550	540	700	550	509	15600	540	500	15600
550	540	700	420	410	700	950	910	15600	680	640	14800
			350	340	700				580	545	14200
850	849	700	350	340	700	600	55	15600	550	520	14000
350	340	700	350	340	700	520	490	17900	520	485	13900
370	360	700	520	510	700	530	505	14100	670	640	14400
640	630	700	670	660	700	210	670	14900	240	205	14700
580	570	700	540	530	700	650	610	152	495	460	15800
460	450	700	450	440	700	480	445	15400	450	420	15200
460	450	700	470	460	700	450	420	15200	450	415	15700
470	460	700	360	350	700	430	400	15000	385	355	14600
350	340	700	350	340	700	380	350	14200	310	285	15200
360	350	700	360	350	700	345	320	13000	425	400	12800
360	350	700	360	350	700	430	410	12500	465	440	13100
470	460	700	430	420	700	555	525	153700	530	520	13100
350	340	700	350	340	700	500	475	12900	460	445	14200
390	380	700	360	350	700	440	420	12700	460	430	12900
840	830	700	680	670	700	530	505	13300	670	640	13700
690	680	700	670	660	700	540	505	14300	500	465	15000
670	660	700	660	650	700	500	470	14900	505	480	15000
650	640	700	640	630	700	510	480	15700	520	485	15700
670	660	700	620	610	700	570	485	15000	520	485	15000

Tabla 4.31 Características de la Operación en La Palma y Santo Domingo

QUININDE ESTACION 10					
FLUJO BARRILES	SUCCION	DESCARGA	MOTOR CATERPILLAR 1 RPM	MOTOR CATERPILLAR 2 RPM	MOTOR CATERPILLAR 3 RPM
12200	200	593	850	850	-
	100	875			
16900	100	868	890	890	-
15700	100	830	900	900	-
15700	100	830	865	865	-
15800	100	835	860	860	-
14700	375	835	900	-	-
14100	295	722	900	-	-
14500	320	737	900	-	-
14750	300	720	900	-	-
14000	280	700	900	-	-
13900	280	710	900	-	-
14100	300	720	900	-	-
14900	370	760	900	-	-
14900	390	800	✓	-	900
14800	420	835	900	-	-
16300	200	1000	900	-	-
15950	100	933	900	900	-
15800	100	920	890	890	-
15500	100	915	895	895	-
15400	100	920	900	900	-
15400	100	928	895	895	-
15200	100	930	900	900	-
14700	100	895	876	876	-
14500	118	869	850	850	-
14700	100	850	850	850	-
12100	225	678	-	900	-
12800	300	747	-	900	-
13000	307	749	-	900	-
13200	316	760	-	900	-
13400	349	786	-	900	-
13400	365	799	-	900	-
13400	346	778	-	900	-
13000	317	756	-	900	-
13100	305	748	-	900	-
12900	304	742	-	900	-
13400	334	774	-	900	-
13900	357	827	-	900	-
13300	146	972	900	900	-
15200	100	932	892	892	-
15200	100	936	900	900	-
15400	100	930	896	896	-
15300	100	933	897	897	-
15100	100	931	898	898	-

Tabla 4.32 Características de la Operación en Quinindé

BALAO ESTACION 11		
BARRILES HORA	BARRILES ACUMULADOS	PRESION ENTRADA
13208	3073 29	11
13739		15
14997	27236	22
15618	43250	23
15487	58841	23
14998	73834	24
14265	88104	24
13667	116024	18
13892	129916	18
14493	144409	22
15490	159899	24
15078	174977	24
14947	189574	25
14811	204730	25
13521	218655	29
17663	231358	21
12852	244490	22
13172	258362	22
12887	260209	24
12782	283041	25
13468	296509	30
13161	309670	31
14914	326534	32
14950	341498	53

Tabla 4.33 Características de la Operación en Balao

Fecha: 31 de marzo del 2008

B. S. & W. DE LINEAS Y CENTRIFUGA																			
TEMPERATURA BOMBA	HORAS	OLEODUCTO				PETROPRODUCCION				CUYABENO				SUCUMBIOS					
		API OBS.	TEMP.	B.S.W.	API 60°	HORAS	API OBS.	TEMP.	B.S.W.	API 60°	HORAS	API OBS.	TEMP.	B.S.W.	API 60°	API OBS.	TEMP.	B.S.W.	API 60°
10	08	25.6	86	0.9	23.9	08	26.3	85	1.2	24.7	08	26.4	84	0.4	25.0	30.0	20	0.2	28.6
	10	25.8	93	0.9	23.7	10	25.9	89	1.3	23.6	10	27.1	83	0.3	25.7	30.9	20	0.3	28.6
	12	25.9	97	0.9	23.5	12	26.4	88	1.2	23.4	12	27.2	83	0.3	26.7	31.2	19	0.2	28.9
14	14	25.8	94	0.8	23.6	14	26.3	92	0.4	24.0	14	28.0	93	0.3	26.6	31.2	19	0.1	28.5
	16	27.1	95	0.9	23.5	16	27.1	95	1.0	24.8	16	26.7	88	0.2	24.7	30.9	18	0.1	28.8
18	18	25.3	97	0.8	23.3	18	26.6	93	1.0	24.6	18	27.0	82	0.3	25.2	32.9	17	0.1	30.5
	20	25.6	98	0.5	23.4	20	25.6	84	0.5	24.0	20	27.4	79	0.4	26.1	32.7	15	0.2	29.3
	22	25.5	90	0.6	23.6	22	26.0	86	0.6	24.2	22	26.7	82	0.3	25.2	31.0	14	0.2	29.3
	24	25.3	88	0.5	23.5	24	26.1	85	0.7	24.5	24	27.2	79	0.3	25.9				
02	02	25.3	88	0.5	23.5	02	26.1	82	0.1	24.7	02	27.7	79	0.2	26.4				
	04	25.4	89	0.5	23.5	04	25.4	85	0.3	23.8	04								
06	06					06					06								
PROM.	PROM.	25.6	91.5	0.7	23.6	PROM.	26.2	89.7	0.9	24.3	PROM.	27.4	85.0	0.3	25.7	31.1	17.1	0.2	29.2

Tabla 4.34 Características del crudo recibido y despachado hacia Balao

LAGO AGRIO ESTACION 1													
FLUJO BARRILES	SUCCION	DESCARGA	MOTOR ALCO 1 RPM	MOTOR ALCO 2 RPM	MOTOR ALCO 3 RPM	MOTOR ALCO 4 RPM	MOTOR ALCO 5 RPM	MOTOR ALCO 6 RPM	MOTOR ALCO 7 RPM	MOTOR ALCO 8 RPM	MOTOR BOOSTER 1 RPM	MOTOR BOOSTER 2 RPM	MOTOR BOOSTER 3 RPM
14822	120	1506	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	-	-	1793	1798
	118	1506	1022	1022	1022	1022	1022	1022	1022	-	-	1793	1797
14426	117	1506	1022	1022	1022	1022	1022	1022	1022	-	-	1799	1798
14311	116	1506	1021	1021	1021	1021	1021	1021	1021	-	-	1792	1800
14228	120	1506	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	-	-	1782	1784
14228	120	1506	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	-	-	1790	1790
14206	120	1505	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	-	-	1795	1798
14458	118	1506	1021	1021	1021	1021	1021	1021	1021	-	-	1796	1800
14353	117	1506	1021	1021	1021	1021	1021	1021	1021	-	-	1787	1797
14730	116	1506	1021	1021	1021	1021	1021	1021	1021	-	-	1791	1800
15065	120	1506	1021	1021	1021	1021	1021	1021	1021	-	-	1791	1796
14572	120	1465	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	-	-	1791	1796
13582													
15155	119	1465	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	-	-	1792	1797
13726													
14793	119	1506	-	1030	1030	1030	1030	1030	1030			1794	1798
15217	118	1506	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020			1795	1799
15185	117	1506	1021	1021	1021	1021	1021	1021	1021			1795	1800
15123	117	1506	1021	1021	1021	1021	1021	1021	1021			1795	1800
15081	116	1506	1021	1021	1021	1021	1021	1021	1021			1795	1798
15039	115	1506	1022	1022	1022	1022	1022	1022	1022			1790	1799
15060	114	1506	1022	1022	1022	1022	1022	1022	1022			1791	1799
15122	113	1506	1022	1022	1022	1022	1022	1022	1022			1793	1801
15126	112	1506	1022	1022	1022	1022	1022	1022	1022			1795	1798
15486	112	1506	1023	1023	1023	1023	1023	1023	1023			1793	1799
15476	119	1506	1021	1021	1021	1021	1021	1021	1021			1794	1798
15589	118	1506	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020			1795	1799

Tabla 4.35 Características de la Operación en Lago Agrio

06:00 500 BPH
 06:43 ---
 16:00 500
 18:43 ---

D 1000. LUMBAQUI ESTACION 2									
FLUJO BARRILES	SUCCION	DESCARGA	MOTOR ALCO 1 RPM	MOTOR ALCO 2 RPM	MOTOR ALCO 3 RPM	MOTOR ALCO 4 RPM	MOTOR ALCO 5 RPM	MOTOR ALCO 6 RPM	MOTOR ALCO 7 RPM
15500	100	1495	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020
15000	100	1476	1012	1012	1017	1012	1012	1012	1012
14900	100	1475	1012	1017	1017	1017	1017	-	1012
15000	100	1487	1027	1027	1027	1027	1027	-	1027
15200	100	1483	1022	-	1027	1022	1022	1022	1022
15300	100	1490	1026	-	1026	1026	1026	1026	1026
15200	100	1490	1026	-	1026	1026	1026	1026	1026
15200	100	1481	1022	-	1026	1026	1026	1026	1026
15100	110	1480	1027	-	1027	1022	1022	1027	1022
15100	115	1481	1027	-	1027	1027	1027	1027	1027
15300	115	1482	1022	-	1022	1022	1022	1022	1022
15400	115	1480	1022	-	1027	1027	1027	1027	1027
15400	115	1470	1020	-	1020	1020	1020	1020	1020
15400	118	1470	1020	-	1020	1020	1020	1020	1020
15600	120	1466	1018	-	1018	1018	1018	1018	1018
15400	120	1462	1017	1017	1017	-	1017	1017	1017
15400	115	1460	1017	1017	1017	-	1017	1017	1017
15500	110	1469	1021	1021	1021	1021	-	1021	1021
15400	110	1460	1020	1020	1020	1020	-	1020	1020
15600	110	1460	1026	1026	1026	1026	-	1026	1026
15500	115	1477	1022	1022	1022	1027	-	1027	1022
14700	125	1475	1013	1013	1013	1013	-	1013	1013
14700	115	1476	1013	1013	1013	1017	-	1013	1013
14700	125	1475	1014	1014	-	1014	1014	1014	1014
14900	125	1490	1019	1019	-	1019	1019	1019	1019
14700	120	1470	1016	1016	-	1016	1016	1016	1016
14900	100	1460	1017	1017	1017	1017	-	1017	1017
15800	100	1450	1014	1014	1014	1014	-	1014	1014
14800	100	1450	1013	1013	1013	1013	-	1013	1013
14800	100	1450	1012	1012	1012	1012	-	1012	1012
14700	100	1450	1012	1012	1012	1012	-	1012	1012
14800	100	1455	1013	1013	1013	1013	-	1013	1013
14600	100	1456	1014	1014	1014	1014	1014	1014	1014
14600	100	1460	-	1014	1014	1014	1014	1014	1014
14600	100	1460	-	1015	1015	1015	1015	1015	1015
14700	100	1465	-	1016	1016	1016	1016	1016	1016
14600	100	1465	-	1016	1016	1016	1016	1016	1016
14600	100	1465	-	1016	1016	1016	1016	1016	1016
14500	100	1470	1016	1016	1016	1016	-	1016	1016
14500	100	1471	1017	1017	1017	1017	-	1017	1017
14600	100	1475	1018	1018	1018	1018	-	1018	1018
14700	100	1475	1018	1018	1018	1018	-	1018	1018
14500	100	1476	1020	1020	1020	1020	-	1020	1020
14500	100	1480	1020	1020	1020	1020	-	1020	1020
14500	100	1480	1020	1020	1020	1020	-	1020	1020
14500	100	1485	1020	1020	1020	1020	-	1020	1020
14600	100	1485	1022	1022	1022	1022	-	1022	1022
14500	100	1490	1023	1023	1023	1023	-	1023	1023

Tabla 4.36 Características de la Operación en Lumbaqui y control de la Inyección en TECPE

SALADO ESTACION 3									
FLUJO BARRILES	SUCCION	DESCARGA	MOTOR ALCO 1 RPM	MOTOR ALCO 2 RPM	MOTOR ALCO 3 RPM	MOTOR ALCO 4 RPM	MOTOR ALCO 5 RPM	MOTOR ALCO 6 RPM	MOTOR ALCO 7 RPM
15000	470	1545	1020	1020	-	1020	1020	1020	1020
14700	470	1515	1003	1003	-	1003	1003	1003	1003
14700	470	1510	1003	1003	-	1003	1003	1003	1003
14800	470	1520	1006	1006	1006	1006	1006	-	1006
14800	470	1527	1009	1009	1009	1009	1009	-	1009
14600	470	1522	1006	1006	1006	1006	1006	-	1006
14600	470	1527	1009	1009	1009	1009	1009	1009	-
14900	470	1530	1010	1010	1010	1010	1010	1010	-
14700	470	1530	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010
14800	470	1530	-	1010	1010	1010	1010	1010	1010
14900	470	1536	-	1014	1014	1014	1014	1014	1014
14900	470	1539	-	1016	1016	1016	1016	1016	1016
15200	470	1540	1016	1016	1016	1016	1016	1016	1016
15000	470	1540	1016	1016	1016	1016	1016	1016	1016
15100	470	1540	1016	1016	1016	1016	1016	-	1016
15000	470	1531	1013	1013	1013	1013	1013	1013	-
14900	470	1526	1011	1011	1011	1011	1011	1011	-
14900	470	1525	1010	1010	1010	1010	1010	1010	-
14900	470	1520	1007	1007	1007	1007	1007	1007	-
15000	470	1560	1030	1030	1030	1030	1030	1030	-
1500	470	1542	1018	1018	1018	1018	1018	1018	-
14400	510	1505	980	980	980	980	980	980	-
14400	510	1526	990	990	990	990	990	990	-
14300	510	1503	978	978	978	978	978	978	-
14300	500	1530	990	990	990	990	990	990	990
14200	510	1515	-	982	982	982	982	982	982
14300	480	1540	-	1008	1008	1008	1008	1008	1008
14200	470	1538	-	1011	1011	1011	1011	1011	1011
14300	470	1530	-	1010	1010	1010	1010	1010	1010
14400	470	1540	-	1010	1010	1010	1010	1010	1010
14400	470	1535	-	1010	1010	1010	1010	1010	1010
14300	470	1540	-	1010	1010	1010	1010	1010	1010
14200	470	1540	-	1010	1010	1010	1010	1010	1010
14300	470	1540	-	1010	1010	1010	1010	1010	1010
14300	470	1540	-	1010	1010	1010	1010	1010	1010
14200	470	1540	-	1010	1010	1010	1010	1010	1010
14200	470	1533	1009	1009	-	1009	1009	1009	1009
14100	470	1550	1012	1012	-	1012	1012	1012	1012
14200	470	1550	1015	1015	-	1015	1015	1015	1015
14100	470	1550	1014	1014	-	1014	1014	1014	1014
14200	470	1550	1015	1015	-	1015	1015	1015	1015
14100	470	1535	1015	1015	-	1015	1015	1015	1015
14100	470	1560	1017	1017	-	1017	1017	1017	1017
14100	470	1560	1018	1018	-	1018	1018	1018	1018
14300	470	1560	1019	1019	-	1019	1019	1019	1019
14300	470	1560	1019	1019	-	1019	1019	1019	1019

Tabla 4.37 Características de la Operación en El Salado

BAEZA ESTACION 4									
FLUJO BARRILES	SUCCION	DESCARGA	MOTOR ALCO 1 RPM	MOTOR ALCO 2 RPM	MOTOR ALCO 3 RPM	MOTOR ALCO 4 RPM	MOTOR ALCO 5 RPM	MOTOR ALCO 6 RPM	MOTOR ALCO 7 RPM
15200	100	1630	992	992	992	992	-	992	992
14900	100	1635	992	992	992	992	-	992	992
14400	100	1630	990	990	990	990	-	990	990
14900	100	1635	993	993	993	993	-	993	993
15000	100	1640	995	995	995	995	995	995	-
15200	100	1640	994	994	994	994	994	994	-
15100	100	1640	995	995	995	995	995	995	-
15100	100	1645	999	999	999	999	999	999	-
15300	100	1687	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010
15400	100	1645	-	998	998	998	998	998	998
15400	100	1640	-	998	998	998	998	998	998
15600	100	1645	1000	1000	-	1000	1000	1000	1000
15600	100	1645	998	998	-	998	998	998	998
15500	100	1640	997	997	-	997	997	997	997
15500	100	1640	995	995	-	995	995	995	995
15400	100	34	997	997	-	997	997	997	997
15200	100	1630	993	993	-	993	993	993	993
15100	100	1623	991	991	-	991	991	991	991
15000	100	1620	989	989	-	989	989	989	989
16600	100	1655	990	990	-	990	990	990	990
15600	100	1640	997	997	-	997	997	997	997
15600	100	1640	1000	1000	-	1000	1000	1000	1000
16300	100	1665	1007	1007	-	1007	1007	1007	1007
15500	100	1635	995	995	-	995	995	995	995
15900	100	1653	1002	1002	-	1002	1002	1002	1002
15500	100	1645	1000	1000	-	1000	1000	1000	1000
15800	100	1662	1006	1006	-	1006	1006	1006	1006
15800	100	1660	1003	1003	-	1003	1003	1003	1003
15800	100	1662	1004	1004	-	1004	1004	1004	1004
15800	100	1665	1005	1005	-	1005	1005	1005	1005
15800	100	1670	1004	1004	-	1004	1004	1004	1004
15800	100	1686	1005	1005	-	1005	1005	1005	1005
15300	100	1666	1003	1003	-	1003	1003	1003	1003
15400	100	1667	1003	1003	-	1003	1003	1003	1003
15500	100	1670	1004	1004	-	1004	1004	1004	1004
15600	100	1673	1005	1005	-	1005	1005	1005	1005
15300	100	1675	1005	1005	-	1005	1005	1005	1005
15400	100	1673	1004	1004	-	1004	1004	1004	1004
15400	100	1674	1005	1005	-	1005	1005	1005	1005
15700	100	1686	1010	1010	-	1010	1010	1010	1010
15900	100	1692	1013	1013	-	1013	1013	1013	1013
15700	100	1691	1012	1012	-	1012	1012	1012	1012
15100	100	1693	1013	1013	-	1013	1013	1013	1013
15800	100	1695	1014	1014	-	1014	1014	1014	1014
15800	100	1697	1014	1014	-	1014	1014	1014	1014
16000	100	1700	1015	1015	-	1015	1015	1015	1015
16000	100	1700	1016	1016	-	1016	1016	1016	1016
15900	100	1702	1016	1016	-	1016	1016	1016	1016

Tabla 4.39 Características de la Operación en Baeza

PAPALLACTA ESTACION 5									
FLUJO BARRILES	SUCCION	DESCARGA	MOTOR ALCO 1 RPM	MOTOR ALCO 2 RPM	MOTOR ALCO 3 RPM	MOTOR ALCO 4 RPM	MOTOR ALCO 5 RPM	MOTOR ALCO 6 RPM	MOTOR ALCO 7 RPM
14900	100	1520	965	965	965	-	965	965	965
14500	100	1476	976	976	976	-	976	-	976
14600	100	1487	974	974	974	-	974	-	974
14600	100	1474	972	972	972	972	-	-	972
14700	100	1500	1014	1014	1014	1014	-	-	1014
14800	100	1510	980	980	980	980	-	-	980
14700	100	1524	988	988	-	988	-	-	988
15100	100	1540	990	990	-	990	-	990	990
15100	100	1540	990	990	-	990	-	990	990
15100	115	1580	977	977	977	977	977	977	-
15150	100	1574	980	980	-	980	980	980	980
15300	100	1584	982	982	-	982	982	982	982
15200	100	1588	987	987	-	987	987	987	987
15300	100	1586	983	983	-	983	983	983	983
15050	100	1594	987	987	-	987	987	987	987
15000	100	1594	984	984	-	984	984	984	984
14900	100	1593	984	984	-	984	984	984	984
14900	100	1598	985	985	-	985	985	985	985
14700	100	1575	984	984	-	984	984	984	984
15700	100	1675	1011	1011	-	1011	1011	1011	1011
15700	100	1680	1000	1000	-	1000	1000	1000	1000
15300	100	1619	994	994	-	994	994	994	994
15800	100	1694	1005	1005	-	1005	1005	1005	1005
15300	100	1611	990	990	-	990	990	990	990
15500	100	1680	1005	1005	-	1005	1005	1005	1005
15700	100	1625	995	995	-	995	995	995	995
15700	100	1635	1006	1006	-	1006	1006	1006	1006
15400	100	1645	1003	1003	-	1003	1003	1003	1003
15400	100	1645	1002	1002	-	1002	1002	1002	1002
15300	100	1640	1000	1000	-	1000	1000	1000	1000
15400	100	1640	1001	1001	-	1001	1001	1001	1001
15300	100	1640	1000	1000	-	1000	1000	1000	1000
15200	100	1640	1000	1000	-	1000	1000	1000	1000
15300	100	1640	1000	1000	-	1000	1000	1000	1000
15200	100	1645	1000	1000	-	1000	1000	1000	1000
15400	100	1680	1003	1003	-	1003	1003	1003	1003
15300	100	1645	1000	1000	-	1000	1000	1000	1000
15300	100	1645	1000	1000	-	1000	1000	1000	1000
15200	100	1675	1010	1010	-	1010	1010	1010	1010
15600	100	1690	1020	1020	-	1020	1020	1020	1020
15600	100	1695	1016	1016	-	1016	1016	1016	1016
15700	100	1700	1020	1020	-	1020	1020	1020	1020
15700	100	1705	1020	1020	-	1020	1020	1020	1020
15700	100	1710	1022	1022	-	1022	1022	1022	1022
15800	100	1715	1024	1024	-	1024	1024	1024	1024
15800	100	1720	1023	1023	-	1023	1023	1023	1023
15800	100	1715	1023	1023	-	1023	1023	1023	1023

Tabla 4.40 Características de la Operación en Papallacta

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

HORA	SAN JUAN ESTACION 6						CHIRIBOGA ESTACION 7					
	ENTRADA	SALIDA	FLUJO	ENTRADA	SALIDA	FLUJO	ENTRADA	SALIDA	FLUJO	ENTRADA	SALIDA	FLUJO
06:00	25	1	15100				1000	950	14700			
07:00	25	1	14900	24	1	14900	970	950	14700	920	890	14700
08:00	25	2	14800	25	2	14800	900	870	14700	870	870	14700
09:00	25	2	14900	26	2	14900	850		14700	780	760	14700
10:00	26	2	15000	24	2	14600	750	770	14200	710	690	14400
11:00	26	2	14800	27	2	15200	710	690	14400	710	690	14500
12:00	30	3	15400	24	3	15300	710	690	14400	740	720	14900
13:00	24	3	15300	27	3	15200	760	740	14200	790	770	14900
14:00	27	3	15200	27	2	15200	810	800	14600	820	800	14500
15:00	27	2	15100	27	2	14900	830	810	14400	820	800	14300
16:00	27	2	15000	24	1	15800	820	790	14100	820	850	15000
17:00	32	1	16600	30	1	15600	980	970	14200	910	890	15000
18:00	25	1	14400	27	1	15200	910	890	14600	930	900	14800
19:00	27	1	14800	28	1	14800	930	910	14900	920	900	14900
20:00	28	1	15200	28	1	14800	920	910	14700	920	910	15100
21:00	27	1	15000	26	1	15200	920	900	14700	910	880	14900
22:00	27	1	15200	27	1	15200	910	880	15200	900	880	15000
23:00	27	1	15200	27	1	15200	900	870	15200	890	870	14900
24:00	26	1	15500	27	1	15200	890	870	14900	890	870	15000
01:00	27	1	15400	27	1	15200	890	870	14900	890	870	14900
02:00	27	1	15700	28	1	15700	900	870	15000	890	870	15200
03:00	29	1	15900	29	1	15900	920	890	15200	920	890	15300
04:00	29	1	15800	29	1	15900	920	890	15300	920	890	15300
05:00	28	1	15900	28	1	15900	920	890	15300	920	890	15500
06:00	29	1	15900	29	1	15900	920	890	15300	940	910	15800

Tabla 4.41 Características de la Operación en San Juan y Chiriboga

LA PALMA ESTACION 8						SANTO DOMINGO ESTACION 9					
ENTRADA	SALIDA	FLUJO	ENTRADA	SALIDA	FLUJO	ENTRADA	SALIDA	FLUJO	ENTRADA	SALIDA	FLUJO
620	610	700				520	485	1500			
600	590	700	520	560	700	520	490	1500	520	495	1500
550	540	700	550	540	700	525	490	1500	540	505	15200
530	520	700	490	470	700	550	510	15200	550	510	15300
490	480	700	470	470	700	545	505	15200	550	510	15400
480	470	700	390	380	700	545	505	15300	555	515	15400
340	330	700	340	330	700	545	505	15400	545	505	15400
340	330	700	350	340	700	560	520	15500	545	505	15200
370	360	700	350	340	700	505	465	15000	440	405	14900
350	340	700	350	340	700	400	365	14700	390	350	14600
350	340	700	350	340	700	350	320	14200	350	325	14600
350	340	700	350	340	700	320	320	15000	390	355	15200
350	340	700	360	350	700	390	370	15000	370	340	15700
360	350	700	360	350	700	360	330	15700	355	320	15700
360	350	700	380	370	700	370	340	15700	350	320	15300
400	390	700	440	420	700	370	330	15200	410	370	15300
440	430	700	440	430	700	420	390	15400	420	390	15400
420	410	700	390	380	700	420	390	15300	415	380	15400
380	370	700	370	360	700	465	425	15400	420	390	15700
350	340	700	350	340	700	390	360	15700	380	350	15600
350	340	700	360	350	700	380	350	15300	370	340	15700
360	350	700	380	370	700	380	350	15500	405	370	15600
380	370	700	390	380	700	410	380	15700	420	390	15600
380	370	700	410	400	700	425	395	15700	430	400	15600
430	420	700	430	420	700	410	380	15700	440	410	15700

Tabla 4.42 Características de la Operación en La Palma y Santo Domingo

QUININDE ESTACION 10					
FLUJO BARRILES	SUCCION	DESCARGA	MOTOR CATERPILLAR 1 RPM	MOTOR CATERPILLAR 2 RPM	MOTOR CATERPILLAR 3 RPM
15400	100	931	898	898	-
15400	100	900	900	900	-
15600	100	908	899	899	-
15300	100	910	888	888	-
15500	100	920	890	890	-
15600	100	925	900	900	-
15500	100	926	900	900	-
15700	100	925	900	900	-
15300	100	935	900	900	-
15600	109	935	900	900	-
15600	112	950	900	900	-
15500	110	945	900	900	-
15600	115	950	900	900	-
15600	115	955	900	900	-
15400	145	945	885	885	-
15400	145	945	885	885	-
15000	108	915	900	900	-
14900	100	905	880	880	-
14900	100	895	880	880	-
14900	100	885	870	870	-
14900	100	885	870	870	-
15000	100	920	885	885	-
15100	100	940	900	900	-
15300	110	955	900	900	-
15200	104	947	900	900	-
15200	107	947	900	900	-
15200	104	948	900	900	-
15700	114	957	900	900	-
15200	130	967	900	900	-
15300	135	974	900	900	-
15500	150	970	900	900	-
15300	155	966	900	900	-
15300	150	978	900	900	-
15800	153	988	900	900	-
15800	143	966	900	900	-
15700	136	964	900	900	-
15600	133	961	900	900	-
15400	137	947	900	900	-
15500	127	951	900	900	-
15500	100	820	850	850	-
15400	100	811	850	850	-
15600	108	910	900	900	-
15600	104	903	900	900	-
15600	100	895	900	900	-
15700	100	885	890	890	-
15700	100	880	887	887	-
15700	100	880	890	890	-

Tabla 4.43 Características de la Operación en Quinindé

BALAO ESTACION 11		
BARRILES HORA	BARRILES ACUMULADOS	PRESION ENTRADA
14950	341498	33
14880	13	13
14876	29756	14
14951	44257	14
15069	59175	16
15089	74874	17
15164	90028	18
15186	105214	18
15094	120528	20
14831	135139	21
13089	148228	22
15659	163887	23
14760	178647	24
14901	193548	25
14871	208418	26
15133	223501	27
15057	238608	28
15112	253720	30
15233	268943	30
15131	284074	15
15259	299553	16
14932	313916	15
10772	328688	18
15413	344101	19
15253	359554	20

Tabla 4.44 Características de la Operación en Balao

ANEXO III

EJEMPLO DE SIMULACIÓN

PROBLEMA: Cambiar la características física y topográfica del SOTE, añadiendo 8 kilómetros de tubería que bordea la ciudad de Nueva Loja desde la Estación No 1 al kilómetro 41/2 vía a Quito.

CONDICIÓN INICIAL

API 60	:	24.000	*
Viscosidad @ 100°F	:	51.383	cSt
Viscosidad @ 120°F	:	34.865	cSt
Caudal Inicial	:	15000	BPH
Presión Inicial	:	120	psig
Temperatura	:	100	°F

LAGO AGRIO

Datos del Punto		
Longitud	:	0.000 Km
API 60	:	24 *
Viscosidad	:	51.4 cSt
Presión	:	1505.39 psig
Temperatura	:	100 °F
Caudal	:	15000 BPH
Velocidad Lineal	:	2.08 m/s
MAOP	:	1558.52 psig
Pérdidas por Fricción	:	0 psig

LUMBAQUI

Datos del Punto		
Longitud	:	66.500 Km
API 60	:	24 *
Viscosidad	:	59.03 cSt
Presión	:	95.04 psig
Temperatura	:	93.45 °F
Caudal	:	14962.44 BPH
Velocidad Lineal	:	2.04 m/s
MAOP	:	1143.14 psig
Pérdidas por Fricción	:	591.2 psig

CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA

Característica de la Tubería

NOTA: Longitud Inicial igual a 0

Longitud Hasta	Diámetro Externo	Espesor	Rugosidad	Coef. Transf. Calor Global
20	26	0.469	0.045	3
52	26	0.438	0.045	3
59	26	0.406	0.045	3
63	26	0.375	0.045	3
66.5	26	0.344	0.045	3
67	26	0.562	0.045	3

Unidad de Longitud: Km

Unidad de Diámetro: pulg

Unidad de Espesor: pulg

Unidad de Rugosidad: mm

Unidad de Coef. Transf. Calor Global: BTU/h.pie².°F

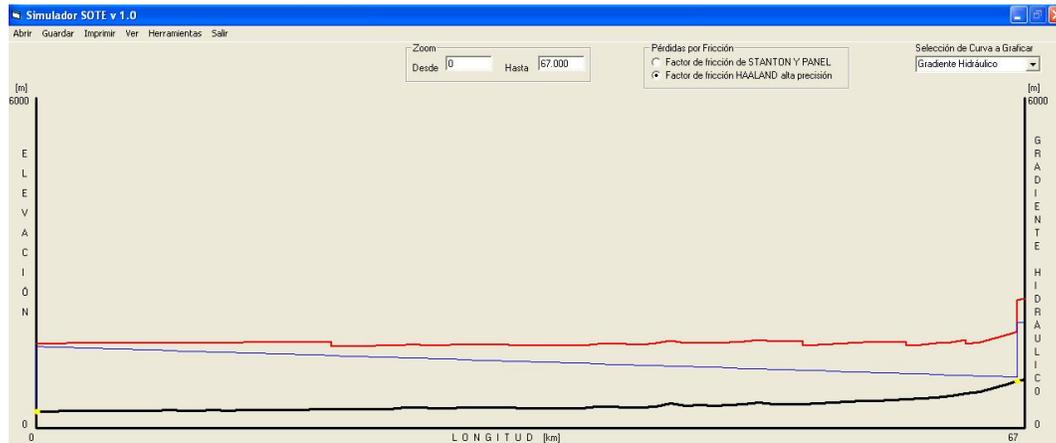
Eliminar Fila

Ordenar Filas

Aceptar

Cancelar

GRADIENTE HIDRÁULICO



PRIMER CASO (AUMENTO DE 8 KILÓMETROS EN LA LONGITUD DEL SOTE, CAMBIO DE LOS 14 PRIMEROS KILÓMETROS DEL ESPESOR DE 0.469 PULG A 0.562 PULG)

Punto de Inicio

API 60 :

Viscosidad @ 100°F : cSt

Viscosidad @ 120°F : cSt

Caudal Inicial : BPH

Presión Inicial : psig

Temperatura : °F

LAGO AGRIO

Datos del Punto

Longitud	: <input type="text" value="0"/>	Km
API 60	: <input type="text" value="24"/>	*
Viscosidad	: <input type="text" value="51.4"/>	cSt
Presión	: <input type="text" value="1599.34"/>	psig
Temperatura	: <input type="text" value="100"/>	°F
Caudal	: <input type="text" value="15000"/>	BPH
Velocidad Lineal	: <input type="text" value="2.11"/>	m/s
MAOP	: <input type="text" value="1867.57"/>	psig
Pérdidas por Fricción	: <input type="text" value="0"/>	psig

LUMBAQUI

Datos del Punto

Longitud	: <input type="text" value="74.500"/>	Km
API 60	: <input type="text" value="24"/>	*
Viscosidad	: <input type="text" value="61.11"/>	cSt
Presión	: <input type="text" value="94.6"/>	psig
Temperatura	: <input type="text" value="91.85"/>	°F
Caudal	: <input type="text" value="14953.33"/>	BPH
Velocidad Lineal	: <input type="text" value="2.03"/>	m/s
MAOP	: <input type="text" value="1143.14"/>	psig
Pérdidas por Fricción	: <input type="text" value="674.11"/>	psig

CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA

Característica de la Tubería

NOTA: Longitud Inicial igual a 0

Longitud Hasta	Diámetro Externo	Espesor	Rugosidad	Coef. Transf. Calor Global
14	26	0.562	0.045	3
28	26	0.469	0.045	3
60	26	0.438	0.045	3
67	26	0.406	0.045	3
71	26	0.375	0.045	3
74.5	26	0.344	0.045	3
75	26	0.562	0.045	3

Unidad de Longitud: Km

Unidad de Diámetro: pulg

Unidad de Espesor: pulg

Unidad de Rugosidad: mm

Unidad de Coef. Transf. Calor Global: BTU/h.pie².°F

Eliminar Fila

Ordenar Filas

Aceptar

Cancelar

GRADIENTE HIDRÁULICO



Conclusión

Fíjese en las condiciones de salida de Lago Agrio, son mayores a las actuales para poder llegar a lo actual en Lumbaqui. Esto se debe al incremento de los 8 kilómetros en la longitud total del SOTE.

SEGUNDO CASO (AUMENTO DE 8 KILÓMETROS EN LA LONGITUD TOTAL DEL SOTE, CAMBIO DE LOS 14 PRIMEROS KILÓMETROS DEL DIÁMETRO DE 26 PULG A 32 PULG Y DEL ESPESOR DE 0.469 PULG A 0.562 PULG)

Punto de Inicio

API 60 :

Viscosidad @ 100°F : cSt

Viscosidad @ 120°F : cSt

Caudal Inicial : BPH

Presión Inicial : psig

Temperatura : °F

LAGO AGRIO

Datos del Punto

Longitud	: <input type="text" value="0"/>	Km
API 60	: <input type="text" value="24"/>	*
Viscosidad	: <input type="text" value="51.4"/>	cSt
Presión	: <input type="text" value="1505.39"/>	psig
Temperatura	: <input type="text" value="100"/>	°F
Caudal	: <input type="text" value="15000"/>	BPH
Velocidad Lineal	: <input type="text" value="1.37"/>	m/s
MAOP	: <input type="text" value="1517.4"/>	psig
Pérdidas por Fricción	: <input type="text" value="0"/>	psig

LUMBAQUI

Datos del Punto

Longitud	: <input type="text" value="74.5"/>	Km
API 60	: <input type="text" value="24"/>	*
Viscosidad	: <input type="text" value="61.93"/>	cSt
Presión	: <input type="text" value="95.09"/>	psig
Temperatura	: <input type="text" value="91.24"/>	°F
Caudal	: <input type="text" value="14949.85"/>	BPH
Velocidad Lineal	: <input type="text" value="2.03"/>	m/s
MAOP	: <input type="text" value="1143.14"/>	psig
Pérdidas por Fricción	: <input type="text" value="579.7"/>	psig

CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA

Característica de la Tubería

NOTA: Longitud Inicial igual a 0

Longitud Hasta	Diámetro Externo	Espesor	Rugosidad	Coef. Transf. Calor Global
14	32	0.562	0.045	3
28	26	0.469	0.045	3
60	26	0.438	0.045	3
67	26	0.406	0.045	3
71	26	0.375	0.045	3
74.5	26	0.344	0.045	3
75	26	0.562	0.045	3

Unidad de Longitud: Km

Unidad de Diámetro: pulg

Unidad de Espesor: pulg

Unidad de Rugosidad: mm

Unidad de Coef. Transf. Calor Global: BTU/h.pie².°F

Eliminar Fila

Ordenar Filas

Aceptar

Cancelar

GRADIENTE HIDRÁULICO



Conclusión

Fíjese en las condiciones de salida de Lago Agrio, son las mismas a las actuales para poder llegar a lo actual en Lumbaqui. Esto se debe al incremento de los 8 kilómetros en la longitud total del SOTE.

ANEXO IV

MANUAL DE USUARIO

Ejecutar el archivo “Simulación SOTE.exe”.



1 VENTANA INICIAL

En la siguiente ventana inicial dar un click en el botón “Cargar” para empezar a correr el programa, aquí el software se cargará de todos los datos característicos del SOTE (valores quemados y datos actualizados al 2009).



2 DESCRIPCIÓN DE LA VENTANA PRINCIPAL

En la ventana principal que se presenta a continuación podemos observar la simulación en general: Flujo del transporte, Datos obtenidos (resultados), Curvas características, etc. Además podemos hacer uso de varias herramientas como el cálculo de la viscosidad en función de su temperatura, Eficiencia de una bomba centrífuga, el API aparente a una determinada temperatura, etc.

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE

Menú Principal

Abrir Guardar Ver Herramientas Salir

Permite modificar la longitud de visualización

Zoom Desde 0 Hasta 497.7

El software realiza el cálculo de la pérdida por fricción dependiendo cual está marcada

Pérdidas por Fricción

- Factor de fricción de STANTON Y PANEL
- Factor de fricción HAALAND alta precisión

Seleccionador de presentar sobre el área gráfica

Selección de Curva a Graficar

Área Gráfica

ELEVACIÓN [m]

Máxima Presión de Operación (MAOP)

Perfil Topográfico Elevación vs Longitud

LONGITUD [km]

497.7

Modifica las Características Iniciales del Bombeo.

Modifica las Estaciones de Calentamiento.

Modifica las Válvulas y Accesorios.

Modifica las características de la Tubería.

Modifica las Estaciones de Bombeo.

Modifica las Estaciones de Reductoras de Presión.

Modifica los Puntos de Inyección.

Modifica el Perfil Topográfico y Temp. Amb.

INICIO

OLEODUCTO

Tiempo Real

Empaquetar Continuar Parar

Fecha y Hora Inicial: 2009-May-26 07:13:27 a.m.

Fecha y hora Final: 2009-May-26 07:13:27 a.m.

Tiempo de Avance: 3600 Segundos

Datos del Punto

Longitud	0	Km
API 60	23.5	°
Viscosidad	60.46	cSt
Presión	1505.38	psig
Temperatura	100	°F
Caudal	13500	BPH
Velocidad Lineal	1.87	m/s
MAOP	1558.52	psig
Pérdidas por Fricción	0	psig

2.1 MENÚ PRINCIPAL

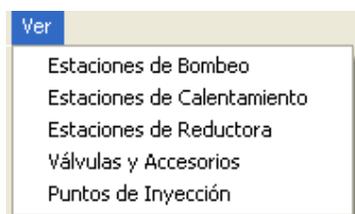
2.1.1 ABRIR Abrir

Abre una simulación ya ejecutada en el pasado. El archivo que se va abrir tiene la extensión SOTE.

2.1.2 GUARDAR Guardar

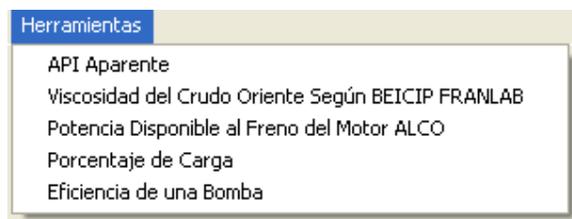
Guarda la simulación ejecutada en un archivo con extensión SOTE.

2.1.3 VER



Nos permite visualizar de manera rápida y gráfica donde se encuentran las estaciones de bombeo, calentamiento, reductoras, válvulas, accesorios y los puntos de inyección.

2.1.4 HERRAMIENTAS



Dentro de las herramientas existen las siguientes opciones:

2.1.4.1 API Aparente

Grado API a la temperatura observada

Grado API60 : °

Temperatura : °F

Grado API : °

Ecuación de "INTEVEP" para determinar el API aparente a una temperatura de operación

$$API_T = \frac{141,5}{\left(-3,433 \cdot 10^{-4} \cdot (T - 60) + \frac{141,5}{131,5 + API_{60}} \right)} - 131,5$$

Sabemos que los fluidos al ser calentados o enfriados su densidad cambia por lo que esta ecuación nos permite calcular el API Aparente de un hidrocarburo a una determinada temperatura.

2.1.4.2 Viscosidad del crudo oriente según el estudio realizado por BEICIP FRANLAB

Viscosidad estimada del petroleo crudo del oriente ecuatoriano en función del grado API y la temperatura en °F

Grado API : °

Temperatura : °F

Viscosidad : cSt

Ecuación de "BEICIP FRANLAB" para el crudo de la región amazónica del Ecuador - SOTE

$$cSt = e^{\left(\ln \left(\ln \left(e^{(28.49994 - 7.7282 \cdot \ln(API) + 0.7)} \right) + \ln \left(\frac{\ln \left(e^{(28.49994 - 7.7282 \cdot \ln(API) + 0.7)} \right) \cdot \ln \left(\frac{(460+T)}{(560)} \right)}{\ln \left(\frac{(560)}{(610)} \right)} \right) \right)} \right) - 0.7$$

La ecuación presente en la ventana es un modelo matemático que se aplica para el crudo de la región amazónica, llamado este crudo oriente (mayor a 20°API). Esta ecuación está en función del grado API y la Temperatura; nos

permite calcular y tener un valor muy aproximado de la viscosidad sin tener necesidad de realizar el análisis en el laboratorio.

2.1.4.3 Potencia Disponible al Freno del Motor ALCO

Motor de 12 cilindros

1800.000 BHP @ 1050.000 RPM

1800.000 BHP @ 1050.000 RPM

Nota: El Oleoducto tiene como Set Points : 950 RPM (Mínimo)
1030 RPM (Máximo)

En la operación del SOTE se tiene como límites a la velocidad angular de los motores ALCO entre 950 - 1030 RPM, y se aplica para todos los motores ya sean estos de 12, 16 y 18 cilindros. En la curva de Potencia vs RPM del motor, este límite nos permite considerar este rango como una recta por lo que el cálculo es una regla de tres simple.

2.1.4.4 Porcentaje de Carga

Porcentaje de Carga de una Unidad de Bombeo

Caudal Volumétrico : 2500.000 BPH

Presión de Descarga : 1506.000 psig

Presión de Succión : 120.000 psig

Potencia al freno del motor : 2452.381 BHP

Eficiencia de la Bomba : 72.386 %

% Carga : 79.67 %

Ecuación para determinar el Porcentaje de Carga de una Unidad de Bombeo

$$\%Carga = \frac{BPH \cdot (Pd - Ps)}{0.2450 \cdot \%Eff_{BOMBA} \cdot BHP}$$

Es necesario tener conocimiento del Porcentaje de Carga de cada Unidad de Bombeo en cada Estación, esto nos ayuda a mantener los motores en buen estado. Por lo que se utilizamos la ecuación presente en la ventana para determinar este valor.

2.1.4.5 Eficiencia de una bomba a partir de la variación de su cabeza ΔH y su temperatura ΔT .

Eficiencia de una Bomba

Cálculo de la Eficiencia de una Bomba a partir del incremento permitido de Temperatura del fluido.

API60	:	<input type="text" value="24.000"/>	°
Presión de Descarga	:	<input type="text" value="1506.000"/>	psi
Presión de Succión	:	<input type="text" value="120.000"/>	psi
Temperatura Entrada	:	<input type="text" value="100.000"/>	°F
Temperatura Salida	:	<input type="text" value="106.000"/>	°F
Eficiencia de la Bomba	:	<input type="text" value="72.386"/>	%

Ecuación utilizada para el cálculo de la Eficiencia de una Bomba

$$\%Eff = \frac{\Delta P}{\Delta P + \frac{47630 \cdot C_p \cdot \Delta T}{131.5 + API}}$$

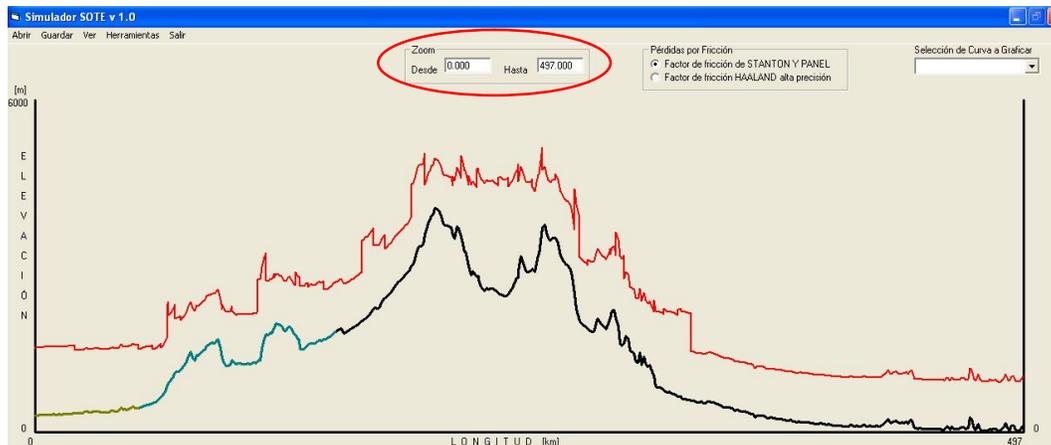
La ecuación presente en la ventana nos permite calcular la eficiencia de una Bomba Centrífuga a partir de las presiones y temperaturas en su entrada y salida más la densidad del fluido circulante.

2.1.5 SALIR

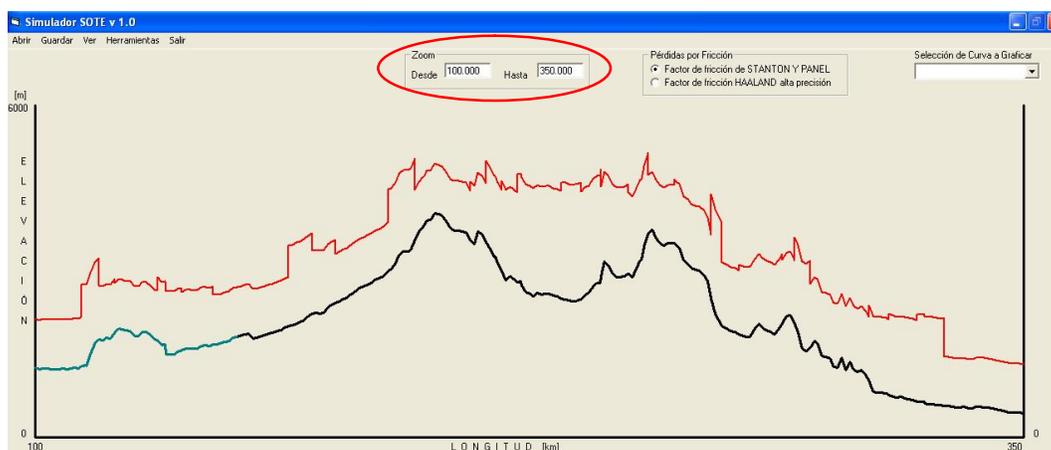
Cierra el programa y todas las ventanas de este abiertas.

2.2 ZOOM

Este nos permite visualizar un cierto tramo del perfil topográfico o su totalidad. Se presenta un ejemplo para su mayor comprensión.



Tramo: Kilómetro 0 al 497



Tramo: Kilómetro 100 al 350

2.3 PÉRDIDAS POR FRICCIÓN

El cálculo de las pérdidas por fricción se las puede realizar por medio de dos métodos:

Calculando el factor de fricción por medio de la ecuación de HAALAND de Alta Precisión.

$$f = \frac{1}{\left\{ -2 \log \left[\frac{\varepsilon}{3,7 \cdot d_{int}} - \frac{5,02}{Re} \cdot \log \left[\frac{\varepsilon}{3,7 \cdot d_{int}} - \frac{5,02}{Re} \cdot \log \left[\frac{\varepsilon}{3,7 \cdot d_{int}} - \frac{4,518}{Re} \cdot \log \left[\left(\frac{\varepsilon}{3,7 \cdot d_{int}} \right)^{1,11} + \frac{6,9}{Re} \right] \right] \right] \right] \right\}^2}$$

Ecuación de HAALAND de Alta Precisión

que luego es aplicada en la ecuación de DARCY WEISBACH.

$$H_f = \frac{15.235073 \cdot f \cdot \Delta L \cdot BPH^2}{d_{int}^5}$$

Y el otro cálculo es por medio de la ecuación de STANTON Y PANEL.

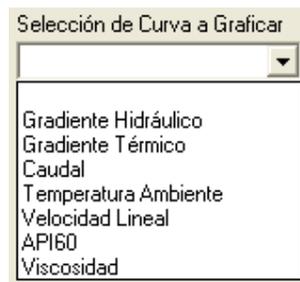
$$H_f = \frac{0.723186 \cdot BPH^{1.748} \cdot \nu^{0.252} \cdot \Delta L}{d_{int}^{4.748}}$$

La diferencia de estos cálculos se encuentra en que la ecuación de STANTON Y PANEL considera a la tubería como hidráulicamente lisa.

Una tubería es hidráulicamente lisa cuando (δ) la capa sublímite es mayor que la rugosidad (e).

Una tubería es hidráulicamente rugosa cuando la rugosidad (e) es mayor en catorce (14) veces la capa sublímite (δ).

2.4 SELECCIONAR CURVA A GRAFICAR



Nos ayuda a visualizar la curva seleccionada a la largo del oleoducto. Se presenta un ejemplo para su mayor comprensión.

SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS EN EL SOTE



2.5 BOTÓN INICIO



La imagen muestra una ventana de software titulada "Punto de Inicio". Contiene los siguientes campos y controles:

- API 60 : *
- Viscosidad @ 100°F :
- Viscosidad @ 120°F :
- Caudal Inicial :
- Presión Inicial :
- Temperatura :

Botones: "Calcular Viscosidad", "Aceptar", "Cancelar".

Esta ventana nos permite modificar la característica del crudo inicial.

El "API 60" es el grado API a 60°F, es necesario ingresar un valor corregido para realizar bien los cálculos y hablar un mismo idioma.

El botón "Calcular Viscosidad" nos permite utilizar de manera rápida la Herramienta para calcular la viscosidad del Crudo Oriente.

Uno de los criterios que se toma en este software es que el caudal es constante en toda la línea y se incrementa solo en los puntos de inyección.

La "Presión Inicial" es la Presión de Succión de la primera Estación de Bombeo, para evitar la cavitación en las Bombas UCP la presión de succión no debe ser menor a 80 psig.

La "Temperatura" es la temperatura del crudo con la que se inicia el bombeo.



2.6 BOTÓN ESTACIONES DE BOMBEO

Nos permite agregar, modificar y quitar Estaciones de Bombeo.

Por medio del campo “Nombre” podemos identificar cada Estación de Bombeo y realizar la Modificación o Eliminación de la misma.

La “Longitud” determina la posición de la Estación de Bombeo en el Perfil Topográfico.

El “Número de Bombas” nos indica el número de Unidades de Bombeo que se encuentra en operación en la Estación de Bombeo.

La Distribución de las Bombas puede ser en Paralelo o en Serie. En Paralelo el Caudal Total que circula por la Estación se distribuye por cada Unidad de Bombeo y las Presiones de Descarga de cada Bomba en la misma, en el caso de una distribución en Serie el Caudal Total que circula por la Estación es la misma que circula en cada Unidad de Bombeo y la Presión de Descarga de la Bomba anterior es la Succión en la Bomba posterior, esto hace que las Presión de Descarga de la Estación sea una sumatoria.

Para el ingreso de datos en las Características de las Unidades de Bombeo se recomienda utilizar los botones a la derecha de cada campo. Estos son: “Calcular BHP”, “Calcular %EFF” y “Calcular %Carga”.



2.7 BOTÓN ESTACIONES DE CALENTAMIENTO

The image shows a software window titled "Estación de Calentamiento". It has a blue title bar with a close button. The main area is light beige and contains three input fields: "Nombre" (empty), "Longitud" (0.000 Km), and "Delta T" (0.000 °F). Below the fields are two buttons: "Agregar" and "Cancelar".

Nos permite agregar, modificar y quitar estaciones de calentamiento.

Por medio del campo “Nombre” podemos identificar cada Estación de Calentamiento y realizar la Modificación o Eliminación de la misma.

La “Longitud” determina la posición de la Estación de Calentamiento en el Perfil Topográfico.

El campo “Delta T” es el incremento de Temperatura, esto es, suma el valor ingresado a la temperatura de llegada calculada.

En todas las Estaciones de Bombeo existe a la Succión de cada Unidad un intercambiador de calor Agua-Crudo, esto hace que el crudo incremente su temperatura en 10°F aproximadamente por lo que en el software se considera a cada Estación de Bombeo como una Estación de Calentamiento adicionalmente.



2.8 BOTÓN ESTACIONES REDUCTORAS

Estación Reductora

Nombre : San Juan

Longitud : 262.000 Km

Delta P : 30.000 psig

Modificar Cancelar

Nos permite agregar, modificar y quitar estaciones reductoras.

Por medio del campo “Nombre” podemos identificar cada Estación de Reductora y realizar la Modificación o Eliminación de la misma.

La “Longitud” determina la posición de la Estación de Reductora en el Perfil Topográfico.

El campo “Delta P” es el decremento de Presión, esto es, resta el valor ingresado a la presión de llegada calculada.



2.9 BOTÓN VÁLVULAS Y ACCESORIOS

Válvulas y Accesorios

Nombre :

Longitud : 0.000 Km

Tipo : Válvula de Globo Convencional

Coeficiente de Resistencia (K) : 0.000

Agregar Cancelar

Nos permite agregar, modificar y quitar válvulas y accesorios.

Por medio del campo “Nombre” podemos identificar cada Válvula o Accesorio y realizar la Modificación o Eliminación de la misma.

La “Longitud” determina la posición de la Válvula o Accesorio en el Perfil Topográfico.

El campo “Tipo” únicamente describe el Accesorio o Válvula que se encuentra en la posición determinada.

El campo “Coeficiente de Resistencia (K)” nos permite calcular el incremento de las pérdidas por fricción.



2.10 BOTÓN PUNTO DE INYECCIÓN

Punto de Inyección	
Nombre :	TECPE
Longitud :	52.000 Km
API 60 :	31.400 *
Viscosidad @ 100°F :	6.400 cSt
Viscosidad @ 120°F :	5.500 cSt
Temperatura :	80.000 °F
Caudal :	400.000 BPH
Potencia Requerida @ 65% de Eficiencia :	205.238 BHP
<input type="button" value="Modificar"/> <input type="button" value="Cancelar"/> <input type="button" value="Calcular Viscosidad"/>	

Nos permite agregar, modificar y quitar puntos de inyección.

Por medio del campo “Nombre” podemos identificar cada Punto de Inyección y realizar la Modificación o Eliminación de la misma.

La “Longitud” determina la posición del Punto de Inyección en el Perfil Topográfico.

El “API 60” es el grado API del crudo inyectado a 60°F, es necesario ingresar un valor corregido para realizar bien los cálculos y hablar un mismo idioma.

El botón “Calcular Viscosidad” nos permite utilizar de manera rápida la Herramienta para calcular la viscosidad del Crudo Oriente.

La “Temperatura” es la temperatura del crudo con la que es inyectado.

Uno de los criterios que se toma en este software es que la presión de inyección es igual a la presión con la que llega el crudo a este punto, esto es calculado. Por lo cual, a medida que el caudal de inyección incrementa la Potencia Requerida también es mayor. Este valor es calculado a una eficiencia de las bombas del 65%.



2.11 BOTÓN CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA

Característica de la Tubería

NOTA: Longitud Inicial igual a 0

Longitud Hasta	Diámetro Externo	Espesor	Rugosidad	Coef. Transf. Calor Global	
20	26	0.469	0.045		1
52	26	0.438	0.045		1
59	26	0.406	0.045		1
63	26	0.375	0.045		1
66	26	0.344	0.045		1
67	26	0.562	0.045		1
70	26	0.469	0.045		1
73	26	0.375	0.045		1
94	26	0.344	0.045		1
99	26	0.375	0.045		1
112	26	0.344	0.045		1
116	26	0.562	0.045		1
120	26	0.375	0.045		1
131	26	0.344	0.045		1
137	26	0.438	0.045		1
145	26	0.406	0.045		1
164	26	0.344	0.045		1
170	26	0.562	0.045		1
176	26	0.438	0.045		1
189	26	0.344	0.045		1
196	26	0.562	0.045		1
210	26	0.344	0.045		1
214	26	0.406	0.045		1
218	26	0.562	0.045		1
222	26	0.625	0.045		1

Unidad de Longitud: Km

Unidad de Diámetro: pulg

Unidad de Espesor: pulg

Unidad de Rugosidad: mm

Unidad de Coef. Transf. Calor Global: BTU/h.pie².°F

Eliminar Fila

Ordenar Filas

Aceptar

Cancelar

Nos permite modificar diámetros, espesores, rugosidad y coeficiente de transferencia de calor a lo largo de la tubería.

Es muy importante ingresar valores reales sobre todo al Coeficiente de Transferencia de Calor Global ya que en cambio de Temperatura incide significativamente en las Pérdidas Totales.

A medida que la temperatura del crudo disminuye incrementa su viscosidad haciendo que las pérdidas por fricción empiecen a aumentar y sea más difícil su movimiento.



2.12 BOTÓN PERFIL

Perfil Topográfico

Longitud	Elevación	Temperatura Ambiente
0	296	73
1	300	72.99
2	307	72.97
3	305	72.98
4	310	72.96
5	313	72.95
6	310	72.96
7	315	72.95
8	314	72.95
9	318	72.94
10	317	72.94
11	316	72.94
12	319	72.94
13	315	72.95
14	326	72.92
15	323	72.93
16	332	72.9
17	329	72.91
18	330	72.91
19	335	72.89
20	335	72.89
21	339	72.88
22	340	72.88
23	343	72.87
24	344	72.87
25	372	72.79

Unidad de Longitud: Km

Unidad de Elevación: m

Unidad de Temperatura: °F

Eliminar Fila

Ordenar Filas

Aceptar

Cancelar

Nos permite modificar longitud, elevación y temperatura ambiente del oleoducto.

El ingreso de la Temperatura Ambiente es muy importante que sea lo más acercada posible ya que incide mucho en la Transferencia de Calor debido a que el 40% de la Tubería se encuentra descubierta o expuesta al Medio Ambiente.

2.13 CUADRO DE TIEMPO REAL

Nos permite visualizar la simulación por medio de los botones EMPAQUETAR, CONTINUAR Y PARAR, además, el tiempo transcurrido de la simulación según el Tiempo de Avance.

El botón “EMPAQUETAR” nos permite llenar todo el Oleoducto con un crudo que tiene las características del crudo inicial.

El botón “CONTINUAR” nos permite ver como se desplaza a lo largo del perfil topográfico los diferentes Batches de crudo (crudos de diferente Grado API), además, nos permite ver el desplazamiento de las curvas seleccionadas, esto quiere decir, podemos ver el movimiento del Gradiente Hidráulico, el movimiento Gradiente Térmico, el cambio de la viscosidad, etc.

El Botón “PARAR” nos permite dar un Stop a la simulación, esto nos permite observar que está sucediendo a lo largo de la tubería a las condiciones simuladas.

Cada que se desee hacer un cambio a las condiciones hidráulicas o las características físicas, la simulación siempre debe ser parada. Por precaución, el software para automáticamente la simulación siempre que se desee hacer un cambio.

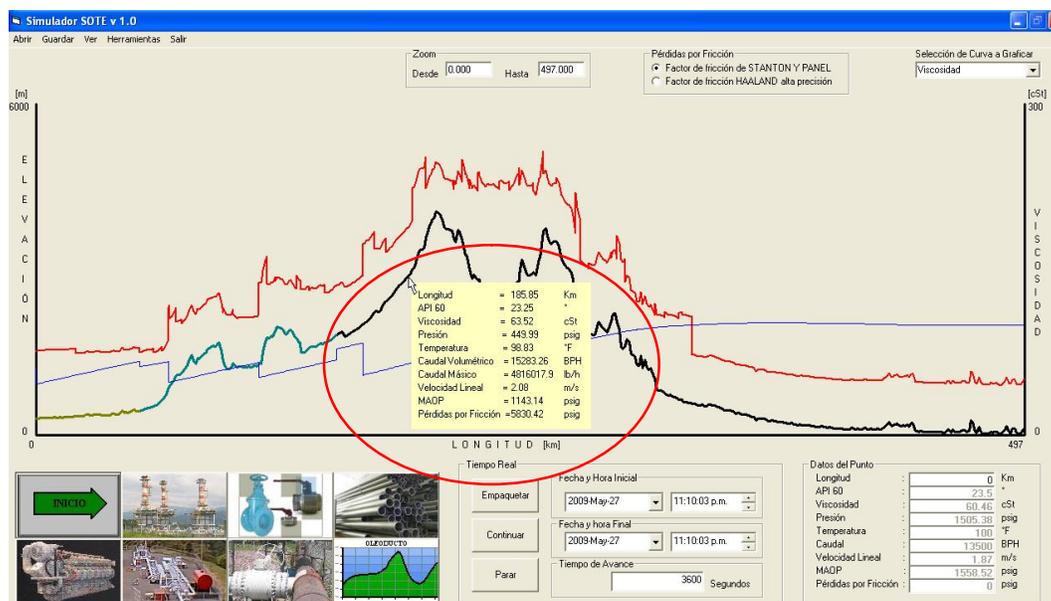
2.14 CARACTERÍSTICAS DE UN PUNTO ESPECÍFICO.

Datos del Punto		
Longitud	:	0 Km
API 60	:	*
Viscosidad	:	cSt
Presión	:	psig
Temperatura	:	°F
Caudal	:	BPH
Velocidad Lineal	:	m/s
MAOP	:	psig
Pérdidas por Fricción	:	psig

Nos indica las propiedades del crudo que circula por un punto específico.

Al momento que hay un cambio en el valor de longitud automáticamente empieza dar valores de todas las características en ese punto.

Otra forma de observar las características de un punto es colocando el mouse sobre el perfil topográfico como se indica a continuación.



ANEXO V

ECUACIONES UTILIZADAS EN EL ANÁLISIS

Temperatura resultante de la transferencia con el medio ambiente

$$T = T_{amb} + (T_i - T_{amb}) \cdot e^{\left[\frac{-0,27333 \cdot d_{ext} \cdot U \cdot \Delta L}{Cp \cdot \dot{m}} \right]}$$

Donde,

T : Temperatura [$^{\circ}F$]

d_{ext} = Diámetro externo en [pulg]

U = Coeficiente de transferencia de calor global en $\left[\frac{BTU}{pte^2 \cdot h \cdot ^{\circ}F} \right]$

ΔL = Longitud en [Km]

Cp = Calor específico en $\left[\frac{BTU}{lb \cdot ^{\circ}F} \right]$

\dot{m} : Caudal másico en $[lb/h]$

API aparente en función de la Temperatura (Ec. INTEVEP)

$$API_T = \frac{141,5}{\left(-3,433 \cdot 10^{-4} \cdot (T - 60) + \frac{141,5}{131,5 + API_{60}} \right)} - 131,5$$

Donde,

T : Temperatura [$^{\circ}F$]

API_{60} : Grado API @ 60 $^{\circ}F$

Conversión de psi a metros [m]

$$[m] = \frac{0.704088 \cdot [psi]}{Spgr}$$

Donde,

[m]: Metros

$Spgr$: Gravedad específica

[psi]: Unidad de presión en libras por pulgada cuadra

Caudal Másico

$$\dot{m} [lb/h] = 349.761526 \cdot Spgr \cdot [BPH]$$

Donde,

$\dot{m} [lb/h]$: Caudal Másico en libras por hora

$Spgr$: Gravedad específica

BPH : Caudal [Barriles por hora]

Caudal proporcionado por una bomba centrífuga

$$BPH = \frac{0.17242536 \cdot BHP \cdot \%Carga \cdot \%Eficiencia}{\Delta H[m] \cdot Spgr}$$

Donde,

BHP: Potencia al freno del motor

%Carga: Porcentaje de carga del motor

%Eficiencia: Eficiencia total de la bomba

%Carga: Porcentaje de carga del motor

$\Delta H[m]$: Presión de descarga – Presión de succión de la bomba en metros

Spgr: Gravedad específica

BPH: Caudal [Barriles por hora]

Porcentaje de Carga (%Carga)

$$\%Carga = \frac{\text{Potencia Hidráulica}}{\text{Potencia Mecánica}}$$

$$\%Carga = \frac{BPH \cdot (Pd - Ps)}{0.245 \cdot \%Eff_{BOMBA} \cdot BHP}$$

Porcentaje de Carga (%Carga)

$$\%Eff = \frac{\Delta P}{\Delta P + \frac{47630 \cdot Cp \cdot \Delta T}{131.5 + API}}$$

$$T_{visc} = 41.39 \cdot e^{-3.67 \cdot Spgr}$$

$$T_{corregida} = T_{visc} \cdot \Delta P / 1000$$

Conversión de BPH a m3/min

$$\frac{m^3}{min} = 377.36 \cdot BPH$$

Gravedad específica en un punto de inyección (Mezcla)

$$Spgr_{60, Mezcla} = \frac{\dot{m}_{Mezcla}}{\frac{\dot{m}_1}{Spgr_{60_1}} + \frac{\dot{m}_2}{Spgr_{60_2}}}$$

Donde,

\dot{m} : Caudal Másico

*Spgr*₆₀: Gravedad específica @ 60°F

Viscosidad del crudo

$$cSt = e^{\left(\left(\ln \left(e^{(28.48994 - 7.7222 \cdot \ln(API) + 0.7)} \right) \right) + \ln \left(\frac{\ln \left(e^{(28.48994 - 7.7222 \cdot \ln(API) + 0.7)} \right)}{\ln \left(e^{(21.29258 - 575220 \cdot \ln(API) + 0.7)} \right)} \right) \cdot \frac{\ln \left(\frac{(460+T)}{590} \right)}{\ln \left(\frac{590}{510} \right)} \right)}$$

Calor Específico del crudo en función de la Temperatura

$$Cp_{inicial} = \frac{0.388 + 4.5 \cdot 10^{-4} \cdot T_{inicial}}{\sqrt{Spgr60_{inicial}}}$$

$$Cp_{inyecc} = \frac{0.388 + 4.5 \cdot 10^{-4} \cdot T_{inyecc}}{\sqrt{Spgr60_{inyecc}}}$$

Donde,

Cp : Calor Específico [$BTU/lb \cdot ^\circ F$]

T : Temperatura [$^\circ F$]

$32^\circ F < T < 400^\circ F$

$Spgr$: Gravedad Específica

$0.75 < Spgr < 0.96$

Temperatura en un punto de inyección (Mezcla)

$$4.5 \cdot 10^{-4} \cdot T_{mezcla}^2 + 0.388 \cdot T_{mezcla} = \sqrt{Spgr60_{mezcla}} \cdot \frac{T_1 \cdot \dot{m}_1 \cdot Cp_1 + T_2 \cdot \dot{m}_2 \cdot Cp_2}{m_{mezcla}}$$

$$T_{mezcla} = \frac{-0.388 + \sqrt{(0.388)^2 + (18 \cdot 10^{-4}) \cdot \left(\sqrt{Spgr60_{mezcla}} \cdot \frac{T_1 \cdot \dot{m}_1 \cdot Cp_1 + T_2 \cdot \dot{m}_2 \cdot Cp_2}{m_{mezcla}} \right)}}{9 \cdot 10^{-4}}$$

Donde,

T : Temperatura [$^\circ F$]

\dot{m} : Caudal Másico [lb/h]

Cp : Calor específico [$BTU/lb \cdot ^\circ F$]

$Spgr60$: Gravedad específica @ $60^\circ F$

Viscosidad resultante de una mezcla

$$v_{mezcla} = \left[\frac{Q_1 + Q_2}{\left(\frac{Q_1}{\sqrt{v_1}} + \frac{Q_2}{\sqrt{v_2}} \right)} \right]^2$$

Donde,

Q : Caudal

v : Viscosidad [SUS]

Conversión de unidades de Viscosidad

Si $32 < SUS \leq 100$

$$cSt = 0.226 \cdot SUS - \frac{195}{SUS}$$

Si $SUS > 100$

$$cSt = 0.22 \cdot SUS - \frac{135}{SUS}$$

$$Si \ 1.14 < cSt \leq 20.65$$

$$SUS = \frac{cSt + \sqrt{cSt^2 + 176.28}}{0.452}$$

$$Si \ cSt > 20.65$$

$$SUS = \frac{cSt + \sqrt{cSt^2 + 118}}{0.44}$$

Viscosidad cinemática a una Temperatura de Operación (Método ASTM D 341)

$$\nu = 10 \uparrow \left(10 \uparrow \left[\log(\log(\nu_1 + 0,7)) + \frac{\text{Log}\left(\frac{\text{Log}(\nu_1 + 0,7)}{\text{Log}(\nu_2 + 0,7)}\right)}{\text{Log}\left(\frac{T_2}{T_1}\right)} \cdot \text{Log}\left(\frac{T_1}{T_{Oper}}\right) \right] \right) - 0,7$$

Donde,

T : Temperatura [K]

ν : Viscosidad [cSt]

Velocidad lineal

$$v \left[\frac{m}{s} \right] = \frac{0.0871585 \cdot [BPH]}{d[\text{pulg}]_{\text{interno}}^2}$$

Donde,

v : Velocidad lineal en [m/s]

BPH : Caudal volumétrico en [BPH]

d_{int} = Diámetro interno de la tubería en [pulg]

Número de Reynolds

$$Re = \frac{2214 \cdot Q}{d_{\text{int}} \cdot \nu}$$

Donde,

Re : Número de Reynolds

Q : Caudal volumétrico en [BPH]

d_{int} = Diámetro interno de la tubería en [pulg]

ν : Viscosidad en [cSt]

Factor de fricción

Si el régimen es turbulento (Ec. de Haaland de alta precisión)

$$Re > 4000$$

$$f = \frac{1}{\left\{ -2 \log \left[\frac{\varepsilon}{3,7 \cdot d_{int}} - \frac{5,02}{Re} \cdot \log \left[\frac{\varepsilon}{3,7 \cdot d_{int}} - \frac{5,02}{Re} \cdot \log \left(\frac{\varepsilon}{3,7 \cdot d_{int}} - \frac{4,518}{Re} \cdot \log \left[\left(\frac{\varepsilon}{3,7 \cdot d_{int}} \right)^{1,11} + \frac{6,9}{Re} \right] \right) \right] \right] \right\}^2}$$

Donde,

f: Factor de fricción*ε*: Rugosidad absoluta en [pulg]*Re*: Número de Reynolds*d_{int}* = Diámetro interno de la tubería en [pulg]

Si el régimen es laminar

$$Re < 2000$$

$$f = \frac{64}{Re}$$

Pérdidas por fricción

$$H_f = \frac{15.235073 \cdot f \cdot \Delta L \cdot BPH^2}{d_{int}^5}$$

Donde,

H_f: Pérdidas por fricción en [m]*f*: Factor de fricción*ΔL*: Longitud en [Km]*BPH*: Caudal volumétrico en Barriles por hora*d_{int}* = Diámetro interno de la tubería en [pulg]**FORMULA DE DARCY WEISBACH, con el factor de rozamiento de STANTON Y PANEL**

Para oleoductos y poliductos.

$$H_f = \frac{0.723186 \cdot BPH^{1.740} \cdot \nu^{0.252} \cdot \Delta L}{d_{int}^{4.748}}$$

Donde,

H_f: Pérdidas por fricción en [m]*ΔL*: Longitud en [Km]*BPH*: Caudal volumétrico en [BPH]*ν*: Viscosidad en [cSt]*Spgr*: Gravedad específica*d_{int}* = Diámetro interno de la tubería en [pulg]

Calor perdido

$$q = \frac{-0.039756 \cdot d_{int}^2 \cdot U \cdot (T_{final} - T_{inicial})}{BPH \cdot Spgr}$$

Donde,

q : Calor perdido en [m]

d_{int} = Diámetro interno de la tubería en [pulg]

U : Coeficiente de calor global en $\left[\frac{BTU}{h \cdot pie^2 \cdot ^\circ F} \right]$

T : Temperatura en [$^\circ F$]

BPH : Caudal volumétrico en Barriles por hora

$Spgr$: Gravedad específica

Presión de Descarga

$$P_{descarga} = \frac{0.245 \cdot BHP \cdot \%Carga}{BPH} - \frac{47630 \cdot Cp \cdot T}{131.5 + API} + P_{succión}$$

Presión de Llegada

$$P_{llegada} = P_{descarga} + Z_{inicial} - Z_{final} + \frac{v_{inicial}^2}{2 \cdot g} - \frac{v_{final}^2}{2 \cdot g} - H_{Total}$$

Donde,

P_s : Presión de succión o de llegada en [m]

P_d : Presión de descarga o inicial en [m]

Z = Elevación en [m]

v : Velocidad lineal en $\left[\frac{m}{s} \right]$

H_{Total} : Pérdidas totales en [m]