

Universidad Nacional de Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERIA DE PETROLEO



**“ Utilización del Sistema de Bombeo Multiple
en el Yacimiento de la Brea ”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE PETROLEO**

DANIEL VELASQUEZ VARELA

Promoción 77 - 1

Lima - Perú - 1990

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA DE PETROLEO Y PETROQUIMICA

UTILIZACION DEL SISTEMA DE BOMBEO MULTIPLE EN EL
YACIMIENTO DE LA BREA

TESIS PARA OPTAR TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE PETROLEO

DANIEL VELASQUEZ VARELA

PROMOCION 77 - 1

LIMA - PERU

1 9 9 0

I.- S U M A R I O

Pozos de bajo índice de productividad en los yacimientos del NOROESTE son producidos generalmente mediante sistemas de bombeo mecánico individualizadas.

Cuando los régimes de producción son muy bajos es posible -- hacerlos producir mediante el sistema de bombeo múltiple o catalina, evitando mayores costos y así lograr una mayor vida económica con el consiguiente incremento en la recuperación final del yacimiento.

El presente trabajo realiza un estudio comparativo entre los sistemas de bombeo individual y el bombeo múltiple, para el yacimiento La Brea, ubicado en la Brea y Pariñas, como alternativas para producir los pozos que reúnen las características anotadas anteriormente, con el propósito de determinar el método que técnica y económicamente es el más apropiado.

- II.- INDICE

- III.- ANTECEDENTES

- IV.- INTRODUCCION

- V.- DESCRIPCION TECNICA DEL SISTEMA INDIVIDUAL Y MULTIPLE

- VI.- DISEÑO DEL BOMBEO MULTIPLE EN EL YACIMIENTO DE LA BREA

- VII.- EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO

- VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- IX.- FIGURAS Y ANEXOS

- X.- BIBLIOGRAFIA

III.- ANTECEDENTES

Desde épocas muy remotas, tanto la Ex-Empresa Petrolera Fiscal, la International Petroleum Company y la Lobitos utilizaron el sistema de bombeo múltiple, para la producción de crudo de pozos someros; así, se han visto funcionar catalinas en los campos de Zorritos, Los Organos, Coyonitas, Hualtactal, Negritos, La Brea y Pariñas, etc.

El año 1960 se establecieron límites económicos de 3 y 5 BPD para pozos productores por catalina y unidad de bombeo o gas lift respectivamente, como consecuencia de esto, se procedió a dismantelar aproximadamente 100 catalinas obsoletas que estaban en mal estado, eliminándolas como chatarra.

El año 1975 se volvieron a paralizar más o menos 20 catalinas por problemas de mantenimiento y falta de repuestos.

En 1981 sólo quedaban 38 catalinas operativas, siendo las 2/3 partes accionados por motores obsoletos Cooper Bessemer, con muchos años de operación.

Después de las lluvias torrenciales del año 1983 por las pérdidas y deterioros que ocasionaron, han quedado sólo 19 catalinas operativas (Anexo I), las cuales trabajan alrededor de 118 pozos que producen un total aproximado de 550 BPD; gran parte de los pozos que dejaron de trabajar con catalinas, han sido reactivadas con unidades de bombeo mediante proyectos realizados en estos últimos años.

IV.- INTRODUCCION

El yacimiento de La Brea se encuentra ubicado al Sureste de la ciudad de Talara en el Distrito de San Pedro de la División Sur del Departaménto de Producción (Fig. 1). Alrededor de 100 pozos han sido perforados en esta area desde hace muchos años, de los cuales 13 pozos permanecen activos mediante el Sistema de suabeos periódicos en un promedio de 25 bls/pozo cada 7 días.

Algunos de ellos han operado hasta hace poco con unidades de bombeo accionados con motores a gas, pero que fueron retirados a otras áreas para pozos de mayor producción.

Los pozos considerados en el proyecto se encuentran cercanos entre si y son someros con una profundidad promedio de 1560 pies, cuya relación se detalla en el Anexo II.

El proyecto contempla la utilización de dos catalinas accionados con motores a gas para operar 13 pozos según muestra la figura # 7, y en el caso del sistema individual considera el uso de un grupo electrógeno de 50 Kw. como medio de generación de energia para operar motores eléctricos, esto debido al escaso suministro de gas combustible en la zona que no seria suficiente para abastecer a todos los motores en el caso que fueran accionadas a gas. Asimismo no se ha considerado el suministro eléctrico de la línea de alta tensión, por encontrarse muy alejado del yacimiento.

V.- DESCRIPCION TECNICA DEL SISTEMA INDIVIDUAL Y MULTIPLE

El sistema de bombeo mecánico es el método de producción artificial más utilizado para producir pozos de petróleo. Su éxito se debe fundamentalmente a su simplicidad, eficiencia y confiabilidad.

En PETROPERU Noroeste, de un total de 1,800 pozos con equipo de producción artificial, 1,700 de ellos (94%) producen por bombeo mecánico. Esta cifra da idea de la importancia que tiene para PETROPERU el sistema citado en la explotación del petróleo, es obvio que un mejoramiento en su eficiencia de operación, representaría un incremento notable en la producción de crudo. Este sistema se caracteriza también por ser relativamente seguro ya que no requiere líquido o gas de alta presión para su operación; asimismo para las características del Noroeste, casi siempre es el sistema más económico que puede utilizarse para producir un pozo.

Una de las desventajas de éste sistema es que los volúmenes de crudo que se bombean se reducen con la profundidad de bombeo. No obstante recientes desarrollos tecnológicos han permitido mejorar el diseño y la capacidad de los equipos asociados con este sistema (unidades de bombeo, varilla, bomba de subsuelo) y desde ya se considera que continuará siendo el método mas popular para producir pozos de petróleo en el Noroeste.

Este sistema consta de un equipo de superficie, que puede ser una unidad individual o de un equipo múltiple (catalina), los mismos que proporcionan energía mecánica suficiente para accionar el equipo de subsuelo (Fig. 2).

Es la bomba de subsuelo la encargada de admitir dentro de la tubería de producción, el fluido de la formación y levantarlo hasta la superficie. Para lograr esto, cualquier bomba debe tener cuatro elementos esenciales: el barril, el pistón, válvula estacionaria y la válvula viajera, (Fig. 3).

SISTEMA DE BOMBEO INDIVIDUAL

Sistema de bombeo mecánico que consiste en instalar en un determinado pozo una unidad de bombeo que convierten el movimiento rotacional del motor en un movimiento reciprocante vertical (ascendente y descendente) y lo transmiten a través de la sarta de varillas hasta la bomba de subsuelo.

Básicamente se compone de: una base de armazon de perfiles laminados donde va instalado el motor, el reductor y el poste maestro.

Sobre el poste maestro va instalada la viga balancín. En la parte delantera de ésta, va fijada la cabeza de caballo a la cual se conecta el portavástago que es el que enlaza y acciona el varillón pulido y lo mantiene vertical en todo momento.

Al otro extremo del balancín van conectados dos brazos verticales (pitman o biela) uno a cada lado del compensador, que a su vez se fijan por medio de pivotes rotativos (pines) al crank.

La distancia del eje del crank al pin (huecos) a lo largo del crank corresponden a longitudes de carrera diferentes.

El reductor reduce la velocidad del motor a velocidades de bombeo que pueden variar de 4 a 40 SPM. La polea de la unidad es la que recibe, a través de las fajas, la potencia del motor; la relación de diámetros de las poleas del motor y de la unidad y la relación de giro determinan la velocidad de la unidad.

En general hay tres tipos básicos de unidades de bombeo a balancín (Fig. 4) las que se diferencian por su geometría y clase de contrapeso:

- Unidad convencional
- Unidad balanceada a aire
- Unidad de geometría especial (Mark II)

La unidad convencional basa su geometría en un sistema de palanca con un punto de apoyo en el medio de la viga balancín y emplea contrapesos mecánicos. En la fig. 5 se muestra una unidad convencional con la descripción de los distintos elementos componentes.

La unidad balanceada a aire utiliza un sistema de palanca con punto de apoyo en el extremo del balancín y es de empuje ascendente simétrico.

La unidad de geometría especial utiliza un sistema de palanca de ascendente asimétrico y contrapeso mecánico.

El presente trabajo contempla la utilización de unidades convencionales tipo 16D accionados por motores eléctricos de 5HP, teniendo como fuente de energía un grupo electrógeno de 50 Kw alimentado de gas combustible (fig. 6).

SISTEMA DE BOMBEO MULTIPLE O CATALINA

Sistema de bombeo mecánico que consiste en operar simultáneamente dos o mas pozos desde una Planta Central (Fig. 7) que trasmite la fuerza a cada pozo por un sistema de tiras de acero o varillas mantenidos en tensión. Esta Planta Central consiste de un motor que aplica movimiento de rotación vertical a una estructura metálica denominada excéntrica (Fig. 8) el cual lo convierte en movimiento reciprocante a las tiras que a su vez accionan al conjunto de balancines o caballetes de bombeo instalados en cada pozo del sistema (Fig. 9).

Estas unidades que pueden ser de varios tipos (Fig. 10) dependiendo básicamente de la carga del pozo, transforman el movimiento alternado horizontal de las tiras en un movimiento vertical, necesario para accionar el equipo de subsuelo.

En este sistema el diseño es de tal manera que la carga en la carrera descendente de un pozo se usa para balancear la

carga máxima producida en la carrera ascendente de otro pozo.

En este sistema se usan dispositivos diversos como: para cambiar la dirección de la "Tiras", aumentar o reducir la carrera, proveer contrapesos adicionales necesarios para equilibrar el sistema.

Varillas de 5/8" a 1" de diámetro o cables de acero de 1" de diámetro se utilizan como líneas de transmisión de fuerza para conectar los pozos a la catalina.

El número de pozos que se pueden operar con este sistema depende de su profundidad, niveles de fluido, distancia desde la planta de fuerza y tamaño de las bombas usadas.

Los pozos no deberán estar tan alejados de la fuente de energía que el alargamiento por tensión de las tiras neutralice la mayor parte del movimiento.

VI.- DISEÑO DEL BOMBEO MULTIPLE EN EL YACIMIENTO DE LA BREA

1.- CARGAS MAXIMAS Y MINIMAS EN LAS LINEAS DE TRACCION

La máxima y mínima carga en las líneas de tracción aplicadas en la excéntrica de una Catalina es función de tres factores: Carga del pozo, fricción e inercia de las líneas de transmisión de fuerza a los pozos.

Las cargas del pozo se calculan en forma similar al diseño convencional, aplicando las siguientes ecuaciones:

$$PPRL_{Max} = W_F + W_R (1 + F) \quad (I)$$

$$MPRL_{Min} = W_R (1 - 0.127 G - F) \quad (II)$$

$$F = S \times SPM/5400 \quad (III)$$

Considerando la relación de JACK como:

$$J = \text{CARRERA DEL JACK/CARRERA DE LA TIRA}$$

Donde:

$PPRL_{Max}$ CARGA MAXIMA EN EL VARILLON (lbs)

$MPRL_{Min}$ CARGA MINIMA EN EL VARILLON (lbs)

W_F PESO ESTATICO DEL FLUIDO

W_R PESO DE VARILLAS (en el aire)

F FACTOR DE ACELERACION E IMPULSO

G GRAVEDAD ESPECIFICA DEL FLUIDO

S CARRERA DEL VARILLON

SPM GOLPES POR MINUTO

Multiplicando las cargas del pozo por la "Relación de JACK J" se obtiene la carga efectiva en la línea de tracción.

Las cargas de fricción, dependen del peso de la tira, velocidad de bombeo, topografía del terreno, métodos lubricación usados. Para fines prácticos, el coeficiente de fricción se considera igual a 0.2, esto significa que por 1000 Lbs. de peso de la línea de tracción es necesario 200 lbs. para vencer la fricción.

Las cargas de aceleración debido a la inercia de la línea de tracción se calcula aplicando el factor de aceleración para velocidades menores de 15 SPM; teniendo en consideración lo anterior, las cargas máxima y mínima en la línea de tracción resultan aplicando la fórmulas:

$$RLP_{Max} = PPRL_{Max} J + 0.2 W + W \frac{1}{J} \frac{SxSPM}{5400} \quad (IV)$$

$$RLP_{Min} = MPRL_{Min} \times J - 0.2 W - W \frac{1}{J} \frac{SxSPM}{5400} \quad (V)$$

Donde:

RLP_{Max} RLP_{Min} Cargas máxima y mínima en la línea de tracción, lbs.

J RELACION DE JACK

W PESO DE LA LINEA DE TRACCION, LBS.

La potencia necesaria para accionar una catalina se determina sumando las potencias requeridas en cada pozo, más la potencia necesaria para vencer las cargas de fricción en las líneas de tracción, equipo auxiliar y a través de la catalina misma. La potencia para vencer las cargas de fricción de las tiras se calcula aplicando la fórmula:

$$HP_F = \frac{C \times L \times W \times SPM \times ST}{33,000 \times 12}$$

Donde :

C Coeficiente de fricción de la tira (0.2)

L Longitud de la tira, pies

W Peso de la tira, lb/pie

SPM Golpes por minuto

ST Carrera de la tira

La potencia necesaria para operar un "JACK" de catalina resulta casi negligible; para operar equipo auxiliar varía de 0.5 a 1.0 HP por cada equipo y para vencer la resistencia a través del mecanismo de transmisión, se considera 5 a 10 HP.

2.- ANALISIS DE CARGAS DE UNA CATALINA

El contrabalanceo adecuado de una catalina es un factor

muy importante para aumentar la vida de servicio del motor, excéntrica, fajas y líneas de tracción. Las condiciones de contrabalance cambian con el tiempo debido a variaciones en el número de pozos o cambios en las cargas de cada pozo. Debido a esto es necesario verificar con frecuencia las condiciones de contrabalance a fin de efectuar los ajustes necesarios. Hay varios métodos para determinar las condiciones de contrabalance los cuales siguen el mismo Patrón General de Cálculo:

- 1.- Se determina la magnitud de las fuerzas que actúan en la catalina, haciendo uso del dinamómetro o aplicando las fórmulas de cálculos de cargas máximas y mínimas en la línea de tracción.
- 2.- Se determina el efecto de esas fuerzas sobre la catalina, esto por lo general se hace gráficamente.
- 3.- Se hace el arreglo o ajuste necesario de fuerzas para obtener condiciones de contrabalance adecuados. Uno de estos métodos es el siguiente:

En un plano cartesiano se grafica la ubicación de la catalina y sus líneas de tracción, los pozos se numeran en sentido horario en el orden de posición que sus líneas de tracción ocupan alrededor de la catalina. Se determina las cargas aplicadas

a la catalina y el efecto de contrapeso necesario para cada pozo. Estas fuerzas promedio necesarios para balancear cada pozo se suman vectorialmente. El vector del cierre del polígono de fuerzas, representa la magnitud y dirección de la fuerza necesaria para balancear la catalina (Fig.11).

DETERMINACION DE LAS CARGAS DE LOS POZOS

Las cargas de los pozos serán determinadas utilizando el promedio de las cargas máxima y mínima en la línea de tracción (Ec. IV y Ec. V).

$$C_L = \frac{1}{2} (PPRL + MPRL) \times J$$

Los cálculos de las cargas de cada uno de los pozos involucrados en el Proyecto son indicados en el Anexo VII.

En las figuras 12 y 13 utilizamos otro método gráfico para determinar la ubicación y magnitud de carga del contrabalance requerido para equilibrar ambas catalinas.

En ellos se numeran los pozos, conectamos cada pozo a P (Centro de la catalina) con una línea recta, luego dibujamos las líneas de los ejes, NS y OE. Ahora, usando 2 cm. igual a 1000 libras se trazan líneas a cada pozo con una magnitud equivalente a su carga (Tabla 1).

Desde A, B, C, D, E, F, y G dibujamos líneas perpendiculares a ambas líneas NS y OE. Estas líneas representan el

Norte, Sur, Este y Oeste de las fuerzas, luego sumamos todas las fuerzas hacia el Norte y Sur como se muestra en la Tabla II. Así en la Fig. 12 las fuerzas direccionales son 6275 libras al Norte, 6750 libras al Sur, 5285 libras al Este y 5675 libras al Oeste. Comparando las fuerzas Norte y Sur, es evidente que para balancear la carga, es requerido una fuerza adicional hacia el Norte de $6750 - 6275$ ó 475 libras.

Asimismo, comparando las fuerzas Oeste y Este, es necesario una fuerza adicional hacia el Este de $5675 - 5285$ 390 libras.

Luego dibujamos una línea paralela a NS y 475 libras (0.95 cm), después otra línea paralela a OE y 390 libras (0.78 cm), obtendremos la ubicación del contrapeso (c).

Se mide la distancia de C a P (aproxim. 1.25 cm) que representa 625 libras requeridos para balancear el sistema.

VII.- EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO

Considerando los dos sistemas de bombeo alternativos para la óptima producción de los pozos involucrados en el presente Proyecto, Sistema Individual y Sistema Múltiple, efectuaremos las respectivas comparaciones referidas a los indicadores económicos con el fin de determinar el método más adecuado y económico para desarrollar el yacimiento en mención. Es de suponer que los costos de operación, mantenimiento y producción diferida por espera de servicio de pozos son los mismos en ambos sistemas.

SISTEMA DE BOMBEO INDIVIDUAL

1.- LINEAMIENTOS ECONOMICOS

- Inversión (ver Anexo III) : 605,940 \$
- Gasto, operación y mantenimiento : 30,000 \$/año
- Depreciación 5 años lineal : 121,188 \$/año
- Impuestos : 35 %
- Ingresos anuales

$$\text{a) Producción: } 120 \frac{\text{Bls}}{\text{Día}} \times \frac{\text{Días}}{\text{Año}} = 43800 \frac{\text{Bls}}{\text{Año}}$$

b) Costo del Crudo

$$\text{Ingreso Anual: } 43800 \text{ Bls} \times 17.2 \frac{\$}{\text{Bl}} : 753,360 \text{ \$/año}$$

2.- EVALUACION ECONOMICA

	A Ñ O	0	1 - 5
Inversión		605,940	
Ingresos			753,360
Gastos Operación y Mantenimiento			30,000
Depreciación			121,188
Ingresos antes de impuestos			602,172
* Ingresos después de impuestos			391,412
Depreciación			121,188
Flujo de fondos (FF)		(605,940)	512,600
** Factor de descuento al 15% (FD)		1.000	3.3527
Flujo de fondos actualizados (^{FF} A)		(605,940)	1'718,594

1.- Valor Actual Neto (VAN)

$$\text{VAN} = 605,940 + 1'718,594 = 1'112,654 \$$$

2.- Tasa Interna de Retorno (TIR)

$$- I + \text{FF} \times \text{FD} = 0$$

$$- 605,940 + 512,600 \text{ FD} = 0$$

$$\text{FD} = 1.18$$

$$\frac{(1+i)^5 - 1}{(1+i)^5 i} = 1.18 \quad i = \text{TIR} = 80\%$$

3.- $\text{PAY OUT INV}/^{\text{FF}}\text{A} = 605,940/1'718,594$

$\text{PAY OUT} = 4.2 \text{ Meses}$

* $602,172 \times 0.65$

** $\text{FD} = \frac{(1+i)^5 - 1}{(1+i)^5 i} \quad i = 15\% \quad \text{FD} = 3.3527$

SISTEMA DE BOMBEO MULTIPLE

1.- LINEAMIENTOS ECONOMICOS

- INVERSION (Ver Anexo V) : 399,264 \$
- GASTO OPERACION Y MANTENIMIENTO : 30,000 \$/año
- DEPRECIACION AÑOS LINEAL : 79,853 \$/año
- IMPUESTOS : 35 %
- INGRESOS ANUALES :

a) Producción: $120 \frac{\text{Bls}}{\text{Día}} \times 365 \frac{\text{Días}}{\text{Año}} = 43,800 \frac{\text{Bls}}{\text{Año}}$

b) COSTO DEL CRUDO : 17.2 \$/Bl

INGRESO ANUAL : $43,8000 \frac{\text{Bls}}{\text{Año}} \times 17.2 \frac{\$}{\text{Bl}} = 753,360 \frac{\$}{\text{Año}}$

2.- EVALUACION ECONOMICA

A Ñ O	0	1 - 5
Inversión	399,264	
Ingresos		753,360
Gasto Operación y Mantenimiento		30,000
Depreciación		121,188
Ingresos Antes de Impuestos		602,172
Ingresos Después de Impuestos		391,412
Depreciación		121,188
Flujo de Fondos	(399,264)	512,600
Factor de Descuento al 15%	1.000	3.3527
Flujo de Fondos Actualizados	(399,264)	1'718,594

1.- Valor Actual Neto (VAN)

$$\text{VAN} = 399,264 + 1'718,594 = 1'319,330 \text{ \$}$$

2.- Tasa Interna de Retorno (TIR)

$$- I + \text{FF} \times \text{FD} = 0$$

$$- 399,264 + 512,600 \text{ FD} = 0$$

$$\text{FD} = 0.78$$

$$\frac{(1 + i)^5 - 1}{(1 + i)^5 \cdot i} = 0.78 \quad i = \text{TIR} = 133\%$$

3.- $\text{PAY OUT INV}^{\text{FF}}_{\text{A}} = 399,264 / 1'718,594$

$$\text{PAY OUT} = 2.8 \text{ Meses}$$

La evaluación económica de los Proyectos de instalar equipo de bombeo individual o múltiple para producir los 13 pozos del yacimiento de la Brea, muestra que el Proyecto de bombeo múltiple es más atractivo económicamente, tal como lo indican los siguientes parámetros económicos:

VAN	:	1'319,330	US\$
TIR	:	133	%
PAY OUT	:	2.8	meses

VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El sistema de bombeo mecánico múltiple constituye el medio más económico como alternativa para hacer producir los pozos del yacimiento de La Brea.

El sistema múltiple es el método más adecuado para hacer producir pozos someros de baja producción y que se encuentren cercanos entre sí.

Los pozos alejados de una catalina pierden efectividad de bombeo debido a que el alargamiento por tensión de las tiras neutraliza la mayor parte del movimiento.

El método gráfico utilizado para contrabalancear un sistema de bombeo múltiple proporciona valores muy aproximados del contrabalance deseado.

El método más acertado para determinar la magnitud de las fuerzas de los pozos que llegan a la excéntrica es empleando el dinamómetro, que no está implementado en las Operaciones Noroeste.

IV.- FIGURAS Y ANEXOS

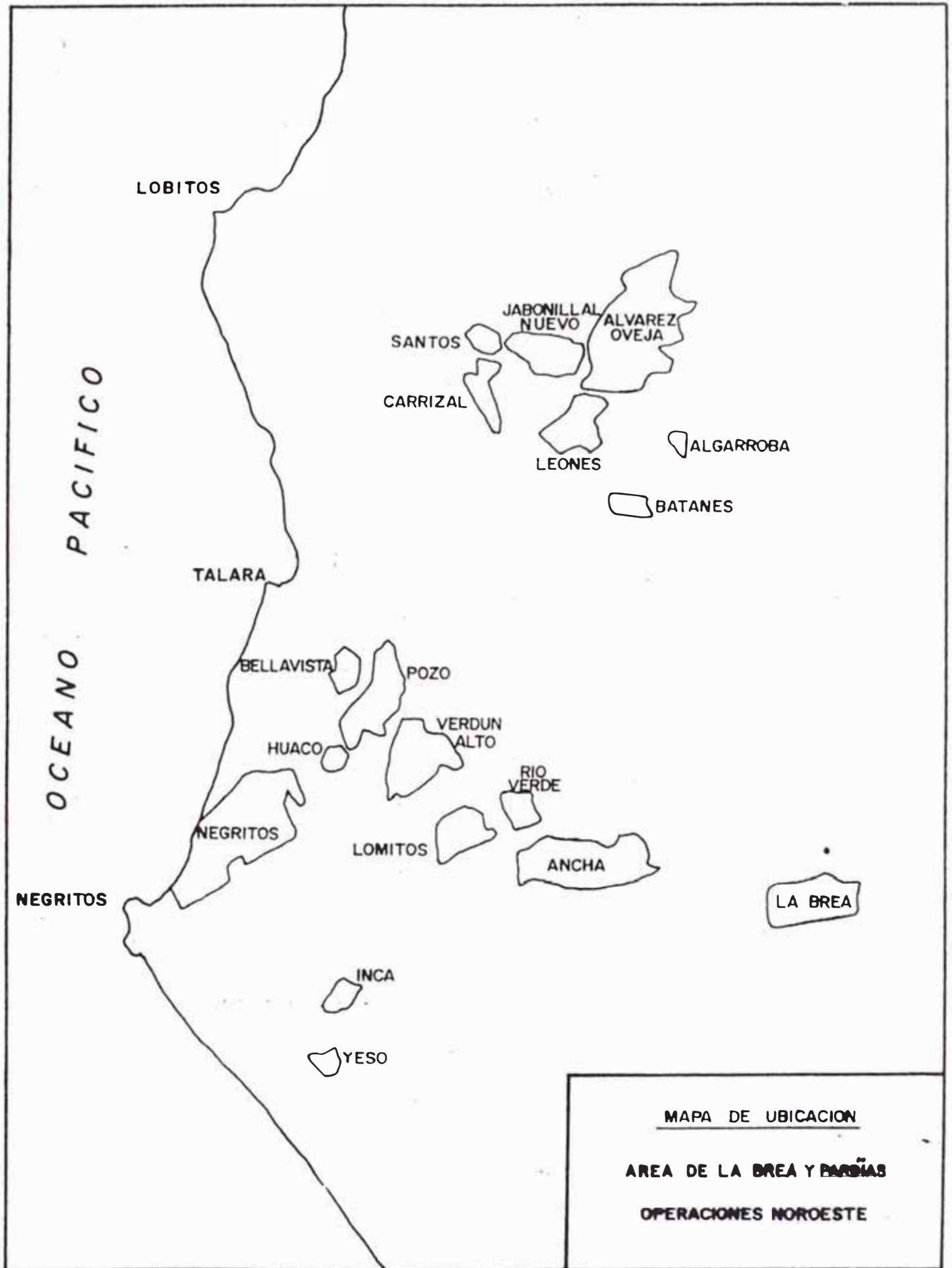


FIGURA No. 1

BOMBEO MECANICO (ELEMENTOS COMPONENTES)

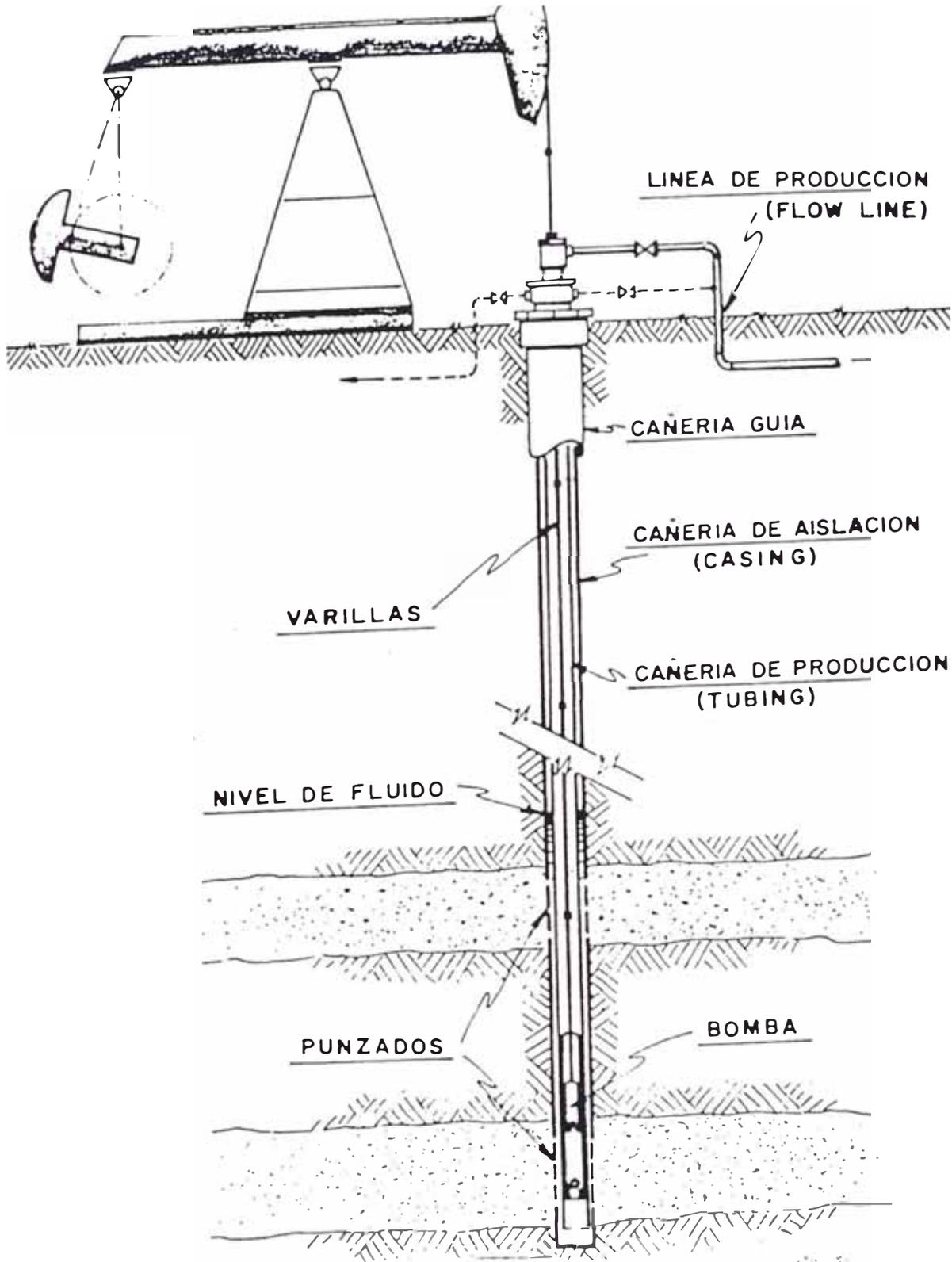


FIGURA No. 2

BOMBA DE PROFUNDIDAD

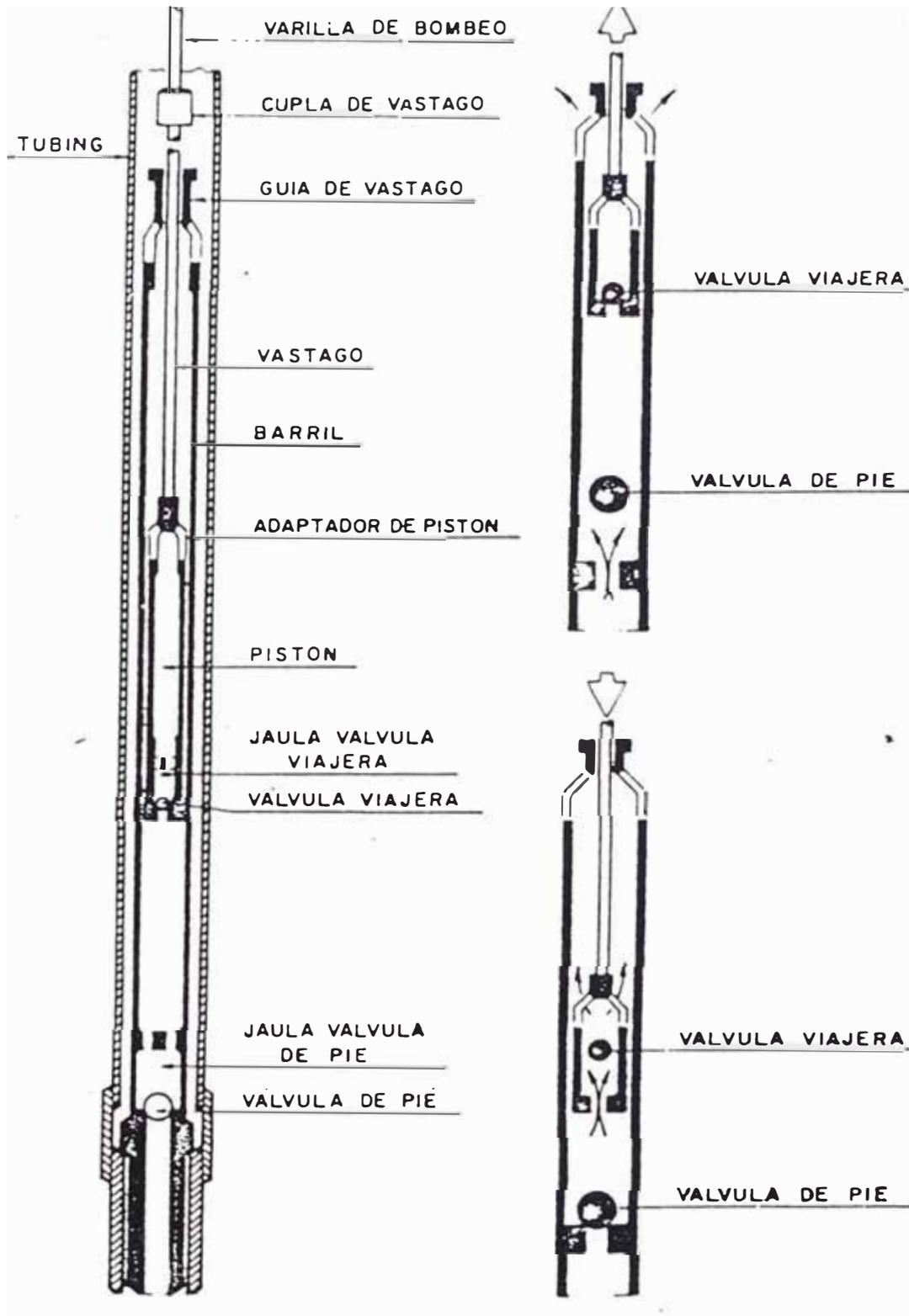
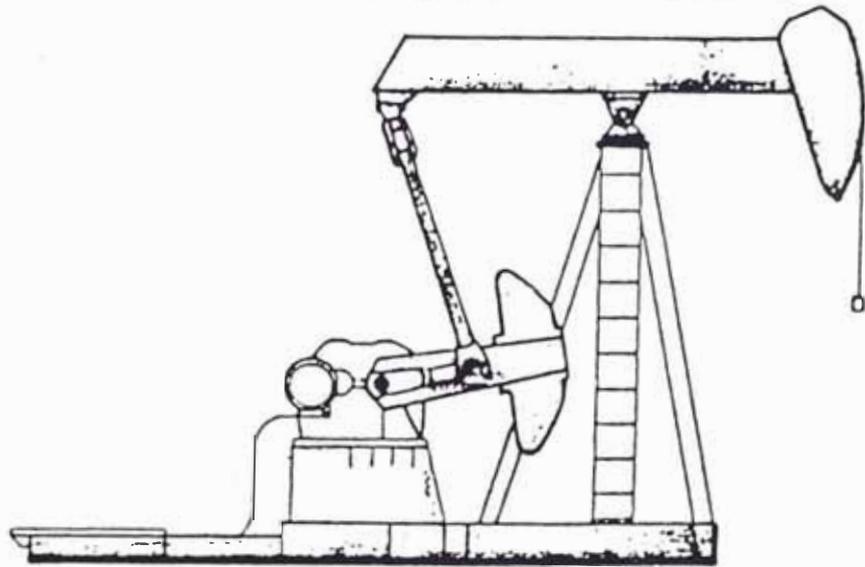
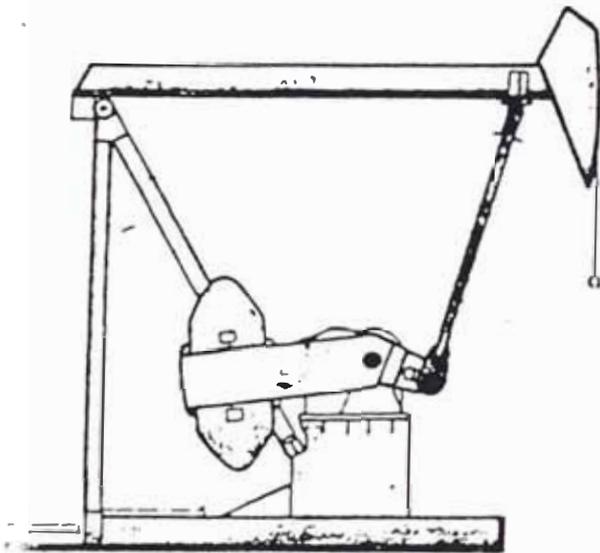


FIGURA No. 3

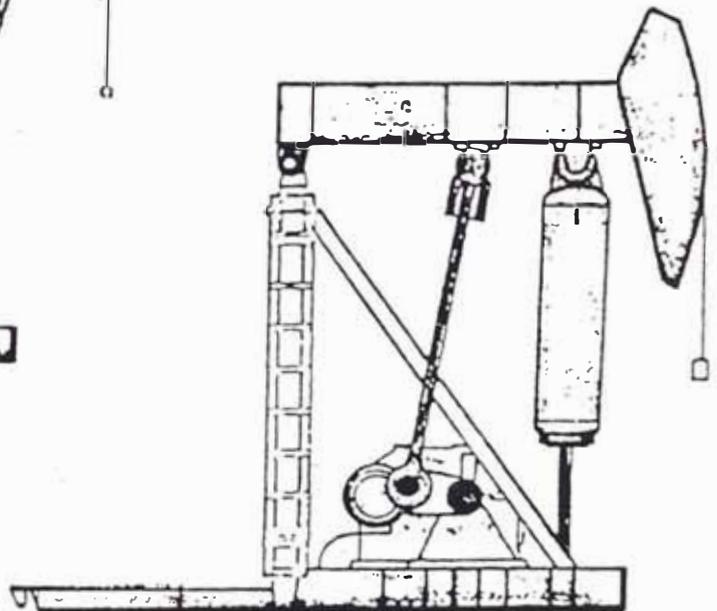
UNIDADES DE BOMBEO A BALANCIN



UNIDAD CONVENCIONAL (CLASE I, SIMETRICO)



UNIDAD MARK II
(CLASE III, ASIMETRICO)



UNIDAD BALANCEADA A AIRE
(CLASE III, SIMETRICO)

FIGURA No. 4

UNIDAD DE BOMBEO CONVENCIONAL

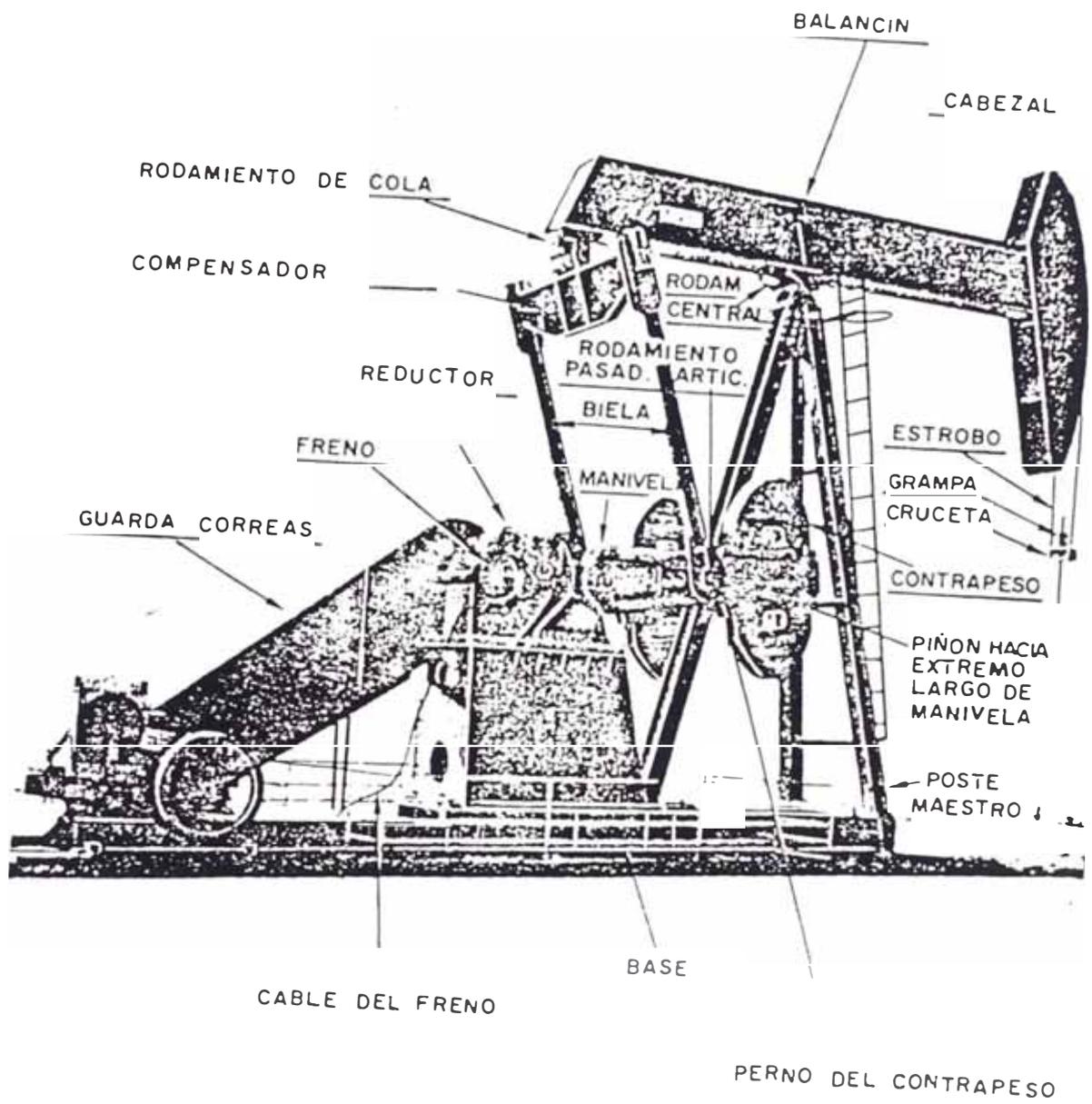


FIGURA No. 5

SISTEMA DE ELECTRIFICACION LA BREA

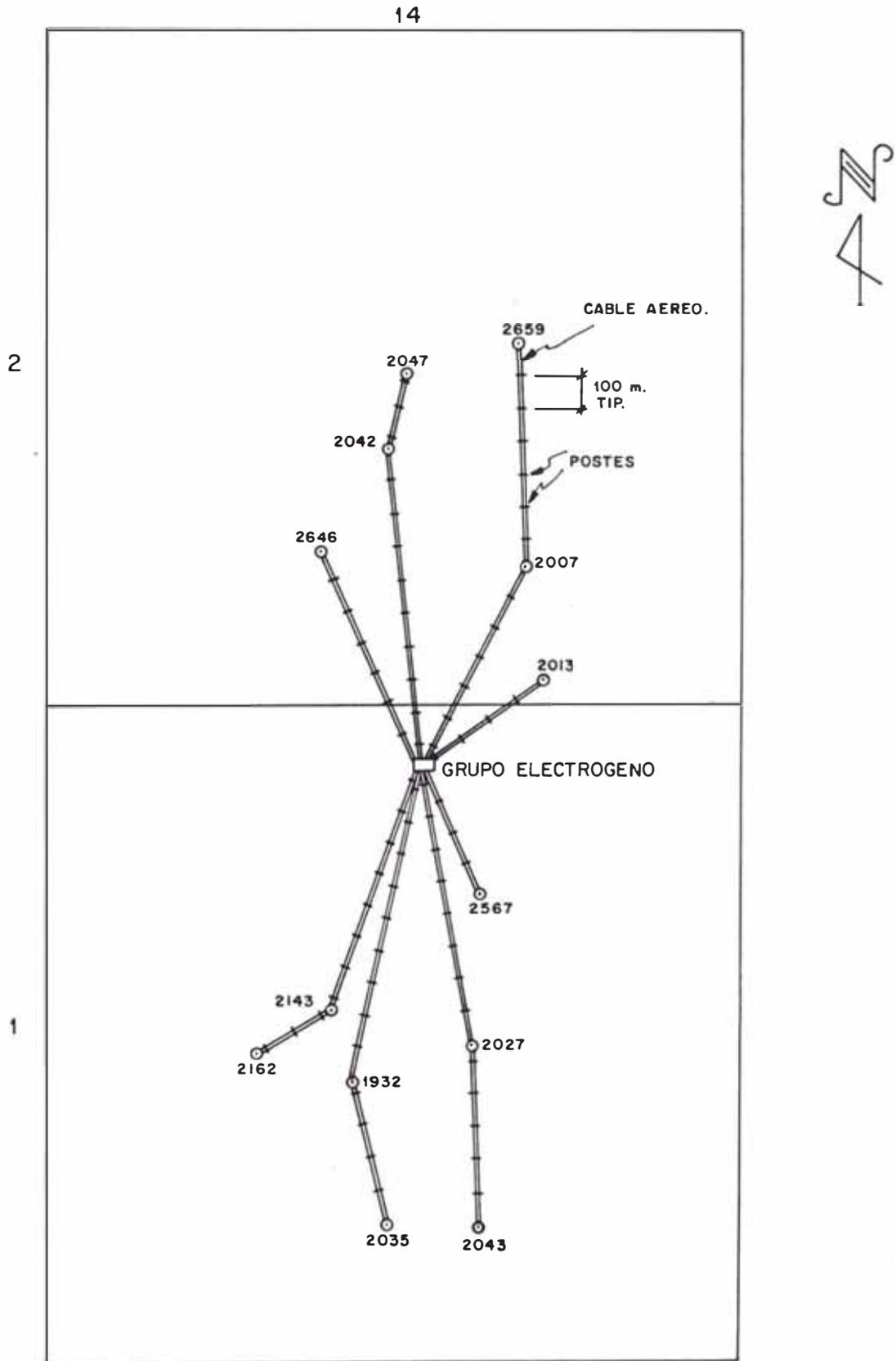


FIGURA 6

SISTEMA MECANICO DE CATALINA LA BREA

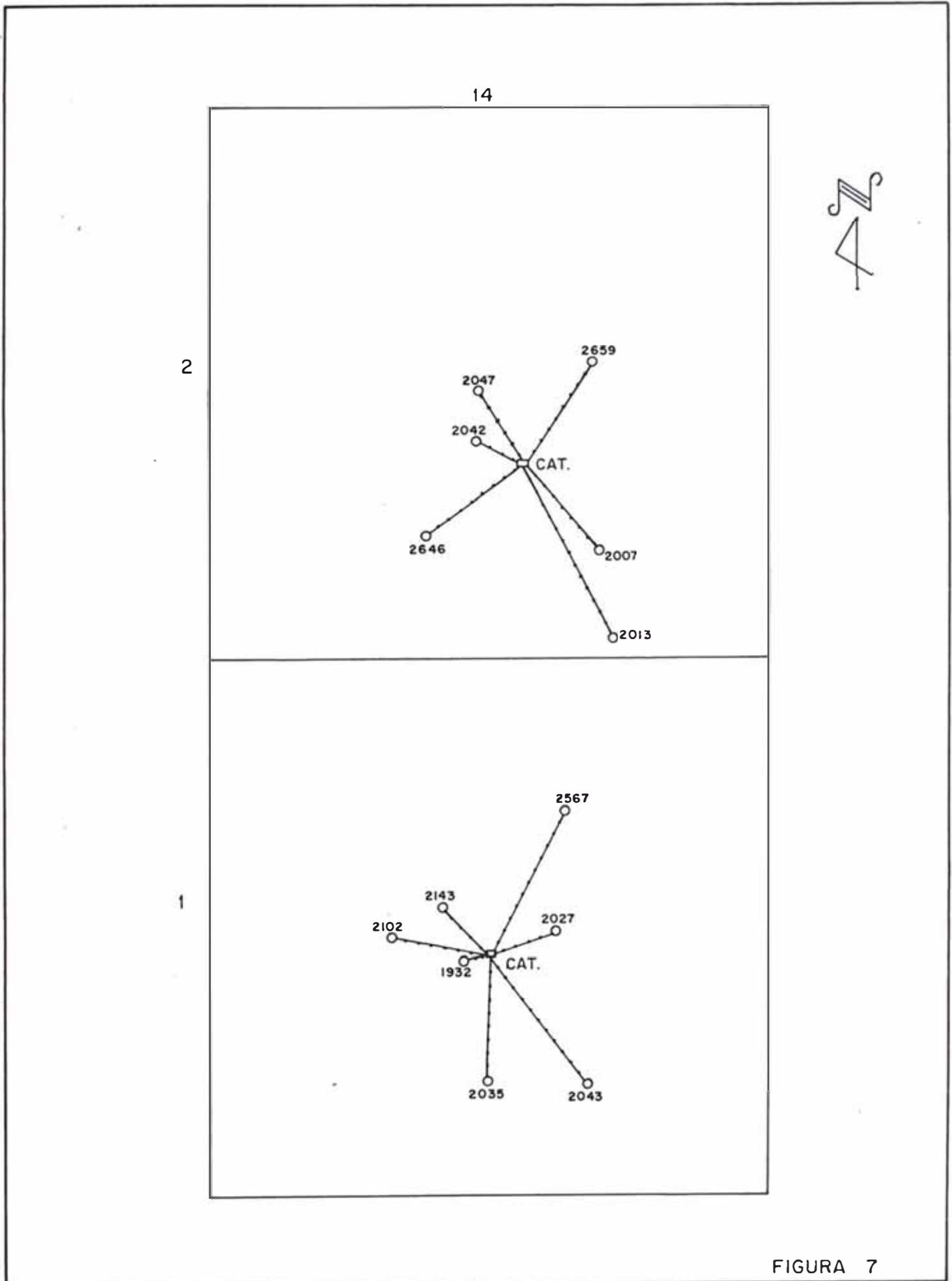


FIGURA 7

UNIDAD DE BOMBEO DE CATALINA

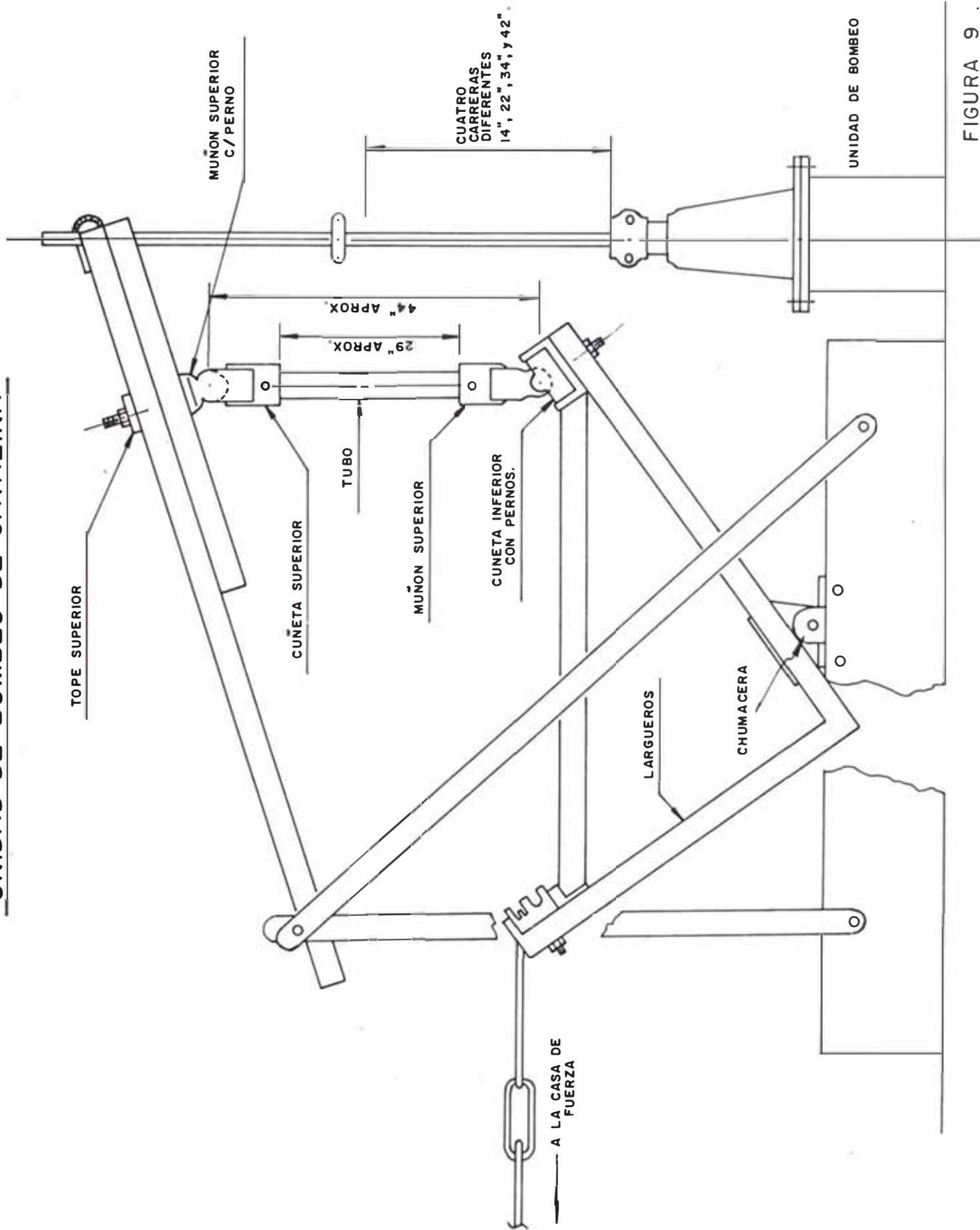


FIGURA 9

ANALISIS DE CARGAS DE CONTRAPESOS DE POZOS OPERADOS
CON CATALINA - METODO DE LA POLIGONAL

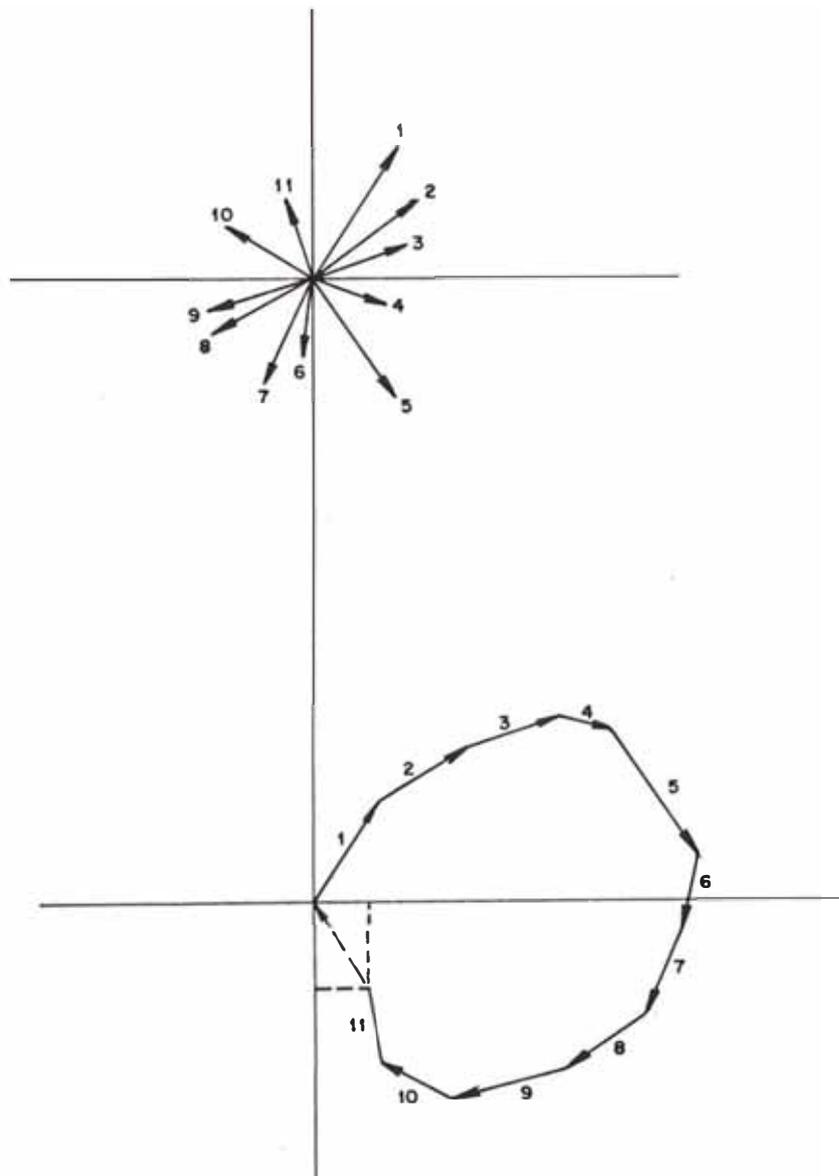


FIGURA 11

METODO GRAFICO PARA BALANCEAR UNA CATALINA

TABLA I

POZO	CARGA
2007	1081
2013	1368
2042	1683
2047	1444
2646	1855
2659	1408

TABLA II

OESTE

PA'	= 2.10	= 1050
PB'	= 1.00	= 500
PC'	= 3.00	= 1500
		3050

ESTE

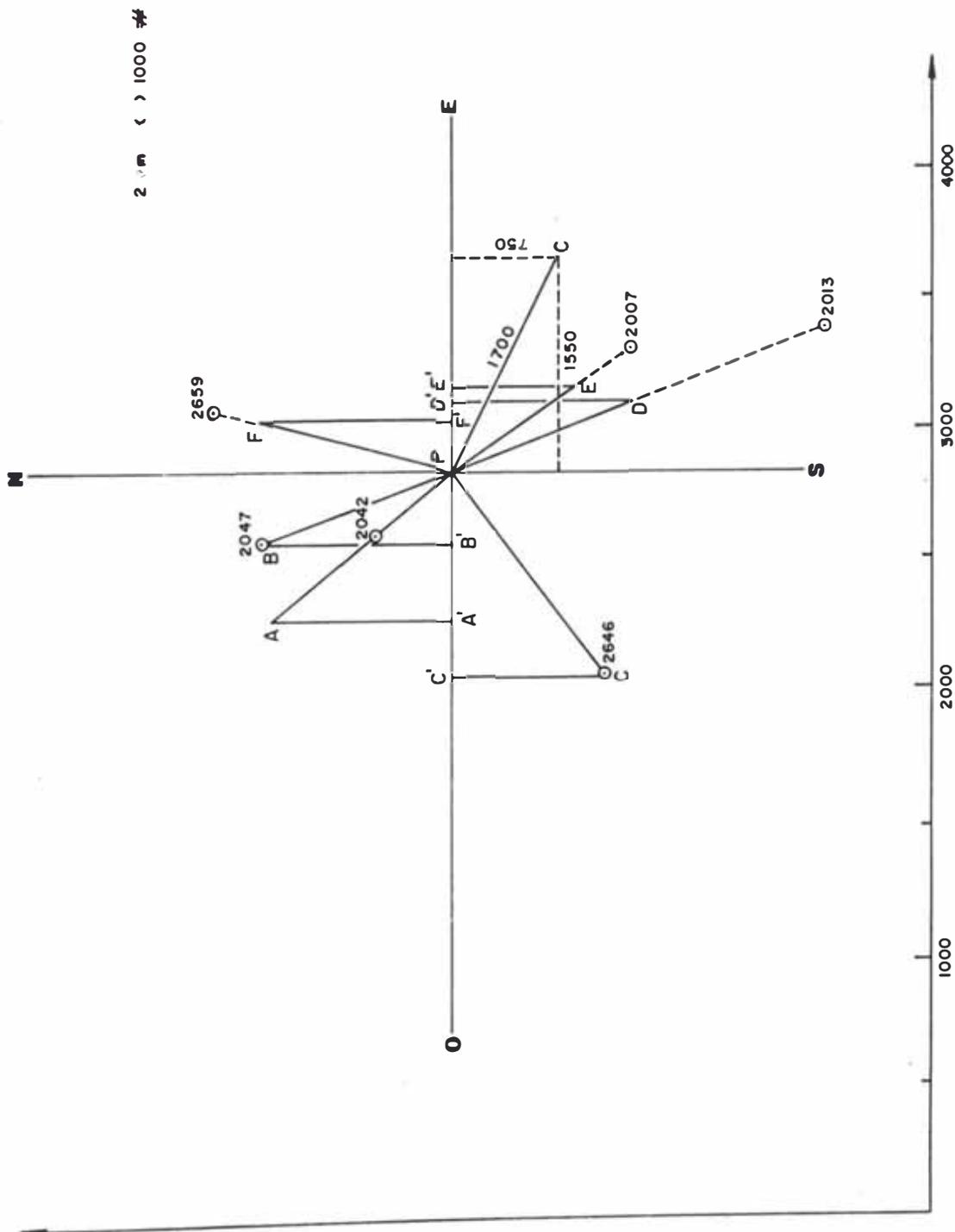
PD'	= 1.00	= 500
PE'	= 1.20	= 600
PF'	= 0.80	= 400

NORTE

AA'	= 2.60	= 1300
BB'	= 2.75	= 1375
FF'	= 2.70	= 1350
		4025

SUR

CC'	= 2.20	= 1100
DD'	= 2.60	= 1300
EE'	= 1.75	= 875
		3275



ESC. 8" = 1 MILLA.

FIGURA 13

B I B L I O G R A F I A

- 1.- UREN - INGENIERIA DE PRODUCCION DE PETROLEO
- 2.- J.ZABA - OIL WELL PUMPING METHODS
- 3.- PRACTICAL PETROLEUM ENGINEERS' HAND BOOK
- 4.- G. WEBER - IMPROVED PUMPING OPERATIONS IN CENTRAL PUMPING POWERS".
- 5.- ONO PETROPERU - TECNOLOGIA SOBRE OPERACIONES DE PRODUCCION.
- 6.- ONO PETROPERU - MANUAL DE DISEÑOS DE UNIDADES DE BOMBEO.