

2
20j

Tema de tesis: "Desarrollo analítico para el diseño
de aparejos de bombeo mecánico en
pozos direccionales y verticales"

Director de tesis: M en I José Angel Gómez Cabrera

Alumno: Ing. Alfredo Mojica Salgado

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

	Página
INTRODUCCION	1
CAPITULO I "Conceptos fundamentales"	2
CAPITULO II "Desarrollo analítico para el diseño de un sistema de bombeo mecánico en pozos direccionales"	38
CAPITULO III "Programa de cómputo para el diseño de aparejos de bombeo mecánico"	59
CAPITULO IV "Ejemplos de aplicación"	69
CAPITULO V "Conclusiones y recomendaciones"	79
APENDICES	82

INTRODUCCION

Cuando la presión de un yacimiento petrolero ha declinado hasta un valor tal que la producción de los pozos se encuentra cercano al límite económico, o bien los pozos han dejado de fluir, es necesario la aplicación de sistemas artificiales de producción para continuar con su exploración.

Dentro de los sistemas artificiales de explotación se cuenta con el Bombeo Mecánico; el cual cuenta con un equipo superficial y subsuperficial.

Los pozos petroleros pueden ser perforados vertical o direccionalmente dependiendo de las condiciones que prevalezcan.

Cuando los pozos son direccionales, los sistemas artificiales no funcionan adecuadamente, ya que estos han sido desarrollados para pozos completamente verticales.

El objetivo de este trabajo es establecer las ecuaciones para el diseño del equipo subsuperficial de bombeo mecánico en pozos direccionales. Para lograr tal objetivo, se establecen una serie de elementos de control que representan los tipos de pozos direccionales.

Adicionalmente, se presenta un programa de cómputo para diseñar el equipo subsuperficial para los tres tipos de unidades tanto para pozos verticales como direccionales. En el diseño de equipo subsuperficial para pozos verticales se presenta la opción de emplear el método API o bien el convencional. Para pozos direccionales se emplean las ecuaciones deducidas en este trabajo.

CAPITULO I "CONCEPTOS FUNDAMENTALES"

I.1.- Bomba subsuperficial

I.1.1.- Bomba de tubería de producción

I.1.2.- Bomba de inserción

I.1.3.- Bomba de tubería de revestimiento

I.1.4.- Ciclo de la bomba

I.1.5.- Carrera efectiva del émbolo

I.1.6.- Desplazamiento teórico y eficiencia volumétrica de la bomba

I.2.- Sarta de varillas de succión

I.2.1.- Análisis teórico del movimiento de las varillas

I.2.2.- Fallas por fatiga

I.2.3.- Fallas mecánicas

I.2.4.- Fallas por corrosión

I.3.- Equipo superficial

I.3.1.- Cargas en la varilla pulida

I.3.2.- Contrabalanceo

I.4.- Unidad de transmisión de potencia o reductor de velocidad

I.4.1.- Momento torsional

I.4.2.- Reducción de la velocidad del motor principal hasta el eje de las bielas

I.5.- Motor principal

I.5.1.- Deslizamiento del motor

I.5.2.- Requerimientos de potencia del motor

CAPITULO I "CONCEPTOS FUNDAMENTALES"

El sistema artificial de Bombeo Mecánico (B.M.), para explotación de pozos productores de aceite, consiste esencialmente de cinco partes⁽¹⁾ (ver figura 1);

1. Bomba subsuperficial
2. Sarta de varillas de succión
3. Equipo superficial
4. Unidad de transmisión de potencia o reductor de velocidad
5. Motor principal

De acuerdo a su geometría, las unidades de B.M., pueden ser divididas en dos grupos o clases:

Clase I.- Para este grupo, el reductor de velocidad se encuentra colocado en la parte posterior de la unidad y el conjunto de cojinetes principales está a la mi tad del balancín o viga principal y se encuentra representado por la unidad convencional (ver figura 2).

Clase III.- Para este grupo, el reductor de velocidad se encuentra en la parte anterior de la unidad y los cojinetes centrales en la parte posterior de la viga principal; este grupo se encuentra representado por las unidades aerobalanceadas y Mark II (ver figura 3).

(1) Referencias al final de cada capítulo

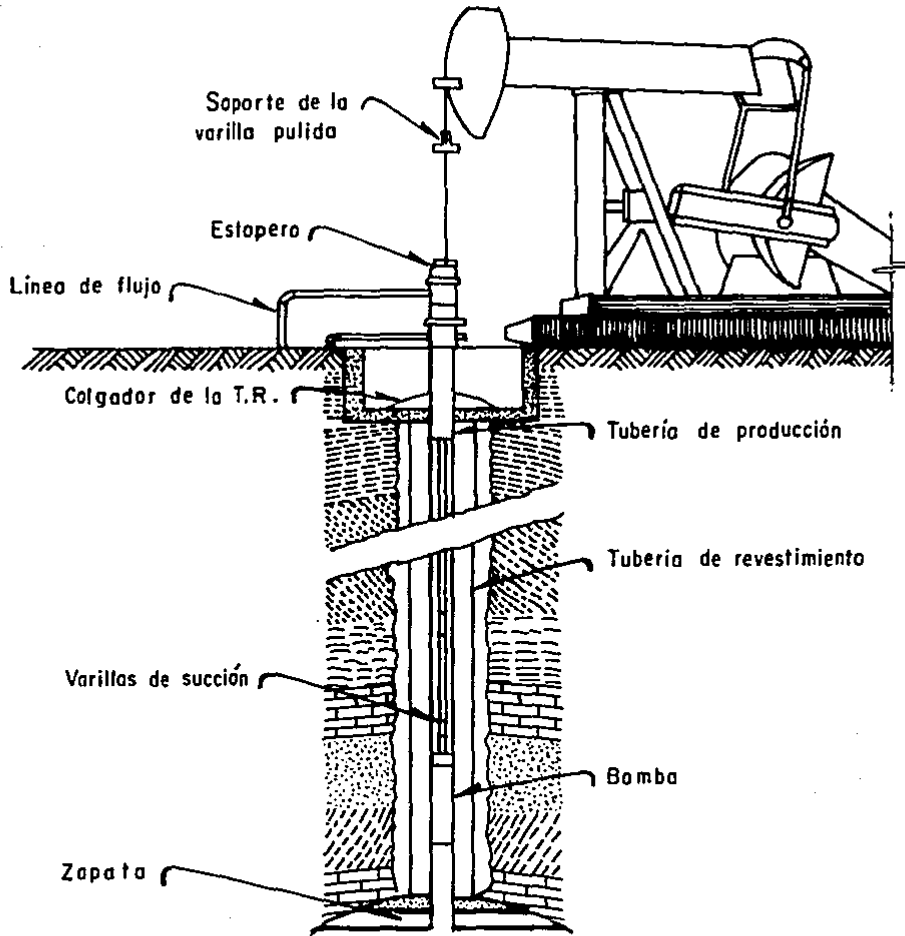


Fig 1 . Partes principales del bombeo mecánico

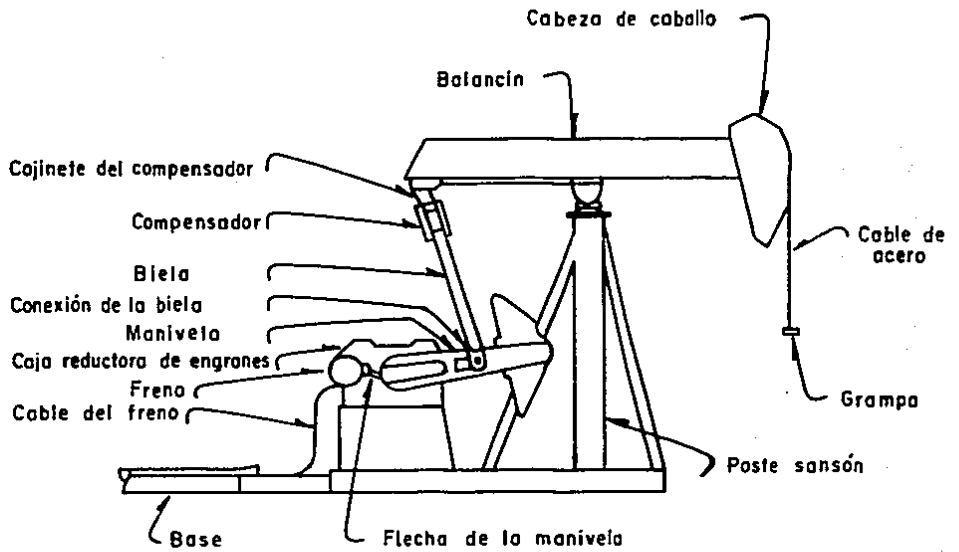
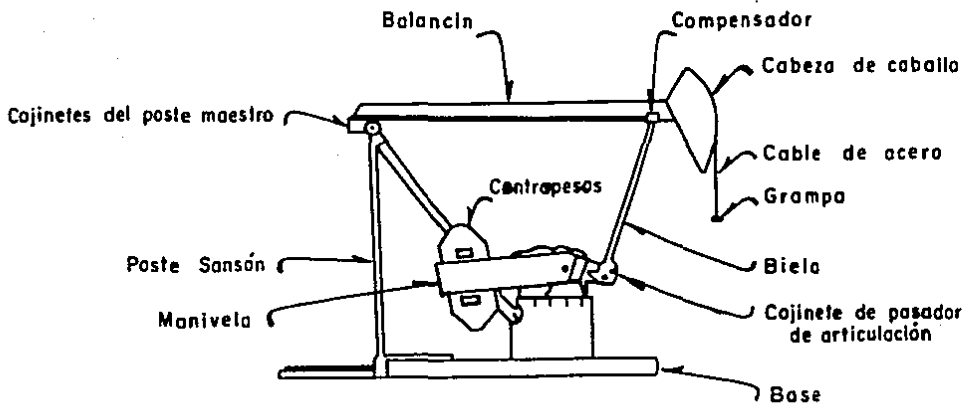
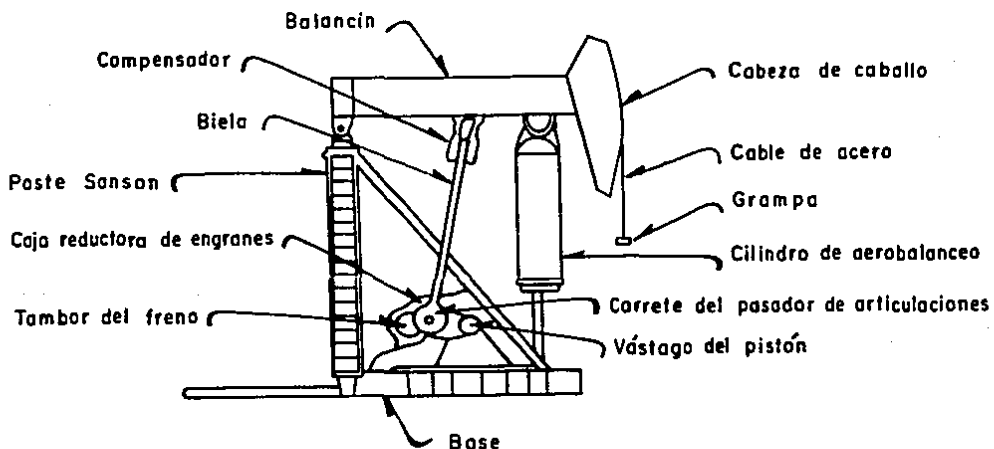


Fig 2 Unidad de bombeo convencional , Clase I



Unidad de bombeo Mark II



Unidad de bombeo aerobalanceada

Fig 3 Clase III

I.1 BOMBA SUBSUPERFICIAL (2)

La función principal de la bomba es proporcionar energía adicional a los fluidos provenientes del yacimiento para llevarlos hasta la superficie (ver figura 4). Esta energía es adicionada a los fluidos cuando se desea incrementar el ritmo de producción o cuando la presión del yacimiento es demasiado baja, de tal forma que éstos no alcanzan a llegar hasta la superficie. Este tipo de bombas puede ser dividido en tres grupos:

- I.1.1. Bombas de tubería de producción
- I.1.2. Bombas de inserción
- I.1.3. Bombas de tubería de revestimiento

Estas bombas son accionadas mediante una sarta de varillas de succión y con una unidad superficial de bombeo. Generalmente una bomba subsuperficial la integran cuatro elementos principales (ver figura 4):

- a) Un barril de trabajo
- b) Un émbolo o pistón
- c) Una válvula de entrada (válvula estacionaria o de pie)
- d) Una válvula de descarga (válvula viajera)

La diferencia fundamental entre una bomba tipo tubería y una de inserción, es la manera en la cual el barril de trabajo es instalado. Para las primeras, el barril de trabajo es conectado en la parte inferior de la tubería de producción y éste opera dentro del pozo como una parte integral de la sarta de producción.

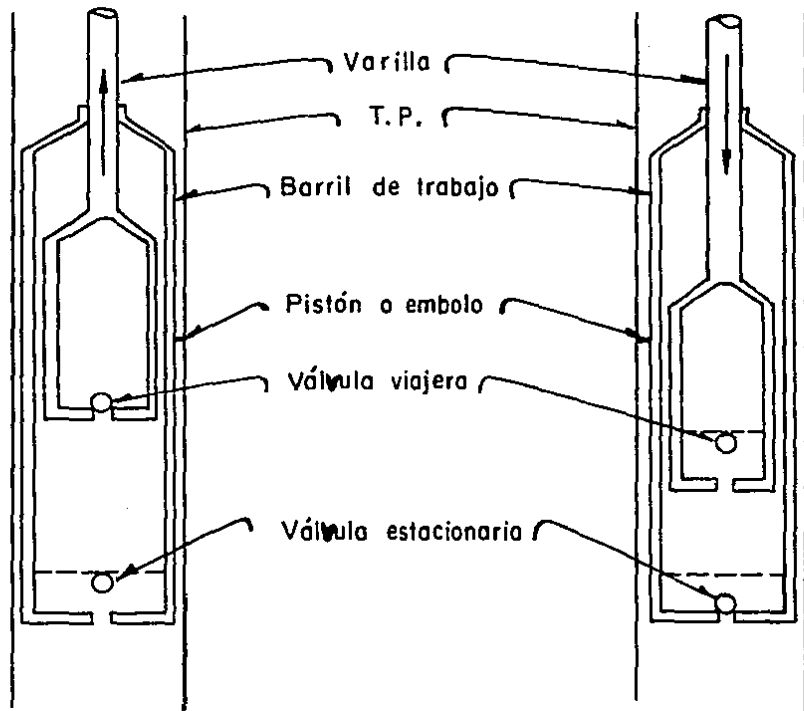


Fig 4 Elementos que componen la bomba subsuperficial

Por lo que respecta a las bombas de insercción, el barril de trabajo es parte integral de la bomba subsuperficial y es considerada como un elemento en la sarta de succión; motivo por el cual no se requiere extraer la tubería de producción, para sustituir o instalar una nueva bomba subsuperficial.

I.1.1 Bombas de tubería de producción

La principal ventaja de este tipo de bombas es poder manejar volúmenes considerables de líquidos provenientes del yacimiento. Sin embargo, una desventaja de éstas es cuando se desea extraer el barril de trabajo (por cualquier causa), se necesita sacar toda la sarta de producción, ya que dicho barril se encuentra ubicado en el extremo inferior de la tubería de producción. Este tipo de bombas puede ser subdividida en relación a:

- Tipo de barril de trabajo utilizado
- Arreglo de la válvula estacionaria
- Tipo de émbolo utilizado

I.1.2 Bombas de insercción

La principal ventaja de este tipo de bomba es que ésta se conecta a la sarta de varillas de succión y es manejado como un solo conjunto. En consecuencia, si se desea recuperar la bomba para su reemplazo o mantenimiento, únicamente con sacar la sarta de varillas se extraerá la bomba. Obsérvese que bajo este principio no se requiere intervenir la sarta de producción. Para asegurar el barril de trabajo a la profundidad deseada, puede utilizarse un asiento de copas o una zapata candado y así queda colocado dentro de la tubería de producción, permiti-

tiendo el completo funcionamiento de la bomba.

Desde el punto de vista operativo, las bombas de inserción pueden ser divididas en dos grupos:

- Bombas invertidas
- Bombas estacionarias

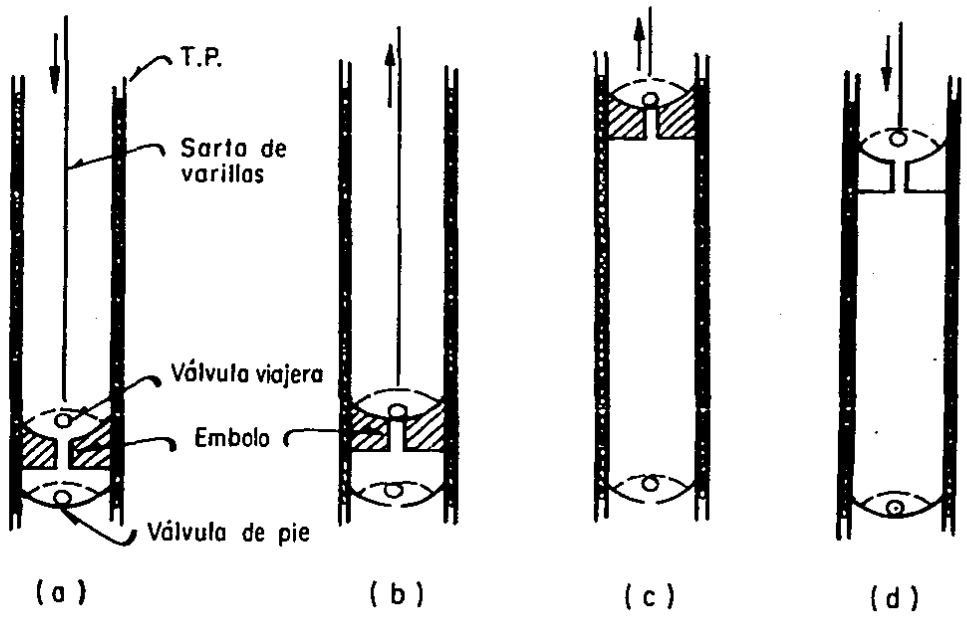
I.1.3 Bombas de tubería de revestimiento

Dentro de éste tipo son incluidas todas las bombas que utilizan la tubería de revestimiento como tubería de producción. La bomba se instala dentro del pozo con la sarta de varillas de succión y un empacador; en el cual puede ser colocado en la parte superior o inferior del barril de trabajo, determinando así un sello en tre la tubería de revestimiento y el barril de trabajo.

Las bombas de tubería de revestimiento se instalan en pozos que puedan aportar un volumen considerable de fluidos y además deben ser someros o poco profundos.

I.1.4 Ciclo de la bomba

La energía que proporciona la bomba a los fluidos es en forma de cargas, en el cual juegan un papel muy importante las válvulas viajera y estacionaria. Para los tres tipos de bomba el ciclo es el mismo (ver figura 5). Suponiendo que el ciclo se inicia en el punto muerto inferior, esto es, cuando el émbolo de la bomba se encuentra a la máxima profundidad dentro de ésta; en este punto la vál



Ciclo de bombeo :

- a) Movimiento del embolo hacia abajo
- b) Movimiento del embolo hacia arriba
- c) Movimiento del embolo hacia arriba
- d) Movimiento del embolo hacia abajo

Fig 5 Ciclo de la bomba

vula de pie y viajera se encuentran en sus asientos y la cámara de la bomba está vacía. Al iniciarse el movimiento ascendente del émbolo, la válvula de pie se desplaza de su asiento hacia arriba, permitiendo la entrada de fluidos dentro de la bomba y la válvula viajera sella la salida de los fluidos de la bomba, esto se permite debido a que la carga de fluidos sobre la válvula de pie es menor que la fuerza de succión que se origina. Cuando se alcanza el punto muerto superior (se localiza cuando el pistón alcanza la mínima profundidad en la bomba), las válvulas regresan a sus asientos respectivos; inmediatamente se inicia un movimiento descendente, provocando que la válvula viajera se desplace de su asiento y así se permite el paso de los fluidos contenidos en la cámara hacia la tubería de producción; por lo que respecta a la válvula de pie se mantiene cerrada (en su asiento) debido a la carga que ejercen los fluidos sobre ésta y así se evita que los fluidos regresen a la formación; llegando al punto muerto inferior se repite el ciclo de la bomba. Para que puedan ser admitidos en la bomba los fluidos provenientes del yacimiento; es necesario un efectivo desplazamiento de los líquidos contenidos en la cámara de la bomba hacia la tubería de producción; además, para un mejor desplazamiento las válvulas de pie y viajera, en el punto muerto inferior deberán encontrarse lo más cercano posible, pero sin llegar a tocarse.

La distancia efectiva del émbolo, S_p , es la distancia en pulgadas que se tiene entre el punto muerto superior y el punto muerto inferior.

1.1.5 Carrera efectiva del émbolo

El volumen de aceite manejado por el émbolo en cada ciclo, dependerá no sólo de la longitud de la carrera de la varilla pulida, sino del movimiento relativo

del émbolo en el barril de trabajo.

Este movimiento es llamado la carrera efectiva del émbolo, Sp, y difiere significativamente con la carrera de la varilla pulida. Fundamentalmente, esta diferencia se debe al alargamiento de la tubería y la sobrecarga del émbolo (3).

Recuérdese que las válvulas viajera y estacionaria de la bomba subsuperficial abren y cierran durante el ciclo de bombeo y la carga de fluido es transferida alternativamente a la tubería de producción. Resultando periodos de deformación elástica (de la varilla y tubería) diferidos 180 grados uno del otro. Considerando el sistema durante la carrera descendente del émbolo, entonces la válvula estacionaria es cerrada y la válvula viajera es abierta. Para este momento la carga de fluido está en la tubería, causando una cierta elongación de dicho elemento. Para el inicio de la carrera ascendente del émbolo, la válvula viajera cierra originando elongación en las varillas. La apertura de la válvula estacionaria permite el alargamiento de la tubería. La restauración de la tubería a su longitud original causa a el barril de trabajo un movimiento hacia arriba y la elongación de las varillas origina que el émbolo sea movido hacia abajo. La carrera efectiva del émbolo es, sin embargo, disminuída por un acopio igual a la suma de elongaciones de la varilla y la tubería, resultante de la carga del fluido.

Para una deformación elástica, existe una relación entre el esfuerzo aplicado a un cuerpo y una deformación resultante, esto es:

$$E = \text{Esfuerzo/Deformación} \quad (1)$$

donde E, es el módulo de elasticidad, siendo una característica del material al

cual el esfuerzo es aplicado. El esfuerzo está dado como la fuerza aplicada por unidad de área:

$$\text{Esfuerzo} = F/A \quad (2)$$

y la deformación es el cambio fraccional en la longitud:

$$\text{Deformación} = e/L \quad (3)$$

Generalmente, la fuerza F , esta expresada en lb/pg^2 y el área de la sección transversal A , del elemento bajo esfuerzo en pg^2 . La elongación e , y la longitud original L , están expresados en pulgadas y pies, respectivamente; por lo que la ecuación anterior quedará:

$$\text{Deformación} = e/12*L \quad (4)$$

sustituyendo la ecuación 4 en la 1 y despejando la elongación será:

$$e = 12*F*L/(E*A) \quad (5)$$

Por otro lado, la fuerza resultante debido a la carga de fluido de la presión diferencial a través del émbolo (donde la bomba está a una profundidad l) actúa sobre toda el área del émbolo, A_p , ésto es:

$$F = \Delta p X A_p \quad (6)$$

si bien, la diferencial de presión es la presión a la profundidad L de la co-

columna de fluido de densidad relativa γ , ésto es:

$$\Delta p = 0.433 \cdot \gamma \cdot L \quad (7)$$

Recordando que en la tuberfa de revestimiento se tiene un nivel dinámico de los fluidos, D, entonces la presión sobre el émbolo debido a ambas columnas será:

$$\Delta p = 0.433 \cdot \gamma \cdot L - 0.433 \cdot \gamma \cdot (L - D) = 0.433 \cdot \gamma \cdot D \quad (8)$$

sustituyendo las ecuaciones 8 y 6 en 5 y tomando en cuenta la elongación de la tuberfa se tendrá:

$$e_t = 5.2 \gamma D \Delta p L / EA_t \quad (9)$$

La elongación para la sarta de varillas de succión es:

$$e_r = 5.2 \gamma D \Delta p L / EA_r \quad (10)$$

donde, A_r es el área de la sección transversal de las varillas. Si la sarta es telescopiada (diferentes diámetros) la elongación deberá ser calculada para cada una de las secciones y la elongación total estará dada por:

$$e_r = \left(\frac{5.2 \gamma D \Delta p}{E} \right) \left(\frac{L_1}{A_1} + \frac{L_2}{A_2} \dots \right) \quad (11)$$

donde L_i y A_i ; $i = 1, \dots, n$ son las longitudes y áreas de cada sección. El alargamiento de las varillas causado por la carga del fluido, también es afectado por el peso de las varillas, el cual consiste en el peso muerto de las vari-

llas más la carga por aceleración. En promedio, el peso de las varillas tiende a originar elongación en $Wr/2$. Lo anterior equivale a considerar una concentración de masa en $L/2$; por lo que al final de la carrera descendente la ecuación 5 será:

$$ed = \frac{12(Wr + \alpha Wr)L/2}{EA_r} \quad (12)$$

o bien

$$ed = \frac{6(1 + \alpha)}{E} \cdot \frac{WrL}{A_r} \quad (13)$$

y para la elongación de las varillas al final de la carrera ascendente será:

$$eu = \frac{6(1 - \alpha)}{E} \cdot \frac{WrL}{A_r} \quad (14)$$

la sobrecarrera del émbolo, ep , será la resultante debido a la aceleración y como las cargas (por aceleración) están en direcciones opuestas, entonces:

$$ep = ed - eu = \left[\frac{12\alpha}{E} \right] \frac{WrL}{A_r} \quad (15)$$

El peso de la sarta de varillas de succión está dado por:

$$Wr = \frac{\rho_r L A_r}{144} \quad (16)$$

donde ρ_r es la densidad de las varillas y para el acero es de 490 lb/pie^3 .

Sustituyendo la ecuación 16 en la 15 y tomando en cuenta la densidad del acero, se tiene:

$$e_p = 40.8\alpha L^2/E \quad (17)$$

La ecuación anterior se desarrolló para unidades convencionales y sartas no telescopiadas. Si se considera sartas de varillas de diferentes diámetros (para el mismo tipo de unidad) la concentración de masa tendrá lugar en $L/1.7563$; por lo que las ecuaciones 13 y 14 son modificadas en:

$$e_d = \frac{12(Wr + \alpha Wr)L}{1.7563 EAr} \quad (18)$$

$$e_u = \frac{12(Wr - \alpha Wr)L}{1.7563 EAr} \quad (19)$$

entonces, para sartas telescopiadas, la sobrecarrera del émbolo será dada por:

$$e_p = e_d - e_u = \frac{24\alpha}{1.7563E} \cdot \frac{WrL}{Ar} \quad (20)$$

Sustituyendo la ecuación 16 en la anterior y como se trata de una sarta telescopiada, se tiene:

$$e_p = \frac{11760\alpha L}{252.9072E} (L_1 + L_2 + \dots) \quad (21)$$

donde L_i ; $i=1,2,\dots,n$ es cada tramo de diferente diámetro que forman la sarta. Entonces, $\sum_{i=1}^n L_i = L$; por lo que la ecuación anterior se transforma en:

$$e_p = 46.5\alpha L^2/E \quad (22)$$

Finalmente, la carrera efectiva del émbolo difiere con la de la varilla pulida,

debido a los alargamientos de la sarta de varillas y la tubería, por efecto de las cargas de fluido, pero se ve incrementado por el efecto de la sobrecarrera del émbolo, es decir:

$$S_p = S + e_p - (e_t + e_r) \quad (23)$$

cabe hacer mención el tener cuidado al calcular la carrera efectiva del émbolo, por si se trata de una sarta telescopiada y si la tubería está anclada.

I.1.6 Desplazamiento teórico y eficiencia volumétrica de la bomba.

El desplazamiento teórico de la bomba, v , está definido como:

$$v = \text{Area de la bomba} \times \text{carrera efectiva} \times \text{emboledas} \\ \text{del émbolo} \quad \text{por min.}$$

$$= 0.1485 A_p S_p N \quad (24)$$

La eficiencia volumétrica, E_v , está definida por la cantidad de fluido que llega a la superficie entre el desplazamiento teórico de la bomba, es decir:

$$E_v = q/v \quad (25)$$

donde q es el ritmo de producción del pozo en la superficie. La eficiencia volumétrica es afectada por muchos factores; tales como: características del fluido producido, tipo de bomba, profundidad de colocación de la bomba, condiciones

superficiales de operación y la interferencia de gas. Este último factor es de vital importancia para mejorar la eficiencia volumétrica de la bomba.

1.2 SARTA DE VARILLAS DE SUCCION

Se denomina sarta de varillas de succión, al conjunto formado por éstas, mediante un arreglo determinado (diseñado previamente). Esta se encuentra alojada dentro de la tubería de producción. La función principal de la sarta de varillas de succión es la de proporcionarle energía a la bomba subsuperficial⁽⁵⁾. Este tipo de energía es de movimiento; siendo ascendente y descendente alternativamente, el cual es casi igual a un movimiento armónico simple (para la unidad convencional). Con base en lo anterior, se puede decir que la sarta de varillas de succión es el elemento que sirve para transmitir la energía que proporciona el equipo superficial a la bomba subsuperficial.

En la fabricación, el componente principal de las varillas de succión es el acero en un 90% aproximadamente. Para que las varillas puedan resistir los esfuerzos a la tensión, la corrosión, el pandeo, etc., es necesario agregar a su manufactura otros componentes como el carbón, manganeso, azufre, silicio, níquel, vanadio, etc., dependiendo de las características de los fluidos de cada campo en explotación.

Una varilla está constituida por el cuerpo, cople y piñón (ver figura 6). En términos generales, ésta puede soportar esfuerzos máximos de trabajo (de tensión) de 40000 hasta 50000 lb/pg², dependiendo de las características del acero. En fluidos corrosivos, el esfuerzo máximo de trabajo o permisible se ve reduci-

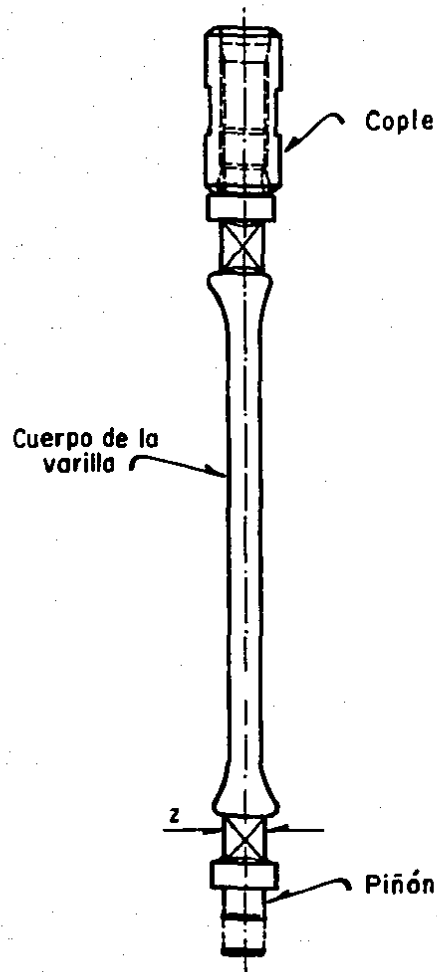


Fig 6 Componentes de la varilla de succión

do hasta en 22000 lb/pg².

Las varillas de succión interrumpen su vida activa generalmente por agentes que actúan sobre ellas provocando fallas.

I.2.1. Análisis teórico del movimiento de las varillas

Si la sarta de succión fuera suspendida estáticamente desde la varilla pulida, la fuerza a la tensión en ésta debería de ser el peso, W_r , de la sarta de varillas. Sin embargo, cuando la sarta está en movimiento, se tiene en la varilla pulida cargas adicionales por aceleración, $W_r * a/g$. El factor de aceleración o el factor por el cual el peso muerto de las varillas debe ser multiplicado para obtener la carga por aceleración máxima, está dado por:

$$\alpha = a/g \quad (26)$$

donde a es la aceleración máxima experimentada por las varillas de succión y g es la gravedad.

Como se mencionó anteriormente el movimiento de las varillas de succión es similar a el movimiento armónico simple. La aceleración de un cuerpo para este movimiento puede ser estudiado considerando que el cuerpo es similar a una partícula en movimiento, la cual se mueve con una velocidad constante alrededor de un círculo como referencia. Si el cuerpo bajo consideración es la sarta de varillas de succión, el diámetro del círculo de referencia es igual a la carrera de la varilla pulida, y el tiempo para una revolución de la partícula alrededor del círculo

lo es igual al tiempo para un ciclo de bombeo completo. La máxima aceleración para el sistema de varillas tendrá lugar al inicio de las carreras ascendente y descendente. Para este tipo de aceleración, comparándola con la partícula que gira alrededor del círculo, se tiene:

$$a = v_p^2 / r_c \quad (27)$$

donde v_p es la velocidad de la partícula y r_c es el radio del círculo. Si el tiempo que tarda la partícula en una revolución es τ , entonces:

$$v_p = 2\pi r_c / \tau \quad (28)$$

si N es el número de revoluciones por unidad de tiempo, entonces

$$v_p = 2\pi r_c N \quad (29)$$

donde $N = 1/\tau$. Sustituyendo la ecuación 27 en la 24 se tiene:

$$\alpha = 4\pi r_c N^2 / g \quad (30)$$

Para un pozo de bombeo mecánico; N es la velocidad de bombeo, y r_c es relacionado con la mitad de la carrera de la varilla pulida; S , por lo que:

$$r_c = S/2 \quad (31)$$

sustituyendo la ecuación 30 en la 28 se tiene:

$$\alpha = 2\pi SN^2/g \quad (32)$$

La longitud de la carrera de la varilla pulida normalmente está dada en pulgadas y la velocidad de bombeo en emboladas por minuto. Entonces:

$$\alpha = SN^2/70500 \quad (33)$$

Las varillas de succión interrumpen su vida activa generalmente por agentes que actúan sobre ellas provocando fallas; éstas pueden ser de diferentes tipos:

1.2.2 Fallas por fatiga

Gran parte de las fallas en las sargas de varillas de succión son debidas a la tensión o fatiga⁽⁶⁾. Una carga excedida en la fuerza de tensión de las varillas, se concentra en un mismo punto de la sarga; creando una forma de cono en el cuerpo de la varilla, y por lo consiguiente la sección transversal de ésta se ve reducida. Este tipo de fallas es muy raro y ocurre solamente cuando las cargas en la sarga de varillas son excedidas; por ejemplo: cuando se intenta desanclar una bomba (ver figura 7). La tensión en una sarga de varillas, no debe exceder al 90% de el esfuerzo máximo para el grado mínimo de las varillas utilizadas en el pozo.

Todas las otras fallas presentes en las varillas de succión son denominadas de quebradura.

El término fatiga, se refiere a un tipo de falla que ocurre en el acero cuando

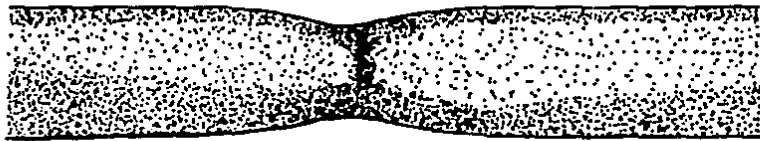


Fig 7 Falla por exceso de tensión

se aplican cargas menores al esfuerzo máximo y bajo condiciones de trabajo. En las fallas por fatiga, una pequeña grieta se forma en la base donde se concentra el esfuerzo. La grieta progresa gradualmente atravesando la varilla en forma longitudinal a la línea de esfuerzos o eje de la varilla, y las caras de la grieta llegan a ser planas y pulidas. Como la grieta crece continuamente, entonces llega un momento en el que falla y se desprende la varilla (ver figura 8).

Un indicador de la causa de falla de la varilla puede ser detectado en la superficie adjunta del punto de iniciación de la grieta. Si este punto muestra daño mecánico en naturaleza, entonces la causa de falla es mecánica; si el punto es indicador de corrosión entonces la falla es química. Muchas veces la causa de la falla es una combinación de ambas.

Otra clase de falla es debido a una sobrecarga en la varilla o a un diseño pobre o malo. Este tipo de fallas es debido a cambios en el volumen de líquido, nivel dinámico del líquido, incremento en el nivel de corrosión, cambio de la velocidad de bombeo, etc.

I.2.3 Fallas mecánicas

Aproximadamente un 50% de las fallas en las sargas de varillas es debido a una falla mecánica. Dentro de este tipo de fallas, el 60% se presentan en la junta de las varillas y un 40% en el cuerpo de las varillas.

Estas son ocasionadas físicamente por un mal manejo o fabricación, o causadas durante la operación por el movimiento de la sarga en el pozo. Dentro de este

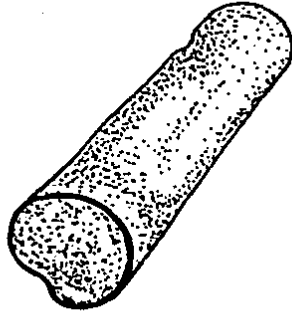


Fig 8 Falla por fatiga

tipo se encuentran las fallas por pandeo de varillas. Un pandeo que es inducido (por diferentes causas) en una varilla, después de su fabricación origina cambios en la estructura del acero y por lo tanto, la concentración de esfuerzos será en el punto de pandeo. Las grietas debido a las condiciones de pandeo se originan en lado cóncavo del pandeo, progresando al lado convexo del mismo (ver figura 9).

Varillas flexionadas. Las fallas por flexión ocurren en el movimiento de la sarta durante el ciclo de bombeo. Una sarta de varillas de succión es un elemento largo (25 pies de longitud por cada varilla) y flexible, que suele moverse a través del ciclo de bombeo tan recto como le es posible. Debido a este movimiento se inducen fallas por esfuerzos de fatiga. Estos esfuerzos se concentran a lo largo del área de mayor fatiga y generalmente muestran grietas en una línea a lo largo del cuerpo de la varilla.

El movimiento de flexión es transmitido a través del cople rígido y pasa al área de mayor flexibilidad, siendo el cuerpo de la varilla. Los grandes esfuerzos incrementan la susceptibilidad a la corrosión, la cual ataca el área flexionada. Este tipo de falla suele ocurrir cerca de la junta o unión entre varillas.

Para corregir ambos problemas se sigue el mismo procedimiento. Una reducción en la velocidad de bombeo es más recomendable si otras condiciones de ciclo producen el volumen deseado. Colocar varillas más resistentes a la flexión, especialmente para bombas profundas. Una sección de varillas más pesadas o barras introducidas cerca de la bomba, conservarán la sarta en tensión y así resistir la flexión.



Fig 9 Falla por pandeo

Otra causa de falla de las varillas por flexión; es el golpeteo de fluidos. Esto ocurre cuando el barril de la bomba en la carrera ascendente no está completamente lleno. Consecuentemente, el émbolo golpea al fluido en la bomba en la carrera descendente. La onda de choque generada viaja a través de la sarta de varillas, causando flexión, sobrecarga, compresión y puntos de falla; acelerando las fallas de fatiga para puntos de corrosión y daños mecánicos.

La separación del gas con el líquido o del gas libre en la expansión del fluido en la bomba en la carrera ascendente, provoca serios problemas. Este gas debe ser comprimido para igualar la carga de fluido en el momento de abrir la válvula viajera al iniciarse la carrera descendente. La compresión de gas causa una onda de choque de flexión viajando en la sarta hacia arriba, la cual ocasiona el mismo daño que la de golpeteo de fluido.

Daños superficiales. Una varilla dañada superficialmente nunca debe ser empleada nuevamente en el aparejo que será introducido en el pozo. Los daños superficiales pueden ser ocasionados por los elevadores de las varillas, llaves, acomodamientos de varillas, etc. Cuando un cople sea golpeado debe ser cambiado para evitar que éste falle.

Fallas por desgaste. El desgaste en una sarta de varillas es la eliminación de metal (superficial) por contacto con la tubería de producción. El desgaste reduce la sección transversal, exponiendo nueva superficie metálica a los ataques por corrosión; el desgaste se presenta en las juntas por ser éstas las partes más salientes de la sarta, por lo que al desgastarse disminuye su resistencia y se presenta la falla (ver figura 10).

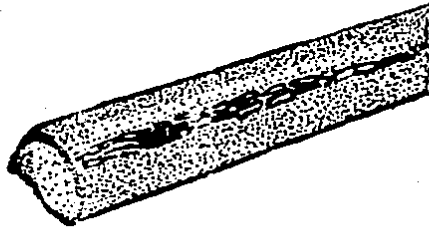
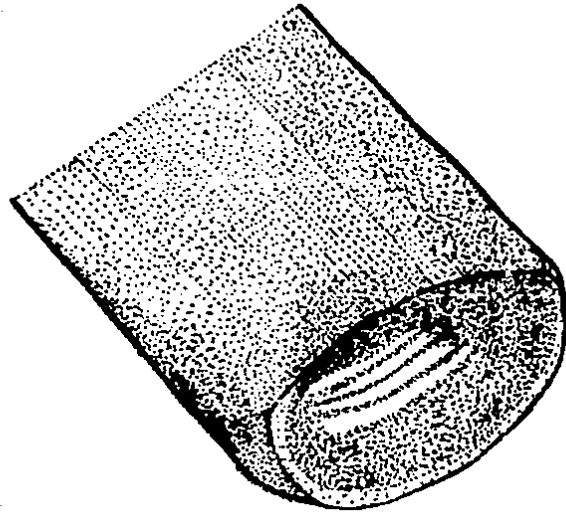


Fig 10 Falla por desgaste

La prevención oportuna de estas condiciones reducirá el desgaste y otros daños mecánicos y químicos en el pozo.

Fallas en juntas. El número de fallas estará dividido entre las fallas del cople y del piñón. Las juntas API para varillas de succión son diseñadas con refuerzos al final de la rosca, al cual se conocen como hombrera; las varillas son conectadas por cargas por fricción. Si es correcto el apriete del piñón y del cople, coincidirán las marcas que tienen las hombreras de ambos, manteniéndose durante todo el ciclo de bombeo. Si no ocurre lo anterior se puede presentar la falla de la junta.

1.2.4 Fallas por corrosión

Este tipo de fallas se origina cuando una carga es concentrada en un punto de corrosión. De manera sencilla, la corrosión en las varillas de succión es la reducción del acero hacia su estado natural o a un bajo nivel de energía (ver figura 11).

La corrosión no puede ser eliminada completamente; para lo cual es necesario un programa preventivo en el interior del pozo.

Existen varios tipos de acero utilizados en la fabricación de varillas, los cuales son resistentes a la corrosión; pero se incrementan los costos de producción. También pueden ser empleados plásticos o fibra de vidrio para la manufactura de varillas; pero su beneficio es limitado.

Se pueden identificar diferentes tipos de corrosión:

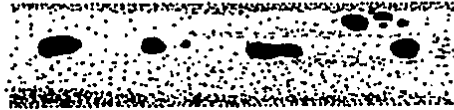


Fig 11 Fallas por corrosión

Escamas. Las escamas como la del óxido de hierro, sulfato de calcio, sulfato de hierro y carbonato de hierro pueden formarse en las varillas de succión y reducir la efectividad de los inhibidores químicos.

Oxígeno. La corrosión actúa por el oxígeno disuelto en el agua salada producida. Un punto de corrosión de este tipo crece y tiende a unirse con otros puntos. A medida que la concentración de oxígeno se incrementa en combinación con otros gases ácidos y cloruros, los problemas por corrosión en el sistema, se incrementan considerablemente.

Sulfuro de hidrógeno. Los puntos son redondos y dispersos sobre la superficie. La superficie del punto y la varilla son cubiertos firmemente con una escama de sulfato de hierro negro, la cual también es corrosiva al acero.

Bacterias. Las bacterias viven en colonias dentro del pozo en la superficie del acero y en ausencia de luz y aire. El punto es redondo y también tiene múltiples grietas en la base del punto. Estas grietas resultan del sulfuro de hidrógeno producido por su habitat, las cuales corroen y transforman la superficie bajo la colonia.

Otros tipos de fallas en las varillas debido a la corrosión, pueden ser por: dióxido de carbono, ácidos sulfúrico e hidrociorito, corrosión galvánica y electrólisis.

1.3 EQUIPO SUPERFICIAL

La función principal del equipo superficial es transferir la energía desde el motor principal hasta la sarta de varillas de succión y así accionar la bomba sub-superficial. Debe ser capaz de cambiar el movimiento rotacional del motor principal a un movimiento recíprocante para las varillas de succión, y también adecuar la velocidad del motor principal para diferentes velocidades de bombeo. La figura 12 muestra los componentes principales de un equipo superficial de bombeo (para unidades convencionales). El reductor de velocidad está acoplado al motor principal mediante un juego de bandas y el resto del equipo superficial es para transferir de un movimiento rotacional a un recíprocante contando con un contrabalanceo.

La varilla pulida es el elemento de unión entre el equipo superficial y la sarta de varillas de succión. La varilla pulida pasa a través del prensa estopa o preventor (el cual está instalado en la parte superior del cabezal del pozo), y el fluido es retenido por éste, pasando inmediatamente a la tubería de descarga del pozo, evitando así la fuga de líquidos.

La viga oscilante o principal, está apoyada cerca de su centro de gravedad sobre el poste Sampson o torrecilla. El movimiento es transmitido a la viga oscilante por la biela o brazo Pitman, para el cual el movimiento es oscilatorio transmitido por la manivela; la cual está acoplada a la caja reductora de engranes y ésta es accionada mediante poleas desde el motor principal.

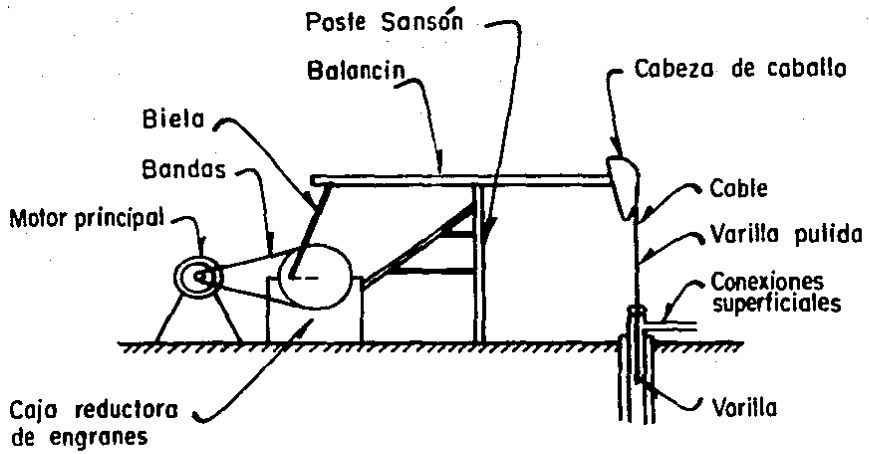


Fig 12 Equipo superficial

1.3.1 Cargas en la varilla pulida

En el ciclo de bombeo, cinco factores contribuyen en la carga neta de la varilla pulida, éstos son:

- a) Carga debida al fluido
- b) Peso muerto de las varillas
- c) Carga por aceleración de las varillas
- d) Fuerzas de flotaciones de las varillas sumergidas en un seno líquido
- e) Fuerzas de fricción (metal-metal)

No serán tomadas en cuenta las cargas por aceleración debido al movimiento ascendente del líquido, justamente a que son pequeñas y pueden ser despreciadas.

El peso muerto de una sarta telescopiada está dado por:

$$W_r = M_1 L_1 + M_2 L_2 + \dots \quad (35)$$

donde M_i y L_i ; $i=1,2,\dots,n$ son el peso y la longitud respectivamente de cada tramo que componen la sarta. Las cargas por aceleración máxima y mínima de las varillas está dada por:

$W_r \alpha =$ carga por aceleración máxima

$-W_r \alpha =$ carga por aceleración mínima

De acuerdo al principio de Arquímedes⁽⁷⁾, y tomando en cuenta la densidad del

acero (490 lb/pg^2); el volumen del fluido desplazado por la sarta de varillas será:

$$\text{Volumen} = \text{peso/densidad} = W_r/490 \quad (37)$$

Tomando en consideración la densidad del fluido desplazado, la fuerza de flotación de las varillas es:

$$\text{Fuerzas de flotación} = -0.1273W_r \quad (38)$$

el signo negativo de la ecuación anterior indica que las fuerzas actúan en sentido ascendente.

El volumen de la columna de fluido, teniendo como base el área del émbolo es:

$$\text{Volumen de la columna} = L A_p/144 \quad (39)$$

Por otro lado, el volumen de fluido contenido en la tubería de producción será:

$$\begin{aligned} \text{Volumen neto de fluido} &= \text{Volumen de la columna del fluido} \\ &\quad - \text{Volumen desplazado por las} \\ &\quad \text{varillas} = (L A_p)/144 - W_r/490 \quad (39a) \end{aligned}$$

Entonces, la carga por fluido, W_f , está dada por:

$$\begin{aligned} W_f &= 62.4\gamma((L A_p)/144) - (W_r/490) \\ &= 0.433\gamma(L A_p - 0.294 W_r) \quad (40) \end{aligned}$$

Recordando que las fuerzas de fricción F , se oponen al movimiento y por lo tanto tienen signo negativo. Si el eje de referencia del sistema de fuerzas es hacia abajo; entonces, cuando la sarta de varillas este en carrera ascendente las cargas por fricción serán sumadas y cuando está en carrera descendente serán restadas. En resumen, la máxima carga en la varilla pulida ocurrirá en la carrera ascendente, por lo que efectuando un balance de cargas para éste momento:

$$\begin{aligned}
 W_{\max} &= \left(\text{Carga por fluido} \right) + \left(\text{Peso muerto de las varillas} \right) + \left(\text{Carga por aceleración} \right) + \left(\text{Fuerzas por fricción} \right) \\
 &= W_f + W_r + W_r \alpha + F \qquad (41)
 \end{aligned}$$

la carga mínima ocurrirá en la carrera descendente, por lo que:

$$\begin{aligned}
 W_{\min} &= \left(\text{Peso muerto de las varillas} \right) - \left(\text{Carga por celeración} \right) - \left(\text{Fuerzas de flotación} \right) - \left(\text{Fuerzas por fricción} \right) \\
 &= W_r - W_r \alpha - 0.1273 W_r \gamma - F \qquad (42)
 \end{aligned}$$

Suponiendo que el pozo es completamente vertical, las fuerzas de fricción no actúan, por lo tanto las ecuaciones anteriores se transforman en:

$$W_{\max} = W_f + W_r(1 + \alpha) \qquad (43)$$

$$W_{\min} = W_r(1 - \alpha - 0.1273 \gamma) \qquad (44)$$

1.3.2 Contrabalanceo

La función principal del sistema de contrabalanceo, es la de almacenar energía en la carrera descendente, cuando la varilla pulida alcanza su punto más bajo;

esta energía será proporcionada en la carrera ascendente, cuando la varilla pulida llega a su nivel más elevado. Esta distribución será uniformemente a través de todo el ciclo de bombeo. Teóricamente, el efecto del contrabalanceo ideal, C_i , será un promedio de las cargas máximas y mínima; esto es:

$$W_{max} - C_i = C_i - W_{min} \quad (45)$$

por lo que el contrabalanceo ideal está dado como:

$$C_i = 0.5(W_{max} + W_{min}) \quad (46)$$

sustituyendo las ecuaciones 44 y 45 en la anterior se tiene:

$$C_i = 0.5W_f + W_r(1 - 0.1273\gamma) \quad (47)$$

Entonces, el contrabalanceo ideal será igual a la carga debida al fluido más la carga debido a las varillas sumergidas en el fluido del pozo.

La figura 13, muestra en forma esquemática el equipo superficial y la forma como inciden las diferentes fuerzas en el ciclo de bombeo. El contrabalanceo real, C_w , debido a los contrapesos, W_c , dependerá de la geometría de la unidad, longitud de la carrera, así como del peso y posición de los contrapesos. En la figura 13, β es el ángulo formado entre la horizontal y la viga oscilante, σ es el ángulo constituido entre la vertical y el brazo Pitman, θ es el ángulo compuesto entre la manivela y la vertical. La distancia desde el eje de la manivela a el centro de gravedad de los contrapesos es d , y la distancia desde el eje de la manivela a el balero del brazo Pitman es r . La fuerza en el brazo Pitman,

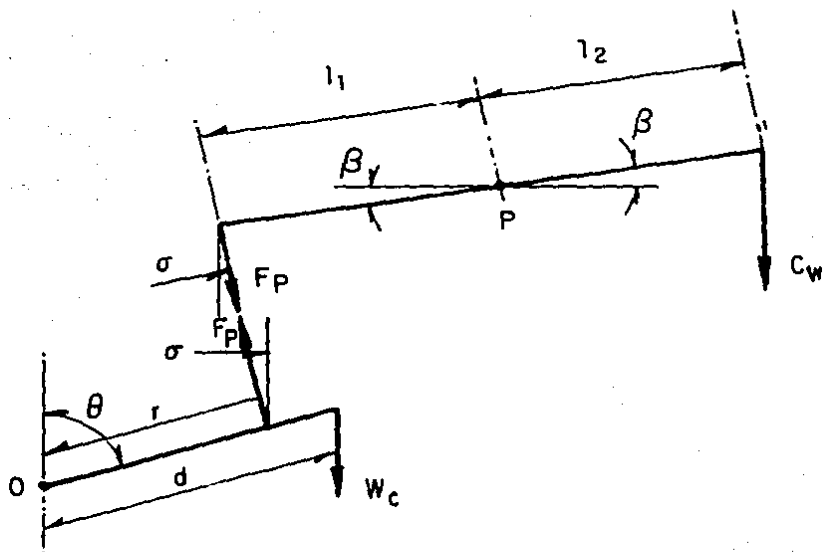


Fig 13 Contrabalanceo afectado por los contrapesos

F_p , es una fuerza de tensión. El punto O representa el eje de la manivela y el punto P representa el punto de apoyo de la viga oscilante.

En la viga oscilante, la distancia del punto P hacia el brazo Pitman será L_1 , y la distancia del punto P hacia la varilla pulida será L_2 . Efectuando un balance de fuerzas en el punto P y considerando la viga oscilante sin peso, se tiene:

$$C_w(L_2 \cos \beta) = (F_p \cos \sigma)(L_1 \cos \beta) + (F_p \operatorname{sen} \sigma)(L_1 \operatorname{sen} \beta)$$

$$F_p = \frac{C_w(L_2 \cos \beta)}{\cos \sigma(L_1 \cos \beta) + \operatorname{sen} \sigma(L_1 \operatorname{sen} \beta)} \quad (48)$$

Efectuando un balance de fuerzas en el punto O se tiene:

$$W_c(d \operatorname{sen} \theta) = (F_p \cos \sigma)(r \operatorname{sen} \theta) + (F_p \operatorname{sen} \sigma)(r \cos \theta)$$

$$F_p = \frac{W_c(d \operatorname{sen} \theta)}{\cos \sigma(r \operatorname{sen} \theta) + \operatorname{sen} \sigma(r \cos \theta)} \quad (49)$$

Como la longitud del brazo Pitman es mucho mayor que r , entonces el ángulo σ es muy pequeño y tiende a cero; por lo que el seno de σ es aproximadamente cero y el coseno de σ es uno. Bajo las consideraciones anteriores, e igualando las ecuaciones 48 y 49 (debido a que F_p es igual en ambos balances efectuados) se establece:

$$\frac{C_w(L_2 \cos \beta)}{(L_1 \cos \beta)} = \frac{W_c(d \operatorname{sen} \theta)}{(r \operatorname{sen} \theta)}$$

$$C_w = W_c (d/r)(L_1/L_2) \quad (50)$$

En algunas ocasiones las unidades se encuentran desbalanceadas, C_s , es decir, que la estructura del equipo no está en condiciones óptimas; por lo que el contrabalanceo total, C , estará dado por:

$$C = C_s + C_w = C_s + W_c (d/r)(L1/L2) \quad (51)$$

Cabe recordar que todas las ecuaciones antes mencionadas han sido desarrolladas para unidades convencionales.

I.4 UNIDAD DE TRANSMISION DE POTENCIA O REDUCTOR DE VELOCIDAD

Otro miembro del equipo superficial de bombeo, es la caja reductora de velocidad o caja de engranes. Es necesario determinar adecuadamente el momento torsional máximo al que estará sujeto la caja reductora de engranes, dado que la API utiliza el momento torsional máximo como base para establecer el intervalo de operación de las unidades. El momento torsional será función de la carga máxima, con trabalanceo y carrera de la varilla pulida.

I.4.1 Cálculo del momento torsional

El momento torsional puede ser definido como una fuerza actuando en un extremo de un brazo de palanca, multiplicado por la longitud del brazo tendiente a producir rotación y trabajo. Cuando este concepto es aplicado a las unidades de bombeo mecánico, el momento torsional se refiere a el número de lb-pg de fuerza aplicada a la manivela. La figura 14 muestra las fuerzas actuantes en la mani-

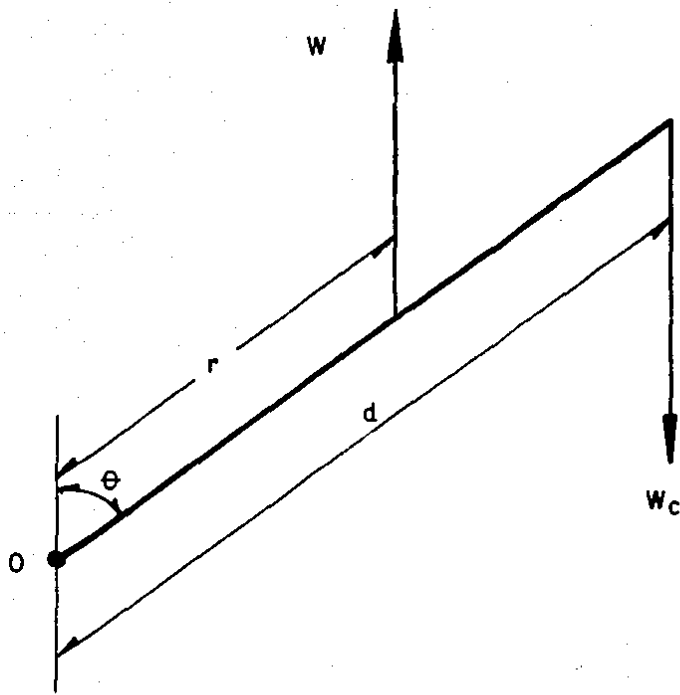


Fig 14 Momento torsional instantaneo en el reductor de engranes

vela para el instante en que ésta forma un ángulo θ con la vertical, medido en el sentido de las manecillas del reloj, a partir de la posición de la manivela en el inicio de la carrera ascendente. La carga total en la varilla pulida es transmitida a la manivela a través del brazo Pitman, el cual es coaccionado a la verticalidad. El momento torsional neto en torno a O, (el cual es el momento torsional en la caja de engranes) es:

$$T = W_r \text{ sen}\theta - W_c d \text{ sen}\theta \quad (52)$$

Por otra parte, si la geometría de la unidad no es considerada, esto implica que $L_1 = L_2$; y dicha instalación está completamente balanceada, la ecuación 51 se transforma en:

$$C = W_c (d/r) \quad (53)$$

como:

$$r = S/2 \quad (54)$$

por lo tanto

$$C = W_c (d/2S) = 2 W_c (d/S) \quad (55)$$

o bien; despejando el término $W_c d$, se tendrá:

$$W_c d = (C S)/2 \quad (56)$$

Sustituyendo las ecuaciones 54 y 55 en la ecuación 52, quedará como:

$$T = W_p(S/2)\text{sen}\theta - C(S/2)\text{sen}\theta$$

$$T = (W_p - C)(S/2)\text{sen}\theta \quad (57)$$

La expresión anterior determinará el momento torsional en la caja de engranes para cualquier instante.

Los valores más altos de tensión, T_p , se tendrán cuando la varilla pulida experimenta la carga máxima y por lo tanto se forma un ángulo de 90 grados; lo cual transforma la ecuación anterior en:

$$T_p = (W_{\max} - C) (S/2) \text{sen}90^\circ = (W_{\max} - C) S/2 \quad (58)$$

En términos generales, una unidad puede ser contrabalanceada de acuerdo a un 5 ó 10% de su valor ideal del contrabalanceo (siendo una buena aproximación); por lo que la ecuación 58 puede ser reescrita como:

$$T_p = (W_{\max} - 0.95 C_f)S/2 \quad (59)$$

En el desarrollo anterior no fueron considerados dos factores actuantes en el sistema; el momento torsional de inercia por rotación y el momento torsional de inercia por articulamiento⁽⁸⁾. De los dos factores mencionados, el segundo puede ser despreciado.

El momento torsional de inercia por rotación está originado por la aceleración angular de los elementos que giran. Estos son los contrapesos, maniveles, engranes de la caja, baleros, tambor de freno y rotores del motor principal.

I.4.2 Reducción de la velocidad del motor principal hasta el eje de las bielas

La energía es transmitida desde la polea del motor principal de diámetro, d_e , hasta la polea de la unidad de diámetro, d_u , mediante el uso de bandas. Si la velocidad del motor principal es N_e revoluciones por minuto, la velocidad de la banda, V_b , será

$$V_b = \pi d_e N_e \quad (60)$$

La velocidad de la polea de la unidad, N_u , será:

$$N_u = V_b / \pi d_u = N_e (d_e / d_u) \quad (61)$$

La relación de engranes de la caja es z ; entonces la velocidad de bombeo, N , será:

$$N = N_u / z = (N_e d_e) / (d_u z) \quad (62)$$

Para determinar el diámetro de la polea del motor es preferible obtenerlo de la ecuación anterior; por lo que será:

$$d_e = N d_u z / N_e \quad (63)$$

I.5 MOTOR PRINCIPAL

La selección adecuada de las características del motor principal es uno de los

aspectos importantes para un diseño óptimo de una instalación superficial de bombeo.

El motor principal es el encargado de suministrar la energía necesaria para el funcionamiento de este sistema. Existiendo generalmente dos tipos de motores:

- a) Motor de combustión interna
- b) Motor eléctrico

La selección del tipo de motor será obedeciendo a las condiciones que imperen en el medio ambiente y sus características.

Se hace la aclaración que en los capítulos posteriores se estará hablando de motores eléctricos; en caso contrario se hará la aclaración con previa anticipación.

I.5.1 Deslizamiento del motor.

El deslizamiento del motor se puede definir como la relación consistente de la velocidad del motor sin carga y la velocidad del motor con carga, expresado en porcentaje de la velocidad sin carga. En términos generales; el deslizamiento, el costo inicial y la eficiencia promedio son considerados en las características del motor y del intervalo del momento torsional normal del mismo. Los motores de alto deslizamiento son utilizados eficazmente para la reducción del momento torsional por inercia.

I.5.2 Requerimientos de potencia del motor principal

Dos cargas deben ser consideradas en el movimiento de fluidos de la bomba hasta la superficie. Primero la potencia hidráulica, H_h , que es un trabajo hidráulico o la aplicación de energía mediante cargas de fluido. Si el gasto de fluido, q , con una densidad relativa, γ , está siendo llevado desde una profundidad, L ; los requerimientos de potencia serán:

$$\begin{aligned} H_h &= q \gamma L \left(\frac{bl/dfa}{1440 \text{ min/dfa}} \frac{350 \text{ lb/lb pie}}{33000 \text{ pie-lb/min/H}_p} \right) \\ &= 7.36 \times 10^{-6} q L \gamma \end{aligned} \quad (64)$$

Como los fluidos se mueven desde la bomba hasta la superficie, el levantamiento neto, L_n , es la diferencia de presiones para la cual los fluidos son descargados por la bomba, expresado en pies de fluido producido.

El levantamiento neto es función de la profundidad de colocación de la bomba (debido a los efectos de presión contenida en el espacio anular entre la tubería de producción y la de revestimiento).

La presión contenida en la tubería de revestimiento representa una fuerza tendiente a elevar los fluidos; mientras que la presión en la tubería de producción representa una fuerza que evita el levantamiento de los fluidos, debido a la columna hidrostática. La presión en el espacio anular, es la diferencia de profundidades entre la bomba y el nivel dinámico del fluido ($L - D$). La presión en la tubería de producción, P_t , expresado en carga hidrostática (pies) será:

$$\frac{P_t (1b/pg^2) 144 (pg^2/pie^2)}{62.4 \gamma (1b/pie^3)} = P_t / 0.433 \gamma \quad (65)$$

Finalmente, la elevación neta de fluido será:

$$L_n = L - (L - D) + P_t / (0.433\gamma) = D + 2.31 P_t / \gamma \quad (66)$$

La segunda carga en consideración, son las pérdidas de energía debido a la fricción del fluido en la bomba y en la varilla pulida. Esta carga se determinó de manera empírica⁽⁹⁾; tal que las pérdidas de energía por fricción fueron estimadas por:

$$(W_r/B) 2S = 0.25 W_r S \quad (67)$$

Para una velocidad de bombeo de N emboladas por minuto, las pérdidas por fricción, H_f , serán;

$$\begin{aligned} H_f &= \frac{0.25 W_r S \text{ pg-lb/min}}{12 \text{ pg/pte } 33000 \text{ pie-lb/min}/H_p} \\ &= 6.31 \times 10^{-7} W_r S N \end{aligned} \quad (68)$$

La potencia al freno, H_b , para el motor principal deberá de incluir las cargas en la varilla pulida y un factor de seguridad⁽¹⁰⁾; por lo que H_b será:

$$H_b = 1.25 (H_h + H_f) \quad (69)$$

Finalmente, los requerimientos de potencia del motor estarán dados por la relación:

$$\begin{aligned} \text{Requerimientos de} \\ \text{potencia del motor} \end{aligned} = H_b / (3/4) \quad (70)$$

Si el levantamiento neto del fluido se considera a partir del punto de colocación de la bomba; entonces la ecuación anterior se transforma en:

$$\begin{aligned} \text{Requerimientos de} & \\ \text{potencia del motor} & = (5/4/H_h + H_f)/(3/4) \\ & = 12.2667 \times 10^{-6} q_{\gamma} L N + 10.51 \times 10^{-7} W_r S N \quad (71) \end{aligned}$$

La ecuación anterior no considera el efecto de la presión de la tubería de producción sobre la bomba; debido a que el fluido es siempre ascendente y contra-resta dicho efecto. Además, se considera una reducción del 25% en la nominal o la fabricación, debido al ciclo de bombeo.

REFERENCIAS DEL CAPITULO I

- 1.- Kermit E. Brown, "The Technology of Artificial Lift Methods", volumen 2a, Petroleum Publishing Co., Tolsa Ok.
- 2.- Craft B.C. and Holden W.r., "Well Design Drilling and Production", Prentice-Hall Inc. New Jersey 1962.
- 3.- Marsh Hallan N., "High Volumetric Efficiency in Oil Well Pumping and its Practical Results", Production Bulletin, No.207 (API, June 30, 1931) pp.47-57.
- 4.- "Sucker Rod Handbook", Bethlehem Steel Co., Handbook 489, 1958.
- 5.- Nind T.E.W., "The Principles of Oil Well Production", McGraw-Hill Book Co.,1964.
- 6.- More K.H., "Stop Sucker Rod Failures to Save Money", Petroleum Engineer International, Julio 1981.
- 7.- Sears F.W. y Zemansky N.W., "Física General", Editorial Aguilar, 5a Edición, 1971, Madrid España.
- 8.- Gibbs S.G., "Computing Gearbox Torque and Motor Loading for Bean Pumping Units with Consideration of Inercia Effects", SPE-AIME, Journal of Petroleum Technology, September, 1975.
- 9.- Zaba and Doherty W.T., "Practical Petroleum Engineers Handbook, 4a. Edition.
- 10.- Howard L. Kelly and Ray M. Willis, "Manual for Selection of Bean Pumping Equipment Petroleum Engineer, Sep., 1954.

**CAPITULO II "DESARROLLO ANALITICO PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA
DE BOMBEO MECANICO EN POZOS DESVIADOS"**

- II.1 Tipos de trayectorias
- II.2 Desarrollo analítico de las ecuaciones que gobiernan el bombeo mecánico en pozos tipo Slant
- II.3 Desarrollo analítico de las ecuaciones que gobiernan el bombeo mecánico en pozos tipo S
- II.4 Desarrollo analítico de las ecuaciones que gobiernan el bombeo en pozos tipo S modificada

CAPITULO II "DESARROLLO ANALITICO PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO MECANICO EN POZOS DESVIADOS"

II.1 Tipos de trayectorias

Se perfora un pozo desviado por diferentes causas⁽¹⁾, tales como una falla mecánica (pescado), el objetivo está en un lugar inaccesible, aprovechar el mismo terreno que fué utilizado previamente en la perforación de un pozo anteriormente, para la optimización del espacio disponible, etc.

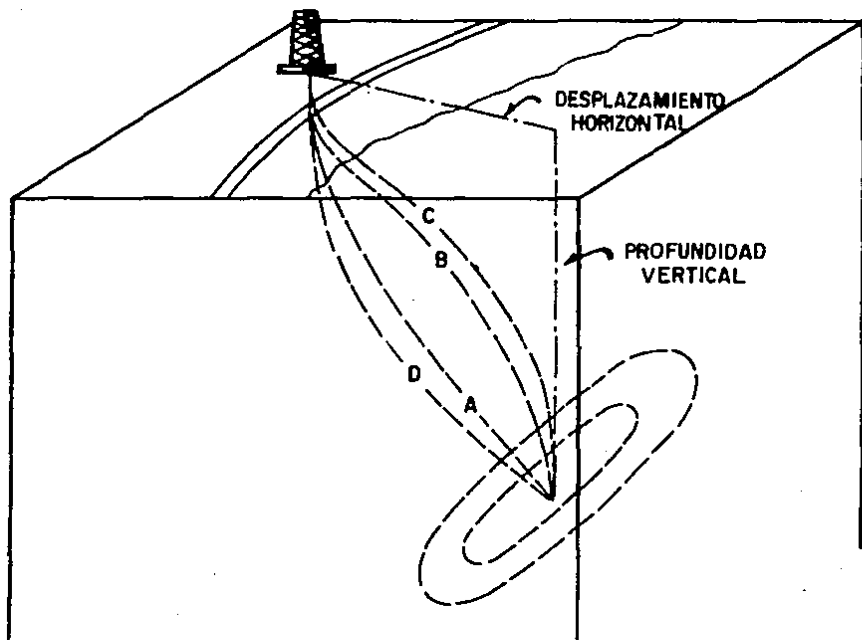
En términos generales, se tienen tres tipos de trayectorias para la perforación de un pozo desviado, ver figura 1 (consultar apéndice):

- a) Trayectoria tipo Slant
- b) Trayectoria tipo S
- c) Trayectoria tipo S modificada

Independientemente de la trayectoria, el pozo puede ser dividido en (ver figura 2):

- Longitud vertical (desde la iniciación de la perforación hasta el punto de desviación)
- Longitud arqueada
- Trayectoria de terminación

Como se puede observar, en las figuras 1 y 2 un pozo desviado (como su nombre lo



- A = Tipo Slant
- B = Tipo S modificado
- C = Tipo S
- D = Desviación continua

Fig 1 Diferentes trayectorias de los pozos desviados

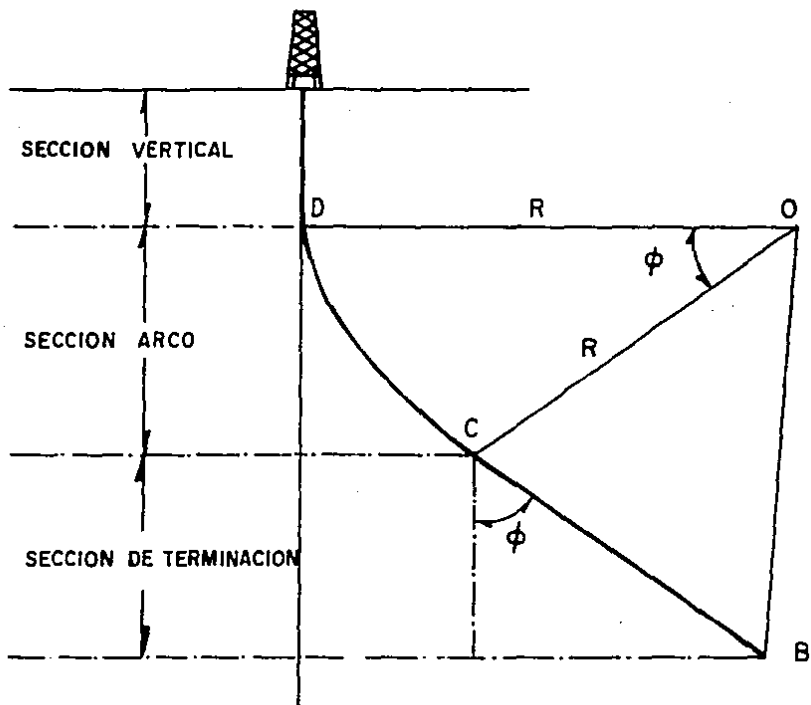


Fig 2 Partes constituyentes de un pozo del tipo Slant

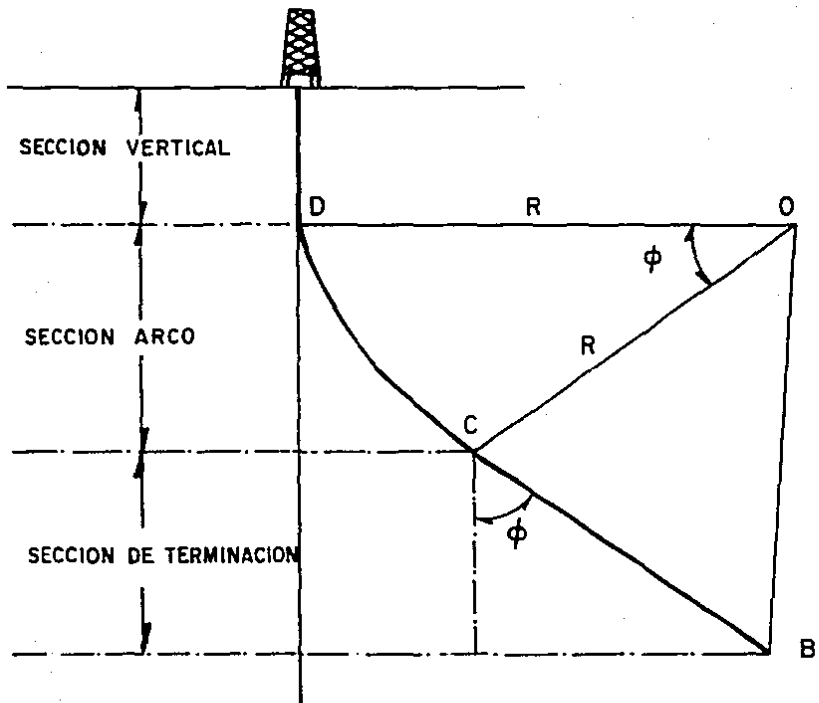


Fig 2 Partes constituyentes de un pozo del tipo Slant

indica) en su trayectoria tiene longitudes desviadas o direccionales, por lo que las ecuaciones utilizadas en el diseño de un aparejo de bombeo mecánico tradicional deben ser modificadas; debido a que dichas ecuaciones fueron desarrolladas para pozos completamente verticales.

El término que debe ser incluido en las ecuaciones y que actúa considerablemente, es el llamado coeficiente de fricción cinético (consultar apéndice). Dicho coeficiente actúa entre dos superficies en contacto y en la cual una de ellas se desliza con respecto a la otra.

El coeficiente de fricción cinético, se encuentra definido por:

$$f_k = \mu N \quad (1)$$

donde

f_k ; fuerza friccional

μ ; coeficiente de fricción cinético

N ; fuerza normal al plano

Recordando que la fricción es una resistencia al movimiento entre dos materiales o medios en contacto.

En la parte arqueada del pozo, será el lugar donde las varillas de succión se "recargen" en la pared de la tubería de producción, y como estas (las varillas) tienen un movimiento ascendente y descendente se presentará la fricción entre las varillas de succión y la pared interna de la tubería. Es importante señalar que el fenómeno será en presencia de un líquido viscoso, gas y agua incluso.

Un parámetro importante dentro de la perforación direccional, es el ángulo de la o las partes arqueadas o desviadas.

II.2 Pozo tipo Slant

Para el análisis, considérese un pozo desviado de la forma denominada Slant, cuyo ángulo de inclinación en su trayectoria hasta el objetivo es igual al máximo ángulo de desviación, θ , medido desde la vertical; como se muestra en la figura 2. Dicho análisis partirá desde la bomba subsuperficial hasta el equipo superficial. Para simplificar los cálculos suponga despreciable el peso de la bomba, sólo en el caso de no conocer dicho dato. Este tipo de pozo, se puede representar mediante bloques, como lo muestra la figura 3.

Analizando las fuerzas actuantes en el bloque 3 y suponiendo que éste se encuentra en movimiento ascendente constante, se tiene que la aceleración es cero y por lo tanto:

$$\Sigma F_x = 0 \quad (2)$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad (3)$$

para el eje X se tiene

$$T_2 - f_{r3} - W_3 \cos\theta = 0$$

o bien

$$T_2 = f_{r3} + W_3 \cos\theta \quad (4)$$

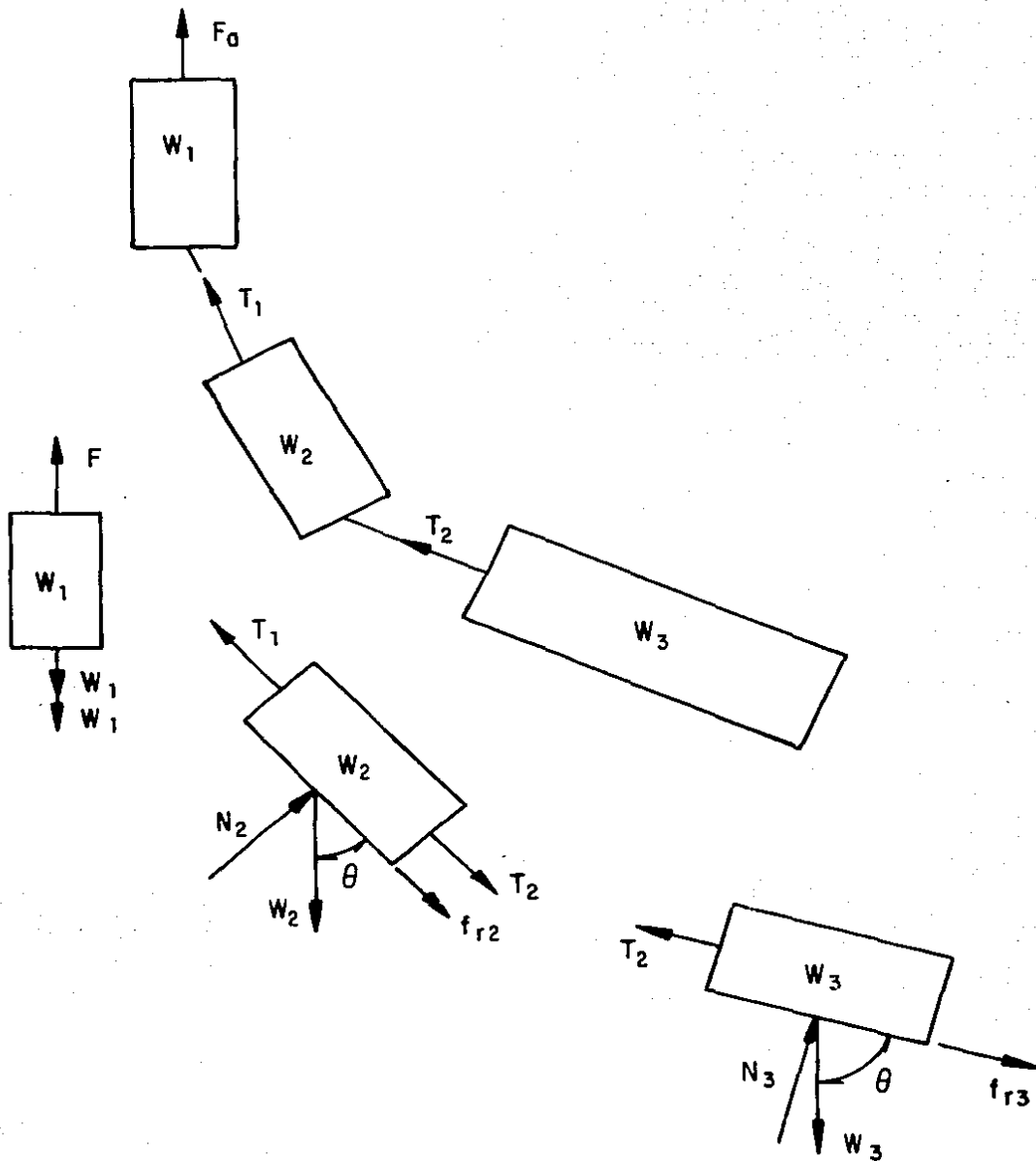


Fig 3 Diagrama de bloques representando el pozo en la carrera ascendente

para el eje Y se tiene

$$N_3 - W_3 \operatorname{sen}\theta = 0$$

o bien

$$N_3 = W_3 \operatorname{sen}\theta \quad (5)$$

para este bloque se cumple

$$f_r = \mu N \quad (6)$$

sustituyendo 5 y 6 en 4

$$T_2 = W_3(\mu \operatorname{sen}\theta + \operatorname{cos}\theta) \quad (7)$$

Para el cuerpo 2, de acuerdo con la figura 4, se observa que no hay aceleración tangencial, pero si la hay en el sentido normal; por lo que

$$\Sigma F_t = 0 \quad (8)$$

$$\Sigma F_n = m a_n \quad (9)$$

para las fuerzas tangenciales se tiene (ver figura 3)

$$T_1 - T_2 - W_2 \operatorname{cos}\theta - f_{r2} = 0$$

o bien

$$T_1 = T_2 + W_2 \operatorname{cos}\theta + f_{r2} \quad (10)$$

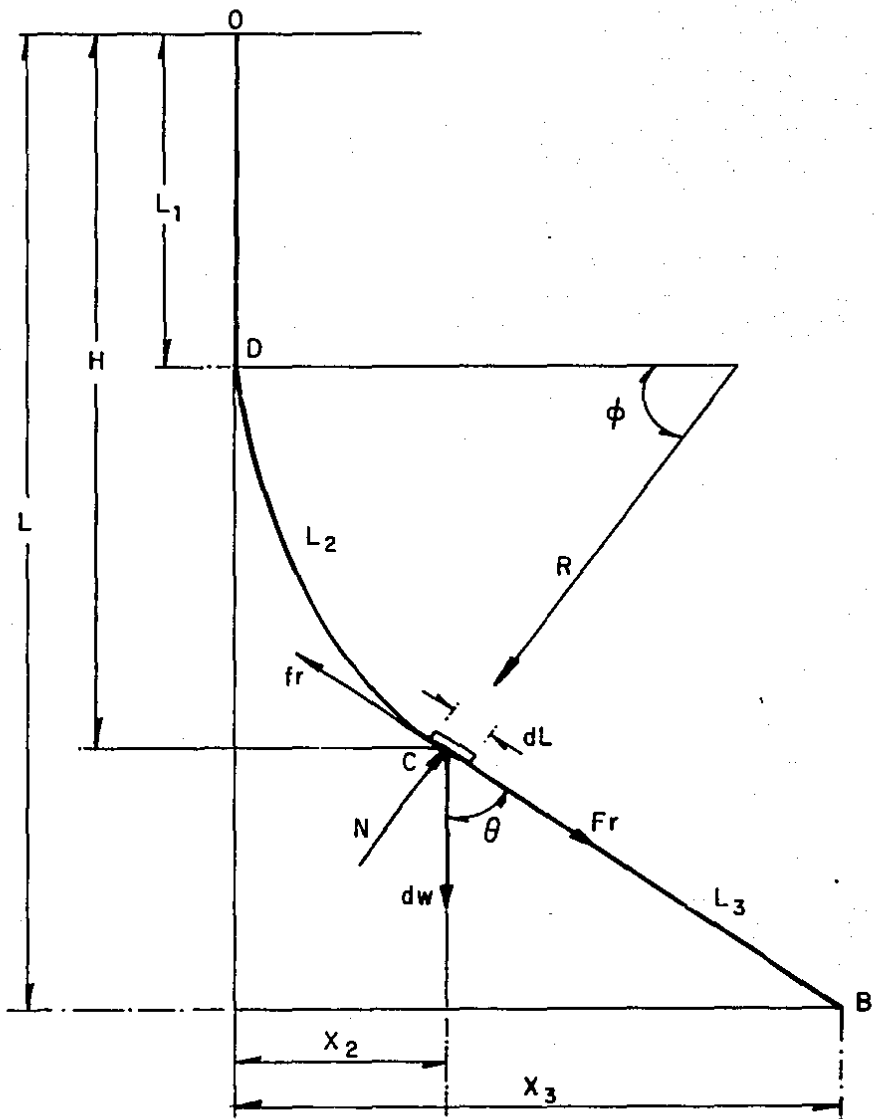


Fig 4 " Diagrama de cuerpo libre del elemento de control en un pozo desviado "

para las fuerzas normales

$$N_2 - W_2 \operatorname{sen}\theta = \frac{W_2}{g} \frac{V^2}{R}$$

o bien

$$N_2 = \frac{W_2}{g} \frac{V^2}{R} + W_2 \operatorname{sen}\theta \quad (11)$$

donde R es el radio de la sección arqueada y se calcula como

$$R = \frac{180}{\pi} \times \frac{1}{q} \times 100 \quad (12)$$

y V es la velocidad que lleva la varilla en dicha sección, y esta dada como

$$V = 0.0043633 \text{ S N} \quad (12a)$$

Substituyendo 11 en 10 y considerando 6 se tiene

$$T_1 = T_2 + W_2 \left(\operatorname{cos}\theta + \mu_2 \left(\operatorname{sen}\theta + \frac{V^2}{gR} \right) \right) \quad (13)$$

La ecuación 13 representa la tensión al final de la longitud arqueada. Para definir la tensión actuante en dicha longitud, subdividiremos el arco en muchos tramos pequeños, es decir; se tendrá un diferencial de volumen como elemento de control:

$$d_w \left(\operatorname{cos}\theta + \mu_2 \left(\operatorname{sen}\theta + \frac{V^2}{gR} \right) \right) \quad (14)$$

pero

$$d_w = \ell \, dL \quad (15)$$

sustituyendo 15 en 14

$$\ell(\cos\theta + \mu_2(\text{sen}\theta + \frac{v^2}{gR})) dL \quad (16)$$

para determinar la tensión en la longitud arqueada, es necesario sumar todos los elementos de control en dicha longitud, es decir:

$$\sum_{n=1}^{\alpha} (\ell(\cos\theta + \mu_2(\text{sen}\theta + \frac{v^2}{gR})))dL \quad (17)$$

tomando el límite cuando los elementos de control tienden a cero de la ecuación 17 se presenta la definición de integral definida⁽²⁾; es decir:

$$\lim_{\Delta L \rightarrow 0} \sum_{n=1}^{\alpha} (\ell(\cos\theta + \mu_2(\text{sen}\theta + \frac{v^2}{gR})))dL$$

o bien

$$\int_a^b \ell(\cos\theta + \mu_2(\text{sen}\theta + \frac{v^2}{gR})) dL \quad (18)$$

Los límites de integración a y b son los valores de θ , esto es, va a variar desde 0 grados hasta θ y

$$dL = R d\theta \quad (19)$$

De la consideración del ángulo y sustituyendo 19 en 18 se tiene

$$\ell \int_0^{\theta} (\cos\theta + \mu_2(\text{sen}\theta + \frac{v^2}{gR})) R d\theta \quad (20)$$

integrando 20, se tiene

$$\mu R(\operatorname{sen}\theta + \mu_2(1 - \cos\theta) + \frac{\mu_2 V^2}{gR} \theta) \quad (21)$$

o bien

$$W_2(\operatorname{sen}\theta + \mu_2(1 - \cos\theta) + \frac{\mu_2 V^2}{gR} \theta) \quad (22)$$

sustituyendo 22 en 13 se tiene:

$$T_1 = T_2 + W_2(\operatorname{sen}\theta + \mu_2(1 - \cos\theta) + \frac{\mu_2 V^2}{gR} \theta) \quad (23)$$

Para el cuerpo 1, se supone que no hay fuerzas de fricción actuando sobre él, que se desplaza a una velocidad constante y la dirección del movimiento es en un solo sentido, entonces:

$$\Sigma F = 0$$

o bien

$$F_a - W_1 - T_1 = 0$$

por lo tanto

$$F_a = W_1 + T_1 \quad (24)$$

sustituyendo 7 y 23 en 24 y arreglando términos

$$F_a = W_1 + W_2(\sin\theta + \mu_2(1 - \cos\theta)) + \frac{\mu_2 V^2 \theta}{gR} + W_3(\mu_3 \sin\theta + \cos\theta) \quad (25)$$

en la ecuación 25 no es considerado el peso del fluido ni tampoco las cargas por aceleración.

Por otra parte, el peso de la columna de fluido soportada por el área neta del émbolo es llamado peso del fluido y está representado por

$$W_f = 0.4333 \gamma(L A_p - 0.294W_p) \quad (26)$$

donde L es la longitud vertical proyectada por el pozo.

Las cargas por aceleración están dadas por:

$$W_r \propto \alpha \quad (27)$$

El valor de α para unidades convencionales es

$$\alpha = \frac{SN^2}{70500} \quad (28)$$

Entonces, para calcular el peso máximo en la varilla pulida será cuando la sarta está en la carrera ascendente:

$$W_{max} = \left(\begin{array}{c} \text{carga por} \\ \text{fluido} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{peso de la} \\ \text{sarta} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{carga por} \\ \text{aceleración} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{fuerzas de} \\ \text{fricción} \end{array} \right) \quad (29)$$

Se recuerda que las ecuaciones deducidas en el análisis anterior se involucran las fuerzas de fricción; por lo que sustituyendo 25, 26, y 27 en 29 se tiene:

$$W_{\max} = (W_1 + W_2(\text{sen}\theta + \mu_2(1 - \text{cos}\theta)) + \frac{\mu_2 V^2 \theta}{gR} + \\ + W_3(\mu_2 \text{sen}\theta + \text{cos}\theta))(1 + \alpha 0.1273\gamma) + 0.433\gamma L A_p \quad (30)$$

pero

$$W_1 = M_1 L_1 \quad (31)$$

$$W_2 = M_2 L_2 \quad (32)$$

$$W_3 = M_3 L_3 \quad (33)$$

sustituyendo 31, 32, y 33 en 30

$$W_{\max} = (M_1 L_1 + M_2 L_2(\text{sen}\theta + \mu_2(1 - \text{cos}\theta)) + \frac{\mu_2 V^2 \theta}{gR}) \\ + M_3 L_3(\mu_2 \text{sen}\theta + \text{cos}\theta)(1 + \alpha - 0.1273\gamma) + 0.433\gamma L A_p \quad (34)$$

De manera análoga, para la carrera descendente si se desprecia el peso de la varilla pulida así como las fuerzas de fricción originadas por ésta (solo en el caso de no conocer dicho dato). Efectuando un análisis de fuerzas, en la carrera descendente se tiene (ver figura 5):

$$F_d = W_1 + W_2(\text{sen}\theta - \mu_2(1 - \text{cos}\theta) - \frac{\mu_2 V^2 \theta}{gR}) + W_3(\text{cos}\theta - \mu_2 \text{sen}\theta) \quad (35)$$

La carga mínima ocurrirá en la carrera descendente y está dada como:

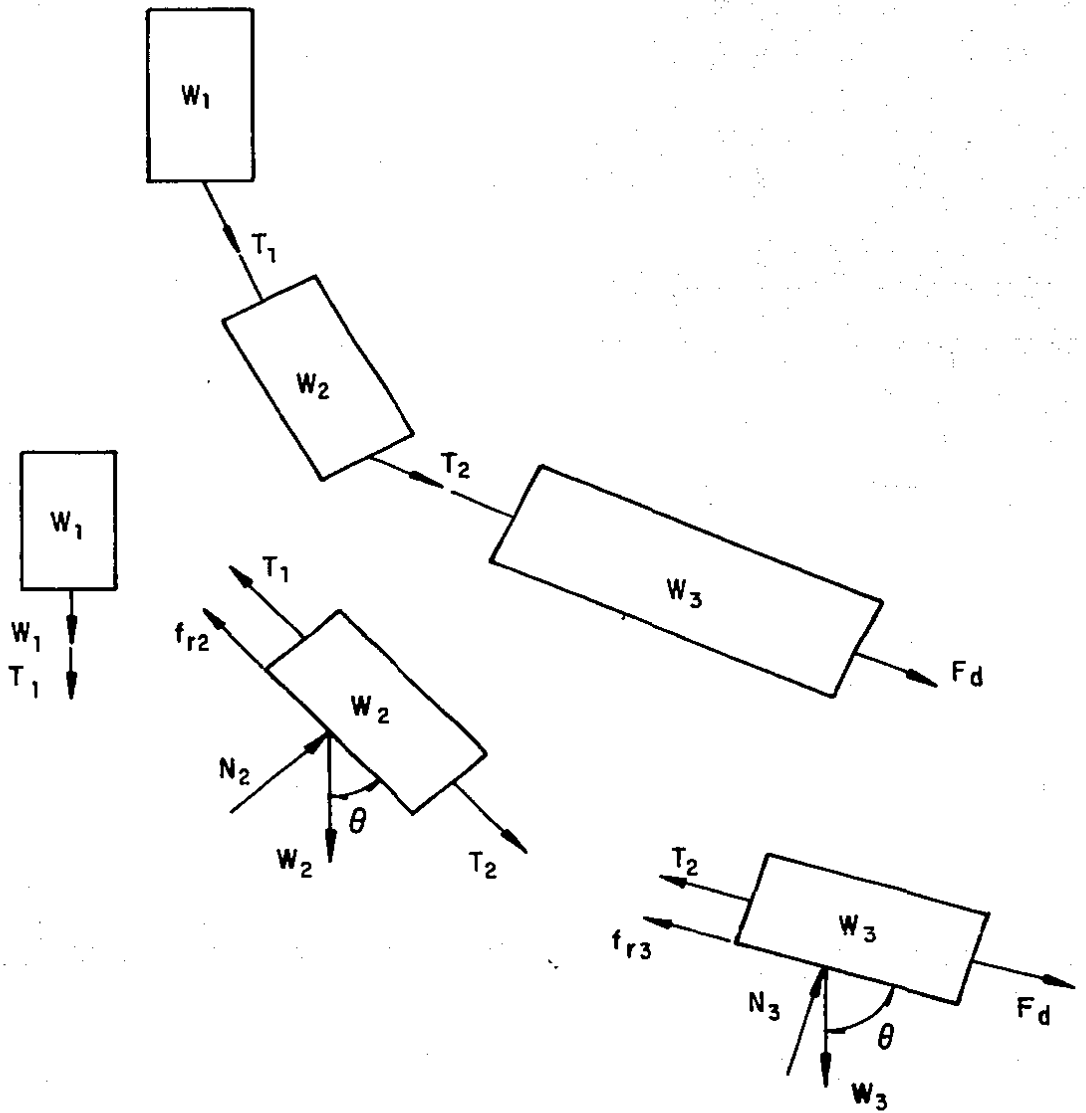


Fig 5 Diagrama de bloques representando el pozo en la carrera descendente

$$W_{\min} = \left\{ \text{Peso de las varillas} \right\} - \left\{ \text{Cargas por aceleración} \right\} - \left\{ \text{Fuerzas de flotación} \right\} - \left\{ \text{Fuerza de fricción} \right\} \quad (36)$$

si las fuerzas de flotación están dadas como:

$$\left\{ \frac{W_r}{490} \right\} (62.4\gamma) = 0.1273 W_r \gamma \quad (37)$$

Sustituyendo 27, 35 y 37 en 36 y recordando que la ecuación 35 están involucradas las fuerzas de fricción se tiene

$$W_{\min} = (W_1 + W_2(\text{sen}\theta - \mu_2(1 - \text{cos}\theta)) - \frac{\mu_2 V^2 \theta}{gR}) \\ + W_3(\text{cos}\theta - \mu_2 \text{sen}\theta))(1 - \alpha - 0.127\gamma) \quad (38)$$

sustituyendo 31, 32 y 33 en 38

$$W_{\min} = (M_1 L_1 + M_2 L_2(\text{sen}\theta - \mu_2(1 - \text{cos}\theta)) - \frac{\mu_2 V^2 \theta}{gR}) \\ + M_3 L_3(\text{cos}\theta - \mu_2 \text{sen}\theta))(1 - \alpha - 0.127\gamma) \quad (39)$$

La elongación causada por el peso del fluido considerando un nivel dinámico en el espacio anular, D, y un solo diámetro de varilla es:

$$e_r = 1.7332 \times 10^{-7} \gamma D L (A_p - A_r) / A_r \quad (40)$$

si se consideran diferentes diámetros de varilla, que corresponda a las tres secciones que componen el pozo, se tiene que la ecuación anterior se transforma en

$$e_r = 1.7332 \times 10^{-7} \gamma_D (A_p - A_{r3}) \left(\frac{L_1}{A_{r1}} + \frac{L_2}{A_{r2}} + \frac{L_3}{A_{r3}} \right) \quad (41)$$

La sobre carrera del émbolo, e_p , es la resultante debido a las cargas por aceleración, que están en sentido opuesto y por las fuerzas de fricción que actúan en sentido contrario al movimiento. Para una sarta se tiene

$$e_p = e_d - e_u \quad (42)$$

donde

$$e_d = \frac{6L_t}{EA_r} (M_1 L_1 (1 + \alpha) + M_2 L_2 (\mu_2 \sin \theta + \mu_2 (1 - \cos \theta) + \frac{\mu_2 V^2 \theta}{gR} + \alpha) + M_3 L_3 ((\mu_3 \sin \theta + \cos \theta) + \alpha)) \quad (43)$$

$$e_u = \frac{6L_t}{EA_r} (M_1 L_1 (1 - \alpha) + M_2 L_2 ((\sin \theta + \mu_2 (1 - \cos \theta) + \frac{\mu_2 V^2 \theta}{gR}) - \alpha) + M_3 L_3 ((M_3 \sin \theta + \cos \theta) - \alpha)) \quad (44)$$

sustituyendo 43 y 44 en 42 y arreglando términos se llega

$$e_p = 4 \times 10^{-7} \alpha L_t (M_1 L_1 + M_2 L_2 + M_3 L_3) / A_r \quad (45)$$

donde

$$L_t = L_1 + L_2 + L_3 \quad (46)$$

La carrera efectiva del émbolo está dada como:

$$S_p = S + e_p - (e_t + e_u) \quad (47)$$

Para determinar el gasto en superficie, q , es necesario considerar una eficiencia, E_v , del sistema la cual influirá en el gasto obtenido en superficie y por lo tanto

$$q = 0.1485 A_p S_p N E_v \quad (48)$$

Para determinar el contrabalanceo ideal será:

$$C_f = 0.5 (W_{max} + W_{min}) \quad (49)$$

donde W_{max} y W_{min} fueron las determinadas en las ecuaciones 34 y 39 respectivamente.

Para el diseño de la unidad superficial así como la del motor principal se tomará en cuenta la ecuación 48.

Debido a que es muy difícil conocer el factor de fricción para cada una de las secciones se puede suponer el mismo para cada parte; es decir:

$$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

II.3 Pozo tipo S

Para el pozo tipo S se tienen dos partes arqueadas, como lo muestra la figura 6.

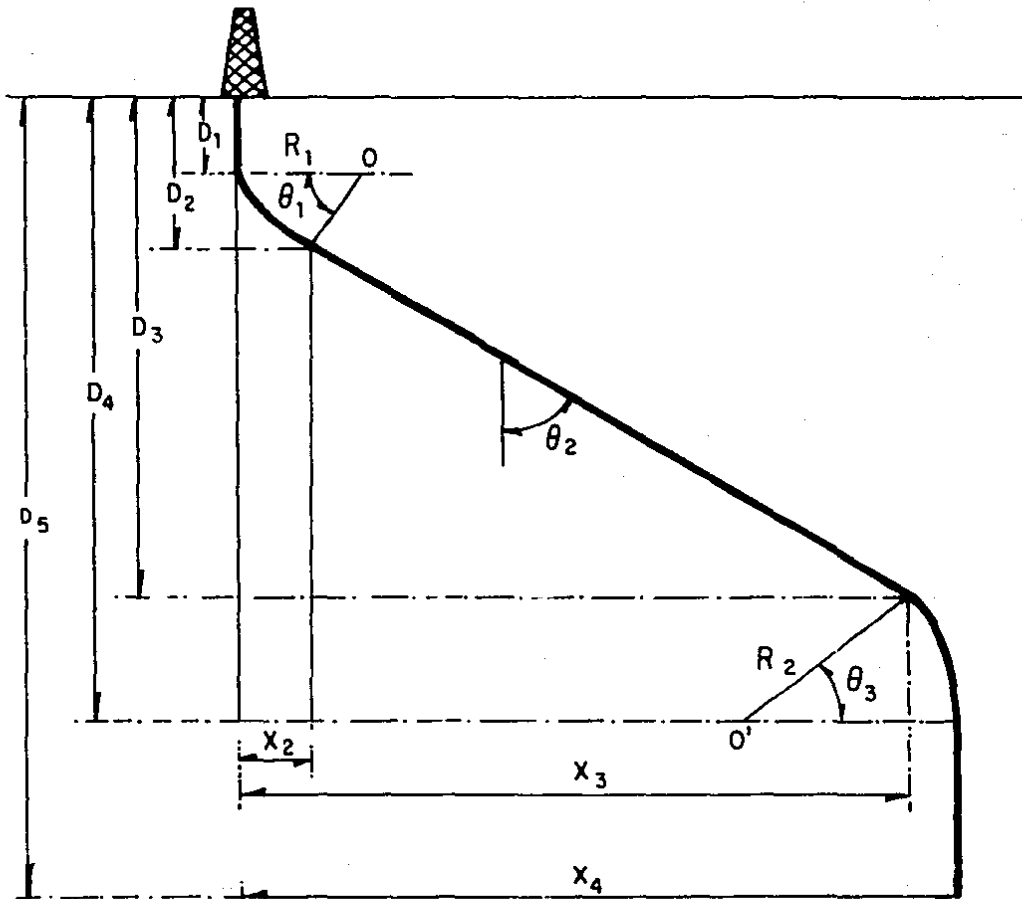


Fig 6 Diagrama de perforación de un pozo tipo S

Este tipo de pozo al igual que el anterior también puede ser representado por bloques unidos entre sí (ver figura 7) y cuyos diagramas de cuerpo libre se denotan en la figura 8.

Para este tipo de pozo existe aceleración normal en los cuerpos W_2 y W_4 . Se considerará para los cuerpos W_1 , W_3 y W_5 que la velocidad es constante y por lo tanto su aceleración es igual a cero.

Efectuando un análisis de fuerzas para el cuerpo 5 y despreciando el peso de la bomba subsuperficial, se tiene únicamente movimiento en el eje X en la carrera ascendente y si la velocidad es constante la aceleración es igual a cero; por lo que:

$$\Sigma F_x = 0 \quad (50)$$

efectuando un análisis de cargas se tiene

$$T_4 - W_5 = 0$$

o bien

$$T_4 = W_5 \quad (51)$$

Para el cuerpo 4, de acuerdo con la figura 8, se observa que no existe aceleración tangencial, pero si la hay en el sentido normal; por lo que:

$$\Sigma F_t = 0 \quad (52)$$

haciendo un análisis de fuerzas se tiene

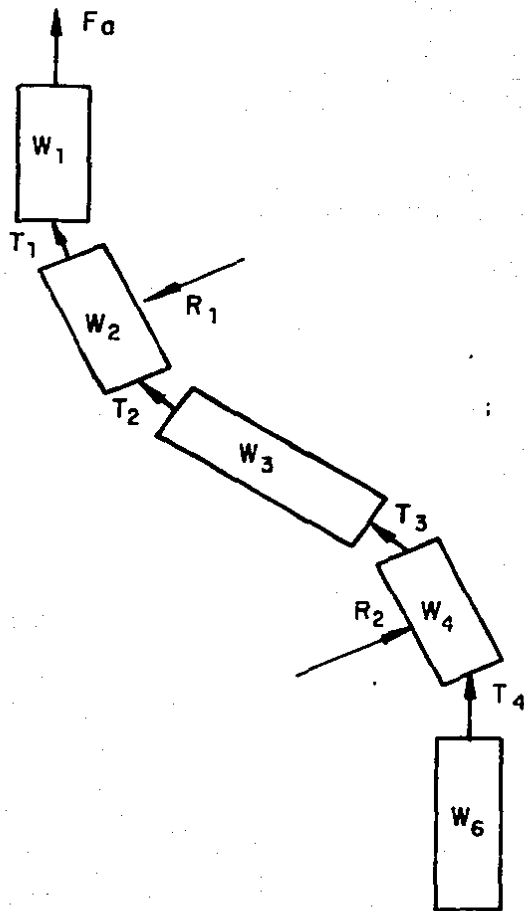


Fig 7 Diagrama de bloques representando el pozo tipo S .

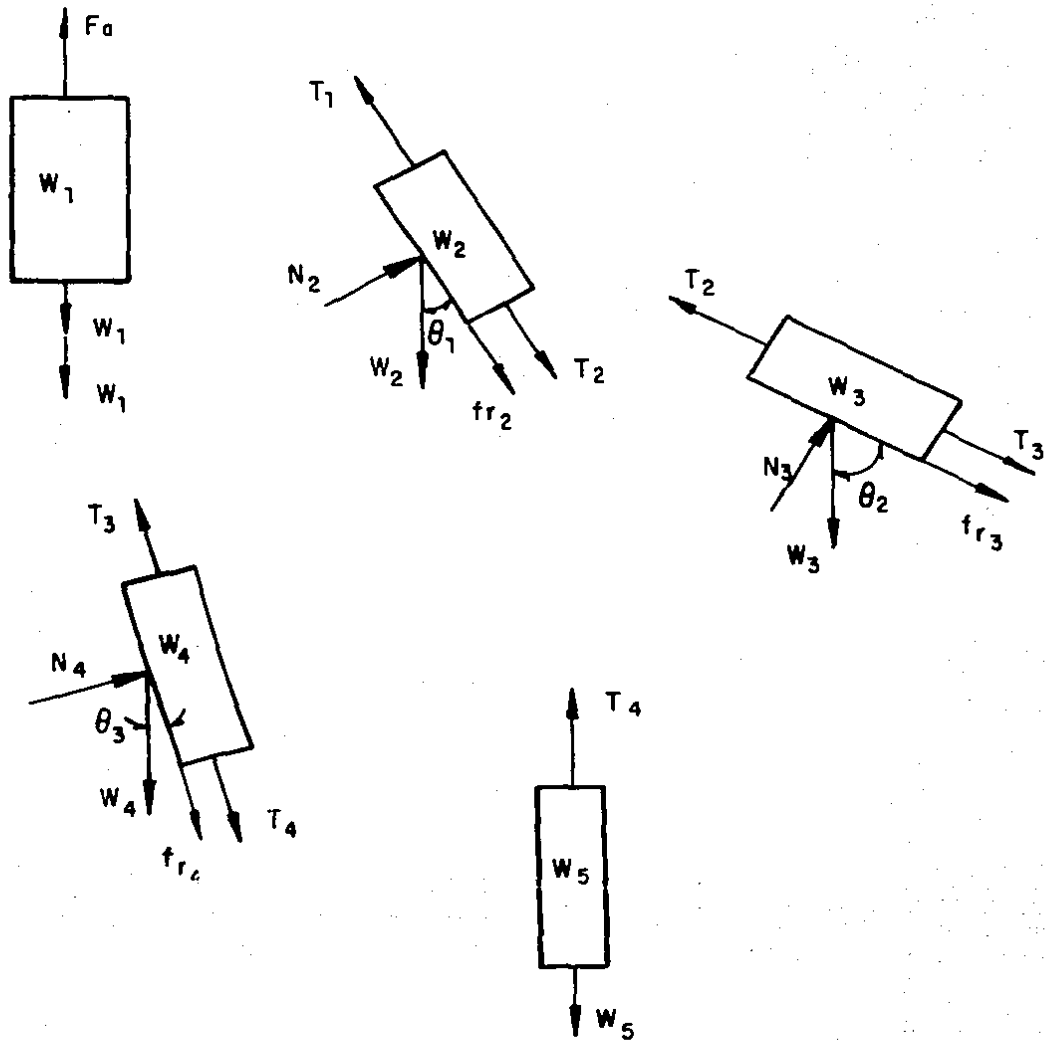


Fig 8 Diagrama de cuerpo libre para los bloques del pozo tipo S, en la carrera ascendente.

$$T_3 - T_4 - f_{r4} - W_4 \cos\theta_3 = 0$$

o bien

$$T_3 = T_4 + W_4 \cos\theta_3 + f_{r4} \quad (53)$$

Para el sentido normal se presenta

$$\Sigma F_n = m a_n \quad (54)$$

efectuando un análisis de fuerzas

$$N_4 - W_4 \operatorname{sen}\theta_3 = \frac{W_4}{g} \frac{v^2}{R_2}$$

o bien

$$N_4 = W_4 \left[\frac{v^2}{gR_2} + \operatorname{sen}\theta_3 \right] \quad (55)$$

empleando la definición del coeficiente de fricción se sustituye 55 en 53 obteniéndose:

$$T_3 = T_4 + W_4 \left(\cos\theta_3 + \mu_4 \left(\frac{v^2}{gR_2} + \operatorname{sen}\theta_3 \right) \right) \quad (56)$$

de manera análoga como para el pozo tipo Slant se llega:

$$T_3 = T_4 + W_4 \left(\operatorname{sen}\theta_3 + \mu_4 (1 - \cos\theta_3) + \frac{\mu_4 v^2 \theta_3}{gR_2} \right) \quad (57)$$

Obsérvese que si quitamos los cuerpos W_4 y W_5 en la figura 8, se tiene el pozo tipo Slant; por lo que podemos utilizar las ecuaciones determinadas anteriormen-

te para el pozo antes mencionado.

Para el cuerpo 3, se tiene una velocidad constante y una aceleración igual a ce ro, por lo que:

$$\Sigma F_x = 0 \quad (58)$$

por lo que

$$T_2 - f_{r3} - W_3 \cos \theta_2 - T_3 = 0$$

o bien

$$T_2 = W_3 \cos \theta_2 + f_{r3} + T_3 \quad (59)$$

Para la dirección Y se tiene

$$\Sigma F_y = 0 \quad (60)$$

entonces

$$N_3 - W_3 \sin \theta_2 = 0$$

o bien

$$N_3 = W_3 \sin \theta_2 \quad (61)$$

empleando la definición de coeficiente de fricción y sustituyendo 61 en 59 se tie
ne

$$T_2 = W_3(\mu_3 \operatorname{sen}\theta_2 + \operatorname{cos}\theta_2) + T_3 \quad (62)$$

Como se menciona anteriormente, los bloques W_1 , W_2 y W_3 forman un pozo tipo Slant y por lo tanto se puede establecer que la fuerza, F_a , en el cuerpo 1 está dada por (empleando las ecuaciones 25, 51 y 56):

$$F_a = W_1 + W_2(\operatorname{sen}\theta_1 + \mu_2(1 - \operatorname{cos}\theta_1) + \frac{\mu_2 V^2_{\theta_1}}{gR_1}) + W_3(\mu_3 \operatorname{sen}\theta_2 + \operatorname{cos}\theta_2) + W_4(\operatorname{sen}\theta_3 + \mu_4(1 - \operatorname{cos}\theta_3) + \frac{\mu_4 V^2_{\theta_3}}{gR_2}) + W_5 \quad (63)$$

De acuerdo a la ecuación 29 la carga máxima en la varilla pulida estará dada por (empleando las ecuaciones 26, 27, 28 y 63):

$$W_{\max} = (W_1 + W_2(\operatorname{sen}\theta_1 + \mu_2(1 - \operatorname{cos}\theta_1) + \frac{\mu_2 V^2_{\theta_1}}{gR_1}) + W_3(\mu_3 \operatorname{sen}\theta_2 + \operatorname{cos}\theta_2) + W_4(\operatorname{sen}\theta_3 + \mu_4(1 - \operatorname{cos}\theta_3) + \frac{\mu_4 V^2_{\theta_3}}{gR_2}) + W_5)(1 + \alpha - 0.1273\gamma) + 0.433\gamma LA_p \quad (64)$$

considerando 31, 32 y 33 en 64 se tiene:

$$W_{\max} = (M_1 L_1 + M_2 L_2(\operatorname{sen}\theta_1 + \mu_2(1 - \operatorname{cos}\theta_1) + \frac{\mu_2 V^2_{\theta_1}}{gR_1}) + M_3 L_3(\mu_3 \operatorname{sen}\theta_2 + \operatorname{cos}\theta_2) + M_4 L_4(\operatorname{sen}\theta_3 + \mu_4(1 - \operatorname{cos}\theta_3) + \frac{\mu_4 V^2_{\theta_3}}{gR_2}) + M_5 L_5)(1 + \alpha - 0.1273\gamma) + 0.433\gamma LA_p \quad (65)$$

La figura 9 muestra el diagrama de cuerpo libre para el pozo tipo S en la carrera descendente. Efectuando un análisis de fuerzas y despreciando el peso de la

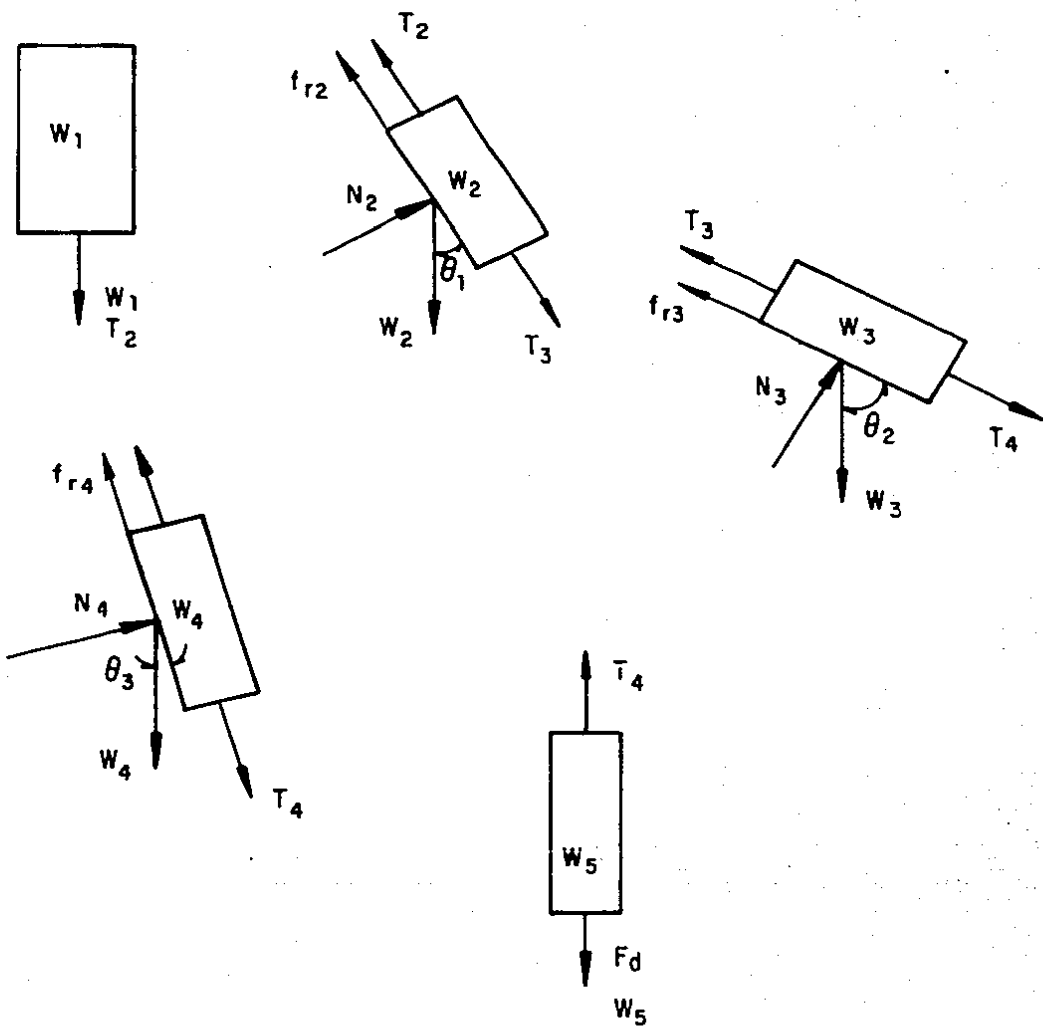


Fig 9 Diagrama de cuerpo libre para el pozo tipo S , en la carrera descendente

varilla pulida así como las fuerzas de fricción originadas por ésta, se tiene en la carrera descendente que:

$$F_d = W_1 + W_2(\text{sen}\theta_1 - \mu_2(1 - \text{cos}\theta_1) - \frac{\mu_2 V^2 \theta_1}{gR_1}) + W_3(\text{cos}\theta_2 - \mu_3 \text{sen}\theta_2) + W_4(\text{sen}\theta_3 - \mu_4(1 - \text{cos}\theta_3) - \frac{\mu_4 V^2 \theta_3}{gR_2}) + W_5 \quad (66)$$

Como la carga mínima se presenta en la carrera descendente se tomará en cuenta las ecuaciones 27, 37 y 66 en 36

$$W_{\min} = (W_1 + W_2(\text{sen}\theta_1 - \mu_2(1 - \text{cos}\theta_1) - \frac{\mu_2 V^2 \theta_1}{gR_1}) + W_3(\text{cos}\theta_2 - \mu_3 \text{sen}\theta_2) + W_4(\text{sen}\theta_3 - \mu_4(1 - \text{cos}\theta_3) - \frac{\mu_4 V^2 \theta_3}{gR_2}) + W_5)(1 - \alpha - 0.1273\gamma) \quad (67)$$

sustituyendo 31, 32 y 33 en 67 se tiene

$$W_{\min} = (M_1 L_1 + M_2 L_2(\text{sen}\theta_1 - \mu_2(1 - \text{cos}\theta_1) - \frac{\mu_2 V^2 \theta_1}{gR_1}) + M_3 L_3(\text{cos}\theta_2 - \mu_3 \text{sen}\theta_2) + M_4 L_4(\text{sen}\theta_3 - \mu_4(1 - \text{cos}\theta_3) - \frac{\mu_4 V^2 \theta_3}{gR_2}) + M_5 L_5)(1 - \alpha - 0.1273\gamma) \quad (68)$$

Para calcular la elongación de la varilla debido al peso del fluido será emplean de la ecuación 40 y si se trata para una sarta telescopiada deberá utilizarse la ecuación 41. Para determinar la sobrecarrera del émbolo deberá de utilizarse la ecuación 45.

Los cálculos de la carrera efectiva del émbolo y gasto en la superficie se deberán emplear las ecuaciones 47 y 48 respectivamente.

Para el diseño de la unidad superficial y del motor principal deberá de utilizar se las ecuaciones presentadas en este trabajo.

II.4 Pozo tipo S modificada

El pozo tipo S modificada se presenta en la figura 10. Observe que la diferencia con el pozo tipo S radica en el bloque 5, el cual cuenta con un cierto ángulo de inclinación (ver figura 11). Debido a que en los bloques restantes son iguales, las ecuaciones deberán de tener una gran similitud.

Para la carrera ascendente se presentará la carga máxima, la cual estará dada por:

$$\begin{aligned}
 W_{\max} = & (M_1 L_1 + M_2 L_2 (\sin \theta_1 + \mu_2 (1 - \cos \theta_1)) + \frac{\mu_2 V^2 \theta_1}{g R_1}) \\
 & + M_3 L_3 (\mu_3 \sin \theta_2 + \cos \theta_2) + M_4 L_4 (\sin \theta_3 + \mu_4 (1 - \cos \theta_3)) + \frac{\mu_4 V^2 \theta_3}{g R_2} \\
 & + M_5 L_5 (\mu_5 \sin \theta_4 + \cos \theta_4) (1 + \alpha - 0.127 \gamma) + 0.433 L A_p \quad (69)
 \end{aligned}$$

En la carrera descendente se tiene la carga mínima, la cual se representa por:

$$\begin{aligned}
 W_{\min} = & (M_1 L_1 + M_2 L_2 (\sin \theta_1 - \mu_2 (1 - \cos \theta_1)) - \frac{\mu_2 V^2 \theta_1}{g R_1}) \\
 & + M_3 L_3 (\cos \theta_2 - \mu_3 \sin \theta_2) + M_4 L_4 (\sin \theta_3 - \mu_4 (1 - \cos \theta_3)) - \frac{\mu_4 V^2 \theta_3}{g R_2} \\
 & + M_5 L_5 (\cos \theta_4 - \mu_5 \sin \theta_4) (1 - \alpha - 0.127 \gamma) \quad (70)
 \end{aligned}$$

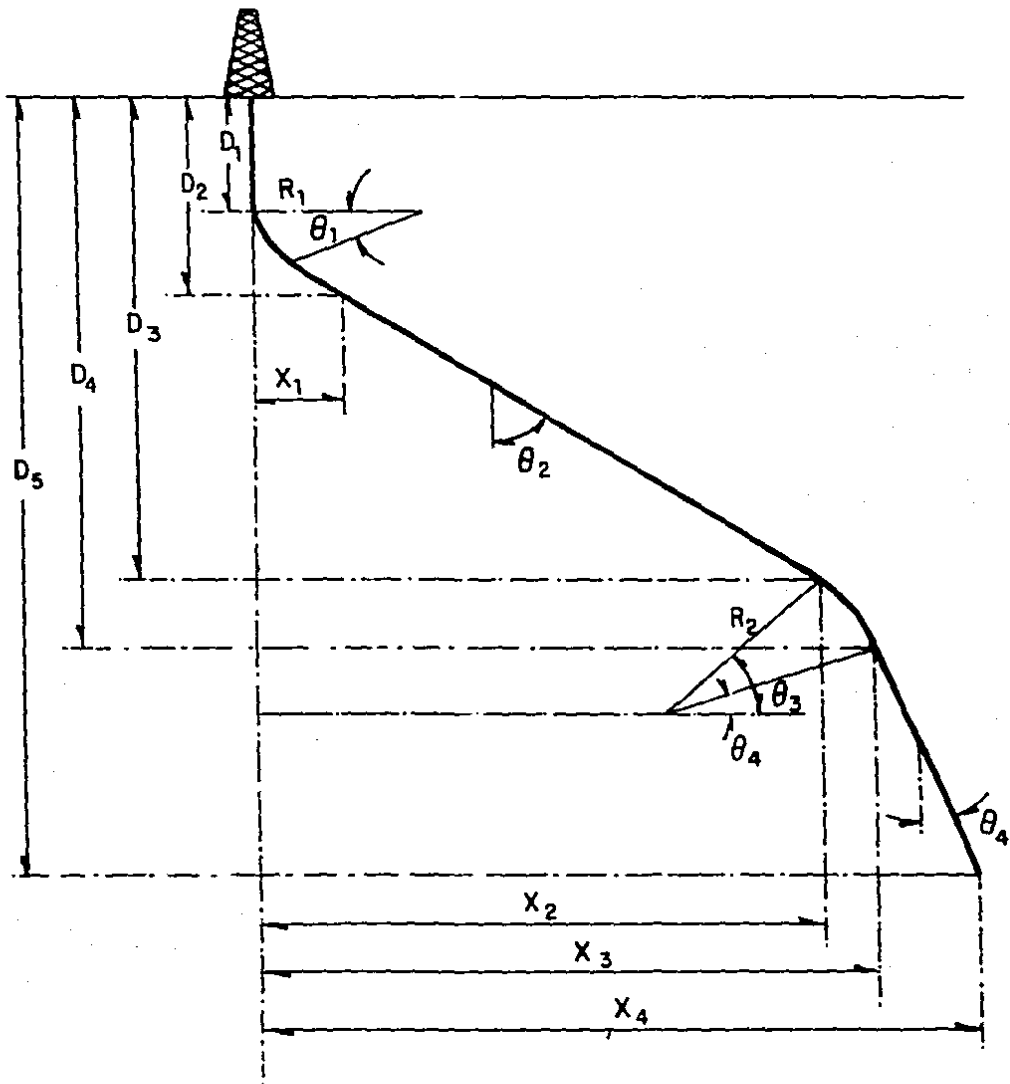


Fig 10 Pozo tipo S modificada

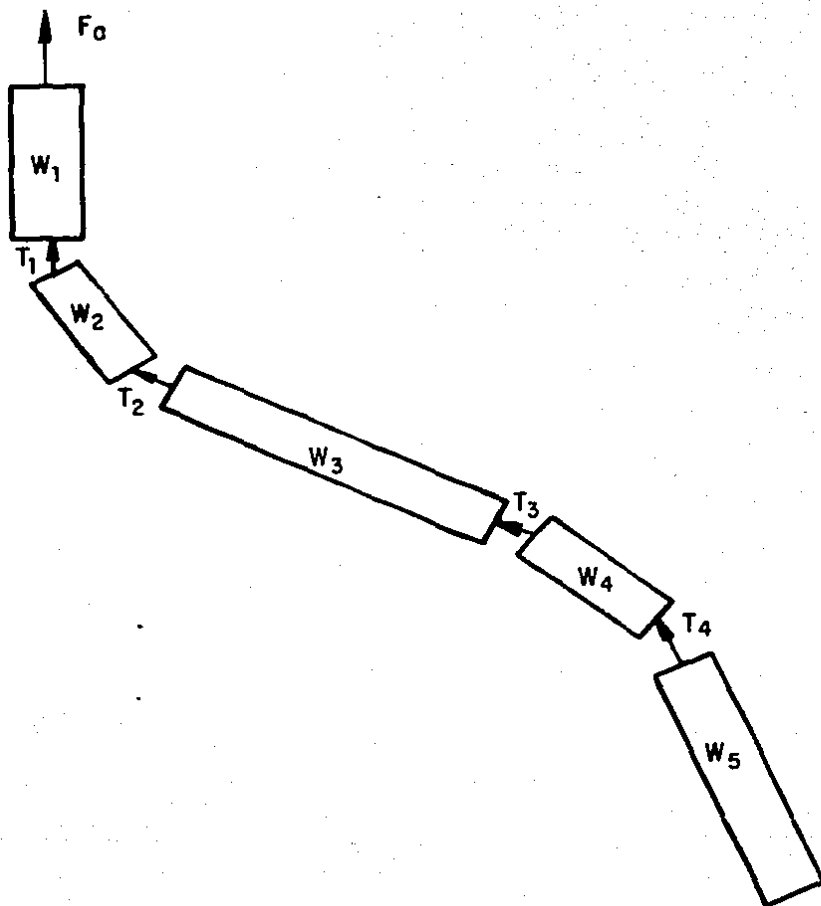


Fig 11 Diagrama de bloques del pozo tipo S modificada en la carrera ascendente

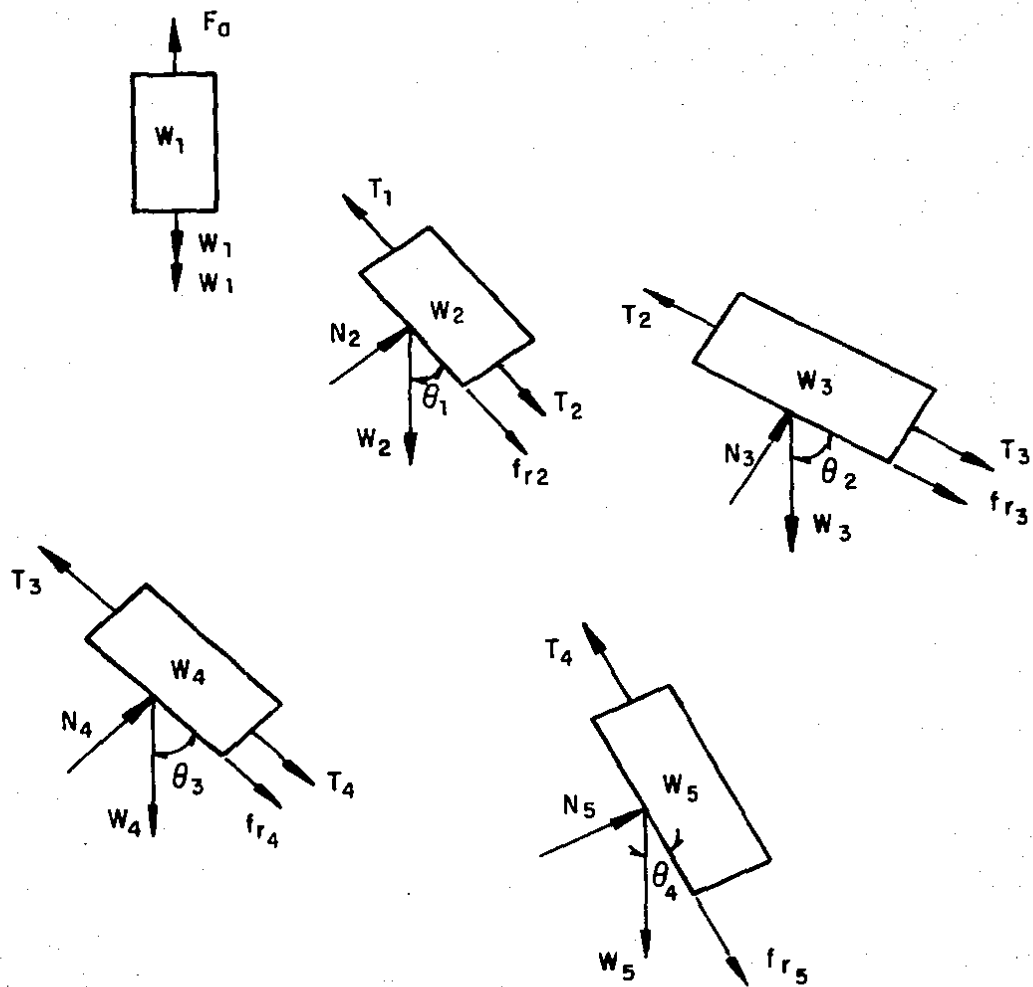


Fig 12 Diagrama del cuerpo libre de cada bloque que compone el pozo tipo S modificada en la - carrera ascendente.

Los cálculos de elongaciones, carreras, etc. deberán de ser como ya se indico en los otros dos tipos de pozos.

REFERENCIAS DEL CAPITULO. II

- 1.- Adan T. Bourgoyne Jr.; Martin E. Chnevert; Keith K. Millheim; F.S. Young Jr., "Applied Drilling Engineering", SPE Textbook, Series Vol.2, 1984.
- 2.- Larson Roland E., y Hostetler Robert P., "Cálculo y Geometría Analítica", McGraw-Hill, 2a. edición, 1982.

**CAPITULO III "PROGRAMA DE COMPUTO PARA EL DISEÑO
DE APAREJOS DE BOMBEO MECANICO"**

III.1 Programa de cómputo para el diseño de aparejos de Bombeo Mecánico para pozos verticales y direccionales

III.2 Tipos de diseños

III.2.1 Diseño de un aparejo de B.M. para un pozo vertical con el método API

III.2.2 Diseño de un aparejo de B.M. para un pozo vertical con el método convencional

III.2.3 Diseño de un aparejo de B.M. para un pozo direccional del tipo Slant

III.2.4 Diseño de un aparejo de B.M. para un pozo direccional del tipo S

III.2.5 Diseño de un aparejo de B.M. para un pozo direccional del tipo S modificada

III.3 Intervalos de validación del programa

CAPITULO III "PROGRAMA DE COMPUTO PARA EL DISEÑO DE APAREJOS DE BOMBEO MECANICO"

Para la realización de un diseño de aparejo de bombeo mecánico para un pozo pro
ductor de aceite, se cuenta actualmente con dos métodos:

- a) Método de diseño API
- b) Método de diseño convencional

Ambos métodos requieren datos tales como:

- Profundidad de colocación de la bomba
- Diámetro del émbolo de la bomba
- Tipo de sarta que deberá de ser empleada
- Velocidad de bombeo
- Longitud o carrera de la varilla pulida
- etc.

Para obtener un buen diseño es necesario contar con datos confiables, en caso contrario se tiene como consecuencia un diseño pobre.

III.1 Programa de cómputo para el diseño de aparejos de bombeo mecánico en pozos verticales y direccionales.

El programa que se presenta es de fácil manejo y de gran versatilidad; ya que permite efectuar diseños para pozos verticales y direccionales.

Cabe hacer la mención de que al utilizar las opciones de diseño de pozos direccionales (tipos Slant, S y S modificada) el paquete diseñará con el método convencional y arrojará resultados para los tres tipos de unidades con que se cuenta en la industria. El programa utiliza las ecuaciones deducidas en los capítulos I y II. Con la finalidad de aclarar la forma del funcionamiento del programa de cómputo se presenta en la figura 1 el respectivo diagrama de flujo.

Básicamente el programa es una serie de opciones, de las cuales se presentan en pantalla y el usuario tiene que elegir una; para mayor claridad se recomienda consultar el punto III.3 de este trabajo para tener una clara idea de los intervalos para los cuales el programa se encuentra validado.

Al final de éste capítulo se presenta un listado del programa fuente de cada una de las opciones de diseño.

III.2 Tipos de diseño

El programa que se presenta tiene cinco posibilidades de diseño, de las cuales dos corresponden a pozos completamente verticales y las restantes para pozos direccionales; estas son respectivamente:

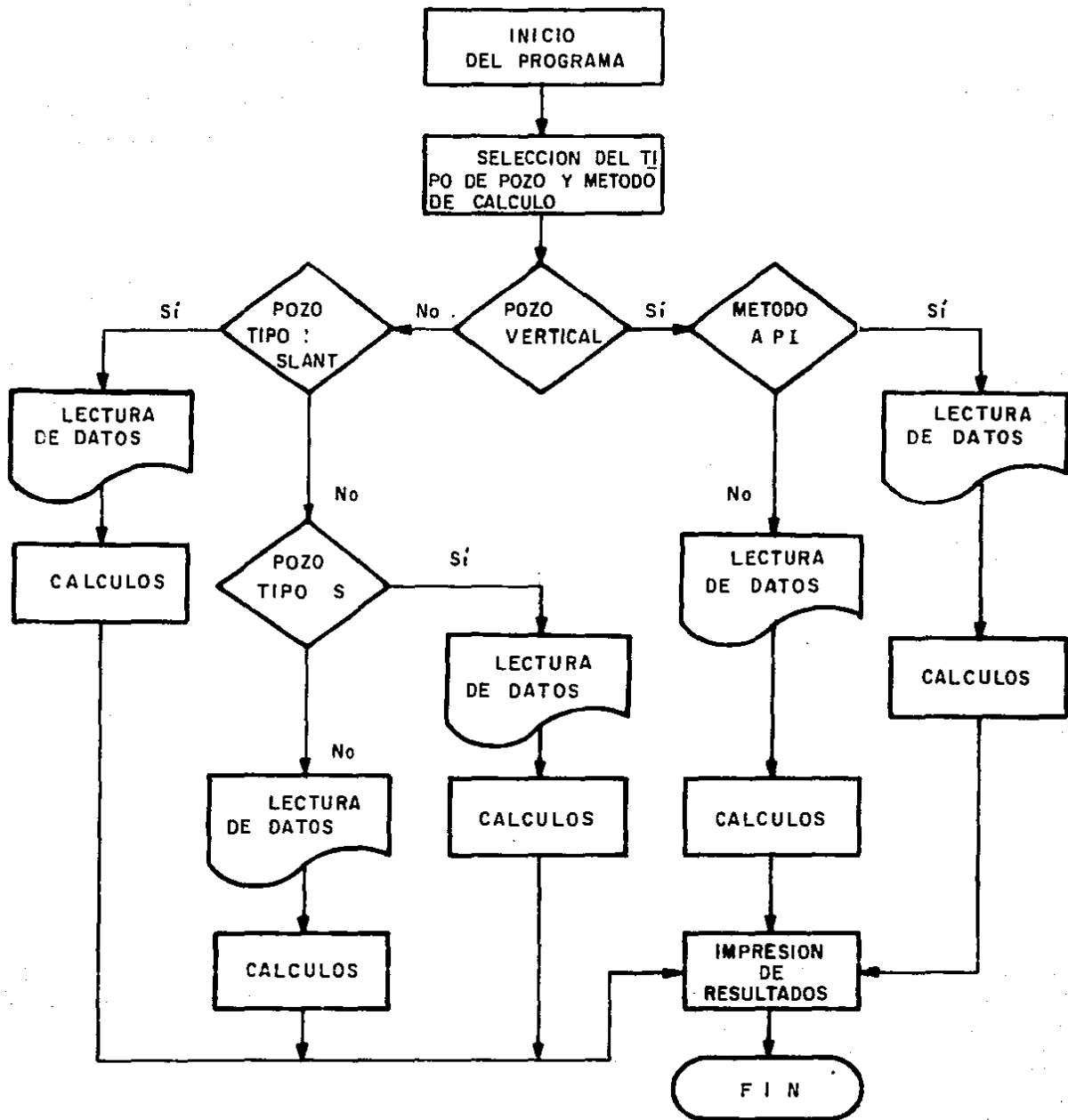


Fig III.1 Diagrama de flujo

- 1.- DISEÑO DE UN APAREJO DE BOMBEO MECANICO MEDIANTE EL METODO API
- 2.- DISEÑO DE UN APAREJO DE BOMBEO MECANICO MEDIANTE EL METODO CONVENCIONAL
- 3.- DISEÑO DE UN APAREJO DE BOMBEO MECANICO PARA UN POZO TIPO SLANT
- 4.- DISEÑO DE UN APAREJO DE BOMBEO MECANICO PARA UN POZO TIPO S
- 5.- DISEÑO DE UN APAREJO DE BOMBEO MECANICO PARA UN POZO TIPO S MODIFICADA

Los datos para el diseño de cada uno de los casos planteados anteriormente son pedidos de la siguiente forma:

III.2.1 Diseño de un aparejo de bombeo mecánico con el método API

- 1.- DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE (AGUA = 1)
- 2.- PROFUNDIDAD DE COLOCACION DE LA BOMBA EN PIES
- 3.- CARRERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS
- 4.- DIAMETRO DEL EMBOLO EN PULGADAS
- 5.- VELOCIDAD DE BOMBEO EN EMBOLADAS POR MINUTO
- 6.- NUMERO DE DIAMETRO(S) DE VARILLA (MAXIMO 4)
PROPORCIONADOS DE FORMA CRECIENTE

III.2.2 Diseño de un aparejo de bombeo mecánico con el método tradicional

- 1.- DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE (AGUA = 1)

- 2.- PROFUNDIDAD DE COLOCACION DE LA BOMBA EN PIES
- 3.- CARRERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS
- 4.- DIAMETRO DEL EMBOLO EN PULGADAS
- 5.- VELOCIDAD DE BOMBEO EN EMBOLADAS POR MINUTO
- 6.- NIVEL DINAMICO EN T.R. EN PIES
- 7.- PRESION EN LA BOCA DEL POZO EN LIBRAS/PULGADAS²
- 8.- NUMERO DE DIAMETRO(S) DE VARILLA (MAXIMO 4)
 PROPORCIONARLOS EN FORMA CRECIENTE

III.2.3 Diseño de un aparejo de bombeo mecánico para un pozo direccional del tipo Slant

- 1.- DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE (AGUA = 1)
- 2.- LONGITUD VERTICAL ANTES DE INICIAR LA DESVIACION EN PIES
- 3.- LONGITUD DE LA ZONA DE DESVIACION EN PIES
- 4.- GRADOS DE DESVIACION POR CADA 100 PIES EN LA ZONA ARQUEADA
- 5.- MAXIMO ANGULO ALCANZADO EN LA PARTE ARQUEADA
- 6.- COEFICIENTE DE FRICCIÓN EN LA ZONA ARQUEADA
- 7.- LONGITUD DE LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDO EN PIES
- 8.- COEFICIENTE DE FRICCIÓN EN LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDO
- 9.- CARRERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS
- 10.- DIAMETRO DEL EMBOLO DE LA BOMBA EN PULGADAS
- 11.- VELOCIDAD DE BOMBEO EN EMBOLADAS POR MINUTO
- 12.- NIVEL DINAMICO VERTICAL EN T.R. EN PIES
- 13.- PROFUNDIDAD VERTICAL DE COLOCACION DE LA BOMBA EN PIES

- 14.- CONTRAPRESION EN LA BOCA DEL POZO EN LIBRAS/PULGADA A2
- 15.- NUMERO DE DIAMETROS DE VARILLA (MAXIMO 3)
PROPORCIONARLOS DE MANERA ASCENDENTE

III.2.4 Diseño de un aparejo de bombeo mecánico para un pozo direccional del tipo S

- 1.- DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE (AGUA = 1)
- 2.- CARRERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS
- 3.- DIAMETRO DEL EMBOLO DE LA BOMBA EN PULGADAS
- 4.- VELOCIDAD DE BOMBEO EN EMBOLADAS POR MINUTO
- 5.- NIVEL DINAMICO VERTICAL EN LA T.R. EN PIES
- 6.- PROFUNDIDAD VERTICAL DE COLOCACION DE LA BOMBA EN PIES
- 7.- CONTRAPRESION EN LA BOCA DEL POZO EN LIBRAS/PULGADA A2
- 8.- LONGITUD VERTICAL ANTES DE LA DESVIACION DEL POZO EN PIES
- 9.- LONGITUD DE LA PRIMERA PARTE DESVIADA DEL POZO EN PIES
- 10.- GRADOS DE DESVIACION POR CADA 100 PIES DE LA PRIMERA PARTE DESVIADA
- 11.- FACTOR DE FRICCION PARA LA PRIMERA PARTE DESVIADA
- 12.- MAXIMO ANGULO DE DESVIACION ALCANZADO EN LA PRIMERA PARTE DESVIADA
- 13.- LONGITUD DE LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDO EN PIES
- 14.- FACTOR DE FRICCION PARA LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDO
- 15.- LONGITUD DE LA SEGUNDA PARTE DESVIADA EN PIES
- 16.- GRADOS DE DESVIACION POR CADA 100 PIES EN LA SEGUNDA PARTE DESVIADA

- 17.- MAXIMO ANGULO ALCANZADO EN LA SEGUNDA PARTE DESVIADA
- 18.- FACTOR DE FRICCION PARA LA SEGUNDA PARTE DESVIADA
- 19.- LONGITUD DE LA ZONA DE TERMINACION EN PIES
- 20.- NUMERO DE DIAMETROS DE VARILLA (MAXIMO 3)
PROPORCIONARLOS EN FORMA CRECIENTE

III.2.5 Diseño de un aparejo de bombeo mecánico para un pozo direccional del tipo S modificada

- 1.- DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE (AGUA = 1)
- 2.- CARRERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS
- 3.- DIAMETRO DEL EMBOLO DE LA BOMBA EN PULGADAS
- 4.- VELOCIDAD DE BOMBEO EN EMBOLADAS POR MINUTO
- 5.- NIVEL DINAMICO VERTICAL EN LA T.R. EN PIES
- 6.- PROFUNDIDAD VERTICAL DE COLOCACION DE LA BOMBA EN PIES
- 7.- CONTRAPRESION EN LA BOCA DEL POZO EN LIBRAS/PULGADA A2
- 8.- LONGITUD VERTICAL ANTES DE LA DESVIACION DEL POZO EN PIES
- 9.- LONGITUD DE LA PRIMERA PARTE DESVIADA DEL POZO EN PIES
- 10.- GRADOS DE DESVIACION POR CADA 100 PIES DE LA PRIMERA PARTE DESVIADA
- 11.- FACTOR DE FRICCION PARA LA PRIMERA PARTE DESVIADA
- 12.- MAXIMO ANGULO DE DESVIACION ALCANZADO EN LA PRIMERA PARTE DESVIADA
- 13.- LONGITUD DE LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDO EN PIES
- 14.- FACTOR DE FRICCION PARA LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDO
- 15.- LONGITUD DE LA SEGUNDA PARTE DESVIADA EN PIES

- 16.- GRADOS DE DESVIACION POR CADA 100 PIES DE LA SEGUNDA PARTE DESVIADA
- 17.- MAXIMO ANGULO ALCANZADO EN LA SEGUNDA PARTE DESVIADA
- 18.- FACTOR DE FRICCION PARA LA SEGUNDA PARTE DESVIADA
- 19.- LONGITUD DE LA ZONA DE TERMINACION EN PIES
- 20.- FACTOR DE FRICCION PARA LA ZONA DE TERMINACION
- 21.- NUMERO DE DIAMETROS DE VARILLA (MAXIMO 3)
PROPORCIONARLOS EN FORMA CRECIENTE

III.3 Intervalos de validación del programa

Estos intervalos se encuentran definidos entre valores para los cuales las condiciones de trabajo son reales. A continuación se presentan los rangos de validación de cada uno de los datos que se emplean para los diseños API y convencional.

- 1.- Densidad relativa. Este valor es con respecto al agua (agua = 1.0).
- 2.- Profundidad de colocación de la bomba en pies. Se encuentra definido para valores mayores de 500 y menores de 20000 pies.
- 3.- Carrera de la varilla pulida. Este dato se encuentra definido para valores de cero y menores de 200 pulgadas.
- 4.- Diámetro del émbolo de la bomba. Se encuentra definido entre 0.9 y 5.0 pulgadas.

- 5.- Velocidad de bombeo. Para este intervalo se tiene como mínimo el cero y 30 emboladas por minuto como máximo.
- 6.- Nivel dinámico en T.R. Se encuentra validado para profundidades de cero y la profundidad de colocación de la bomba como mínimo y máximo respectivamente.
- 7.- Presión en la boca del pozo. Este dato incide únicamente en la capacidad del motor y se encuentra definido entre cero y 500 psi como mínimo y máximo respectivamente.

Intervalos de validación para los pozos tipo Slant, S y S modificada.

Los datos tales como densidad relativa, carrera de la varilla pulida, diámetro del émbolo, velocidad de bombeo y presión en la boca del pozo, son los mismos que para el método API y convencional.

- 1.- Longitud vertical antes de iniciar la desviación. Este dato varía de cero hasta 8000 pies.
- 2.- Longitud de la zona desviada. Varía para valores de cero hasta 20000 pies.
- 3.- Grados de desviación por cada 100 pies. Tiene una validación desde cero hasta 90 grados.
- 4.- Máximo ángulo alcanzado. El rango es de cero hasta 90 grados como máximo.
- 5.- Coeficiente de fricción. Se encuentra entre cero y 10 como míni

mo y máximo respectivamente.

- 6.- Longitud de la zona de ángulo sostenido. Se tiene como mínimo el cero y como máximo 20000 pies.
- 7.- Nivel dinámico vertical en T.R. Varía desde cero como mínimo y como máximo la longitud real perforada en pies.
- 8.- Profundidad vertical de colocación de la bomba. Varía desde cero como mínimo y el máximo está dado como la profundidad real de perforación más el nivel dinámico vertical en T.R.

type api.pas

PROGRAM API;

USES

CRT, DOS;

CONST

TM=30000000;

R

N:ARRAY[1..5] OF REAL;

NDV,I: INTEGER;

DEN,PROFB, LONGVAR, DIAEMB, EPM: REAL; (* para datos1 *)

L1, A1, AP, WR, EC: REAL; (* para constantes *)

R1, R2, R3, R4, A2, A3, A4, L2, L3, L4: REAL; (* para constantes *)

P1, P2, P3, P4: REAL; (* para constantes *)

FD, EP, ALFA: REAL; (* para calculo1 *)

SKR, FS, NNO, FE, NN: REAL; (* para calculo2 *)

SP, F1, F2, T, POR: REAL; (* para adicional 1 - 5 *)

GOT, WRF, WRSK, TA: REAL; (* para complementario *)

PPRL, MPRL, CBL, PT, EVAR, MOTOR: REAL; (* para todas unidades *)

OTRO: CHAR;

BANDERA: BOOLEAN;

PROCEDURE INICIALIZA;

VAR

K: INTEGER;

BEGIN

FOR K:=1 TO 5 DO

N[K]:=0.0;

DEN:=0.0; PROFB:=0.0; LONGVAR:=0.0; DIAEMB:=0.0; EPM:=0.0;

L1:=0.0; A1:=0.0; AP:=0.0; WR:=0.0; R1:=0.0; R2:=0.0;

R3:=0.0; R4:=0.0; A2:=0.0; A3:=0.0; A4:=0.0; P1:=0.0; P2:=0.0;

P3:=0.0; P4:=0.0; FD:=0.0; EP:=0.0; ALFA:=0.0; SKR:=0.0; FS:=0.0;

NNO:=0.0; FE:=0.0; NN:=0.0; SP:=0.0; F1:=0.0; F2:=0.0; T:=0.0;

POR:=0.0; GOT:=0.0; WRF:=0.0; WRSK:=0.0; TA:=0.0; PPRL:=0.0;

MPRL:=0.0; CBL:=0.0; PT:=0.0; EVAR:=0.0; MOTOR:=0.0;

L2:=0.0; L3:=0.0; L4:=0.0;

END;

PROCEDURE ERRE1;

BEGIN

IF DIAEMB=1.0 THEN

BEGIN

R1:=0.656*PROFB;

R2:=0.344*PROFB;

EC:=0.00114;

END

ELSE

IF DIAEMB=1.25 THEN

BEGIN

R1:=0.627*PROFB;

R2:=0.373*PROFB;

EC:=0.00113;

END

ELSE

IF DIAEMB=1.50 THEN

BEGIN

R1:=0.582*PROFB;

R2:=0.418*PROFB;

EC:=0.00111;

END

ELSE

IF DIAEMB=1.75 THEN

type api.pas

PROGRAM API;

USES

CRT, DOS;

CONST

TM=30000000;

R

N:ARRAY[1..5] OF REAL;

NDV, I: INTEGER;

DEN, PROFB, LONGVAR, DIAEMB, EPM: REAL; (* para datos1 *)

L1, A1, AP, WR, EC: REAL; (* para constantes *)

R1, R2, R3, R4, A2, A3, A4, L2, L3, L4: REAL; (* para constantes *)

P1, P2, P3, P4: REAL; (* para constantes *)

FD, EP, ALFA: REAL; (* para calculo1 *)

BKR, FS, NND, FE, NN: REAL; (* para calculo2 *)

SP, F1, F2, T, POR: REAL; (* para adicional 1 - 5 *)

QDT, WRF, WRSK, TA: REAL; (* para complementario *)

PPRL, MPRL, CBL, PT, EVAR, MOTOR: REAL; (* para todas unidades *)

DTRD: CHAR;

BANDERA: BOOLEAN;

PROCEDURE INICIALIZA;

VAR

K: INTEGER;

BEGIN

FOR K:=1 TO 5 DO

N[K]:=0.0;

DEN:=0.0; PROFB:=0.0; LONGVAR:=0.0; DIAEMB:=0.0; EPM:=0.0;

L1:=0.0; A1:=0.0; AP:=0.0; WR:=0.0; R1:=0.0; R2:=0.0;

R3:=0.0; R4:=0.0; A2:=0.0; A3:=0.0; A4:=0.0; P1:=0.0; P2:=0.0;

P3:=0.0; P4:=0.0; FD:=0.0; EP:=0.0; ALFA:=0.0; SKR:=0.0; FS:=0.0;

NND:=0.0; FE:=0.0; NN:=0.0; SP:=0.0; F1:=0.0; F2:=0.0; T:=0.0;

POR:=0.0; QDT:=0.0; WRF:=0.0; WRSK:=0.0; TA:=0.0; PPRL:=0.0;

MPRL:=0.0; CBL:=0.0; PT:=0.0; EVAR:=0.0; MOTOR:=0.0;

L2:=0.0; L3:=0.0; L4:=0.0;

END;

PROCEDURE ERRE1;

BEGIN

IF DIAEMB=1.0 THEN

BEGIN

R1:=0.656*PROFB;

R2:=0.344*PROFB;

EC:=0.00114;

END

ELSE

IF DIAEMB=1.25 THEN

BEGIN

R1:=0.627*PROFB;

R2:=0.373*PROFB;

EC:=0.00113;

END

ELSE

IF DIAEMB=1.50 THEN

BEGIN

R1:=0.582*PROFB;

R2:=0.418*PROFB;

EC:=0.00111;

END

ELSE

IF DIAEMB=1.75 THEN

```

      BEGIN
        R1:=0.531*PROFB;
        R2:=0.469*PROFB;
        EC:=0.00109;
      END
    ELSE
      IF DIAEMB=2.0 THEN
        BEGIN
          R1:=0.48*PROFB;
          R2:=0.52*PROFB;
          EC:=0.00107;
        END
      ELSE
        IF DIAEMB=2.25 THEN
          BEGIN
            R1:=0.416*PROFB;
            R2:=0.584*PROFB;
            EC:=0.00105;
          END
        ELSE
          IF DIAEMB=2.50 THEN
            BEGIN
              R1:=0.348*PROFB;
              R2:=0.652*PROFB;
              EC:=0.00102;
            END
          ELSE
            IF DIAEMB=2.75 THEN
              BEGIN
                R1:=0.275*PROFB;
                R2:=0.725*PROFB;
                EC:=0.00099;
              END;
            END;
          END;
        END;
      END;

```

PROCEDURE ERRE2;

```

  BEGIN
    IF DIAEMB=1.0 THEN
      BEGIN
        R1:=0.715*PROFB;
        R2:=0.285*PROFB;
        EC:=0.00082;
      END
    ELSE
      IF DIAEMB=1.25 THEN
        BEGIN
          R1:=0.694*PROFB;
          R2:=0.306*PROFB;
          EC:=0.00081;
        END
      ELSE
        IF DIAEMB=1.5 THEN
          BEGIN
            R1:=0.602*PROFB;
            R2:=0.338*PROFB;
            EC:=0.0008;
          END
        ELSE
          IF DIAEMB=1.75 THEN
            BEGIN
              R1:=0.625*PROFB;
              R2:=0.375*PROFB;
              EC:=0.0008;
            END
          END
        END
      END
    END
  END

```

```

IF DIAEMB=2.0 THEN
  BEGIN
    R1:=0.583*PROFB;
    R2:=0.417*PROFB;
    EC:=0.00079;
  END
ELSE
  IF DIAEMB=2.25 THEN
    BEGIN
      R1:=0.535*PROFB;
      R2:=0.465*PROFB;
      EC:=0.00077;
    END
  ELSE
    IF DIAEMB=2.5 THEN
      BEGIN
        R1:=0.492*PROFB;
        R2:=0.508*PROFB;
        EC:=0.00076;
      END
    ELSE
      IF DIAEMB=2.75 THEN
        BEGIN
          R1:=0.435*PROFB;
          R2:=0.565*PROFB;
          EC:=0.00075;
        END
      ELSE
        IF DIAEMB=3.25 THEN
          BEGIN
            R1:=0.313*PROFB;
            R2:=0.687*PROFB;
            EC:=0.00072;
          END
        ELSE
          IF DIAEMB=3.75 THEN
            BEGIN
              R1:=0.177*PROFB;
              R2:=0.823*PROFB;
              EC:=0.00069;
            END
          END;
        END;
      END;
    END;
  END;

```

END;

PROCEDURE ERKE3;

BEGIN

```

  IF DIAEMB=1.5 THEN
    BEGIN
      R1:=0.723*PROFB;
      R2:=0.277*PROFB;
      EC:=0.00061;
    END
  ELSE

```

```

    IF DIAEMB=1.75 THEN
      BEGIN
        R1:=0.697*PROFB;
        R2:=0.303*PROFB;
        EC:=0.0006;
      END
    ELSE

```

```

      IF DIAEMB=2.0 THEN
        BEGIN
          R1:=0.668*PROFB;
          R2:=0.332*PROFB;
          EC:=0.0006;
        END
      END
    END
  END

```

```

"ECSE"
  IF DIAEMB=2.25 THEN
    BEGIN
      R1:=0.636*PROFB;
      R2:=0.364*PROFI;
      EC:=0.00059;
    END
  ELSE
    IF DIAEMB=2.5 THEN
      BEGIN
        R1:=0.601*PROFB;
        R2:=0.399*PROFB;
        EC:=0.00059;
      END
    ELSE
      IF DIAEMB=2.75 THEN
        BEGIN
          R1:=0.561*PROFI;
          R2:=0.439*PROFI;
          EC:=0.00058;
        END
      ELSE
        IF DIAEMB=3.75 THEN
          BEGIN
            R1:=0.388*PROFB;
            R2:=0.612*PROFB;
            EC:=0.00056;
          END
        ELSE
          IF DIAEMB=4.75 THEN
            BEGIN
              R1:=0.164*PROFB;
              R2:=0.836*PROFB;
              EC:=0.00052;
            END;
          END;
        END;
      END;
    END;
  END;

```

END;

PROCEDURE ERRE4;
BEGIN

```

  IF DIAEMB=1.0 THEN
    BEGIN
      R1:=0.456*PROFB;
      R2:=0.274*PROFB;
      R3:=0.270*PROFB;
      EC:=0.001;
    END
  ELSE
    IF DIAEMB=1.25 THEN
      BEGIN
        R1:=0.408*PROFB;
        R2:=0.298*PROFB;
        R3:=0.294*PROFB;
        EC:=0.00097;
      END
    ELSE
      IF DIAEMB=1.5 THEN
        BEGIN
          R1:=0.333*PROFB;
          R2:=0.333*PROFB;
          R3:=0.333*PROFB;
          EC:=0.00094;
        END
      ELSE
        IF DIAEMB=1.75 THEN
          BEGIN

```



```
R1:=0.251*PROFB;  
R2:=0.370*PROFB;  
R3:=0.378*PROFB;  
EC:=0.00089;
```

END

ELSE

```
IF DIAEMB=2.0 THEN  
BEGIN
```

```
R1:=0.163*PROFB;  
R2:=0.413*PROFB;  
R3:=0.424*PROFB;  
EC:=0.00085;
```

END

ELSE

```
IF DIAEMB=2.25 THEN  
BEGIN
```

```
R1:=0.072*PROFB;  
R2:=0.458*PROFB;  
R3:=0.469*PROFB;  
EC:=0.0008;
```

END;

END;

PROCEDURE ERRES;

BEGIN

```
IF DIAEMB=1.0 THEN  
BEGIN
```

```
R1:=0.543*PROFB;  
R2:=0.230*PROFB;  
R3:=0.223*PROFB;  
EC:=0.00074;
```

END

ELSE

```
IF DIAEMB=1.25 THEN  
BEGIN
```

```
R1:=0.512*PROFB;  
R2:=0.245*PROFB;  
R3:=0.243*PROFB;  
EC:=0.00073;
```

END

ELSE

```
IF DIAEMB=1.5 THEN  
BEGIN
```

```
R1:=0.463*PROFB;  
R2:=0.270*PROFB;  
R3:=0.267*PROFB;  
EC:=0.00072;
```

END

ELSE

```
IF DIAEMB=1.75 THEN  
BEGIN
```

```
R1:=0.406*PROFB;  
R2:=0.300*PROFB;  
R3:=0.294*PROFB;  
EC:=0.0007;
```

END

ELSE

```
IF DIAEMB=2.0 THEN  
BEGIN
```

```
R1:=0.339*PROFB;  
R2:=0.332*PROFB;  
R3:=0.328*PROFB;  
EC:=0.00068;
```

END

ELSE

```
IF DIAEMB=2.25 THEN
  BEGIN
    R1:=0.271*PROFB;
    R2:=0.360*PROFB;
    R3:=0.369*PROFB;
    EC:=0.00066;
  END
ELSE
  IF DIAEMB=2.5 THEN
    BEGIN
      R1:=0.197*PROFB;
      R2:=0.397*PROFB;
      R3:=0.406*PROFB;
      EC:=0.00063;
    END
  ELSE
    IF DIAEMB=2.75 THEN
      BEGIN
        R1:=0.122*PROFB;
        R2:=0.433*PROFB;
        R3:=0.445*PROFB;
        EC:=0.00061;
      END;
    END;
```

END;

PROCEDURE ERRE6;

```
BEGIN
  IF DIAEMB=1.0 THEN
    BEGIN
      R1:=0.423*PROFB;
      R2:=0.195*PROFB;
      R3:=0.192*PROFB;
      R4:=0.191*PROFB;
      EC:=0.00067;
    END
  ELSE
    IF DIAEMB=1.25 THEN
      BEGIN
        R1:=0.383*PROFB;
        R2:=0.207*PROFB;
        R3:=0.205*PROFB;
        R4:=0.205*PROFB;
        EC:=0.00066;
      END
    ELSE
      IF DIAEMB=1.5 THEN
        BEGIN
          R1:=0.323*PROFB;
          R2:=0.228*PROFB;
          R3:=0.225*PROFB;
          R4:=0.224*PROFB;
          EC:=0.00063;
        END
      ELSE
        IF DIAEMB=1.75 THEN
          BEGIN
            R1:=0.251*PROFB;
            R2:=0.251*PROFB;
            R3:=0.251*PROFB;
            R4:=0.248*PROFB;
            EC:=0.00061;
          END
        ELSE
          IF DIAEMB=2.0 THEN
            BEGIN
```

```
R1:=0.175*PROFB;  
R2:=0.274*PROFB;  
R3:=0.279*PROFB;  
R4:=0.271*PROFB;  
EC:=0.00058;
```

```
END
```

```
ELSE
```

```
BEGIN
```

```
R1:=0.098*PROFB;  
R2:=0.298*PROFB;  
R3:=0.307*PROFB;  
R4:=0.296*PROFB;  
EC:=0.00055;
```

```
END;
```

```
END;
```

```
PROCEDURE CONSTANTES1;
```

```
BEGIN
```

```
L1:=PROFB;  
A1:=(PI*SQR(NC1))/4;  
AP:=(PI*SQR(DIAEMB))/4;  
IF NC1=0.625 THEN
```

```
BEGIN
```

```
WR:=1.16*PROFB;  
EC:=0.00127;
```

```
END
```

```
ELSE
```

```
IF NC1=0.75 THEN
```

```
BEGIN
```

```
WR:=1.63*PROFB;  
EC:=0.00088;
```

```
END
```

```
ELSE
```

```
IF NC1=0.875 THEN
```

```
BEGIN
```

```
WR:=2.16*PROFB;  
EC:=0.00065;
```

```
END
```

```
ELSE
```

```
BEGIN
```

```
WR:=2.88*PROFB;  
EC:=0.0005;
```

```
END
```

```
END; (fin de un solo diametro)
```

```
PROCEDURE CONSTANTES;
```

```
BEGIN
```

```
AP:=(PI*SQR(DIAEMB))/4;
```

```
IF NDV=2 THEN
```

```
IF (NC1=0.625) AND (NC2=0.75) THEN
```

```
BEGIN
```

```
ERRE1:
```

```
A2:=(PI*SQR(NC1))/4;
```

```
A1:=(PI*SQR(NC2))/4;
```

```
L1:=R1;
```

```
L2:=R2;
```

```
PROFB:=L1+L2;
```

```
P1:=L1/A1;
```

```
P2:=L2/A2;
```

```
WR:=1.13*1+1.03*L2;
```

```
END
```

```
ELSE
```

```

IF (NC1)=0.75) AND (NC2)=0.875) THEN
BEGIN
  ERRE2;
  A2:=(PI*SQR(NC1))/4;
  A1:=(PI*SQR(NC2))/4;
  L1:=R1;
  L2:=R2;
  PROFB:=L1+L2;
  P1:=L1/A1;
  P2:=L2/A2;
  WR:=1.63*L1+2.22*L2;
END
ELSE
BEGIN
  ERRE3;
  A2:=(PI*SQR(NC1))/4;
  A1:=(PI*SQR(NC2))/4;
  L1:=R1;
  L2:=R2;
  PROFB:=L1+L2;
  P1:=L1/A1;
  P2:=L2/A2;
  WR:=2.22*L1+2.90*L2;
END
ELSE
IF NDV=3 THEN
IF (NC1)=0.625) AND (NC2)=0.75) AND (NC3)=0.875) THEN
BEGIN
  ERRE4;
  A3:=(PI*SQR(NC1))/4;
  A2:=(PI*SQR(NC2))/4;
  A1:=(PI*SQR(NC3))/4;
  L1:=R1;
  L2:=R2;
  L3:=R3;
  PROFB:=L1+L2+L3;
  P1:=L1/A1;
  P2:=L2/A2;
  P3:=L3/A3;
  WR:=1.13*L1+1.63*L2+2.22*L3;
END
ELSE
BEGIN
  ERRE5;
  A3:=(PI*SQR(NC1))/4;
  A2:=(PI*SQR(NC2))/4;
  A1:=(PI*SQR(NC3))/4;
  L1:=R1;
  L2:=R2;
  L3:=R3;
  PROFB:=L1+L2+L3;
  P1:=L1/A1;
  P2:=L2/A2;
  P3:=L3/A3;
  WR:=1.63*L1+2.22*L2+2.90*L3;
END)
ELSE
BEGIN
  ERRE6;
  A4:=(PI*SQR(NC1))/4;
  A3:=(PI*SQR(NC2))/4;
  A2:=(PI*SQR(NC3))/4;
  A1:=(PI*SQR(NC4))/4;
  L1:=R1;
  L2:=R2;
  L3:=R3;

```

```

L4:=R4;
PROFB:=L1+L2+L3+L4;
P1:=L1/A1;
P2:=L2/A2;
P3:=L3/A3;
P4:=L4/A4;
WR1:=1.43*L1+2.22*L2+2.90*L3+3.67*L4;

```

```

END;
END; (fin del constantes)

```

```

PROCEDURE MENSAJEERROR(COL,REN:INTEGER);

```

```

VAR
  TECLA:CHAR;
BEGIN
  GOTOXY(REN,COL);
  WRITELN('          Error, dato fuera de rango');
  WRITELN('          Oprima cualquier tecla para continuar');
  TECLA:=READKEY;
  GOTOXY(REN,COL);
  WRITELN('          ');
  WRITELN('          ');
END;

```

```

PROCEDURE DATOS1;

```

```

BEGIN
  CLRSCR;
  WRITELN('          PROPORCIONA LOS SIGUIENTES DATOS ( POZO CON DISEÑO API )');
  WRITELN('          -----');
  REPEAT
    GOTOXY(05,03);
    WRITE('          1.- DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE (AGUA=1) :          ');
    GOTOXY(WHEREX-10,03);
    READLN(DEN);
    IF (DEN<0.5) OR (DEN>2.0) THEN
      MENSAJEERROR(04,05);
  UNTIL (DEN>=0.5) AND (DEN<=2.0);
  REPEAT
    GOTOXY(05,05);
    WRITE('          2.- PROFUNDIDAD DE COLOCACION DE LA BOMBA EN PIES :          ');
    GOTOXY(WHEREX-10,05);
    READ(PROFB);
    IF (PROFB<500) OR (PROFB>20000) THEN
      MENSAJEERROR(06,05);
  UNTIL (PROFB>=500) AND (PROFB<=20000);
  REPEAT
    GOTOXY(05,07);
    WRITE('          3.- CARRERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS :          ');
    GOTOXY(WHEREX-10,07);
    READ(LONGVAR);
    IF (LONGVAR<=0) OR (LONGVAR>200) THEN
      MENSAJEERROR(08,05);
  UNTIL (LONGVAR>0) AND (LONGVAR<=200);
  REPEAT
    GOTOXY(05,09);
    WRITE('          4.- DIAMETRO DEL EMBOLO EN PULGADAS :          ');
    GOTOXY(WHEREX-10,09);
    READ(DIAEMB);
    IF (DIAEMB<=0.90) OR (DIAEMB>5) THEN
      MENSAJEERROR(10,05);
  UNTIL (DIAEMB>0.90) AND (DIAEMB<=5);
  REPEAT
    GOTOXY(05,11);
    WRITE('          5.- VELOCIDAD DE BOMBEO EN EMBOLEDAS POR MINUTO :          ');
    GOTOXY(WHEREX-10,11);

```

```

READ(EPM);
IF (EPM<=0) OR (EPM>30) THEN
  MENSAJEERROR(12,05);
UNTIL (EPM>0) AND (EPM<=30);
REPEAT
  GOTOXY(05,13);
  WRITE(' 6.- NUMERO DE DIAMETRO(S) DE VARILLA ( MAXIMO 4 );
  GOTOXY(WHEREX-10,13);
  READ(NDV);
  IF (NDV<1) OR (NDV>4) THEN
    MENSAJEERROR(14,05);
UNTIL (NDV>=1) AND (NDV<=4);
IF NDV=1 THEN
  BEGIN
    WRITELN;
    WRITE('          DIAMETRO EN PULGADAS = ');
    READLN(N[1]);
    CONSTANTES1;
  END
ELSE
  BEGIN
    WRITELN;
    WRITELN('          PROPORCIONALOS DE FORMA CRECIENTE');
    FOR I:=1 TO NDV DO
      BEGIN
        WRITE('          DIAMETRO ',I,' EN PULGADAS = ');
        READ(N[I]);
      END;
    CONSTANTES;
  END;
END;{fin de datos1}

```

```

PROCEDURE CALCULO1;
BEGIN
  FO:=0.433*PROFB*AP;
  ALFA:=(LONGVAR*SQR(EPM))/70500;
  IF NDV=1 THEN
    BEGIN
      EP:=40.8*ALFA*SQR(PROFB)/TM;
    END
  ELSE
    EP:=46.5*ALFA*SQR(PROFB)/TM;
END; {fin de calculo1}

```

```

PROCEDURE CALCULO2;
BEGIN
  SKR:=1000*LONGVAR/(EC*PROFB);
  FS:=FO/SKR;
  NND:=EPM*PROFB/245000;
  FE:=1.205375-0.0367432*AP;
  NN:=(NND/FE);
END;{fin de calculo2}

```

```

PROCEDURE ADICIONAL1;
BEGIN
  IF (0.0<=FS) AND (FS<=0.25) AND (0.4<=NN) AND (NN<=0.6) THEN
    SP:=0.186316-0.909995*FS+2.540032*NN
  ELSE
    IF (0.0<=FS) AND (FS<=0.25) AND (0.0<=NN) AND (NN<0.4) THEN
      SP:=0.9815277778-0.9125*FS+0.3912698413*NN
    ELSE
      IF (0.25<FS) AND (FS<=0.45) AND (0.0<=NN) AND (NN<0.4) THEN

```

```

SP:=0.745416666/0.875*FS+0.44/6190476*NN
ELSE
IF (0.45<FS) AND (FS<=0.60) AND (0.0<=NN) AND (NN<0.40) THEN
SP:=0.9060416667-0.8875*FS+0.7011904762*NN
ELSE
IF (0.25<FS) AND (FS<=0.45) AND (0.4<=NN) AND (NN<=0.6) THEN
SP:=0.291-0.72*FS+2.27*NN
ELSE
SP:=0.501-0.84*FS+1.95*NN;
END;( fin de adicional1)

PROCEDURE ADICIONAL2;
BEGIN
IF (0.0<=FS) AND (FS<=0.15) AND (0.0<=NND) AND (NND<=0.25) THEN
F1:=-0.01606063938+FS+0.715151515*NND
ELSE
IF (0.15<FS) AND (FS<=0.35) AND (0.0<=NND) AND (NND<=0.25) THEN
F1:=0.000833341+0.9833333*FS+0.66*NND
ELSE
IF (0.35<FS) AND (FS<=0.6) AND (0.0<=NND) AND (NND<=0.25) THEN
F1:=0.0081044557+FS+0.5473272797*NND
ELSE
IF (0.0<=FS) AND (FS<=0.15) AND (0.25<NND) AND (NND<=0.45) THEN
F1:=-0.1975+0.85*FS+1.36*NND
ELSE
IF (0.15<FS) AND (FS<=0.35) AND (0.25<NND) AND (NND<=0.45) THEN
F1:=-0.135+0.95*FS+1.16*NND
ELSE
IF (0.35<FS) AND (FS<=0.6) AND (0.25<NND) AND (NND<=0.45) THE
F1:=-0.06624875+0.8625*FS+1.033333*NND
ELSE
IF (0.0<=FS) AND (FS<=0.15) AND (0.45<NND) AND (NND<=0.60)
F1:=-0.8466777335+0.66666667*FS+2.800022*NND
ELSE
IF (0.15<FS) AND (FS<=0.35) AND (0.45<NND) AND (NND<=0.
F1:=-2.581666667+0.866666667*FS+5.9*NND
ELSE
F1:=-0.4750073335+0.48333358333*FS+2.266677667*NND;
END;( fin de adicional2)

PROCEDURE ADICIONAL3;
BEGIN
IF (0.0<=FS) AND (FS<=0.6) AND (0.0<=NND) AND (NND<=0.20) THEN
F2:=-0.02255803996+0.04942857464*FS+0.5319806694*NND
ELSE
IF (0.0<=FS) AND (FS<=0.6) AND (0.20<NND) AND (NND<=0.45) THEN
F2:=-0.05702143063+0.03721428571*FS+0.7811428629*NND
ELSE
F2:=-0.1748452809-0.0844047619*FS+1.107142857*NND;
END;( fin de adicional3)

PROCEDURE ADICIONAL4;
BEGIN
IF (0.0<=FS) AND (FS<=0.15) AND (0.0<=NND) AND (NND<=0.15) THEN
T1:=0.04775+0.375*FS+0.33*NND
ELSE
IF (0.15<FS) AND (FS<=0.60) AND (0.0<=NND) AND (NND<=0.15) THE!!
T1:=0.08860869565+0.3*FS+0.5652173913*NND
ELSE
IF (0.0<=FS) AND (FS<=0.15) AND (0.15<NND) AND (NND<=0.30) THEN
T1:=-0.04325+0.575*FS+0.83*NND
ELSE
IF (0.15<FS) AND (FS<=0.60) AND (0.15<NND) AND (NND<=0.30) THEN
T1:=0.1171+0.14875*FS+0.666*NND
ELSE

```

```
IF (0.0<=FS) AND (FS<=0.15) AND (0.30<=NN) AND (NN<=0.60) THEN  
T1=-0.12+0.62*FS+NN  
ELSE  
T1=-0.014183333335+0.198*FS+0.9791666667*NN;
```

F'D;(fin de adicional4)

PROCEDURE ADICIONAL5;

F'GIN

```
IF (0.0<=FS) AND (FS<=0.15) AND (0.0<=NN) AND (NN<=0.15) THEN
```

```
POR:=0.201375-0.4373*FS-0.685*NN
```

ELSE

```
IF (0.0<=FS) AND (FS<=0.15) AND (0.15<=NN) AND (NN<=0.60) THEN
```

```
POR:=0.0775333333-0.16*FS-0.0938333333*NN
```

ELSE

```
IF (0.15<=FS) AND (FS<=0.35) AND (0.0<=NN) AND (NN<=0.15) THEN
```

```
POR:=0.131225-0.2575*FS-0.263*NN
```

ELSE

```
IF (0.15<=FS) AND (FS<=0.35) AND (0.15<=NN) AND (NN<=0.40) THEN
```

```
POR:=0.062-0.168*FS-0.092*NN
```

ELSE

```
IF (0.35<=FS) AND (FS<=0.60) AND (0.25<=NN) AND (NN<=0.40) THEN
```

```
POR:=-0.060389755999+0.06833391667*FS+0.1000016333*NN
```

ELSE

```
IF (0.35<=FS) AND (FS<=0.60) AND (0.0<=NN) AND (NN<=0.10) THEN
```

```
POR:=0.07822222244-0.1466666667*FS-0.1133333337*NN
```

ELSE

```
IF (0.35<=FS) AND (FS<=0.60) AND (0.10<=NN) AND (NN<=0.25)
```

```
POR:=-0.0677222224+0.1016666667*FS+0.07*NN
```

ELSE

```
POR:=-0.05762+0.05125*FS+0.1048*NN;
```

END;(fin de adicional4)

PROCEDURE COMPLEMENTARIO;

F'GIN

```
QOT:=0.1484*AP*EPM*LONGVAR*BP;
```

```
WRF:=WR*(1-(0.128*DEN));
```

```
WRSK:=WRF/BKR;
```

```
TA:=1+(POR*(WRSK-0.3)*10);
```

END;(fin de complementario)

PROCEDURE UCONV;

F'GIN

```
PPRL:=WRF+(F1*SKR);
```

```
MPRL:=WRF-(F2*SKR);
```

```
CBL:=1.06*(WRF+(F0/2));
```

```
PT:=T*SKR*(LONGVAR/2)*TA;
```

```
EVAR:=PPRL/A1;
```

```
MOTDR:=PROFB*QOT/56000;
```

END;(fin de unidad convencional)

PROCEDURE AERBAL;

BEGIN

```
PPRL:=WRF+F0+0.85*(F1*SKR-F0);
```

```
MPRL:=PPRL-(F1+F2)*SKR;
```

```
CBL:=1.06*(PPRL+MPRL)/2;
```

```
PT:=T*SKR*(LONGVAR/2)*TA*0.96;
```

```
EVAR:=PPRL/A1;
```

```
MOTDR:=PROFB*QOT/56000;
```

F'D;(fin de unidad aerobalancada)

PROCEDURE UMARKII;

BEGIN


```

PPRL:=WRF+FO+0.75*(F1*SKR-FO);
MPRL:=PPRL-(F1+F2)*SKR;
CBL:=1.04*(PPRL+1.125*MPRL)/2;
PT:=(PPRL*0.93-MPRL*1.2)*LONGVAR/4;
EVAR:=PPRL/A1;
MOTOR:=PROFB*QOT*0.8/56000;
END;( fin de unidad mark II)

```

```

F PROCEDURE CUADRO(PX,PY,LH,LV:INTEGER);
VAR

```

```

  I:INTEGER;
BEGIN
  GOTOXY(PX,PY);
  WRITE(CHR(201));
  FOR I:=1 TO LH DO
    WRITE(CHR(205));
  WRITE(CHR(187));
  GOTOXY(WHEREX-1,WHEREY+1);
  FOR I:=1 TO LV DO
    BEGIN
      WRITE(CHR(186));
      GOTOXY(WHEREX-1,WHEREY+1);
    END;
  WRITE(CHR(188));
  GOTOXY(PX,PY+1);
  FOR I:=1 TO LV DO
    BEGIN
      WRITE(CHR(186));
      GOTOXY(WHEREX-1,WHEREY+1);
    END;
  WRITE(CHR(200));
  FOR I:=1 TO LH DO
    WRITE(CHR(205));
  END;

```

```

K PROCEDURE PANTALLA;

```

```

BEGIN
  CLRSCR;
  GOTOXY(01,02);
  WRITELN(' :15, 'LONGITUDES DE VARILLAS POR DIAMETRO PROPORCIONADO: ');
  WRITELN;
  WRITELN(' :18, 'L1=',L1:5:0, ' pies de varilla de ',N[1]:4:3, ' Pulgadas');
  WRITELN(' :18, 'L2=',L2:5:0, ' pies de varilla de ',N[2]:4:3, ' Pulgadas');
  WRITELN(' :18, 'L3=',L3:5:0, ' pies de varilla de ',N[3]:4:3, ' Pulgadas');
  WRITELN(' :18, 'L4=',L4:5:0, ' pies de varilla de ',N[4]:4:3, ' Pulgadas');
  GOTOXY(01,10);
  WRITELN(' :25, 'UNIDAD', ' :11, 'UNIDAD', ' :11, 'UNIDAD');
  WRITELN(' :22, 'CONVENCIONAL', ' AEROBALANCEADA MARK II');
  GOTOXY(01,14);
  WRITELN(' Máxima carga', ' :56, '(lb)');
  WRITELN(' Mínima carga', ' :56, '(lb)');
  WRITELN(' Contrabalanceo', ' :54, '(lb)');
  WRITELN(' Par de Torsión', ' :54, '(lb-pg)');
  WRITELN(' Esf. en var. sup.', ' :51, '(lb/pg^2)');
  WRITELN(' Motor', ' :63, '(hp)');
  WRITELN(' Gasto en la bomba', ' :51, '(b1/dia)');
  CUADRO(1,1,77,22);
  CUADRO(22,12,12,9);
  CUADRO(39,12,12,9);
  CUADRO(56,12,12,9);
END;

```

```

L PROCEDURE IMPRIME(COLUMNA:INTEGER);
BEGIN

```

```

GOTOXY(COLUMNA,14);
WRITE(PPR1:6:0);
GOTOXY(COLUMNA,15);
WRITE(MPR1:6:0);
GOTOXY(COLUMNA,16);
WRITE(CBL:6:0);
GOTOXY(COLUMNA,17);
WRITE(PT:6:0);
GOTOXY(COLUMNA,18);
WRITE(EVAR:6:0);
GOTOXY(COLUMNA,19);
WRITE(MOTOR:6:0);
GOTOXY(COLUMNA,20);
WRITE(QOT:6:0);
END;

```

 {fin del programa principal}

```

BEGIN
  OTRO:='S';
  WHILE UPCASE(OTRO)='S' DO
    BEGIN
      INICIALIZA;
      DATOS1;
      CALCULO1;
      CALCULO2;
      ADICIONAL1;
      ADICIONAL2;
      ADICIONAL3;
      ADICIONAL4;
      ADICIONAL5;
      COMPLEMENTARIO;
      PANTALLA;
      UCONV;
      IMPRIME(26);
      AERBAL;
      IMPRIME(43);
      UMARKII;
      IMPRIME(60);
      BANDERA:=TRUE;
      GOTOXY(15,23);
      WRITE('Desea hacer otro dise#o con ste mtodo? [S/N] ');
      WHILE BANDERA DO
        BEGIN
          GOTOXY(WHEREX,WHEREY);
          OTRO:=READKEY;
          IF (UPCASE(OTRO)='S') OR (UPCASE(OTRO)='N') THEN
            BANDERA:=FALSE;
        END;
      END;
    END;
  END.

```

{fin del programa principal}

```

type convenci.pas
PROGRAM CONVENCI;
L'ES
  CRT,DDS;
CONST
  TM=30000000;
VAR
  N:ARRAY[1..5] OF REAL;
  AR,L1,A1,AP,ER,WR:REAL;
  PROFB,R1,R2,R3,R4,A2,A3,A4,L2,L3,L4,P1,P2,P3,P4,EC:REAL; (*para conatantes*)
  DEN,LONGVAR,DIAEMB,EPM,NIDIN,PRESB:REAL; (*para datos2*)
  EP,ALFA,SP,QOT,WF:REAL; (*para calculo3*)
  WMAX,WMIN,CT,TP,LN,HH,HF,HB:REAL; (*para todas unidades*)
  NDV,I:INTEGER;
  OTRO:CHAR;
  BANDER:BOOLEAN;

```

```

PROCEDURE INICIALIZA;

```

```

VAR
  K:INTEGER;
BEGIN
  FOR K:=1 TO 5 DO
    N[K]:=0.0;
    PROFB:=0.0;R1:=0.0;R2:=0.0;R3:=0.0;R4:=0.0;A1:=0.0;A2:=0.0;A3:=0.0;A4:=0.0;
    L1:=0.0;L2:=0.0;L3:=0.0;L4:=0.0;P1:=0.0;P2:=0.0;P3:=0.0;P4:=0.0;DEN:=0.0;
    LONGVAR:=0.0;DIAEMB:=0.0;EPM:=0.0;ALFA:=0.0;AR:=0.0;AP:=0.0;ER:=0.0;
    WR:=0.0;NIDIN:=0.0;NDV:=0;EP:=0.0;SP:=0.0;QOT:=0.0;WF:=0.0;WMAX:=0.0;
    WMIN:=0.0;CT:=0.0;TP:=0.0;LN:=0.0;HH:=0.0;HF:=0.0;HB:=0.0;
  END;

```

```

PROCEDURE CONSTANTES1;

```

```

BEGIN
  L1:=PROFB;
  A1:=(PI*SQR(N[1]))/4;
  AP:=(PI*SQR(DIAEMB))/4;
  ER:=(5.2*DEN*SQR(PROFB)*AP)/(A1*TM);
  IF N[1]=0.625 THEN
    WR:=1.16*PROFB
  ELSE
    IF N[1]=0.75 THEN
      WR:=1.63*PROFB
    ELSE
      IF N[1]=0.875 THEN
        WR:=2.16*PROFB
      ELSE
        WR:=2.88*PROFB;
  END;(*fin de un solo diametro*)

```

```

PROCEDURE CONSTANTES2;

```

```

BEGIN
  AP:=(PI*SQR(DIAEMB))/4;
  IF NDV=2 THEN
    IF (N[1]=0.625) AND (N[2]=0.75) THEN
      BEGIN
        R1:=0.759-0.0896*AP;
        A2:=(PI*SQR(N[1]))/4;
        R2:=0.241+0.0896*AP;
        A1:=(PI*SQR(N[2]))/4;
        L1:=PROFB*R1;
        L2:=PROFB*R2;
        PROFB:=L1+L2;
        P1:=L1/A2;
        P2:=L2/A1;
      END;

```

```

EXT:=5.2*DEN*PROFB*AP*(P1+P2)/TM;
WR:=1.13*L1+1.63*L2;
EC:=0.0010765;
END
ELSE
IF (NC1)=0.75) AND (NC2)=0.875) THEN
BEGIN
R1:=0.786-0.0566*AP;
A2:=(PI*SQR(NC1))/4;
R2:=0.214+0.0566*AP;
A1:=(PI*SQR(NC2))/4;
L1:=PROFB*R1;
L2:=PROFB*R2;
PROFB:=L1+L2;
P1:=L1/A2;
P2:=L2/A1;
ER:=5.2*DEN*PROFB*AP*(P1+P2)/TM;
WR:=1.63*L1+2.22*L2;
EC:=0.000766;
END
ELSE
BEGIN
R1:=0.814-0.0375*AP;
A2:=(PI*SQR(NC1))/4;
R2:=0.186+0.0375*AP;
A1:=(PI*SQR(NC2))/4;
L1:=PROFB*R1;
L2:=PROFB*R2;
PROFB:=L1+L2;
P1:=L1/A2;
P2:=L2/A1;
ER:=5.2*DEN*PROFB*AP*(P1+P2)/TM;
WR:=2.22*L1+2.90*L2;
EC:=0.000573;
END
ELSE
IF NDV=3 THEN
IF (NC1)=0.62) AND (NC2)=0.75) AND (NC3)=0.875) THEN
BEGIN
R1:=0.627-0.1393*AP;
A3:=(PI*SQR(NC1))/4;
R2:=0.199+0.0737*AP;
A2:=(PI*SQR(NC2))/4;
R3:=0.175+0.0655*AP;
A1:=(PI*SQR(NC3))/4;
L1:=PROFB*R1;
L2:=PROFB*R2;
L3:=PROFB*R3;
PROFB:=L1+L2+L3;
P1:=L1/A3;
P2:=L2/A2;
P3:=L3/A1;
ER:=5.2*DEN*PROFB*AP*(P1+P2+P3)/TM;
WR:=1.13*L1+1.63*L2+2.22*L3;
EC:=0.000934;
END
ELSE
BEGIN
R1:=0.664-0.0894*AP;
A3:=(PI*SQR(NC1))/4;
R2:=0.181+0.0478*AP;
A2:=(PI*SQR(NC2))/4;
R3:=0.155+0.0416*AP;
A1:=(PI*SQR(NC3))/4;
L1:=PROFB*R1;
L2:=PROFB*R2;

```

```

L3:=PROFB*R3;
PROFB:=L1+L2+L3;
P1:=L1/A3;
P2:=L2/A2;
P3:=L3/A1;
ER:=5.2*DEN*PROFB*AP*(P1+P2+P3)/TM;
WR:=1.63*L1+2.22*L2+2.90*L3;
EC:=0.0006763333;

```

END

ELSE

BEGIN

(IF (N[C1]=0.75) AND (N[C2]=0.875) AND (N[C3]=1.0) AND (N[C4]=1.125) THEN;

(BEGIN)

```

R1:=0.582-0.111*AP;
A4:=(PI*SQR(N[C1]))/4;
R2:=0.158+0.0421*AP;
A3:=(PI*SQR(N[C2]))/4;
R3:=0.137+0.0364*AP;
A2:=(PI*SQR(N[C3]))/4;
R4:=0.123+0.0325*AP;
A1:=(PI*N[C4])/4;
L1:=PROFB*R1;
L2:=PROFB*R2;
L3:=PROFB*R3;
L4:=PROFB*R4;
PROFB:=L1+L2+L3+L4;
P1:=L1/A4;
P2:=L2/A3;
P3:=L3/A2;
P4:=L4/A1;
ER:=5.2*DEN*PROFB*AP*(P1+P2+P3+P4)/TM;
WR:=1.63*L1+2.22*L2+2.90*L3+3.67*L4;
EC:=0.0006055;

```

END

END;(fin del constantes)

PROCEDURE MENSAJEERROR(COL,REN:INTEGER);

R

TECLA:CHAR;

BEGIN

GOTOXY(REN,COL);

WRITELN(' Error, dato fuera de rango');

WRITELN(' Oprima cualquier tecla para continuar');

TECLA:=READKEY;

GOTOXY(REN,COL);

WRITELN('

WRITELN('

END;

PROCEDURE DATOS2;

BEGIN

CLRSCR;

WRITELN(' PROPORCIONA LOS SIGUIENTES DATOS (POZO CON DISEÑO CONVENCIONAL

WRITELN(' -----

REPEAT

GOTOXY(05,03);

WRITE(' 1.- DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE (AGUA=1) : ');

GOTOXY(WHEREX-10,03);

READLN(DEN);

IF (DEN<0.5) OR (DEN>2.0) THEN

MENSAJEERROR(04,05);

UNTIL (DEN>=0.5) AND (DEN<=2.0);

REPEAT

GOTOXY(05,05);

WRITE(' 2.- PROFUNDIDAD DE COLOCACION DE LA BOMBA EN PIES :

```

GOTOXY(WHEREX-10,05);
READ(PROFB);
IF (PROFB<500) OR (PROFB>20000) THEN
  MENSAJEERROR(06,05);
UNTIL (PROFB>=500) AND (PROFB<=20000);
REPEAT
  GOTOXY(05,07);
  WRITE(' 3.- CARRERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS : ');
  GOTOXY(WHEREX-10,07);
  READ(LONGVAR);
  IF (LONGVAR<=0) OR (LONGVAR>200) THEN
    MENSAJEERROR(08,05);
UNTIL (LONGVAR>0) AND (LONGVAR<=200);
REPEAT
  GOTOXY(05,09);
  WRITE(' 4.- DIAMETRO DEL EMBOLO EN PULGADAS : ');
  GOTOXY(WHEREX-10,09);
  READ(DIAEMB);
  IF (DIAEMB<=0) OR (DIAEMB>5) THEN
    MENSAJEERROR(10,05);
UNTIL (DIAEMB>0) AND (DIAEMB<=5);
REPEAT
  GOTOXY(05,11);
  WRITE(' 5.- VELOCIDAD DE BOMBEO EN EMBOLADAS POR MINUTO : ');
  GOTOXY(WHEREX-10,11);
  READ(EPM);
  IF (EPM<=0) OR (EPM>30) THEN
    MENSAJEERROR(12,05);
UNTIL (EPM>0) AND (EPM<=30);
REPEAT
  GOTOXY(05,13);
  WRITE(' 6.- NIVEL DINAMICO EN T.R. EN PIES : ');
  GOTOXY(WHEREX-10,13);
  READ(NIDIN);
  IF (NIDIN<=0) OR (NIDIN>PROFB) THEN
    MENSAJEERROR(14,05);
UNTIL (NIDIN>0) AND (NIDIN<=PROFB);
REPEAT
  GOTOXY(05,15);
  WRITE(' 7.- PRESION EN LA BOCA DEL POZO EN LIBRAS/PULGADA^2 : ');
  GOTOXY(WHEREX-10,15);
  READ(PRESB);
  IF (PRESB<=0) OR (PRESB>500) THEN
    MENSAJEERROR(16,05);
UNTIL (PRESB>0) AND (PRESB<=500);
REPEAT
  GOTOXY(05,17);
  WRITE(' 8.- NUMERO DE DIAMETRO(S) DE VARILLA ( MAXIMO 4 ) : ');
  GOTOXY(WHEREX-10,17);
  READ(NDV);
  IF (NDV<1) OR (NDV>4) THEN
    MENSAJEERROR(18,05);
UNTIL (NDV>=1) AND (NDV<=4);
IF NDV=1
  THEN
    BEGIN
      WRITELN;
      WRITE('          DIAMETRO EN PULGADAS = ');
      READLN(NC1);
      CONSTANTES1;
    END
  ELSE
    BEGIN
      WRITELN;
      WRITELN('          PROPORCIONALOS DE FORMA CRECIENTE');
      WRITELN;
    END

```

```

FOR I:=1 TO NDV*DO
  BEGIN
    WRITE('          DIAMETRO ',I,' EN PULGADAS = ');
    READ(NCI);
  END;
CONSTANTES;
END;
END;{fin de datos1}

```

```

PROCEDURE CALCULO3;

```

```

BEGIN
  ALFA:=(LONGVAR*SQR(EPM))/70500;
  IF NDV>1 THEN
    BEGIN
      EP:=(46.5*ALFA*SQR(PROFB))/TM;
      SP:=LONGVAR+EP-ER;
    END
  ELSE
    BEGIN
      EP:=(40.8*ALFA*SQR(PROFB))/TM;
      SP:=LONGVAR+EP-ER;
    END;
  QOT:=0.1484*AP*SP*EPM;
  WF:=0.433*DEN*(PROFB*AP-0.294*WR);
END;{ fin de CALCULO3}

```

```

PROCEDURE UCONV1;

```

```

BEGIN
  WMAX:=WF+WR*(1+ALFA);
  WMIN:=WR*(1-ALFA-0.1273*DEN);
  CT:=0.5*WF+WR*(1-0.127*DEN);
  TP:=(WMAX-0.95*CT)*LONGVAR/2;
  LN:=NIDIN+(2.31*PRESB/DEN);
  HH:=7.36E-06*QOT*DEN*LN;
  HF:=6.31E-07*WR*LONGVAR*EPM;
  HB:=1.5*(HH+HF);
END;{ fin de unidad convencional}

```

```

PROCEDURE AERBAL1;

```

```

BEGIN
  WMAX:=WF+WR*(1+0.7*ALFA);
  WMIN:=WR*(1-1.3*ALFA-0.1273*DEN);
  CT:=1.06*(WMAX+WMIN)/2;
  TP:=(WMAX-0.95*CT)*LONGVAR/2;
  LN:=NIDIN+(2.31*PRESB/DEN);
  HH:=7.36E-06*QOT*DEN*LN;
  HF:=6.31E-07*WR*LONGVAR*EPM;
  HB:=1.5*(HH+HF);
END;{ fin de unidad aerobalanceada}

```

```

PROCEDURE UMARKII1;

```

```

BEGIN
  WMAX:=WF+WR*(1+0.6*ALFA);
  WMIN:=WR*(1-1.4*ALFA-0.1273*DEN);
  CT:=1.04*(WMAX+1.25*WMIN)/2;
  TP:=(WMAX-0.95*CT)*LONGVAR/2;
  LN:=NIDIN+(2.31*PRESB/DEN);
  HH:=7.36E-06*QOT*DEN*LN;
  HF:=6.31E-07*WR*LONGVAR*EPM;
  HB:=1.5*(HH+HF);
END;{fin de unidad markII}

```

```

PROCEDURE CUADRO(PX,PY,LH,LV: INTEGER);

```

```

VAR I: INTEGER;
BEGIN
  I:=1;
  GOTOXY(PX,PY);
  WRITE(CHR(201));
  FOR I:=1 TO LH DO
    WRITE(CHR(205));
  WRITE(CHR(197));
  GOTOXY(WHEREX-1,WHEREY+1);
  FOR I:=1 TO LV DO
    BEGIN
      WRITE(CHR(186));
      GOTOXY(WHEREX-1,WHEREY+1);
    END;
  WRITE(CHR(188));
  GOTOXY(PX,PY+1);
  FOR I:=1 TO LV DO
    BEGIN
      WRITE(CHR(186));
      GOTOXY(WHEREX-1,WHEREY+1);
    END;
  WRITE(CHR(200));
  FOR I:=1 TO LH DO
    WRITE(CHR(205));
  END;

```

```

PROCEDURE PANTALLA;
BEGIN

```

```

  CLRSCR;
  GOTOXY(01,02);
  WRITELN(' :15,'LONGITUDES DE VARILLAS POR DIAMETRO PROPORCIONADO:');
  WRITELN;
  WRITELN(' :18,'L1=',L1:5:0,' pies de varilla de ',N[1]:4:3,' Pulgadas');
  WRITELN(' :18,'L2=',L2:5:0,' pies de varilla de ',N[2]:4:3,' Pulgadas');
  WRITELN(' :18,'L3=',L3:5:0,' pies de varilla de ',N[3]:4:3,' Pulgadas');
  WRITELN(' :18,'L4=',L4:5:0,' pies de varilla de ',N[4]:4:3,' Pulgadas');
  GOTOXY(01,10);
  WRITELN(' :25,'UNIDAD', ' :11,'UNIDAD', ' :11,'UNIDAD');
  WRITELN(' :22,'CONVENCIONAL', ' AEROBALANCEADA MARK II');
  GOTOXY(01,14);
  WRITELN(' Máxima carga', ' :56,'(lb)');
  WRITELN(' Mínima carga', ' :56,'(lb)');
  WRITELN(' Contrabalanceo', ' :54,'(lb)');
  WRITELN(' Par de Torsión', ' :54,'(lb-pg)');
  WRITELN(' Esf. en var. sup.', ' :51,'(lb/pg^2)');
  WRITELN(' Motor', ' :63,'(hp)');
  WRITELN(' Gasto en la bomba', ' :51,'(b1/dia)');
  CUADRO(1,1,77,22);
  CUADRO(22,12,12,9);
  CUADRO(39,12,12,9);
  CUADRO(56,12,12,9);

```

```

END;

```

```

PROCEDURE IMPRIME(COLUMNA: INTEGER);

```

```

BEGIN
  GOTOXY(COLUMNA,14);
  WRITE(WMAX:6:0);
  GOTOXY(COLUMNA,15);
  WRITE(WMIN:6:0);
  GOTOXY(COLUMNA,16);
  WRITE(T:6:0);
  GOTOXY(COLUMNA,17);
  WRITE(TP:6:0);
  GOTOXY(COLUMNA,18);
  WRITE(WMAX/A1:6:0);
  GOTOXY(COLUMNA,19);

```



```
WRITE(HTB;5:0);  
GOTOXY(COLUMNA,20);  
WRITE(GDT:6:0);  
END;
```

(inicia el programa principal)

```
F BIN  
  OTRO:='S';  
  WHILE UPCASE(OTRO)='S' DO  
    BEGIN  
      INICIALIZA;  
      DATOS2;  
      CALCULO3;  
      PANTALLA;  
      UCONV1;  
      IMPRIME(26);  
      AERBAL1;  
      IMPRIME(43);  
      UMARKII1;  
      IMPRIME(60);  
      BANDERA:=TRUE;  
      GOTOXY(15,23);  
      WRITE('Desee hacer otro diseño con este mtodo? [S/N] ');  
      WHILE BANDERA DO  
        BEGIN  
          GOTOXY(WHEREX,WHEREY);  
          OTRO:=READKEY;  
          IF (UPCASE(OTRO)='S') OR (UPCASE(OTRO)='N') THEN  
            BANDERA:=FALSE;  
        END;  
      END;  
    END;  
  END.
```

(fin del programa principal)

F

TYPE SLANT,RRS

PROGRAM SLANT;

USES

CRT,DOS;

CONST

TW=30000000;

VAR

N: ARRAY[1..5] OF REAL;

TIPO, I, K, MDV: INTEGER;

BEN, LONGVAR, DIAEMB, EPM, MIDIM, GRADOS1,

PROFVB, MATANG1, LONGVER1, LONGDES2, LONGINCL1, MU2, MU3, PROFB: REAL;

AP, R, V, ALFA, LT, R1, R2, R3, R4, A1, A2, A3, A4, ER, EP, SP, QOT,

LT1, LT2, LT3, LT4, ML1, ML2, ML3, ML4, APAR, COEF,

COEF1, COEF2, AR: REAL;

(8 para slanti y 2

8)

TETA1, TETA2, TETA3, TETA4, WMAX, WMIN, CT, TP, LN, HH, HF, HB: REAL;

PRESB: REAL;

OTRO: CHAR;

BANDERA: BOOLEAN;

FUNCTION C(ARG: REAL): REAL;

BEGIN

C:=ARG*(PI/180);

END;

PROCEDURE INICIALIZA;

BEGIN

FOR K:=1 TO 5 DO

N[K]:=0.0;

I:=0.0; LONGVAR:=0.0; DIAEMB:=0.0; EPM:=0.0; MIDIM:=0.0;

GRADOS1:=0.0; PROFV:=0.0; MATANG1:=0.0; LONGVER1:=0.0; LONGDES2:=0.0;

LONGINCL1:=0.0; MU2:=0.0; MU3:=0.0; AP:=0.0; R:=0.0; V:=0.0; ALFA:=0.0;

LT:=0.0; P1:=0.0; R2:=0.0; R3:=0.0; R4:=0.0; A1:=0.0; A2:=0.0; A3:=0.0;

A4:=0.0; ER:=0.0; EP:=0.0; SP:=0.0; QOT:=0.0; LT1:=0.0; LT2:=0.0;

LT3:=0.0; LT4:=0.0; ML1:=0.0; TETA4:=0.0;

ML2:=0.0; ML3:=0.0; ML4:=0.0; APAR:=0.0; COEF:=0.0; COEF1:=0.0;

COEF2:=0.0; AR:=0.0; TETA1:=0.0; TETA2:=0.0; TETA3:=0.0; WMAX:=0.0;

WMIN:=0.0; CT:=0.0; TP:=0.0; LN:=0.0; HH:=0.0; HF:=0.0; HB:=0.0;

PRESB:=0.0;

END;

PROCEDURE MENSAJEERROR(COL, REN: INTEGER);

VAR

TECLA: CHAR;

BEGIN

GOTOXY(REN, COL);

WRITELN(' Error, dato fuera de rango');

WRITELN(' Oprime cualquier tecla para continuar');

TECLA:=READKEY;

GOTOXY(REN, COL);

WRITELN(' ');

WRITELN(' ');

END;

PROCEDURE SLANTI;

BEGIN

AR:=(PI*SR(N[1]))/4;

AP:=(PI*SR(DIAEMB))/4;

R:=180*CO/(PI*GRADOS1);

V:=0.0043633*LONGVAR*EPM;

ALFA:=(LONGVAR*SR(EPM))/70500;

ER:=0.00000173328*DEN*WIDIM*(AP-AR)*((LONGVER1/AR)+(LONGDES2/AR)+(LONGINCL1/AR));

APAR:=AP-AR;

PEGTW

ML1:=1.63*LONGVER1;

COEF1:=(LONGVER1+LONGDES2)/LT2;

IF COEF1=1 THEN

BEGIN

ML2:=1.63*LONGDES2;

ML3:=1.16*LONGINCL1;

END

ELSE

IF COEF1>1 THEN

BEGIN

ML2:=1.63*(LT2-LONGVER1)+1.16*((LONGVER1+LONGDES2)-LT2);

ML3:=1.16*LONGINCL1;

END

ELSE

BEGIN

ML2:=1.63*LONGDES2;

ML3:=1.63*(LT2-(LONGVER1+LONGDES2))+1.16*((LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)-LT2);

END;

END;

ER:=0.00000017332*DEN*HIBINO*(AP-A2)*((LT1/A2)*((LT2/A1)));

EP:=4E-078ALFAB*(LT1+LT2)*(ML1+ML2)/A2;

APAR:=AP-A2;

QOT:=0.148*AP*(LONGVAR*EP-ER)*EPW;

END

ELSE

IF (M[1]=0.750) AND (M[2]=0.075) THEN

BEGIN

R1:=0.786-0.0566*AP;

R2:=0.214+0.0566*AP;

A2:=(PI*SR*(M[1]))/4;

A1:=(PI*SR*(M[2]))/4;

LT1:=R1*LT;

LT2:=LT-LT1;

COEF1:=LONGVER1/LT2;

IF COEF1=1 THEN

BEGIN

ML1:=2.16*LONGVER1;

ML2:=1.63*LONGDES2;

ML3:=1.63*LONGINCL1;

END

ELSE

IF COEF1>1 THEN

BEGIN

ML1:=2.16*LT2+1.63*(LONGV/R1-LT2);

ML2:=1.63*LONGDES2;

ML3:=1.63*LONGINCL1;

END

ELSE

BEGIN

ML1:=2.16*LONGVER1;

COEF1:=(LONGVER1+LONGDES2)/LT2;

IF COEF1=1 THEN

BEGIN

ML2:=2.16*LONGDES2;

ML3:=1.63*LT1;

END

ELSE

IF COEF1>1 THEN

BEGIN

ML2:=2.16*(LT2-LONGVER1)+1.63*((LONGVER1+LONGDES2)-LT2);

ML3:=1.63*LONGINCL1;

END

ELSE

BEGIN

ML2:=2.16*LONGDES2;

ML3:=2.168*(LT2-((LONGVER1+LONGDES2))*T.63)/((LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)-LT2);

END;

END;

ER:=0.00000173328DENNBIBIN*(AP-A2)*((LT1/A2)+(LT2/A1));

EP:=4E-078ALFAD*(LT1+LT2)*((ML1+ML2+ML3)/A2);

APAR:=AP-A2;

GOT:=0.14848AP*(LONGVAR+EP-ER)*EPM;

END

ELSE

BEGIN

R1:=0.814-0.0375*AP;

R2:=0.166+0.0375*AP;

A2:=(PI*SQRT(N[1]))/4;

A1:=(PI*SQRT(N[2]))/4;

LT1:=R1*LT;

LT2:=LT-LT1;

COEF:=LONGVER1/LT2;

IF COEF=1 THEN

BEGIN

ML1:=2.88*LONGVER1;

ML2:=2.168*LONGDES2;

ML3:=2.168*LONGINCL1;

END

ELSE

IF COEF>1 THEN

BEGIN

ML1:=2.88*LT2+2.168*(LONGVER1-LT2);

ML2:=2.168*LONGDES2;

ML3:=2.168*LONGINCL1;

END

ELSE

BEGIN

ML1:=2.88*LONGVER1;

COEF1:=(LONGVER1+LONGDES2)/LT2;

IF COEF1=1 THEN

BEGIN

ML2:=2.88*LONGDES2;

ML3:=2.168*LONGINCL1;

END

ELSE

IF COEF1>1 THEN

BEGIN

ML2:=2.88*(LT2-LONGVER1)+2.168*((LONGVER1+LONGDES2)-LT2);

ML3:=2.168*LONGINCL1;

END

ELSE

BEGIN

ML2:=2.88*LONGDES2;

ML3:=2.88*(LT2-(LONGVER1+LONGDES2))+2.168*((LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)-LT2);

END;

END;

ER:=0.00000173328DENNBIBIN*(AP-A2)*((LT1/A2)+(LT2/A1));

EP:=4E-078ALFAD*(LT1+LT2)*((ML1+ML2+ML3)/A2);

APAR:=AP-A2;

GOT:=0.14848AP*(LONGVAR+EP-ER)*EPM;

END

ELSE

IF MDV=3 THEN

IF (N[1]=0.625) AND (N[2]=0.75) AND (N[3]=0.875) THEN

BEGIN

V1:=0.627-0.139*AP;

R2:=0.199+0.0375*AP;

R3:=0.175+0.0655*AP;

A3:=(PI*SQRT(N[1]))/4;

A2:=(PI*SQRT(N[2]))/4;

A1:=(PI*SQRT(N[3]))/4;

```

.LT1:=R2*LT2;
LT2:=R2*LT1;
LT3:=LTOR3;
COEF1:=LONGVER1/LT3;
IF COEF1=1 THEN
  BEGIN
    ML1:=2.16*LT3;
    COEF1:=(LONGVER1+LONGDES2)/(LT3+LT2);
    IF COEF1=1 THEN
      BEGIN
        ML2:=1.63*LONGDES2;
        ML3:=1.16*LONGINCL1;
      END
    ELSE
      IF COEF1>1 THEN
        BEGIN
          ML2:=1.63*((LT3+LT2)-LONGVER1)+1.16*((LONGVER1+LONGDES2)-(LT3+LT2));
          ML3:=1.16*LONGINCL1;
        END
      ELSE
        BEGIN
          ML2:=1.63*LONGDES2;
          ML3:=1.63*((LT3+LT2)-(LONGVER1+LONGDES2))+1.16*(LT-(LT3+LT2));
        END
      END
    END
  ELSE
    IF COEF>1 THEN
      BEGIN
        ML1:=2.16*LT3+1.63*(LONGVER1-LT3);
        COEF1:=(LONGVER1+LONGDES2)/(LT3+LT2);
        IF COEF1=1 THEN
          BEGIN
            ML2:=1.63*LONGDES2;
            ML3:=1.16*LONGINCL1;
          END
        ELSE
          IF COEF1>1 THEN
            BEGIN
              ML2:=1.63*((LT3+LT2)-LONGVER1)+1.16*((LONGVER1+LONGDES2)-(LT3+LT2));
              ML3:=1.16*LONGINCL1;
            END
          ELSE
            BEGIN
              ML2:=1.63*LONGDES2;
              ML3:=1.63*((LT3+LT2)-(LONGVER1+LONGDES2))+1.16*(LT-(LT3+LT2));
            END
          END
        END
      ELSE
        BEGIN
          ML1:=2.16*LONGVER1;
          COEF1:=(LONGVER1+LONGDES2)/(LT3+LT2);
          IF COEF1=1 THEN
            BEGIN
              ML2:=2.16*(LT3-LONGVER1)+1.63*LT2;
              ML3:=1.16*LT1;
            END
          ELSE
            IF COEF1>1 THEN
              BEGIN
                ML2:=2.16*(LT3-LONGVER1)+1.63*LT2+1.16*((LONGVER1+LONGDES2)-(LT3+LT2));
                ML3:=1.16*LONGINCL1;
              END
            ELSE
              BEGIN
                COEF2:=(LONGVER1+LONGDES2)/LT3;
                IF COEF2=3 THEN

```

```

      ML2:=2.16*LONGDES2;
      ML3:=1.63*LT2+1.16*LT1;
    END
  ELSE
    BEGIN
      ML2:=2.16*LONGDES2;
      ML3:=2.16*(LT3-(LONGVER1+LONGDES2))+1.63*LT2+1.16*LT1;
    END;
  END;
END;
ER:=0.0000017328*DEMNIDIM*(AP-A3)*((LT1/A3)+(LT2/A2)+(LT3/A1));
EP:=4E-078ALFALTB*(ML1+ML2+ML3)/A3;
APAR:=AP-A3;
GOT:=0.14048AP*(LONGVAR+EP-ER)*EPM;
END
ELSE
  BEGIN
    R1:=0.664-0.0094AP;
    P2:=0.181+0.0478AP;
    R3:=0.155+0.0416AP;
    A3:=(PI*GOR(N(1)))/4;
    A2:=(PI*GOR(N(2)))/4;
    A1:=(PI*GOR(N(3)))/4;
    LT1:=LTOR1;
    LT2:=LTOR2;
    LT3:=LT-(LT1+LT2);
    COEF:=LONGVER1/LT3;
    IF COEF=1 THEN
      BEGIN
        ML1:=2.88*LT3;
        COEF1:=(LONGVER1+LONGDES2)/(LT3+LT2);
        IF COEF1=1 THEN
          BEGIN
            ML2:=2.16*LONGDES2;
            ML3:=1.63*LONGINCL1;
          END
        ELSE
          IF COEF1>1 THEN
            BEGIN
              ML2:=2.16*((LT3+LT2)-LONGVER1)+1.63*((LONGVER1+LONGDES2)-(LT3+LT2));
              ML3:=1.63*LONGINCL1;
            END
          ELSE
            BEGIN
              ML2:=2.16*LONGDES2;
              ML3:=2.16*((LT3+LT2)-(LONGVER1+LONGDES2))+1.14*(LT-(LT3-LT2));
            END
          END
        END
      END
    ELSE
      IF COEF>1 THEN
        BEGIN
          ML1:=2.88*LT3+2.16*(LONGVER1-LT3);
          COEF1:=(LONGVER1+LONGDES2)/(LT3+LT2);
          IF COEF1=1 THEN
            BEGIN
              ML2:=2.16*LONGDES2;
              ML3:=1.63*LONGINCL1;
            END
          ELSE
            IF COEF1>1 THEN
              BEGIN
                ML2:=2.16*((LT3+LT2)-LONGVER1)+1.63*((LONGVER1+LONGDES2)-(LT3-LT2));
                ML3:=1.63*LONGINCL1;
              END
            ELSE
              END
          END
        END
      ELSE
        END
    END
  END

```

```

WGTW
ML2:=2.160LONGBES2;
ML3:=2.160((LT3+LT2)-(LONGVER1+LONGBES2))+1.630(LT-(LT3+LT2));
END

```

```
END
```

```
ELSE
```

```
BEGIN
```

```

ML1:=2.080LONGVER1;
COEF1:=(LONGVER1+LONGBES2)/(LT3+LT2);
IF COEF1=1 THEN

```

```
  BEGIN
```

```

    ML2:=2.080(LT3-LONGVER1)+2.160LT2;
    ML3:=1.630LT1;

```

```
  END
```

```
  ELSE
```

```
    IF COEF1>1 THEN
```

```
      BEGIN
```

```

        ML2:=2.080(LT3-LONGVER1)+2.160LT2+1.630((LONGVER1+LONGBES2)-(LT3+LT2));
        ML3:=1.630LONGBES2;

```

```
      END
```

```
    ELSE
```

```
      BEGIN
```

```

        COEF2:=(LONGVER1+LONGBES2)/LT3;

```

```
        IF COEF2=1 THEN
```

```
          BEGIN
```

```

            ML2:=2.080LONGBES2;
            ML3:=2.160LT2+1.630LT1;

```

```
          END
```

```
        ELSE
```

```
          BEGIN
```

```

            ML2:=2.080LONGBES2;
            ML3:=2.080(LT3-(LONGVER1+LONGBES2))+2.160LT2+1.630LT1;

```

```
          END;

```

```
      END;

```

```
END;
```

```
ER:=0.000001733320DEN*NI*DIMB(AP-AS)*((LT1/AS)+(LT2/A2)+(LT3/A1));
```

```
EP:=4E-078ALFABLT0*(ML1+ML2+ML3)/AS;
```

```
APAR:=AP-AS;
```

```
QOT:=0.16048AP0(LONGVAR+EP-ER)*SEPH;
```

```
END;
```

```
END; ( fin de slant2)
```

```
PROCEDURE DATOS;
```

```
BEGIN
```

```
  CLSCLR;
```

```
  WRITELN('  PROPORCIONA LOS SIGUIENTES DATOS ( P0): TIPO SLANT ');
```

```
  WRITELN('  -----');
```

```
  REPEAT
```

```
    GOTOXY(05,03);
```

```
    WRITE(' 1.- DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE : ');
```

```
    GOTOXY(WHERE1-10,03);
```

```
    READ(DEN);
```

```
    IF (DEN<0.5) OR (DEN>2) THEN
```

```
      MENSAJEEROR(04,05);
```

```
  UNTIL (DEN)=0.5 AND (DEN)=2.0);
```

```
  REPEAT
```

```
    GOTOXY(05,04);
```

```
    WRITE(' 2.- LONGITUD VERTICAL ANTES DE INICIAR DESVIACION EN PIES : ');
```

```
    GOTOXY(WHERE1-10,04);
```

```
    READ(LONGVER1);
```

```
    IF (LONGVER1<=0) OR (LONGVER1>=0000) THEN
```

```
      MENSAJEEROR(05,05);
```

```
  UNTIL (LONGVER1>0) AND (LONGVER1<=0000);
```

```
  REPEAT
```

```
    GOTOXY(05,05);
```

```
    WRITE(' 3.- LONGITUD DE LA ZONA DE DESVIACION EN PIES : ');
```



```

GOTOXY(WHEREX-10,05);
READ(LONGDES2);
IF (LONGDES2<=0) OR (LONGDES2>20000) THEN
  MENSAJEERROR(06,05);
UNTIL (LONGDES2>0) AND (LONGDES2<=20000);
REPEAT
  GOTOXY(05,06);
  WRITE(' 4.- GRADOS DE DESV. POR CADA 100 PIES EN LA ZONA ARQUEADA : ');
  GOTOXY(WHEREX-10,06);
  READ(GRADOS1);
  IF (GRADOS1<0) OR (GRADOS1>90) THEN
    MENSAJEERROR(07,05);
UNTIL (GRADOS1>=0) AND (GRADOS1<=90);
REPEAT
  GOTOXY(05,07);
  WRITE(' 5.- MAXIMO ANGULO ALCANZADO EN LA PARTE ARQUEADA : ');
  GOTOXY(WHEREX-10,07);
  READ(MAXANG1);
  IF (MAXANG1<0) OR (MAXANG1>90) THEN
    MENSAJEERROR(08,05);
UNTIL (MAXANG1>=0) AND (MAXANG1<=90);
REPEAT
  GOTOXY(05,08);
  WRITE(' 6.- COEFICIENTE DE FRICCION EN LA PARTE ARQUEADA : ');
  GOTOXY(WHEREX-10,08);
  READ(MU2);
  IF (MU2<0) OR (MU2>10) THEN
    MENSAJEERROR(09,05);
UNTIL (MU2>=0) AND (MU2<=10);
REPEAT
  GOTOXY(05,09);
  WRITE(' 7.- LONGITUD DE LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDO EN PIES : ');
  GOTOXY(WHEREX-10,09);
  READ(LONGINCL1);
  IF (LONGINCL1<0) OR (LONGINCL1>20000) THEN
    MENSAJEERROR(10,05);
UNTIL (LONGINCL1>=0) AND (LONGINCL1<=20000);
REPEAT
  GOTOXY(05,10);
  WRITE(' 8.- COEFICIENTE DE FRICCION EN LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDO : ');
  GOTOXY(WHEREX-10,10);
  READ(MU3);
  IF (MU3<=0) OR (MU3>10) THEN
    MENSAJEERROR(11,05);
UNTIL (MU3>0) AND (MU3<=10);
REPEAT
  GOTOXY(05,11);
  WRITE(' 9.- CARRERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS : ');
  GOTOXY(WHEREX-10,11);
  READ(LONGVAR);
  IF (LONGVAR<0) OR (LONGVAR>200) THEN
    MENSAJEERROR(12,05);
UNTIL (LONGVAR>=0) AND (LONGVAR<=200);
REPEAT
  GOTOXY(05,12);
  WRITE('10.- DIAMETRO DEL ENDOLO DE LA BOMBA EN PULGADAS : ');
  GOTOXY(WHEREX-10,12);
  READ(DIAEMB);
  IF (DIAEMB<=0) OR (DIAEMB>5) THEN
    MENSAJEERROR(13,05);
UNTIL (DIAEMB>0) AND (DIAEMB<=5);
REPEAT
  GOTOXY(05,13);
  WRITE('11.- VELOCIDAD DE BOMBEO EN EMBOIADAS POR MINUTO : ');
  GOTOXY(WHEREX-10,13);
  READ(EPM);

```

```

IF (EPH<0) OR (EPH>30) THEN
  MENSAJEERROR(14,05);
UNTIL (EPH=0) AND (EPH=30);
REPEAT
  GOTOXY(05,14);
  WRITE('12.- NIVEL DINAMICO VERTICAL EN T.R. EN PIES : ');
  GOTOXY(WHEREY-10,14);
  READ(NIDIM);
  IF (NIDIM=0) OR (NIDIM<LONGVERI+LONGINCLI+LONGDES2) THEN
    MENSAJEERROR(15,05);
UNTIL (NIDIM=0) AND (NIDIM<LONGVERI+LONGINCLI+LONGDES2);
REPEAT
  GOTOXY(05,15);
  WRITE('13.- PROFUNDIDAD VERTICAL DE COLOCACION DE LA BOMBA EN PIES : ');
  GOTOXY(WHEREY-10,15);
  READ(PROFVB);
  IF (PROFVB<0) OR (PROFVB<LONGVERI+LONGINCLI+LONGDES2+NIDIM) THEN
    MENSAJEERROR(16,05);
UNTIL (PROFVB>0) AND (PROFVB<LONGVERI+LONGINCLI+LONGDES2+NIDIM);
REPEAT
  GOTOXY(05,16);
  WRITE('14.- CONTRAPRESION EN LA BOCA DEL POZO EN PSIA : ');
  GOTOXY(WHEREY-10,16);
  READ(PRESB);
  IF (PRESB<0) OR (PRESB>500) THEN
    MENSAJEERROR(17,05);
UNTIL (PRESB>0) AND (PRESB<=500);
WRITELN;
REPEAT
  GOTOXY(05,17);
  WRITE('NUMERO DE DIAMETROS DE VARILLA ( MAXIMO 3 ) : ');
  GOTOXY(WHEREY-10,17);
  READ(NDV);
  IF (NDV<1) OR (NDV>4) THEN
    MENSAJEERROR(18,05);
UNTIL (NDV>=1) AND (NDV<=4);
IF NDV=1 THEN
  BEGIN
    WRITE(' DIAMETRO ',I,' EN PULGADAS = ');
    READ(M[1]);
    SLANT1;
  END
ELSE
  BEGIN
    WRITELN(' PROPORCIONALOS DE MANERA ASCENDENTE');
    FOR I=1 TO NDV DO
      BEGIN
        WRITE(' DIAMETRO ',I,' EN PULGADAS = ');
        READ(M[I]);
      END;
    SLANT2;
  END;
END;{ fin de datos3}

```

PROCEDUPE UCOMV2;

BEGIN

```

TETA1:=MU2*(1-COS(C(MAXANG1)));
TETA2:=(MU2*SR(V)*HAIANG1)/(32.2*OR);
TETA3:=(HL1+HL2+HL3)*ALFA;
TETA4:=(SIN(C(MAXANG1))+TETA1+TETA2);
WMAX:=(HL1+HL2)*TETA4+HL3*(MU3*SIN(C(MAXANG1))+COS(C(MAXANG1)))*(1+ALFA-0.126202*DEN)+0.433*DEN*PROFVB*CAPAR;
WMIN:=(HL1+HL2)*SIN(C(MAXANG1))-TETA1-TETA2+HL3*(COS(C(MAXANG1))-M)*SIN(C(MAXANG1))*(1-ALFA-0.1273*DEN);
CT:=0.5*(WMAX+WMIN);
TP:=(WMAX-0.95*CT)*LONGVAR/2;
LM:=NIDIM+(2.31*PRESB/DEN);
HM:=7.36E-06*QOT*DEN*LN;

```

```

MF=6.31E-07*(ML1*ML2*(SIN(C(MAXANG1)))+TETA1+TETA2)+ML3*(MU3*(SIN(C(MAXANG1)))+COS(C(MAXANG1)))*(LONGVAR1*PW);
HB:=1.5*(MH+HF);
END; { fin de uconv2}

```

```

PROCEDURE AERBAL2;

```

```

BEGIN
  TETA1:=(MU2*(1-COS(C(MAXANG1)))));
  TETA2:=(MU2*(SQR(V)*HMAXANG1)/(32.21R));
  TETA3:=(ML1+ML2+ML3)*ALFA;
  TETA4:=(SIN(C(MAXANG1)))+TETA1+TETA2);
  WMAX:=(ML1+ML2*TETA4+ML3*(MU3*(SIN(C(MAXANG1)))+COS(C(MAXANG1))))*(1+0.7*ALFA-0.12620*(DEN))+0.433*(DEN)*PROFVDB*APAR;
  WMIN:=(ML1+ML2*(SIN(C(MAXANG1)))-TETA1-TETA2)+ML3*(COS(C(MAXANG1)))-MU*(SIN(C(MAXANG1))))*(1-1.3*ALFA-0.1273*(DEN));
  CT:=(1.06*(WMAX+WMIN))/2;
  TP:=(WMAX-0.95*CT)*(LONGVAR/2);
  LW:=WIDIM*(2.31*(PRESB/DEN));
  MH:=7.36E-06*(OOT*DEN*LN);
  HF:=6.31E-07*(ML1+ML2*(SIN(C(MAXANG1)))+TETA1+TETA2)+ML3*(MU3*(SIN(C(MAXANG1)))+COS(C(MAXANG1)))*(LONGVAR*EPM);
  HB:=1.5*(MH+HF);
END; { fin de aerbal2}

```

```

PROCEDURE UMARI12;

```

```

BEGIN
  TETA1:=(MU2*(1-COS(C(MAXANG1)))));
  TETA2:=(MU2*(SQR(V)*HMAXANG1)/(32.21R));
  TETA3:=(ML1+ML2+ML3)*ALFA;
  TETA4:=(SIN(C(MAXANG1)))+TETA1+TETA2);
  WMAX:=(ML1+ML2*TETA4+ML3*(MU3*(SIN(C(MAXANG1)))+COS(C(MAXANG1))))*(1+0.6*ALFA-0.12620*(DEN))+0.433*(DEN)*PROFVDB*APAR;
  WMIN:=(ML1+ML2*(SIN(C(MAXANG1)))-TETA1-TETA2)+ML3*(COS(C(MAXANG1)))-MU*(SIN(C(MAXANG1))))*(1-1.4*ALFA-0.1273*(DEN));
  CT:=(1.04*(WMAX+1.25*WMIN))/2;
  TP:=(WMAX-0.95*CT)*(LONGVAR/2);
  LW:=WIDIM*(2.31*(PRESB/DEN));
  MH:=7.36E-06*(OOT*DEN*LN);
  HF:=6.31E-07*(ML1+ML2*(SIN(C(MAXANG1)))+TETA1+TETA2)+ML3*(MU3*(SIN(C(MAXANG1)))+COS(C(MAXANG1)))*(LONGVAR*EPM);
  HB:=1.5*(MH+HF);
END; { fin de uuar12}

```

```

PROCEDURE CUADRO(PX, PY, LH, LV: INTEGER);

```

```

VAR
  I: INTEGER;
BEGIN
  GOTOXY(PX, PY);
  WRITE(CHR(201));
  FOR I:=1 TO LH DO
    WRITE(CHR(205));
  WRITE(CHR(167));
  GOTOXY(WHEREX-1, WHEREY+1);
  FOR I:=1 TO LV DO
    BEGIN
      WRITE(CHR(166));
      GOTOXY(WHEREX-1, WHEREY+1);
    END;
  WRITE(CHR(188));
  GOTOXY(PX, PY+1);
  FOR I:=1 TO LV DO
    BEGIN
      WRITE(CHR(186));
      GOTOXY(WHEREX-1, WHEREY+1);
    END;
  WRITE(CHR(200));
  FOR I:=1 TO LH DO
    WRITE(CHR(205));
  END;

```

PROCEDURE PANTALLA;

```
BEGIN
  CLRSCL;
  GOTOY(01,02);
  WRITELN(' :15,'LONGITUDES DE VARILLAS POR DIAMETRO PROPORCIONADO:');
  WRITELN;
  WRITELN(' :18,'L1=',LT1:5:0,' pies de varilla de ',M[1]:4:3,' Pulgadas');
  WRITELN(' :18,'L2=',LT2:5:0,' pies de varilla de ',M[2]:4:3,' Pulgadas');
  WRITELN(' :18,'L3=',LT3:5:0,' pies de varilla de ',M[3]:4:3,' Pulgadas');
  GOTOY(01,10);
  WRITELN(' :25,'UNIDAD', ' :11,'UNIDAD', ' :11,'UNIDAD');
  WRITELN(' :22,'CONVENCIONAL', ' AEROBALANCEADA MARK II');
  GOTOY(01,14);
  WRITELN(' Máxima carga', ' :56,'(lb)');
  WRITELN(' Mínima carga', ' :56,'(lb)');
  WRITELN(' Contrabalanceo', ' :54,'(lb)');
  WRITELN(' Par de Torsión', ' :54,'(lb-pg)');
  WRITELN(' Est. en var. sup.', ' :51,'(lb/pg^2)');
  WRITELN(' Motor', ' :63,'(hp)');
  WRITELN(' Gasto en la bomba', ' :51,'(bi/dia)');
  CUADRO(1,1,77,22);
  CUADRO(22,12,12,9);
  CUADRO(39,12,12,9);
  CUADRO(56,12,12,9);
END;
```

PROCEDURE IMPRIME(COLUMNA:INTEGER);

```
BEGIN
  GOTOY(COLUMNA,14);
  WRITE(MMAX:6:0);
  GOTOY(COLUMNA,15);
  WRITE(MMIN:6:0);
  GOTOY(COLUMNA,16);
  WRITE(CT:6:0);
  GOTOY(COLUMNA,17);
  WRITE(JP:6:0);
  GOTOY(COLUMNA,18);
  WRITE(MMAX/A1:6:0);
  GOTOY(COLUMNA,19);
  WRITE(HB:6:0);
  GOTOY(COLUMNA,20);
  WRITE(GM:6:0);
END;
```

ti : : : : : programa principal

BT: IN

(ITP):='S';

WHILE UPFASE(OTR)='S' DO

BEGIN

INICIALIZA;

DATOS;

PANTALLA;

UCONV2;

IMPRIME(26);

AEPRA2;

IMPRIME(43);

UMARI2;

IMPRIME(60);

BANDERA:=TRUE;

GOTOY(15,23);

WRITE('Desea hacer otro diseño con este método? [S/N] ');

WHILE BANDERA DO

BEGIN

GOTOY(WHEREY,WHFREY);

OTR:=READKEY;

```
IF (UPCASE(OTRO)='SI') OR (UPCASE(OTRO)='NO') THEN  
  BANDERA:=FALSE;
```

```
END;
```

```
END;
```

```
END.
```

(fin del programa principal)

TYPE S FAS
PROGRAM S1

USES

CRT,DOS;

CONST

TN=30000000;

VAR

N: APRAY[1..5] OF REAL;
TIPO, I, K, NDV: INTEGER;
DEN, LONGVAR, DIAEMB, EPM, MIDIM,
PROFVB, LONGVER1, LONGDES2, LONGINCL1, MU2, PROFB: REAL;
AP, V, ALFA, LT, R1, R2, R3, R4, A1, A2, A3, A4, ER, EP, SP, GOT, MU3,
LT1, LT2, LT3, ML1, ML2, ML3, ML4, APAR, COEF,
COEF1, COEF2, AR, COEF11, TETA4, TETA5, TETA6: REAL;
TETA1, TETA2, TETA3, WMAX, WMIN, CT, TP, LM, MH, HF, HB: REAL;
PRESB, GRADES1, GRADES2, NIANG1, NIANG2, LONGDES4, LONGDES5, MU4: REAL;
RR1, RR2, ML5, COEF3, COEF4, COEF5: REAL;
OTRO: CHAR;
BANDEPA: BOOLEAN;

FUNCTION C(ARG: REAL): REAL;

BEGIN

C:=ARG*(PI/180);

END;

PROCEDURE INICIALIZA;

BEGIN

FOR K:=1 TO 5 DO

MEK:=0.0;

DEN:=0.0; LONGVAR:=0.0; DIAEMB:=0.0; EPM:=0.0; MIDIM:=0.0;

PROFVB:=0.0; LONGVER1:=0.0; LONGDES2:=0.0; TETA4:=0.0; TETA5:=0.0;

LONGINCL1:=0.0; MU2:=0.0; AP:=0.0; V:=0.0; ALFA:=0.0; TETA6:=0.0;

LT:=0.0; R1:=0.0; R2:=0.0; R3:=0.0; R4:=0.0; A1:=0.0; A2:=0.0; A3:=0.0;

A4:=0.0; ER:=0.0; EP:=0.0; SP:=0.0; GOT:=0.0; LT1:=0.0; LT2:=0.0;

LT3:=0.0; ML1:=0.0; COEF11:=0.0; MU3:=0.0;

ML2:=0.0; ML3:=0.0; ML4:=0.0; APAR:=0.0; COEF:=0.0; COEF1:=0.0;

COEF2:=0.0; AR:=0.0; TETA1:=0.0; TETA2:=0.0; TETA3:=0.0; WMAX:=0.0;

WMIN:=0.0; CT:=0.0; TP:=0.0; LM:=0.0; MH:=0.0; HF:=0.0; HB:=0.0;

PRESB:=0.0; GRADES1:=0.0; GRADES2:=0.0; NIANG1:=0.0; NIANG2:=0.0; LONGDES4:=0.0; LONGDES5:=0.0;

MU4:=0.0; RR1:=0.0; RR2:=0.0; ML5:=0.0; COEF3:=0.0; COEF4:=0.0;

END;

PROCEDURE MENSAJEERROR(COL, REN: INTEGER);

VAR

TECLA: CHAR;

BEGIN

GOTOXY(PEN, COL);

WRITELN(' Error, dato fuera de rango');

WRITELN(' Oprima cualquier tecla para continuar');

TECLA:=PEADKEY;

GOTOXY(REN, COL);

WRITELN(' ');

WRITELN(' ');

END;

PROCEDURE ESE1;

BEGIN

AR:=(PI*SOR(N[1]))/4;

AP:=(PI*SOR(DIAEMB))/4;

APAR:=AP-AR;

ALFA:=(LONGVAR*SOR(EPM))/70500;

V:=0.00436334*LONGVAR*EPM;

```
PK1:=180*100/(PI*GRADES*SV1);
PR2:=180*100/(PI*GRADES*SV2);
ER:=0.0000017332*DEN*NIDIMAPAR*PROFVR/AP;
IF N(1)=0.625 THEN
```

```
  BEGIN
```

```
    ML1:=1.16*LONGVER1;
    ML2:=1.16*LONGDES2;
    ML3:=1.16*LONGIMCL1;
    ML4:=1.16*LONGDES4;
    ML5:=1.16*LONGDES5;
```

```
  END
```

```
ELSE
```

```
  IF N(1)=0.75 THEN
```

```
    BEGIN
```

```
      ML1:=1.63*LONGVER1;
      ML2:=1.63*LONGDES2;
      ML3:=1.63*LONGIMCL1;
      ML4:=1.63*LONGDES4;
      ML5:=1.63*LONGDES5;
```

```
    END
```

```
  ELSE
```

```
    IF N(1)=0.875 THEN
```

```
      BEGIN
```

```
        ML1:=2.16*LONGVER1;
        ML2:=2.16*LONGDES2;
        ML3:=2.16*LONGIMCL1;
        ML4:=2.16*LONGDES4;
        ML5:=2.16*LONGDES5;
```

```
      END
```

```
    ELSE
```

```
      BEGIN
```

```
        ML1:=2.88*LONGVER1;
        ML2:=2.88*LONGDES2;
        ML3:=2.88*LONGIMCL1;
        ML4:=2.88*LONGDES4;
        ML5:=2.88*LONGDES5;
```

```
      END;
```

```
LT1:=LONGVER1+LONGDES2+...01MCL1+LONGDES4+LONGDES5;
```

```
EP2:=4E-07*ALFAB*LT1*(ML1+ML2+ML3+...L4+ML5)/AR;
```

```
SP:=LONGVAR+EP-ER;
```

```
QOT:=0.1486*AP*SP*EPM;
```

```
A1:=AR;
```

```
END; (fin de esol )
```

```
PROCEDURE ESF2;
```

```
  BEGIN
```

```
    AP:=(PI*SQ(DIAMB))/4;
```

```
    ALFA:=(LONGVAR*SQ(EPM))/70500;
```

```
    V:=0.0043633*LONGVAR*EPM;
```

```
    PR1:=180*100/(PI*GRADES*SV1);
```

```
    PR2:=180*100/(PI*GRADES*SV2);
```

```
    LT:=LONGVER1+LONGDES2+LONGIMCL1+LONGDES4+LONGDES5;
```

```
    IF NDV=2 THEN
```

```
      IF (N(1)=0.625) AND (N(2)=0.75) THEN
```

```
        BEGIN
```

```
          R1:=0.759-0.086*AP;
```

```
          R2:=0.241+0.086*AP;
```

```
          A1:=(PI*SQ(N(1)))/4;
```

```
          A2:=(PI*SQ(N(2)))/4;
```

```
          LT1:=R1*LT;
```

```
          LT2:=R2*LT;
```

```
          COEF:=LONGVER1/LT2;
```

```
          IF COEF=1 THEN
```

```
            BEGIN
```

```
              ML1:=1.63*LT2;
```

```
ML2:=1.16#LONGDES2;  
ML3:=1.16#LONGINCL1;  
ML4:=1.16#LONGDES4;  
ML5:=1.16#LONGDES5;
```

END

ELSE

IF COEF>1 THEN

BEGIN

```
ML1:=1.63#LT2+1.16#(LONGVER1-LT2);  
ML2:=1.16#LONGDES2;  
ML3:=1.16#LONGINCL1;  
ML4:=1.16#LONGDES4;  
ML5:=1.16#LONGDES5;
```

END

ELSE

BEGIN

```
ML1:=1.63#LONGVER1;  
COEF1:=(LONGVER1+LONGDES2)/LT2;  
IF COEF1=1 THEN  
  BEGIN  
    ML2:=1.63#LONGDES2;  
    ML3:=1.16#LONGINCL1;  
    ML4:=1.16#LONGDES4;  
    ML5:=1.16#LONGDES5;
```

END

ELSE

IF COEF1>1 THEN

BEGIN

```
ML2:=1.63#(LT2-LONGVER1)+1.16#((LONGVER1+LONGDES2)-LT2);  
ML3:=1.16#LONGINCL1;  
ML4:=1.16#LONGDES4;  
ML5:=1.16#LONGDES5;
```

END

ELSE

BEGIN

```
ML2:=1.63#LONGDES2;  
COEF2:=(LONGVER1+LONGDES2)/LONGINCL1;  
IF COEF2=1 THEN  
  BEGIN  
    ML3:=1.63#LONGINCL1;  
    ML4:=1.16#LONGDES4;  
    ML5:=1.16#LONGDES5;
```

END

ELSE

IF COEF2>1 THEN

BEGIN

```
ML3:=1.63#(LT2-(LONGVER1+LONGDES2))+1.16#((LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)-LT2);  
ML4:=1.16#LONGDES4;  
ML5:=1.16#LONGDES5;
```

END

ELSE

BEGIN

```
ML3:=1.63#LONGINCL1;  
COEF3:=(LT-LONGDES5)/LT2;  
IF COEF3=1 THEN  
  BEGIN  
    ML4:=1.63#LONGDES4;  
    ML5:=1.16#LONGDES5;
```

END

ELSE

IF COEF3>1 THEN

BEGIN

```
ML4:=1.63#(LT2-(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1))+1.16#((LT-LONGDES5)-LT2);  
ML5:=1.16#LONGDES5;
```

END

ELSE


```
BEGIN
  ML4:=1.63*LONGDES4;
  ML5:=1.63*(LT2-(LT-LONGRFSV5))+1.16*LT1;
END;
```

```
END;
```

```
END;
```

```
END;
```

```
EP:=0.6000001733*0DIN0N0R0IM0*AP-A1*(11/A1)+(17/A2);
```

```
IP:=4E-07*AI*ABLI0*(MI1*MI2+MI3*MI4+MI5)/AI;
```

```
APAV:=AP-A1;
```

```
QIT:=0.14R4R4P0(AP+EP-ER)0EPN;
```

```
END
```

```
ELSE
```

```
IF (N[1]=0.750) AND (N[2]=0.875) THEN
```

```
  BEGIN
```

```
    R1:=0.786-0.0566*AP;
```

```
    R2:=0.214+0.0566*AP;
```

```
    A1:=(PI*RSQR(N[1]))/4;
```

```
    A2:=(PI*RSQR(N[2]))/4;
```

```
    LT1:=R1*LT;
```

```
    LT2:=(LT-LT1);
```

```
    COEF:=LONGVER1/LT1;
```

```
    IF COEF=1 THEN
```

```
      BEGIN
```

```
        ML1:=2.16*LT2;
```

```
        ML2:=1.63*LONGDES2;
```

```
        ML3:=1.63*LONGINCL1;
```

```
        ML4:=1.63*LONGDES4;
```

```
        ML5:=1.63*LONGDES5;
```

```
      END
```

```
    ELSE
```

```
      IF COEF>1 THEN
```

```
        BEGIN
```

```
          ML1:=2.16*LT2+1.63*(LONGVER1-LT2);
```

```
          ML2:=1.63*LONGDES2;
```

```
          ML3:=1.63*LONGINCL1;
```

```
          ML4:=1.63*LONGDES4;
```

```
          ML5:=1.63*LONGDES5;
```

```
        END
```

```
      ELSE
```

```
        BEGIN
```

```
          ML1:=2.16*LONGVER1;
```

```
          COEF1:=(LONGVER1+LONGDES2)/LT2;
```

```
          IF COEF1=1 THEN
```

```
            BEGIN
```

```
              ML2:=2.16*LONGDES2;
```

```
              ML3:=1.63*LONGINCL1;
```

```
              ML4:=1.63*LONGDES4;
```

```
              ML5:=1.63*LONGDES5;
```

```
            END
```

```
          ELSE
```

```
            IF COEF1>1 THEN
```

```
              BEGIN
```

```
                ML2:=2.16*(LT2-LONGVER1)+1.63*((LONGVER1+LONGDES2)-LT2);
```

```
                ML3:=1.63*LONGINCL1;
```

```
                ML4:=1.63*LONGDES4;
```

```
                ML5:=1.63*LONGDES5;
```

```
              END
```

```
            ELSE
```

```
              BEGIN
```

```
                ML2:=2.16*LONGDES2;
```

```
                COEF2:=(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)/LT2;
```

```
                IF COEF2=1 THEN
```

```
                  BEGIN
```

```
                    ML3:=2.16*LONGINCL1;
```

```
                    ML4:=1.63*LONGDES4;
```

```

WESTA1,63VLOWGDESVS;
END
ELSE IF COEF2>1 THEN
BEGIN
ML3:=2.16*(LT2-(LONGVER1+LOWGDES2))+1.63*((LONGVER1+LOWGDES2+LOWGINCL1)-LT2);
ML4:=1.63*LOWGDES4;
ML5:=1.63*LOWGDESVS;
END
ELSE
BEGIN
ML3:=2.16*LOWGINCL1;
COEF3:=(LT-LOWGDESVS)/LT2;
IF COEF3=1 THEN
BEGIN
ML4:=2.16*LOWGDES4;
ML5:=1.63*LOWGDESVS;
END
ELSE IF COEF3>1 THEN
BEGIN
ML4:=2.63*(LT2-(LONGVER1+LOWGDES2+LOWGINCL1))+1.63*((LT-LOWGDESVS)-LT2);
ML5:=1.63*LOWGDESVS;
END
ELSE
BEGIN
ML4:=2.16*LOWGDES4;
ML5:=2.16*(LT2-(LT-LOWGDESVS))+1.63*LT1;
END;
END;
END;
END;
ER:=0.00000017332*DEN*INDIG((AP-A1)*((LT1/A1)+(LT2/A2)));
EP:=4E-07*ALFAULT*(ML1+ML2+ML3+ML4+ML5)/A1;
APR:=AP-A1;
QOT:=0.1484*AP*(LOWGVAR+EP-ER)*EPM;
END
ELSE
BEGIN
R1:=0.815-0.0375*AP;
R2:=0.196+0.0375*AP;
A1:=(PI*SQR(W[1]))/4;
A2:=(PI*SQR(W[2]))/4;
LT1:=R1*LT;
LT2:=LT-LT1;
COEF:=LONGVER1/LT1;
IF COEF=1 THEN
BEGIN
ML1:=2.88*LT2;
ML2:=2.16*LOWGDES2;
ML3:=2.16*LOWGINCL1;
ML4:=2.16*LOWGDES4;
ML5:=2.16*LOWGDESVS;
END
ELSE
IF COEF>1 THEN
BEGIN
ML1:=2.88*LONGVER1;
COEF1:=(LONGVER1+LOWGDES2)/LT2;
IF COEF1=1 THEN
BEGIN
ML2:=2.88*LOWGDES2;
ML3:=2.16*LOWGINCL1;
ML4:=2.16*LOWGDES4;
ML5:=2.26*LOWGDESVS;
END
END
END

```

```

LSE
  IF COEF1>1 THEN
    BEGIN
      ML2:=2.88*(LT2-LONGVER1)+2.16*((LOWOVER1+LONGDES2)-LT2);
      ML3:=2.16*LONGINCL1;
      ML4:=2.16*LONGDES4;
      ML5:=2.16*LONGDES5;
    END
  ELSE
    BEGIN
      ML2:=2.88*LONGDES2;
      COEF2:=(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)/LT2;
      IF COEF2=1 THEN
        BEGIN
          ML3:=2.88*LONGINCL1;
          ML4:=2.16*LONGDES4;
          ML5:=2.16*LONGDES5;
        END
      ELSE
        IF COEF2>1 THEN
          BEGIN
            ML3:=2.88*(LT2-(LONGVER1+LONGDES2))+2.16*((LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)-LT2);
            ML4:=2.16*LONGDES4;
            ML5:=2.16*LONGDES5;
          END
        ELSE
          BEGIN
            ML3:=2.88*LONGINCL1;
            COEF3:=(LT-LONGDES5)/LT2;
            IF COEF3=1 THEN
              BEGIN
                ML4:=2.88*LONGDES4;
                ML5:=2.16*LT1;
              END
            ELSE
              IF COEF3>1 THEN
                BEGIN
                  ML4:=2.88*((LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)-LT2)+2.16*(LT2-(LT-LONGDES5));
                  ML5:=2.16*LONGDES5;
                END
              ELSE
                BEGIN
                  ML4:=2.88*LONGDES4;
                  ML5:=2.88*(LT2-(LT-LONGDES5))+2.16*LT1;
                END
              END;
            END;
          END;
        END;
      END;
    END;
  END;

```

END;

ER:=0.000000173320DENIMIDIMB(AP-A1)*((LT1/A1)+(LT2/A2));

EP:=-4E-078ALFADLT0*(ML1+ML2+ML3+ML4+ML5)/A1;

APAR:=AP-A1;

WOT:=0.1684AP0*(LONGVAR+EP-ER)*EPM;

END

END;(fin de use2)

PROCEDURE ESE3;

BEGIN

IF NDV=3 THEN

AP:=(PI0SOR(DTAEND))/4;

ALFA:=(LONGVAR+SOR(EPM))/70500;

V1:=0.004363301*(NGVAR+EPM);

RR1:=1000100/(PI0GRADESV1);

RR2:=1000100/(PI0GRADESV2);

LT:=LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1+LONGDES4+LONGDES5;

IF (N[1]=0.625) AND (N[2]=0.75) AND (N[3]=0.875) THEN

BEGIN

```

R0:=0.627-0.0375NPF;
R2:=0.199+0.07378AP;
R3:=0.175+0.06558AP;
A1:=(PI*SQR(N[1]))/4;
A2:=(PI*SQR(N[2]))/4;
A3:=(PI*SQR(N[3]))/4;
LT1:=R1*LT;
LT2:=R2*LT;
LT3:=LT-(LT1+LT2);
COEF:=LONGVER1/LT3;
IF COEF=1 THEN
  BEGIN
    ML1:=2.16*LT3;
    COEF1:=LONGDES2/LT2;
    IF COEF1=1 THEN
      BEGIN
        ML2:=1.63*LT2;
        ML3:=1.16*LONGIMCL1;
        ML4:=1.16*LONGDES4;
        ML5:=1.16*LONGDES5;
      END
    ELSE
      IF COEF1>1 THEN
        BEGIN
          ML2:=1.63*LT2+1.16*(LONGDES2-LT2);
          ML3:=1.16*LONGIMCL1;
          ML4:=1.16*LONGDES4;
          ML5:=1.16*LONGDES5;
        END
      ELSE
        BEGIN
          ML2:=1.63*LONGDES2;
          COEF2:=(LONGDES2+LONGIMCL1)/LT2;
          IF COEF2=1 THEN
            BEGIN
              ML3:=1.63*LONGIMCL1;
              ML4:=1.16*LONGDES4;
              ML5:=1.16*LONGDES5;
            END
          ELSE
            IF COEF2>1 THEN
              BEGIN
                ML3:=1.63*(LT2-LONGDES2)+1.16*((LONGDES2+LONGIMCL1)-LT2);
                ML4:=1.16*LONGDES4;
                ML5:=1.16*LONGDES5;
              END
            ELSE
              BEGIN
                ML3:=1.63*LONGIMCL1;
                COEF3:=(LONGDES2+LONGIMCL1+LONGDES4)/LT2;
                IF COEF3=1 THEN
                  BEGIN
                    ML4:=1.63*LONGDES4;
                    ML5:=1.16*LONGDES5;
                  END
                ELSE
                  IF COEF3>1 THEN
                    BEGIN
                      ML4:=1.63*(LT2-(LONGDES2+LONGIMCL1))+1.16*((LONGDES2+LONGIMCL1+LONGDES4)-LT2);
                      ML5:=1.16*LONGDES5;
                    END
                  ELSE
                    BEGIN
                      ML4:=1.63*LONGDES4;
                      ML5:=1.63*(LT2-(LONGDES2+LONGIMCL1+LONGDES4))+1.16*LT;
                    END
                  END
                END
              END
            END
          END
        END
      END
    END
  END

```

```

END;
ELSE
  IF COEF>1 THEN
    BEGIN
      ML1:=2.16*LT3+1.63*(LOWVER1-LT3);
      COEF1:=(LOWVER1+LOWDES2)/(LT3+LT2);
      IF COEF1=1 THEN
        BEGIN
          ML2:=1.63*LOWDES2;
          ML3:=1.16*LONGINCL1;
          ML4:=1.16*LOWDES4;
          ML5:=1.16*LOWDES5;
        END
      ELSE
        IF COEF1>1 THEN
          BEGIN
            COEF11:=(LOWVER1)/(LT3+LT2);
            IF COEF11=1 THEN
              BEGIN
                ML2:=1.16*LOWDES2;
                ML3:=1.16*LONGINCL1;
                ML4:=1.16*LOWDES4;
                ML5:=1.16*LOWDES5;
              END
            ELSE
              BEGIN
                ML2:=1.63*((LT3+LT2)-LOWVER1)+1.16*((LOWVER1+LOWDES2)-(LT3+LT2));
                ML3:=1.16*LONGINCL1;
                ML4:=1.16*LOWDES4;
                ML5:=1.16*LOWDES5;
              END
            END;
          END;
        END
      ELSE
        IF COEF<1 THEN
          BEGIN
            ML1:=2.16*LOWVER1;
            COEF1:=(LOWVER1+LOWDES2)/LT3;
            IF COEF1=1 THEN
              BEGIN
                ML2:=2.16*LOWDES2;
                COEF2:=(LOWVER1+LOWDES2+LONGINCL1)/(LT3+LT2);
                IF COEF2=1 THEN
                  BEGIN
                    ML3:=1.63*LONGINCL1;
                    ML4:=1.16*LOWDES4;
                    ML5:=1.16*LOWDES5;
                  END
                ELSE
                  IF COEF2>1 THEN
                    BEGIN
                      ML3:=1.63*((LT3+LT2)-(LOWVER1+LOWDES2));
                      ML3:=ML3+1.16*((LOWVER1+LOWDES2+LONGINCL1)-(LT3+LT2));
                      ML4:=1.16*LOWDES4;
                      ML5:=1.16*LOWDES5;
                    END
                  ELSE
                    BEGIN
                      ML3:=1.63*LONGINCL1;
                      COEF3:=(LT-LOWDES5)/(LT3+LT2);
                      IF COEF3=1 THEN
                        BEGIN
                          ML4:=1.63*LOWDES4;
                          ML5:=1.16*LOWDES5;
                        END
                      END;
                    END
                  END;
                END
            END;
          END;
        END
      END;
    END;
  END;

```

```

END
ELSE
  IF COEF3>1 THEN
    BEGIN
      ML4:=1.638*((LT3+LT2)-(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1));
      ML4:=ML4+1.168*((LT-LONGDES5)-(LT3+LT2));
      ML5:=1.168*LONGDES5;
    END
  ELSE
    BEGIN
      ML4:=1.638*LONGDES4;
      ML5:=1.638*((LT3+LT2)-(1-LONGDES5))+1.168*LT1;
    END;
  END;
END;
END
IF COEF1>1 THEN
  BEGIN
    ML2:=2.168*(LT3-LONGVER1)+1.638*((LONGVER1+LONGDES2)-LT3);
    COEF2:=(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)/(LT3+LT2);
    IF COEF2=1 THEN
      BEGIN
        ML3:=1.638*LONGINCL1;
        ML4:=1.168*LONGDES4;
        ML5:=1.168*LONGDES5;
      END
    ELSE
      IF COEF2>1 THEN
        BEGIN
          COEF3:=(LONGVER1+LONGDES2)/(LT3+LT2);
          IF COEF3=1 THEN
            BEGIN
              ML3:=1.168*LONGINCL1;
              ML4:=1.168*LONGDES4;
              ML5:=1.168*LONGDES5;
            END
          ELSE
            IF COEF3<1 THEN
              BEGIN
                ML3:=1.638*((LT3+LT2)-(LONGVER1+LONGDES2));
                ML3:=ML3+1.168*((LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)-(LT3+LT2));
                ML4:=1.168*LONGDES4;
                ML5:=1.168*LONGDES5;
              END;
            END
          END
        END
      ELSE
        BEGIN
          ML3:=1.638*LONGINCL1;
          COEF3:=(LT-LONGDES5)/(LT3+LT2);
          IF COEF3=1 THEN
            BEGIN
              ML4:=1.638*LONGDES4;
              ML5:=1.168*LONGDES5;
            END
          ELSE
            IF COEF3>1 THEN
              BEGIN
                ML4:=1.638*((LT3+LT2)-(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1));
                ML4:=ML4+1.168*((1-LONGDES5)-(LT3+LT2));
                ML5:=1.168*LONGDES5;
              END
            ELSE
              BEGIN
                ML4:=1.638*LONGDES4;
                ML5:=1.638*((LT3+LT2)-(LT-LONGDES5));
              END;
            END
          END
        END
      END
    END
  END

```

```

      END
    ELSE
      BEGIN
        ML2:=2.1*LOWGDES2;
        COEF2:=(LOWGVER1+LOWGDES2+(LOWGIMCL1)/1.5);
        IF COEF2=1 THEN
          BEGIN
            ML3:=2.1*LOWGIMCL1;
            COEF3:=LOWGDES4/LT2;
            IF COEF3=1 THEN
              BEGIN
                ML4:=1.63*LOWGDES4;
                ML5:=1.16*LOWGDES5;
              END
            ELSE
              IF COEF3>1 THEN
                BEGIN
                  ML4:=1.63*LT2+1.16*(LOWGDES4-LT2);
                  ML5:=1.16*LOWGDES5;
                END
              ELSE
                BEGIN
                  ML4:=1.63*LOWGDES4;
                  ML5:=1.63*(LT2-LOWGDES4)+1.16*LT1;
                END;
              END
          END
        ELSE
          IF COEF2>1 THEN
            BEGIN
              COEF3:=(LOWGVER1+LOWGDES2+LOWGIMCL1)/(LT2+LT3);
              IF COEF3=1 THEN
                BEGIN
                  ML3:=2.16*(LT3-(LOWGVER1+LOWGDES2))+1.63*LT2;
                  ML4:=1.16*LOWGDES4;
                  ML5:=1.16*LOWGDES5;
                END
              ELSE
                IF COEF3>1 THEN
                  BEGIN
                    ML3:=2.16*(LT3-(LOWGVER1+LOWGDES2));
                    ML3:=ML3+1.63*LT2+1.16*((LOWGVER1+LOWGDES2+LOWGIMCL1)-(LT3+LT2));
                    ML4:=1.16*LOWGDES4;
                    ML5:=1.16*LOWGDES5;
                  END
                ELSE
                  BEGIN
                    ML3:=2.16*(LT3-(LOWGVER1+LOWGDES2))+1.63*((LOWGVER1+LOWGDES2+LOWGIMCL1)-LT3);
                    COEF4:=(LT-LOWGDES5)/(LT3+LT2);
                    IF COEF4=1 THEN
                      BEGIN
                        ML4:=1.63*LOWGDES4;
                        ML5:=1.16*LOWGDES5;
                      END
                    ELSE
                      IF COEF4>1 THEN
                        BEGIN
                          ML4:=1.63*((LT3+LT2)-(LOWGVER1+LOWGDES2+LOWGIMCL1));
                          ML4:=ML4+1.16*((T-LOWGDES5)-(LT3+LT2));
                          ML5:=1.16*LOWGDES4;
                        END
                      ELSE
                        BEGIN
                          ML4:=1.63*LOWGDES4;
                          ML5:=1.63*((LT3+LT2)-(LT-LOWGDES5))+1.16*LT1;
                        END;
                      END
                END
              END
            END
          END;
        END;
      END;

```

```

END;
ELSE
BEGIN
  ML3:=2.16*LONGINCL1;
  COEF3:=(LT-LONGDESVS)/LT;
  IF COEF3=1 THEN
    BEGIN
      ML4:=2.16*LONGDES4;
      ML5:=1.63*LT2+1.16*LT1;
    END
  ELSE
    IF COEF3>1 THEN
      BEGIN
        COEF4:=(LT-LONGDESVS)/(LT3+LT2);
        IF COEF4=1 THEN
          BEGIN
            ML4:=2.16*(LT3-(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1))+1.63*LT2;
            ML5:=1.16*LONGDESVS;
          END
        ELSE
          IF COEF4>1 THEN
            BEGIN
              ML4:=2.16*(LT3-(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1));
              ML4:=ML4+1.63*(LT+LONGDESVS)-(LT3+LT2);
              ML5:=1.16*LONGDESVS;
            END
          ELSE
            BEGIN
              ML4:=2.16*(LT3-(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1));
              ML4:=ML4+1.63*(LT-LONGDESVS)-LT3;
              ML5:=1.63*(LT3+LT2)-(LT-LONGDESVS)+1.16*LT1;
            END;
          END
        END
      END
    ELSE
      BEGIN
        ML4:=2.16*LONGDES4;
        ML5:=2.16*(LT3-(LT-LONGDESVS))+1.63*LT2+1.16*LT1;
      END;
    END;
  END;
END;

```

```

END;
ER:=0.000000173320BENMINIBIB(AP-A1)*((LT1/A1)+(LT2/A2)+(LT3/A3));
EP:=4E-078ALFALTB*(ML1+ML2+ML3+ML4+ML5)/A1;
APAP:=AP-A1;
QOT:=0.1480BAPB(LONGVAR+EP-ER)*EPM;
END
ELSE
BEGIN
  P1:=0.664-0.0994BAP;
  P2:=0.181+0.0478BAP;
  P3:=0.155+0.0416BAP;
  A1:=(PI*SOR(N[1]))/4;
  A2:=(PI*SOR(N[2]))/4;
  A3:=(PI*SOR(N[3]))/4;
  LT1:=P1*LT;
  LT2:=P2*LT;
  LT3:=LT-(LT1+LT2);
  COEF:=LONGVER1/LT3;
  IF COEF=1 THEN
    BEGIN
      ML1:=2.98*LT3;
      COEF1:=LONGVER2/LT2;
      IF COEF1=1 THEN
        BEGIN
          ML2:=2.16*LT;

```



```

ML3:=1.63*(LWGTJNC1);
ML4:=1.63*(LWGTDES4);
ML5:=1.63*(LWGTDES5);
END
ELSE
IF (COEF1) THEN
BEGIN
ML2:=2.16*(LT2+1.63*(LWGTDES2-LT2));
ML3:=1.63*(LWGTJNC1);
ML4:=1.63*(LWGTDES4);
ML5:=1.63*(LWGTDES5);
END
ELSE
BEGIN
ML2:=2.16*(LWGTDES2);
COEF2:=(LWGTDES2+LWGTJNC1)/LT2;
IF COEF2=1 THEN
BEGIN
ML3:=2.16*(LWGTJNC1);
ML4:=1.63*(LWGTDES4);
ML5:=1.63*(LWGTDES5);
END
ELSE
IF (COEF2) THEN
BEGIN
ML3:=2.16*(LT2-LWGTDES2)+1.63*((LWGTDES2+LWGTJNC1)-LT2);
ML4:=1.63*(LWGTDES4);
ML5:=1.63*(LWGTDES5);
END
ELSE
BEGIN
ML3:=2.16*(LWGTJNC1);
COEF3:=(LWGTVER1+LWGTDES2+LWGTJNC1)/LT2;
IF COEF3=1 THEN
BEGIN
ML4:=2.16*(LWGTDES4);
ML5:=1.63*(LWGTDES5);
END
ELSE
IF (COEF3) THEN
BEGIN
ML4:=2.16*(LT2-(LWGTDES2+LWGTJNC1))+1.63*((LWGTDES2+LWGTJNC1+LWGTDES4)-LT2);
ML5:=1.63*(LWGTDES5);
END
ELSE
BEGIN
ML4:=2.16*(LWGTDES4);
ML5:=2.16*(LT2-(LWGTDES2+LWGTJNC1+LWGTDES4))+1.63*LT2;
END;
END;
END;
ELSE
IF (COEF) THEN
BEGIN
ML1:=2.08*(LT3+2.16*(LWGTVER1-LT3));
COEF1:=(LWGTVER1+LWGTDES2)/(LT3+LT2);
IF COEF1=1 THEN
BEGIN
ML2:=2.16*(LWGTDES2);
ML3:=1.63*(LWGTJNC1);
ML4:=1.63*(LWGTDES4);
ML5:=1.63*(LWGTDES5);
END
ELSE
IF (COEF1) THEN

```

```

      BEGIN
      COEF11:=LOWVER1/(LT3*LT2);
      IF COEF11=1 THEN
      BEGIN
      ML2:=1.63*LOWGDES2;
      ML3:=1.63*LOWGINCL1;
      ML4:=1.63*LOWGDES4;
      ML5:=1.63*LOWGDES5;
      END
      ELSE
      BEGIN
      ML2:=2.16*((LT3*LT2)-LOWGVER1)+1.63*((LOWVER1+LOWGDES2)-(LT3*LT2));
      ML3:=1.63*LOWGINCL1;
      ML4:=1.63*LOWGDES4;
      ML5:=1.63*LOWGDES5;
      END;
      END;
    ELSE
    BEGIN
    ML1:=2.88*LOWGVER1;
    COEF1:=(LOWGVER1+LOWGDES2)/LT3;
    IF COEF1=1 THEN
    BEGIN
    ML2:=2.88*LOWGDES2;
    COEF2:=(LOWGVER1+LOWGDES2+LOWGINCL1)/(LT3*LT2);
    IF COEF2=1 THEN
    BEGIN
    ML3:=2.16*LOWGINCL1;
    ML4:=1.63*LOWGDES4;
    ML5:=1.63*LOWGDES5;
    END
    ELSE
    IF COEF2>1 THEN
    BEGIN
    ML3:=2.16*((LT3*LT2)-(LOWGVER1+LOWGDES2));
    ML3:=ML3+1.63*((LOWGVER1+LOWGDES2+LOWGINCL1)-(LT3*LT2));
    ML4:=1.63*LOWGDES4;
    ML5:=1.63*LOWGDES5;
    END
    ELSE
    BEGIN
    ML3:=2.16*LOWGINCL1;
    COEF3:=(LT-LOWGDES5)/(LT3*LT2);
    IF COEF3=1 THEN
    BEGIN
    ML4:=2.16*LOWGDES4;
    ML5:=1.63*LOWGDES5;
    END
    ELSE
    IF COEF3>1 THEN
    BEGIN
    ML4:=2.16*((LT3*LT2)-(LOWGVER1+LOWGDES2+LOWGINCL1));
    ML4:=ML4+1.63*(LT-LOWGDES5)-(LT3*LT2);
    ML5:=1.63*LOWGDES5;
    END
    ELSE
    BEGIN
    ML4:=2.16*LOWGDES4;
    ML5:=2.16*((LT3*LT2)-(LT-LOWGDES5))+1.63*LT1;
    END;
    END;
  END;
  END
  IF COEF1>1 THEN
  BEGIN

```

```

WC2:=2.88*(LT3-LOWVER1)+2.16*(LOWVER1+LOWDES2)-(LT3)
COEF2:=(LOWVER1+LOWDES2+LOWINC1)/(LT3+LT2)
IF COEF2=1 THEN
  BEGIN
    ML3:=2.16*LOWINC1;
    ML4:=1.63*LOWDES4;
    ML5:=1.63*LOWDES5;
  END
ELSE
  IF COEF2>1 THEN
    BEGIN
      COEF3:=(LOWVER1+LOWDES2)/(LT3+LT2);
      IF COEF3=1 THEN
        BEGIN
          ML3:=1.63*LOWINC1;
          ML4:=1.63*LOWDES4;
          ML5:=1.63*LOWDES5;
        END
      ELSE
        IF COEF3<1 THEN
          BEGIN
            ML3:=2.16*((LT3+LT2)-(LOWVER1+LOWDES2));
            ML3:=ML3+1.63*((LOWVER1+LOWDES2+LOWINC1)-(LT3+LT2));
            ML4:=1.63*LOWDES4;
            ML5:=1.63*LOWDES5;
          END;
        END
      ELSE
        BEGIN
          ML3:=2.16*LOWINC1;
          COEF3:=(LT-LOWDES5)/(LT3+LT2);
          IF COEF3=1 THEN
            BEGIN
              ML4:=2.16*LOWDES4;
              ML5:=1.63*LOWDES5;
            END
          ELSE
            IF COEF3>1 THEN
              BEGIN
                ML4:=2.16*((LT3+LT2)-(LOWVER1+LOWDES2+LOWINC1));
                ML4:=ML4+1.63*((LT-LOWDES5)-(LT3+LT2));
                ML5:=1.63*LOWDES5;
              END
            ELSE
              BEGIN
                ML4:=2.16*LOWDES4;
                ML5:=2.16*((LT3+LT2)-(LT-LOWDES5));
              END;
            END
          END;
        END
      END;
    END
  ELSE
    BEGIN
      ML3:=2.88*LOWDES2;
      COEF2:=(LOWVER1+LOWDES2+LOWINC1)/1;
      IF COEF2=1 THEN
        BEGIN
          ML3:=2.88*LOWINC1;
          COEF3:=1*LOWDES4/1;
          IF COEF3=1 THEN
            BEGIN
              ML4:=2.16*LOWDES4;
              ML5:=1.63*LOWDES5;
            END
          ELSE
            IF COEF3>1 THEN
              BEGIN
            
```

```

      ML4:=2.16*(LT2+1.63*(LONGDES4-LT2));
      ML5:=1.63*LONGDES4;
    END
  ELSE
    BEGIN
      REGIM
      ML4:=2.16*LONGDES4;
      ML5:=2.16*(LT2-LONGDES4)+1.63*LT1;
    END;
  END
ELSE
  IF COEF2>1 THEN
    BEGIN
      COEF3:=(LONGVER1+LONGDES2+LONGIMCL1)/(LT2+LT3);
      IF COEF3=1 THEN
        BEGIN
          ML3:=2.88*(LT3-(LONGVER1+LONGDES2))+2.16*LT2;
          ML4:=1.63*LONGDES4;
          ML5:=1.63*LONGDES4;
        END
      END
    ELSE
      IF COEF3>1 THEN
        BEGIN
          ML3:=2.88*(LT3-(LONGVER1+LONGDES2))+2.16*((LONGVER1+LONGDES2+LONGIMCL1)-LT3);
          COEF4:=(LT-LONGDES4)/(LT3+LT2);
          IF COEF4=1 THEN
            BEGIN
              ML4:=2.16*LONGDES4;
              ML5:=1.63*LONGDES4;
            END
          ELSE
            IF COEF4>1 THEN
              BEGIN
                ML4:=2.16*((LT3+LT2)-(LONGVER1+LONGDES2+LONGIMCL1));
                ML4:=ML4+1.63*((LT-LONGDES4)-(LT3+LT2));
                ML5:=1.63*LONGDES4;
              END
            ELSE
              BEGIN
                ML4:=2.16*LONGDES4;
                ML5:=2.16*((LT+LT2)-(LT-LONGDES4))+1.63*LT1;
              END;
            END;
          END
        END
      END
    ELSE
      BEGIN
        ML3:=2.88*LONGIMCL1;
        COEF3:=(LT-LONGDES4)/LT3;
        IF COEF3=1 THEN
          BEGIN
            ML4:=2.88*LONGDES4;
            ML5:=2.16*LT2+1.63*LT1;
          END
        ELSE
          IF COEF3>1 THEN
            BEGIN
              COEF4:=(LT-LONGDES4)/(LT3+LT2);
              IF COEF4=1 THEN
                BEGIN
                  ML4:=2.88*(LT3-(LONGVER1+LONGDES2+LONGIMCL1))+2.16*LT2;
                  ML5:=1.63*LONGDES4;
                END
              ELSE
                IF COEF4>1 THEN
                  BEGIN
                    ML4:=2.88*(LT3-(LONGVER1+LONGDES2+LONGIMCL1));
                    ML4:=ML4+2.16*LT2+1.63*((LT-LONGDES4)-(LT3+LT2));
                  END
                END
              END
            END
          ELSE
            IF COEF4>1 THEN
              BEGIN
                ML4:=2.88*(LT3-(LONGVER1+LONGDES2+LONGIMCL1));
                ML4:=ML4+2.16*LT2+1.63*((LT-LONGDES4)-(LT3+LT2));
              END
            END
          END
        END
      END
    END
  END

```

```

ML5:=1.63*LONGDESVS;
END
ELSE
BEGIN
ML4:=2.88*(LT3-(LOWVEP1+LOWDES2+LOWINCL1));
ML4:=ML4+2.16*((LT-LOWDESVS)-LT3);
ML5:=2.16*((LT3+LT2)-(LT-LOWDESVS))+1.63*LT1;
END;
END
ELSE
BEGIN
ML4:=2.88*LONGDES4;
ML5:=2.88*(LT3-(LT-LOWDESVS))+2.16*LT2+1.63*LT1;
END;
END;
END;
END;
END;
ER:=0.0000017332*DEM*IDIM*(AP-A1)*((LT1/A1)+(LT2/A2)+(LT3/A3));
EP:=4E-07*ALFA*LT8*(ML1+ML2+ML3+ML4+ML5)/A1;
APAR:=AP-A1;
OOT:=0.1484*AP*(LONGVAR+EP-ER)*EPH;
END; { fin de esp3 }

```

PROCEDURE KOMV2;

```

BEGIN
TETA1:=MU2*(1-COS(C(NIANG1)));
TETA2:=(MU2*SQR(V)*NIANG1)/(32.2*RR1);
TETA3:=MU4*(1-COS(C(NIANG2)));
TETA4:=(MU4*SQR(V)*NIANG2)/(32.2*RR2);
TETA5:=ML1+ML2*(SIN(C(NIANG1))+TETA1+TETA2)+ML3*(MU3*SIN(C(NIANG1))+COS(C(NIANG1)))+ML4*(SIN(C(NIANG2))+TETA3+TETA4)+ML5;
TETA6:=ML1+ML2*(SIN(C(NIANG1))-TETA1-TETA2)+ML3*(COS(C(NIANG1))-MU3*SIN(C(NIANG1)))+ML4*(SIN(C(NIANG2))-TETA3-TETA4)+ML5;
MMAX:=0.4334*DEM*PROF*V*AP+TETA5*(1+ALFA-0.1273*DEM);
MMIN:=TETA6*(1-ALFA-0.1273*DEM);
CT:=0.5*(MMAX+MMIN);
TP:=(MMAX-CT)*LONGVAR/2;
LN:=MMIN*(2.31*PRES/DEN);
MM:=0.0000736*OOT*DEM*LN;
MF:=0.00000631*TETA5*LONGVAR*EPH;
MH:=1.5*(MM+MF);
END; { fin de ucenv2 }

```

PROCEDURE AERBAL2;

```

BEGIN
TETA1:=MU2*(1-COS(C(NIANG1)));
TETA2:=(MU2*SQR(V)*NIANG1)/(32.2*RR1);
TETA3:=MU4*(1-COS(C(NIANG2)));
TETA4:=(MU4*SQR(V)*NIANG2)/(32.2*RR2);
TETA5:=ML1+ML2*(SIN(C(NIANG1))+TETA1+TETA2)+ML3*(COS(C(NIANG1))+MU3*SIN(C(NIANG1)))+ML4*(SIN(C(NIANG2))+TETA3+TETA4)+ML5;
TETA6:=ML1+ML2*(SIN(C(NIANG1))-TETA1-TETA2)+ML3*(COS(C(NIANG1))-MU3*SIN(C(NIANG1)))+ML4*(SIN(C(NIANG2))-TETA3-TETA4)+ML5;
MMAX:=0.4334*DEM*(PROF*V*P-0.294*TETA5)+TETA5*(1+0.7*ALFA);
MMIN:=TETA6*(1-1.3*ALFA-0.1273*DEM);
CT:=1.06*(MMAX+MMIN)/2;
TP:=(MMAX-CT)*LONGVAR/2;
LN:=MMIN*(2.31*PRES/DEN);
MM:=0.0000736*OOT*DEM*LN;
MF:=0.00000631*TETA5*LONGVAR*EPH;
MH:=1.5*(MM+MF);
END; { fin de aerbal2 }

```

PROCEDURE UMARI2;

```

BEGIN

```

```

TETA1:=MU*(1-(COS((NYANG1)/2)))
TETA2:=(MU*BSOR(V)+NYANG1)/(32.28R1);
TETA3:=MU*(1-COS((NYANG2)/2));
TETA4:=(MU*BSOR(V)+NYANG2)/(32.28R2);
TETA5:=ML1+ML2*(SIN(C(NYANG1))+TETA1+TETA2)+ML3*(COS(C(NYANG1))+MU3RS*W(C(NYANG1)))+ML4*(SIN(C(NYANG2))+TETA3+TETA4)+ML5;
TETA6:=ML1+ML2*(SIN(C(NYANG1))-TETA1-TETA2)+ML3*(COS(C(NYANG1))-MU3RS*W(C(NYANG1)))+ML4*(SIN(C(NYANG2))-TETA3-TETA4)+ML5;
WMA1:=0.4338DEN*(PROFVARAP-0.294TETA5)+TETA5*(1+0.69A1FA);
WMA2:=TETA6*(1-1.49A1FA-0.1733DEN);
CT:=1.06*(WMA1+1.258WMA2)/2;
TP:=(WMA1-CT)*8LONGVAR/2;
LN:=NIDIM*(2.318PRESB/DEN);
MA:=0.00097364007+DEN*LN;
MF:=0.0006006318TETA5*8LONGVAR*EPM;
MB:=1.58*(HH+MF);
END; { fin de umarkii2}

```

PROCEDURE DA:OS;
BEGIN

```

(LESCR;
WRITELN(' PROPORCIONA LOS SIGUIENTES DATOS( POZO TIPO S ):');
WRITELN(' -----');
REPEAT
GOTOY(05,03);
WRITE(' 1.- DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE : ');
GOTOY(WHEREX-10,03);
READ(DEN);
IF (DEN<0.5) OR (DEN>2.0) THEN
MENSAGEPPOR(04,05);
UNTIL (DEN=0.5) AND (DEN<=2.0);
REPEAT
GOTOY(05,04);
WRITE(' 2.- CARRERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS : ');
GOTOY(WHEREX-10,04);
READ(LONGVAR);
IF (LONGVAR<0) OR (LONGVAR>200) THEN
MENSAGEPPOR(05,05);
UNTIL (LONGVAR=0) AND (LONGVAR<=200);
REPEAT
GOTOY(05,05);
WRITE(' 3.- DIAMETRO DEL ENGOLO DE LA BOMBA EN PULGADAS : ');
GOTOY(WHEREX-10,05);
READ(DIAEMB);
IF (DIAEMB<0) OR (DIAEMB>5) THEN
MENSAGEPPOR(06,05);
UNTIL (DIAEMB>0) AND (DIAEMB<=5);
REPEAT
GOTOY(05,06);
WRITE(' 4.- VELOCIDAD DE BOMBEO EN ENROLADAS POR MINUTO : ');
GOTOY(WHEREX-10,06);
READ(EPM);
IF (EPM<0) OR (EPM>30) THEN
MENSAGEPPOR(07,05);
UNTIL (EPM>0) AND (EPM<=30);
REPEAT
GOTOY(05,07);
WRITE(' 5.- NIVEL DINAMICO VERTICAL EN LA T.R. EN PIES : ');
GOTOY(WHEREX-10,07);
READ(NIDIM);
IF (NIDIM<0) OR (NIDIM>=0000) THEN
MENSAGEPPOR(08,05);
UNTIL (NIDIM>0) AND (NIDIM<=0000);
REPEAT
GOTOY(05,08);
WRITE(' 6.- PROFUNDIDAD VERTICAL DE UBICACION DE LA BOMBA EN PIES : ');

```

```

(DD)UTP(=MEVET-10,08);
READ(PROFVB);
IF (PROFVB<=0.0) OR (PROFVB>1000) THEN
  MENSAJEERROR(09,05);
UNTIL (PROFVB>0.0) AND (PROFVB<=20000);
REPEAT
  GOTOTY(05,09);
  WRITE(' 7.- CONTRAPRESION EN LA ROCA DEL POZO EN PSTA : ');
  GOTOTY(WHEREX-10,09);
  READ(PRESB);
  IF (PRESB<=0.0) OR (PRESB>500) THEN
    MENSAJEERROR(10,05);
UNTIL (PRESB>0.0) AND (PRESB<=500);
REPEAT
  GOTOTY(05,10);
  WRITE(' 8.- LONG.VERTICAL ANTES DE LA DESVIACION DEL POZO EN PIES : ');
  GOTOTY(WHEREX-10,10);
  READ(LONGVER1);
  IF (LONGVER1<=0.0) OR (LONGVER1>8000) THEN
    MENSAJEERROR(11,05);
UNTIL (LONGVER1>0.0) AND (LONGVER1<=8000);
REPEAT
  GOTOTY(05,11);
  WRITE(' 9.- LONGITUD DE LA PRIMERA PARTE DESVIADA DEL POZO EN PIES : ');
  GOTOTY(WHEREX-10,11);
  READ(LONGDES2);
  IF (LONGDES2<=0.0) OR (LONGDES2>20000) THEN
    MENSAJEERROR(12,05);
UNTIL (LONGDES2>0.0) AND (LONGDES2<=20000);
REPEAT
  GOTOTY(05,12);
  WRITE(' 10.- GRADOS DE DES.POR CADA 100 PIES DE LA PRIMERA PARTE DES. : ');
  GOTOTY(WHEREX-10,12);
  READ(GRADESVI);
  IF (GRADESVI<0) OR (GRADESVI>90) THEN
    MENSAJEERROR(13,05);
UNTIL (GRADESVI>=0) AND (GRADESVI<=90);
REPEAT
  GOTOTY(05,13);
  WRITE(' 11.- COEFICIENTE DE FRICCION PARA LA PRIMERA PARTE DESVIADA : ');
  GOTOTY(WHEREX-10,13);
  READ(MU2);
  IF (MU2<=0) OR (MU2>10) THEN
    MENSAJEERROR(14,05);
UNTIL (MU2>0) AND (MU2<=10);
REPEAT
  GOTOTY(05,14);
  WRITE(' 12.- MAXIMO ANGULO DE DESV. ALCANZADO EN LA PRIMERA PARTE DES. : ');
  GOTOTY(WHEREX-10,14);
  READ(MIANG1);
  IF (MIANG1<=0) OR (MIANG1>90) THEN
    MENSAJEERROR(15,05);
UNTIL (MIANG1>0) AND (MIANG1<=90);
REPEAT
  GOTOTY(05,15);
  WRITE(' 13.- LONGITUD DE LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDO EN PIES : ');
  GOTOTY(WHEREX-10,15);
  READ(LONGINCL1);
  IF (LONGINCL1<=0) OR (LONGINCL1>20000) THEN
    MENSAJEERROR(16,05);
UNTIL (LONGINCL1>0) AND (LONGINCL1<=20000);
REPEAT
  GOTOTY(05,16);
  WRITE(' 14.- FACTOR DE FRICCION PARA LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDO : ');
  GOTOTY(WHEREX-10,16);
  READ(MU3);

```

```

IF (MUS<=0) OR (MUS>10) THEN
  MENSAJEERROR(17,05);
UNTIL (MUS>=0) AND (MUS<=10);
REPEAT
  GOTOY(05,17);
  WRITE(' 15.- LONGITUD DE LA SEGUNDA PARTE DESVIADA EN PIES : ');
  GOTOY(WHERE1-10,17);
  READ(LONGDES4);
  IF (LONGDES4<0) OR (LONGDES4>LONGVER1+PROFVB+LONGINCL1) THEN
    MENSAJEERROR(18,05);
UNTIL (LONGDES4>=0) AND (LONGDES4<=LONGVER1+PROFVB+LONGINCL1);
REPEAT
  GOTOY(05,18);
  WRITE(' 16.- GRADOS DE DES. POR CADA 100 PIES EN LA SEGUNDA PARTI DES. : ');
  GOTOY(WHERE1-10,18);
  READ(GP+DES2);
  IF (GRADES2<0) OR (GRADES2>90) THEN
    MENSAJEERROR(19,05);
UNTIL (GRADES2>=0) AND (GRADES2<=90);
REPEAT
  GOTOY(05,19);
  WRITE(' 17.- MAXIMO ANGULO ALCANZADO EN LA SEGUNDA PARTE DESVIADA : ');
  GOTOY(WHERE1-10,19);
  READ(MXANG2);
  IF (MXANG2<0) OR (MXANG2>90) THEN
    MENSAJEERROR(20,05);
UNTIL (MXANG2>=0) AND (MXANG2<=90);
REPEAT
  GOTOY(05,20);
  WRITE(' 18.- COEFICIENTE DE FRICCIÓN PARA LA SEGUNDA PARTE DESVIADA : ');
  GOTOY(WHERE1-10,20);
  READ(MU1);
  IF (MU1<0) OR (MU1>10) THEN
    MENSAJEERROR(21,05);
UNTIL (MU1>=0) AND (MU1<=10);
REPEAT
  GOTOY(05,21);
  WRITE(' 19.- LONGITUD DE LA ZONA DE TERMINACION EN PIES : ');
  GOTOY(WHERE1-10,21);
  READ(LONGDES5);
  IF (LONGDES5<0) OR (LONGDES5>LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1+LONGDES4) THEN
    MENSAJEERROR(22,05);
UNTIL (LONGDES5>=0) AND (LONGDES5<=LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1+LONGDES4);
REPEAT
  GOTOY(05,22);
  WRITE(' NUMERO DE DIAMETROS DE VARILLA ( MAXIMO 3 ) : ');
  GOTOY(WHERE1-10,22);
  READ(MDV);
  IF (MDV<1) OR (MDV>4) THEN
    MENSAJEERROR(23,05);
UNTIL (MDV>=1) AND (MDV<=4);
: MDV=1 THEN
  BEGIN
    WRITE(LM;
    WRITE(' DIAMETRO EN PULGADAS = ');
    READ(ME1);
    ESFI;
  END
ELSE
  BEGIN
    WRITE(LM;
    WRITE(' PROPORCION=LOS EN FORMA CRIC'LIMIT');
    FOR I:=1 TO MDV DO
      BEGIN
        WRITE(' DIAMETRO ',I,' EN PULGADAS = ');
        READ(ME1);
      END;
  END;

```



```

IF NDV=2 THEN
  BEGIN
    ESE2
  END
ELSE
  ESE3
END;
END; { fin de datos}

```

```

PROCEDURE CUADRO(PX, PY, LH, LV: INTEGER);
VAR

```

```

  I: INTEGER;
BEGIN
  GOTOXY(PX, PY);
  WRITE(CHP(201));
  FOR I:=1 TO LH DO
    WRITE(CHP(205));
  WRITE(CHR(187));
  GOTOXY(WHEREX-1, WHEREY+1);
  FOR I:=1 TO LV DO
    BEGIN
      WRITE(CHR(186));
      GOTOXY(WHEREX-1, WHEREY+1);
    END;
  WRITE(CHP(188));
  GOTOXY(PX, PY+1);
  FOR I:=1 TO LV DO
    BEGIN
      WRITE(CHR(186));
      GOTOXY(WHEREX-1, WHEREY+1);
    END;
  WRITE(CHP(200));
  FOR I:=1 TO LH DO
    WRITE(CHR(205));
  END;

```

```

END;

```

```

PROCEDURE PAHTALLA;

```

```

BEGIN
  CLRSCR;
  GOTOXY(01, 02);
  WRITELN(' :15, 'LONGITUDES DE VARILLAS POR DIAMETRO PROPORCIONADO:');
  WRITELN:
  WRITELN(' :18, 'L1=:11:5:0, ' pies de varilla de ', N[1]:4:3, ' Pulgadas');
  WRITELN(' :18, 'L2=:12:5:0, ' pies de varilla de ', N[2]:4:3, ' Pulgadas');
  WRITELN(' :18, 'L3=:13:5:0, ' pies de varilla de ', N[3]:4:3, ' Pulgadas');
  GOTOXY(01, 10);
  WRITELN(' :25, 'UNIDAD', ' :11, 'UNIDAD', ' :11, 'UNIDAD');
  WRITELN(' :22, 'CONVENCIONAL', ' AEROBALANCEADA ' 'PARK II');
  GOTOXY(01, 14);
  WRITELN(' Mxima carga', ' :156, '(1b)');
  WRITELN(' Mxima carga', ' :156, '(1b)');
  WRITELN(' Contrabalanceo', ' :154, '(1b)');
  WRITELN(' Par de Torsi3n', ' :154, '(1b-pg)');
  WRITELN(' Est. en var. sup.', ' :151, '(1b/pg^2)');
  WRITELN(' Motor', ' :163, '(hp)');
  WRITELN(' Gasto en la bomba', ' :151, '(b/dias)');
  CUADRO(1, 77, 22);
  CUADRO(1, 12, 12, 4);
  CUADRO(1, 12, 12, 9);
  CUADRO(5, 12, 12, 9);

```

```

END;

```

```

PROCEDURE PRIME(COLUMNA: INTEGER);

```

```

BEGIN

```

```
GOTOY(COLUMN,17);
WRITE(WMAX:6:0);
GOTOY(COLUMN,15);
WRITE(WMIN:6:0);
GOTOY(COLUMN,16);
WRITE(CT: :0);
GOTOY(COLUMN,12);
WRITE(TP: :0);
GOTOY(COLUMN,18);
WRITE(WMA*/A:6:0);
GOTOY(COLUMN,19);
WRITE(HB:6:0);
GOTOY(COLUMN,20);
WRITE(GOT:6:0);
END;
```

{finicia el programa principal}

```
BEGIN
  OTRO:='S';
  WHILE UPCASE(OTRO)='S' DO
    BEGIN
      INICIALIZA;
      DATOS;
      PANTALLA;
      UCQ:=2;
      IMPR:NE(26);
      AER:=AL2;
      IMPR:NE(43);
      UMAX:=12;
      IMPR:NE(60);
      DAMI-PA:=TRUE;
      GOTO Y(15,23);
      WRITE('Dessea hacer otro diseo con este mtodo? (S/N) ');
      WHILE BANDERA DO
        BEGIN
          GOTOY(WHEREY,WHEREY);
          OTRO:=READKEY;
          IF (UPCASE(OTRO)='S') OR (UPCASE(OTRO)='M') THEN
            BANDERA:=FALSE;
        END;
      END;
    END;
  END;
```

{fin del programa principal}

```

TYPE SMOOIF.PAS
PROGRAM SMOOIF;
USES
  CRT, DOS;
CONST
  TH=3.141592653589793;

```

```

VAR
  M: ARRAY[1..5] OF REAL;
  TIPO, I, K, MDV: INTEGER;
  DEN, LONGVAR, DIAEMB, EPM, MIDIM,
  PROFVB, LONGVER1, LONGDES2, LONGINCL1, MU2, MU3, PROFB: REAL;
  AP, V, ALFA, LT, P1, P2, R3, P4, A1, A2, A3, A4, ER, EP, SP, QOT,
  LT1, LT2, LT3, ML1, ML2, ML3, ML4, APAR, COEF, TETA33,
  COEF1, COEF2, AR, COEF11, MUS, TETA4, TETA5, TETA6: REAL;
  TETA1, TETA2, TETA3, WHAT, WHIM, CT, TP, LN, HH, HF, HB: REAL;
  PDES1, CPADLSV1, GRADES2, MIANG1, MIANG2, LONGDES4, LONGDFS5, M14: REAL;
  PR1, PR2, ML5, COEF3, COEF4, COEF5: REAL;
  QTRO: CHAR;
  BANDERA: BOOLEAN;

```

```

PROCEDURE INICIALIZA;

```

```

BEGIN
  FOR K:=1 TO 5 DO
    M[K]:=0.0;
  DEN:=0.0; LONGVAR:=0.0; DIAEMB:=0.0; EPM:=0.0; MIDIM:=0.0;
  PROFVB:=0.0; LONGVER1:=0.0; LONGDES2:=0.0; TETA4:=0.0; TETA5:=0.0;
  LONGINCL1:=0.0; MU2:=0.0; MU3:=0.0; AP:=0.0; V:=0.0; ALFA:=0.0;
  LT:=0.0; P1:=0.0; P2:=0.0; R3:=0.0; P4:=0.0; A1:=0.0; A2:=0.0; A3:=0.0;
  A4:=0.0; ER:=0.0; EP:=0.0; SP:=0.0; QOT:=0.0; LT1:=0.0; LT2:=0.0;
  LT3:=0.0; ML1:=0.0; ML2:=0.0; COEF11:=0.0; MUS:=0.0; TETA6:=0.0; TETA33:=0.0;
  ML3:=0.0; ML4:=0.0; APAR:=0.0; COEF:=0.0; COEF1:=0.0;
  COEF2:=0.0; AR:=0.0; TETA1:=0.0; TETA2:=0.0; TETA3:=0.0; WHAT:=0.0;
  WHIM:=0.0; CT:=0.0; TP:=0.0; LN:=0.0; HH:=0.0; HF:=0.0; HB:=0.0;
  PDES1:=0.0; GRADES1:=0.0; CPADLSV2:=0.0; MIANG1:=0.0; MIANG2:=0.0; LONGDES4:=0.0; LONGDFS5:=0.0;
  M14:=0.0; PR1:=0.0; PR2:=0.0; ML5:=0.0; COEF3:=0.0; COEF4:=0.0;

```

```

END;

```

```

FUNCTION APO: REAL; REAL;

```

```

BEGIN

```

```

  C:=APO*(PI/180);

```

```

END;

```

```

PROCEDURE MENSAJEPPROG(COL, REN: INTEGER);

```

```

VAR

```

```

  TECLA: CHAR;

```

```

BEGIN

```

```

  GOTOXY(REN, COL);

```

```

  WRITELN(' Error, dato fuera de rango');

```

```

  WRITELN(' Oprima cualquier tecla para continuar');

```

```

  TECLA:=READKEY;

```

```

  GOTOXY(REN, COL);

```

```

  WRITELN(' ');

```

```

  WRITELN(' ');

```

```

END;

```

```

PROCEDURE MODIFI;

```

```

BEGIN

```

```

  MDV:=(PI+SQRT(M[1]))/4;

```

```

  AP:=(PI+SQRT(DIAEMB))/4;

```

```

  PDES:=P-AP;

```

```

  ALFA:=: LONGVAR+SQRT(EPM)/705*PI;

```

```

V:=0.7085633E10GVAR*EPM;
W1:=180100/(PI*GRADES*V1);
W2:=180100/(PI*GRADES*V2);
EP:=0.00000017332*DEM*NID*NBAP*RI*PROFVR/AR;
IF N[1]=0.625 THEN
  BEGIN
    ML1:=1.16*LONGVER1;
    ML2:=1.16*LONGDES2;
    ML3:=1.16*LONGINCL1;
    ML4:=1.16*LONGDES4;
    ML5:=1.16*LONGDES5;
  END
ELSE
  IF N[1]=0.75 THEN
    BEGIN
      ML1:=1.63*LONGVER1;
      ML2:=1.63*LONGDES2;
      ML3:=1.63*LONGINCL1;
      ML4:=1.63*LONGDES4;
      ML5:=1.63*LONGDES5;
    END
  ELSE
    IF N[1]=0.875 THEN
      BEGIN
        ML1:=2.16*LONGVER1;
        ML2:=2.16*LONGDES2;
        ML3:=2.16*LONGINCL1;
        ML4:=2.16*LONGDES4;
        ML5:=2.16*LONGDES5;
      END
    ELSE
      BEGIN
        ML1:=2.88*LONGVER1;
        ML2:=2.88*LONGDES2;
        ML3:=2.88*LONGINCL1;
        ML4:=2.88*LONGDES4;
        ML5:=2.88*LONGDES5;
      END
    END;
  LT:=LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1+LONGDES4+LONGDES5;
  EP:=3E-07*ML*FABL1*(ML1+ML2+ML3+ML4+ML5)/AR;
  SP:=LONGVAR*EP-EP;
  SOT:=0.148*AP*SP*EPM;
  A1:=AR;
END; (*in de smodif1)

```

```

PROCEDURE Smodif2;
BEGIN
  AP:=(PI*SOR(DIAEMB))/4;
  ALFA:=(LONGVAR*SOR(EPM))/70500;
  W1:=0.004733*LONGVAR*EPM;
  W2:=180100/(PI*GRADES*V1);
  W3:=180100/(PI*GRADES*V2);
  LT:=LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1+LONGDES4+LONGDES5;
  IF N[1]=2 THEN
    IF (N[1]=0.625) AND (N[2]=0.75) THEN
      BEGIN
        W1:=0.75*0.08960AP;
        W2:=0.241+0.08960AP;
        W3:=(PI*SOR(N[1]))/4;
        W4:=(PI*SOR(N[2]))/4;
        LT1:=PI*LT;
        LT2:=LT-LT1;
        COEF:=LONGVER1/LT2;
        IF COEF=1 THEN
          BEGIN

```

```

ML1:=1.63*LT2;
ML2:=1.16*LONGDES2;
ML3:=1.16*LONGINCL1;
ML4:=1.16*LONGDES4;
ML5:=1.16*LONGDES5;
END
ELSE
IF COEF>1 THEN
BEGIN
ML1:=1.63*LT2+1.16*(LONGVER1-LT2);
ML2:=1.16*LONGDES2;
ML3:=1.16*LONGINCL1;
ML4:=1.16*LONGDES4;
ML5:=1.16*LONGDES5;
END
ELSE
BEGIN
ML1:=1.63*LONGVER1;
COEF1:=(LONGVER1+LONGDES2)/LT2;
IF COEF1=1 THEN
BEGIN
ML2:=1.63*LONGDES2;
ML3:=1.16*LONGINCL1;
ML4:=1.16*LONGDES4;
ML5:=1.16*LONGDES5;
END
ELSE
IF COEF1>1 THEN
BEGIN
ML2:=1.63*(LT2-LONGVER1)+1.16*((LONGVER1+LONGDES2)-LT2);
ML3:=1.16*LONGINCL1;
ML4:=1.16*LONGDES4;
ML5:=1.16*LONGDES5;
END
ELSE
BEGIN
ML2:=1.63*LONGDES2;
COEF2:=(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)/LT2;
IF COEF2=1 THEN
BEGIN
ML3:=1.63*LONGINCL1;
ML4:=1.16*LONGDES4;
ML5:=1.16*LONGDES5;
END
ELSE
IF COEF2>1 THEN
BEGIN
ML3:=1.63*(LT2-(LONGVER1+LONGDES2))+1.16*((LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)-LT2);
ML4:=1.16*LONGDES4;
ML5:=1.16*LONGDES5;
END
ELSE
BEGIN
ML3:=1.63*LONGINCL1;
COEF3:=(LT-LONGDES4)/LT2;
IF COEF3=1 THEN
BEGIN
ML4:=1.63*LONGDES4;
ML5:=1.16*LONGDES5;
END
ELSE
IF COEF3>1 THEN
BEGIN
ML4:=1.63*(LT2-(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1))+1.16*(LT-LONGDES4)-LT2);
ML5:=1.16*LONGDES5;
END

```

```

ELSE
  BEGIN
    ML4:=1.63*LOWGDES4;
    ML5:=(1.63*(LT2-(LT-LOWGDES5)))+1.16*LT1;
  END;
END;

END;

END;
ER:=0.0000017332*BEN#NIDIM*(AP-A2)*((LT1/A2)+(LT2/A1));
EP:=4E-07*ALFA*LT8*(ML1+ML2+ML3+ML4+ML5)/A2;
APAP:=AP-A2;
WT:=0.1484*AP*(AP+EP-ER)*DEPH;
END

ELSE
  IF (M[1]=0.750) AND (M[2]=0.875) THEN
    BEGIN
      R1:=0.786-0.054*AP;
      R2:=0.214+0.054*AP;
      A2:=(PI*SQRT(M[1]))/4;
      A1:=(PI*SQRT(M[2]))/4;
      LT1:=R1*LT;
      LT2:=LT-LT1;
      COEF:=LOWVER1/LT1;
      IF COEF=1 THEN
        BEGIN
          ML1:=2.16*LT2;
          ML2:=1.63*LOWGDES2;
          ML3:=1.63*LOWGDES1;
          ML4:=1.63*LOWGDES4;
          ML5:=1.63*LOWGDES5;
        END
      ELSE
        IF COEF>1 THEN
          BEGIN
            ML1:=2.16*LT2+1.63*(LOWVER1-LT2);
            ML2:=1.63*LOWGDES2;
            ML3:=1.63*LOWGDES1;
            ML4:=1.63*LOWGDES4;
            ML5:=1.63*LOWGDES5;
          END
        ELSE
          BEGIN
            ML1:=2.16*LOWVER1;
            COEF1:=(LOWVER1+LOWGDES2)/LT2;
            IF COEF1=1 THEN
              BEGIN
                ML1:=2.16*LOWGDES2;
                ML3:=1.63*LOWGDES1;
                ML4:=1.63*LOWGDES4;
                ML5:=1.63*LOWGDES5;
              END
            ELSE
              IF COEF1>1 THEN
                BEGIN
                  ML1:=2.16*(LT2-LOWGDES1)+1.63*(LOWVER1+LOWGDES2-LT2);
                  ML3:=1.63*LOWGDES1;
                  ML4:=1.63*LOWGDES4;
                  ML5:=1.63*LOWGDES5;
                END
              ELSE
                BEGIN
                  ML2:=2.16*LOWGDES2;
                  COEF2:=(LOWVER1+LOWGDES2+LOWGDES1)/LT2;
                  IF COEF2=1 THEN
                    BEGIN
                      ML3:=2.16*LOWGDES1;

```

```

ML3:=1.53*LONGDES4;
ML5:=1.63*LONGDES5;
END
ELSE
IF COEF2>1 THEN
BEGIN
ML3:=2.16*(LT2-(LONGVER1+LONGDES2))+1.63*(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)-LT2;
ML4:=1.63*LONGDES4;
ML5:=1.63*LONGDES5;
END
ELSE
BEGIN
ML3:=2.16*LONGINCL1;
COEF3:=(LT-LONGDES5)/LT2;
IF COEF3=1 THEN
BEGIN
ML4:=2.16*LONGDES4;
ML5:=1.63*LONGDES5;
END
ELSE
IF COEF3>1 THEN
BEGIN
ML4:=2.63*(LT2-(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1))+1.63*(LT-LONGDES5)-LT2;
ML5:=1.63*LONGDES5;
END
ELSE
BEGIN
ML4:=2.16*LONGDES4;
ML5:=2.16*(LT2-(LT-LONGDES5))+1.63*LT;
END;
END;

```

END;

EP:=0.000000173320DENOMIDIN*(AP-A2)*((LT1/A2)+(LT2/A1));

EP:=4E-07*ALFA*LT0*(ML1+ML2+ML3+ML4+ML5)/A2;

APAR:=AP-A2;

QOT:=0.14841APR*(LONGVAR+EP-ER)*LPM;

END

ELSE
BEGIN

R1:=0.815-0.0375*AP;

R2:=0.186+0.0375*AP;

A2:=(PI*SQ(N(1)))/4;

A1:=(PI*SQ(N(2)))/4;

LT1:=R1*LT;

LT2:=LT-LT1;

COF:=LONGVER1/LT1;

IF COEF=1 THEN

BEGIN

ML1:=2.88*LT2;

ML2:=2.16*LONGDES2;

ML3:=2.16*LONGINCL1;

ML4:=2.16*LONGDES4;

ML5:=2.16*LONGDES5;

END

ELSE

IF COEF>1 THEN

BEGIN

ML1:=2.88*LONGVER1;

COEF1:=(LONGVER1+LONGDES2)/LT2;

IF COEF1=1 THEN

BEGIN

ML2:=2.88*LONGDES2;

ML3:=2.16*LONGINCL1;

ML4:=2.16*LONGDES4;

ML5:=2.26*LONGDES5;

```

END
ELSE
  IF COEF1>1 THEN
    BEGIN
      ML2:=2.88*(LT2-LONGVER1)+2.16*(LONGVER1+LONGDES2)-LT2;
      ML3:=2.16*LONGINCL1;
      ML4:=2.16*LONGDES4;
      ML5:=2.16*LONGDES5;
    END
  ELSE
    BEGIN
      ML2:=2.88*LONGDES2;
      COEF2:=(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)/LT2;
      IF COEF2=1 THEN
        BEGIN
          ML3:=2.88*LONGINCL1;
          ML4:=2.16*LONGDES4;
          ML5:=2.16*LONGDES5;
        END
      ELSE
        IF COEF2>1 THEN
          BEGIN
            ML3:=2.88*(LT2-(LONGVER1+LONGDES2))+2.16*((LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)-LT2);
            ML4:=2.16*LONGDES4;
            ML5:=2.16*LONGDES5;
          END
        ELSE
          BEGIN
            ML3:=2.88*LONGINCL1;
            COEF3:=(LT-LONGDES5)/LT2;
            IF COEF3=1 THEN
              BEGIN
                ML4:=2.88*LONGDES4;
                ML5:=2.16*LT1;
              END
            ELSE
              IF COEF3>1 THEN
                BEGIN
                  ML4:=2.88*((LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)-LT2)+2.16*(LT2-(LT-LONGDES5));
                  ML5:=2.16*LONGDES5;
                END
              ELSE
                BEGIN
                  ML4:=2.88*LONGDES4;
                  ML5:=2.16*(LT2-(LT-LONGDES5))+2.16*LT1;
                END
              END
            END
          END
        END
      END
    END
  END;

```

```

END;
END;
ER:=0.0000017332*DEN*WID*H*(AP-A2)*((LT1/A2)+(LT//A1));
EP:=4E-07*ALFA*LT*(ML1+ML2+ML3+ML4+ML5)/A2;
APAP:=AP-A2;
QOT:=0.148*AP*(LONGVAR+EP-ER)*EPM;

```

```

END
END: ( fin de *modif2 )

```

```

over: DNR SMOIF3;

```

```

BEGIN

```

```

  IF MDV=3 THEN

```

```

    AP:=(PI*SOR(DIAEM))/4;
    ALFA:=(LONGVAR*SOR(EPM))/70500;
    V:=0.0043633*LONGVAR*EPM;
    RP1:=180*100/(PI*GADES1);
    RP2:=180*100/(PI*GADES2);
    LT:=(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1+LONGDES4+LONGDES5);
    IF (M1)=0.625) AND (M2)=0.75) AND (M3)=0.875) THEN

```


REGIM

R1:=0.627-0.01750AP;
R2:=0.194+0.01770AP;
R3:=0.175+0.00550AP;
A3:=(P1+SQR(M[1]))/4;
A2:=(P1+SQR(M[2]))/4;
A1:=(P1+SQR(M[3]))/4;
LT1:=P1*LT;
LT2:=R2*LT;
LT3:=LT-(LT1+LT2);
COEF:=LONGVER1/LT3;
IF COEF=1 THEN

REGIM

ML1:=2.16*LT3;
COEF1:=LONGDES2/LT2;
IF COEF1=1 THEN

REGIM

ML2:=1.63*LT2;
ML3:=1.16*LONGINCL1;
ML4:=1.16*LONGDES4;
ML5:=1.16*LONGDES5;

END

ELSE

IF COEF1>1 THEN

REGIM

ML2:=1.63*LT2+1.16*(LONGDES2-LT3);
ML3:=1.16*LONGINCL1;
ML4:=1.16*LONGDES4;
ML5:=1.16*LONGDES5;

END

ELSE

REGIM

ML2:=1.63*LONGDES2;
COEF2:=(LONGDES2+LONGINCL1)/LT2;
IF COEF2=1 THEN

REGIM

ML3:=1.63*LONGINCL1;
ML4:=1.16*LONGDES4;
ML5:=1.16*LONGDES5;

END

ELSE

IF COEF2>1 THEN

REGIM

ML3:=1.63*(LT2-LONGDES2)+1.16*(LONGDES2+LONGINCL1-LT2);
ML4:=1.16*LONGDES4;
ML5:=1.16*LONGDES5;

END

ELSE

REGIM

ML3:=1.63*LONGINCL1;
COEF3:=(LONGDES2+LONGINCL1+LONGDES4)/LT2;
IF COEF3=1 THEN

REGIM

ML4:=1.63*LONGDES4;
ML5:=1.16*LONGDES5;

END

ELSE

IF COEF3>1 THEN

REGIM

ML4:=1.63*(LT2-(LONGDES2+LONGINCL1))+1.16*(LONGDES2+LONGINCL1+LONGDES4-LT2);
ML5:=1.16*LONGDES5;

END

ELSE

REGIM

ML4:=1.63*LONGDES4;
ML5:=1.63*(LT2-(LONGDES2+LONGINCL1+LONGDES4))+1.16*LT1;

```

END;
END;
END;
ELSE
  IF COEF>1 THEN
    BEGIN
      ML1:=2.16*(LT3+1.63*(LONGVER1-LT3));
      COEF1:=(LONGVER1+LONGDES2)/(LT3+LT2);
      IF COEF1=1 THEN
        BEGIN
          ML2:=1.63*LONGDES2;
          ML3:=1.16*(LONGINCL1);
          ML4:=1.16*(LONGDES4);
          ML5:=1.16*(LONGDES5);
        END
      ELSE
        IF COEF1>1 THEN
          BEGIN
            COEF1:=(LONGVER1)/(LT3+LT2);
            IF COEF1=1 THEN
              BEGIN
                ML2:=1.16*LONGDES2;
                ML3:=1.16*(LONGINCL1);
                ML4:=1.16*LONGDES4;
                ML5:=1.16*LONGDES5;
              END
            ELSE
              BEGIN
                ML2:=1.63*((LT3+LT2)-LONGVER1)+1.16*((LONGVER1+LONGDES2)-(LT3+LT2));
                ML3:=1.16*(LONGINCL1);
                ML4:=1.16*LONGDES4;
                ML5:=1.16*LONGDES5;
              END;
            END;
          END;
        END;
      END
    ELSE
      IF COEF<1 THEN
        BEGIN
          ML1:=2.16*LONGVER1;
          COEF1:=(LONGVER1+LONGDES2)/LT3;
          IF COEF1=1 THEN
            BEGIN
              ML2:=2.16*LONGDES2;
              COEF2:=(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)/(LT3+LT2);
              IF COEF2=1 THEN
                BEGIN
                  ML3:=1.63*(LONGINCL1);
                  ML4:=1.16*(LONGDES4);
                  ML5:=1.16*(LONGDES5);
                END
              ELSE
                IF COEF2>1 THEN
                  BEGIN
                    ML3:=1.63*((LT3+LT2)-(LONGVER1+LONGDES2));
                    ML4:=1.16*((LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)-(LT3+LT2));
                    ML5:=1.16*LONGDES5;
                  END
                ELSE
                  BEGIN
                    ML3:=1.63*LONGINCL1;
                    COEF3:=(LT-LONGDES5)/(LT3+LT2);
                    IF COEF3=1 THEN
                      BEGIN
                        ML4:=1.63*LONGDES4;

```

```

      NL5:=1.16*(LONGDES5);
    END
  ELSE
    IF COEF3>1 THEN
      BEGIN
        ML4:=1.63*(LT3+LT2)-(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1);
        NL4:=ML4+1.16*(LT-LONGDES5)-(LT3+LT2);
        NL5:=1.16*LONGDES5;
      END
    ELSE
      BEGIN
        ML4:=1.63*LONGDES4;
        NL5:=1.63*(LT3+LT2)-(LT-LONGDES5)+1.16*LT1;
      END;
    END;
  END
ELSE
  IF COEF1>1 THEN
    BEGIN
      NL2:=2.16*(LT3-LONGVER1)+1.63*(LONGVER1+LONGDES2)-LT1;
      COEF2:=(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)/(LT3+LT2);
      IF COEF2=1 THEN
        BEGIN
          NL3:=1.63*LONGINCL1;
          NL4:=1.16*LONGDES4;
          NL5:=1.16*LONGDES5;
        END
      ELSE
        IF COEF2>1 THEN
          BEGIN
            COEF3:=(LONGVER1+LONGDES2)/(LT3+LT2);
            IF COEF3=1 THEN
              BEGIN
                NL3:=1.16*LONGINCL1;
                NL4:=1.16*LONGDES4;
                NL5:=1.16*LONGDES5;
              END
            ELSE
              IF COEF3<1 THEN
                BEGIN
                  NL3:=1.16*(LT3+LT2)-(LONGVER1+LONGDES2);
                  NL4:=1.16*(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)-(LT3+LT2);
                  NL5:=1.16*LONGDES5;
                END;
              END
            END
          END
        ELSE
          BEGIN
            NL3:=1.63*LONGINCL1;
            COEF3:=(LT-LONGDES5)/(LT3+LT2);
            IF COEF3=1 THEN
              BEGIN
                NL4:=1.63*LONGDES4;
                NL5:=1.16*LONGDES5;
              END
            ELSE
              IF COEF3>1 THEN
                BEGIN
                  NL4:=1.16*(LT3+LT2)-(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1);
                  NL4:=NL4+1.16*(LT-LONGDES5)-(LT3+LT2);
                  NL5:=1.16*LONGDES5;
                END
              ELSE
                BEGIN
                  NL4:=1.16*LONGDES4;
                  NL5:=1.16*(LT3+LT2)-(LT-LONGDES5);
                END
              END
            END
          END
        END
      END
    END
  END

```

```

                                END;
                                END;
END
ELSE
BEGIN
    ML2:=2.16*LONGDES2;
    COEF2:=(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)/LT3;
    IF COEF2=1 THEN
        BEGIN
            ML3:=2.16*LONGINCL1;
            COEF3:=LONGDES4/LT2;
            IF COEF3=1 THEN
                BEGIN
                    ML4:=1.63*LONGDES4;
                    ML5:=1.16*LONGDES5;
                END
            ELSE
                BEGIN
                    IF COEF3>1 THEN
                        BEGIN
                            ML4:=1.63*(1+1.16*(LONGDES4-LT2));
                            ML5:=1.16*LONGDES5;
                        END
                    ELSE
                        BEGIN
                            ML4:=1.63*LONGDES4;
                            ML5:=1.63*(LT2-LONGDES4)+1.16*LT1;
                        END
                    END
                END
            END
        END
    ELSE
        IF COEF2>1 THEN
            BEGIN
                COEF3:=(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)/(LT2*LT3);
                IF COEF3=1 THEN
                    BEGIN
                        ML3:=2.16*(LT3-(LONGVER1+LONGDES2))+1.63*LT2;
                        ML4:=1.16*LONGDES4;
                        ML5:=1.16*LONGDES5;
                    END
                ELSE
                    BEGIN
                        IF COEF3>1 THEN
                            BEGIN
                                ML3:=2.16*(LT3-(LONGVER1+LONGDES2));
                                ML4:=ML3+1.63*LT2+1.16*(LONGVER1+LONGDES2+(LONGINCL1)-(LT3+LT2));
                                ML5:=1.16*LONGDES4;
                                ML6:=1.16*LONGDES5;
                            END
                        ELSE
                            BEGIN
                                ML3:=2.16*(LT3-(LONGVER1+LONGDES2))+1.63*(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)-LT3;
                                COEF4:=(LT1+LONGDES5)/(LT2+LT2);
                                IF COEF4=1 THEN
                                    BEGIN
                                        ML4:=1.63*LONGDES4;
                                        ML5:=1.16*LONGDES5;
                                    END
                                ELSE
                                    BEGIN
                                        IF COEF4 > 1 THEN
                                            BEGIN
                                                ML4:=1.63*((LT3+LT2)-(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1));
                                                ML5:=ML4+1.16*((LT-LONGDES5)-(LT3+LT2));
                                                ML6:=1.16*LONGDES4;
                                            END
                                        ELSE
                                            BEGIN
                                                ML4:=1.63*LONGDES4;
                                                ML5:=1.63*(LT+LT2)-(LT-LONGDES5)+1.16*LT1;
                                            END
                                        END
                                    END
                                END
                            END
                        END
                    END
                END
            END
        END
    END
END

```



```

M2:=2.16*LT2;
M3:=1.63*LONGINCL1;
M4:=1.63*LONGDES4;
M5:=1.63*LONGDES5;
END
ELSE
IF COEF1=1 THEN
BEGIN
M2:=2.16*LT2+1.63*(LONGDES2-LT2);
M3:=1.63*LONGINCL1;
M4:=1.63*LONGDES4;
M5:=1.63*LONGDES5;
END
ELSE
BEGIN
M2:=2.16*LONGDES2;
COEF2:=(LONGDES2+LONGINCL1)/LT2;
IF COEF2=1 THEN
BEGIN
M3:=2.16*LONGINCL1;
M4:=1.63*LONGDES4;
M5:=1.63*LONGDES5;
END
ELSE
IF COEF2>1 THEN
BEGIN
M3:=2.16*(LT2-LONGDES2)+1.63*(LONGDES2+LONGINCL1-LT2);
M4:=1.63*LONGDES4;
M5:=1.63*LONGDES5;
END
ELSE
BEGIN
M3:=2.16*LONGINCL1;
COEF3:=(LONGVER1+LONGDES4+LONGINCL1)/LT2;
IF COEF3=1 THEN
BEGIN
M4:=2.16*LONGDES4;
M5:=1.63*LONGDES5;
END
ELSE
IF COEF3>1 THEN
BEGIN
M4:=2.16*(LT2-(LONGDES2+LONGINCL1))+1.63*(LONGDES2+LONGINCL1+LONGDES4-LT2);
M5:=1.63*LONGDES5;
END
ELSE
BEGIN
M4:=2.16*LONGDES4;
M5:=2.16*(LT2-(LONGDES2+LONGINCL1+LONGDES4))+1.63*LT2;
END;
END;
END
ELSE
IF COEF>1 THEN
BEGIN
M1:=2.88*LT3+2.16*(LONGVER1-LT3);
COEF1:=(LONGVER1+LONGDES2)/(LT3+LT2);
IF COEF1=1 THEN
BEGIN
M2:=2.16*LONGDES2;
M3:=1.63*LONGINCL1;
M4:=1.63*LONGDES4;
M5:=1.63*LONGDES5;
END
ELSE

```

```

IF COEF1 > 1 THEN
  BEGIN
    COEF1 := LONGVER1 / (LT3 + LT2);
    IF COEF1 = 1 THEN
      BEGIN
        ML2 := 1.63 * LONGDES2;
        ML3 := 1.63 * LONGINCL1;
        ML4 := 1.63 * LONGDES4;
        ML5 := 1.63 * LONGDES5;
      END
    ELSE
      BEGIN
        ML2 := 2.16 * ((LT3 + LT2) - LONGVER1) + 1.63 * (LONGVER1 + LONGDES2) - (1.3 * LT2);
        ML3 := 1.63 * LONGINCL1;
        ML4 := 1.63 * LONGDES4;
        ML5 := 1.63 * LONGDES5;
      END
    END;
  END
ELSE
  BEGIN
    ML1 := 2.88 * LONGVER1;
    COEF1 := (LONGVER1 + LONGDES2) / LT3;
    IF COEF1 = 1 THEN
      BEGIN
        ML2 := 2.88 * LONGDES2;
        COEF2 := (LONGVER1 + LONGDES2 + LONGINCL1) / (LT3 + LT2);
        IF COEF2 = 1 THEN
          BEGIN
            ML3 := 2.16 * LONGINCL1;
            ML4 := 1.63 * LONGDES4;
            ML5 := 1.63 * LONGDES5;
          END
        ELSE
          IF COEF2 > 1 THEN
            BEGIN
              ML3 := 2.16 * ((LT3 + LT2) - (LONGVER1 + LONGDES2));
              ML4 := ML3 + 1.63 * ((LONGVER1 + LONGDES2 + LONGINCL1) - (LT3 + LT2));
              ML5 := 1.63 * LONGDES4;
            END
          ELSE
            BEGIN
              ML3 := 2.16 * LONGINCL1;
              COEF3 := (LT - LONGDES5) / (LT3 + LT2);
              IF COEF3 = 1 THEN
                BEGIN
                  ML4 := 2.16 * LONGDES4;
                  ML5 := 1.63 * LONGDES5;
                END
              ELSE
                IF COEF3 > 1 THEN
                  BEGIN
                    ML4 := 2.16 * ((LT3 + LT2) - (LONGVER1 + LONGDES2 + LONGINCL1));
                    ML5 := ML4 + 1.63 * ((LT - LONGDES5) - (LT3 + LT2));
                    ML5 := 1.63 * LONGDES5;
                  END
                ELSE
                  BEGIN
                    ML4 := 2.16 * LONGDES4;
                    ML5 := 2.16 * ((LT3 + LT2) - (LT - LONGDES5)) + 1.63 * LT1;
                  END
                END;
            END
          END;
        END;
      END
    END;
  END
ELSE
  IF COEF1 > 1 THEN

```

```

BEGIN
  ML2:=2.88*(LT3-LONGVER1)+2.16*(LONGVER1+LONGDES2)-LT3);
  COEF2:=(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)/(LT3+LT2);
  IF COEF2=1 THEN
    BEGIN
      ML3:=2.16*LONGINCL1;
      ML4:=1.63*LONGDES4;
      ML5:=1.63*LONGDES5;
    END
  ELSE
    IF COEF2>1 THEN
      BEGIN
        COEF3:=(LONGVER1+LONGDES2)/(LT3+LT2);
        IF COEF3=1 THEN
          BEGIN
            ML3:=1.63*LONGINCL1;
            ML4:=1.63*LONGDES4;
            ML5:=1.63*LONGDES5;
          END
        ELSE
          IF COEF3<1 THEN
            BEGIN
              ML3:=2.16*((LT3+LT2)-(LONGVER1+LONGDES2));
              ML3:=ML3+1.63*(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)-(LT3+LT2);
              ML4:=1.63*LONGDES4;
              ML5:=1.63*LONGDES5;
            END;
          END
        ELSE
          BEGIN
            ML3:=2.16*LONGINCL1;
            COEF3:=(LT-LONGDES5)/(LT3+LT2);
            IF COEF3=1 THEN
              BEGIN
                ML4:=2.16*LONGDES4;
                ML5:=1.63*LONGDES5;
              END
            ELSE
              IF COEF3>1 THEN
                BEGIN
                  ML4:=1.16*((LT3+LT2)-(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1));
                  ML4:=ML4+1.63*(LT-LONGDES5)-(LT3+LT2);
                  ML5:=1.63*LONGDES5;
                END
              ELSE
                BEGIN
                  ML4:=2.16*LONGDES4;
                  ML5:=2.16*((LT3+LT2)-(LT-LONGDES5));
                END;
              END;
            END;
          END
        ELSE
          BEGIN
            ML2:=2.88*LONGDES2;
            COEF2:=(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)/LT;
            IF COEF2=1 THEN
              BEGIN
                ML3:=2.88*LONGINCL1;
                COEF3:=LONGDES4/LT;
                IF COEF3=1 THEN
                  BEGIN
                    ML4:=2.16*LONGDES4;
                    ML5:=1.63*LONGDES5;
                  END
                ELSE
                  BEGIN
                    IF COEF3>1 THEN

```



```

      BEGIN
        ML4:=2.16*LT2+1.63*(LONGDES4-LT2);
        ML5:=1.63*LONGDES5;
      END
    ELSE
      BEGIN
        ML4:=2.16*LONGDES4;
        ML5:=2.16*(LT2-LONGDES4)+1.63*LT1;
      END;
    END
  ELSE
    IF COEF2>1 THEN
      BEGIN
        COEF3:=(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1)/(LT2+LT3);
        IF COEF3=1 THEN
          BEGIN
            ML3:=2.88*(LT3-(LONGVER1+LONGDES2))+2.16*LT2;
            ML4:=1.63*LONGDES4;
            ML5:=1.63*LONGDES5;
          END
        ELSE
          IF COEF3>1 THEN
            BEGIN
              ML3:=2.88*(LT3-(LONGVER1+LONGDES2))+2.16*(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1-LT3);
              COEF4:=(LT-LONGDES5)/(LT3+LT2);
              IF COEF4=1 THEN
                BEGIN
                  ML4:=2.16*LONGDES4;
                  ML5:=1.63*LONGDES5;
                END
              ELSE
                IF COEF4>1 THEN
                  BEGIN
                    ML4:=2.16*(LT+LT2)-(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1);
                    ML5:=ML4+1.63*(LT-LONGDES5)/(LT3+LT2);
                    ML6:=1.63*LONGDES5;
                  END
                ELSE
                  BEGIN
                    ML4:=2.16*LONGDES4;
                    ML5:=2.16*(LT+LT2)-(LT-LONGDES5)+1.63*LT1;
                  END;
                END;
              END;
            END;
          END
        ELSE
          BEGIN
            ML3:=2.88*LONGINCL1;
            COEF3:=(LT-LONGDES5)/LT3;
            IF COEF3=1 THEN
              BEGIN
                ML4:=2.88*LONGDES4;
                ML5:=2.16*LT1+1.63*LT1;
              END
            ELSE
              IF COEF3>1 THEN
                BEGIN
                  COEF4:=(LT-LONGDES5)/(LT3+LT2);
                  IF COEF4=1 THEN
                    BEGIN
                      ML4:=2.88*(LT3-(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1))+2.16*LT2;
                      ML5:=1.63*LONGDES5;
                    END
                  ELSE
                    IF COEF4>1 THEN
                      BEGIN
                        ML4:=2.88*(LT3-(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1));

```

ML4:=ML4+2.16*LT2+1.63*(LT-LONGDESVS)-(LTS*LT2));

ML5:=1.63*LONGDESVS;

END
ELSE

BEGIN

ML4:=2.88*(LTS-(LONGVER1+LONGDES2+LONGINCL1));

ML4:=ML4+2.16*(LT-LONGDESVS)-LTS;

ML5:=2.16*(LTS*(LT2)-(LT-LONGDESVS))+1.63*LT1;

END;

END

ELSE

BEGIN

ML4:=2.88*LONGDES4;

ML5:=2.88*(LTS-(LT-LONGDESVS))+2.16*LT2+1.63*LT1;

END;

END;

END;

END;

END;

ER:=0.0000017332*DEN*EDJ*(AP-A3)*((LT1/A3)+(LT2/A3)+(LTS/A1));

EP:=4E-07*ALFA*LT*(ML1+ML2+ML3+ML4+ML5)/A3;

APAR:=AP-A3;

QOT:=0.1484*AP*(LONGVAR+EP-ER)*EPM;

END; { fin de sordif3 }

PROCEDURE UCONV2;

BEGIN

TETA1:=MU2*(1-COS(C(MYANG1)));

TETA2:=(MU2*SQR(V)*MYANG1)/(32.28RR1);

TETA3:=MU4*(1-SIN(C(MYANG2)));

TETA33:=MU4*(1-COS(C(MYANG2)));

TETA4:=(MU4*SQR(V)*MYANG2)/(32.28RR2);

TETA5:=ML1+ML2*(SIN(C(MYANG1))+TETA1+TETA2)+ML3*(COS(C(MYANG1))+MU3*SIN(C(MYANG1)));

TETA5:=TETA5+ML4*(SIN(C(MYANG2))+TETA33+TETA4)+ML5*(MU5*SIN(C(MYANG2))+COS(C(MYANG2)));

TETA6:=ML1+ML2*(SIN(C(MYANG1))-TETA1-TETA2)+ML3*(COS(C(MYANG1))-MU3*SIN(C(MYANG1)));

TETA6:=TETA6+ML4*(SIN(C(MYANG2))-TETA33-TETA4)+ML5*(COS(C(MYANG2))-MU5*SIN(C(MYANG2)));

WMAX:=TETA5*(1+ALFA-0.1273*DEN)+0.433*PROFVB*AP;

WMIN:=TETA6*(1-ALFA-0.1273*DEN);

CT:=0.5*(WMAX+WMIN);

TP:=(WMAX-CT)*LONGVAR/2;

LN:=NIDIM*(2.31*PRESB/DEN);

MU:=0.00000736*QOT*DFNIM;

MF:=0.00000631*TETA5*LONGVAR*EPM;

MR:=1.5*(MU+MF);

END; { fin de uconv2 }

PROCEDURE ALBAL2;

BEGIN

TETA1:=MU2*(1-COS(C(MYANG1)));

TETA2:=(MU2*SQR(V)*MYANG1)/(32.28RR1);

TETA3:=MU4*(1-SIN(C(MYANG2)));

TETA33:=MU4*(1-COS(C(MYANG2)));

TETA4:=(MU4*SQR(V)*MYANG2)/(32.28RR2);

TETA5:=ML1+ML2*(SIN(C(MYANG1))+TETA1+TETA2)+ML3*(COS(C(MYANG1))+MU3*SIN(C(MYANG1)));

TETA5:=TETA5+ML4*(SIN(C(MYANG2))-TETA3-TETA4)+ML5*(MU5*SIN(C(MYANG2))+COS(C(MYANG2)));

TETA6:=ML1+ML2*(SIN(C(MYANG1))-TETA1-TETA2)+ML3*(COS(C(MYANG1))-MU3*SIN(C(MYANG1)));

TETA6:=TETA6+ML4*(SIN(C(MYANG2))-TETA33-TETA4)+ML5*(COS(C(MYANG2))-MU5*SIN(C(MYANG2)));

WMAX:=0.433*(PROFVB*AP-0.294*TETA5)+TETA5+0.78*TETA5*ALFA;

WMIN:=TETA6-1.38*TETA6*ALFA-0.1273*DEN*TETA6;

CT:=1.06*(WMAX+WMIN)/2;

TP:=(WMAX-CT)*LONGVAR/2;

LN:=NIDIM*(2.31*PRESB/DEN);

MU:=0.00000736*QOT*DFNIM;

MF:=0.00000631*TETA5*LONGVAR*EPM;

```
MS:=1.5*(RR*HF);
END: ( fin de aerbal2)
```

```
PROCEDURE UNAR112;
```

```
BEGIN
  TETA1:=(MU2*(1-COS(C(MXANG1)))));
  TETA2:=(MU2*SQR(V)*MXANG1)/(32.2*RR1);
  TETA3:=(MU4*(1-SIN(C(MXANG2)))));
  TETA33:=(MU4*(1-COS(C(MXANG2)))));
  TETA4:=(MU4*SQR(V)*MXANG2)/(32.2*RR2);
  TETA5:=(ML1+ML2*(SIN(C(MXANG1))+TETA1+TETA2)+ML3*(COS(C(MXANG1))+MU3*SIN(C(MXANG1)))));
  TETA5:=TETA5+ML4*(SIN(C(MXANG2))-TETA3-TETA4)+ML5*(MU5*LN(C(C(MXANG2))+COS(C(MXANG2)))));
  TETA6:=(ML1+ML2*(SIN(C(MXANG1))-TETA1-TETA2)+ML3*(COS(C(MXANG1))-MU3*SIN(C(MXANG1)))));
  TETA6:=TETA6+ML4*(SIN(C(MXANG2))-TETA33-TETA4)+ML5*(COS(C(MXANG2))-MU5*SIN(C(MXANG2)))));
  WMA1:=0.433*(PROFVDBAP-0.294*TETA5)+TETA5*0.6*TETA5*ALFA;
  WMA1:=TETA6-1.4*TETA6*ALFA-0.1273*DENITETA6;
  CT:=1.06*(WMA1+1.25*WMIN)/2;
  TP:=(WMA1-CT)*LONGVAR/2;
  IN:=WIDTH*(2.31*PPESR/DEN);
  MH:=0.0000073*(WMA1+DEN*IN);
  HF:=(WMA1*WMA1*CT)*TAS*LONGVAR*EPH;
  HB:=.5*(MH+HF);
END: ( fin de unar112)
```

```
PROCEDURE DATOS;
```

```
BEGIN
```

```
  CLRSR;
  WRITELN(' PROPORCIONA LOS SIGUIENTES DATOS( PIZO TIPO S MODIFICADA)');
  WRITELN('-----');
  REPEAT
    GOTOXY(5,0);
    WRITE(1.- DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE : ');
    GOTOXY(WHEREY-11,0);
    READ(1);
    IF (DEN<0.5) OR (DEN>2.0) THEN
      MESSAGEPR(04,05);
  UNTIL (DEN>=0.5) AND (DEN<=2.0);
  REPEAT
    GOTOXY(5,04);
    WRITE(2.- CARRERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS : ');
    GOTOXY(WHEREY-10,04);
    READ(1);
    IF (L1<=0) OR (LONGVAR<200) THEN
      MESSAGEPR(05,05);
  UNTIL (L1<=0) AND (LONGVAR<=200);
  REPEAT
    GOTOXY(5,05);
    WRITE(3.- DIAMETRO DEL ENDOLO DE LA BOMBA EN PULGADAS : ');
    GOTOXY(WHEREY-11,05);
    READ(1);
    IF (D1<=0.5) OR (D1AEMB>5) THEN
      MESSAGEPR(06,05);
  UNTIL (D1<=0.5) AND (D1AEMB<=5);
  REPEAT
    GOTOXY(5,06);
    WRITE(4.- VELOCIDAD DE BOMBEO EN EMBOLADAS POR MINUTO : ');
    GOTOXY(WHEREY-11,06);
    READ(1);
    IF (EP<=0) OR (EPM<=30) THEN
      MESSAGEPR(07,05);
  UNTIL (EP<=0) AND (EPM<=30);
```



```

REPEAT
  GOTXY(5,7);
  WRITE(' 5.- NIVEL DINAMICO VERTICAL EN LA T.R. EN PIES : ');
  GOTXY(WHEREX-10,7);
  READ(MIDM);
  IF (MIDM<=0.0) OR (MIDM>=20000) THEN
    MENSAGEERROR(08,05);
  UNTIL (MIDM>0.0) AND (MIDM<20000);
  REPEAT
    GOTXY(5,8);
    WRITE(' 6.- PROFUNDIDAD VERTICAL DE COLOCACION DE LA BOMBA EN PIES : ');
    GOTXY(WHEREX-10,8);
    READ(PROFVB);
    IF (PROFVB<=0.0) OR (PROFVB>20000) THEN
      MENSAGEERROR(09,05);
    UNTIL (PROFVB>0.0) AND (PROFVB<=20000);
    REPEAT
      GOTXY(5,9);
      WRITE(' 7.- CONTRAPRESION EN LA BOCA DEL POZO EN PSIA : ');
      GOTXY(WHEREX-10,9);
      READ(PRESB);
      IF (PRESB<=0.0) OR (PRESB>500) THEN
        MENSAGEERROR(10,05);
      UNTIL (PRESB>0.0) AND (PRESB<=500);
      REPEAT
        GOTXY(5,10);
        WRITE(' 8.- LONG. VERTICAL ANTES DE LA DESVIACION DEL POZO EN PIES : ');
        GOTXY(WHEREX-10,10);
        READ(LONGVER1);
        IF ((LONGVER1<=0.0) OR (LONGVER1>8000) THEN
          MENSAGEERROR(11,05);
        UNTIL (LONGVER1>0.0) AND (LONGVER1<=8000);
        REPEAT
          GOTXY(5,11);
          WRITE(' 9.- LONGITUD DE LA PRIMERA PARTE DESVIADA DEL POZO EN PIES : ');
          GOTXY(WHEREX-10,11);
          READ(LONGDES2);
          IF ((LONGDES2<=0.0) OR (LONGDES2>20000) THEN
            MENSAGEERROR(12,05);
          UNTIL (LONGDES2>0.0) AND (LONGDES2<=20000);
          REPEAT
            GOTXY(5,12);
            WRITE(' 0.- GRADOS DE DES.POR CADA 100 PIES DE LA PRIMERA PARTE DES. : ');
            GOTXY(WHEREX-10,12);
            READ(GRDESV1);
            IF (GRDESV1<0) OR (GRDESV1>90) THEN
              MENSAGEERROR(13,05);
            UNTIL (GRDESV1>=0) AND (GRDESV1<=90);
            REPEAT
              GOTXY(5,13);
              WRITE(' 1.- FACTOR DE FRICCION PARA LA PRIMERA PARTE DESVIADA : ');
              GOTXY(WHEREX-10,13);
              READ(MU1);
              IF (MU1<=0) OR (MU1>10) THEN
                MENSAGEERROR(14,05);
              UNTIL (MU1>0) AND (MU1<=10);
              REPEAT
                GOTXY(5,14);
                WRITE(' 2.- MAXIMO ANGULO DE DESV. ALCANIZADO EN LA PRIMERA PARTE DES. : ');
                GOTXY(WHEREX-10,14);
                READ(MIANG1);
                IF (MIANG1<=0) OR (MIANG1>90) THEN
                  MENSAGEERROR(15,05);
                UNTIL (MIANG1>0) AND (MIANG1<=90);
                REPEAT
                  GOTXY(5,15);

```

```

WRITE('13.- LONGITUD DE LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDO EN PIES : ');
GOTOX(WHERE1-10,15);
READ(LONGINCL1);
IF (LONGINCL1<=0) OR (LONGINCL1>20000) THEN
  MENSAJEERROR(16,05);
UNTIL (LONGINCL1>0) AND (LONGINCL1<=20000);
REPEAT
  GOTOX(05,16);
  WRITE('14.- FACTOR DE FRICCION PARA LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDA : ');
  GOTOX(WHERE1-10,16);
  READ(MU3);
  IF (MU3<=0) OR (MU3>10) THEN
    MENSAJEERROR(17,05);
UNTIL (MU3>0) AND (MU3<=10);
REPEAT
  GOTOX(05,17);
  WRITE('15.- LONGITUD DE LA SEGUNDA PARTE DESVIADA EN PIES : ');
  GOTOX(WHERE1-10,17);
  READ(LONGDES4);
  IF (LONGDES4<=0) OR (LONGDES4>LONGVER1+PROFVR+LONGINCL1) THEN
    MENSAJEERROR(18,05);
UNTIL (LONGDES4>0) AND (LONGDES4<=LONGVER1+PROFVR+LONGINCL1);
REPEAT
  GOTOX(05,18);
  WRITE('16.- GRADOS DE DES. POR CADA 100 PIES EN LA SEGUNDA PARTE DES. : ');
  GOTOX(WHERE1-10,18);
  READ(GRADESV2);
  IF (GRADESV2<0) OR (GRADESV2>90) THEN
    MENSAJEERROR(19,05);
UNTIL (GRADESV2>=0) AND (GRADESV2<=90);
REPEAT
  GOTOX(05,19);
  WRITE('17.- MAXIMO ANGULO ALCANIZADO EN LA SEGUNDA PARTE DESVIADA : ');
  GOTOX(WHERE1-10,19);
  READ(MXANG2);
  IF (MXANG2<0) OR (MXANG2>90) THEN
    MENSAJEERROR(20,05);
UNTIL (MXANG2>=0) AND (MXANG2<=90);
REPEAT
  GOTOX(05,20);
  WRITE('18.- FACTOR DE FRICCION PARA LA SEGUNDA PARTE DESVIADA : ');
  GOTOX(WHERE1-10,20);
  READ(MU4);
  IF (MU4<=0) OR (MU4>10) THEN
    MENSAJEERROR(21,05);
UNTIL (MU4>=0) AND (MU4<=10);
REPEAT
  GOTOX(05,21);
  WRITE('19.- LONGITUD DE LA ZONA DE TERMINACION EN PIES : ');
  GOTOX(WHERE1-10,21);
  READ(LONGDES5);
  IF (LONGDES5<=0) OR (LONGDES5>LONGVER1+PROFVR+LONGINCL1+LONGDES4) THEN
    MENSAJEERROR(22,05);
UNTIL (LONGDES5>=0) AND (LONGDES5<=LONGVER1+PROFVR+LONGINCL1+LONGDES4);
REPEAT
  GOTOX(05,22);
  WRITE('20.- FACTOR DE FRICCION PARA LA ZONA DE TERMINACION : ');
  GOTOX(WHERE1-10,22);
  READ(MU5);
  IF (MU5<=0) OR (MU5>10) THEN
    MENSAJEERROR(23,05);
UNTIL (MU5>=0) AND (MU5<=10);
REPEAT
  GOTOX(05,23);
  WRITE('NUMERO DE DIAMETROS DE VARILLA ( MAXIMO 3 ) : ');
  GOTOX(WHERE1-10,23);

```



```

GOTOXY(01,10);
WRITELN(' :25,'UNIDAD', ' :11,'UNIDAD', ' :11,'UNIDAD');
WRITELN(' :22,'CONVENCIONAL', ' AEROBALANCEADA MARK III');
GOTOXY(01,14);
WRITELN(' Máxima carga', ' :56,'(1b)');
WRITELN(' Mínima carga', ' :56,'(1b)');
WRITELN(' Centralbalanceo', ' :54,'(1b)');
WRITELN(' Par de Torión', ' :54,'(1b-pg)');
WRITELN(' Fcf. en var. sup.', ' :51,'(1b/pg^2)');
WRITELN(' Motor', ' :53,'(1p)');
WRITELN(' Gasto en la bomba', ' :51,'(b/dia)');
CUADRO(1,77,22);
CUADRO(22,12,12,9);
CUADRO(32,12,12,9);
CUADRO(52,12,12,9);

```

END;

PROCEDURE IMPRIME(COLUMNA:INTEGER);

BEGIN

```

GOTOXY(COLUMNA,14);
WRITE(WM:6:0);
GOTOXY(COLUMNA,15);
WRITE(WM:6:0);
GOTOXY(COLUMNA,16);
WRITE(CT:6:0);
GOTOXY(COLUMNA,17);
WRITE(TP:6:0);
GOTOXY(COLUMNA,18);
WRITE(UM1/A1:6:0);
GOTOXY(COLUMNA,19);
WRITE(HB:6:0);
GOTOXY(COLUMNA,20);
WRITE(QOT:6:0);

```

END;

{inicia el programa principal}

BEGIN

```

OTRO:='S';
WHILE UP_CASE(OTRO)='S' DO
  BEGIN
    IN:=ALIZA;
    DAT:=S;
    PAN:=ALLA;
    UCO:=V2;
    IMP:=IME(26);
    AER:=AL2;
    IMP:=IME(43);
    UM1:=I2;
    IMP:=IME(60);
    BANDERA:=TRUE;
    GOTOXY(15,23);
    WRITE('¿Decea hacer otro diseño con este método [S/N] ');
    WHILE BANDERA DO
      BEGIN
        GOTOXY(WMEREX,WMERY);
        OTRO:=READKEY;
        IF (UPCASE(OTRO)='S') OR (UPCASE(OTRO)='N') THEN
          BANDERA:=FALSE;
        END;
      END;
  END;

```

END;

END.

{fin del programa principal}

CAPITULO IV "EJEMPLOS DE APLICACION"

- IV.1 Ejemplos utilizando el método API**
- IV.2 Ejemplos utilizando el método convencional**
- IV.3 Ejemplos utilizando el diseño tipo Slant**
- IV.4 Ejemplos utilizando el diseño tipo S**
- IV.5 Ejemplos utilizando el diseño tipo S modificada**
- IV.6 Comparación entre un pozo direccional diseñado con un método vertical**

CAPITULO IV "EJEMPLOS DE APLICACION"

A continuación se presentan los ejemplos de cada una de las opciones con las que cuenta el paquete de cómputo así también como los resultados para cada uno de los ejemplos.

Dentro de los resultados que se presentan para cada tipo de unidad son:

- a) Carga máxima (W_{max})
- b) Carga mínima (W_{min})
- c) Contrabalanceo (CT)
- d) Par de torsión (TP)
- e) Esfuerzo de la varilla superior
- f) Motor
- g) Gasto en la bomba

Los resultados son congruentes con las unidades inglesas, es decir, por ejemplo:

Gasto en la bomba (q); barriles/dfa

Motor; Hp

Carga máxima (W_{max}); libras

Por lo que respecta a los ejemplos, fueron tomados los datos del Distrito de Poza Rica Ver., y se trato de que fueran lo más verfdico posible. Algunos ejem plos son tomados de literatura y los resultados obtenidos por el paquete son muy cercanos a los registrados.

IV.1 Ejemplos utilizando el método API

PROPORCIONA LOS SIGUIENTES DATOS (PULG CON DÍGITO API)

- 1.- DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE (AGUA=1) :0.825
- 2.- PROFUNDIDAD DE COLOCACION DE LA BOMBA EN PIES :4500
- 3.- CARRERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS :64
- 4.- DIAMETRO DEL ENROLO EN PULGADAS :1.5
- 5.- VELOCIDAD DE BOMBEO EN ENROLADAS POR MINUTO :20
- 6.- NUMERO DE DIAMETRO(S) DE VARILLA (MAXIMO 4) :3

PROPORCIONALES DE FORMA CRECIENTE

DIAMETRO EN PULGADAS = 0.625

DIAMETRO EN PULGADAS = 0.75

DIAMETRO EN PULGADAS = 0.875

LONGITUDES DE VARILLAS POR DIAMETRO PROPORCIONADO:

L1= 1490 pies de varilla de 0.625 Pulgadas

L2= 1490 pies de varilla de 0.750 Pulgadas

L3= 1490 pies de varilla de 0.875 Pulgadas

L4= 0 pies de varilla de 0.000 Pulgadas

	UNIDAD CONVENCIONAL	UNIDAD AERODALANCEADA	UNIDAD MARK II	
Máxima carga	14345	13710	13287	(lb)
Mínima carga	3069	2434	2011	(lb)
Contrabalaceo	8898	8556	8086	(lb)
Por de Torsión	167530	160036	159107	(lb-pg)
Esf. en var. sup.	23856	22800	22047	(psi)
Potencia	24	24	19	(hp)
Gasto en la bomba	302	302	302	(bl/dia)

¿Desea hacer otro diseño con este método? [S/N]

PROPORCIONA LOS SIGUIENTES DATOS (PULZ CON DISNO API)

- 1.- DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE (AGUA=1) :0.825
- 2.- PROFUNDIDAD DE COLOCACION DE LA BOMBA EN PIES :4500
- 3.- CARRERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS :64
- 4.- DIAMETRO DEL ENBOLO EN PULGADAS :1.5
- 5.- VELOCIDAD DE BOMBO EN EMBOLADAS POR MINUTO :20
- 6.- NUMERO DE DIAMETRO(S) DE VARILLA (MAXIMO 4) :3

PROPORCIONALES DE FORMA CRECIENTE

DIAMETRO EN PULGADAS = 0.625

DIAMETRO EN PULGADAS = 0.75

DIAMETRO EN PULGADAS = 0.875

LONGITUDES DE VARILLAS POR DIAMETRO PROPORCIONADO:

L1= 1490 pies de varilla de 0.625 Pulgadas

L2= 1490 pies de varilla de 0.750 Pulgadas

L3= 1490 pies de varilla de 0.875 Pulgadas

L4= 0 pies de varilla de 0.000 Pulgadas

	UNIDAD CONVENCIONAL	UNIDAD AEROBALANCEADA	UNIDAD MARK II	
Máxima carga	14345	13710	13287	(lb)
Mínima carga	3069	2434	2011	(lb)
Contrabalanceo	8898	8556	8086	(lb)
Por de Torsión	187538	180036	159117	(lb-pg)
Est. en var. sup.	23856	22800	22047	(psi)
Motor	24	24	19	(hp)
Gasto en la bomba	302	302	302	(bl/dia)

Desee hacer otro diseño con este método? (S/N)

PROPORCIONA LOS SIGUIENTES DATOS (POTO CON DISEÑO API)

- 1.- DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE (AGUA=1) :1.0
- 2.- PROFUNDIDAD DE COLOCACION DE LA BOMBA EN PIES :8650
- 3.- CARREPA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS :168
- 4.- DIAMETRO DEL ENMOLO EN PULGADAS :1.75
- 5.- VELOCIDAD DE BOMBEO EN ENROLADAS POR MINUTO :7.6
- 6.- NUMERO DE DIAMETRO(S) DE VARILLA (MAXIMO 4):3

PROPORCIONALOS DE FORMA CRECIENTE

DIAMETRO EN PULGADAS = 0.75

DIAMETRO EN PULGADAS = 0.875

DIAMETRO EN PULGADAS = 1.0

LONGITUDES DE VARILLAS POR DIAMETRO PROPORCIONADO:

- L1= 3512 pies de varilla de 0.750 Pulgadas
 L2= 2595 pies de varilla de 0.875 Pulgadas
 L3= 2543 pies de varilla de 1.000 Pulgadas
 L4= 0 pies de varilla de 0.000 Pulgadas

	UNIDAD CONVENCIONAL	UNIDAD AEROBALANCEADA	UNIDAD MARK II	
Máxima carga	29895	29229	28785	(lb)
Mínima carga	11877	11211	10767	(lb)
Contrabalances	22209	21433	21267	(lb)
Par de Torsion	767500	736004	581661	(lb-pg)
Est. en var. sup.	30064	37216	36650	(psi)
Motor	54	54	43	(hp)
Gasto en la bomba	350	350	350	(bl/dia)

Desa hacer otro diseño con este método? (S/N)

IV.2 Ejemplos utilizando el método convencional

PROPORCIONA LOS SIGUIENTES DATOS (POZO CON DISEÑO CONVENCIONAL)

- 1.- DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE (AGUA=1) :1.0
- 2.- PROFUNDIDAD DE COLOCACION DE LA BOMBA EN PIES :5900
- 3.- CAPPERA DE LA VAPILLA PULIDA EN PULGADAS :64
- 4.- DIAMETRO DEL EMPLO EN PULGADAS :1.25
- 5.- VELOCIDAD DE BOMBEO EN EMBOLADAS POR MINUTO :16.5
- 6.- NIVEL DINAMICO EN T.R. EN PIES :3500
- 7.- PRESION EN LA BOCA DEL POZO EN LIBRAS/PULGADA² :40
- 8.- NUMERO DE DIAMETRO(S) DE VARILLA (MAXIMO 4) :2

PROPORCIONALES DE FORMA CRECIENTE

DIAMETRO EN PULGADAS 1= 0.75

DIAMETRO EN PULGADAS 2= 0.875

LONGITUDES DE VARILLAS POR DIAMETRO PROPORCIONADO:

- L1= 4228 pies de varilla de 0.750 Pulgadas
 L2= 1672 pies de varilla de 0.875 Pulgadas
 L3= 0 pies de varilla de 0.000 Pulgadas
 L4= 0 pies de varilla de 0.000 Pulgadas

	UNIDAD CONVENCIONAL	UNIDAD AEROBALANCEADA	UNIDAD MARK II	
Máxima carga	5010	14223	13961	(lb)
Mínima carga	6633	5047	5585	(lb)
Contrabalances	12186	10637	10890	(lb)
Par de Torsión	40353	114756	98281	(lb-pg)
Esf. en var. sup.	4961	23654	23210	(psi)
Motor	19	18	18	(hp)
Gasto en 1º bomba	186	186	186	(bl/día)

Desee hacer otro diseño con este método? (S/N)

PROPORCIONA LOS SIGUIENTES DATOS (POZO CON DISEÑO CONVENCIONAL)

- 1.- DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE (AGUA=1) :0.91
- 2.- PROFUNDIDAD DE COLOCACION DE LA BOMBA EN PIES :4357
- 3.- CAPRERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS :51
- 4.- DIAMETRO DEL EMPOLO EN PULGADAS :2
- 5.- VELOCIDAD DE BOMBEO EN EMBOLADAS POR MINUTO :20
- 6.- NIVEL DINAMICO EN T.R. EN PIES :2500
- 7.- PESTON EN LA POCA DEL POZO EN LIBRAS/PULGADA*2 :40
- 8.- NUMERO DE DIAMETRO(S) DE VARILLA (MAXIMO 4):3

PROPORCIONALES DE FORMA CRECIENTE

DIAMETRO EN PULGADAS 1= 0.75
 DIAMETRO EN PULGADAS 2= 0.875
 DIAMETRO EN PULGADAS 3= 1.0

LONGITUDES DE VARILLAS POR DIAMETRO PROPORCIONADO:

L1= 1669 pies de varilla de 0.750 Pulgadas
 L2= 1443 pies de varilla de 0.875 Pulgadas
 L3= 1245 pies de varilla de 1.000 Pulgadas
 L4= 0 pies de varilla de 0.000 Pulgadas

	UNIDAD CONVENCIONAL	UNIDAD AEROBALANCEADA	UNIDAD MARK II	
Máxima carga	16582	15754	15478	(lb)
Mínima carga	5671	4843	4567	(lb)
Contrabalanceo	2379	10917	11017	(lb)
Fuerza de Torsión	117165	123358	113752	(lb-pg)
Esf. en var. sup.	1113	20059	19708	(psi)
Motor	20	20	20	(hp)
Gasto en la bomba	399	399	399	(bl/día)

Desear hacer otro diseño con este método? [S/N]

IV.3 Ejemplos utilizando el diseño tipo Slant

PROPORCIONA LOS SIGUIENTES DATOS (POZO TIPO SLANT)

- 1.- DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE :0.75
 - 2.- LONGITUD VERTICAL (ANTES DE INICIAR DESVIACION) EN PIES :200
 - 3.- LONGITUD DE LA ZONA DE DESVIACION EN PIES :1000
 - 4.- GRADOS DE DESV. POR CADA 100 PIES EN LA ZONA ARQUEADA :6
 - 5.- MAXIMO ANGULO ALCANZADO EN LA PARTE ARQUEADA :60
 - 6.- COEFICIENTE DE FRICCION EN LA PARTE ARQUEADA :0.25
 - 7.- LONGITUD DE LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDO EN PIES :2500
 - 8.- COEFICIENTE DE FRICCION EN LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDO :0.25
 - 9.- CARRERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS :168
 - 10.- DIAMETRO DEL EMBOLO DE LA BOMBA EN PULGADAS :2.5
 - 11.- VELOCIDAD DE BOMBEO EN EMBOLADAS POR MINUTO :8
 - 12.- NIVEL DINAMICO VERTICAL EN T.R. EN PIES :1000
 - 13.- PROFUNDIDAD VERTICAL DE COLOCACION DE LA BOMBA EN PIES :3165
 - 14.- CONTRAPRESION EN LA BOCA DEL POZO EN PSIA :50
- NUMERO DE DIAMETROS DE VARILLA (MAXIMO 3) :3
 PROPORCIONA LOS DE MANERA ASCENDENTE
 DIAMETRO EN PULGADAS = 0.75
 DIAMETRO EN PULGADAS = 0.875
 DIAMETRO EN PULGADAS = 1.0

LONGITUDES DE VARILLAS POR DIAMETRO PROPORCIONADO:

- L1= 833 pies de varilla de 0.750 Pulgadas
 L2= 1538 pies de varilla de 0.875 Pulgadas
 L3= 1329 pies de varilla de 1.000 Pulgadas

	UNIDAD CONVENCIONAL	UNIDAD AEROBALANCEADA	UNIDAD MARK II	
Máxima carga	12772	12447	12339	(lb)
Mínima carga	3079	2891	2829	(lb)
Contrabalanceo	7526	8129	8255	(lb)
Par de Torsión	440598	362679	343034	(lb-pg)
Esf. en var. sup.	16261	15848	15710	(psi)
Motor	18	18	18	(hp)
Gasto en la bomba	984	984	984	(bl/día)

¿Desea hacer otro diseño con este método? [S/N]

PROPORCIONA LOS SIGUIENTES DATOS (POZO TIPO SIAM)

- 1.- DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE :1.0
 - 2.- LONGITUD VERTICAL (ANTES DE INICIAR DESVIACION) EN PIES :250
 - 3.- LONGITUD DE LA ZONA DE DESVIACION EN PIES :2000
 - 4.- GRADOS DE DESV. POR CADA 100 PIES EN LA ZONA ARQUEADA :3
 - 5.- MAXIMO ANGULO ALCANZADO EN LA PARTE ARQUEADA :60
 - 6.- COEFICIENTE DE FRICCION EN LA PARTE ARQUEADA :0.25
 - 7.- LONGITUD DE LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDO EN PIES :3500
 - 8.- COEFICIENTE DE FRICCION EN LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDO :0.25
 - 9.- CARRERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS :64
 - 10.- DIAMETRO DEL EMPOLO DE LA BOMBA EN PULGADAS :2
 - 11.- VELOCIDAD DE BOMBEO EN ENROLADAS POR MINUTO :10
 - 12.- NIVEL DINAMICO VERTICAL EN T.R. EN PIES :2000
 - 13.- PROFUNDIDAD VERTICAL DE COLOCACION DE LA BOMBA EN PIES :4900
 - 14.- CONTRAPRESION EN LA BOCA DEL POZO EN PSIA :40
- NUMERO DE DIAMETROS DE VARILLA (MAXIMO 3):2
- PROPORCIONALES DE MANERA ASCENDENTE
- DIAMETRO EN PULGADAS = 0.75
- DIAMETRO EN PULGADAS = 0.875

LONGITUDES DE VARILLAS POR DIAMETRO PROPORCIONADO:

- L1= 3497 pies de varilla de 0.750 Pulgadas
 L2= 2253 pies de varilla de 0.875 Pulgadas
 L3= 0 pies de varilla de 0.000 Pulgadas

	UNIDAD CONVENCIONAL	UNIDAD AEROBALANCEADA	UNIDAD MARK II	
Maxima carga	15456	15213	15132	(lb)
Minima carga	4104	4038	3990	(lb)
Contrabalances	9455	10203	10462	(lb)
Par de Torsion	192016	160318	149447	(lb-pg)
Esf. en var. sep.	25703	25300	25165	(psi)
Motor	12	12	12	(hp)
Costo en la bomba	271	271	271	(\$/dia)

Desee hacer otro diseño con este método? (S/N)

IV. 4 Ejemplos utilizando el diseño tipo S

PROPORCIONA LOS SIGUIENTES DATOS(POZO TIPO S)

- 1.- DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE :0.95
 - 2.- CARRERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS :64
 - 3.- DIAMETRO DEL EMBOLO DE LA BOMBA EN PULGADAS :2
 - 4.- VELOCIDAD DE BOMBEO EN EMBOLEDAS POR MINUTO :10
 - 5.- NIVEL DINAMICO VERTICAL EN LA T.R. EN PIES :3500
 - 6.- PROFUNDIDAD VERTICAL DE COLOCACION DE LA BOMBA EN PIES :5650
 - 7.- CONTRAPRESION EN LA BOCA DEL POZO EN PSIA :40
 - 8.- LONG.VERTICAL (ANTES DE LA DESVIACION) DEL POZO EN PIES :500
 - 9.- LONGITUD DE LA PRIMERA PARTE DESVIADA DEL POZO EN PIES :1000
 - 10.- GRADOS DE DES.POR CADA 100 PIES DE LA PRIMERA PARTE DES. :3
 - 11.- FACTOR DE FRICCION PARA LA PRIMERA PARTE DESVIADA :0.4
 - 12.- MAXIMO ANGULO DE DEBV. ALCANZADO EN LA PRIMERA PARTE DES. :3'
 - 13.- LONGITUD DE LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDO EN PIES :1000
 - 14.- FACTOR DE FRICCION PARA LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDO :0.4
 - 15.- LONGITUD DE LA SEGUNDA PARTE DESVIADA EN PIES :2500
 - 16.- GRADOS DE DES. POR CADA 100 PIES EN LA SEGUNDA PARTE DES. :3
 - 17.- MAXIMO ANGULO ALCANZADO EN LA SEGUNDA PARTE DESVIADA :35
 - 18.- FACTOR DE FRICCION PARA LA SEGUNDA PARTE DESVIADA :0.4
 - 19.- LONGITUD DE LA ZONA DE TERMINACION EN PIES :2500
- NUMERO DE DIAMETROS DE VARILLA (MAXIMO 3) :2
 PROPORCIONALOS EN FORMA CRECIENTE
 DIAMETRO EN PULGADAS = 0.75
 DIAMETRO EN PULGADAS = 0.875

LONGITUDES DE VARILLAS POR DIAMETRO PROPORCIONADO:

- L1= 4561 pies de varilla de 0.750 Pulgadas
 L2= 2939 pies de varilla de 0.875 Pulgadas
 L3= 0 pies de varilla de 0.000 Pulgadas

	UNIDAD CONVENCIONAL	UNIDAD AEROBALANCEADA	UNIDAD MARK II	
Máxima carga	18690	17739	17953	(1b)
Mínima carga	7695	7429	8327	(1b)
Contrabalanceo	15364	13339	15031	(1b)
Par de Torsión	10022	14076	93478	(1b-pg)
Esf. en var. sup.	42305	40154	40636	(psi)
Motor	16	15	15	(hp)
Gasto en la bomba	228	228	228	(b1/dia)

Desear hacer otro diseño con este método? [S/N]

IV.5 Ejemplos utilizando el diseño tipo S modificada

PROPORCIONA LOS SIGUIENTES DATOS (POZO TIPO S MODIFICADA)

- 1.- DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE :0.9
 - 2.- CARRERA DE LA VARILLA PULIDA EN PULGADAS :64
 - 3.- DIAMETRO DEL EMBOLO DE LA BOMBA EN PULGADAS :2
 - 4.- VELOCIDAD DE BOMBEO EN EMBOLOADAS POR MINUTO :10
 - 5.- NIVEL DINAMICO VERTICAL EN LA T.R. EN PIES :2500
 - 6.- PROFUNDIDAD VERTICAL DE CULOCACION DE LA BOMBA EN PIES :5600
 - 7.- CONTRAPRESION EN LA BOCA DEL POZO EN PSIA :70
 - 8.- LONG.VERTICAL (ANTES DE LA DESVIACION) DEL POZO EN PIES :400
 - 9.- LONGITUD DE LA PRIMERA PARTE DESVIADA DEL POZO EN PIES :1100
 - 10.- GRADOS DE DES.POR CADA 100 PIES DE LA PRIMERA PARTE DES. :3
 - 11.- FACTOR DE FRICCION PARA LA PRIMERA PARTE DESVIADA :0.4
 - 12.- MAXIMO ANGULO DE DESV. ALCANZADO EN LA PRIMERA PARTE DES. :25
 - 13.- LONGITUD DE LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDO EN PIES :2500
 - 14.- FACTOR DE FRICCION PARA LA ZONA DE ANGULO SOSTENIDO :0.4
 - 15.- LONGITUD DE LA SEGUNDA PARTE DESVIADA EN PIES :1000
 - 16.- GRADOS DE DES. POR CADA 100 PIES EN LA SEGUNDA PARTE DES. :3
 - 17.- MAXIMO ANGULO ALCANZADO EN LA SEGUNDA PARTE DESVIADA :10
 - 18.- FACTOR DE FRICCION PARA LA SEGUNDA PARTE DESVIADA :0.4
 - 19.- LONGITUD DE LA ZONA DE TERMINACION EN PIES :2500
 - 20.- FACTOR DE FRICCION PARA LA ZONA DE TERMINACION :0.4
- NUMERO DE DIAMETROS DE VARILLA (MAXIMO 3):1

DIAMETRO EN PULGADAS = 1.0

LONGITUDES DE VARILLAS POR DIAMETRO PROPORCIONADO:

L1= 7500 pies de varilla de 1.000 Pulgadas
 L2= 0 pies de varilla de 0.000 Pulgadas
 L3= 0 pies de varilla de 0.000 Pulgadas

	UNIDAD CONVENCIONAL	UNIDAD AEROBALANCEADA	UNIDAD MARK II	
Máxima carga	23933	23996	23837	(lb)
Mínima carga	10139	13425	13266	(lb)
Contrabalanceo	21115	19833	21422	(lb)
Per de orsión	90200	133214	77271	(lb-pg)
Esf. en var. sup.	30473	30553	30350	(psi)
Motor	19	19	19	(hp)
Gasto en la bomba	303	303	303	(bl/dia)

Desea hacer otro diseño con este método? [S/N]

IV.6 Comparación entre un pozo direccional diseñado con un método vertical.

Para ejemplificar este punto se tomarán los siguientes datos de un pozo:

- Densidad relativa del aceite: 0.91
- Longitud vertical antes de iniciar la desviación en pies: 175
- Longitud de la zona de desviación en pies: 1580
- Grados de desviación por cada 100 pies en la zona arqueada: $3 \frac{1}{2}^{\circ}$
- Máximo ángulo alcanzado en la zona arqueada: 36°
- Coeficiente de fricción en la parte arqueada: 0.25
- Longitud de la zona de ángulo sostenido en pies: 4411
- Coeficiente de fricción para la zona de ángulo sostenido: 0.25
- Carrera de la varilla pulida en pulgadas: 64
- Diámetro del émbolo de la bomba en pulgadas: 1.75
- Velocidad de bombeo en emboladas por minuto: 14.5
- Nivel dinámico vertical en T.R. en pies: 3900
- Profundidad vertical de colocación de la bomba de pies: 3987
- Contrapresión en la boca del pozo en psia: 40
- Longitud real de perforación en pies: 6166 pies
- Número de diámetros de varilla: 1 (3/4 pg)

A continuación se presentan los resultados obtenidos para un diseño de un aparejo en un pozo tipo Slant comparándolos con un pozo vertical. La unidad de diseño es la convencional.

	Tipo Slant	Tipo Vertical	
		API	Convencional
Máxima carga	11936	18085	16648
Mínima carga	3228	5951	6968
Contrabalanceo	7582	12816	11229
Par de torsión	151465	177514	191394
Esf. en la varilla superior	27018	40936	37684
Motor	19	24	17
Gasto en la bomba	299	216	213

Como se puede observar, los diseños de un pozo direccional realizados con un método vertical se encuentran excedidos en sus cálculos y por lo tanto se tendrá una unidad sobrada en sus capacidades.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el desarrollo de este trabajo se pudo observar lo siguiente:

- 1.- Si es utilizado un método de diseño vertical en un pozo direccional o desviado se tendrá una unidad sobrada en su capacidad.
- 2.- La fricción que se presenta entre las varillas de succión y la pared interna de la tubería se ve incrementada cuando la tubería de producción está vacía o hay presencia de gas.
- 3.- Los elementos que más se desgastan en el bombeo mecánico en pozos direccionales, son los llamados coples.
- 4.- Si la contrapresión en la boca del pozo es aumentada de 40 a 200 lb/pg², la única variable que se afecta en los resultados es la llamada potencia del motor. Para el ejemplo se incrementa en 1 Hp.
- 5.- Por lo que respecta al programa de cómputo, se encuentra implementado para su uso en PC, el cual recibe el nombre de "menú".
- 6.- Antes de introducir algún dato al programa, es necesario consultar el intervalo de validación de éste; para lo cual es necesario ver el punto III.3 de este trabajo.
- 7.- Es conveniente tener a la mano los datos superficiales de operación de la unidad y el estado mecánico del pozo, ya que el programa no realiza estos cálculos.

- 8.- El programa está enfocado básicamente al diseño de aparejos subsuperficiales para los tres tipos de unidades con las que se cuenta en el mercado.
- 9.- El usuario del programa tendrá la obligación de verificar el llamado bombeo sincrónico y no sincrónico, así como los esfuerzos máximos permisibles en las varillas, debido a que el paquete no cuenta con estas herramientas.
- 10.- Es conveniente utilizar un separador de gas mecánico o natural dentro del pozo, a fin de evitar al máximo los candados de gas en la bomba subsuperficial.
- 11.- Cuando se presente un desgaste severo en los coples debido a la fricción es conveniente desanclar la tubería de producción; sin embargo con esta medida se disminuye el gasto en la bomba.

APENDICE A

Tipos de fricción

Fricción^(1,2,3,4). Es la resistencia siempre presente al movimiento entre dos materiales o medios en contacto.

Las fuerzas friccionales, que siempre son de resistencia al movimiento, se presentan entre todos los tipos de medios: sólidos, líquidos y gaseosos.

Todas las superficies sólidas son microscópicamente rugosas, no importa que tan lisas puedan parecer o sentirse.

Cuando dos superficies son presionadas una contra otra, en las asperezas que es tán en contacto se forman puntos de alta presión, lo cual provoca fusión o cohe sión local entre las superficies; siendo la cohesión de hasta el 80%. Otro fac tor que contribuye a la fricción es el llamado efecto de "arado", en el cual las asperezas de un material duro excavan en un material más suave cuando exis te un movimiento relativo.

Existen diferentes tipos de fricción:

- Fricción estática
- Fricción cinética o de deslizamiento
- Fricción de rodamiento
- Fricción de fluidos

La fricción estática; es la fuerza que evita el movimiento entre superficies secas (no lubricadas) y limpias de sólidos en contacto. Para poder iniciarse el movimiento relativo entre las superficies debe vencerse la fricción estática.

La fricción cinética o de deslizamiento; es la fuerza resistiva entre superficies sólidas secas y limpias que se deslizan una sobre otra. En general, la fricción estática es siempre mayor que la fricción de deslizamiento.

La fricción de rodamiento; es la fuerza que se resiste al movimiento relativo entre dos objetos sólidos cuando uno o ambos ruedan por la superficie del otro.

La fricción de fluidos; es la fuerza que se opone al flujo de líquidos y/o gas.

En términos generales, la fricción depende de las propiedades físicas y materiales de las superficies en contacto y de la contaminación o suciedad que pudiera haber en estas últimas. Dado su carácter de fuerza que se opone al movimiento, la fricción es medible.

Los primeros investigadores formularon las llamadas leyes clásicas de la fricción, que en términos generales describen la fuerza friccional entre objetos sólidos. Estas leyes empíricas establecen que la fuerza friccional:

- a) Actúa siempre en un sentido opuesto al movimiento o a una fuerza que intente producir movimiento.
- b) Es directamente proporcional a la carga.
- c) Es independiente del área superficial.

d) Es independiente de la rapidez de deslizamiento.

La primera ley es válida para todas las situaciones de fricción. La segunda ley es válida en un amplio intervalo de condiciones. La carga, es la fuerza aplicada perpendicular a las superficies de contacto que las mantiene juntas. La carga de un objeto que se encuentra en una superficie horizontal es igual al peso del objeto. Sin embargo, la carga se expresa comunmente en términos de la magnitud de la fuerza de reacción normal N , dado que tanto la fricción como la fuerza normal actúan sobre el objeto. La segunda ley se puede expresar como:

$$f \propto N \quad (A1)$$

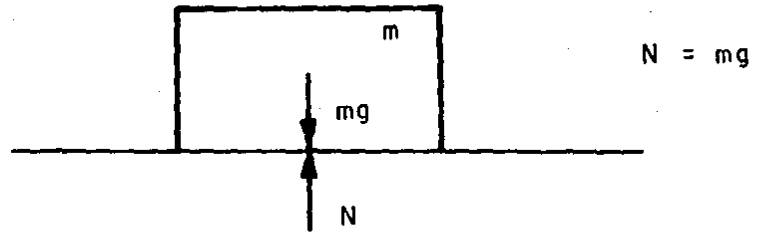
donde f es la fuerza friccional. Como puede verse en la figura A.1. La carga en algunas veces es igual a una componente del peso del objeto, como es el caso en el que el objeto se encuentra sobre un plano inclinado. Esta ley no es válida para cargas extremadamente grandes.

La tercera ley generalmente válida para superficies metal-metal y no se cumple para superficies plásticas.

Para superficies metálicas en contacto, la tercera ley es consistente con la teoría del soldado de las asperezas si el área real de contacto se considera como el área de contacto de las asperezas. El soldado de las asperezas depende de la presión. Supondremos un bloque metálico con gran área superficial lateral, A , que ejerce una presión

$$\begin{aligned} P &= (F/A) \\ &= W/A \end{aligned} \quad (A2)$$

Plano horizontal



Plano inclinado

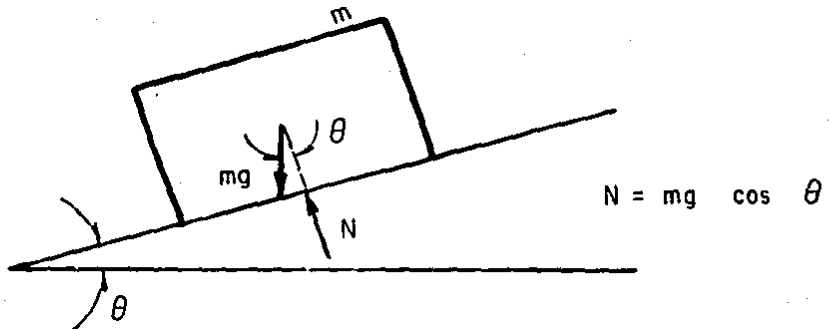


Fig A.1 Carga y fuerza normal

sobre una superficie horizontal, donde W es la carga del peso del bloque. Si el área superficial del lado adyacente es $A/2$, entonces cuando el objeto repose sobre esta superficie la presión será:

$$P = W A/2$$

$$2 P = W A \quad (A3)$$

Suponiendo que las asperezas se distribuyen igualmente en cada superficie, la superficie menor tendrá la mitad de la superficie de contacto (de asperezas) real. Pero siendo la presión el doble, habrá un efecto de soldado del doble para la mitad de las asperezas que cuando está en contacto la superficie mayor. Por lo tanto, el bloque tiene el mismo efecto de soldado o la misma fricción de cualquier superficie, lo cual indica que la fricción es independiente del área superficial; ver figura A.2.

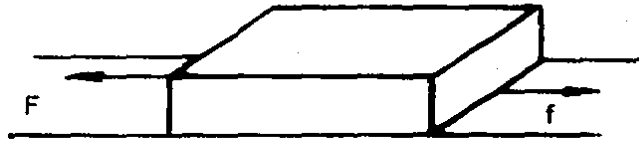
La cuarta ley es sumamente restringida; es válida para superficies metálicas en movimiento relativo lento.

Coefficientes de fricción. Dado que las fuerzas de fricción es en términos generales proporcional a la carga, o lo que es equivalente, a la magnitud de la fuerza normal, $f \propto N$, podemos escribir en forma de ecuación:

$$f = \mu N \quad (A4)$$

donde μ es una constante adimensional denominada coeficiente de fricción; siendo una propiedad de las superficies en contacto.

Sobre un lado



Sobre un borde

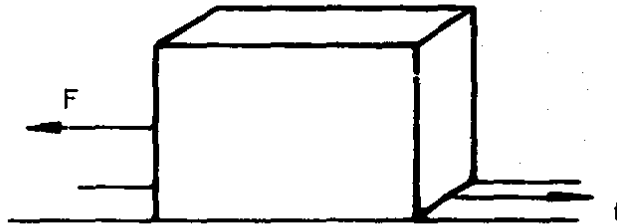


Fig A.2 Fricción y area superficial

1.) Coeficiente de fricción estático. Si se aplica una fuerza F a un objeto que está en reposo sobre una superficie y el objeto no se mueve, según las Leyes de Newton debe haber una fuerza opuesta que evita dicho movimiento, a saber la fuerza de fricción estática. La fuerza de fricción estática f_s debe ser igual y opuesta a la fuerza aplicada (si f_s fuera mayor que F , el objeto se moverá en sentido opuesto al de la fuerza aplicada).

Si la fuerza aplicada se incrementa y el objeto continúa sin moverse, la fuerza de fricción estática también debe incrementarse. El objeto no se moverá sino hasta que la fuerza aplicada supere ligeramente la fuerza máxima de fricción estática, la cual se expresa como:

$$f_s = \mu_s N \quad (A5)$$

donde μ_s es el coeficiente de fricción estático. Por lo tanto, midiendo la fuerza aplicada para apenas mover el objeto ($F = f_s$) es posible determinar experimentalmente el coeficiente de fricción estático cuando se conoce la magnitud de la carga o de la fuerza normal.

$$\begin{aligned} \mu_s &= f_s/N \\ &= F/N \end{aligned} \quad (A6)$$

En la tabla A.1 se indican los coeficientes de fricción estática de diversas superficies en contacto.

2.) Coeficiente de fricción cinético (de deslizamiento). Cuando la fuerza aplicada en un objeto excede la fuerza estática máxima de fricción, el objeto

se mueve, y a este movimiento se opone la fuerza de deslizamiento o fricción cinética f_k . Esta fuerza de fricción es también proporcional a la carga

$$f_k = \mu_k N \quad (A7)$$

donde μ_k es el coeficiente de fricción cinético o de deslizamiento. Generalmente μ_k es menor que μ_s . Así, en la mayoría de los casos, se requiere más fuerza aplicada para poner un objeto en movimiento que para mantenerlo en él.

Para un movimiento relativamente lento, la fuerza de fricción cinética (y el coeeficiente de fricción cinético) es por lo general independiente de la rapidez. Sin embargo, conforme la rapidez aumenta la fuerza friccional entre las superficies de contacto disminuye.

El coeficiente de fricción cinético puede determinarse experimentalmente ajustando una superficie inclinada de modo que un objeto se deslice por ella con una rapidez uniformemente pequeña. En el caso en que no hay aceleración, la componente de la fuerza de peso del objeto que actúa por el plano hacia abajo es igual a la magnitud de la fuerza friccional que actúa hacia arriba del plano; es decir

$$W \text{ sen } \theta = \mu_k W \text{ cos } \theta \quad (A8)$$

despejando el término μ_k se tiene

$$\begin{aligned} \mu_k &= W \text{ sen } \theta / W \text{ cos } \theta \\ &= \text{tng } \theta \end{aligned} \quad (A9)$$

El coeficiente de fricción cinética es entonces igual a la tangente del ángulo del plano inclinado cuando el objeto se desliza por él con una velocidad uniforme.

3.) Coeficiente de fricción de rodamiento. La fricción de rodamiento es mucho menor que la de deslizamiento. La principal fuente de fricción de rodamiento para el caso de una esfera o un cilindro es la deformación de los materiales. En ausencia de cualquier deformación, una esfera o un cilindro tiene un punto o una línea de contacto respectivamente, ver figura A.3.

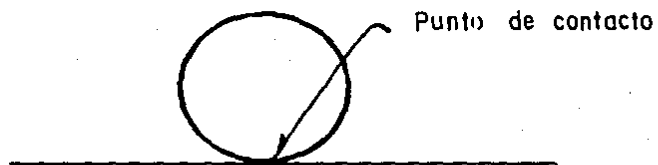
De acuerdo a la figura, para el caso ideal con un objeto redondo, como una esfera o cilindro, solo tiene un punto o línea de contacto en tal caso la fricción no existiría, ya que un punto o una línea no tiene área.

En realidad, el objeto, la superficie o ambas se aplanan, lo cual provoca la fricción de rodamiento. Como resultado, la fricción se opone al movimiento de rodamiento toda vez que el miembro rodante y la superficie son constantemente deformados. El material desplazado por la depresión superficial se acumula hasta formar elevaciones en el sentido del movimiento y en menor grado, atrás del objeto rodante. Podemos expresar la fuerza de fricción de rodamiento en la forma general como:

$$f_r = \mu_r N \quad (A10)$$

donde μ_r es el coeficiente de fricción de rodamiento y algunos valores se muestran en la tabla A.11.

IDEAL



REAL

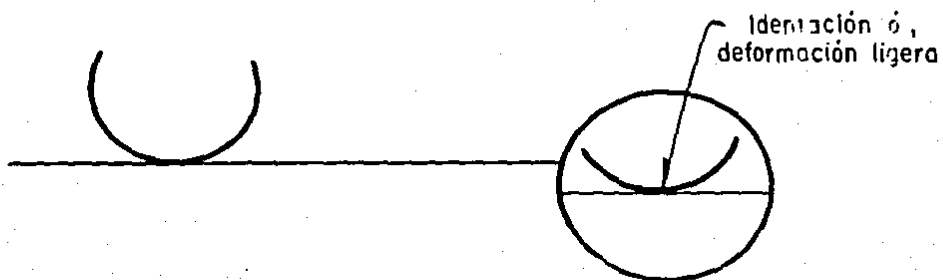


Fig A.3 Fricción de rodamiento

Este tipo de fricción se presenta en los cojinetes, siendo dispositivos que se emplean para reducir la fricción entre superficies que se encuentran en movimiento relativo.

TABLA A.I Coeficientes de fricción

Materiales	Fricción estática s		Fricción de deslizamiento k	
	en seco	con lubricación	en seco	con lubricación
Acero sobre acero	0.76	0.01 - 0.23	0.42	0.03 - 0.11
Acero sobre babbit	0.42-0.70	0.08 - 0.17	0.35	0.08 - 0.14
Acero sobre hierro	0.40	0.18	0.23	0.13
Alum. sobre alum.	1.05	0.30	1.4	----
Vidrio sobre vidrio	1.94	0.35	0.40	0.09
Madera sobre madera	0.58	----	0.40	0.07 - 0.16
Madera sobre acero	0.50	----	0.30	----
Teflón sobre teflón	0.04	----	0.04	----
Teflón sobre acero	0.04	----	0.04	----

Tabla A.II Coeficientes de fricción por rodamiento

Material	μ_r
Madera dura sobre madera dura	0.02
Neumático sobre concreto	0.02
Bala de acero sobre acero	0.0025
Cojinete de rodillos de acero sobre acero	0.0035
Acero sobre acero con lubricación	0.001
Ruedas de acero sobre riel de acero	0.0045

APENDICE B

Planeación de la trayectoria de un pozo direccional (5)

El primer paso en la planeación de algún pozo direccional es diseñar el patrón del pozo o trayectoria, para llegar a un objetivo establecido. El diseño inicial puede contemplar varios tipos de patrones que pueden ser económicamente factibles. El segundo, es más refinado y suele incluir los efectos de la geología y otros factores que también pueden influir la trayectoria final del pozo.

El perfil general de un pozo consiste en tres partes: una sección vertical la cual llega a profundidades no mayor de 200 pies, una sección arco la cual tiene una desviación constante de 2 a 6 grados por cada 100 pies, y la sección de terminación, la cual se extiende desde el punto más bajo del arco tangente hasta el objetivo.

La figura B.1 describe las trayectorias posibles que pueden ser perforadas para llegar al objetivo. El arreglo A es una trayectoria conocida como "Slant"; el pozo penetra el objetivo a un ángulo igual a el máximo alcanzado al final del arco. El arreglo B es una "S modificada" y C es una trayectoria "S". Con la trayectoria de forma S el pozo penetra el objetivo verticalmente, y con la trayectoria S modificada el pozo penetra el objetivo con el mismo ángulo de inclinación menor que el ángulo máximo de inclinación en la zona desviada. Para el arreglo D, es una trayectoria continua y la inclinación guarda un incremento constante.

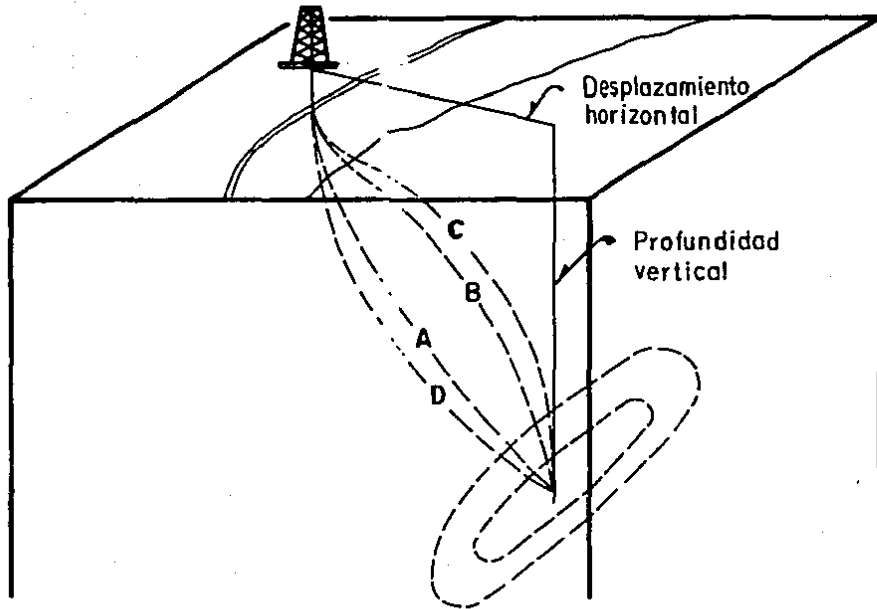


Fig B.1 Posible trayectoria de un pozo desviado

Trayectoria Slant

La figura B.2 describe la trayectoria de un pozo Slant intersectando un objetivo a una profundidad vertical D_3 con un desplazamiento horizontal X_3 . El punto de inicio de la desviación (TVD) es una profundidad D_1 , donde el ritmo del ángulo de inclinación es "q" en grados por unidad de longitud.

El radio de curvatura, Γ_1 , está dado como:

$$\Gamma_1 = (180/\pi) (1/q) \quad (B1)$$

Para determinar el máximo ángulo de inclinación, θ , considerando la figura B.2 es

$$90 = \theta + (90 - \Omega) + \pi$$

o bien

$$\theta = \Omega - \sigma \quad (B2)$$

El ángulo σ puede ser determinado considerando el triángulo DAB, donde

$$\begin{aligned} \text{tng} \sigma &= BA/OA \\ &= (X_3 - X_1)/(D_3 - D_1) \end{aligned} \quad (B3)$$

despejando σ se tiene

$$\sigma = \text{ang tng} \left(\frac{\Gamma_1 - X_3}{D_3 - D_1} \right) \quad (B3.a)$$

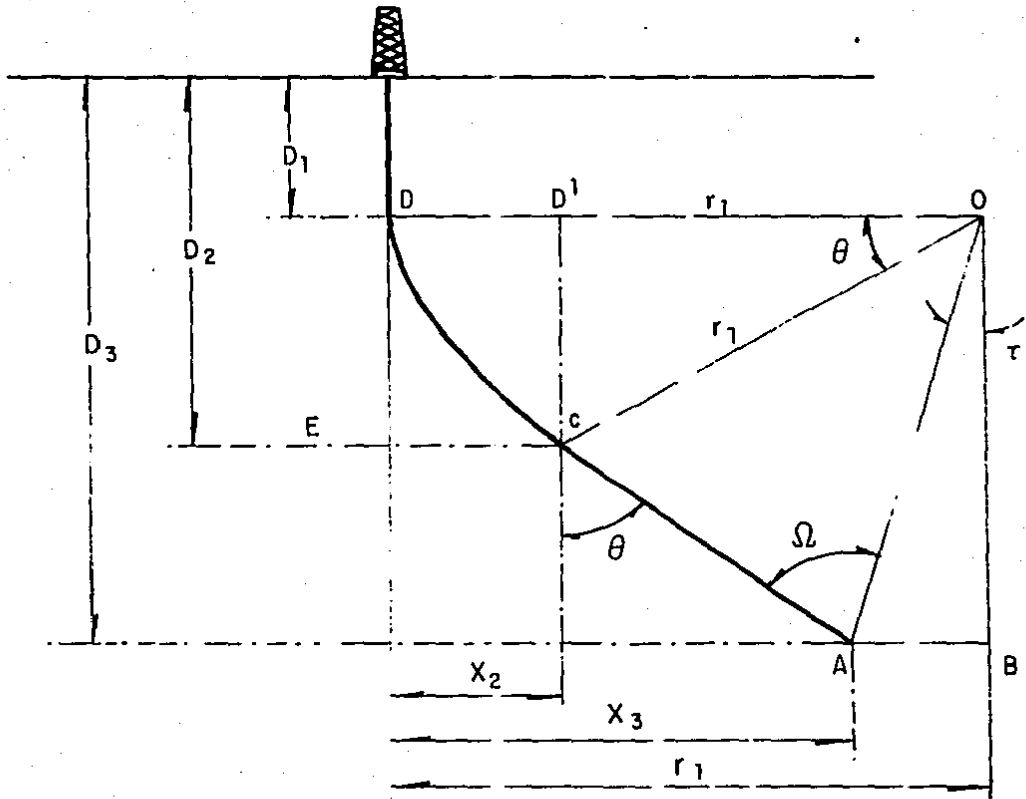


Fig B.2 Trayectoria de pozo tipo Slant

El ángulo Ω puede ser determinado utilizando el triángulo OBC, donde

$$\text{sen}\Omega = r_1 \cdot OB \quad (B4)$$

y

$$L_{OB} = \sqrt{(\Gamma_1 - X_3)^2 + (D_3 - D_1)^2} \quad (B4.a)$$

sustituyendo B4.a en B4

$$\text{sen}\Omega = r_1 / \sqrt{(\Gamma_1 - X_3)^2 + (D_3 - D_1)^2} \quad (B5)$$

El máximo ángulo de inclinación, θ , para el caso en que $X_3 < \Gamma_1$

$$\theta = \text{ang sen}(\Gamma_1 / \sqrt{(\Gamma_1 - X_3)^2 + (D_3 - D_1)^2}) - \text{ang tng}(\frac{\Gamma_1 - X_3}{D_3 - D_1}) \quad (B6)$$

La longitud del arco, sección DC, es

$$L_{DC} = \frac{\pi}{180} \times \Gamma_1 \times \theta$$

o bien

$$L_{DC} = \theta / q \quad (B7)$$

La longitud de la trayectoria, CB, con una pendiente constante puede ser determinado del triángulo BCO como:

$$\begin{aligned} \operatorname{tng} \Omega &= CO/L_{CB} \\ &= r_1/L_{CB} \end{aligned}$$

por lo tanto

$$L_{CB} = r_1/\operatorname{tng}\Omega \quad (88)$$

La profundidad total, DM, es

$$DM = D_1 + (\theta/q) + (r_1/\operatorname{tng}\Omega) \quad (89)$$

La desviación horizontal EC, hasta el final del arco puede ser determinada del triángulo D'OC, donde

$$X_2 = r_1 - r_1 \cos\theta$$

o bien

$$X_2 = r_1(1 - \cos\theta) \quad (B10)$$

Para el caso en que $X_3 > r_1$, el máximo ángulo, θ , puede ser calculado por

$$\begin{aligned} \theta &= 180 - \operatorname{ang} \operatorname{tng}\left(\frac{D_3 - D_1}{X_3 - r_1}\right) - \operatorname{ang} \cos\left(\frac{r_1}{D_3 - D_1}\right) \times \\ &\quad \times \operatorname{sen}\left(\operatorname{ang} \operatorname{tng}\left(\frac{D_3 - D_1}{X_3 - r_1}\right)\right) \end{aligned} \quad (B11)$$

Trayectoria S

El segundo tipo de trayectoria es el conocido como S, el cual se describe en la figura B.3 para el caso de que $r_1 < X_3$ y $r_1 + r_2 < X_4$ y en la figura B.4 se tiene el caso de $r_1 < X_3$ y $r_1 + r_2 > X_4$. En ambos casos la inclinación es reducida a cero para D_4 , la cual es obtenida en la misma manera que para r_1 . Las ecuaciones siguientes son usadas para determinar los ángulos de inclinación máxima:

para $r_1 + r_2 > X_4$

$$\theta = \text{ang tng}\left(\frac{D_4 - D_1}{r_1 + r_2 - X_4}\right) - \text{ang cos}\left(\left(\frac{r_1 + r_2}{D_4 - D_1}\right) \times \right. \\ \left. \times \text{sen}(\text{ang tng}\left(\frac{D_4 - D_1}{r_1 + r_2 - X_4}\right))\right) \quad (\text{B12})$$

para $r_1 + r_2 < X_4$

$$\theta = 180 - \text{ang tng}\left(\frac{D_4 - D_1}{X_4 - (r_1 - r_2)}\right) - \text{ang cos}\left(\left(\frac{r_1 + r_2}{D_4 - D_1}\right) \times \right. \\ \left. \times \text{sen} \text{ ang tng}\left(\frac{D_4 - D_1}{X_4 - (r_1 - r_2)}\right)\right) \quad (\text{B13})$$

Trayectoria S modificada

La figura B.5 muestra la trayectoria S modificada. Considere la longitud de arco

$$L_{CA} = \theta' / q$$

Para el triángulo rectángulo CO'B, se puede determinar la relación siguiente

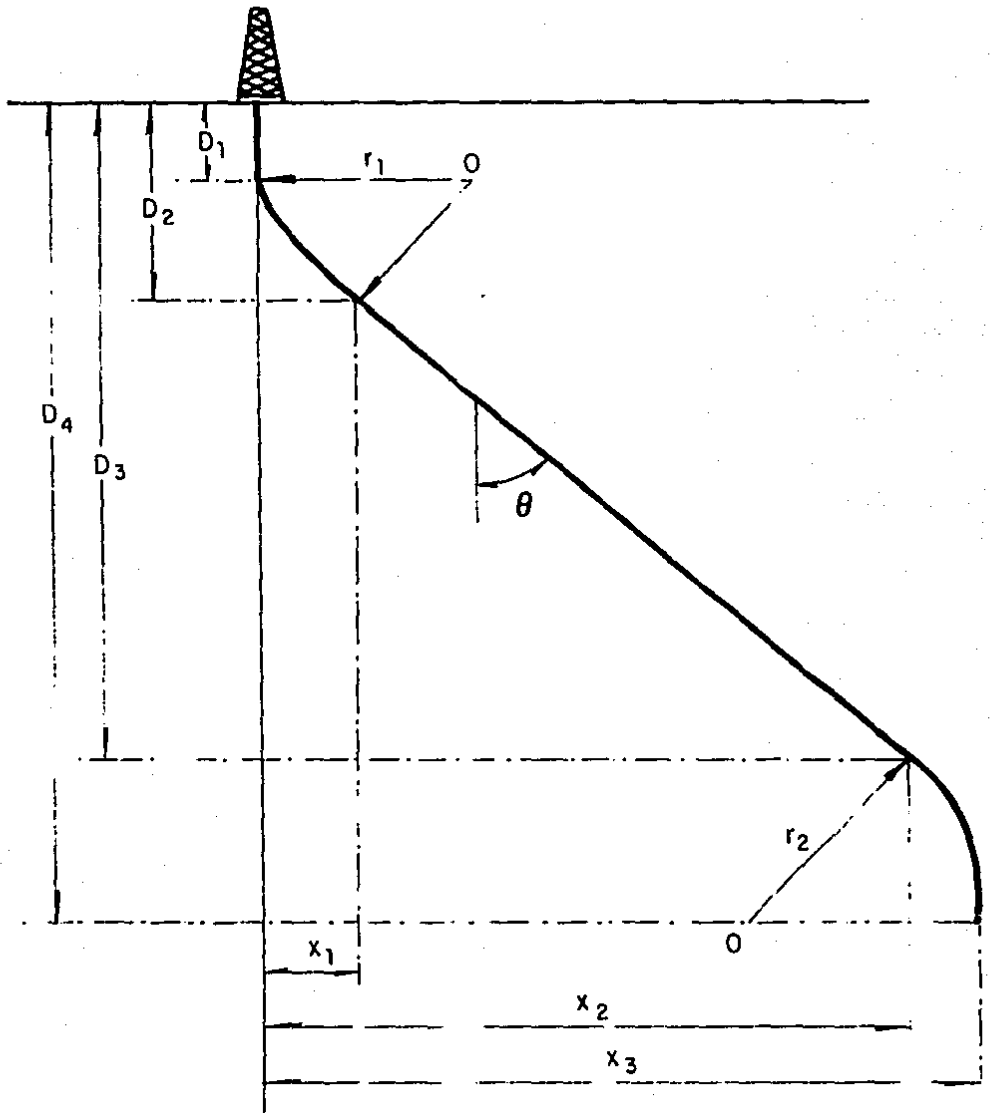


Fig B.3 Trayectoria de pozo tipo S , cuando $r_1 < x_3$ y $r_1 + r_2 < x_4$

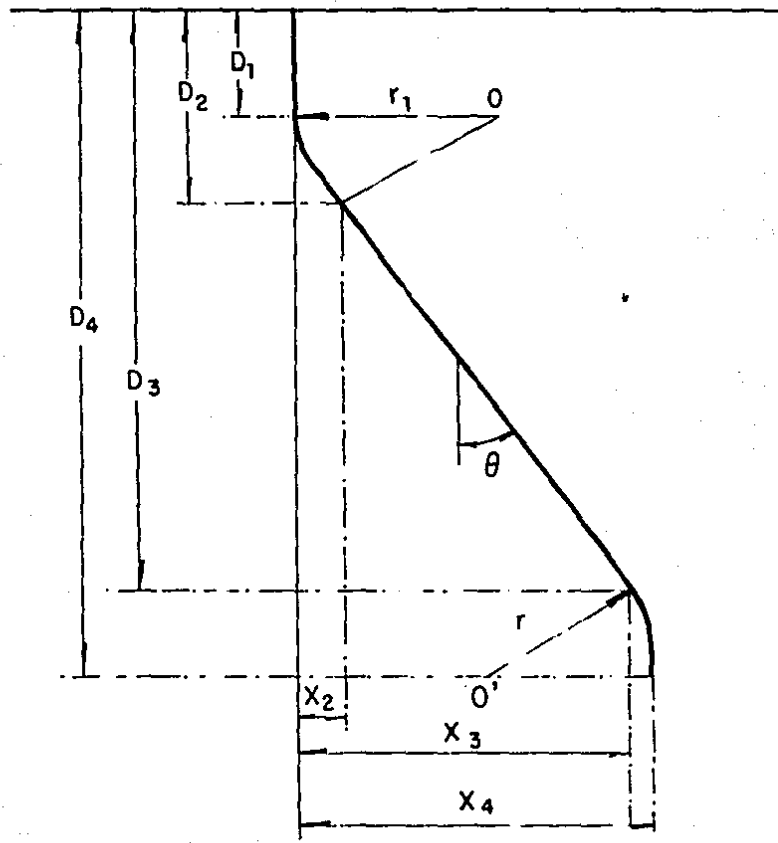


Fig B.4 Trayectoria de pozo tipo S , cuando $r_1 < x_3$ y $r_1 + r_2 > x_4$

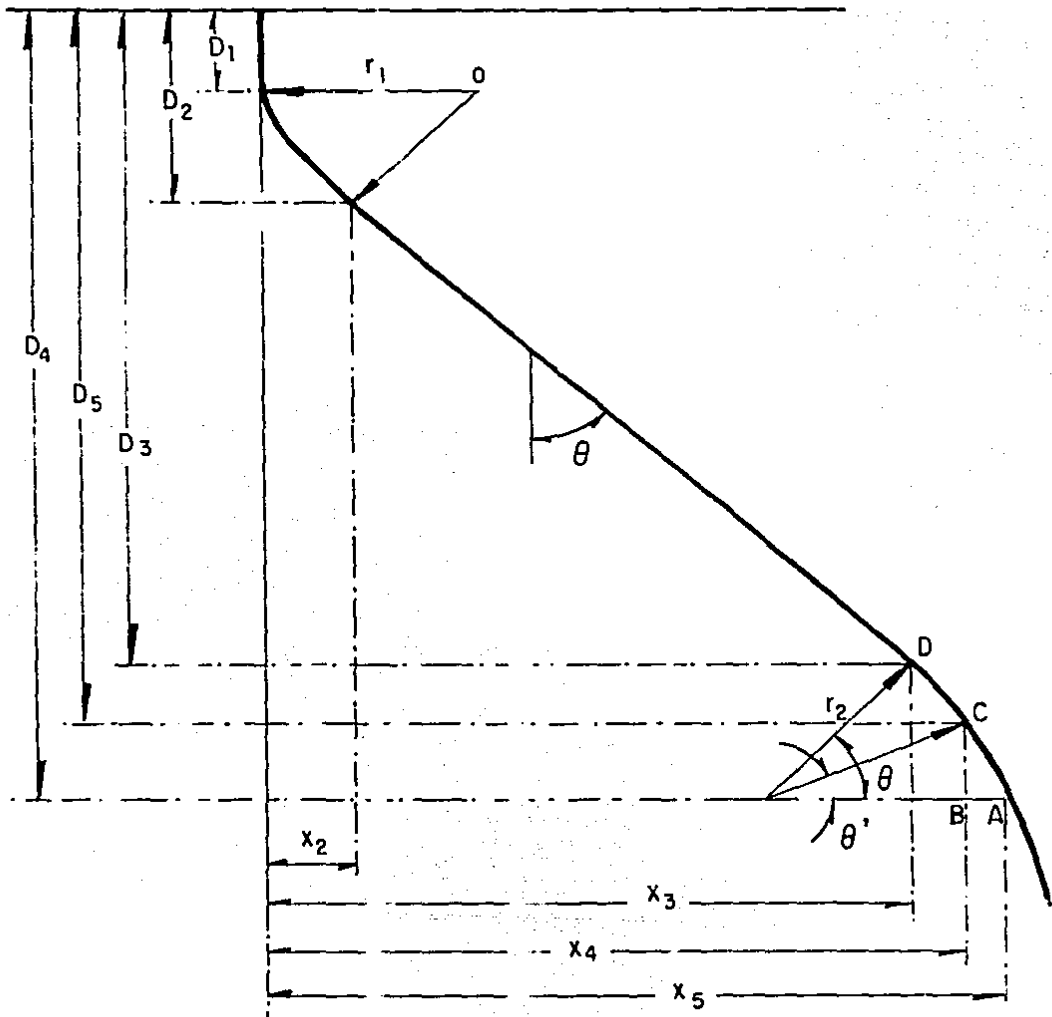


Fig B.5 Trayectoria de pozo tipo S modificada, donde $r_1 < x_3$ y $r_1 + r_2 < x_4$

$$L_{CB} = r_2 \cos\theta' \quad (B15)$$

y

$$S_{BA} = r_2 - r_2 \cos\theta'$$

o bien

$$S_{BA} = r_2(1 - \cos\theta') \quad (B16)$$

Las ecuaciones B12 y B13 pueden ser reescritas para sustituir $D_5 + r_2 \sin\theta'$ por D_4 y $X_5 + r_2(1 - \cos\theta')$ por X_4

Para algunas curvas del tipo S, la medida de la profundidad y la desviación horizontal puede ser calculada de la misma manera que para la trayectoria de tipo Slant derivando aproximadamente las relaciones para las diferentes geometrías.

REFERENCIAS

- 1.- J.D. Wilson, "Física con Aplicaciones", Editorial Interamericana, 1985.
- 2.- John L. Synge y Byron A. Griffith, "Principios de Mecánica", Editorial McGraw-Hill Book Company, Inc., 1965.
- 3.- Lane K. Branson, "Mecánica para estudiantes", Editorial Fondo Educativo Interamericano, 1973.
- 4.- Francis W. Sears y Mark W. Zemansky, "Física General", Editorial Aguilar, 1971.
- 5.- Keith K. Millheim, Adam T. Bourgoyne Jr. and F.S. Young Jr. "Applied Drilling Engineering", SPE Textbook, Volumen 2, 1984.