NACIONES UNIDAS

CONSEJO ECONOMICO Y SOCIAL

LIMITADO
CCE/SC.5/GRIE/III/5
Mayo de 1976

ORIGINAL: ESPAÑOL

COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA
COMITE DE COOPERACION ECONOMICA DEL
ISTMO CENTROAMERICANO
SUBCOMITE CENTROAMERICANO DE ELECTRIFICACION
Y RECURSOS HIDRAULICOS
Grupo Regional sobre Interconexión Eléctrica (GRIE)

Tercera reunión
México, D. F., 20 y 21 de mayo de 1976

Anexo 2-A

CURVAS DE COSTOS DE OBRAS DE PROYECTOS HIDROELECTRICOS

Informe preparado por el señor Jorge Figuls para el Estudio sobre Interconexión Eléctrica en el Istmo Centroamericano, bajo la dirección y coordinación de la Sección de Recursos Naturales y Energía de la CEPAL, Subsede en México, y financiado por el Banco Centroamericano de Integración Económica.

INDICE

DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO EMPLEADO PARA LA PREPARACION DE LAS CURVAS DE COSTOS DE OBRAS DE PROYECTOS HIDROELECTRICOS

1. Actualización de datos

En mayo de 1971, la CEPAL presentó la publicación llamada "Procedimiento para la estimación de costos de proyectos hidroeléctricos en el Istmo Centroamericano", incluyendo un conjunto de gráficos con información obtenida en el año 1968.

En el presente informe se ha procedido a actualizar los valores de los gráficos, a junio de 1975. Para esto se tomaron en cuenta principalmente los siguientes factores:

1) Variaciones en el costo de la mano de obra en el área centroamericana;

2) Variaciones en el costo de materiales y equipos centroamericanos e importados, y

3) Variaciones en el valor del uso del equipo de construcción importado.

Estos valores fueron verificados con las variaciones de los promedios de los costos unitarios de los contratos centroamericanos entre los años 1968 y 1975.

Se considera este método más ajustado a la realidad que el que se obtendría de índices de variación de costos en países fuera del área en donde las tendencias siguen porcentajes de aumento en los costos diferentes a los nuestros. Publicaciones recientes de los Estados Unidos de Norteamérica sobre variaciones de costos en obras hidroeléctricas, dan aumentos en el período 1968-1974 relativamente bajos, en relación a los aumentos aquí presentados. Se debe tomar en cuenta que los factores inflacionarios iniciados por el brusco aumento en los precios de petróleo fue parcialmente controlado en los Estados Unidos, de Norteamérica, lo qué no ocurrió en la mayor parte de los países de la América Latina.

Hay índices de costos de los Estados Unidos de Norteamérica, con aumentos en los precios de las turbinas y generadores, de un 50% entre los años 1968 y 1974, cuando en el mercado europeo y japonés, se presentaron aumentos

/muy superiores.

muy superiores. Se debe tomar en cuenta que se han presentado grandes variaciones en los precios de la materia prima, y por consecuencia, en el precio de muchos de los equipos. Por otra parte, el costo del equipo principal de las plantas hidroeléctricas se ha regido más por la oferta y la demanda que por su verdadero valor de fabricación. Los datos que se dan en las curvas para este equipo, se basan en valores estadísticos promedio, que neutralizan en parte los valores extremos.

Se han notado, en los datos de costos obtenidos de los consultores que han presentado informes a los organismos centroamericanos, grandes diferencias en los costos unitarios aplicados; eso nos hace ver la importancia de uniformar los costos de los proyectos en estudio en el grado en que lo permita la información obtenida.

2. Procedimiento empleado en la actualización de los costos indicados en los gráficos 7, 8, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 23, 25, 26, 27, 28 y 31

El procedimiento empleado para obtener la actualización de las curvas correspondiente a equipo hidroeléctrico, fue el de usar cotizaciones recientes y actualizadas de varios proyectos de México y Centroamérica y de algunos países de la América del Sur.

También se tomaron valores recientes y actualizados de las estimaciones de los consultores sobre los costos de algunos de los equipos. Con esta información, se colocaron puntos en las curvas correspondientes. Manteniendo la misma tendencia de los gráficos originales, se obtuvieron las curvas actualizadas.

3. Procedimiento empleado en la actualización de los costos indicados en los gráficos 1, 2, 3, 4, 9, 13, 15, 18, 20, 21, 22, 29, 30 y 32

Para obtener la actualización de las curvas de costos correspondiente a obras civiles, se obtuvieron las curvas de porcentaje de aumento de costos en Centroamérica, para el período 1968-1975 de los siguientes componentes de los costos:

- Mano de obra
- Materiales
- Uso de equipo

/a) Mano

a) Mano de obra

Se procedió de la siguiente manera:

Se obtuvo el promedio de costos de salarios para Centroamérica de los trabajadores necesarios en un proyecto hidroeléctrico, para los años 1968 y 1975, obteniéndose luego la razón del aumento de los costos de salarios para ese período.

Para el ploteo de los puntos correspondientes a años intermedios se tomó como patrón de variación la curva del "Inidice General de Precios de Centroamérica" obtenida de los datos suministrados por el Boletín Estadístico de la Secretaría General de la OEA.

b) Materiales

Este índice se obtuvo de los datos suministrados por el Banco Central de Costa Rica, para el porcentaje de variación de costos en dólares de los materiales de construcción en general.

c) Uso de equipo

Este índice se obtuvo de los aumentos en dólares del costo de adquisición de equipo de construcción pesada que se ha experimentado en Costa Rica. Estos datos se obtuvieron en una agencia distribuidora de esta maquinaria.

Se trataron de obtener los porcentajes correspondientes de mano de obra, materiales y uso de equipo para cada actividad formadora de la ejecución de un proyecto hidroeléctrico. Para esto se recurrió a los datos correspondientes para cada uno de sus componentes, de las obras hidroeléctricas más importantes construidas por el ICE en Costa Rica hace varios años. Esto se logró mediante la obtención de datos de obras ya ejecutadas, en donde se daba el porcentaje por peso de los componentes de cada actividad. A cada uno de estos componentes se aplicaron los respectivos índices de actualización hasta obtener los nuevos porcentajes por peso de los componentes de las actividades al año 1975. Es importante hacer mención de que además del método que a continuación se da, se aplicó el de obtener los costos unitarios de las diferentes actividades de algunos proyectos hidroeléctricos

/centroamericanos

centroamericanos con estimaciones de costos conocidas para los años 1968 y 1975, tomándose luego para cada actividad el índice de variación correspondiente, como la razón del costo del año 1975 respecto a 1968.

Se obtuvo como resultado un orden de magnitud bastante similar al obtenido por el método anteriormente mencionado.

En el cuadro 3 se resume información sobre los costos de algunos materiales representativos para Centroamérica y Panamá para los años 1968 y 1975.

En el cuadro 4 se hacen comparaciones de algunos precios unitarios, tomados de precios promedio de contrato y de estimaciones de informes en los años 1968 y 1975.

En el cuadro 5 se presentan precios unitarios promedio de contrato y estimaciones de informes para Centroamérica, actualizados a junio de 1975.

ANALISIS COMPARATIVO POR PAISES

Para el análisis de las diferencias de costos de proyectos hidroeléctricos en los diferentes países centroamericanos se tomaron en cuenta los factores principales que los afectan, el de la mano de obra, el de los materiales (locales e importados) y el del equipo importado. Los precios de los materiales locales están condicionados a su vez por los costos de la mano de obra y del uso del equipo extranjero. Como los materiales y los equipos importados tienen costos similares en todo el Istmo Centroamericano, las diferencias que se observan entre un país y otro en los costos de las obras civiles se deben esencialmente a las desigualdades de los costos de la mano de obra.

Para la estimación de los índices que relacionan dichos costos, se dispuso de información sobre salarios, prestaciones sociales y otros beneficios en los seis países de la región. El procedimiento seguido fue el siguiente:

a) Después de determinar el importe total de los salarios mensuales típicos de 670 empleados representativos de la mano de obra que se utilizan en los proyectos hidroeléctricos, se calcularon los índices de los salarios directos. Se obtuvieron resultados similares para Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica, y más altos para Panamá. (Véase el cuadro 1.)

b) Para calcular los índices de costos de las obras civiles y la totalidad del proyecto se aplicaron los porcentajes de las componentes de los costos directos de los proyectos hidroeléctricos construidos en Costa Rica, país para el cual se consiguió mayor información. Se obtuvieron los resultados siguientes. (Véase el cuadro 2.)

	Obra civil (porcentaje)	Total proyecto (porcentaje)
Guatemala	97.3	97.8
El Salvador	99.1	99.3
Honduras	98.1	98.5
Nicaragua	103.9	103.1
Costa Rica	100.0	100.0
Panamá	123.1	118.5

/Las cifras

Las cifras indican que los costos son muy similares en todos los países centroamericanos mostrando una mayor diferencia Panamá.

Con base en los resultados anteriores y teniendo en cuenta que se trata de estudios preliminares, quedó establecido que los costos de equipos importados y de los componentes del proyecto en que el valor de la mano de obra es pequeño en comparación con el de los materiales y del uso de equipo, se pueden considerar iguales en los 6 países de la región. Con excepción de Panamá también pueden considerarse iguales las partes del proyecto donde la mano de obra influye sustantivamente en el costo total. Se recomienda para Panamá en los valores indicados en los gráficos correspondientes a obras cuyo porcentaje de mano de obra es alto, multiplicarlo por un factor de ajuste de 1.23.

/Cuadro 1

Cuadro 1

SALARIOS MENSUALES E INDICE DE COSTO DE MANO DE OBRA EN PROYECTOS HIDROELECTRICOS CENTROAMERICANOS

(Dólares)

Número de trabajadores	Ocupación	Guatemala	El Salvador	Honduras	Nicaragua	Costa Rica	Panamá
4	Ingenieros	3 850	3 300	3 070	3 140	3 200	4 120
4	Topógrafos	1 650	1 980	1 580	1 570	1 460	1 870
4	Dibujantes	1 650	1 100	1 060	1 420	1 130	1 540
20	Oficinistas	3 780	4 950	5 760	5 600	4 840	5 840
10	Operarios Maq. Res.	3 650	2 200	4 400	4 320	2 900	5 150
20	Choferes	2 750	3 800	3 160	3 930	3 720	4 460
10	Mecánicos	2 450	2 340	3 140	2 940	2 500	5 710
10	Soldadores	1 960	2 630	3 440	2 340	2 040	4 850
20	Albañiles	2 480	2 350	3 440	3 520	3 800	6 320
40	Carpinteros	4 830	4 710	7 150	7 040	7 600	12 650
10	Armadores	2 060	1 340	1 680	2 360	2 060	3 160
10	Fontaneros	1 690	1 340	3 300	2 750	1 860	3 580
15	Electricistas	2 170	3 200	4 950	4 100	3 300	4 950
40	Jefes de cuadrilla	5 630	7 080	11 000	11 780	9 300	18 980
450	Peones	27 840	31 680	37 120	53 040	44 500	92 810
	Subtotal	68 440	74 000	94 250	109 850	94 210	175 990
	Beneficios sociales a/	60 910	64 380	39 580	52 720	48 990	87 990
	Total	129 350	138 380	133 830	162 570	143 200	263 980
	Indice de mano de obra	90	97	93	114	100	184

Nota: Incluye 2 horas extra a 1.5 veces el salario ordinario.
a/ Asumido el valor de 1968 aumentado un 10%.

Cuadro 2

CENTROAMERICA Y PANAMA, INDICES DE COSTOS DIRECTOS DE CONSTRUCCION DE PROYECTOS HIDROELECTRICOS (TOTAL Y OBRA CIVIL)

(Porcentajes)

Indices	Guatemala	El Salvador	Honduras	Nicaragua	Costa Rica	Panamá
Proyecto total	97.8	99.3	98.5	103.1	100.0	118.5
Obra civil	97.3	99.1	98.1	103.9	100.0	123.1
Total del proyecto	97.8	99.3	98.5	103.1	100.0	118.5
Obra civil	77.8	79.3	78.5	83.1	80.0	98.5
Mano de obra	19.8	21.3	20.5	25.1	22.0	40.5
Materiales	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
Uso de equipo	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
Equipo electromecánico	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0

Nota: Se tomó como base Costa Rica con los siguientes desgloses: para el proyecto total obra civil, 80%, equipo electromecánico 20%; para la obra civil, mano de obra, 27.5%, materiales 50%, uso de equipo 22.5%. (Estos 3 últimos porcentajes se aplican a la parte correspondiente a la obra civil).

/Cuadro 3

Cuadro 3

COSTO DE ALGUNOS MATERIALES REPRESENTATIVOS PARA CENTROAMERICA Y PANAMA, 1968 Y 1975

(Dólares)

	Cemento m^3		Piedra m^3		Arena m^3		Gasolina (galón) 1975	Diesel (galón) 1975
	1968	1975	1968	1975	1968	1975		
Guatemala	1.50	1.50	2.30	4.25	1.30	5.00	0.36	0.36
El Salvador	1.60		5.00		1.40		0.54	0.45
Honduras	2.00	2.13		7.50		5.75	0.47	0.28
Nicaragua	2.10	2.10					0.60	0.60
Costa Rica	1.50	1.75	3.90	6.80	2.40	6.10	1.00	0.40
Panamá	1.55	2.20		4.70		5.50	0.77	0.32

/Cuadro 4

Cuadro 4

COMPARACION DE ALGUNOS PRECIOS UNITARIOS, TOMADOS DE PRECIOS PROMEDIO DE CONTRATO, Y DE ESTIMACIONES DE INFORMES, 1968 Y 1975

(Dólares por metro cúbico)

	1968	1975
Excavación en roca	2.2	5.0
Excavación en tierra	1.1	2.5
Excavación en túneles	24.2	46.0
Revestimiento de túneles	58.5	110.0
Rellenos de material común en diques	1.3	2.9
Colocación de escollera	2.8	5.3
Hormigón estructural	72	133
Hormigón masivo	35	83

/Cuadro 5

Cuadro 5

PRECIOS UNITARIOS PROMEDIO DE CONTRATO Y DE ESTIMACIONES DE INFORMES PARA CENTROAMERICA ACTUALIZADOS A JUNIO 1975

	Dólares por m^3
Presas de enroscamiento	
Excavación común	2.50
Excavación en roca	5.00
Rellenos o terraplenes	2.90
Rellenos con roca	5.30
Núcleo impermeable	4.00
Filtros de arena	8.50
Presas de gravedad	
Concreto masivo	80.00
Túneles	
Excavación (material promedio)	46.00
Revestimiento	110.00
Tubería forzada	
Excavación general	4.80
Concreto monturas	120.00
Concreto anclajes	80.00
Tanque de oscilación	
Excavación en pozo	40.00
Revestimiento de concreto	140.00
Edificio de Casa de máquinas	
Excavación general en tierra	2.80
Excavación general en roca	5.00
Concreto subestructura	83.00
Concreto superestructura	133.00

/Gráfico 1

PRESAS DE TIERRA

PRECIOS UNITARIOS EN FUNCION DEL VOLUMEN DE LA PRESA

LOS PRECIOS INCLUYEN

- INSTALACIONES DE CAMPO.
- ACCESOS NORMALES.
- CAMPAMENTOS PROVISIONALES.
- TRANSPORTE A UNA DISTANCIA MEDIA DE 500 m.

LOS PRECIOS NO INCLUYEN

- ACCESOS DIFICILES
- EL PRECIO DE LA CORTINA DE INYECCIONES EN LA ROCA O EN LOS ALUVIONES.
- ATAGUIAS INDEPENDIENTES
- DERIVACIONES PROVISIONALES
- OBRAS ANEXAS DE HORMIGON

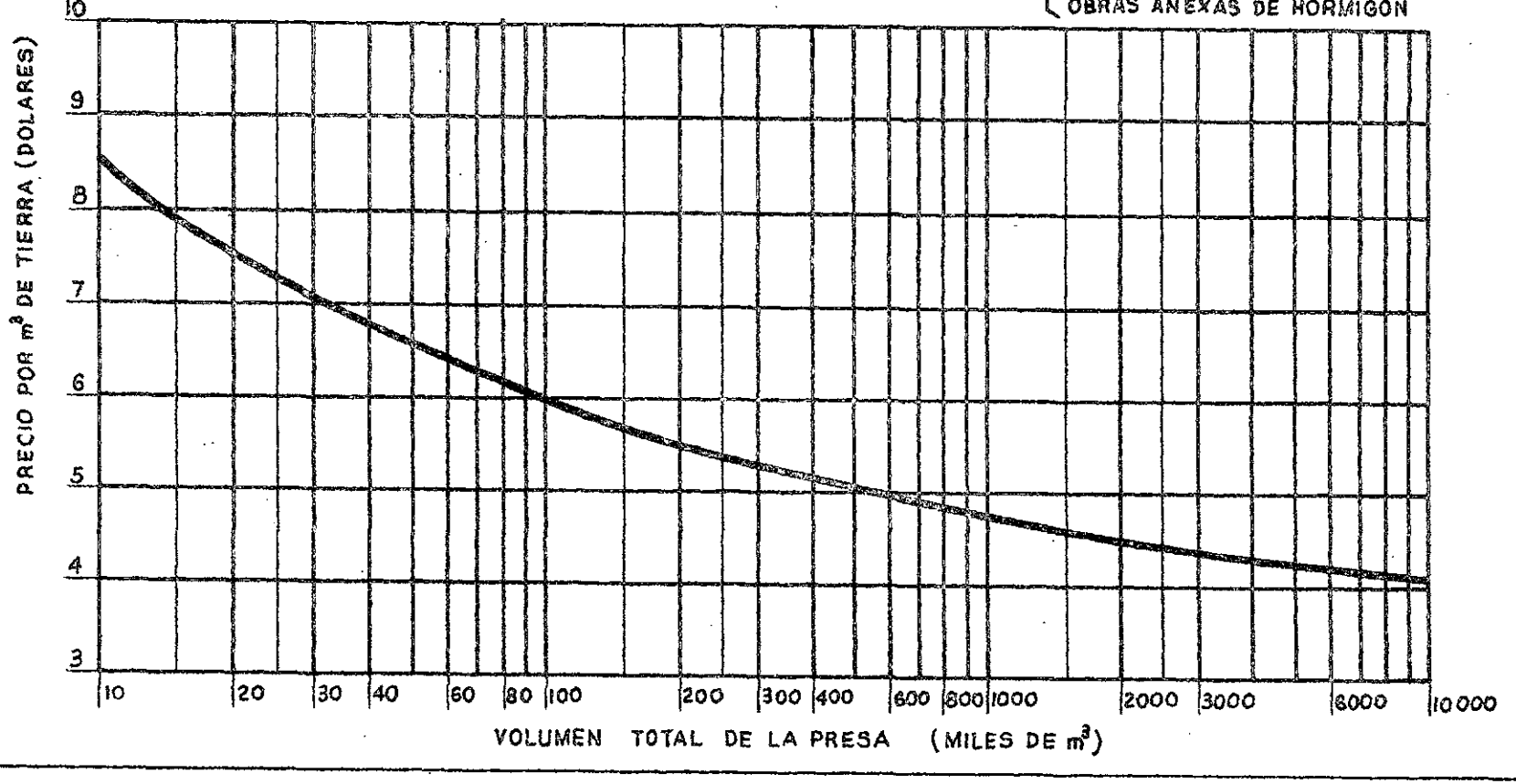


Gráfico 1

PRESAS DE ENROCAMIENTO

PRECIOS UNITARIOS EN FUNCION DEL VOLUMEN DE LA PRESA

LOS PRECIOS INCLUYEN

- INSTALACIONES DE CAMPO
- ACCESOS NORMALES
- CAMPAMENTOS PROVISIONALES
- TRANSPORTE A UNA DISTANCIA MEDIA DE 500 m.

LOS PRECIOS NO INCLUYEN

- ACCESOS DIFICILES
- EL PRECIO DE LA CORTINA DE INYECCIONES EN LA ROCA O EN LOS ALUVIONES
- ATAGUIAS INDEPENDIENTES
- DERIVACIONES PROVISIONALES
- OBRAS ANEXAS DE HORMIGON.

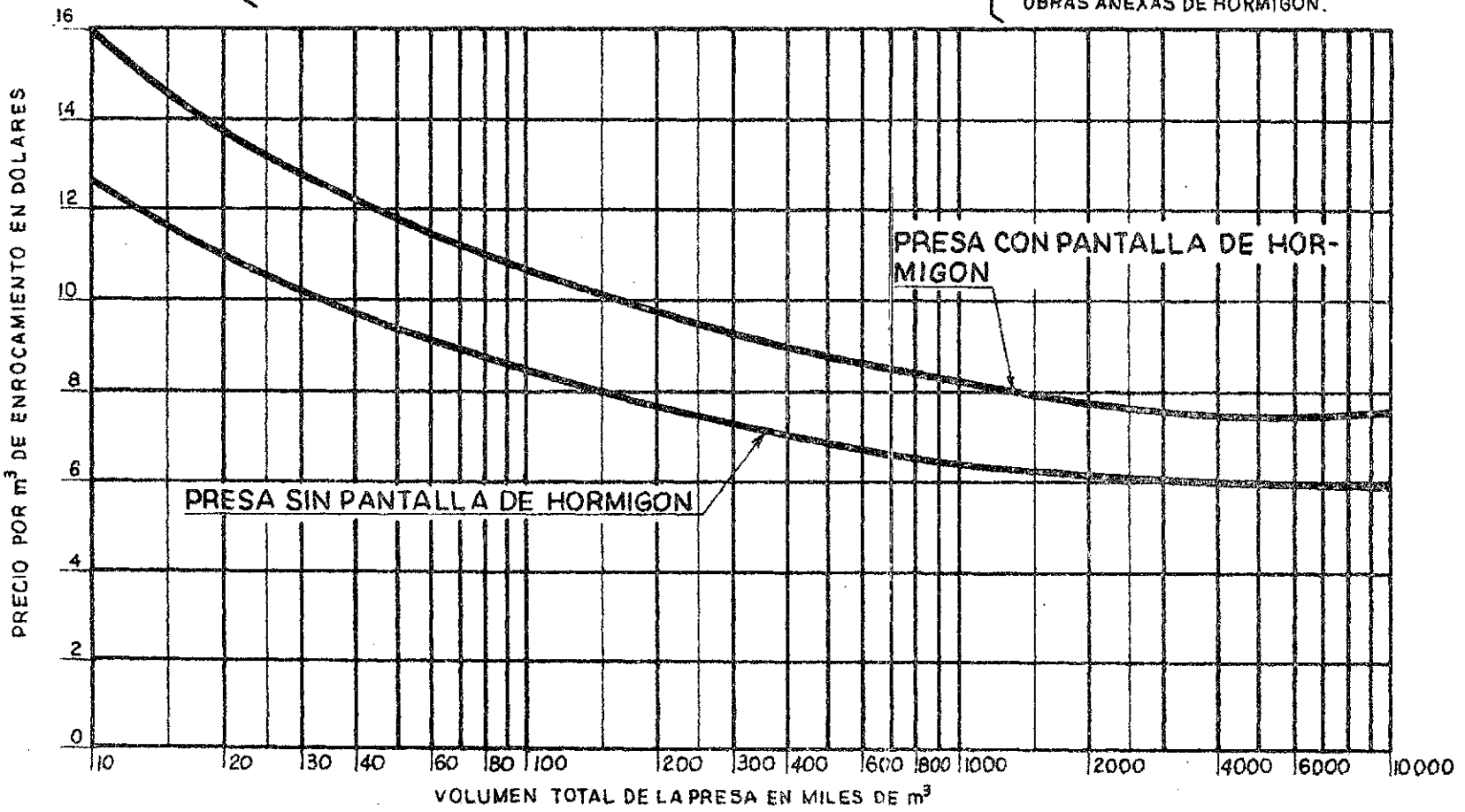


Gráfico 2

PRESAS DE CONCRETO

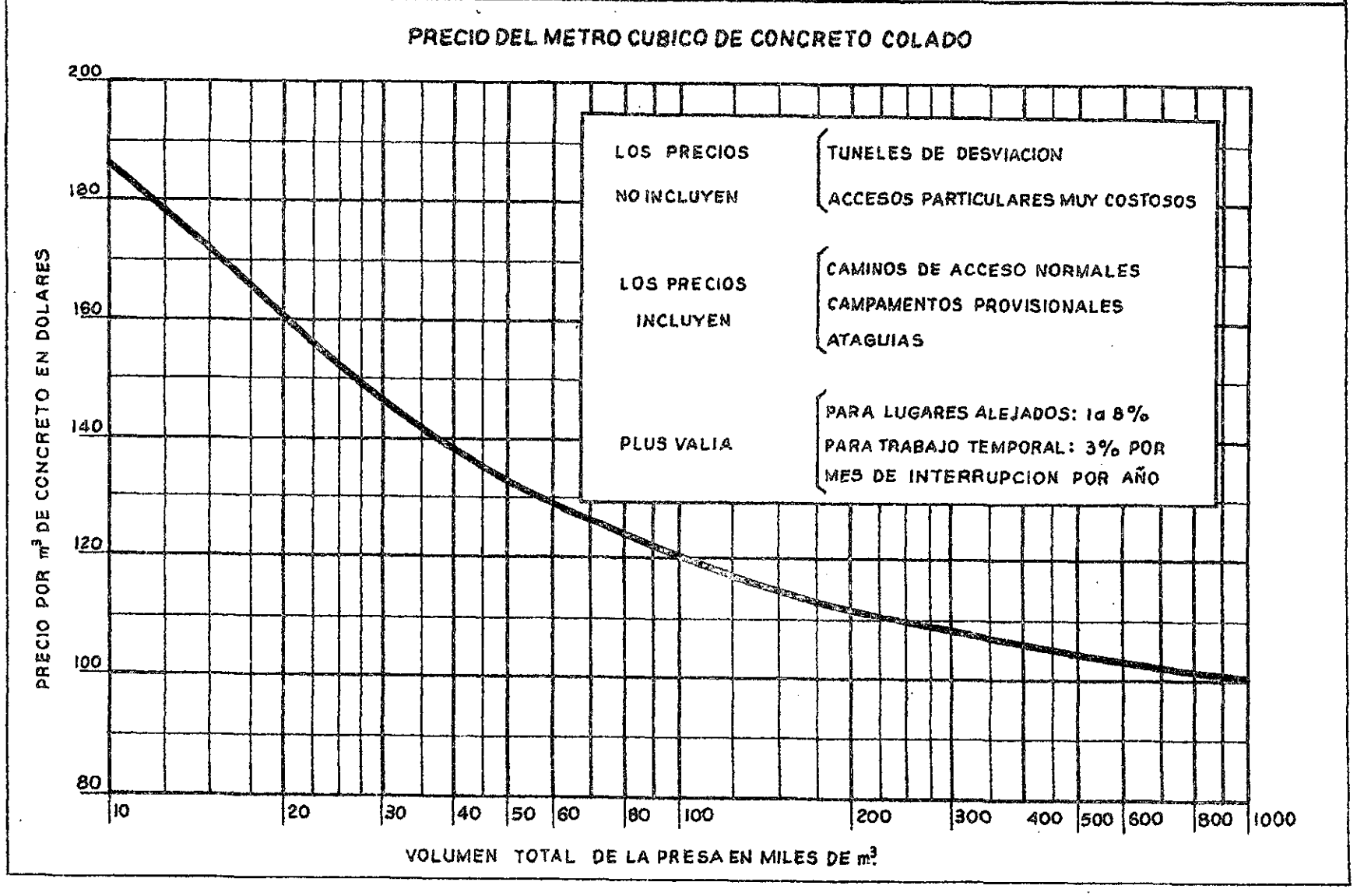


Gráfico 3

Gráfico 4

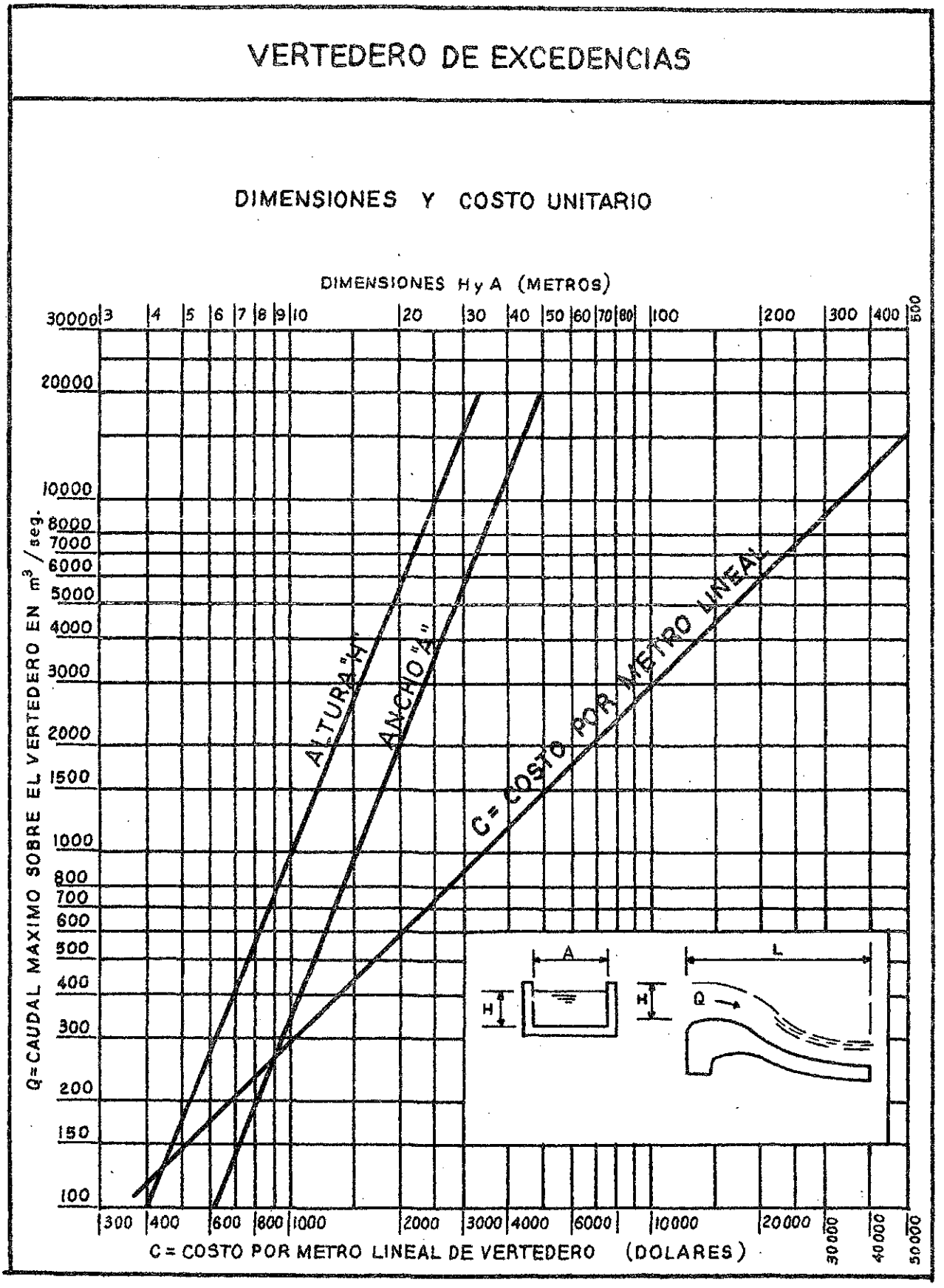
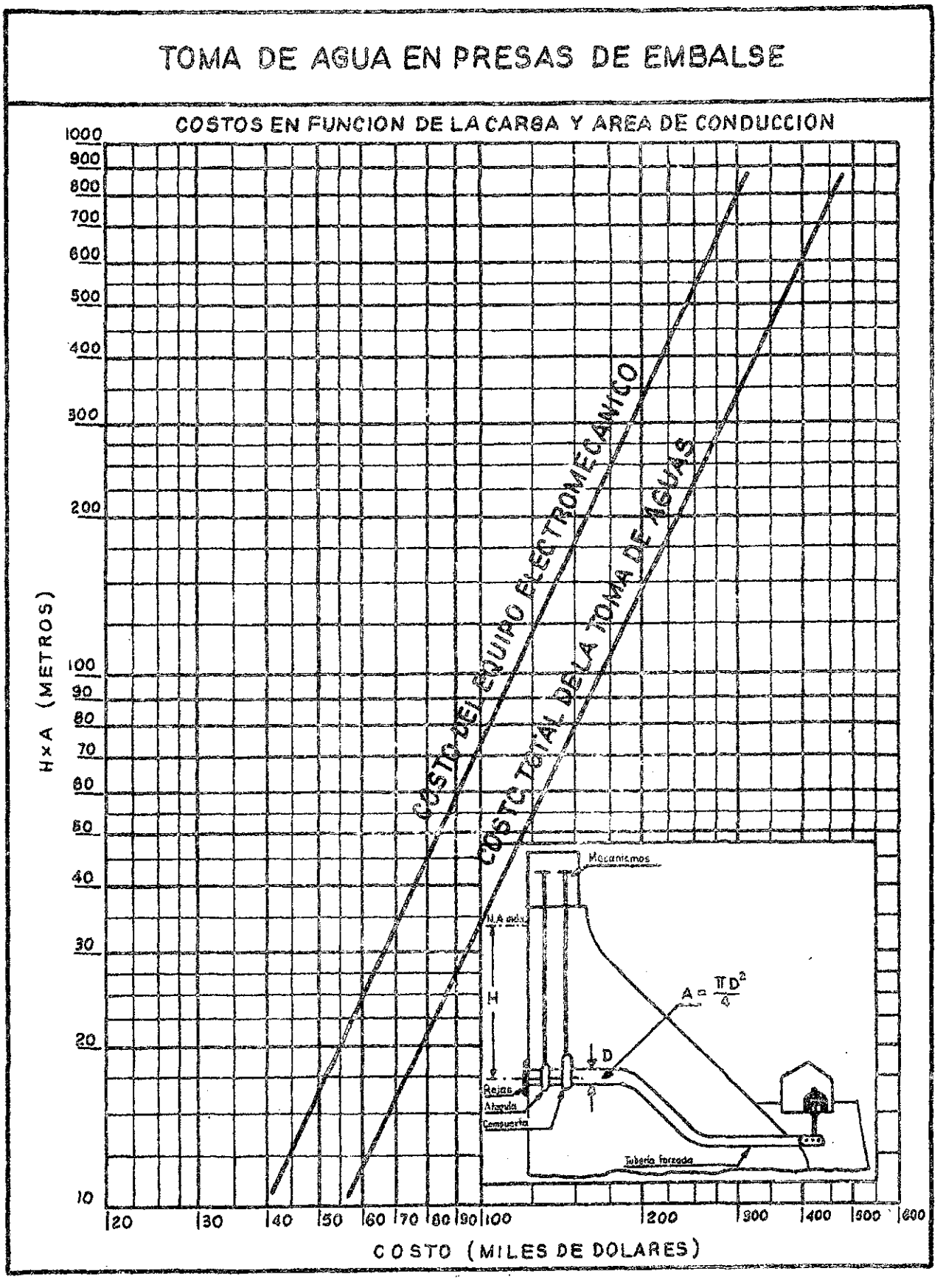

VERTEDERO DE EXCEDENCIAS
DIMENSIONES Y COSTO UNITARIO
DIMENSIONES H y A (METROS)
3 4 5 6 7 8 9 10 20 30 40 50 60 70 80 100 200 300 400 500
30000 20000 10000 8000 7000 6000 5000 4000 3000 2000 1500 1000 800 700 600 500 400 300 200 150 100
Q=CAUDAL MAXIMO SOBRE EL VERTEDERO EN m³/seg.
ALTURA "H"
ANCHO "A"
C= COSTO POR METRO LINEAL
A
H
H
L
Q
300 400 600 800 1000 2000 3000 4000 6000 10000 20000 30000 40000 50000
C= COSTO POR METRO LINEAL DE VERTEDERO (DOLARES)

Gráfico 5


TOMA DE AGUA EN PRESAS DE EMBALSE
COSTOS EN FUNCION DE LA CARGA Y AREA DE CONDUCCION
COSTO DEL EQUIPO ELECTROMECANICO
COSTO TOTAL DE LA TOMA DE AGUAS
H x A (METROS)
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
200
300
400
500
600
COSTO (MILES DE DOLARES)
Mecanismos
N.A. máx.
H
A = πD²/4
D
Rejas
Ataguía
Compuerta
Tubería forzada

TUBERIA FORZADA EN PRESAS DE EMBALSE

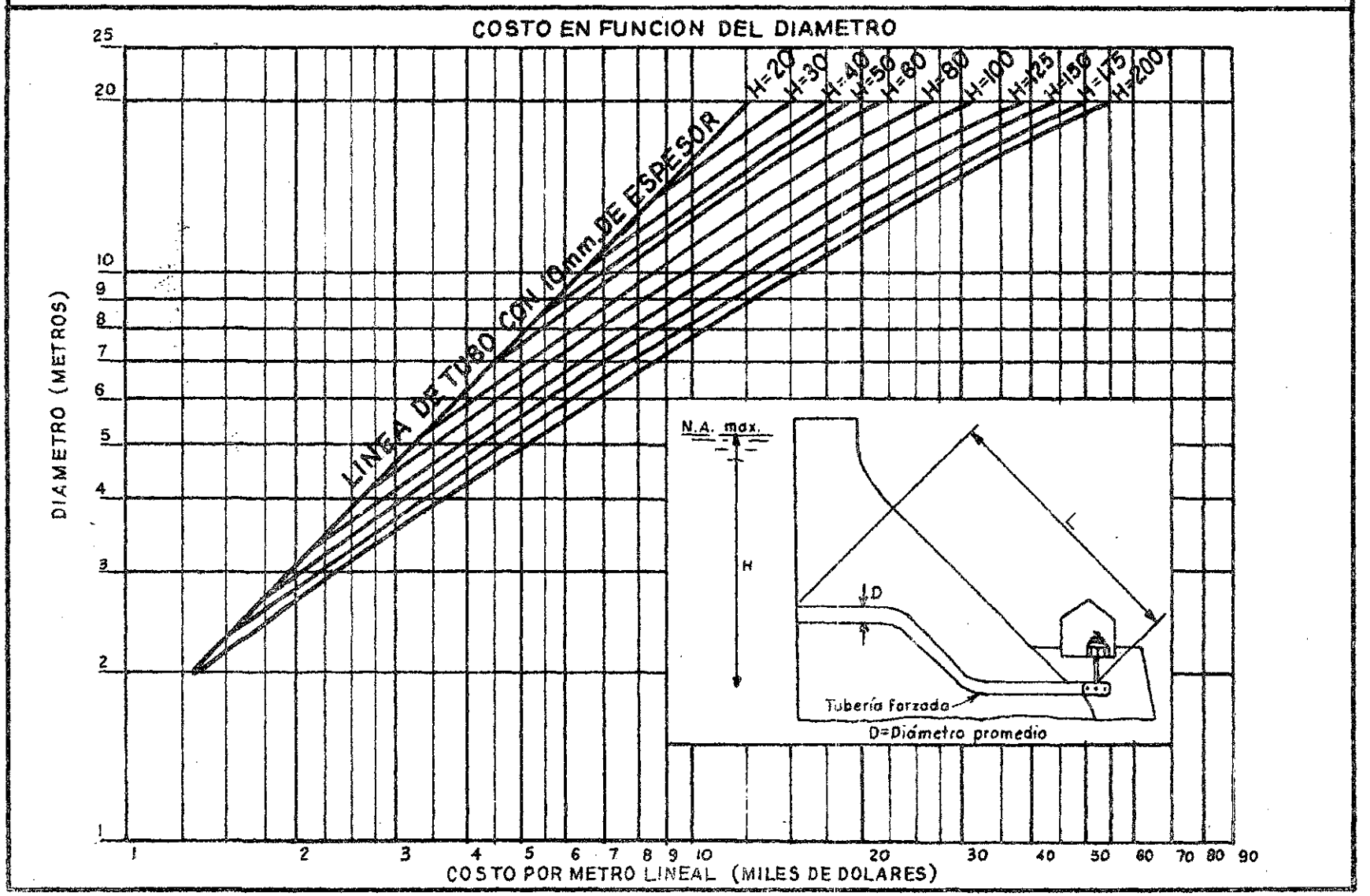
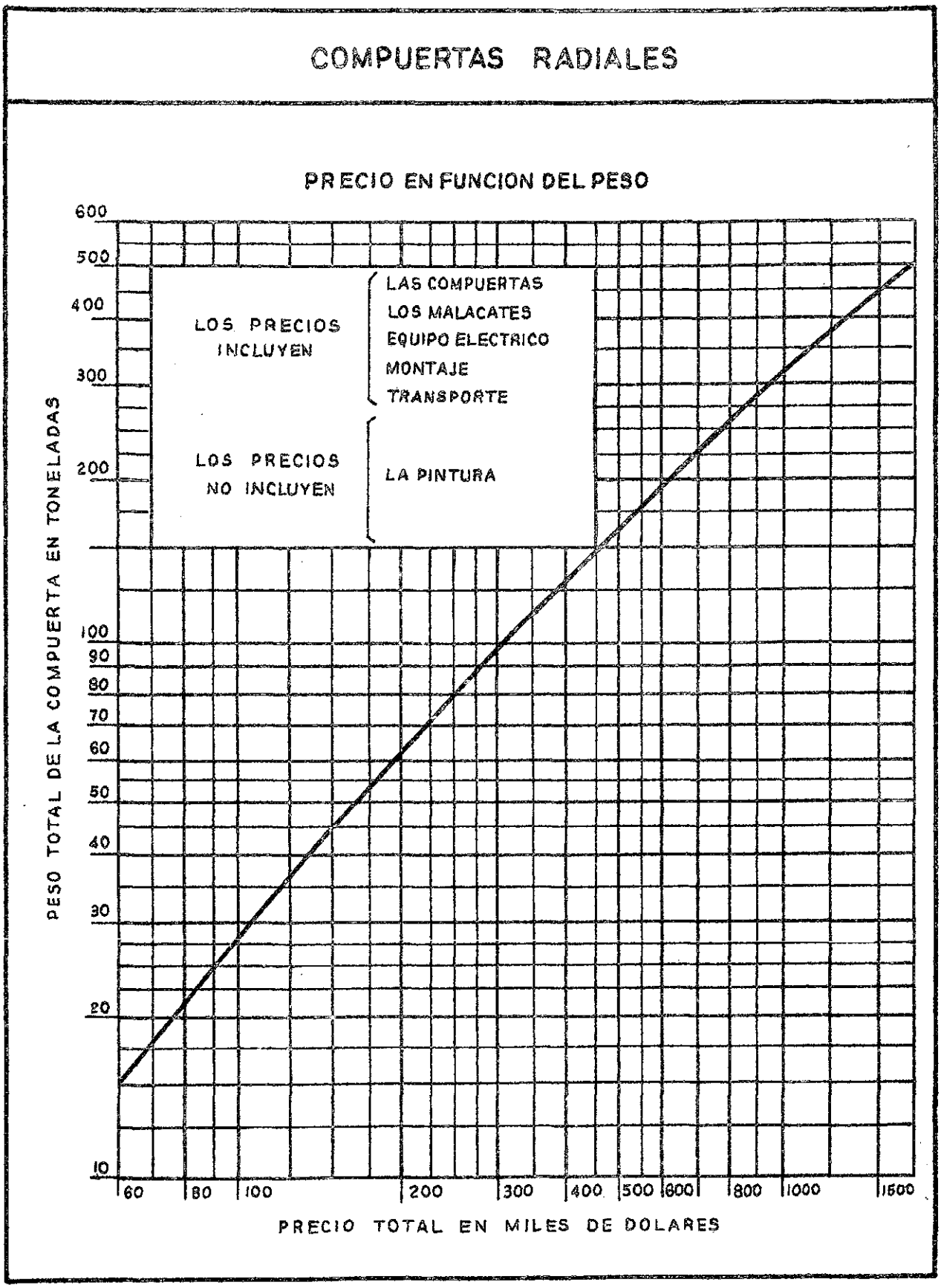


Gráfico 6

Gráfico 7


COMPUERTAS RADIALES
PRECIO EN FUNCION DEL PESO
LOS PRECIOS INCLUYEN
LAS COMPUERTAS
LOS MALACATES
EQUIPO ELECTRICO
MONTAJE
TRANSPORTE
LOS PRECIOS NO INCLUYEN
LA PINTURA
PESO TOTAL DE LA COMPUERTA EN TONELADAS
600
500
400
300
200
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
60
80
100
200
300
400
500
600
800
1000
1500
PRECIO TOTAL EN MILES DE DOLARES

COMPUERTAS DE RUEDAS FIJAS (VAGON) Y DE RODILLOS (ORUGA)

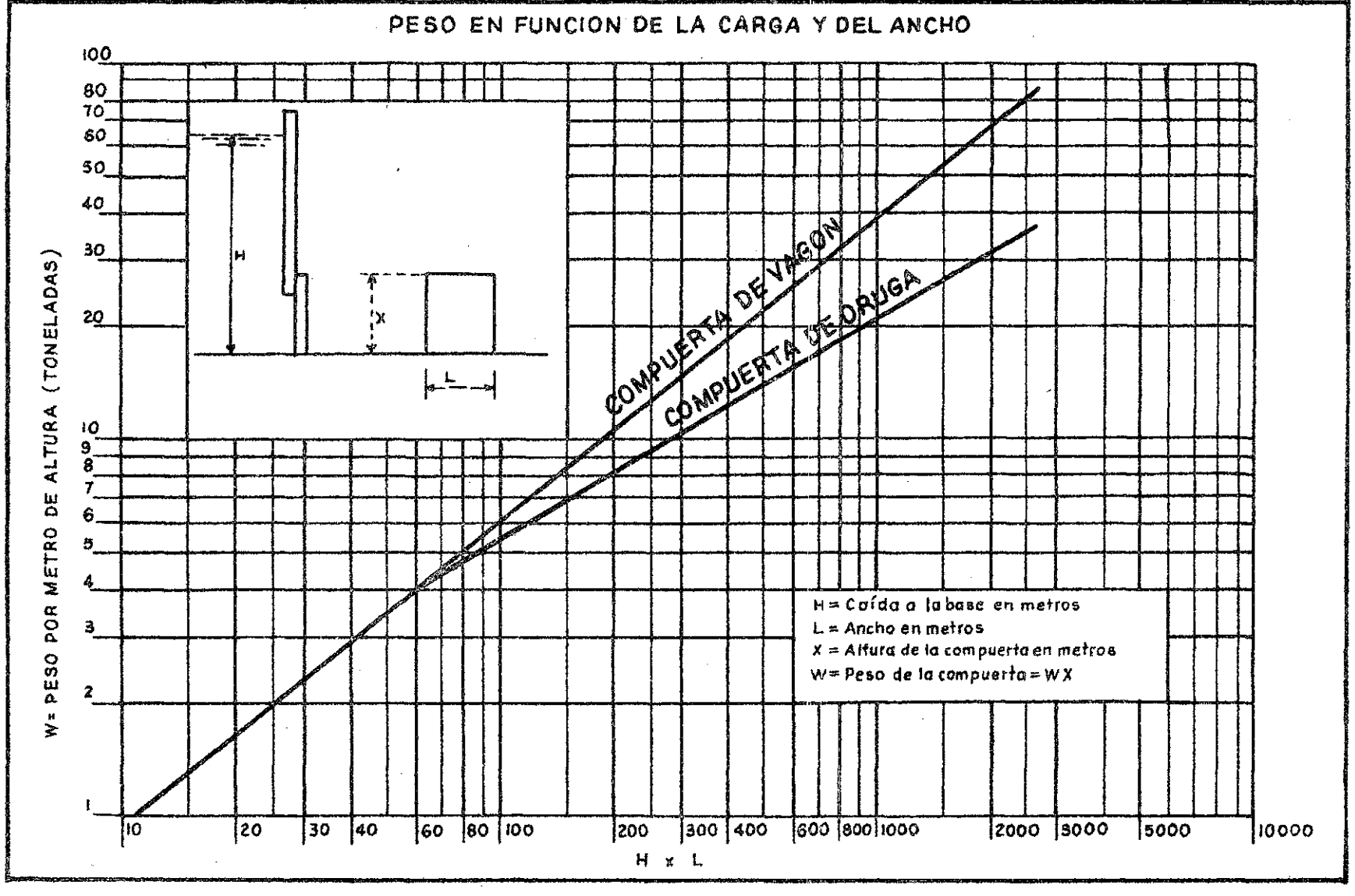


Gráfico 8

Gráfico 9

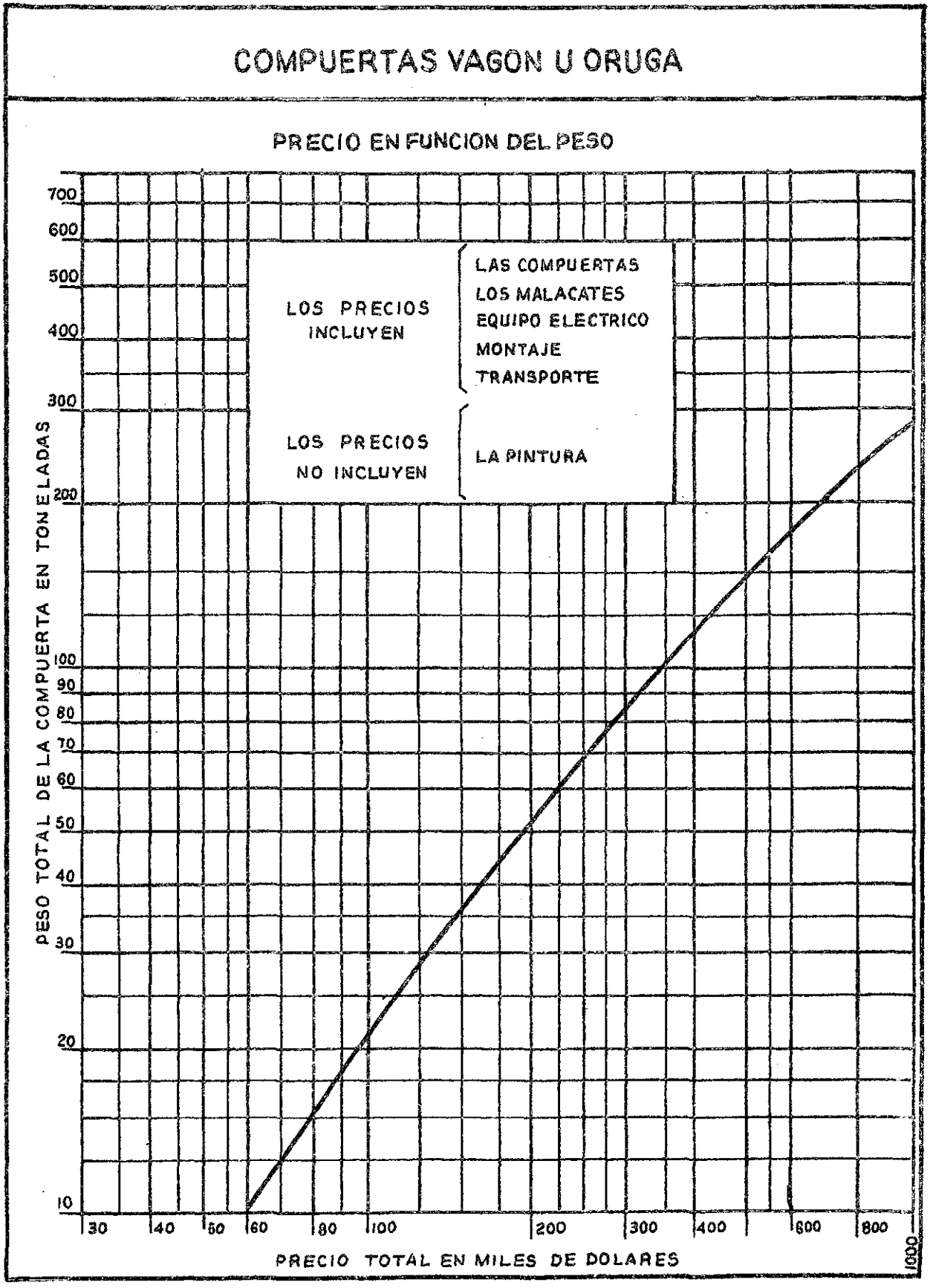

COMPUERTAS VAGON U ORUGA
PRECIO EN FUNCION DEL PESO
LOS PRECIOS INCLUYEN
LAS COMPUERTAS
LOS MALACATES
EQUIPO ELECTRICO
MONTAJE
TRANSPORTE
LOS PRECIOS NO INCLUYEN
LA PINTURA
PESO TOTAL DE LA COMPUERTA EN TONELADAS
700
600
500
400
300
200
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
30
40
50
60
80
100
200
300
400
600
800
1000
PRECIO TOTAL EN MILES DE DOLARES

Gráfico 10

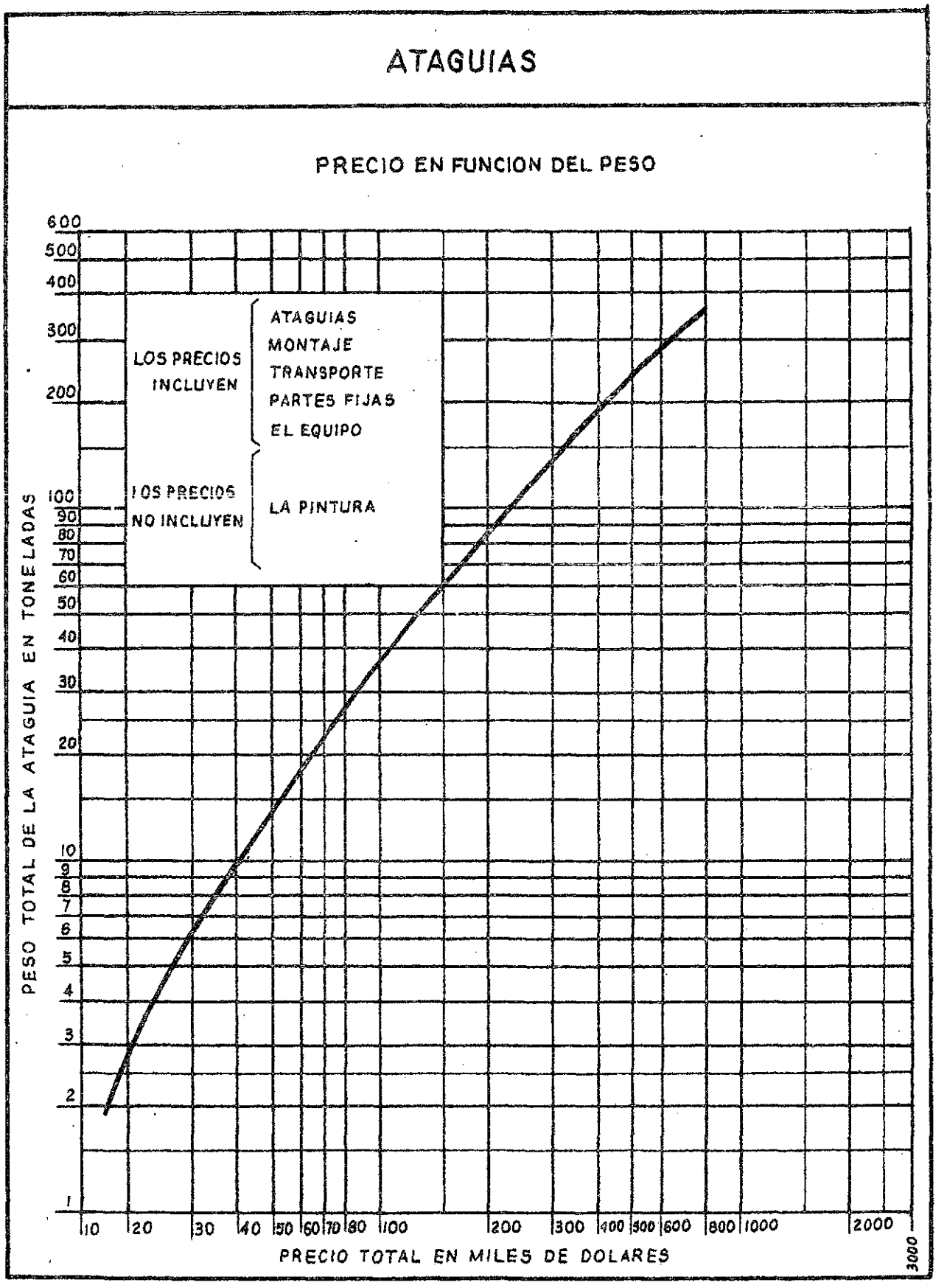

ATAGUIAS
PRECIO EN FUNCION DEL PESO
LOS PRECIOS INCLUYEN
ATAGUIAS
MONTAJE
TRANSPORTE
PARTES FIJAS
EL EQUIPO
LOS PRECIOS NO INCLUYEN
LA PINTURA
PESO TOTAL DE LA ATAGUIA EN TONELADAS
600
500
400
300
200
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
10
20
30
40
50
60
70
80
100
200
300
400
500
600
800
1000
2000
PRECIO TOTAL EN MILES DE DOLARES
3000

Gráfico II

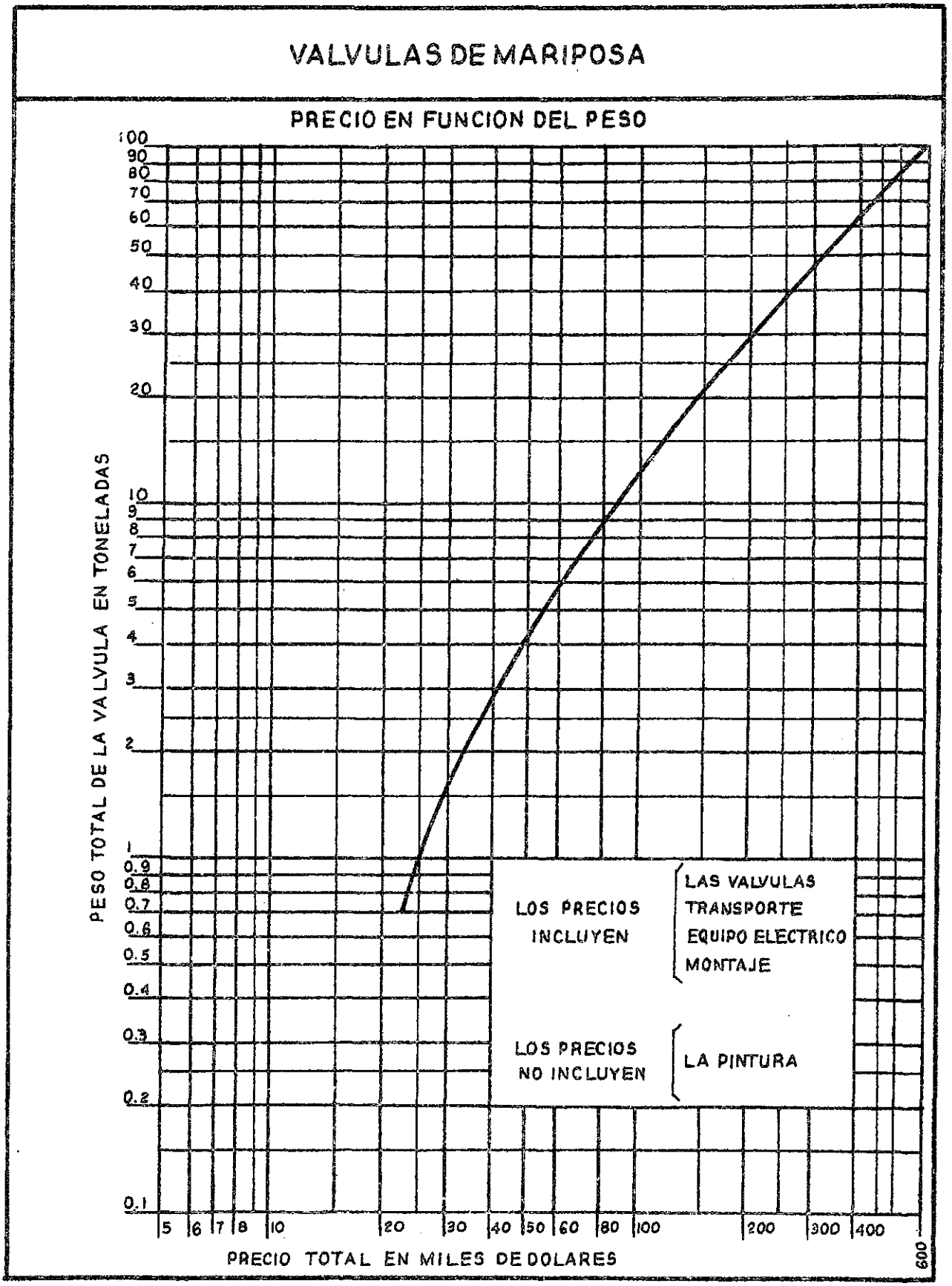

VALVULAS DE MARIPOSA
PRECIO EN FUNCION DEL PESO
PESO TOTAL DE LA VALVULA EN TONELADAS
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
LOS PRECIOS INCLUYEN
LAS VALVULAS
TRANSPORTE
EQUIPO ELECTRICO
MONTAJE
LOS PRECIOS NO INCLUYEN
LA PINTURA
5
6
7
8
10
20
30
40
50
60
80
100
200
300
400
600
PRECIO TOTAL EN MILES DE DOLARES

Gráfico 12

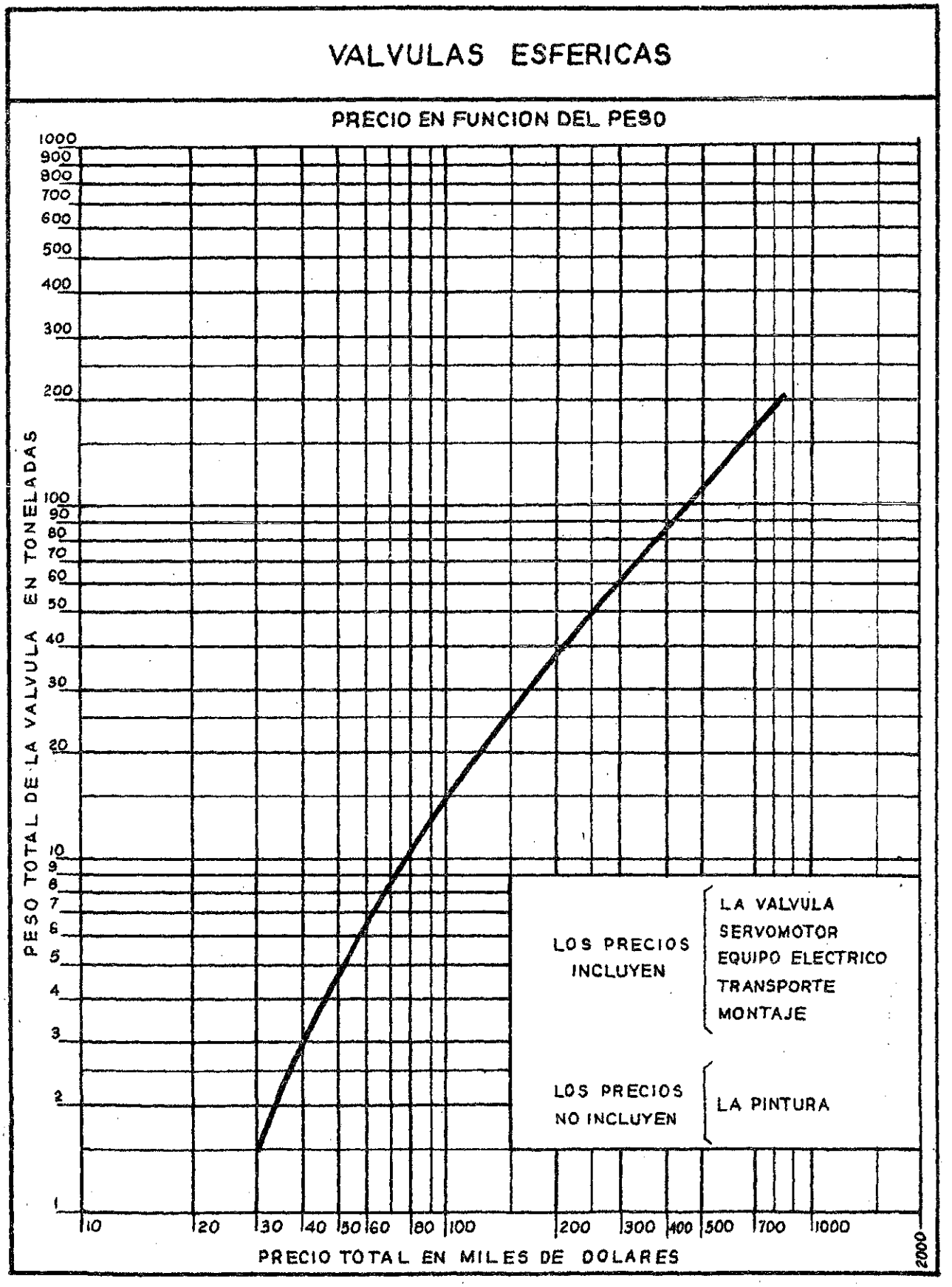

VALVULAS ESFERICAS
PRECIO EN FUNCION DEL PESO
PESO TOTAL DE LA VALVULA EN TONELADAS
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
10
20
30
40
50
60
80
100
200
300
400
500
700
1000
2000
PRECIO TOTAL EN MILES DE DOLARES
LOS PRECIOS INCLUYEN
LA VALVULA
SERVOMOTOR
EQUIPO ELECTRICO
TRANSPORTE
MONTAJE
LOS PRECIOS NO INCLUYEN
LA PINTURA

Gráfico 13

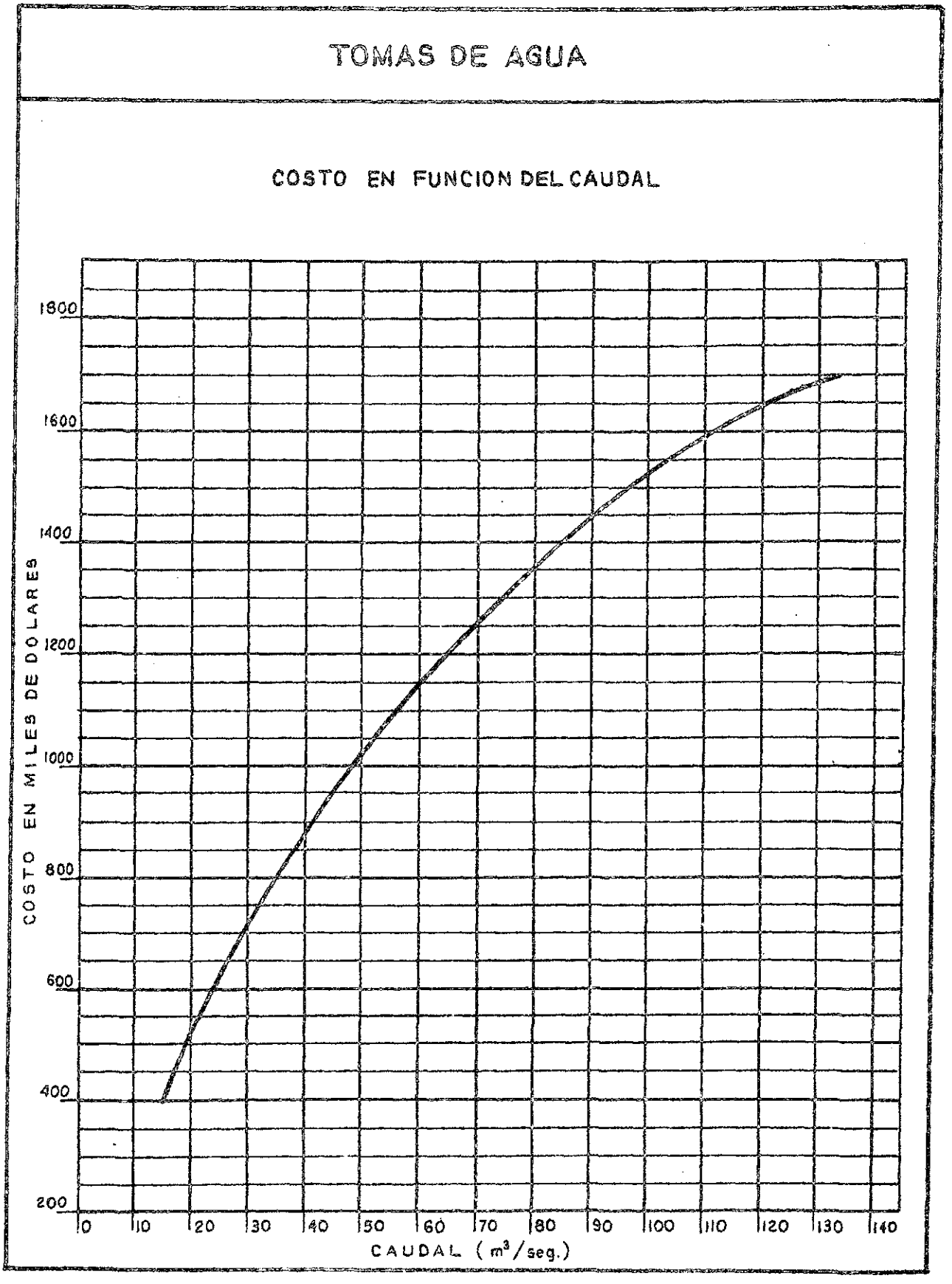
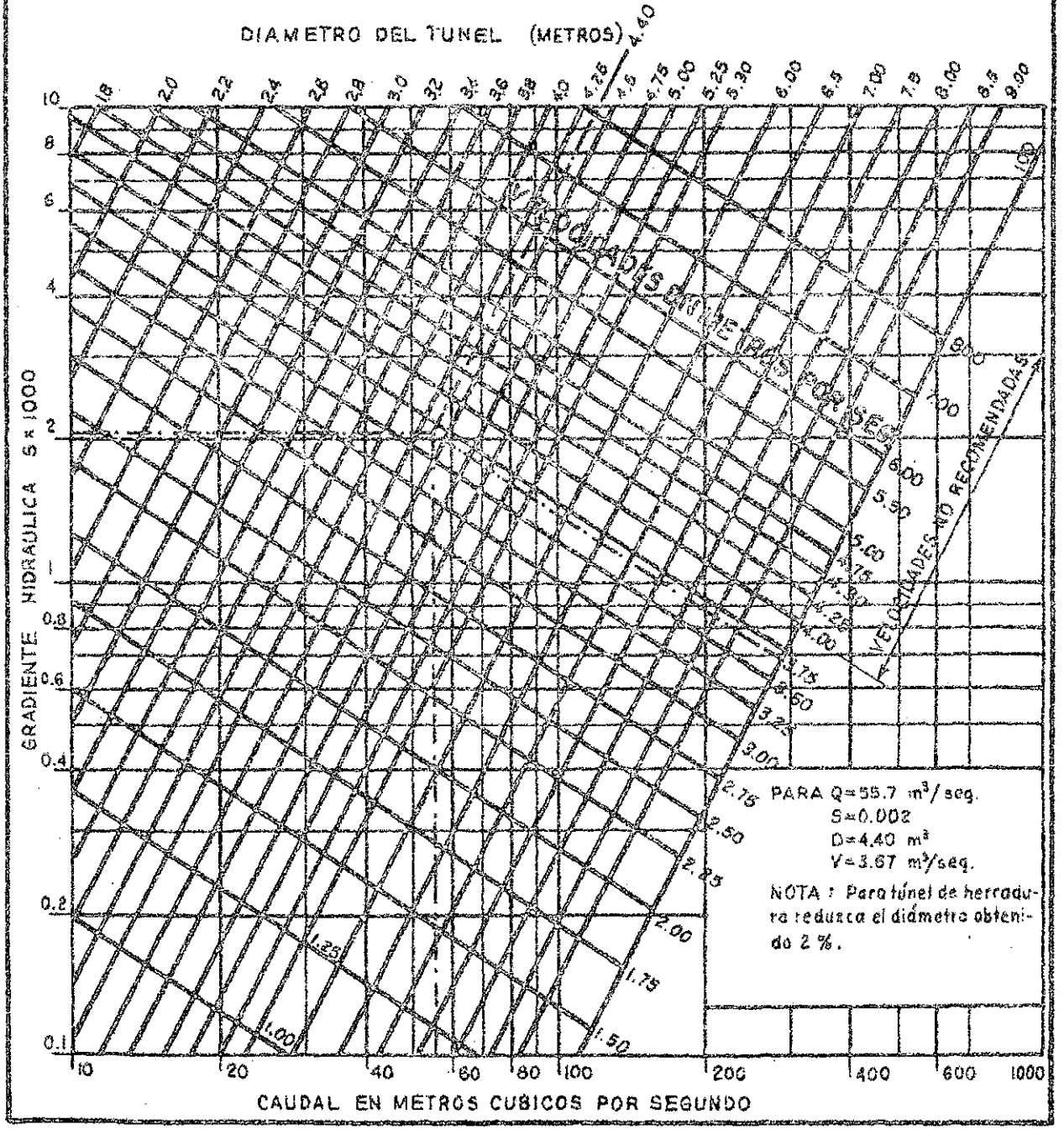

TOMAS DE AGUA
COSTO EN FUNCION DEL CAUDAL
COSTO EN MILES DE DOLARES
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
CAUDAL (m³/seg.)

Gráfico 14

TUNELES

DIAMETRO EN FUNCION DEL CAUDAL Y LA GRADIENTE HIDRAULICA

PARA "n" DE MANNING = 0.013 FLUJO LLENO



TUNELES

PRECIOS UNITARIOS EN FUNCION DEL DIAMETRO UTIL

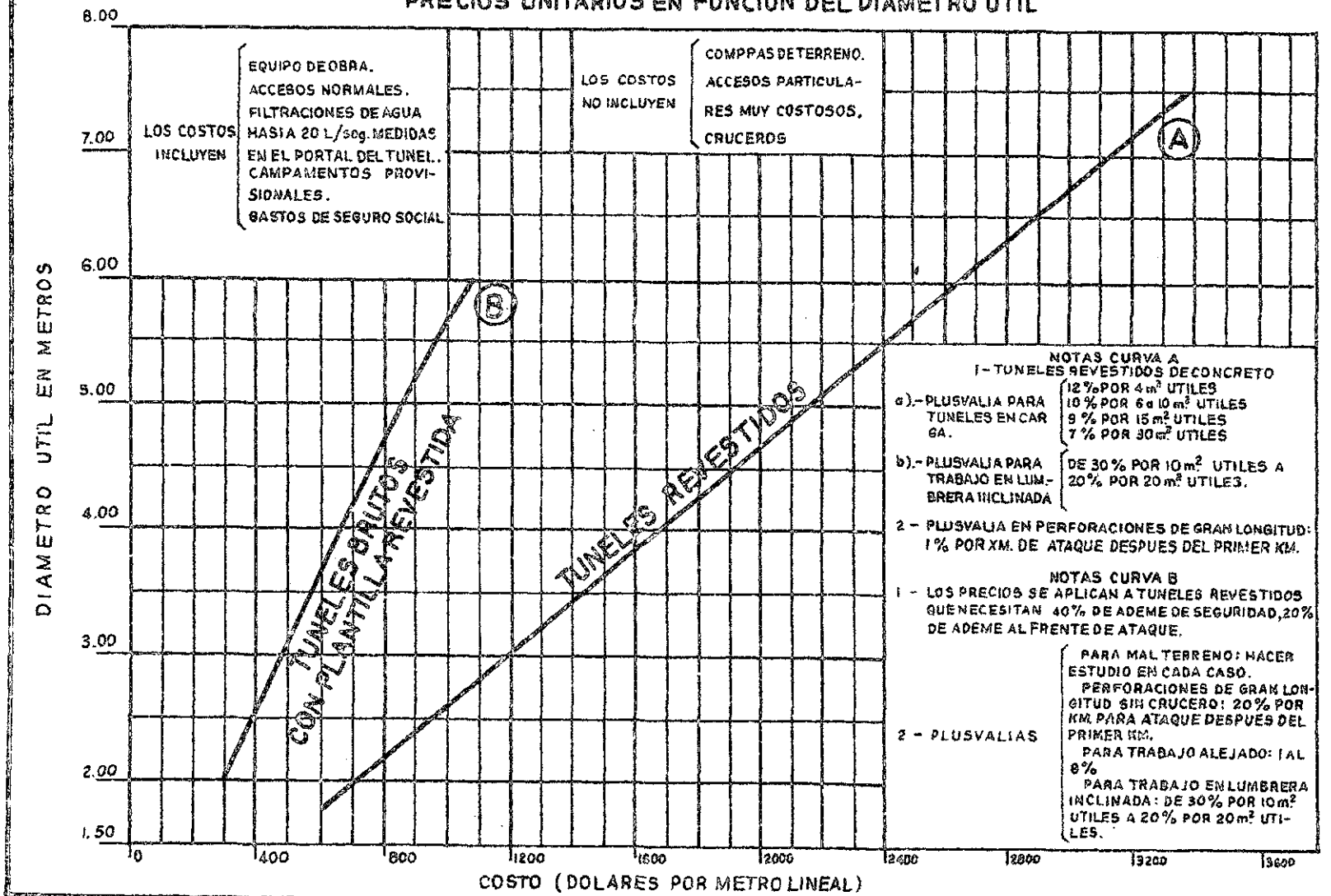


Gráfico 15

Gráfico 16

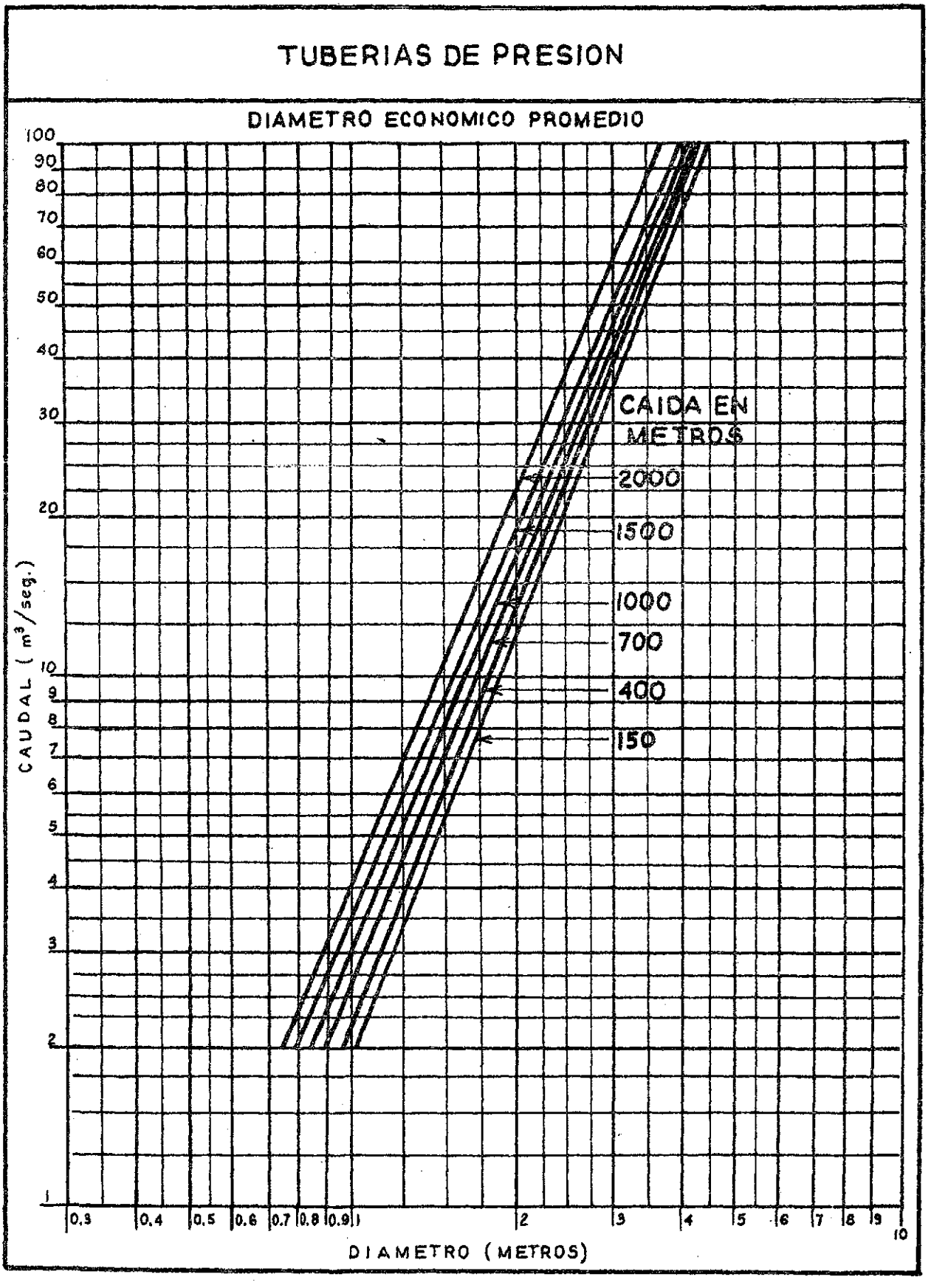

TUBERIAS DE PRESION
DIAMETRO ECONOMICO PROMEDIO
CAIDA EN METROS
2000
1500
1000
700
400
150
CAUDAL (m³/seg.)
DIAMETRO (METROS)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

Gráfico 17

TUBERIA FORZADA

PESO TEORICO DEL TRAMO SUPERIOR CON PENDIENTE UNIFORME Y ESPESOR DE 10 mm.

ESFUERZO DE TRABAJO: 17 KG/mm² PESO REAL = PESO TEORICO x 1.3

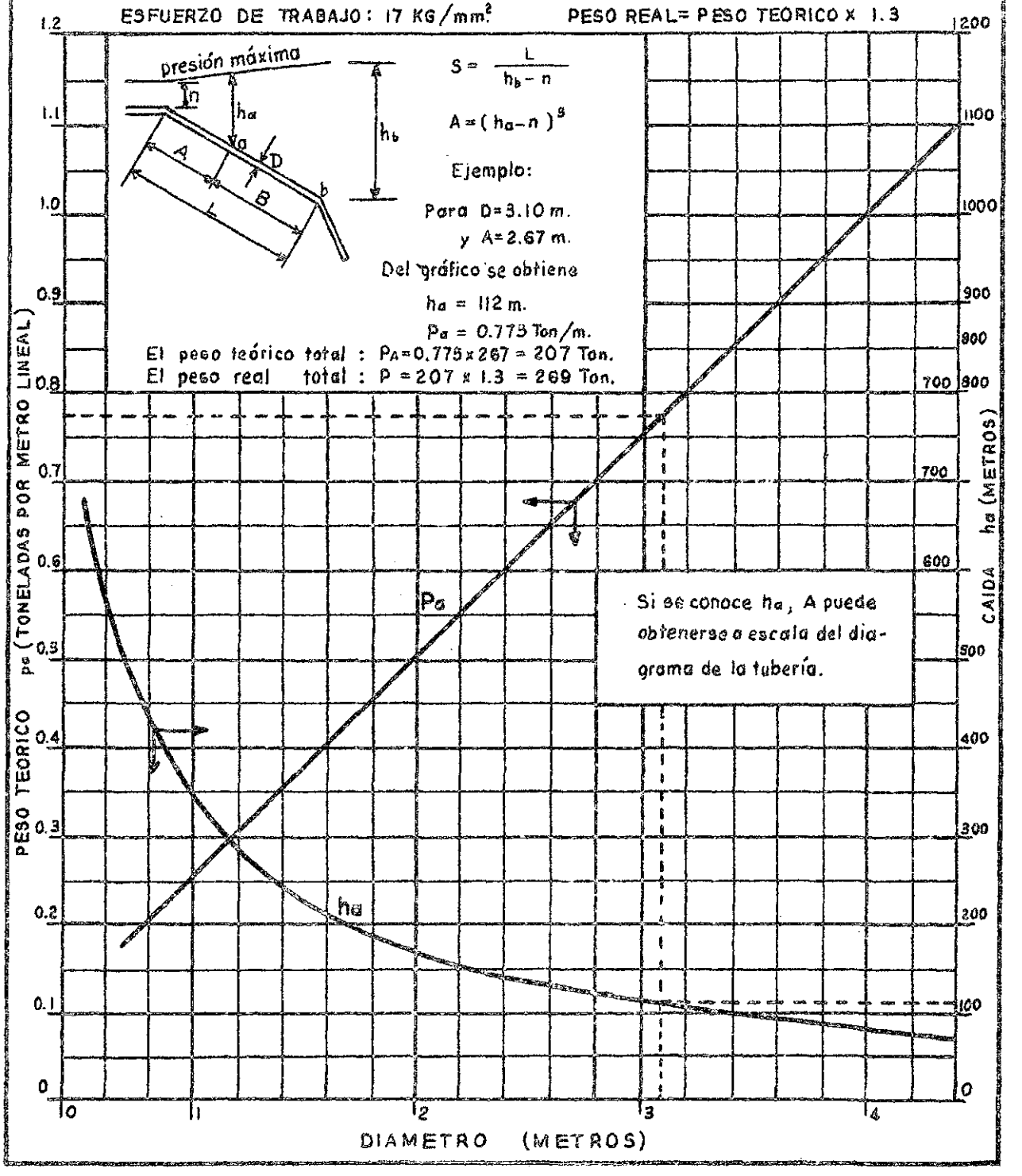


Gráfico 18

TUBERIA FORZADA

PESO TEORICO DEL TRAMO INFERIOR DE ESPESOR VARIABLE CON PENDIENTE UNIFORME

ESFUERZO DE TRABAJO 17 Kg./mm²
PESO REAL = PESO TEORICO x 1.3

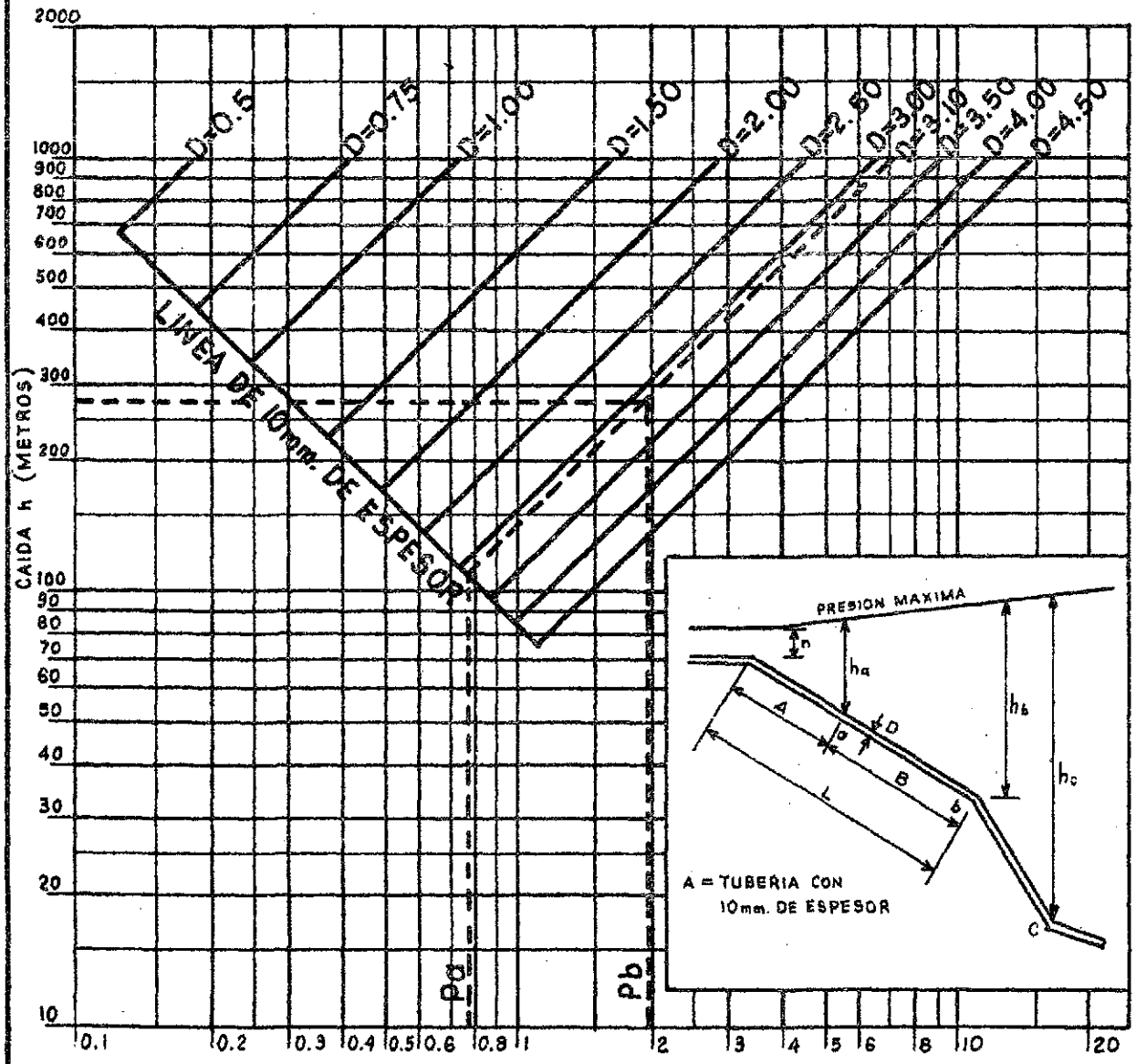
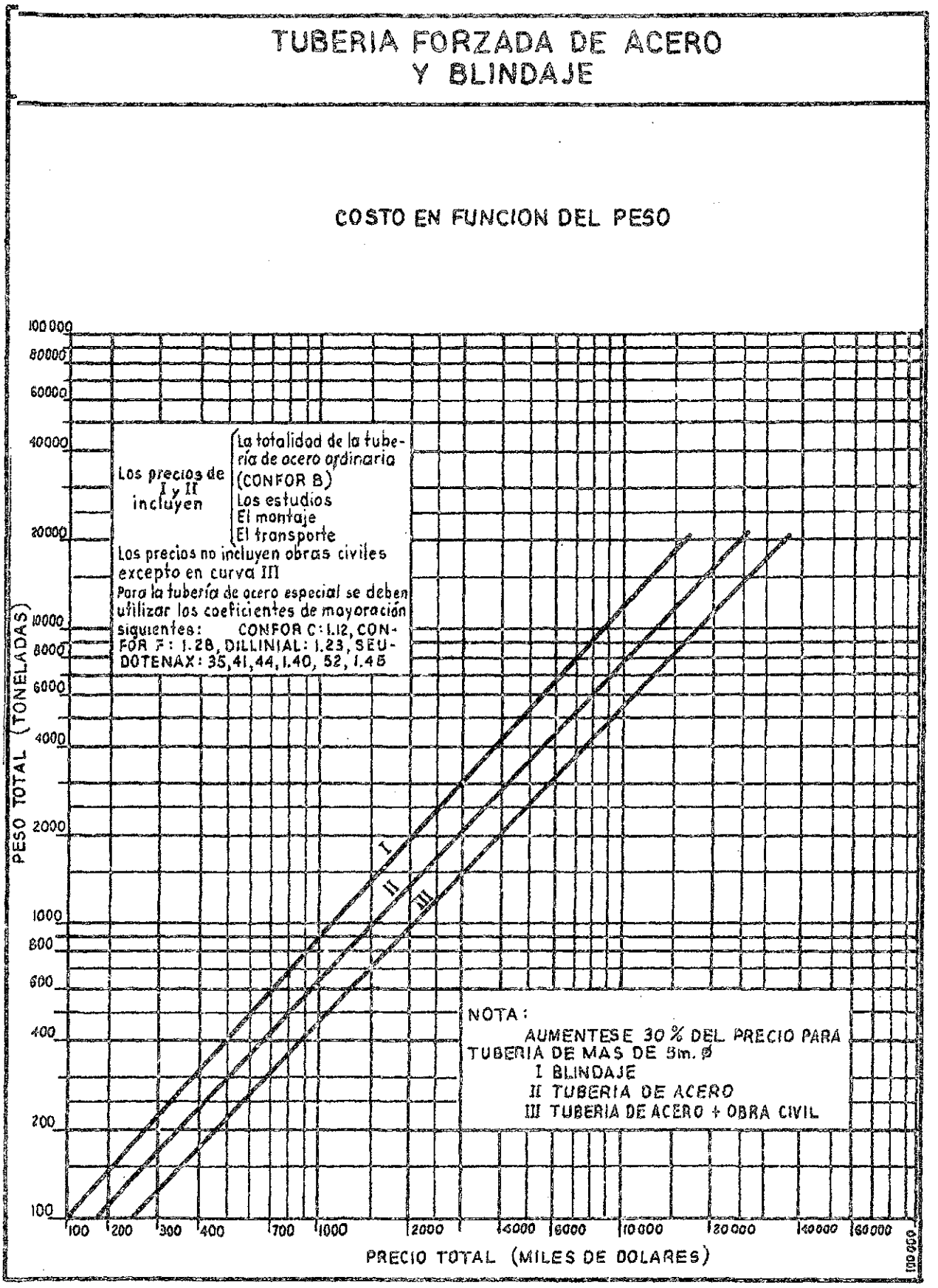


Gráfico 19


TUBERIA FORZADA DE ACERO
Y BLINDAJE
COSTO EN FUNCION DEL PESO
Los precios de I y II incluyen
La totalidad de la tubería de acero ordinaria (CONFOR B)
Los estudios
El montaje
El transporte
Los precios no incluyen obras civiles excepto en curva III
Para la tubería de acero especial se deben utilizar los coeficientes de mayoración siguientes: CONFOR C: 1.12, CONFOR F: 1.28, DILLINIAL: 1.23, SEUDOTENAX: 35, 41, 44, 1.40, 52, 1.45
NOTA:
AUMENTESE 30 % DEL PRECIO PARA TUBERIA DE MAS DE 3m. Ø
I BLINDAJE
II TUBERIA DE ACERO
III TUBERIA DE ACERO + OBRA CIVIL
I
II
III
PESO TOTAL (TONELADAS)
100 000
80000
60000
40000
20000
10000
8000
6000
4000
2000
1000
800
600
400
200
100
100
200
300
400
700
1000
2000
4000
6000
10 000
20 000
40000
60000
PRECIO TOTAL (MILES DE DOLARES)

TUBERIA FORZADA

COSTOS EN FUNCION DEL DIAMETRO Y CARGA HIDROSTATICA

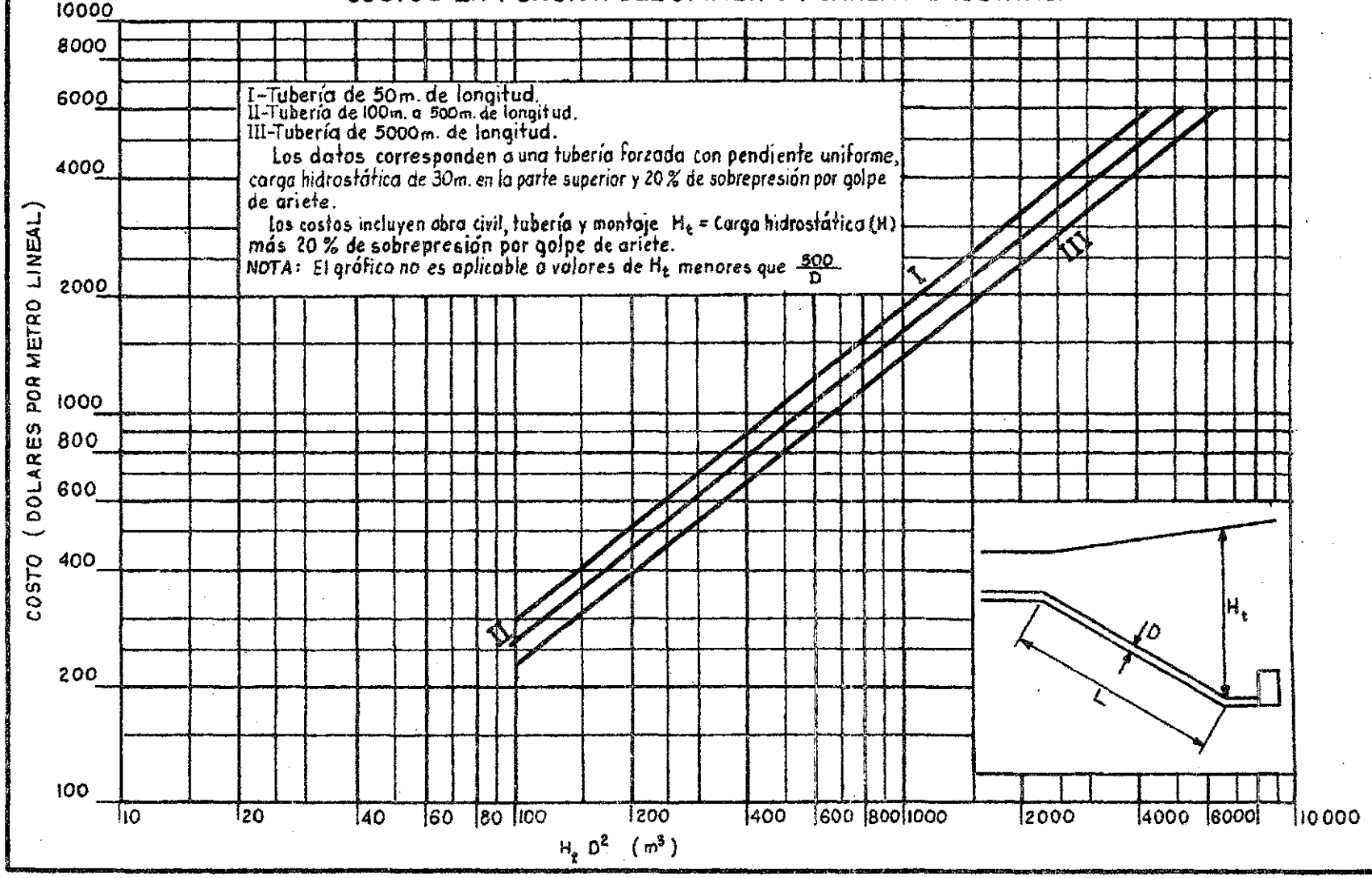


Gráfico 20

TANQUE DE OSCILACION SIMPLE

DIAMETRO Y ALTURA EN FUNCION DE LAS CARACTERISTICAS DE CONDUCCION A BAJA PRESION

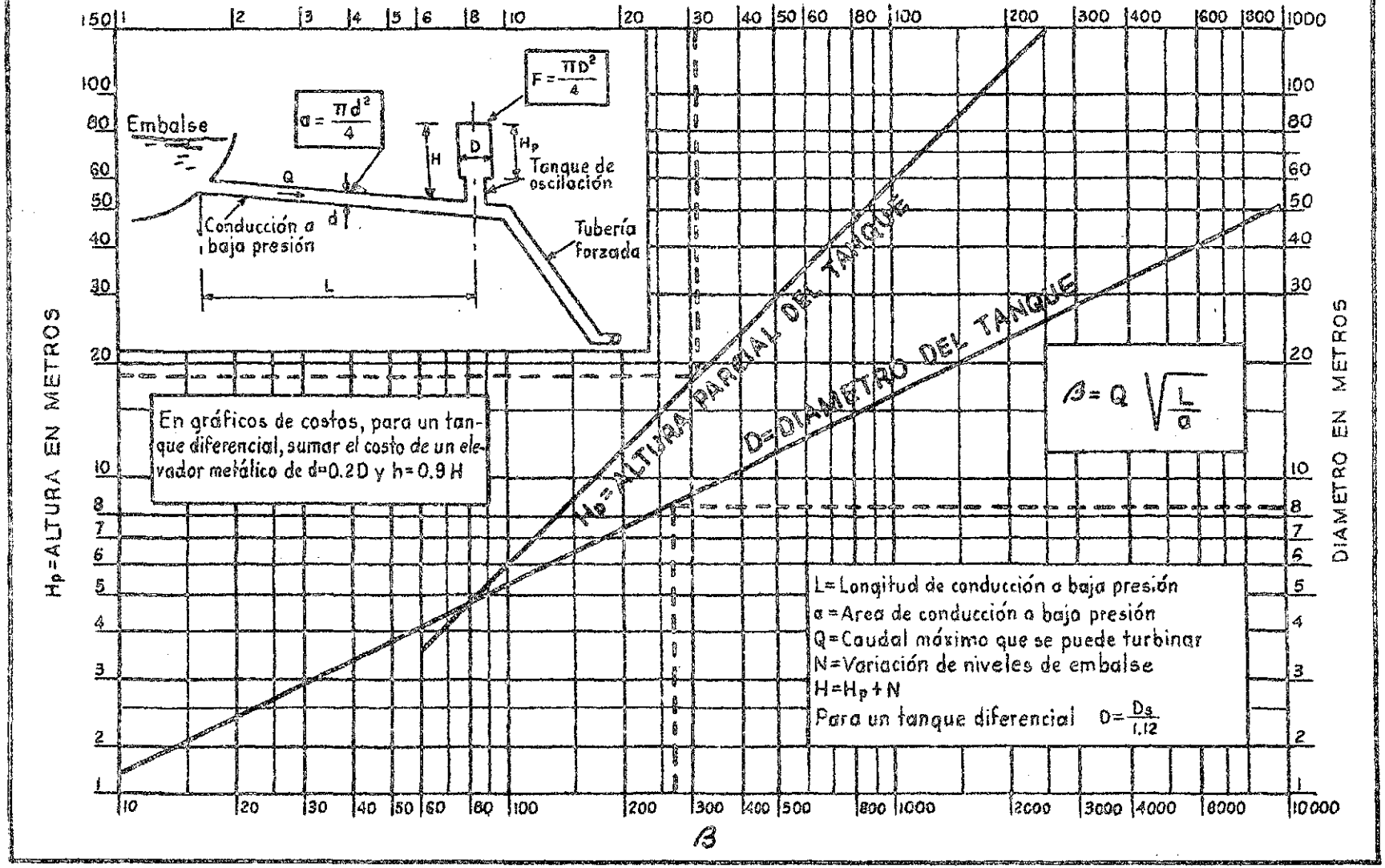


Gráfico 21

Gráfico 22

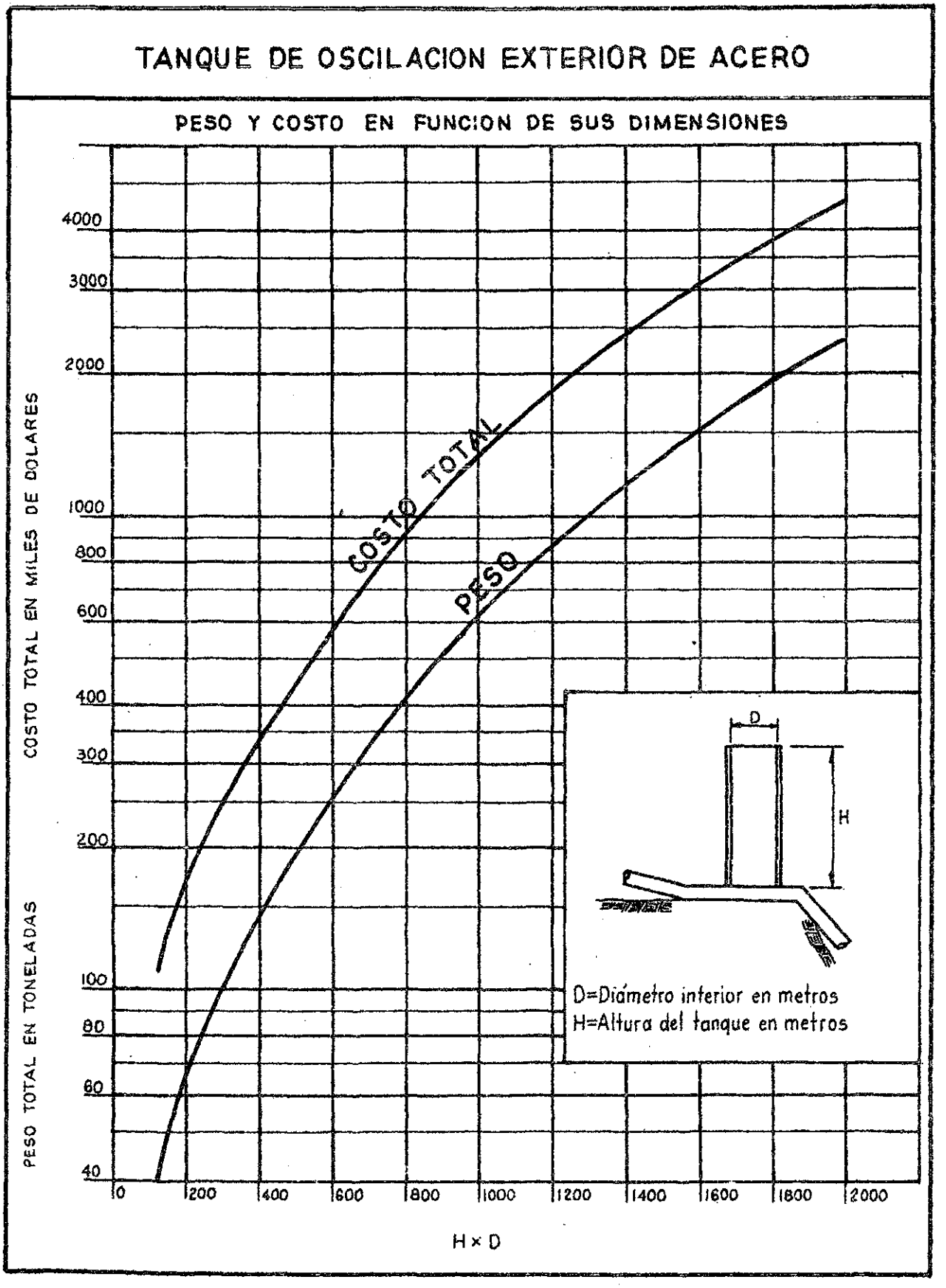

TANQUE DE OSCILACION EXTERIOR DE ACERO
PESO Y COSTO EN FUNCION DE SUS DIMENSIONES
COSTO TOTAL EN MILES DE DOLARES
PESO TOTAL EN TONELADAS
4000
3000
2000
1000
800
600
400
300
200
100
80
60
40
COSTO TOTAL
PESO
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800
2000
H × D
D
H
D=Diámetro interior en metros
H=Altura del tanque en metros

Gráfico 23

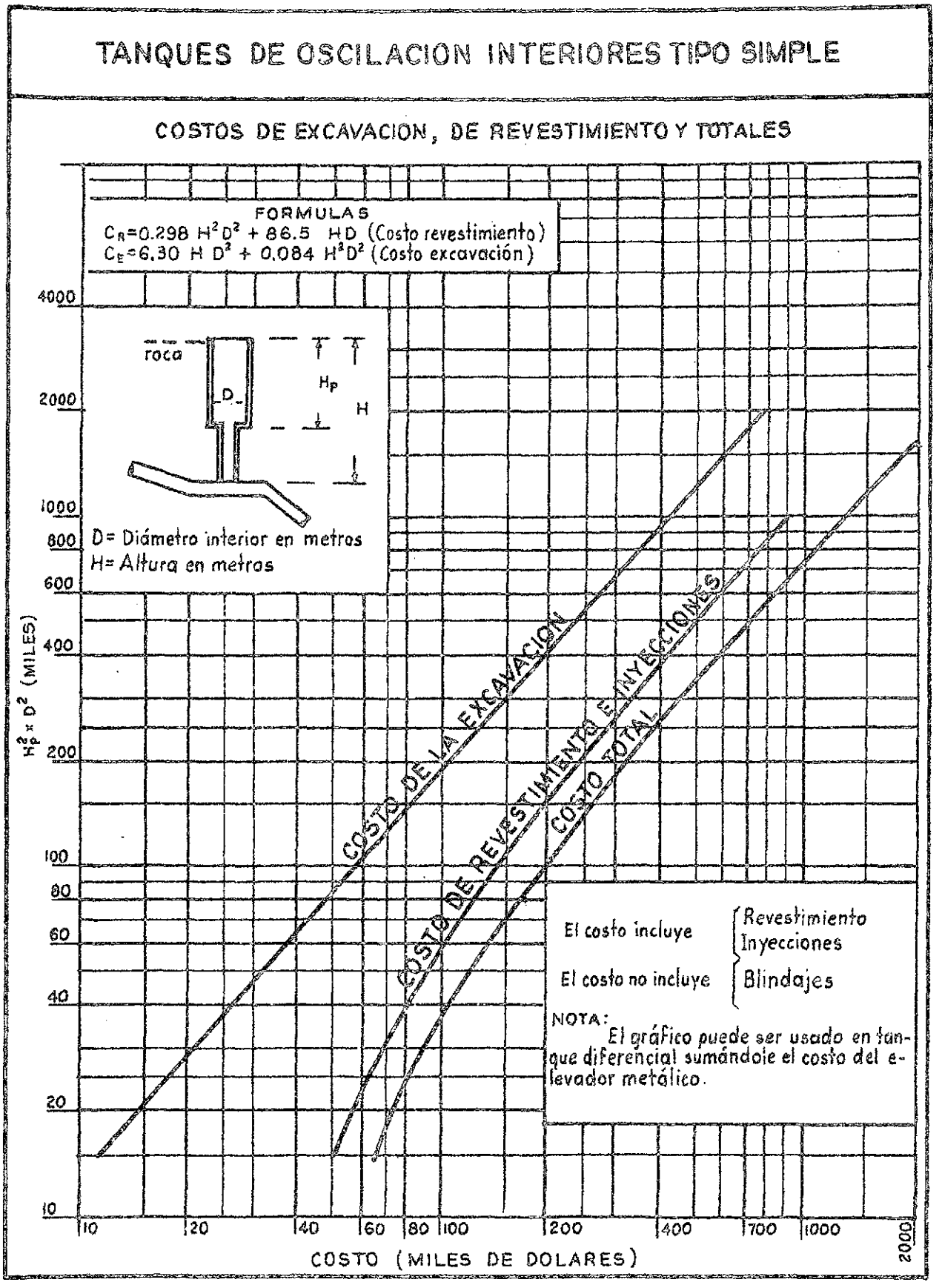

TANQUES DE OSCILACION INTERIORES TIPO SIMPLE
COSTOS DE EXCAVACION, DE REVESTIMIENTO Y TOTALES
FORMULAS
$C_R = 0.298\ H^2D^2 + 86.5\ HD$ (Costo revestimiento)
$C_E = 6.30\ H\ D^2 + 0.084\ H^2D^2$ (Costo excavación)
roca
D
H_p
H
D= Diámetro interior en metros
H= Altura en metros
COSTO DE LA EXCAVACION
COSTO DE REVESTIMIENTO E INYECCIONES
COSTO TOTAL
El costo incluye
Revestimiento
Inyecciones
El costo no incluye
Blindajes
NOTA:
El gráfico puede ser usado en tanque diferencial sumándole el costo del elevador metálico.
$H_p^2 \times D^2$ (MILES)
4000
2000
1000
800
600
400
200
100
80
60
40
20
10
10
20
40
60
80
100
200
400
700
1000
COSTO (MILES DE DOLARES)
2000

Gráfico 24

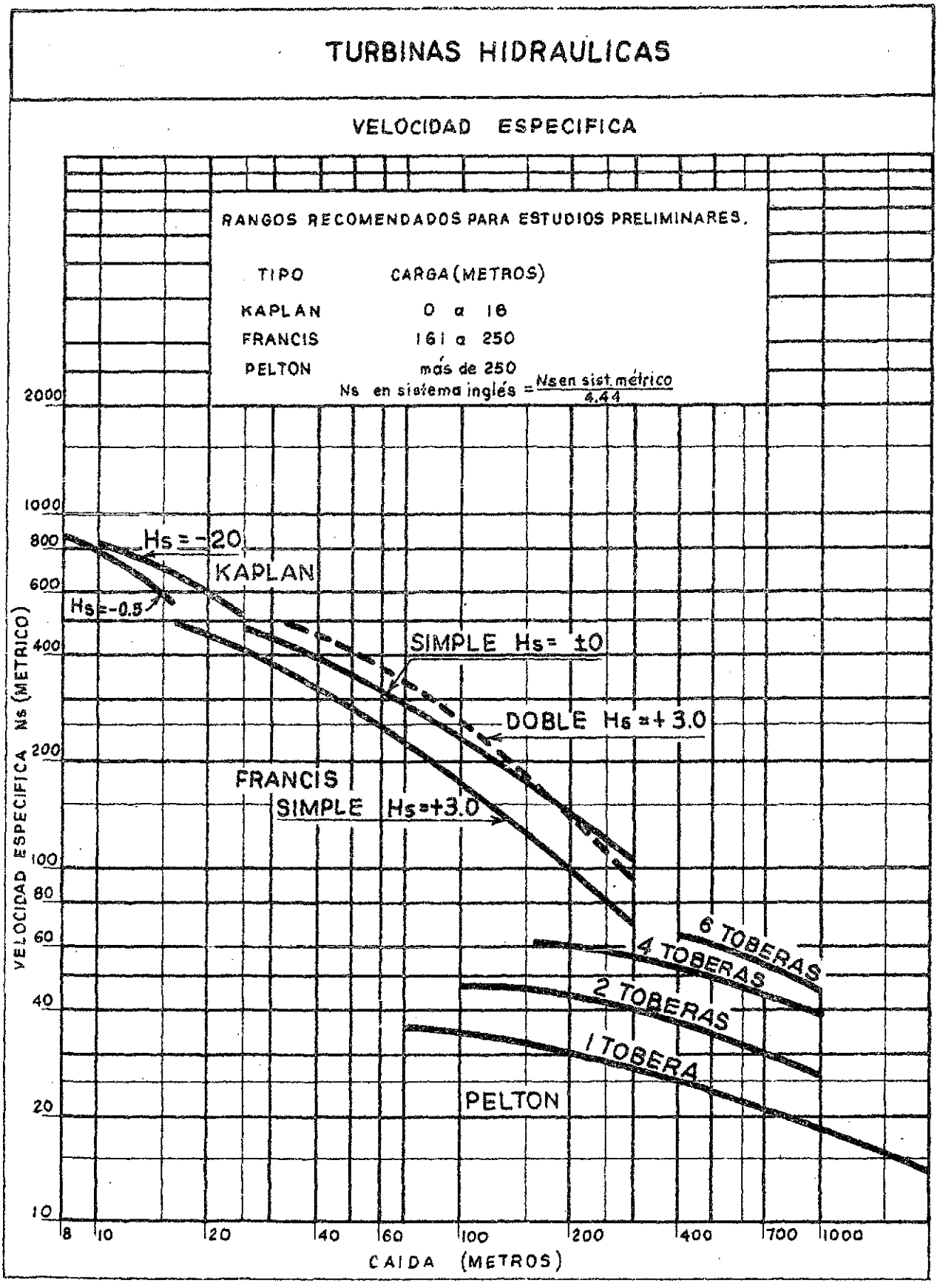

TURBINAS HIDRAULICAS
VELOCIDAD ESPECIFICA
RANGOS RECOMENDADOS PARA ESTUDIOS PRELIMINARES.
TIPO CARGA (METROS)
KAPLAN 0 a 16
FRANCIS 161 a 250
PELTON más de 250
Ns en sistema inglés = Ns en sist. métrico / 4.44
Hs = -20
KAPLAN
Hs = -0.5
SIMPLE Hs = ±0
DOBLE Hs = +3.0
FRANCIS
SIMPLE Hs = +3.0
6 TOBERAS
4 TOBERAS
2 TOBERAS
1 TOBERA
PELTON
VELOCIDAD ESPECIFICA Ns (METRICO)
2000
1000
800
600
400
200
100
80
60
40
20
10
8
10
20
40
60
100
200
400
700
1000
CAIDA (METROS)

Gráfico 25

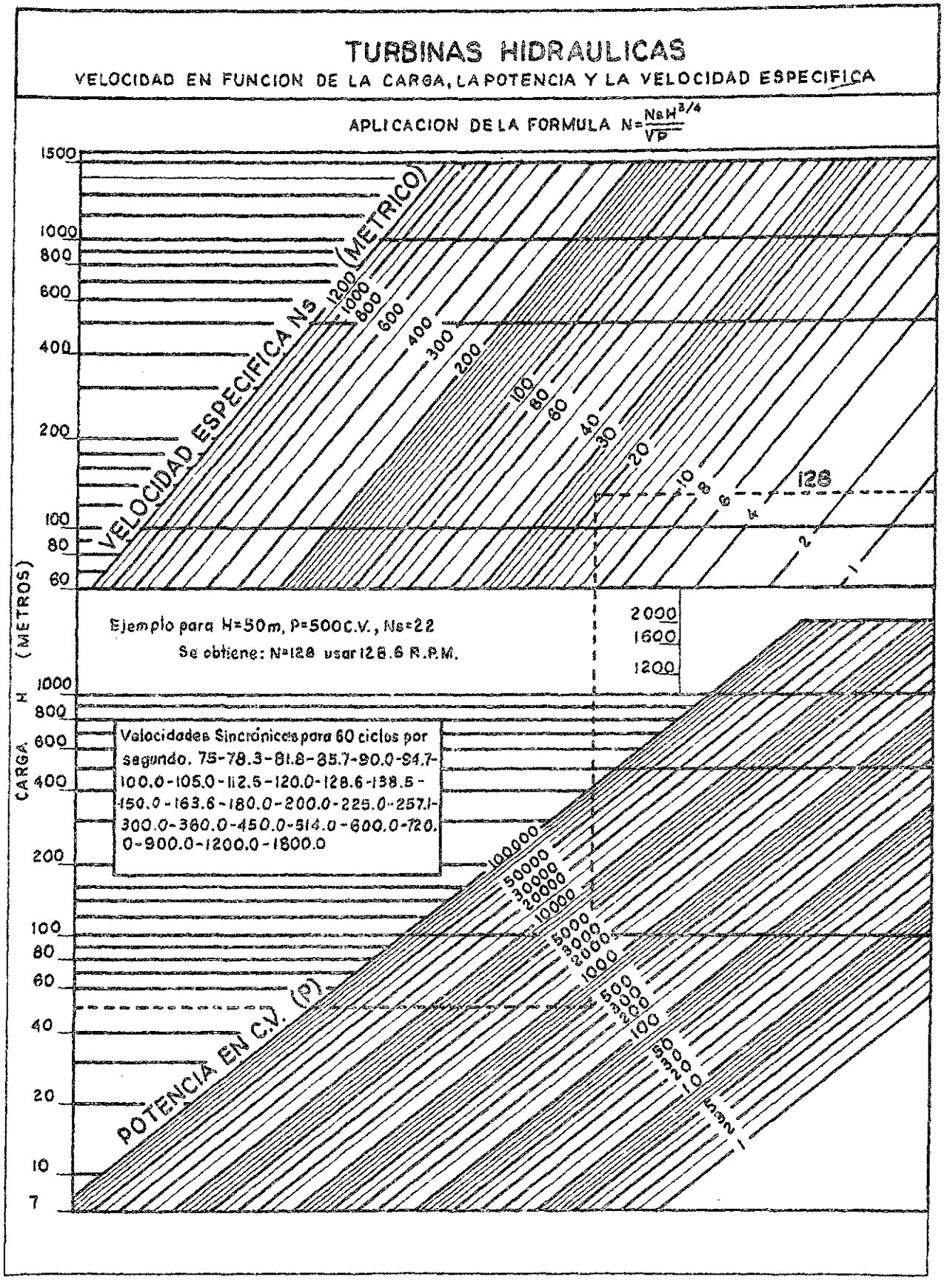

TURBINAS HIDRAULICAS
VELOCIDAD EN FUNCION DE LA CARGA, LA POTENCIA Y LA VELOCIDAD ESPECIFICA
APLICACION DE LA FORMULA $N=\frac{N_s H^{3/4}}{\sqrt{P}}$
VELOCIDAD ESPECIFICA Ns (METRICO)
1200
1000
800
600
400
300
200
100
80
60
40
30
20
10
8
6
4
2
1
128
Ejemplo para H=50m, P=500C.V., Ns=22
Se obtiene: N=128 usar 128.6 R.P.M.
2000
1600
1200
Velocidades Sincrónicas para 60 ciclos por segundo. 75-78.3-81.8-85.7-90.0-94.7-100.0-105.0-112.5-120.0-128.6-138.5-150.0-163.6-180.0-200.0-225.0-257.1-300.0-360.0-450.0-514.0-600.0-720.0-900.0-1200.0-1800.0
CARGA H (METROS)
1500
1000
800
600
400
200
100
80
60
40
20
10
7
100000
50000
30000
20000
10000
5000
3000
2000
1000
500
300
200
100
50
30
20
10
5
3
2
1
POTENCIA EN C.V. (P)

Gráfico 26

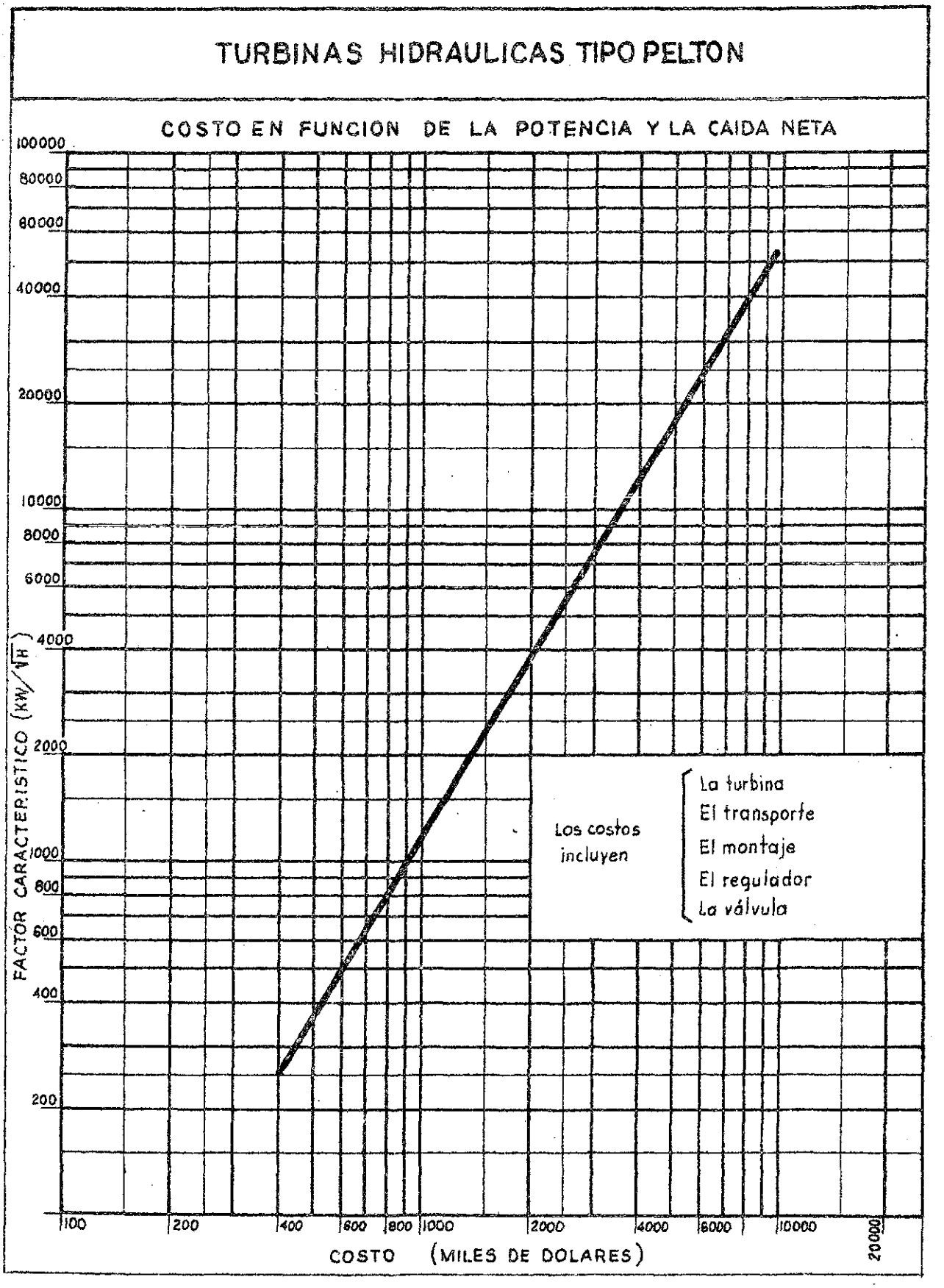

TURBINAS HIDRAULICAS TIPO PELTON
COSTO EN FUNCION DE LA POTENCIA Y LA CAIDA NETA
FACTOR CARACTERISTICO (KW/√H)
100000
80000
60000
40000
20000
10000
8000
6000
4000
2000
1000
800
600
400
200
100
200
400
600
800
1000
2000
4000
6000
10000
20000
COSTO (MILES DE DOLARES)
Los costos incluyen
La turbina
El transporte
El montaje
El regulador
La válvula

Gráfico 27

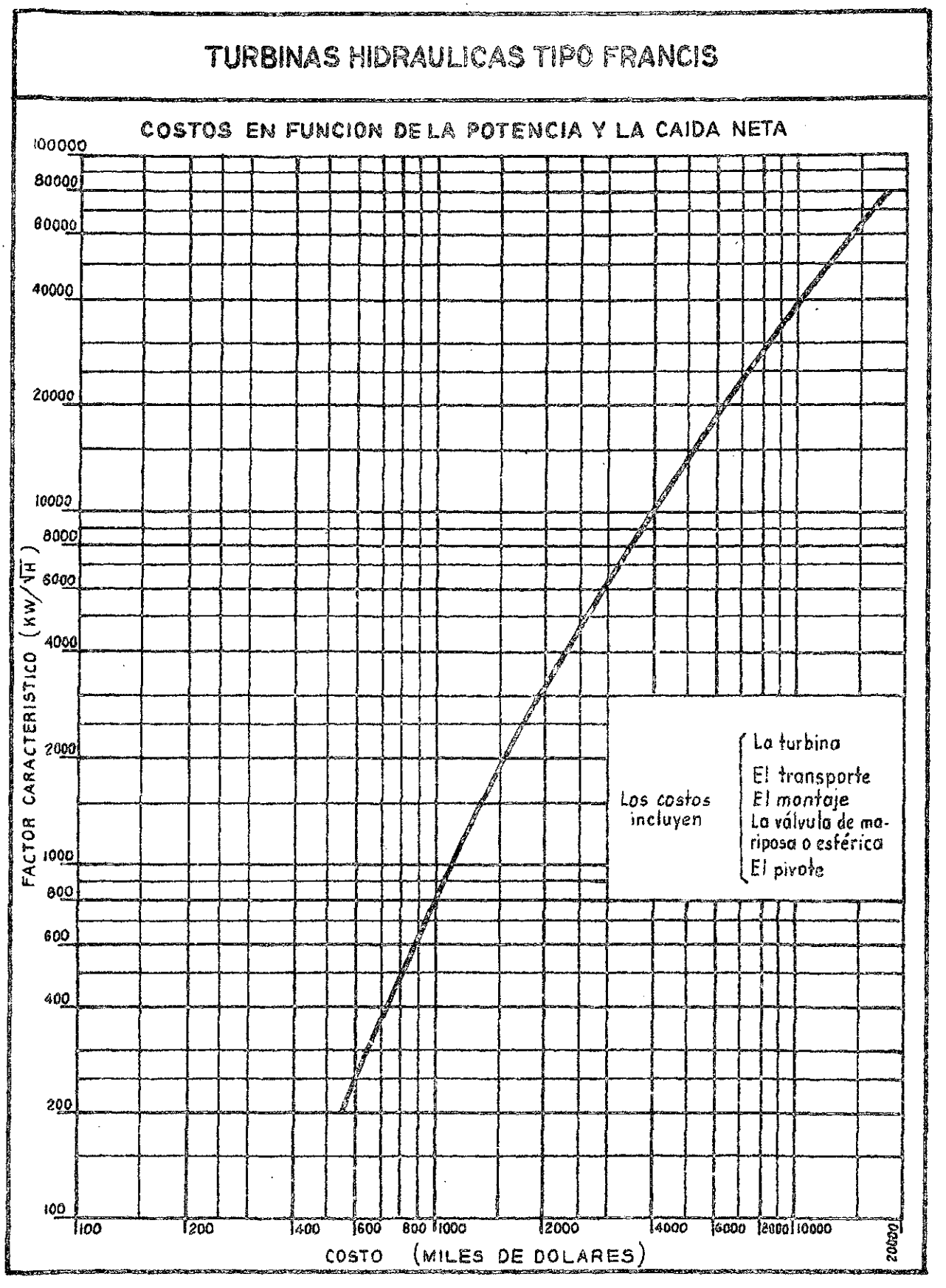

TURBINAS HIDRAULICAS TIPO FRANCIS
COSTOS EN FUNCION DE LA POTENCIA Y LA CAIDA NETA
FACTOR CARACTERISTICO (KW/√H)
100000
80000
60000
40000
20000
10000
8000
6000
4000
2000
1000
800
600
400
200
100
100
200
400
600
800
1000
2000
4000
6000
8000
10000
COSTO (MILES DE DOLARES)
Los costos incluyen
La turbina
El transporte
El montaje
La válvula de mariposa o esférica
El pivote
20000

Gráfico 28

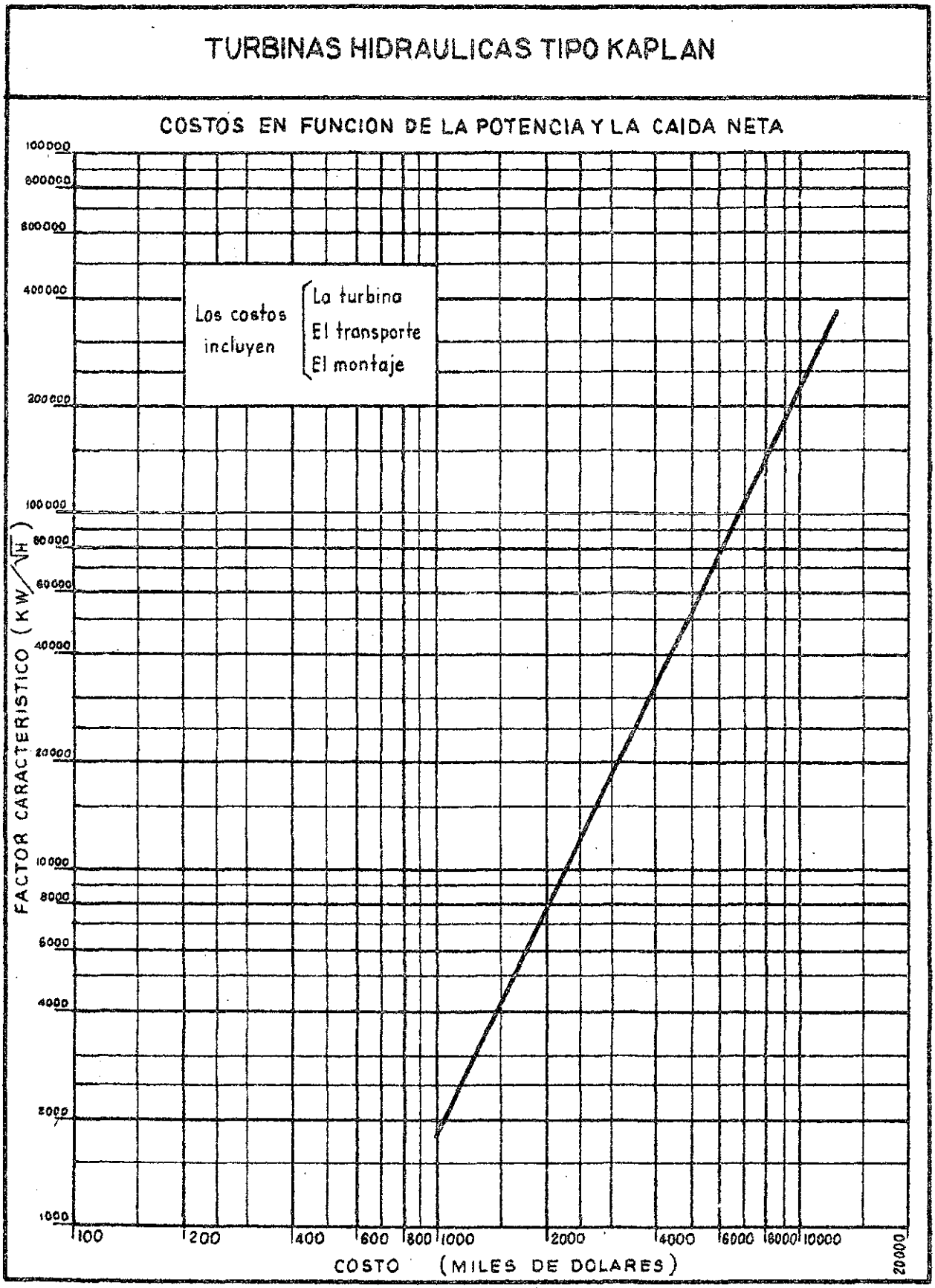

TURBINAS HIDRAULICAS TIPO KAPLAN
COSTOS EN FUNCION DE LA POTENCIA Y LA CAIDA NETA
Los costos incluyen
La turbina
El transporte
El montaje
FACTOR CARACTERISTICO (KW/√H)
100000
800000
600000
400000
200000
100000
80000
60000
40000
20000
10000
8000
6000
4000
2000
1000
100
200
400
600
800
1000
2000
4000
6000
8000
10000
20000
COSTO (MILES DE DOLARES)

Gráfico 29

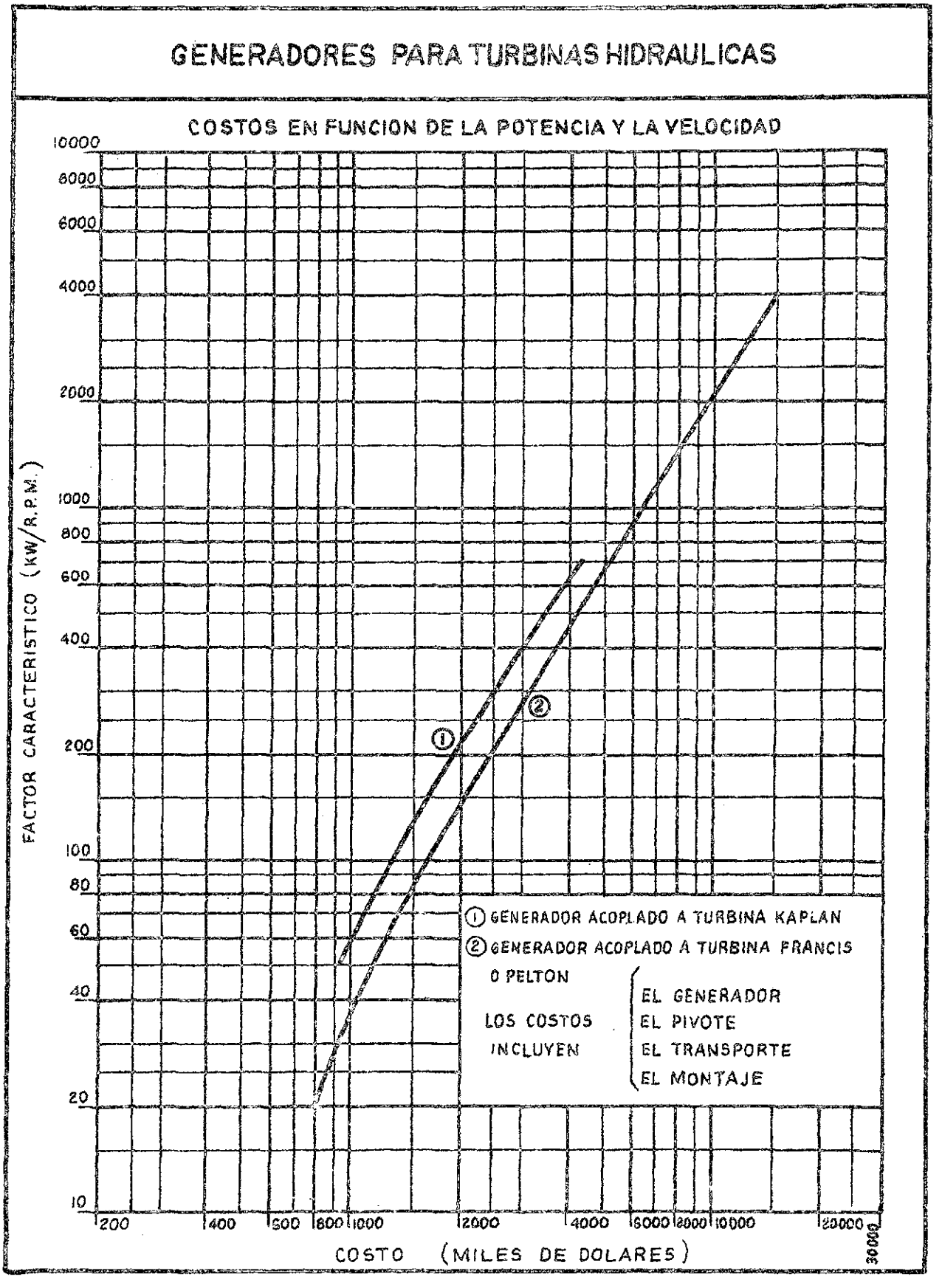

GENERADORES PARA TURBINAS HIDRAULICAS
COSTOS EN FUNCION DE LA POTENCIA Y LA VELOCIDAD
FACTOR CARACTERISTICO (KW/R.P.M.)
10000
8000
6000
4000
2000
1000
800
600
400
200
100
80
60
40
20
10
200
400
600
800
1000
2000
4000
6000
8000
10000
20000
30000
COSTO (MILES DE DOLARES)
① GENERADOR ACOPLADO A TURBINA KAPLAN
② GENERADOR ACOPLADO A TURBINA FRANCIS O PELTON
LOS COSTOS INCLUYEN
EL GENERADOR
EL PIVOTE
EL TRANSPORTE
EL MONTAJE

Gráfico 30

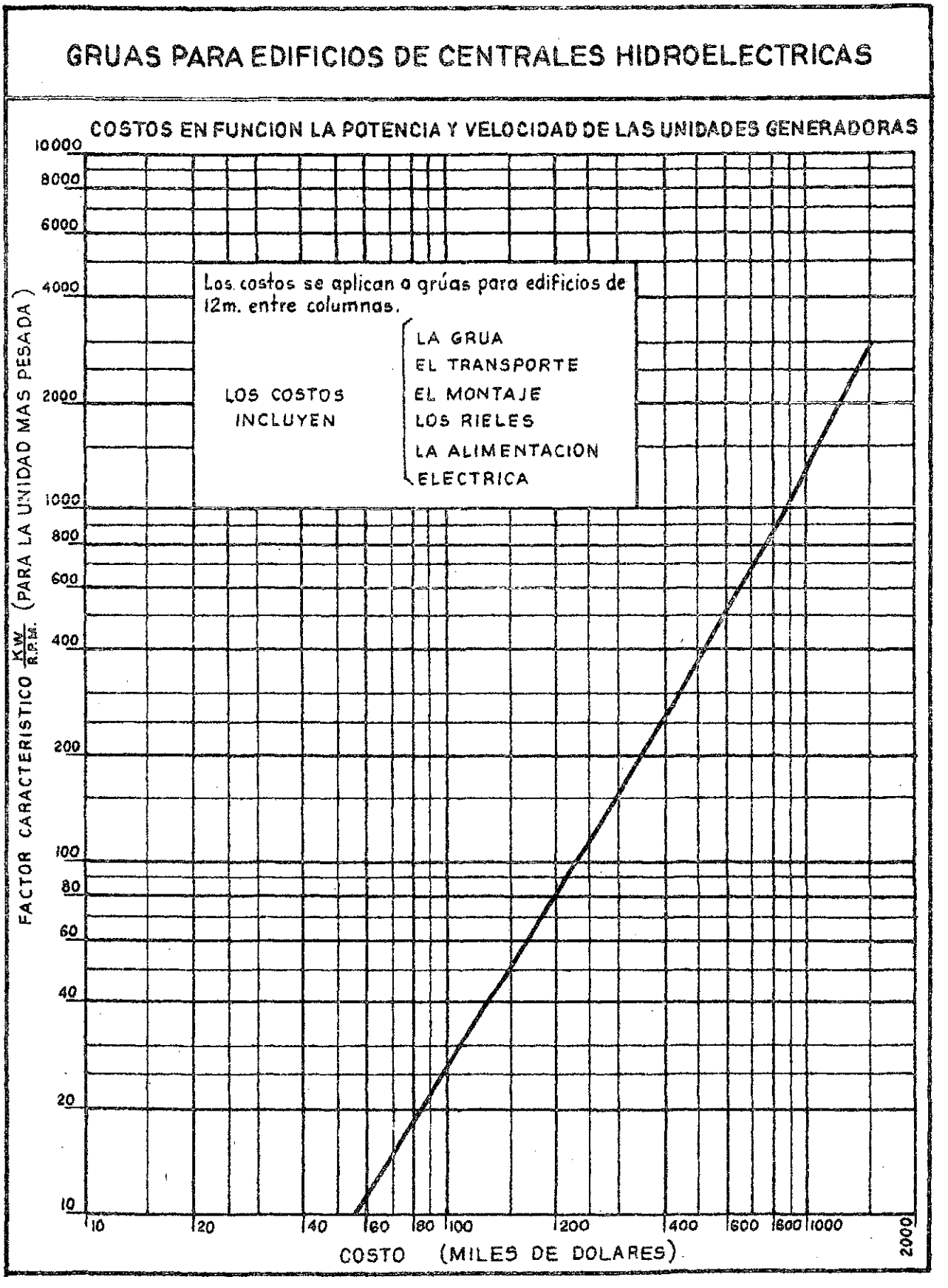

GRUAS PARA EDIFICIOS DE CENTRALES HIDROELECTRICAS
COSTOS EN FUNCION LA POTENCIA Y VELOCIDAD DE LAS UNIDADES GENERADORAS
Los costos se aplican a grúas para edificios de 12m. entre columnas.
LOS COSTOS INCLUYEN
LA GRUA
EL TRANSPORTE
EL MONTAJE
LOS RIELES
LA ALIMENTACION ELECTRICA
FACTOR CARACTERISTICO KW/R.P.M. (PARA LA UNIDAD MAS PESADA)
10000
8000
6000
4000
2000
1000
800
600
400
200
100
80
60
40
20
10
10
20
40
60
80
100
200
400
600
800
1000
2000
COSTO (MILES DE DOLARES)

Gráfico 31

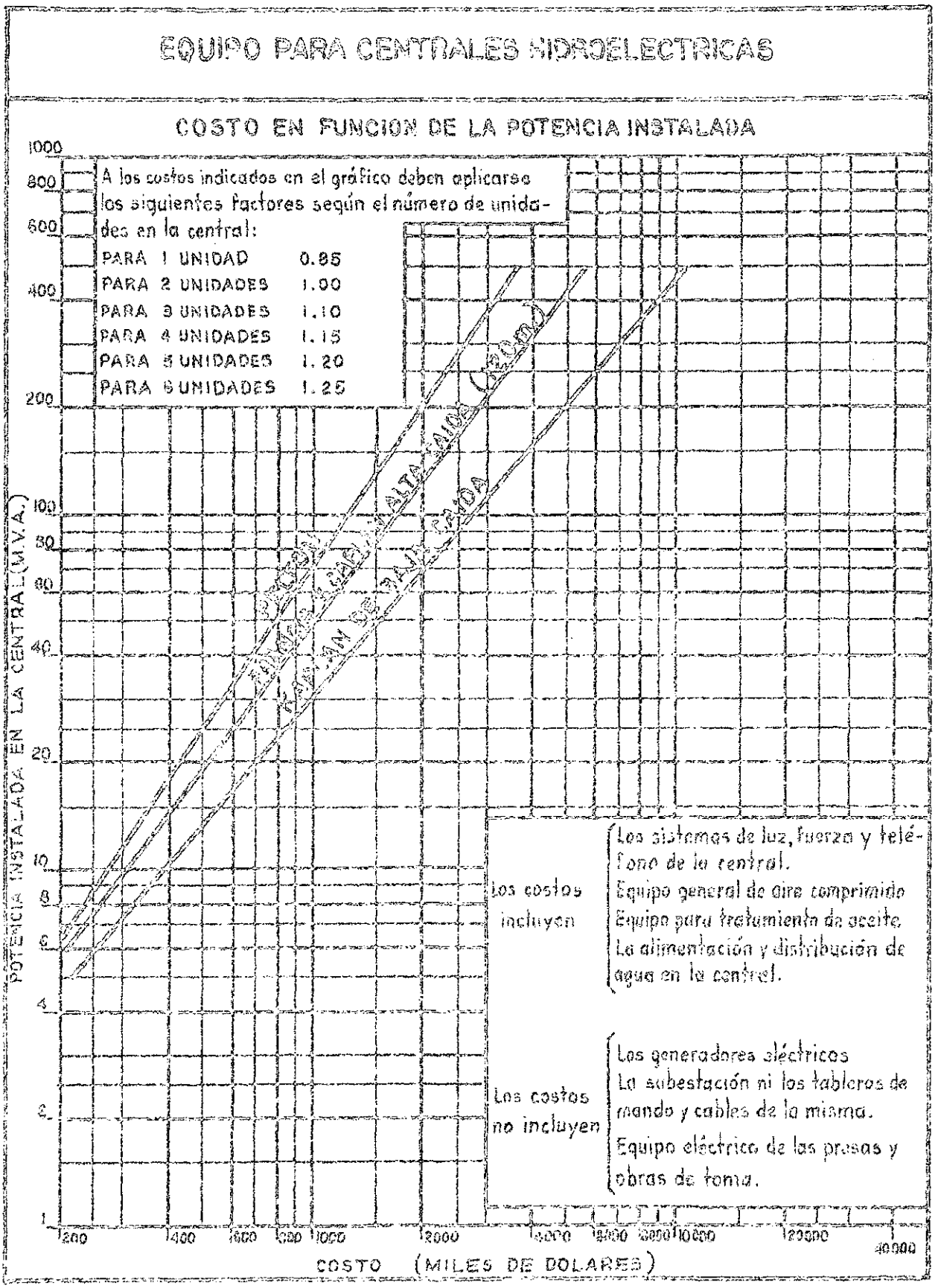
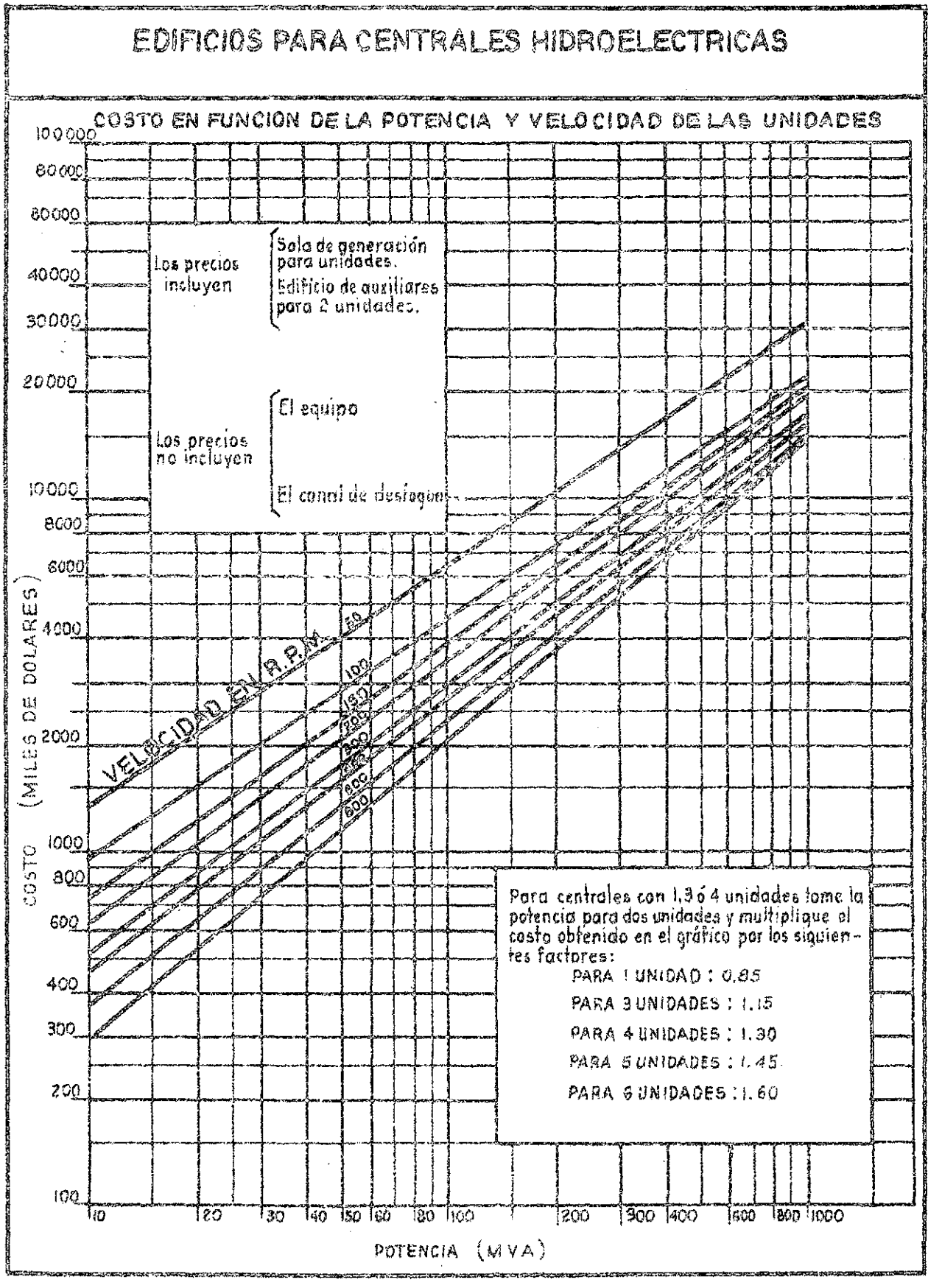

EQUIPO PARA CENTRALES HIDROELECTRICAS
COSTO EN FUNCION DE LA POTENCIA INSTALADA
A los costos indicados en el gráfico deben aplicarse los siguientes factores según el número de unidades en la central:
PARA 1 UNIDAD 0.85
PARA 2 UNIDADES 1.00
PARA 3 UNIDADES 1.10
PARA 4 UNIDADES 1.15
PARA 5 UNIDADES 1.20
PARA 6 UNIDADES 1.25
POTENCIA INSTALADA EN LA CENTRAL (M.V.A.)
1000
800
600
400
200
100
80
60
40
20
10
8
6
4
2
1
200
400
600
800
1000
2000
6000
8000
10000
20000
40000
COSTO (MILES DE DOLARES)
Los costos incluyen
Los sistemas de luz, fuerza y teléfono de la central.
Equipo general de aire comprimido
Equipo para tratamiento de aceite.
La alimentación y distribución de agua en la central.
Los costos no incluyen
Los generadores eléctricos
La subestación ni los tableros de mando y cables de la misma.
Equipo eléctrico de las presas y obras de toma.

Gráfico 32


EDIFICIOS PARA CENTRALES HIDROELECTRICAS
COSTO EN FUNCION DE LA POTENCIA Y VELOCIDAD DE LAS UNIDADES
Los precios incluyen
Sala de generación para unidades.
Edificio de auxiliares para 2 unidades.
Los precios no incluyen
El equipo
El canal de desfogue
VELOCIDAD EN R.P.M.
50
100
150
200
300
400
500
600
COSTO (MILES DE DOLARES)
100000
80000
60000
40000
30000
20000
10000
8000
6000
4000
2000
1000
800
600
400
300
200
100
10
20
30
40
50
60
80
100
200
300
400
600
800
1000
POTENCIA (MVA)
Para centrales con 1, 3 ó 4 unidades tome la potencia para dos unidades y multiplique el costo obtenido en el gráfico por los siguientes factores:
PARA 1 UNIDAD : 0.85
PARA 3 UNIDADES : 1.15
PARA 4 UNIDADES : 1.30
PARA 5 UNIDADES : 1.45
PARA 6 UNIDADES : 1.60