

Universidad Nacional de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA

DE PETRÓLEO Y PETROQUÍMICA



PRODUCCION ARTIFICIAL POR BOMBEO ELECTRICO AREA CORRIENTES - OPERACIONES SELVA

T E S I S

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO DE PETRÓLEO

ALBERTO ROMAN ALVAREZ HUAPAYA

PROMOCION 1966

LIMA ★ PERU ★ 1978

Señor Rector :

Los Profesores firmantes, después de ser al
graduando en acto oral, han calificado la
presente Tesis con la nota de : _____

Quince

Lima, ^{Mas} 1^o de ~~Febrero~~ de 1978


Ing. JUAN RODRIGUEZ DEL CASTILLO

" PRODUCCION ARTIFICIAL POR BOMBEO ELECTRICO-

AREA CORRIENTES OPERACIONES SELVA "-

		INDICE	<u>Pág.</u> #
CAPITULO	I	INTRODUCCION	1
	A	CARACTERISTICAS GEOLOGICAS REGIONALES	1
	B	METODO DEL CALCULO DE RESERVAS	2
CAPITULO	II	SISTEMAS DE PRODUCCION ARTIFICIAL	5
	A	<u>METODOS DE PRODUCCION ARTIFICIAL</u>	5
		1 - Bombeo Mecánico - Ventajas y Desventajas	6
		2 - Bombeo Neumático- Ventajas y Desventajas	7
		3 - Bombeo Hidráulico-Ventajas y Desventajas	8
		4 - Bombeo Eléctrico-	9
	B	<u>CONCLUSIONES</u>	9
CAPITULO	III	- <u>SISTEMA DE BOMBEO ELECTRICO</u>	11
	A	DESCRIPCION DEL <u>SISTEMA</u>	11
		i - Ventajas	12
		2 - Desventajas	12
		3 - Equipo Básico (Fig.5)	12

<u>B</u>	<u>SELECCION DEL EQUIPO BASICO</u>	14
	<u>1 - SELECCION DEL EQUIPO DE BOMBEO</u>	14
	a) Bomba Centrífuga ...	
	b) Motor Eléctrico ...	17
	c) Protector ...	18
	d) Cable Eléctrico ...	19
	e) Separador de Gas ...	20
	<u>2 - SELECCION DEL EQUIPO DE SUPERFICIE</u>	21
	a) Generador ...	21
	b) Transformadores ...	21
	c) Panel de Control ...	22
<u>C</u>	<u>PROBLEMAS OPERATIVOS</u>	23
	<u>1 - PROBLEMAS MECANICOS</u>	23
	<u>2 - PROBLEMAS ELECTRICOS</u>	23
CAPITULO IV	INSTALACION DE BOMBAS ELECTRICAS EN EL	
	<u>RESERVORIO CORRIENTES</u>	25
<u>A</u>	<u>CARACTERISTICAS DE LOS POZOS</u>	25
<u>B</u>	<u>CARACTERISTICAS DE LAS INSTALACIONES -</u>	
	<u>A SER UTILIZADAS - CONSIDERACIONES</u>	26

	<u>C</u>	<u>CONSIDERACIONES DE DISEÑO</u>	28
		<u>1 - DISEÑO DEL EQUIPO DE SUBSUELO</u>	28
		<u>2 - DISEÑO DEL EQUIPO DE SUPERFICIE</u>	29
		-Alternativas- A	29
		-Alternativas- B	30
		-Elección de Alternativa	31
		<u>3 - EQUIPO TOTAL PARA 5 POZOS DE</u>	
		<u>CORRIENTES</u>	32
CAPITULO	V	ECONOMIA DEL SISTEMA	33
CAPITULO	VI -	CONCLUSIONES	35
CAPITULO	VII -	RECOMENDACIONES	37
CAPITULO	<u>VIII</u>	ANEXOS : y Figuras	39
		I	40
		II	41
		III	45
		IV	48
		V	49
		VI	50
		VII	51

* * * * *

CAPITULO - I INTRODUCCION

A CARACTERISTICAS GEOLOGICAS REGIONALES

Los yacimientos de la Selva Norte, son aparentemente una extensión de los campos productivos de Colombia y Ecuador. En su mayoría son estructuras anticlinales elongadas de relieve moderado que aparecen localizadas a lo largo de una extensión aproximada de 250 Kms. siguiendo un rumbo regional de Noroeste a Sudeste, desde la frontera con el Ecuador hasta la margen derecha del río Marañón. (Fig. 1).

Las formaciones productivas son en su mayoría areniscas del Cretácico y del Terciario que yacen entre los 8000 a 12,000 pies de profundidad. Estas areniscas son bastante homogéneas y aparecen intercaladas con miembros lutáceos que muestran un excelente continuidad lateral.

La formación Chonta es la más prolífera de las cuatro formaciones productivas que existen en el Area y se le considera como correspondiente a la formación Napo del Oriente Ecuatoriano y a la formación Villeta del Sudeste Colombiano.

B METODO DE CALCULO DE LAS RESERVAS

El método de cálculo que ha sido empleado para el estimado de las reservas en el área operada por Petróleos del Perú (Bloque 8) - En Selva Norte, es el método Volumétrico convencional. Para esto se han obtenido sistemáticamente toda clase de registros de pozos, tanto litológicos como eléctricos. Asimismo se han tomado muestras de roca (tanto de pared, como núcleos) de los diferentes miembros productivos, los mismos que han sido examinados localmente para análisis convencionales, y en el extranjero por la Core-Laboratories de Dallas, Texas, para análisis especiales.

También se han tomado muestras de fluidos y se han efectuado análisis completos para conocer las propiedades volumétricas de éstos fluidos. Todo este conjunto de datos básicos ha permitido hacer una determinación bastante precisa de las características físicas y las propiedades mecánicas de la roca reservorio y de los fluidos contenidos.

Aunque no se tiene experiencia en el país, con el tipo de yacimientos de la Selva Norte; por sus características como son : el tipo de deposición, la continuidad de los miembros productivos, la

buena permeabilidad horizontal, junto con el extenso desarrollo de las formaciones, y sobre todo por analogía con los reservorios vecinos de Colombia y Ecuador, hacen esperar la presencia de una zona acuifera de dimensiones muy apreciables en relación al tamaño de los yacimientos de petróleo, lo cual a su vez, hace presumir que el mecanismo de impulsión predominante será el de impulsión por agua. Si bien es cierto, que hasta la fecha no es posible determinar el grado de actividad de este empuje, y en qué medida contribuye a la producción, sin embargo, los estudios realizados nos indican que podemos adoptar la conclusión de que este impulso es fuerte; es decir, el acuífero tiene capacidad de suministrar un mayor volumen de agua, que petróleo producido.

Según estudios de simulación de reservorios, se estima que los pozos tendrán una vida fluyente comprendida entre 6 y 18 meses, posteriormente y debido a la alta producción de agua, los pozos van a requerir de equipos de producción artificial.

La característica de producción de los pozos de selva, especialmente por su alta capacidad de producción y gran profundidad, nos indica que los métodos de producción artificial que pueden implantar

se son el bombeo centrífugo eléctrico y el bombeo hidráulico.

La elección de los dos métodos va a depender de la capacidad de producción, estimándose que pozos con producciones mayores de 2000 BPD requieren del método de bombeo centrífugo y para menor capacidad del bombeo hidráulico.

CAPITULO II - SISTEMAS DE PRODUCCION ARTIFICIAL

Inicialmente los pozos producen con su propia energía, pero a medida que declina la presión fluyente, los pozos sólo pueden producir un porcentaje de su capacidad productiva óptima.

Con el objeto de producir el pozo a su capacidad total, es necesario instalar un medio de levantamiento artificial, mediante el cual se transmite energía al fluido en el fondo del pozo para poder extraerlo hasta la superficie.

Generalmente la energía puede ser suministrada en forma mecánica-neumática, hidráulica ó eléctrica.

A - METODOS DE PRODUCCION ARTIFICIAL

En la industria petrolera, existen 4 métodos de levantamiento artificial, éstos son :

- Bombeo Mecánico
- Bombeo Neumático
- Bombeo Hidráulico
- Bombeo Centrífugo eléctrico

1.- BOMBEO MECANICO (Fig. 2)

Este método emplea una sarta de varillas de succión como mecanismo de transmisión de energía.

La energía es suministrada por un motor, que acciona la unidad de bombeo (Balancin) que convierte el movimiento rotatorio en movimiento ascendente y descendente, el cual es impartido a la sarta de varillas que a su vez acciona sobre la bomba de subsuelo, levantando el fluido hasta llevarlo a su superficie.

a) - Ventajas.-

Fácil instalación de los equipos, si las condiciones del terreno lo permiten.

b) - Desventajas.-

La capacidad de producción por este método es del orden de los 400 BFPD, muy por debajo del promedio productivo de los pozos de Selva, que es de aproximadamente 2000 BFPD.

La profundidad máxima para un rendimiento eficiente, es de aproximadamente 9,000'; en tanto que los pozos de Selva son de mayor profundidad.

2.- BOMBEO NEUMATICO (Fig. 3)

Este método utiliza el gas a alta presión como medio de transmisión de energía (Gas Lift).

El gas a alta presión se inyecta a los pozos, por los ferros o por la tubería de producción, en los cuales se ubica un juego de válvulas que se abren por la presión del gas, aligerando la columna hidrostática y empujando el fluido hasta llevarlo a la superficie.

a) - Ventajas.-

Baja inversión por equipo, comparado con los otros métodos. En el subsuelo sólo se instalan válvulas especiales de control del gas.

b) - Desventajas.-

Este método requiere de grandes volúmenes de gas de alta presión, lo cual no es posible lograr en los pozos de Selva, pues producen aproximadamente 100 SCF/STB.

3.- BOMBEO HIDRAULICO (Fig. 4)

Este método utiliza petróleo limpio a alta presión como medio de transmisión de energía. Mediante un sistema de bombas triplex que se instalan en la superficie, se imprime al

ta presión al aceite matriz, el cual acciona en el fondo - del pozo, sobre un motor hidráulico de doble acción, que a su vez mueve la bomba de subsuelo, levantando el fluido producido, mezclando con el aceite matriz.

En la superficie la mezcla pasa a través de un separador de gas y se deposita en un tanque deshidratador, donde los sólidos y el agua en suspensión son separados por gravedad.

Lo más importante de este método es la unidad de subsuelo - que consta de 3 elementos principales : la bomba que desplaza el aceite de la formación; el motor hidráulico que impulsa la bomba; y la válvula inversora que controla la acción - del motor.

a) Ventajas.-

La máxima capacidad de producción por este método es de aproximadamente 2000 BFPD, que está dentro del rango de, por lo menos, el 75% de los pozos de Selva.

Su operación y mantenimiento no necesita de personal especializado.

b) Desventajas.-

No puede utilizarse en todos los pozos de Selva, sino en aquellos que tienen producción inferior a la mencionada.

Utiliza equipo de superficie pesada, por lo tanto debe prepararse especialmente el terreno para su instalación.

En la mayoría de los casos, la cantidad de fluido de producción, es igual al aceite metriz requerido y puesto que ambos se mezclan al salir a la superficie, los problemas de tratamiento del fluido para recirculación como aceite metriz inciden en mayores costes, cuando se utiliza en aquellos campos que tienen mecanismos productivo de impulsión por agua.

4.- BOMBEO ELECTRICO

* Este método de levantamiento artificial es usado casi exclusivamente para producir pozos con grandes volúmenes de líquido. El rango de capacidad de las bombas centrífugas sumergibles es amplio, y vá desde 200 hasta 50,000 BFPD; los factores que controlan la capacidad son el tamaño de los ferros y la relación de tamaño de la unidad por pies de levantamiento.

B CONCLUSIONES

De acuerdo a lo expuesto, los métodos de producción artificial que se adoptan a las condiciones de nuestros pozos de Selva, son el bombeo Eléctrico y el Hidráulico.

Para pozos con producción de hasta 2000 BFPD es conveniente utilizar el método del bombeo hidráulico, para obtener una mayor producción con mayores facilidades y menores costos.

Mientras que para producciones mayores, el único método eficaz es el bombeo eléctrico.

CAPITULO III - SISTEMA DE BOMBEO ELECTRICO

A - DESCRIPCION DEL SISTEMA

En este sistema, el medio de transmisión de potencia es la energía eléctrica.

La corriente tomada de la red de distribución o de generadores individuales en algunos casos es conducida mediante un cable hacia el fondo del pozo hasta el motor que acciona la bomba centrífuga.

El elemento más importante es la bomba centrífuga sumergible que está conectada por su eje, a través de una zona protectora, con el motor.

Al imprimir corriente eléctrica al motor, éste pone en funcionamiento la bomba, la cual consta de una serie de etapas, cada una de las cuales está conformada por un impulsor y un difusor. La fuerza centrífuga levanta los impulsores y éstos, a su vez, levantan el fluido que es enviado por los difusores hasta la etapa superior. El conjunto de etapas llevarán el fluido hasta la superficie.

1.- Ventajas.-

La capacidad de producción (200 BPD-50,000 BPD) por este mé
todo, cubre con suficiencia la capacidad productora de mues
tres pozos de selva.

Para operar eficientemente, necesita gran nivel de flujo,-
que es la característica principal de los pozos de selva (a
proximadamente 2000').

Las estadísticas indican que los costos unitarios de opera-
ción son más bajos que por otros métodos.

El equipo no necesita de un mantenimiento constante.

2.- Desventajas.-

- La inversión para implementar el método es alta.
- El mantenimiento y reparación de equipos necesita de perso-
nal especializado.
- Económicamente, la utilización de este método sólo se justi-
fica para producciones mayores de 2000 BFPD.

3.- Equipo Básico (Fig. 5)

Básicamente el sistema de producción artificial tipo eléctri
co, se compone de los siguientes elementos :

a) - Equipo de superficie

- Generador de corriente eléctrica
- Transformador
- Panel de control

b) - Equipo de subsuelo

- Cable eléctrico
- Bomba
- Separador de gas
- Protector
- Motor

c) - Elementos auxiliares

- Cable plano
- Abrazaderas
- Válvula de retención
- Válvula de purga
- Carretel del cable, etc.

B - SELECCION DEL EQUIPO BASICO

1 SELECCION DEL EQUIPO DE SUBSUELO

La selección correcta del tipo y tamaño de la unidad de bombeo - centrífugo sumergible depende, para cada pozo en particular, tanto de la capacidad de producción, como del tamaño de los ferros. Los datos necesarios para la selección son los siguientes:

- Diámetro de ferros y de tubería de producción (pulgadas)
- Profundidad de las perforaciones (pies)
- Régimen de producción (BPD)
- Relaciones agua-aceite (bbl/bbl) y gas-aceite (SCF/bbl)
- Presión estática y fluyente de fondo (psi)
- Gradiente de presión (psi/pie).
- Temperatura de fondo (°F)
- Gravedad específica del fluido
- Presión en la cabeza del pozo (psi).

a) Bomba centrífuga

Es la parte más importante de la unidad de bombeo eléctrica. Consta de una serie de etapas que encajan en el eje, cada etapa a su vez está formada por un difusor y un impulsor diseñado de tal modo que se pertan

su propio empuje, por lo que con frecuencia se denominan impulsores fletadores.

Si una etapa determinada puede producir 2500 BPD y su capacidad total de levantamiento es de 20 pies, para producir el mismo volumen a 3000 pies de profundidad, se necesitarán 150 etapas.

Cuando es necesario usar más etapas de las que entran en una sola unidad de bombas, entonces las bombas se construyen en tándem, es decir una bomba se emperna sobre la otra y en este punto se acoplan los ejes. Mediante este método es posible producir fluidos desde profundidades de más de 10,000 pies sin temor de deslizamientos, ni de los consiguientes desgastes dentro de la bomba.

El diseño de la bomba consiste básicamente en calcular el número de etapas.

$$N^{\circ} \text{ etapas} = \frac{\text{columna hidrostática total}}{\text{columna desarrollada por etapa}}$$

Donde la columna hidrostática total (CHT) es igual a

$$\text{CHT} = \text{Altura de levantamiento} + \text{pérdidas por fricción} \\ + \text{presión de descarga.}$$

Altura de levantamiento, se determina :

Profundidad al plano de referencia - nivel estático de fluido.

-Profundidad al plano de referencia, es la profundidad a la cual se toma la presión estática de fondo.

-Nivel estático de fluido, se calcula dividiendo la presión estática a la profundidad de referencia, entre el gradiente del fluido.

Pérdidas por fricción, se calcula utilizando cualquiera de las fórmulas para hallar pérdidas de fricción en tuberías verticales. En este caso utilizaremos gráficos basados en las fórmulas de William-Hazen.

Presión de descarga, se convierte la presión en la cabeza de psi a pies, utilizando la fórmula :

$$\text{Presión de descarga} = \frac{\text{Presión en la cabeza (psi)} \times 2.31}{\text{Gravedad específica del fluido}}$$

donde $\text{psi} \times 2.31 = \text{pies de agua a } 60^{\circ}\text{F.}$

b) Motor Eléctrico

El motor es trifásico, que se encuentra lleno de aceite para enfriamiento y lubricación.

Un alto esfuerzo de torsión de arranque, permite que llegue a su plena velocidad de operación en menos de 15 ciclos, impidiendo de esta manera la sobrecarga prolongada de la línea eléctrica.

Bajo condiciones de operación, el motor opera aproximadamente 3500 RPM con una fuente de potencia de 60 ciclos, o alrededor de 2915 RPM con una fuente de potencia de 50 ciclos. Se obtiene el enfriamiento mediante la transferencia del calor al fluido del pozo que pasa por el motor. Por esta razón, la profundidad de colocación del motor se limita normalmente a un punto encima del fluido entrante.

Para el diseño del motor se utiliza la siguiente fórmula :

$$HP = N^{\circ} \text{ etapas} \times HP/\text{etapa} \times \text{gravedad específica del aceite}$$

Los HP/etapa se determinan a partir de las curvas de rendimiento de la bomba seleccionada.

En algunos casos es necesario instalar motores en tándem debido a que la potencia del motor, de un diámetro determinado, no es suficiente para el rendimiento efectivo de la unidad de subsuelo.

c) Protector

El protector vá situado entre el motor y la bomba; siendo sus principales funciones las siguientes :

-Aislar el motor del fluído del pozo

-Iguala la presión interna del aceite del motor, en la presión del fluído producido por el pozo, permitindo de esta manera la expansión e contracción del aceite del motor, a medida que la unidad se calienta o enfría al ponerse en marcha o pararse.

-Esta función se realiza mediante dos cámaras de aceite puestas en tándem, cada una de las cuales contiene además un sello mecánico que actúa de barrera contra la entrada de fluído a lo largo del eje.

-Asímismo el protector aleja un cajinete de empuje que absorbe la carga axial de la bomba.

Los tipos de protector dependen del tipo de motor a ser utilizado. Se escogen considerando lo siguiente:

Para motores de pequeño caballaje Tipo 52
Para motores de caballaje normal..... Tipo 53
Para motores en tándem Tipo 66

d) Cable eléctrico

Este elemento suministra la corriente al conjunto de subsuelo. El cable, de varios tamaños, es resistente al petróleo y al agua.

Generalmente se utiliza cable redondo debidamente aislado, capaz de resistir 300°F de temperatura, el cual se sujeta mediante abrazaderas a la tubería de producción.

Sin embargo, la porción del cable que va entre la bomba y el protector es de tipo aplanado, debido al mayor diámetro del conjunto bomba-motor, respecto del tubing-cable de bajada.

Para la selección del cable se recomienda tener en cuenta lo siguiente :

-La suma del diámetro exterior del cable de la tubería y el diámetro del cable, sea 0.25" menor que el diámetro interior de los ferros, para tener una luz adecuada.

-Una mayor temperatura incidirá en el uso de un cable de mayor costo, así como la corrosividad hará necesario el uso de cable de aleación níquel-cobre.

-El cable plano debe estar protegido a fin de evitar el desgaste o daño por fricción durante la bajada al pozo.

-Se deberán usar abrazaderas de 32' de ancho para abrazar el cable plano con la bomba y el protector; y abrazaderas de 22" para abrazar el cable con la tubería de producción, éstas últimas cada 15'.

e) Separador de gas

Este elemento sirve para separar el gas en solución y el gas libre del fluido del pozo, antes que entre a la bomba.

Al entrar en el separador y al fluir a través de él, el fluido del pozo cambia de dirección dos veces an-

tes de entrar en el impulsor receptor.

2 SELECCION DEL EQUIPO DE SUPERFICIE

La energía eléctrica puede ser tomada de una red de distribución, si lo hubiera; caso contrario es necesario utilizar generadores - individuales por pozo, o un generador para un grupo de pozos.

a) Generador

El tipo de generador depende básicamente de la potencia requerida en cada pozo, y del número de pozos.

Lo más importante es determinar la potencia de los generadores, en función de la potencia requerida por el motor sumergible, considerando un factor de eficiencia para balancear las caídas de potencia por trabajo y temperatura.

Asimismo, debe definirse el voltaje de los generadores, considerando la utilización de transformadores.

b) Transformadores

El voltaje necesario en el subsuelo es alto, por lo cual se hace necesario utilizar transformadores de voltaje de superficie a lo requerido en la unidad sumergible.

da.

Son unidades trifásicas autoenfriantes, llenas de aceite.

c) Panel de control

La selección depende básicamente de la potencia del motor sumergible, en base al cual se determina el tipo y clase, así como el amperaje máximo. Cuenta con instrumentos para operación de control automático.

Asimismo es muy importante que cuente con la protección de sobrecarga y protección de carga baja.

El paro por carga baja ocurre cuando la bomba empuja a trabajar en seco, o cuando el motor trabaja bajo condiciones anormales de parada o cercanas a ella.

Entre los controles automáticos, el más importante es el amperímetro registrador, y es el único dispositivo que requiere revisión diaria con el fin de cambiarle discos o cartas de registro.

C PROBLEMAS OPERATIVOS

1 PROBLEMAS MECANICOS

La mayor parte de los problemas operativos en el sistema, son por defectos mecánicos en el equipo de bombeo, que se presentan generalmente en el cable, válvulas, así como también en la bomba, motor o protector.

Las fallas en el protector son originadas por fuga en los sellos mecánicos y también por desgaste, mientras que en la bomba las fallas son causadas por desgaste, arena, y corrosión. Asimismo el desgaste de la bomba puede ser acelerado si no está debidamente alineada.

2 PROBLEMAS ELECTRICOS

Estos se producen por fallas de aislamiento, causado por sobrecalentamiento, o por entrada de agua al motor cuando se deteriora el sello mecánico en la sección protectora.

Un motor sobrecargado, con un amperaje más alto que el recomendado puede indicar que se está trabajando con un fluido de gravedad específica o viscosidad más alta que la diseñada, o alguna causa que origina una fricción excesiva.

Un motor con voltaje y amperaje bajos indica que se está bombeando a un régimen de producción anormalmente bajo, lo cual además de causar un excesivo desgaste de la bomba, origina que el motor se sobrecaliente y queme, debido a un enfriamiento inadecuado.

CAPITULO IV INSTALACION DE BOMBAS ELECTRICAS EN EL -
RESERVORIO CORRIENTES

A - CARACTERISTICAS DE LOS POZOS

El reservorio Corrientes está ubicado en la margen derecha del río del mismo nombre hacia el Oeste de la ciudad de Iquitos, distante en línea recta, más o menos 175 Kms.

El reservorio casi en su totalidad presenta terreno inundado permanentemente (aguajales), a excepción de la misma orilla del río y la zona donde está situado el pozo 6X, razón por la cual se han considerado estos puntos como los más apropiados para instalar las facilidades de recolección del crudo del reservorio (Baterías, tanques de almacenamiento, etc.).

Para efectos de su desarrollo, se han perforado 27 pozos, de los cuales 21 son productores, 2 se encuentran abandonados temporalmente, 1 fué abandonado por problemas mecánicos y 3 resultaron secos.

De acuerdo al estudio de Simulación de Reservorios que se mencionó anteriormente, en el Anexo I, se muestra la producción de los pozos al momento de requerir la instalación de equipos de producción

artificial.

Como se podrá apreciar en este anexo, existen 16 pozos con producciones menores de 2000 BPD, a los cuales es más recomendable instalarle un sistema de bombeo hidráulico, y 5 pozos con producciones mayores de 2000 BPD que deben ser producidos con bombeo eléctrico.

Los pozos tienen una profundidad promedio de 9800 pies, de los cuales 8 son verticales y 13 son direccionales, con un ángulo de inclinación aproximado de 21°.

La mayor parte de los pozos tienen una instalación de completación múltiple, con el fin de producir selectivamente todas las arenas y aislar cualquier arena productora de agua.

CARACTERISTICAS DE LAS INSTALACIONES A SER UTILIZADAS.- CONSIDERACIONES

La instalación de las bombas eléctricas en el Area de Corrientes está basada en la producción y en las condiciones mecánicas de los pozos.

- 1 Según las condiciones mecánicas de los pozos, se ha considerado utilizar tubería de 2 7/8" para pozos completados con ferros de 5 1/2" (N-80, 17 #/pie) y tubería de 3 1/2" para pozos con ferros de 7" (N-80, 29 #/pie).

Al respecto es necesario recalcar, como ya se hizo en el rubro de selección del tipo de cable, que no es posible - instalar tubería de 3 1/2" en ferros de 5 1/2", debido a que no se logra obtener una luz adecuada (0.25" mínimo) - entre el diámetro interno de los ferros y el diámetro exterior del ceple de la tubería más el diámetro del cable.

- 2 Considerando información de las presiones de fondo, nivel de fluido, etc., se ha seleccionado como profundidad óptima de las bombas 4000 pies, a fin de garantizar una sumergencia mínima de 1000^o/pies.

Instalar las bombas a mayor profundidad incrementaría los costos de operación, pues se requieren generadores de mayor tamaño y especialmente mayor cantidad de cable eléctrico, que es uno de los items que más afecta la economía de la instalación.

- 3 - No se ha considerado separador de gas en el diseño, debido a que la producción de gas por peze es mínima.
- 4 - Se requiere instalar un tubing spool especial con orificio para la entrada del cable.

C - CONSIDERACIONES DE DISEÑO

1 DISEÑO DEL EQUIPO DE SUBSUELO

En los Anexos II y III se adjunta el procedimiento de cálculo, - que se ha seguido en el diseño de un sistema de bombeo eléctrico - para los pezos de Corrientes, tanto para ferros de 5 1/2" como - de 7" de diámetro.

En el Anexo IV se muestra un resumen del diseño de bombas eléctricas para los 5 pezos propuestos.

Como podrá observarse los pezos con ferros de 5 1/2" requieren bombas D-82 serie 400, con motores de serie 456, de 110 HP. Mientras que los pezos con ferros de 7" requieren bombas G-62E serie 540, con motores de serie 540, de 80 HP.

2 DISEÑO DEL EQUIPO DE SUPERFICIE

Puesto que no existe red de distribución de corriente eléctrica, en el Area de Corrientes, es necesario instalar generadores para complementar el Sistema.

Para determinar la ubicación y número de generadores, se han estudiado 2 alternativas.

- a) Instalar un generador individual por pezo
- b) Instalar una estación generadora en la batería N° 1.

ALTERNATIVA A - Instalar un generador en cada pezo - (Fig. 6)

a) Ventajas

- Las paradas del generador solo influyen en la producción de un pezo.
- No se requiere instalar un sistema de distribución de energía eléctrica, logrando un ahorro muy apreciable en cable.
- Uso de generadores de poca capacidad y peso.

b) Desventajas

- Alto costo de mantenimiento, pues es necesario enviar -
diariamente personal a las plataformas.
- Instalación de un sistema para transferir diesel desde -
la estación inicial hasta la locación de los generadores.

ALTERNATIVA B - Instalar una estación generadora (Fig. 7) en la Ba-
tería N° 1

Consiste en instalar en la Batería N° 1, una estación generadora, -
compuesta de 2 generadores de 500 KW, uno de los cuales permanece
rá en stand-by.

El fluido eléctrico se enviará a los pozos mediante cables que debe
rán ser tendidos a lo largo de las trochas existentes para la línea
de flujo de los pozos.

a) - Ventajas

- Las operaciones de mantenimiento de generadores estarán -
centralizadas.
- Mantenimiento de bajo costo.

b) Desventajas

- Requiere instalar cable eléctrico a la intemperie, por lo que habrá mayor probabilidad de daños causados por fenómenos atmosféricos.
- Pérdidas de producción altas, en caso de roturas del cable.
- Requiere instalar un generador suplente para garantizar una eficiencia de servicio del 100%.

ELECCION DE ALTERNATIVA

Conforme se muestra en el Anexo V, los costes resultan muy similares en las dos alternativas.

Sin embargo se ha elegido la segunda alternativa por tener mayores ventajas operativas.

Además por conversaciones con representantes de las Cías. vendedoras de estos equipos se nos ha manifestado la improbabilidad del deterioro del cable eléctrico debido a la protección con el cual es fabricado, pudiendo ir además enterrado en los aguajales.

3 EQUIPO TOTAL PARA 5 POZOS DE CORRIENTES

En el Anexo VI se muestra un resumen del equipo, costos de equipo y de instalación para los 5 pozos que tendrán bombeo eléctrico.

La mayor parte de los accesorios que se incluyen, son para el funcionamiento de los generadores, entre otros tenemos que se necesitan tanques de abastecimiento de combustible, línea de flujo de combustible, válvulas de control, etc.

CAPITULO V ECONOMIA DEL SISTEMA

El objetivo básico de toda Empresa petrolera, es invertir dinero para descubrir áreas petrolíferas y ponerlas en producción; sin embargo este objetivo no se daría por cumplido si es que no se hace intervenir en alguna medida el concepto de rentabilidad para las operaciones.

El obtener una ganancia es lo que hace rentable en mayor o menor grado a un proyecto, ya que la rentabilidad es la capacidad de generar ganancias de un proyecto de inversión.

Dado que ya es universalmente aceptada la capacidad del dinero para generar ganancias por sí solo a través del tiempo; el Proyecto de inversión del Sistema de producción artificial por Bombeo Eléctrico lo evaluaremos usando el Análisis del flujo de efectivo descontado, también llamado Método del Inversionista o Retorno DCF.

Los lineamientos económicos que se han considerado son los siguientes :

-Inversión 31.0 M M S/.

-Ingresos : Producción x Precio de barril de crudo

-Producción: Se considera que se producirá un volumen total de
.. 13,500 BPD para el primer año, de los cuales 2500 BPD

corresponden a c/u. de los pozos 15XCD, 28XCD.
31XCD y 3000 BPD corresponde a c/u. de los
pozos 12XC y 16XCD.

- Declinación : La mostrada en la Fig. 8
- Precio del crudo : S/. 650/barril
- Depreciación : 10 años
- Impuestos : 50 %
- Costos de Operación : 4 MM S/. anuales.

La economía (Anexo VII) muestra un índice de rentabilidad mayor de 500 %, muy superior al 15 % que es el Índice de rentabilidad mínimo aceptable (IRMA) por nuestra Empresa. En la Fig. 9, se muestra la curva de valor presente de esta economía.

CAPITULO VI C O N C L U S I O N E S

- 1 Los pozos de la selva tendrán una vida fluyente comprendida entre 6 y 18 meses, luego de las cuales necesitarán equipo de producción artificial.
- 2 Los regímenes de producción varían entre 450 BPD y 3500 BPD, estimándose que durante su vida productiva, la producción de fluidos (aceite- e/ agua) será alta.
- 3 Los métodos de producción artificial por bombeo hidráulico y Eléctrico son los que mejor se adaptan a las condiciones operativas de los pozos de Selva.

Los pozos con producciones mayores de 2000 BPD se adaptan mejor al sistema de Bombeo Eléctrico; mientras que los pozos menores a esta producción al Sistema Hidráulico.
- 4 En el área de Corrientes existen 5 pozos con producciones mayores de 2000 BPD y 16 con producciones menores.
- 5 El conjunto bomba-motor debe ser colocado siempre por encima de las perforaciones, para efectos de enfriamiento.
- 6 En el caso de los pozos de la selva, las bombas serán colocadas a 4000 pies, estando las zonas productivas 9000 pies debido al bajo GCR con que producen los pozos.

En casos de pozos con alta producción de gas es recomendable colocar la bomba a mayor profundidad, a fin de tener una mayor columna de fluido y tener el separador más cerca de las perforaciones.

- .7 - Los equipos de superficie no requieren de una protección especial, a no ser de un techo para protección contra la lluvia.

Además debe construirse una especie de jaula para los transformadores, a fin de evitar la entrada de objeto o animal extraño.

CAPITULO VII RECOMENDACIONES

- 1 - Implementar los métodos de Bombeo eléctrico con fines de evaluación para la producción artificial de 5 pozos en el Area de Corrientes.
- 2 - Es recomendable efectuar pruebas de producción regularmente para determinar si la unidad de bombeo está operando eficientemente.

Si el régimen de producción no se encuentra dentro de los límites recomendados, es necesario un cambio en el tamaño o tipo de la bomba y/o del motor.
- 3 - El punto mencionado anteriormente es muy importante, a fin de que los impulsores relativos de la bomba tengan un efecto fletante, evitando el contacto metálico del impulsor con su asiento.
- 4 - Por otra parte, a fin de evitar que la salinidad del crudo trabaje los prepulseres, sobrecargando el motor con un amperaje más alto que el recomendado, es recomendable inyectar agua dulce a través del espacio anular cada vez que sea conveniente.

- 5 Para efectos de este control, en la capa de mando hay un amperímetro (Chart circular) que registra el amperaje que está entrando al pozo.
- 6 - Sólo una evaluación posterior del sistema, nos permitirá definir la factibilidad de utilizar el bombeo hidráulico en los pozos de Corrientes.

CAPITULO VIII A N E X O S -

A N E X O I

CARACTERISTICAS DE LOS POZOS DE CORRIENTES

POZO	FORROS	PRODUCCION	SISTEMA DE BOMBEO
59XCD	7"	450	Hidráulico
30XCD	7"	500	Hidráulico
47XCD	7"	500	Hidráulico
1X	5 1/2"	600	Hidráulico
6XC	5 1/2"	600	Hidráulico
8XC	5 1/2"	600	Hidráulico
20XCD	7"	600	Hidráulico
10XC	5 1/2"	700	Hidráulico
51XCD	7"	850	Hidráulico
45D	7"	1000	Hidráulico
57XC	7"	1000	Hidráulico
11XC	5 1/2"	1500	Hidráulico
42XCD	7"	1500	Hidráulico
44XC	7"	1500	Hidráulico
33XCD	7"	1800	Hidráulico
46D	7"	1800	Hidráulico
15XCC	7"	2500	Eléctrico
28XCD	7"	2500	Eléctrico
31XCD	7"	2500	Eléctrico
12XC	5 1/2"	3000	Eléctrico
16XCD	5 1/2"	3000	Eléctrico

A N E X O II

DISEÑO DE EQUIPO DE BOMBEO ELECTRICO

DIAMETRO 5 1/2"

Pozo	12XC-Corrientes
Diámetro de forros	5 1/2"
Tubería de producción	2 7/8" 00(2 1/2" IO)
Producción	3000 BFPD
Profundidad de la bomba	4000 piés
Presión en la cabeza	280 psi
Gravedad específica del fluido	1.07
Gravedad específica del aceite	0.91 (24.8° API)
Gradiente del fluido	0.4632 psi/pié
Presión estática en el fondo(SBHP)	3455 psi a 9800 piés
Profundidad al plano de referencia	9800 piés

1.- Diseño de la bomba

N° Etapas= Columna Hidrostática Total (CHT)
Columna Desarrollada por Etapa (COE)

CHT = Altura de levantamiento+Pérdida por fricción
+Presión de descarga

a) Altura de levantamiento=Profundidad del plano de referencia-nivel estático

$$\text{Nivel estático} = \frac{\text{SBHP}}{\text{Gradiente del fluido}} = \frac{3455 \text{ psi}}{0.4632 \text{ psi/pié}} = 7459 \text{ piés}$$

Altura de levantamiento = 9800-7459=2341 piés

b) Pérdidas por fricción: Del Gráfico I (Curvas de pérdidas por fricción para tubería nueva); para una produc-

ción de 3000 BFPD y un diámetro interno de tubería de 2 1/2" tenemos una pérdida por fricción de 63/1000 piés

$$\frac{63 \times 4000}{1000} = 252 \text{ piés}$$

c) Presión de descarga = $\frac{280 \text{ psi} \times 2.31 \text{ pié/psi}}{1.07} = 604 \text{ piés}$

• CHT = 2341 + 252 + 604 = 3197 piés

CDE: Del Gráfico II, para 3000 BFPD vs. capacidad de cabeza hidrostática, tenemos una columna desarrollada de 1700 piés por 100 etapas, ó sea 17 piés/etapa

CDE = 17 piés

$$N^{\circ} \text{ Etapas} = \frac{3197}{17} = 188$$

HP por etapas : Del mismo gráfico D-82 para una producción de 3000 BFPD se obtiene
 $59 \div 100 = 0.6 \text{ HP}$

Especificaciones de la Bomba

Modelo	D-82	(Gráfico II)
Serie	400	(Gráfico II)
Ciclos	60	(Gráfico II)
HP/etapa)	0.6	(Gráfico II)
Longitud	39.4 piés	(Tabla I)
Peso	1347 lbs.	(Tabla I)

2.- Diseño del Motor

Potencia = $N^{\circ} \text{ etapas} \times \text{HP por etapa} \times \text{gravedad específica del aceite}$

$$\text{Potencia} = 188 \times 0.6 \times 0.91 = 103 \text{ HP}$$

Especificaciones del motor

Serie	456	
Potencia	110 HP	(Tabla II)
Voltaje	1240 Volts	(Tabla I)
Amperaje	57 amp.	(Tabla II)
Longitud	29.4 piés	(Tabla III)
Peso	1325 lbs.	(Tabla III)

3.- Especificaciones del Protector

Considerando la serie de la bomba 450 y de acuerdo a la tabla IV se obtiene:

Tipo	53
Longitud	4.5 piés
Peso	114 lbs.

4.- Especificaciones del cable

La selección del cable de bajada apropiado está relacionado con las características del pozo (temperatura, corrosividad, espacio libre, etc.) Con este fin y considerando que el amperaje es de 57 Amp. se ha determinado:

Diámetro	# 4	(Gráfico III)
Tipo	"Redalead" paralelo 3.0 kv.	(Tabla V)
Peso	1.69 lbs/pié	(Tabla V)
Longitud	4100 piés (100 piés más que la profundidad de la bomba)	

Caída de tensión = En el Gráfico III con el amperaje del motor 57A vs. el diámetro del ca-

ble, se obtiene:

$$30\text{v}/1000 \text{ piés} = 4100' \times \frac{30 \text{ v.}}{1000'} = 125 \text{ voltios a } 86^\circ\text{F}$$

Para 180°F que es la temperatura aproximada a 4000' se corrige mediante un factor de corrección obtenido del Gráfico IV

$$\text{Factor de corrección} = 1.2$$

$$\text{Caída de tensión} = 125 \times 1.2 = 150 \text{ voltios}$$

5.- Especificaciones del panel de control

Considerando que se requiere un motor de 110 HP (Voltaje 1240) y de acuerdo a la tabla VI, las características del panel de control son:

Tipo	64A
Clase	100-MDFH
Tamaño	3
Máxima potencia	150 HP
Peso	770 lbs.
Dimensiones	76"x27 1/2"x 20"

A N E X O I I I

DISEÑO DE EQUIPO DE BOMBEO ELECTRICO

DIAMETRO 7"

Pozo	15XCD-Corrientes
Diámetro de forros	7"
Tubería de producción	3 1/2"00(3"ID)
Producción	2500 BFPD
Profundidad de la bomba	4000 piés
Presión en la cabeza	280 psi
Gravedad específica del fluido	1.07
Gravedad específica del aceite	0.91(24.8"API)
Gradiente del fluido	0.4632 psi/pié
Presión estática en el fondo(SBHP)	3455 psi a 9800 piés
Profundidad al plano de referencia	9800 piés

1.- Diseño de la bomba

$$N^{\circ} \text{ Etapas} = \frac{\text{Columna Hidrostática Total (CHT)}}{\text{Columna Desarrollada por Etapa (CDE)}}$$

CHT = Altura de levantamiento + Périda por fricción +
+ Presión de descarga

a) Altura de levantamiento = 2341 piés

b) Péridas por fricción: del Gráfico I tenemos que
para una producción de 2500 BFPD y un diámetro in-
terno de tubería de 3" tenemos una pérdida por
fricción de 16/1000 piés

$$\frac{16 \times 4000}{1000} = 64 \text{ piés}$$

c) Presión de descarga = 604 piés

• CHT = 2341 + 64 + 604 = 3009 piés

CDE: Del Gráfico V, para 2500 BFPD vs. capacidad de cabeza hidrostática, tenemos una columna desarrollada de 3700 piés por 100 etapas, o sea 37 piés/etapa

CDE = 37 piés

$$N^{\circ} \text{ Etapas} = \frac{3009}{37} = 82$$

HP por etapa: Del mismo Gráfico G-62E para una producción de 2500 BFPD se obtiene $105 \div 100 = 1.05$ HP

Especificaciones de la bomba

Modelo	G-62E	(Gráfico V)
Serie	540	(Gráfico V)
Ciclos	60	(Gráfico V)
HP/etapa	1.05	(Gráfico V)
Longitud	13.2 piés	(Tabla VII)
Peso	498 lbs.	(Tabla VII)

2.- Diseño del motor

Potencia = $N^{\circ} \text{ Etapas} \times \text{HP por etapa} \times \text{gravedad específica del aceite}$

$$\text{Potencia} = 82 \times 1.05 \times 0.91 = 78 \text{ HP}$$

Especificaciones del motor

Serie	540(■)
Potencia	80 HP (Tabla II)
Voltaje	890 volts (Tabla II)
Amperaje	58 amp (Tabla II)
Longitud	14.5 piés (Tabla III)
Peso	862 lbs. (Tabla III)

(■) El costo de los motores varía en razón inversa a su diámetro. Así, los más chicos son más caros

3.- Especificaciones del Protector

Considerando la serie de la bomba 540 y de acuerdo a la Tabla IV se obtiene:

Tipo	53
Longitud	5.0 piés
Peso	171 lbs.

4.- Especificaciones del cable

Considerando que el amperaje es de 58 amp., tenemos que:

Diámetro	# 2	(Gráfico III)
Tipo	"Redalead"paralelo 3.0 Kv.	(Tabla V)
Peso	2.26 lbs/pié	(Tabla V)
Longitud	4100 piés	

Caída de tensión = $20\text{v}/1000 \text{ piés} \times 4100' = 82 \text{ vol}$
tios a 86°F
= $82 \times \text{Factor de corrección } (180^{\circ}\text{F})$
= $82 \times 1.2 = 98 \text{ volts.}$

5.- Especificaciones del panel de control

Considerando que se requiere un motor de 80 HP (voltage 890) y de acuerdo a la Tabla VI, las características del panel de control son:

Tipo	64A
Clase	100-MDFH
Tamaño	3
Máxima potencia	150 HP
Peso	770 lbs.
Dimensiones	76" x 27 1/2" x 20"

A N E X O I V

RESUMEN DEL DISEÑO DE BOMBAS ELECTRICAS - AREA CORRIENTES

<u>POZOS</u>	<u>15XCD</u>	<u>28XCD</u>	<u>31XCD</u>	<u>12XC</u>	<u>16XCD</u>
Producción (BPD)	2500	2500	2500	3000	3000
Diámetro de forros	7"	7"	7"	5 1/2"	5 1/2"
Diámetro de tubería de producción	3 1/2"	3 1/2"	3 1/2"	2 7/8"	2 7/8"
<u>BOMBA</u>					
Modelo	G-62E	G-62E	G-62E	D-82	D-82
Serie	540	540	540	400	400
Ciclos	60	60	60	60	60
N° de etapas	82	82	82	188	188
<u>MOTOR</u>					
Serie	540	540	540	456	456
Potencia (HP)	80	80	80	110	110
Voltaje	890	890	890	1240	1240
Amperaje	58	58	58	57	57
<u>PROTECTOR</u>					
Tipo	53	53	53	53	53
<u>CABLE</u>					
Diámetro	#4	#4	#4	#4	#4
Tipo "Redalead" paralelo Kv	3	3	3	3	3
<u>PANEL DE CONTROL</u>					
Tipo	64A	64A	64A	64A	64A
Clase	100-MDFH	100-MDFH	100-MDFH	100-MDFH	100-MDFH
Tamaño	3	3	3	3	3
Máxima potencia (HP)	150	150	150	150	150

A N E X O V

COSTOS DE EQUIPO DE SUPERFICIE PARA ALTERNATIVAS
DE UBICACION EN 5 POZOS (M S/.)

<u>EQUIPO</u>	<u>ALTERNATIVA "A"</u>		<u>ALTERNATIVA "B"</u>
	<u>BATERIA I</u>	<u>POZOS</u>	<u>BATERIA I</u>
- Generadores	-	6,000	7,500
-Tanques de almacenamiento de diesel	300	350	350
-Bomba de transferencia de diesel	500	-	100
-Línea de flujo de 2"Ø	-	2,000	15
-Cable conductor de corriente	-	50	1,900
-Accesorios	400	1,400	1,635
	<u>1,200</u>	<u>9,800</u>	<u>11,500</u>
 COSTO TOTAL		<u>11,000</u>	<u>11,500</u>

A N E X O V I

INVERSION POR INSTALACION DE BOMBEO ELECTRICO (M S/.)

<u>POZOS</u>	<u>15XCD</u>	<u>28XCD</u>	<u>31XCD</u>	<u>12X</u>	<u>16XCD</u>
<u>EQUIPO DE SUBSUELO</u>					
Bomba	344	344	344	785	785
Motor	710	710	710	1280	1280
Protector	75	75	75	63	63
Cable	1558	1558	1558	1189	1189
Otros	280	280	280	280	280
<u>EQUIPO DE SUPERFICIE</u>					
Panel de Control	243	243	243	243	243
Transformador	335	335	335	335	335
Labor e instalación (estimado)	105	105	105	105	105
CGSTO TOTAL	3650	3650	3650	4280	4280
<u>INVERSION</u>	<u>₡ 19'510</u>				

A N E X O | V I I
ECONOMIA DEL PROYECTO | DE INSTALACION DE
BOMBEO | ELECTRICO
(MM | S/.)

<u>AÑO</u>	<u>BPO</u>	<u>INVERSION</u>	<u>INGRESOS</u>	<u>COSTOS DE OPERACION</u>	<u>DEPRECIACION</u>	<u>INGRESOS ANTES IMPUESTOS</u>	<u>INGRESOS DESPUES IMPUESTOS</u>	<u>FLUJO DE EFECTIVO</u>
0		(31.0)						(31.0)
1	13,500		3,202.9	4.0	3.1	3,195.8	1,597.9	1,601.0
2	11,500		2,728.4	4.0	3.1	2,721.3	1,360.6	1,363.7
3	10,200		2,420.0	4.0	3.1	2,412.9	1,206.4	1,209.5
4	9,200		2,182.7	4.0	3.1	2,175.6	1,087.8	1,090.9
5	8,300		1,969.2	4.0	3.1	1,962.1	981.0	984.1
6	7,600		1,803.1	4.0	3.1	1,796.0	898.0	901.1
7	6,800		1,613.3	4.0	3.1	1,606.2	803.1	806.2
8	6,100		1,447.2	4.0	3.1	1,440.1	720.0	723.1
9	5,500		1,304.9	4.0	3.1	1,297.8	648.9	652.0
10	5,000		1,186.2	4.0	3.1	1,179.1	589.5	592.6

(Indice de Rentabilidad : Mayor del 500%)

LINEAMIENTOS ECONOMICOS

Inversión : 31.0 MM S/.
Ingresos : Producción x Precio del barril de crudo
Producción : De acuerdo a declinación (Fig.8)
Precio crudo : 650 S/.barril
Depreciación : 10 años
Impuestos : 50%

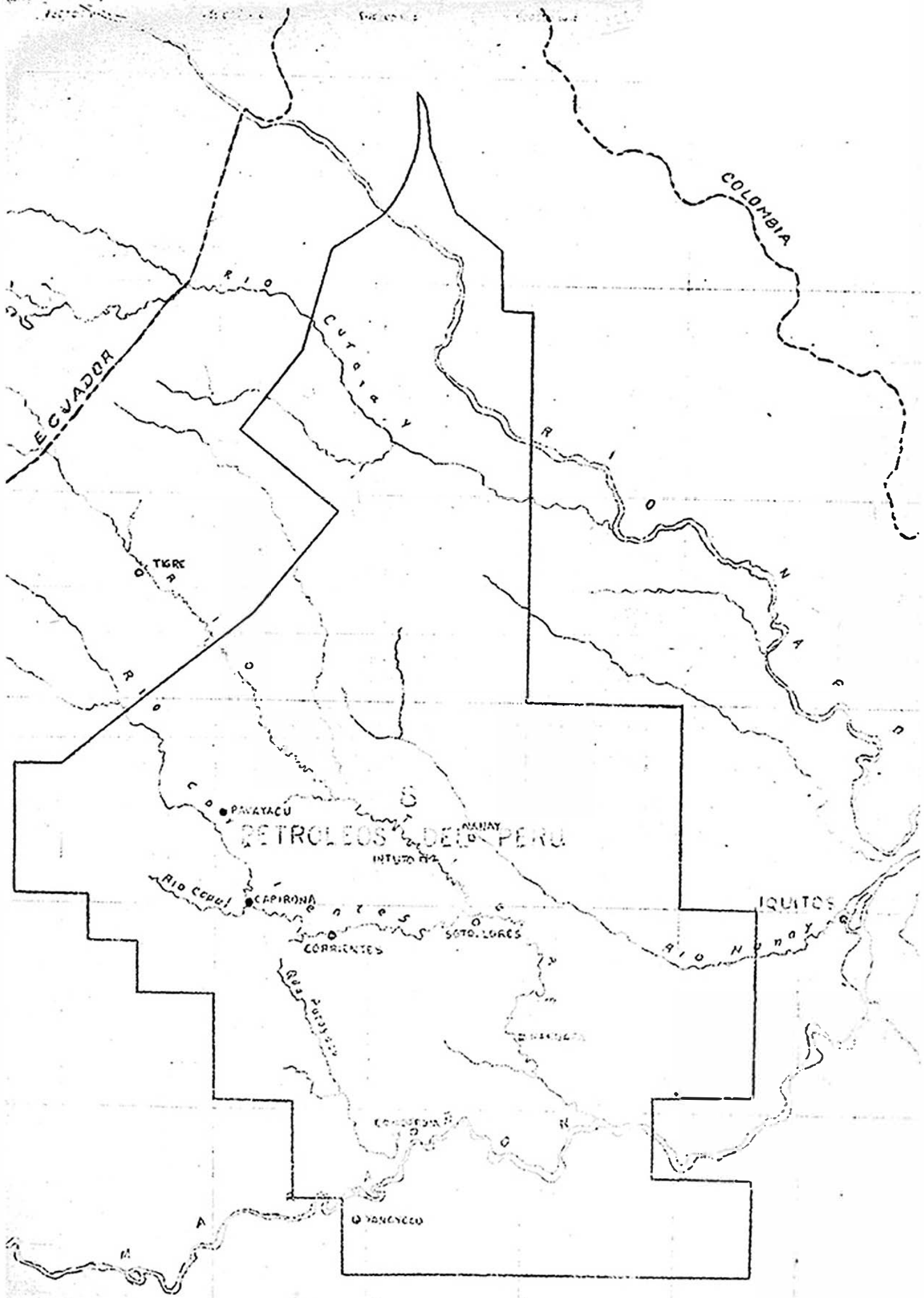
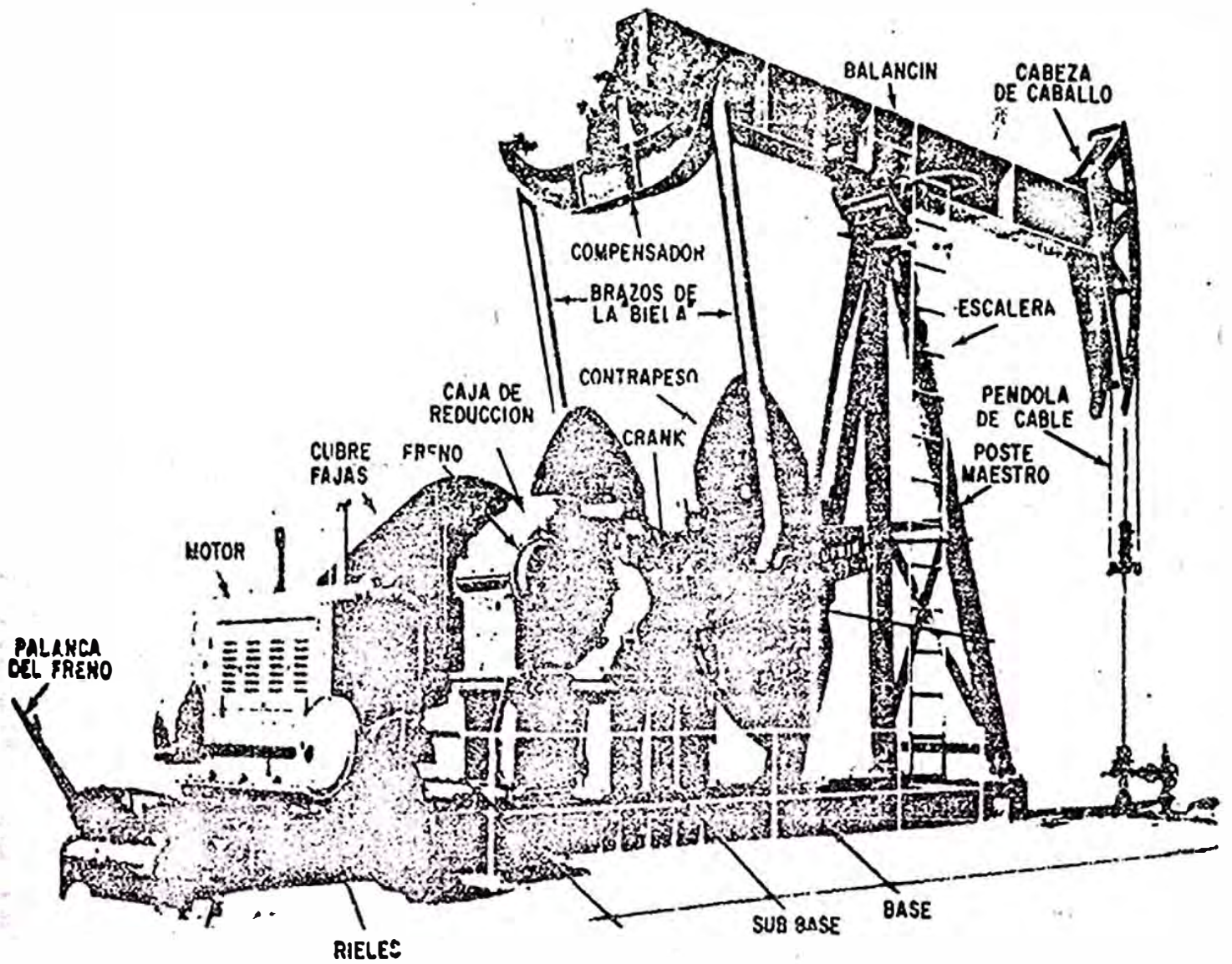


FIGURA 1



UNIDAD DE BOMBEO

FIGURA 2

TIPO DE INSTALACIONES DE GAS LIFT

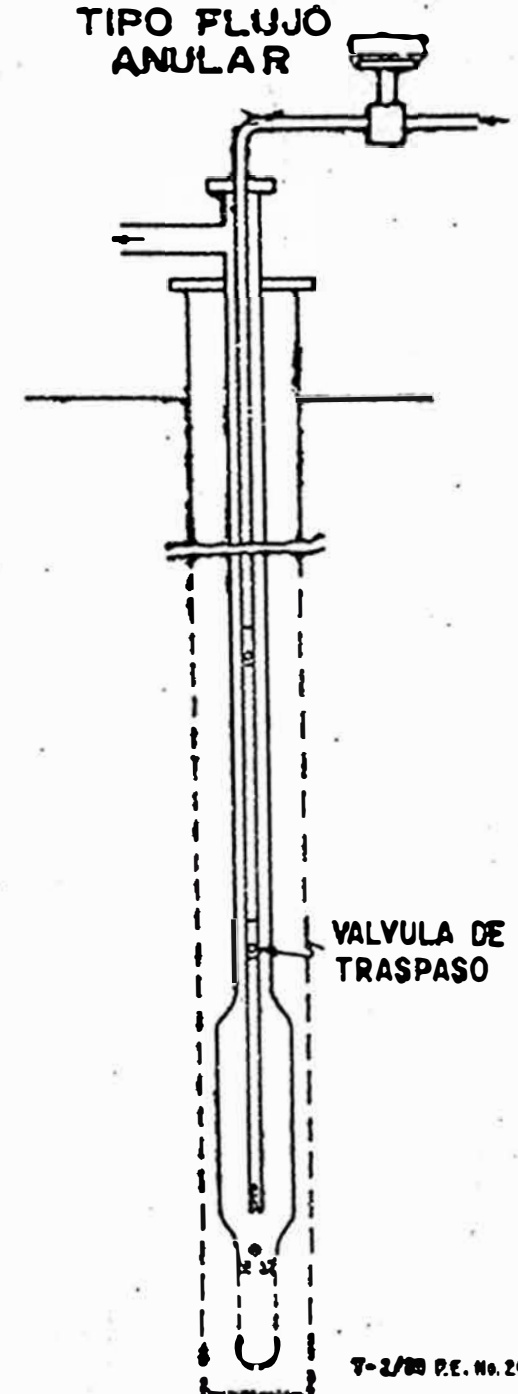
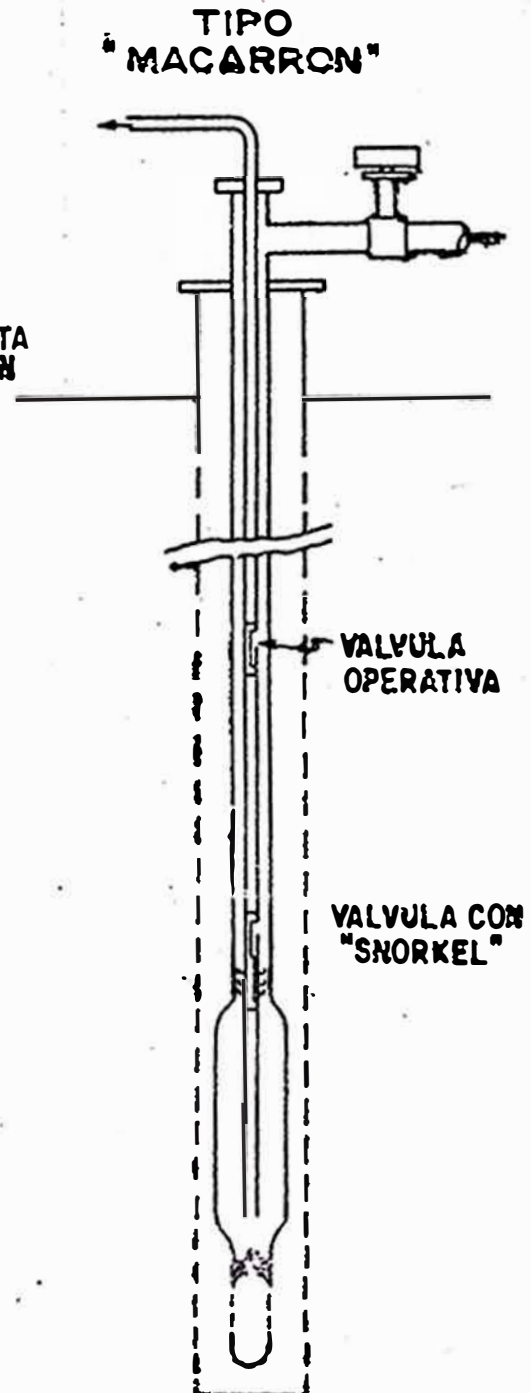
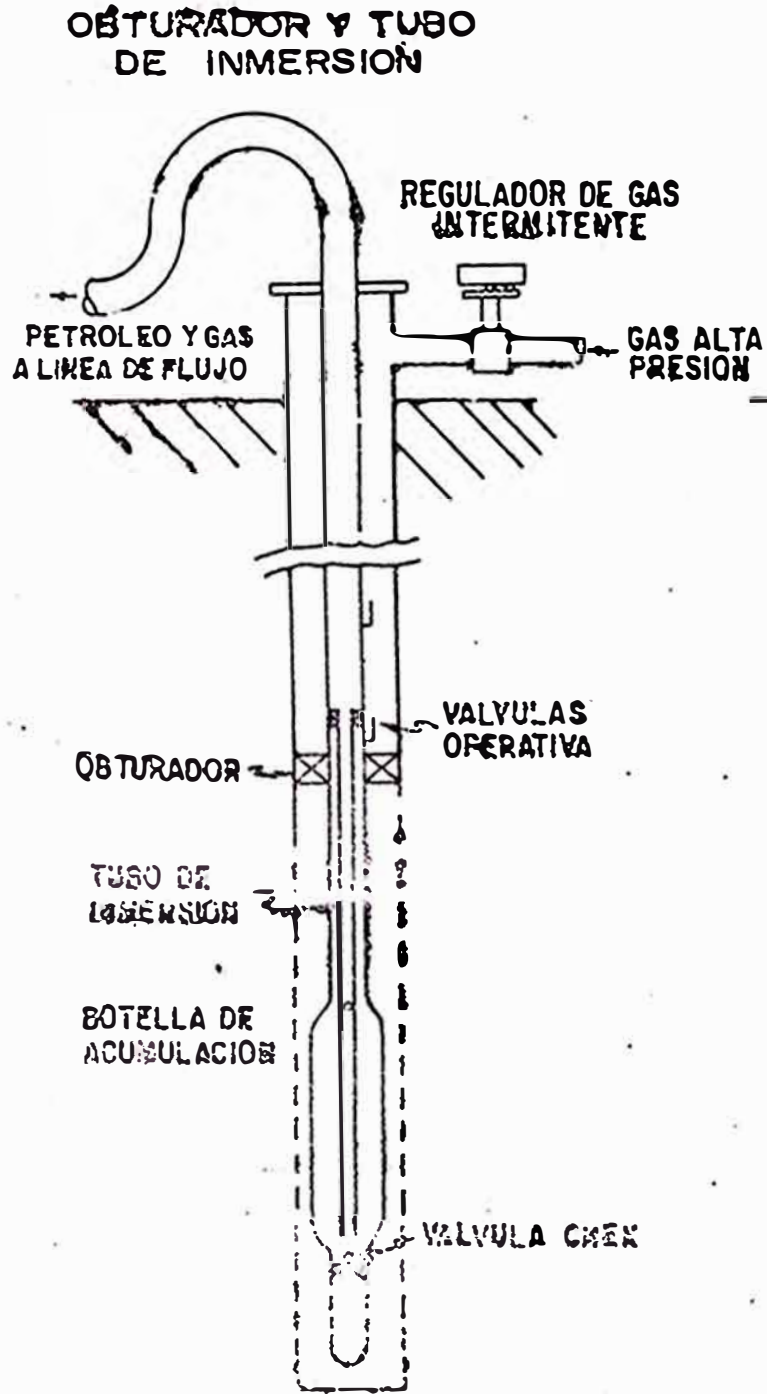
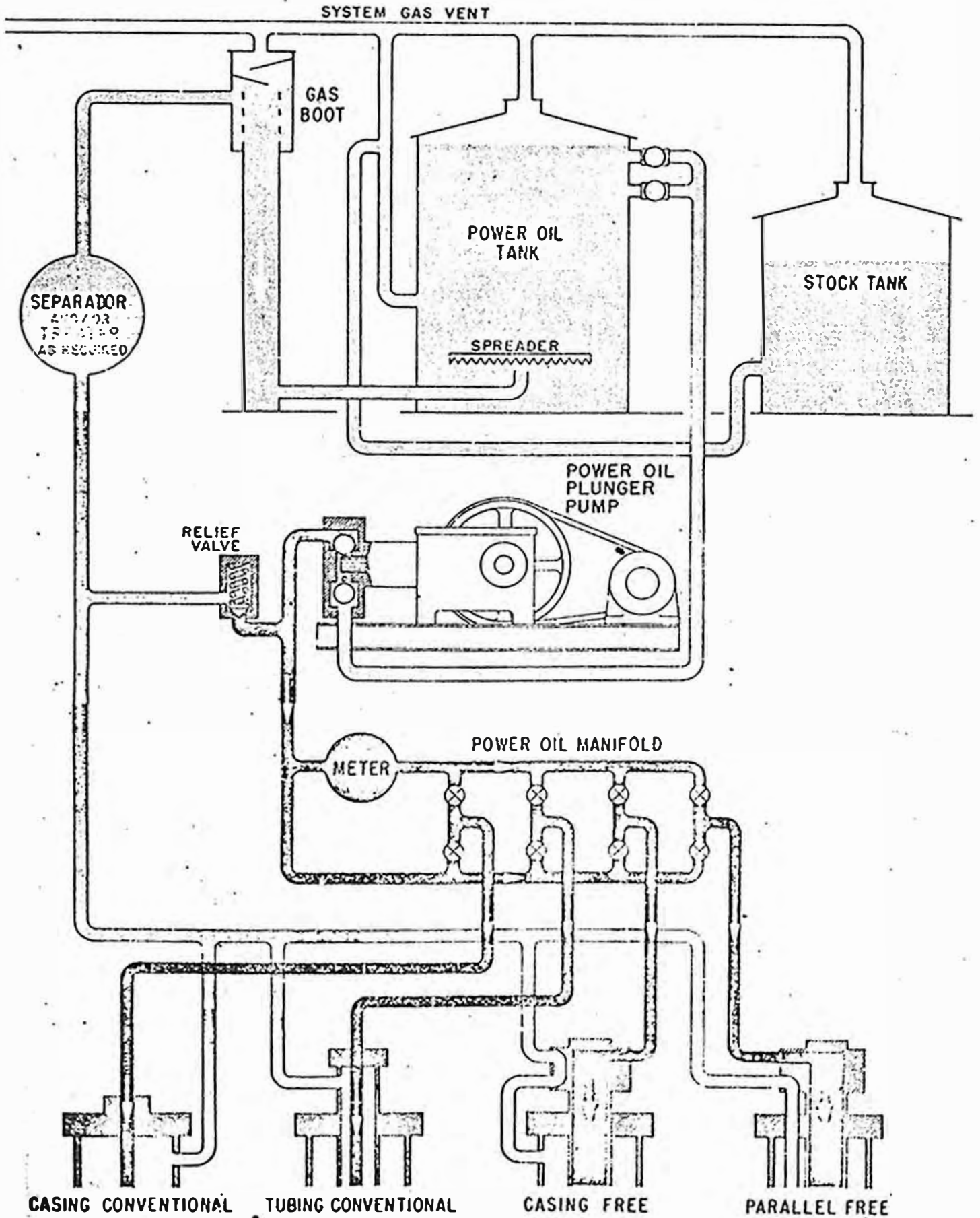
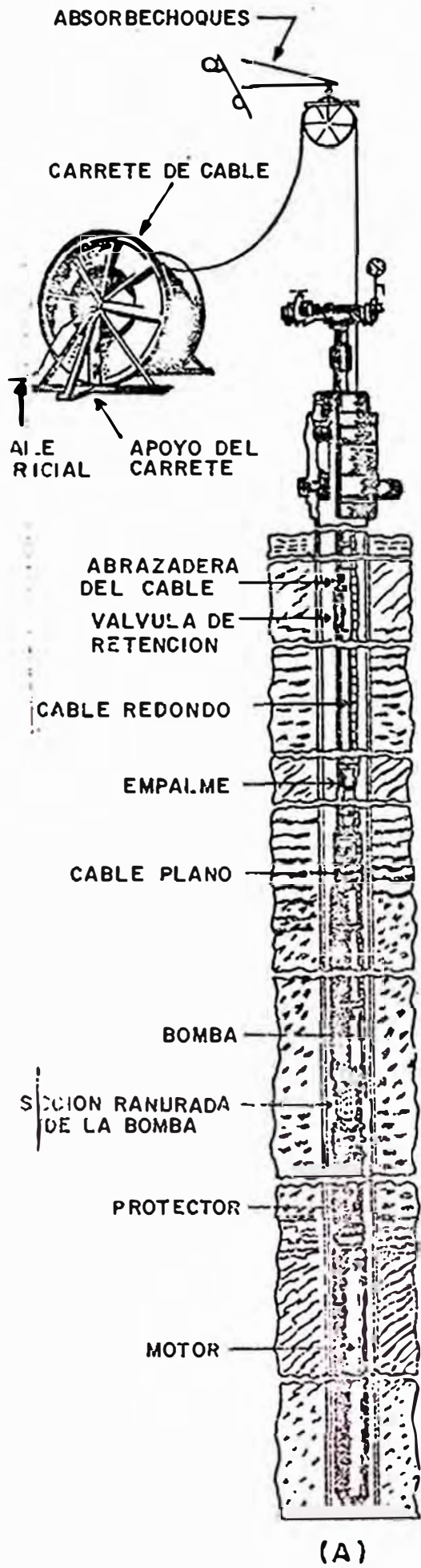


FIGURA 3

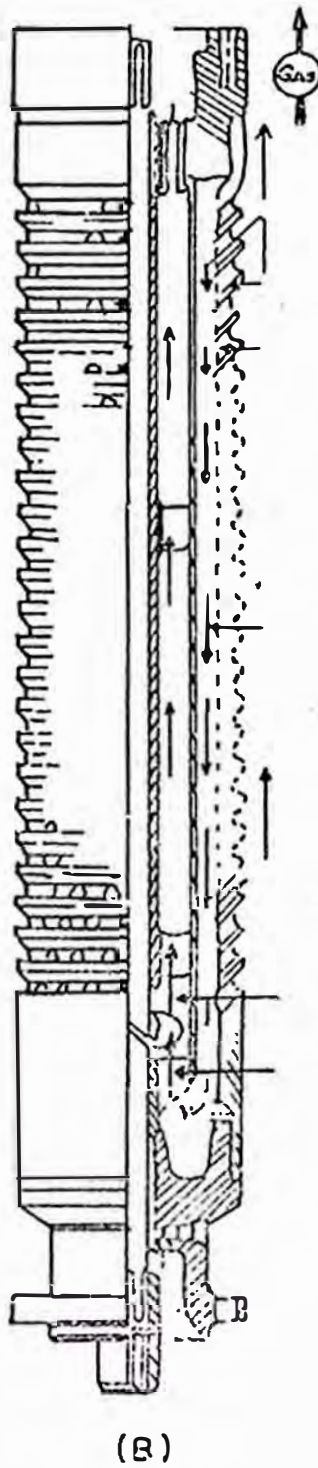
FIGURA 4



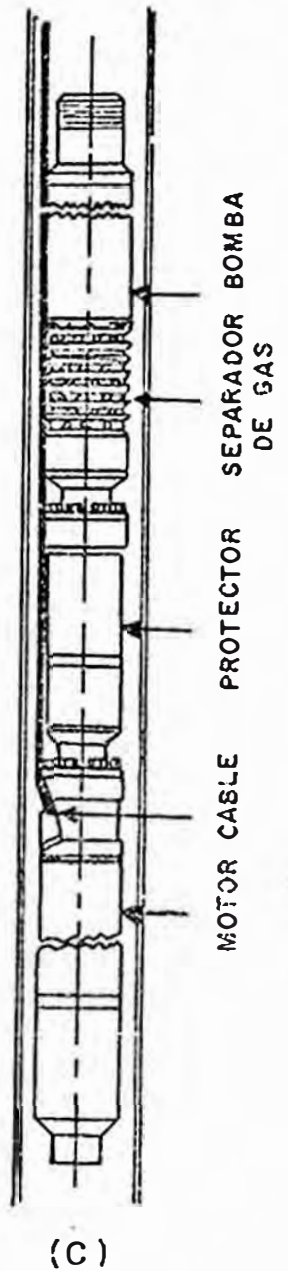
COMO SON LAS BOMBAS ELECTRICAS SUMERGIBLES



SEPARADOR DE GAS



COMPONENTES



(A)

(B)

(C)

FIGURA 5

FIGURA 6

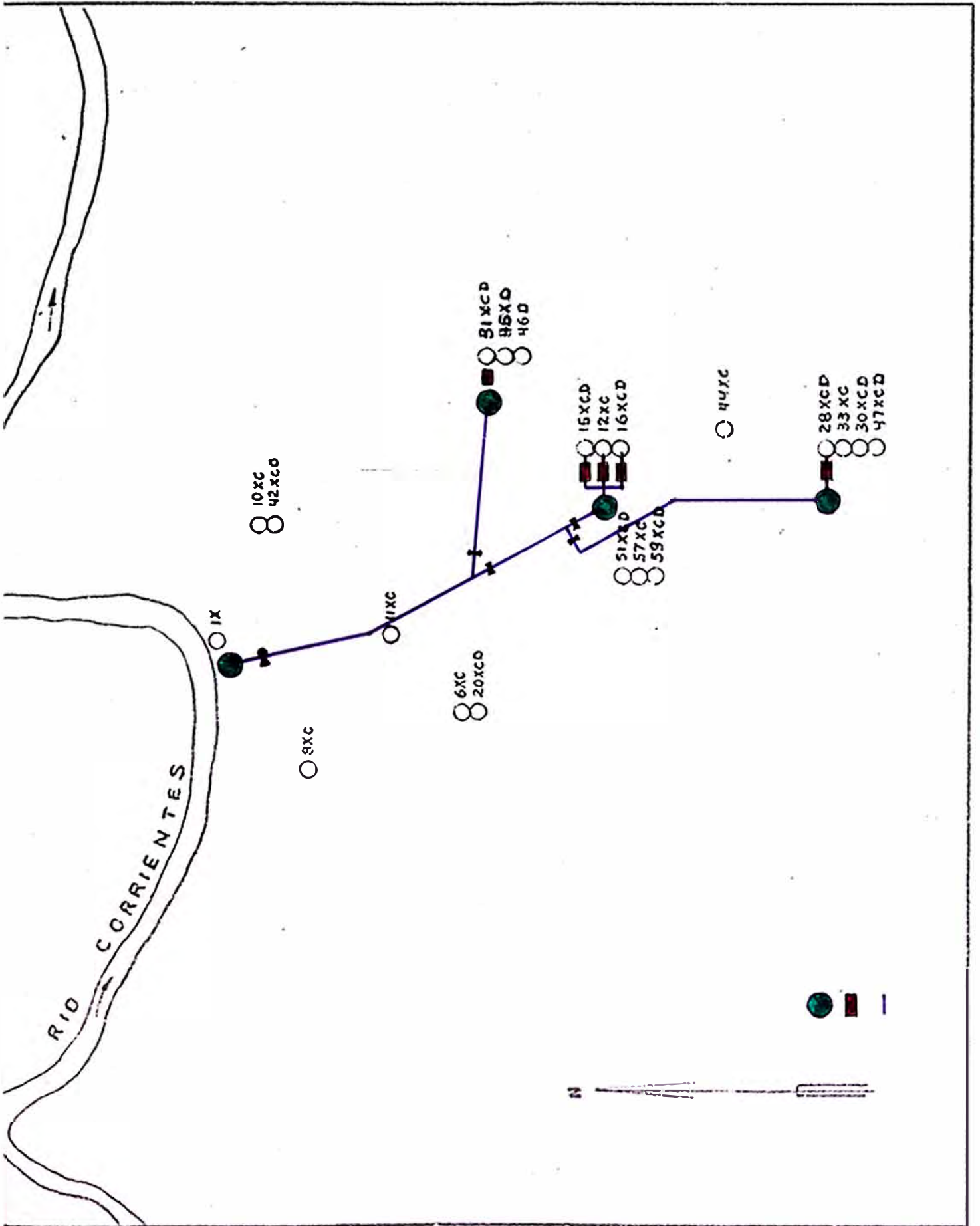


FIGURA 7

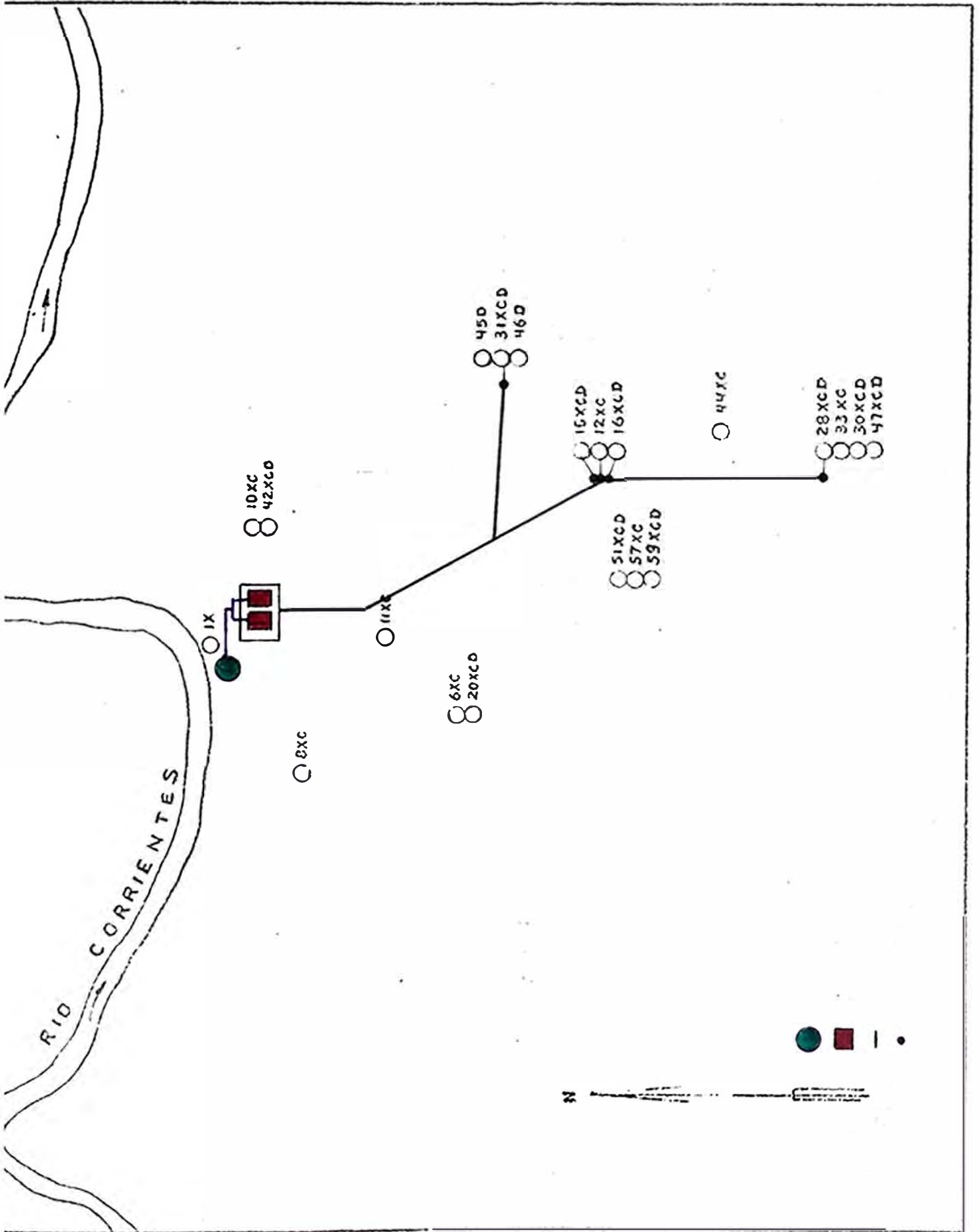


FIGURA 8

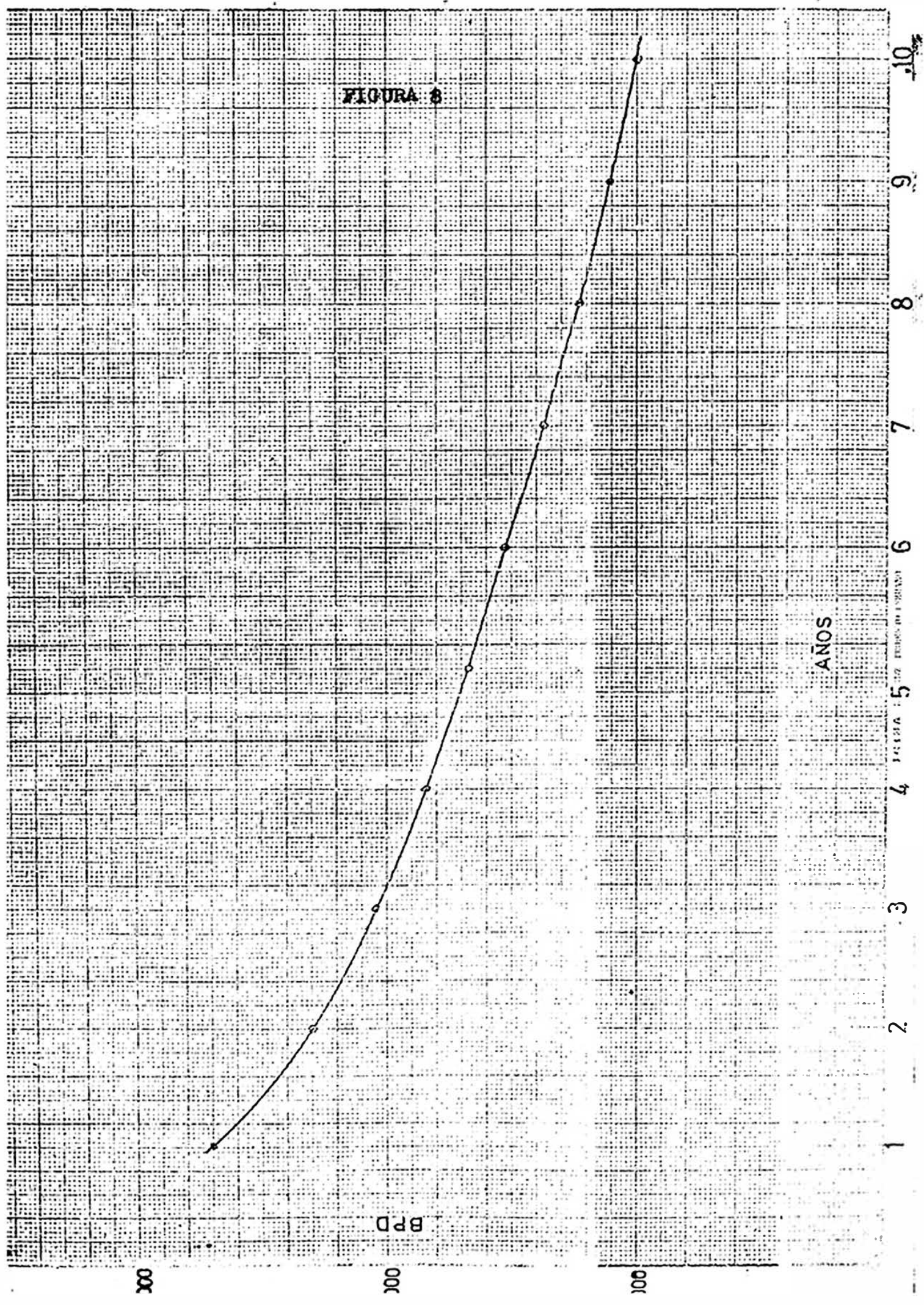
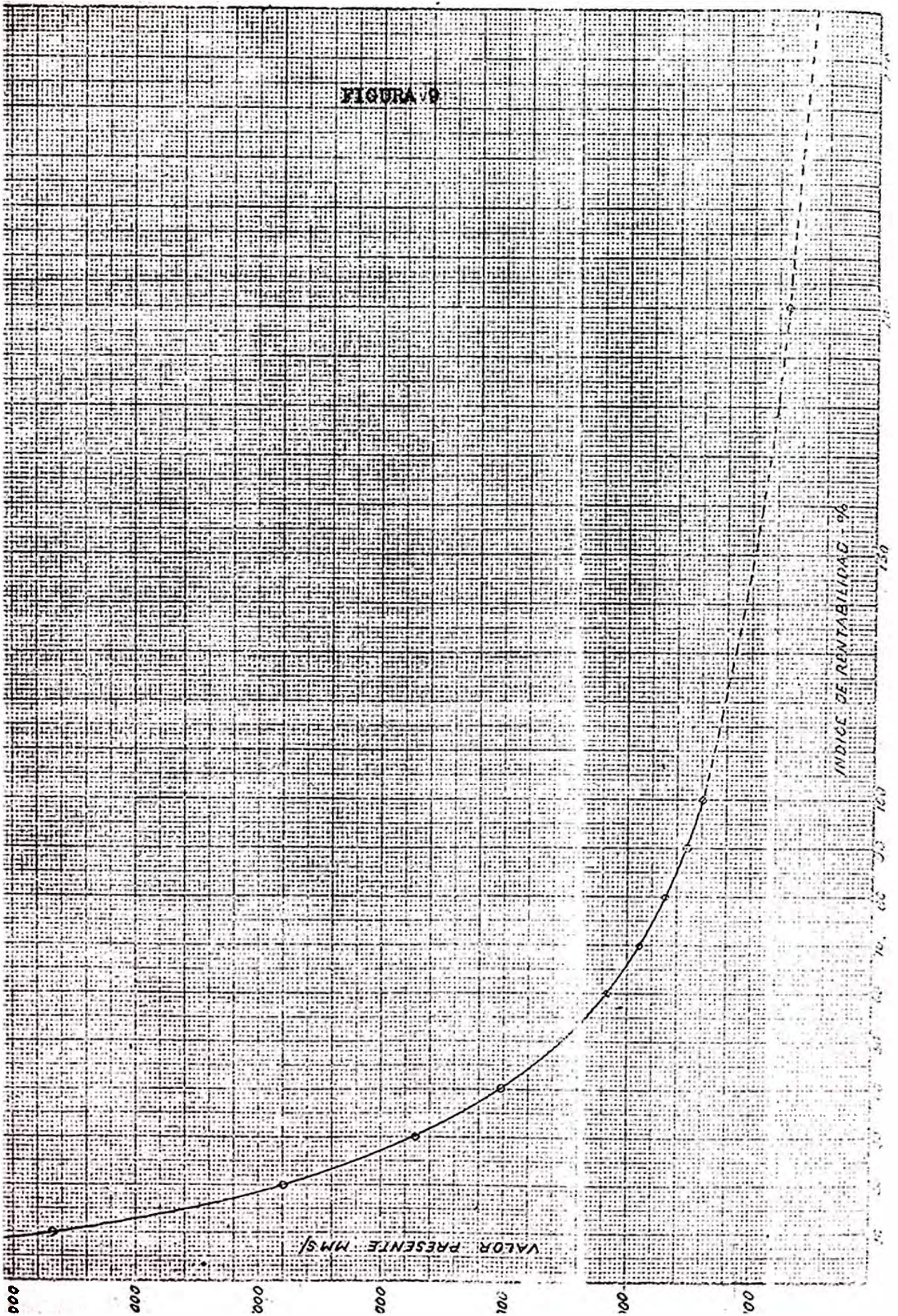


FIGURA 9



PERDIDA POR FRICCION - TUBERIA NUEVA

BASED ON WILLIAM & HAZEN TABLE
FOR SCHEDULE 40 NEW PIPE

FRICION
LOSS PER
1000 FT

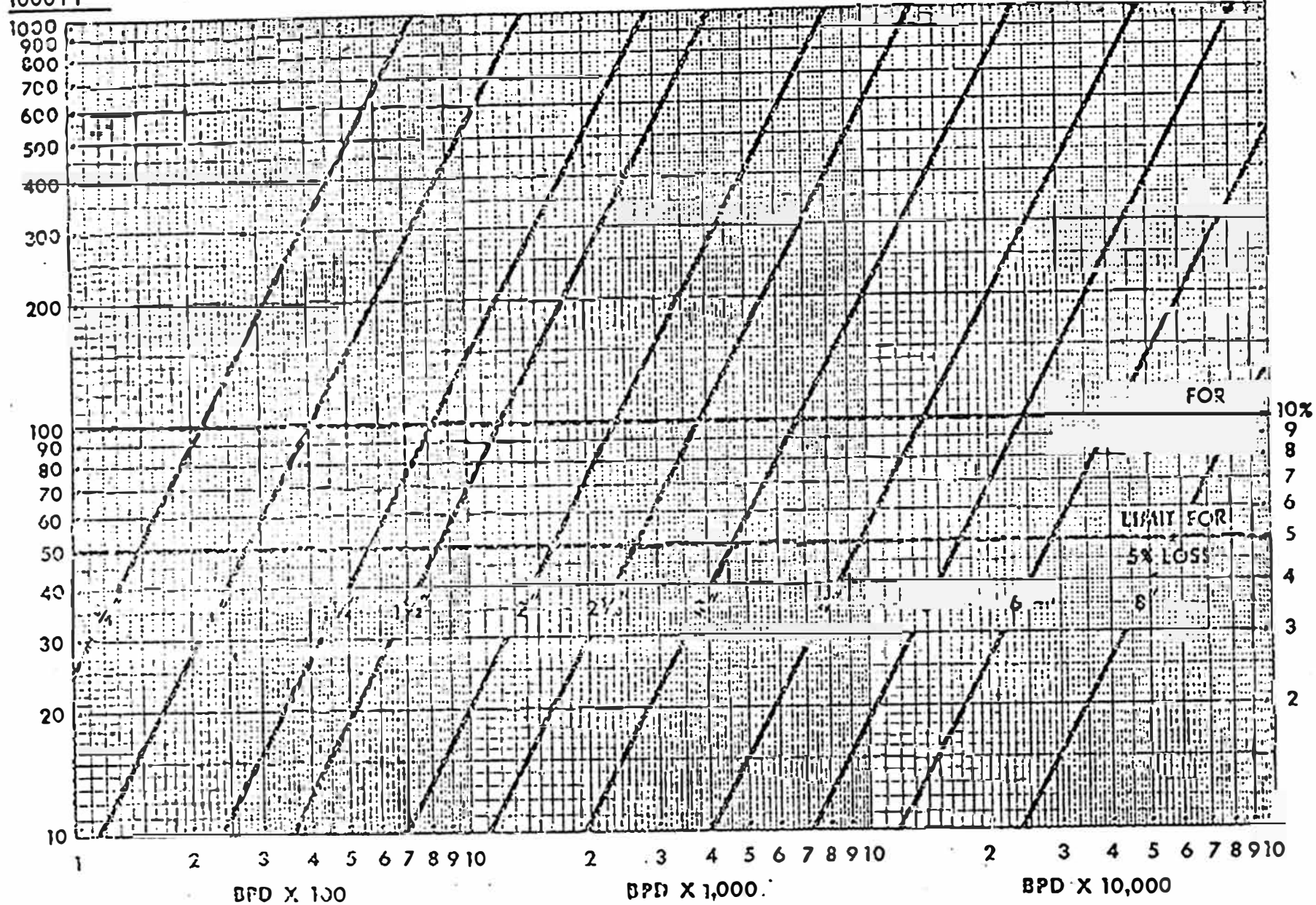
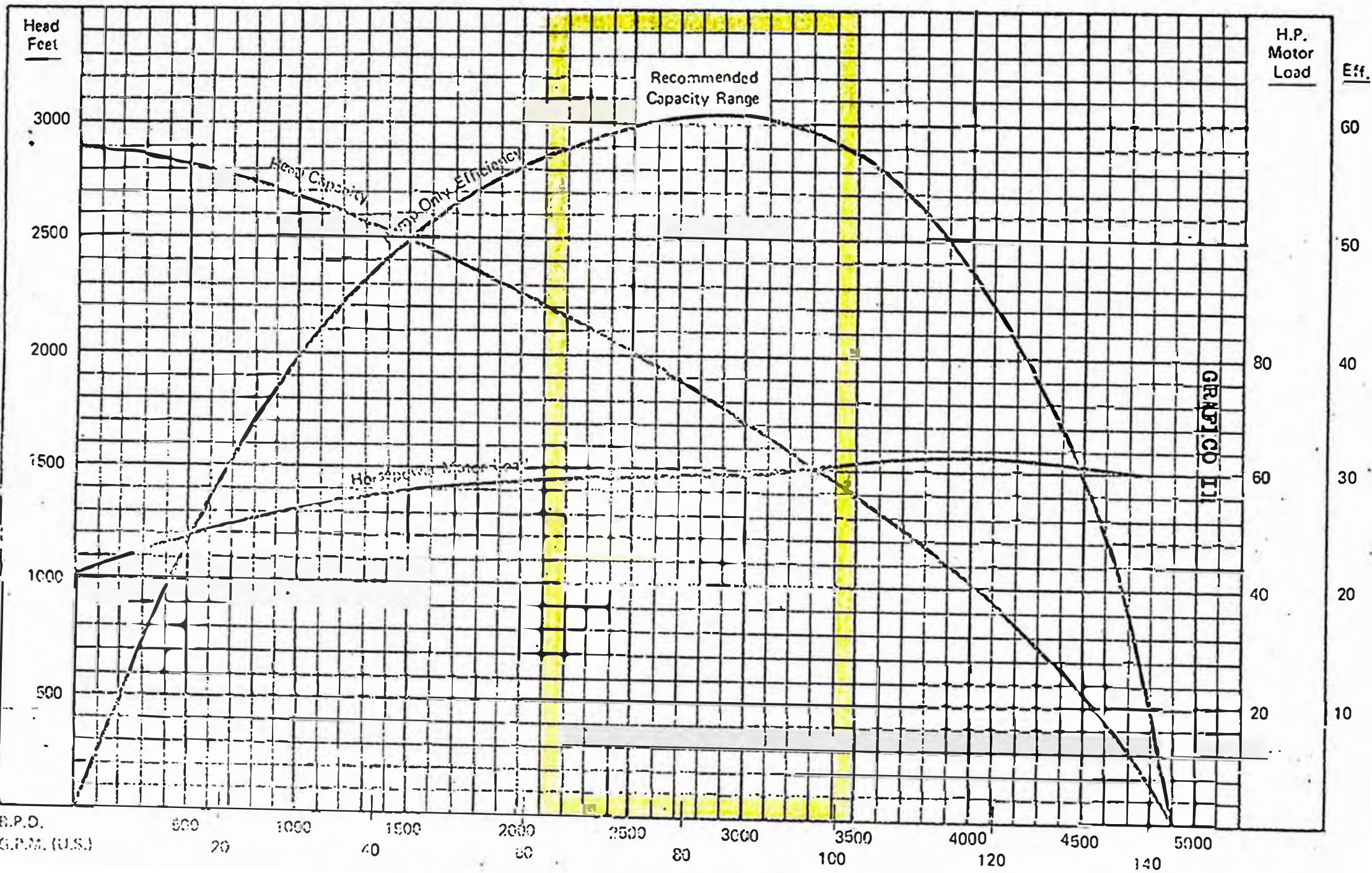
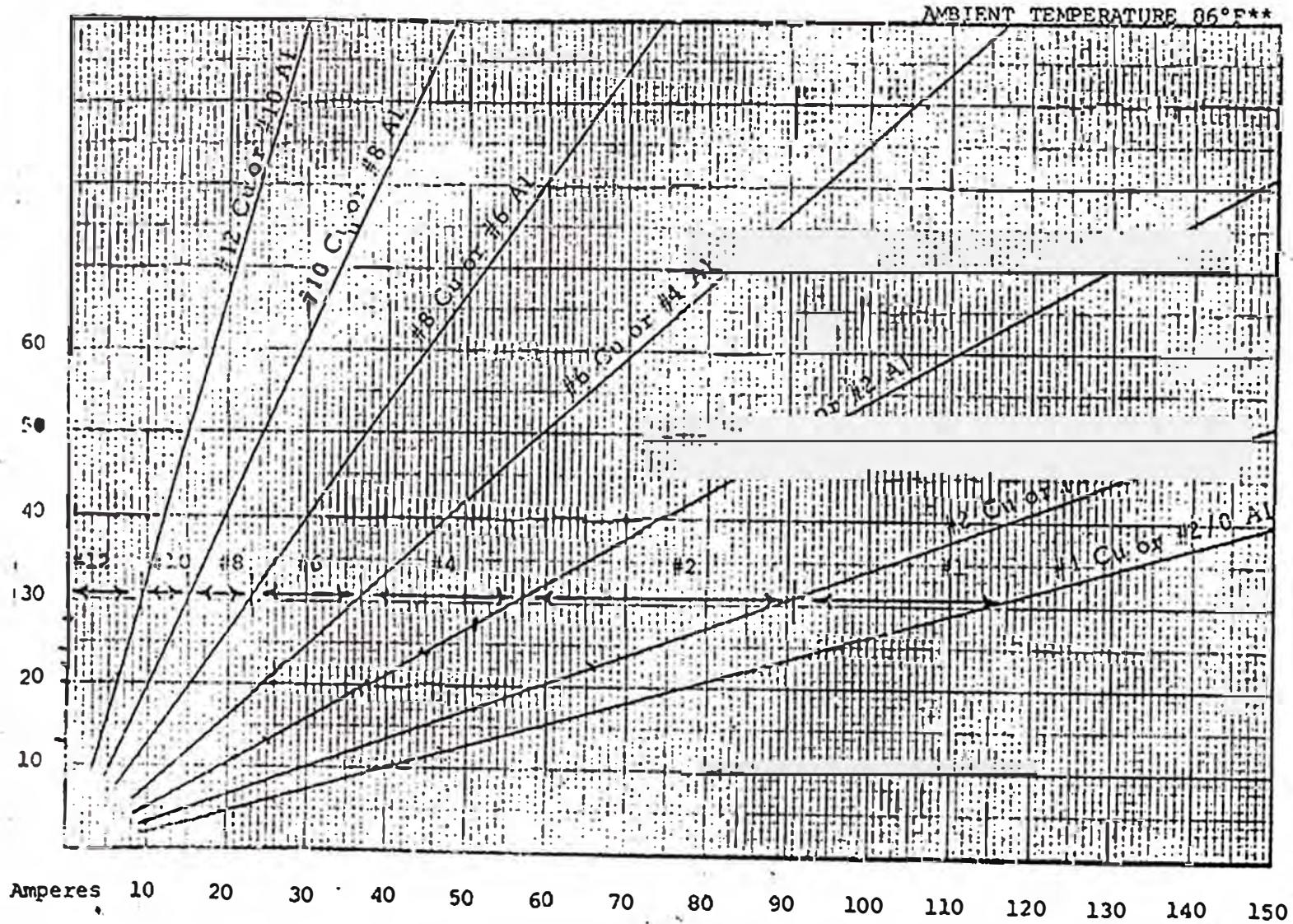


GRAFICO I

100 Stage - D-82 - 60 Cycle
400 Series - 3450 R.P.M.



Caída de Tensión por 1,000 Pies (volts)

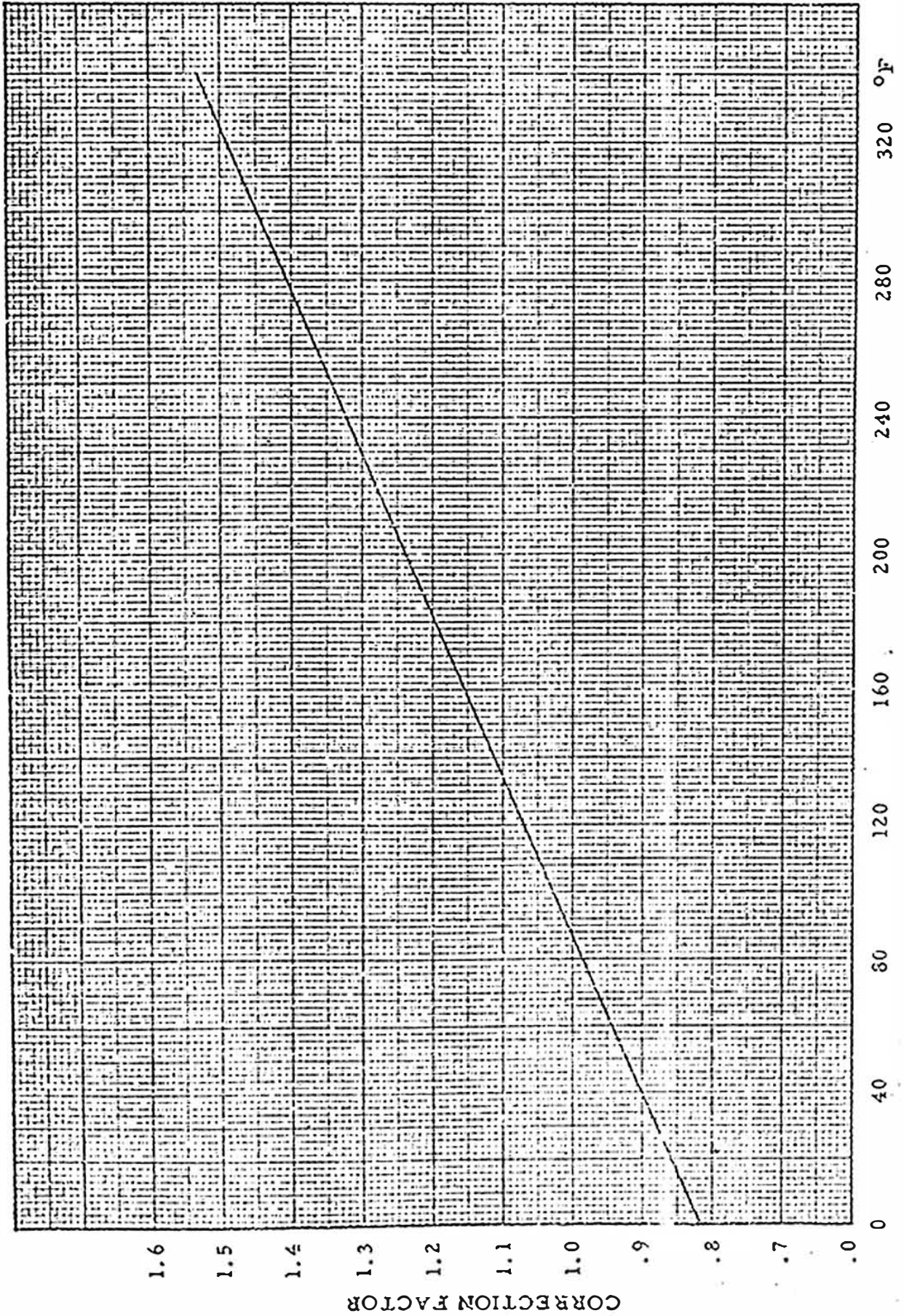


** Para Temperaturas diferentes a la Ambiente, multiplicar la Caída de Voltaje mostrada arriba por un factor de Corrección.

GRAFICO III

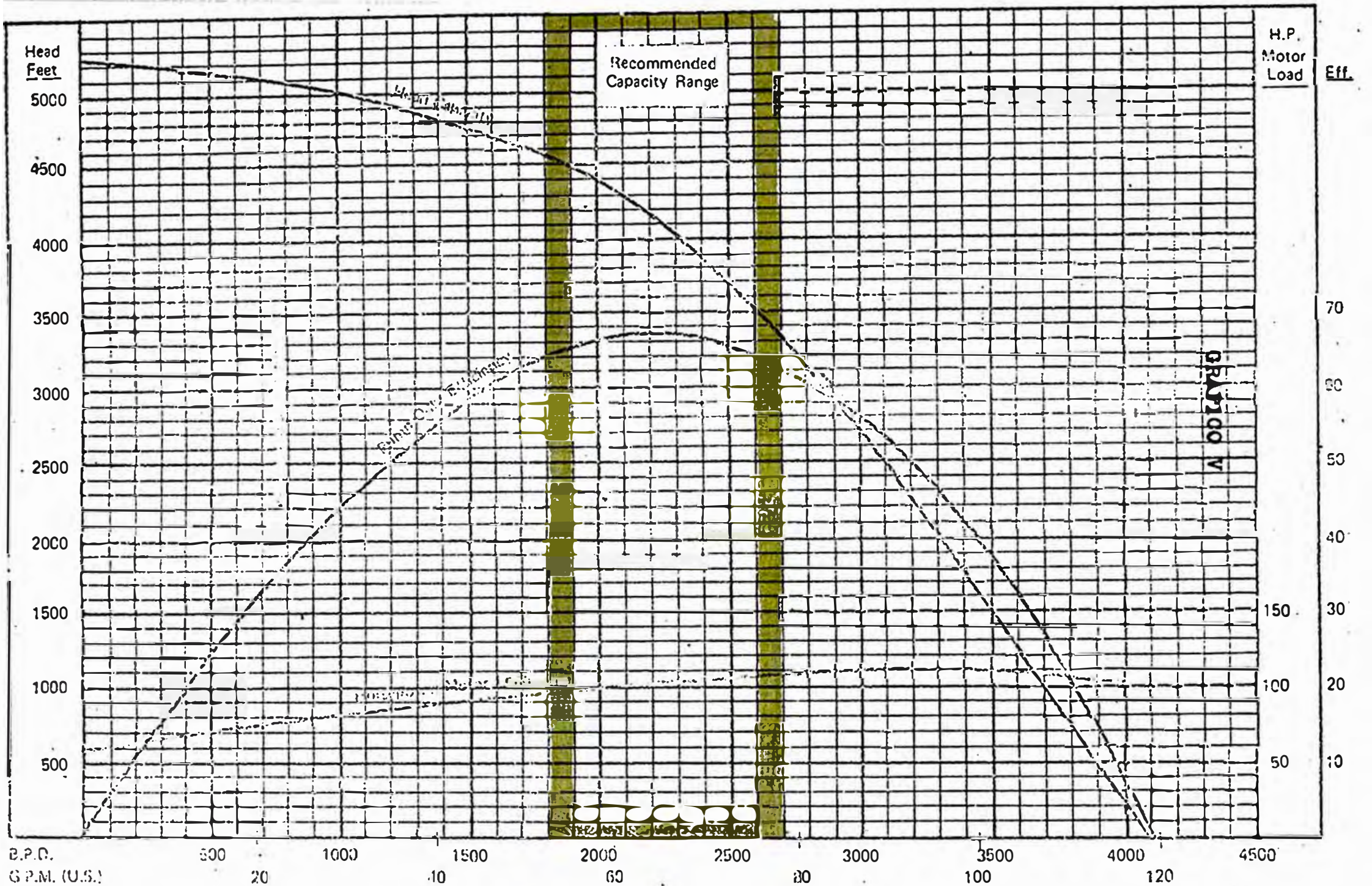
GRAFICO IV

FACTOR DE CORRECCION - CAIDA DE VOLTAJE



Temperatura de Operación del Cable

100 Stage - G62E - 60 Cycle
540 Series - 3450 R.P.M.



BOMBAS SERIE 400

MAX Stages			
Type D82	Length (Feet)	Weight (Pounds)	Price
6	3.6	98	\$ 773
14	5.0	135	1032
22	6.4	170	1293
29	7.8	220	1558
37	9.2	262	1824
43	10.7	325	2083
51	12.1	359	2343
58	13.4	410	2608
66	14.8	462	2880
73	16.2	513	3133
81	17.7	564	3393
88	19.1	618	3659
96	20.5	672	4178
103	21.9	718	4444
111	23.3	770	4703
117	25.4	820	4960
125	26.8	875	5220
133	28.2	926	5495
140	29.7	983	5754
148	31.1	1031	6020
155	32.4	1083	6270
163	33.8	1136	6545
170	35.1	1188	6804
177	36.7	1241	7070
184	38.0	1294	7580
192	39.4	1347	7840
199	40.8	1400	8114
207	42.2	1453	8374
214	43.7	1506	8634
222	45.1	1559	8900
229	47.2	1657	9117
236	48.7	1710	9423
244	50.0	1763	9654

MAX Stages			
Type D82	Length (Feet)	Weight (Pounds)	Price
251	51.4	1816	9950
259	52.8	1869	10219
265	54.2	1922	10485
273	55.7	1975	10745
280	57.1	2028	11004
288	58.5	2081	11260
295	59.9	2134	11519
303	61.3	2187	11775
310	62.7	2240	12035
318	64.1	2293	12291
325	65.5	2346	12550
333	66.9	2399	12809
340	68.9	2452	13065
347	70.5	2505	13314
355	71.9	2558	13575
362	73.2	2611	13833
370	74.7	2664	14089
376	76.1	2717	14346
384	77.5	2770	14600
391	78.9	2823	14854
399	80.2	2876	15110
406	81.7	2929	15369
414	83.2	2982	15625
421	84.7	3035	15881
429	86.1	3088	16137
436	87.5	3141	16393
444	89.0	3194	16649
450	90.4	3247	16905
458	91.8	3300	17161
466	93.2	3353	17417
473	94.6	3406	17673
481	96.1	3459	17929
487	97.5	3512	18185
495	98.9	3565	18441

TABLA I

TABLE II

MOTORS
60 CYCLE

375 SERIES (3.75" OD)		
HP	Volts	AMP
7.5	415	13.5
10.5	400	20
	690	12
15	330	34
	415	27
19.5	415	35
	650	22.5
22.5	440	38.5
	750	22.5
25.5	650	29.5
	780	24.5
Tandem Motors		
30	630	35.5
39	575	51
	774	38
45	660	51.5
51	740	51
	1003	37
	1250	31
58.5	860	51
67.5	990	51.5
76.5	1116	51
90	1320	51.5
102	1480	51
112.5	1650	51.5
127.5	1850	51

456 SERIES (4.56" OD)		
HP	Volts	AMP
10	440	15
15	440	23
	750	14
20	460	28
	760	17
25	420	38
	700	22
30	440	43
	765	25
35	400	55
	690	32
	800	27.5
40	450	57
	675	38
	900	28.5
50	700	45.5
	840	38
	980	32.5
60	670	57
	775	50
	840	45
	1000	38
70	785	57
	980	45
	1170	38
80	900	57
	1120	45
	1350	38
90	1000	57
	1260	45
	1500	38
100	970	66
	1120	57
	1400	45
110	1080	65
	1240	57
	1000	77
120	1170	66
	1350	57
	2300	34
Tandem Motors		
140	1080	82.5
	2270	39
160	1270	80
	2160	47.5
180	2270	50
200	2140	59
220	2300	60
240	2250	70

540 SERIES (5.43" OD)		
HP	Volts	AMP
20	445	29
	762	17
30	445	44
	720	27.5
40	445	59
	670	39
	740	36
	890	30
50	430	75
	740	44
	920	33
60	445	87
	665	58
	755	52
	890	44
70	775	58
	880	51
	1035	44
80	685	76
	770	68
	890	58
	1185	44
100	740	85
	855	74
	960	66
	1100	58
	2200	29
120	770	98
	890	85
	1330	57
	2200	34
130	835	98
	965	84
150	965	97
	1150	75
	2150	43
160	1015	99
	875	107
	2230	45
180	1000	113
	2000	57
200	1160	105
	2200	53
225	1200	120
	2300	62.5
Tandem Motors		
240	2060	73
260	2250	67
300	2150	87
320	2230	88.5
360	1890	120
400	2200	115
480	2475	122
600	3300	115

738 SERIES (7.38" OD)		
HP	Volts	AMP
200	2300	53
220	1350	97
	2300	57
240	2300	64
250	2300	70
Tandem Motors		
400	2300	106
440	2300	114
480	2200	134
520	2300	140
600	3450	106
720	3300	134

MOTORES

*375 SERIES

Size (HP)		Length (Feet)	Weight (Pounds)	Price
50 CY	60 CY			
6.25	7.5	7.3	191	\$2524
8.75	10.5	9.2	254	3115
12.5	15	11.9	350	3635
16.25	19.5	14.8	446	3967
18.75	22.5	16.6	511	4244
21.25	25.5	18.4	570	4520
25	30	21.1	700	5361
32.5	39	26.5	900	6684
37.5	45	30.1	1040	7395
42.5	51	36.8	1140	8011
48.75	58.5	38.2	1370	10144
56.25	67.5	43.6	1610	11669
63.75	76.5	55.2	1710	13247
75	90	66.4	2044	15495
85	102	73.6	2280	17467
93.75	112.5	89.2	2478	19307
106.25	127.5	92.0	2850	21621

540 SERIES

Size (HP)		Length (Feet)	Weight (Pounds)	Price
50 CY	60 CY			
16.5	20	6.2	300	\$ 3291
25	30	7.6	390	3822
33.5	40	9.0	483	4238
41.5	50	10.4	575	5012
50	60	11.7	678	5838
58.5	70	13.1	770	6472
66.5	80	14.5	862	7100
83.5	100	17.2	1047	8224
100	120	19.9	1232	9570
108	130	21.3	1326	10161
125	150	24.0	1514	11436
133	160	25.4	1620	12067
150	180	28.3	1831	13319
167	200	30.9	2018	14672
187	225	30.9	2018	16036
200	240	36.5	2388	17364
215	260	39.3	2573	18719
250	300	44.9	2943	21415
286	320	47.4	3128	22762
300	360	53.2	3514	25465
334	400	58.9	3900	28167
400	480	73.9	4700	33448
500	600	86.4	5850	41538

456 SERIES

Size (HP)		Length (Feet)	Weight (Pounds)	Price
50 CY	60 CY			
8.5	10	5.1	200	\$3055
12.5	15	6.5	248	3539
16.5	20	7.8	305	4064
21	25	8.9	362	4582
25	30	10.1	422	5012
29.5	35	11.4	480	5400
33.5	40	12.5	537	5902
41.5	50	14.9	654	6955
50	60	17.3	660	7382
58.5	70	19.5	885	8728
66.5	80	21.8	994	9531
75	90	24.3	1096	10601
83.5	100	26.7	1202	11816
91.5	110	29.4	1325	12900
100	120	32.1	1450	14388
117	140	36.2	1690	15726
133	160	40.2	1900	17072
150	180	44.4	2150	18622
167	200	48.5	2390	20360
183	220	52.6	2670	22511
200	240	56.7	2920	24448

738 SERIES

Size (HP)		Length (Feet)	Weight (Pounds)	Price
50 CY	60 CY			
167	200	21.2	2525	\$33965
183	220	22.9	2725	36349
200	240	24.9	2925	39680
216	267	26.6	3125	4302
234	300	38.5	4400	57134
300	360	41.9	4750	60727
400	480	45.3	5100	64221
452	520	48.7	5450	68415
500	600	59.6	6275	76036
600	720	71.5	7975	94223

TABLA III

PROTECTORES

Series	Type	O. D.	Length Feet	Weight Lbs.	Price
325-375	52	3-1/4"	3.3	65	\$ 490
375	52	3-3/4"	3.5	80	439
400-450	52	4"	3.5	95	439
540	52	5-1/8"	3.5	150	520
325-375	53	3-1/4"	4.2	80	569
375	53	3-3/4"	4.4	100	628
400-450	53	4"	4.5	114	628
400-540	53	4"	5.3	129	706
450	53	4-1/2"	4.4	147	695
540	53	5-1/8"	5.0	171	742
738	53	6-5/8"	5.5	305	1050
738-540	53	6-5/8"	6.0	355	1152
325-375	66	3-1/4"	5.5	90	640
375	66	3-3/4"	5.9	110	703
400-450	66	4"	5.9	124	703
400-540	66	4"	6.7	139	781
450	66	4-1/2"	5.3	160	779
540	66	5-1/8"	6.3	190	833
738	66	6-5/8"	6.1	340	1178
738-540	66	6-5/8"	6.7	390	1283
375	68B(BI)	3-3/4"	4.5	110	703
375	69B(BI)	3-3/4"	8.8	160	845
450	68B(BI)	4-1/2"	4.5	160	779
540	68B(BI)	5-1/8"	4.7	190	833
738	68B(BI)	6-5/8"	4.9	340	1178

TABLE IV

CABLE

TYPE OF CABLE CONSTRUCTION	DIMENSIONS AND WEIGHTS OF VARIOUS CABLE SIZES (Cu COND)									
	NOMINAL DIMENSIONS (INCHES)					WEIGHT (LB/FT)				
	NO 1	NO 2	NO 4	NO 6	NO 8	NO 1	NO 2	NO 4	NO 6	NO 8
Round 1.5 KV Standard Armored Cable (Cu Conductor)	1.33	1.26	1.07	0.91		1.81	1.56	1.13	0.86	0.68
Round 3.0 KV "Redalene" Armored Cable (Cu Conductor)	1.39	1.31	1.12	0.96		1.88	1.62	1.15	0.79	
Round 3.0 KV "Redalene" Armored Cable (Al Conductor)	1.49 (NO 2/0)		1.17 (NO 2)			1.38 (NO 2/0)		0.97 (NO 2)		
Round 3.0 KV Polyethelene Cable (Al Conductor)	1.32 (NO 2/0)	1.22 (NO 1/0)	1.03 (NO 2)	0.98 (NO 4)	0.86 (NO 6)	0.96 (NO 2/0)	0.74 (NO 1/0)	0.52 (NO 2)	0.44 (NO 4)	0.33 (NO 6)
Parallel 3.0 KV "Redalene" Armored Cable (Cu Conductor)	0.70 x 1.90	0.66 x 1.79	0.57 x 1.53	0.53 x 1.40		1.72	1.48	1.06	0.72	
Parallel 3.0 KV "Redalead" Armored Cable (Cu Conductor)	0.67 x 1.81	0.63 x 1.70	0.54 x 1.44			2.60	2.26	1.69		

TABLA V

PANELES DE CONTROL

Type	Class	60 Cycle Ratings *				Approximate Dimensions & Weights				Price**
		MAX Volts	Size	MAX HP	MAX AMP	Height (Inches)	Width (Inches)	Depth (Inches)	Weight (Pounds)	
	DFH-2	480	2	25	50	36-1/2	22	8-1/4	130	\$ 319
		480	3	50	100	46-1/2	23	8-1/4	180	447
		480	4	100	150	56-1/2	25	8-7/8	262	730
		480	5	200	270	71-1/2	30	13	600	1439
	CCMFH	762	2	40	50	36-1/4	22	9-1/4	180	325
		762	3	75	100	50-1/2	23	9-1/4	300	725
		762	4	100	150	60-1/2	25	8-7/8	650	1750
64-A	100-MDFH	1500	3	150	100	76	27-1/2	20	770	2431
	150-MDFH	1500	4	250	150	76	27-1/2	20	830	2952
RP-1	8945-F	1500		300	150	56-1/2	38-1/2	34-1/2	1100	4242
RP-2	8945-F	2400		600	360	56-1/2	38-1/2	34-1/2	1100	4730
		4800		2500	360	56-1/2	38-1/2	34-1/2	1100	5439
1159		2400		700	200	76	39	43	1640	5941
		4800		2500	200	76	39	43	1640	5961

TABLA VI

BOMBAS SERIE 540

MAX Stages			
Type G52E	Length (Feet)	Weight (Pounds)	Price
10	4.6	145	\$1256
22	6.0	202	1563
35	7.4	263	1872
47	8.8	332	2180
59	10.1	380	2481
71	11.7	440	2790
83	13.2	498	3096
96	14.6	556	3399
108	16.0	614	3702
120	17.4	673	4015
132	18.8	731	4323
145	20.2	792	4631
157	21.6	848	4939
169	23.0	907	5241
181	24.4	963	5548
191	26.5	1005	6249
203	27.8	1074	6551
216	29.3	1134	6859
228	30.7	1198	7166
240	32.1	1258	7475
252	33.4	1318	7776
264	34.8	1378	8084
277	36.2	1418	8393
289	37.7	1478	8700
301	39.1	1538	9008
313	40.5	1598	9310
326	41.9	1658	9618

MAX Stages				
Type G59E	Type G62E	Length (Feet)	Weight (Pounds)	Price
10	10	4.6	145	\$1380
22	22	6.0	202	1730
35	35	7.4	263	2077
47	47	8.8	332	2421
59	59	10.1	380	2759
71	71	11.7	440	3104
83	83	13.2	498	3442
96	96	14.6	556	3780
108	108	16.0	614	4123
120	120	17.4	673	4461
132	132	18.8	731	4800
145	145	20.2	792	5144
157	157	21.6	848	5482
169	169	23.0	907	5826
181	181	24.4	963	6165
191	191	26.5	1005	6944
203	203	27.9	1074	7282
216	216	29.3	1134	7620
228	228	30.7	1198	7963
240	240	32.1	1258	8306
252	252	33.4	1318	8649
264	264	34.8	1378	8992
	277	36.2	1418	9335
	289	37.7	1478	9678
	301	39.1	1538	10021
	313	40.5	1598	10364

TABLA VII