

MANUAL DE INGENIERIA DE DISEÑO

VOLUMEN 13-III

GUIA DE INGENIERIA

PDVSA N°	TITULO
90616.1.024	DIMENSIONAMIENTO DE TUBERIAS DE PROCESO

0	NOV.93	APROBADA	15			L.T.
REV.	FECHA	DESCRIPCION	PAG.	REV.	APROB.	APROB.
APROB. Eliecer Jiménez		FECHA NOV.93	APROB. Alejandro Newski		FECHA NOV.93	

 PDVSA	GUIA DE INGENIERIA DIMENSIONAMIENTO DE TUBERIAS DE PROCESO		PDVSA 90616.1.024
			REVISION FECHA 0 NOV.93
	Página 1		

[.Menú Principal](#)

[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)

Indice

1	ALCANCE	2
2	REFERENCIAS	2
3	GENERAL	2
4	LIQUIDOS	3
5	GASES	6
6	EROSION	7

	GUIA DE INGENIERIA DIMENSIONAMIENTO DE TUBERIAS DE PROCESO		PDVSA 90616.1.024	
			REVISION	FECHA
			0	NOV.93
Página 2				

[.Menú Principal](#)

[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)

1 ALCANCE

Estas Guías de Ingeniería contienen recomendaciones para la selección del diámetro nominal de tuberías de procesos monofásicos en plantas.

2 REFERENCIAS

- 2.1** Kern, Robert, "Propiedades Útiles de los Fluidos para el Diseño de Tuberías" (Useful Properties of Fluids for Piping Design), "Chem.", p. 58–66, Dic. 23, 1974.
- 2.2** Simpson, L.L., "Tuberías de Proceso: Diseño Funcional" (Process Piping: Functional Design), "Chem. Eng.", p. 167–181, Abril 14, 1969.
- 2.3** "Flujo de Fluidos a través de Válvulas, Accesorios y Tuberías" (Flow of Fluids Through Valves, Fittings, and Pipes), "Crane co. Apuntes Técnicos N° 410 (1969).
- 2.4** Datos Hidráulicos de Cameron, Ingersoll–Rand Company,
- 2.5** Prácticas Recomendadas de API para el Diseño e Instalación de Sistemas de Tuberías de Plataformas de Producción Costa Afuera, RP 14E, última edición.

3 GENERAL

- 3.1** El espesor de tubería es usualmente un factor insignificante en la selección de diámetros de tuberías para procesos en planta. La excepción puede presentarse cuando dimensionen líneas de diámetros pequeños o de alta presión. Cuando el espesor sea importante, refiérase a los códigos pertinentes de tubería para más detalles.
- 3.2** El material tomado de las referencias incluidas en esta Guía tienen una larga historia de aplicaciones exitosas a problemas de diseño.

Los criterios de selección no son siempre terminantes y pueden surgir algunas discrepancias en la comparación de algunos de los materiales de referencia. Siempre que el ingeniero enfrente un dilema de selección, lo conveniente es referirse al (e), API RP 14E o consultar con un ingeniero experimentado en el área de aplicación en cuestión.
- 3.3** La fórmula de Darcy–Wiesbach usada con los factores de fricción de Moody y un valor preciso de rugosidad absoluta, se considera la expresión más fundamental para el cálculo de pérdida de presión para el flujo de líquidos y gases en tuberías.

El uso de las fórmulas de Panhandle o Weymouth, para calcular la pérdida total de presión de tubería para gases, es a la vez más conveniente y de igual precisión

 PDVSA	GUIA DE INGENIERIA DIMENSIONAMIENTO DE TUBERIAS DE PROCESO		PDVSA 90616.1.024
			REVISION 0 FECHA NOV.93
	Página 3		

[.Menú Principal](#)

[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)

que la fórmula de Darcy–Wiesbach, para pérdidas de presión que excedan el diez por ciento de la presión de entrada.

3.4 La selección del diámetro de una tubería para una situación específica de proceso resulta de un balance económico. Una tubería de gran diámetro requiere mayor inversión de dinero pero a su vez abarata los costos de bombeo y viceversa. Los tramos cortos de tubería de planta no proporcionan la misma posibilidad de balance económico. En este caso, la selección se basa en experiencias anteriores de caída de presión y velocidad lineal en tuberías.

3.5 La experiencia indica que un importante límite superior de velocidad en tuberías de proceso, es la llamada “velocidad de erosión”, que equivale presumiblemente a una velocidad por encima de la cual ocurriría una erosión excesiva, con el peligro de que la tubería falle en las tes, codos, etc.

Los efectos erosivos se mencionan en la literatura; pero el mecanismo nunca se describe. Existe una corrosión por velocidad inducida (Kern); pero ésta no corresponde al tipo de erosión sobreentendida en esta guía.

Las partículas de virutas, arena o afines podrían convertirse en agente de erosión. Mientras que en el flujo bifásico las pequeñas gotas de líquido podrían ser las responsables. Independientemente del mecanismo, no cabe duda de que el fenómeno es real.

Las recomendaciones para limitar las velocidades erosivas son pocas y carecen de fundamento experimental. La recomendación se basa en una fórmula presentada varias veces en la literatura, además de la experiencia general de que no se han producido accidentes catastróficos causados por su aplicación. Cuando la limitación de ruido sea una consideración importante, se recomiendan velocidades comprendidas entre 50 y 60% de la velocidad de erosión.

3.6 Seleccione siempre tuberías con un diámetro de fácil disponibilidad. No escoja por ejemplo, tuberías de 2 1/2 o de 5 pulgadas.

3.7 El dimensionamiento de líneas debe basarse en el uso de tuberías de acero limpio. El ingeniero debe estar alerta de las condiciones inusuales que requieran de un juicio en la selección de los factores de rugosidad absoluta.

4 LIQUIDOS

4.1 El dimensionamiento de tuberías debe satisfacer los siguientes requerimientos:

CAIDAS DE PRESION RECOMENDADAS		
Servicio	Perdida Friccional de Carga Hidrostática (pie del líquido/100 pies de tubería)	Notas

[.Menú Principal](#)

[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)

Líneas de transferencia:

Agua	1 – 2	
Hidrocarburo	1 – 3	
Bomba Centrífuga:		– Verifique el NPSH Disponible:
Succión	1 – 3	
Descarga	2 – 4	6 pies/seg. velocidad máxima

4.2

Una referencia de conveniente aplicación en caída de presión de línea, es el libro de Datos Hidráulicos de Cameron (última edición). Este libro contiene tablas para agua y líquidos misceláneos. Las tablas para agua listan gpm, velocidad en pies/s y la pérdida de carga hidrostática en pies de agua/100 pies de tubería para varios diámetros de tubería. Las tabulaciones están basadas en agua a temperatura de 60° F. a 212° F, la pérdida de carga hidrostática puede ser hasta 20% menos que los valores tabulados.

Las tablas de líquidos misceláneos listan gpm, bhp y pérdida de carga hidrostática en pies de líquido por 1.000 pies de tubería para líquidos de varias viscosidades en centistokes o SSU.

4.3

La tabla de Kern puede usarse como guía de calibración de líquido. Su uso debe LIMITARSE A EFECTUAR ESTIMADOS PRELIMINARES de diámetros de tuberías.

VELOCIDADES TIPICAS DE LIQUIDOS EN TUBERIAS DE ACERO (KERN)

LIQUIDO Y LINEA	DIAMETRO NOMINAL DE TUBERIA (pulgadas)		
	2 o menor	3 a 10	10 a 20
	Velocidad pie/s	Velocidad pie/s	Velocidad pie/s
AGUA			
Succión de bomba	1 a 2	2 a 4	3 a 6
Descarga de bomba (larga)	2 a 3	3 a 5	4 a 6
Conexiones de descarga (corta)	4 a 9	5 a 12	8 a 14
Alimentación de caldera	4 a 9	5 a 12	8 a 14
Drenajes	3 a 4	3 a 5	–
Aguas negras inclinadas	–	3 a 5	–
HIDROCARBUROS LIQUIDOS (Viscosidades normales)			
Succión de bomba	1,5 a 2,5	2 a 4	3 a 6
Cabezal de descarga (largo)	2,5 a 3,5	3 a 5	4 a 7

[.Menú Principal](#)
[Indice manual](#)
[Indice volumen](#)
[Indice norma](#)

VELOCIDADES TÍPICAS DE LIQUIDOS EN TUBERIAS DE ACERO (KERN)			
LIQUIDO Y LINEA	DIAMETRO NOMINAL DE TUBERIA (pulgadas)		
	2 o menor	3 a 10	10 a 20
	Velocidad pie/s	Velocidad pie/s	Velocidad pie/s
Conexiones de descarga (corta)	4 a 9	5 a 12	8 a 15
Drenajes	3 a 4	3 a 5	–
HIDROCARBUROS VISCOSOS			
Succión de bomba			
Viscosidad mediana	–	1,5 a 3	2,5 a 5
Alquitrán y aceites combustibles	–	0,4 a 0,75	0,5 a 1
Descarga (corta)	–	3 a 5	4 a 6
Drenajes	1	1,5 a 3	–

Cuando se deban efectuar cálculos, use las fórmulas presentadas en las Guías de flujo de fluido.

EJEMPLO: Dimensione una tubería de transferencia para agua que fluya a 30 gpm a 170° F

Según las tablas del Cameron, a 30 gpm encontramos:

Diámetro de Tubería sch 40, (pulgadas)	Pérdida de Carga hidrostática, (pies/100 pies)	Velocidad (pies/s)
2	3,29	2,87
3	0,481	1,30

Este es en realidad un caso discutible. Obviamente se debe aplicar un criterio en el trabajo de selección. La selección depende del largo de la tubería y la pérdida total de presión tolerable.

EJEMPLO: Dimensione una línea de transferencia para 8.000 barriles por día de petróleo con una viscosidad de 300 SSU.

$$\frac{8.000 \times 42}{24 \times 60} = 233 \text{ gpm}$$

A partir de las tablas del Cameron, interpolamos para encontrar:

Diámetro de tubería sch 40, (pulgadas)	Pérdida de carga hidrostática, pies/100 pies	Velocidad (pies/s)
---	---	-----------------------

 PDVSA	GUIA DE INGENIERIA DIMENSIONAMIENTO DE TUBERIAS DE PROCESO		PDVSA 90616.1.024
			REVISION 0 FECHA NOV.93
	Página 6		

[.Menú Principal](#)

[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)

4	7,12	5,9
6	0,71	2,6

Use tubería de 6 pulgadas

5 GASES

5.1 La selección del diámetro de tuberías debe satisfacer las siguientes reglas:

CAIDAS DE PRESION RECOMENDADAS	
SERVICIO	CAIDA DE PRESION Lppc/100 pies de tubería
Línea de Transferencia	0,5 – 2
Compresor (psig)	
Succión, 0 – 10	0,05 – 0,125
10 – 50	0,125
50 – 100	0,25
por encima de 200	0,50
Descarga, por debajo de 50	0,125 – 0,25
50 – 100	0,25 – 0,5
por encima de 200	0,5 – 1,0

5.2 En estas Guías se incluyen gráficos para flujo de gas y gráficos separados ([Figs. 1, 2, 3, 4, 5 y 6](#)) para pérdidas de presión de 0,125; 0,25; 0,5; 1,5; 1,0 y 2,0 Lppc por cada 100 pies de tubería. Los mismos están basados en flujo completamente turbulento en tuberías limpias de acero. Los datos requeridos son tasa de flujo de gas (Millones de pie³ Estándar por día), temperatura de la línea, presión promedio, gravedad del gas y factor de compresibilidad del gas (en caso de ser conocido). En caso necesario todas las líneas en estos diagramas pueden ser extrapoladas (incluyendo las líneas correctoras).

5.3 A pesar de que las recomendaciones arriba mencionadas deben ser seguidas, las velocidades típicas mencionadas por Kern se incluyen a continuación a manera de referencia.

VELOCIDADES TIPICAS EN LINEAS DE GASES Y VAPOR (KERN)			
	Vapor de Agua o Vapor Saturado	Vapor de Agua y Vapor Sobrecalentados, gas	
Diámetro Nominal de Tubería (Pulg.)	Por debajo de 50 Lppcm Veloc. (pies/s)	5 a 150 Lppcm Veloc. (pies/s)	150 a 250 Lppcm Veloc. (pies/s)

[.Menú Principal](#)

[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)

2 o menor	45 a 100	40 a 80	30 a 60
3 a 4	50 a 110	45 a 90	35 a 70
6	60 a 120	50 a 120	45 a 90
8 a 10	65 a 125	80 a 160	65 a 125
12 a 14	70 a 130	100 a 190	80 a 145
16 a 18	75 a 135	110 a 210	90 a 160
20	80 a 140	120 a 220	100 a 170

NOTA:

Entre las velocidades y rangos de diámetros de tuberías arriba mencionadas, (a) las líneas de diámetros grandes pueden tener velocidades más altas que las de diámetros pequeños y (b) las líneas cortas y las guías de cabezales pueden tener velocidades más altas que las líneas largas y los cabezales.

5.4 La tabla de Kern puede usarse para efectuar estimados preliminares de diámetros de tuberías, pero no debe usarse para líneas de succión de compresores.

EJEMPLO: Dimensione una tubería corta de gas para 20.000.000 pie³ Estándar por día con una gravedad específica de 0,8. La presión y temperatura son 5 Lppcm (20 psia) y 100° F (560 R), respectivamente. Asuma Z = 1,0.

Use el gráfico de 0,125 Lppc/100 pies. Entre con el valor de 20 Millones de pie³ Estándar por día y haga las correcciones según se indica en el gráfico para la temperatura y gravedad. Siguiendo esta línea a través del psia, el punto operativo está entre 16 y 20 pulgadas. Use una tubería de succión de 20 pulgadas.

Calcule la velocidad del gas.

$$Q = \frac{20.000.000}{86.400} \times \frac{14,7}{20} \times \frac{560}{520} = 183 \text{ pies}^3/\text{seg}$$

$$A = 2,074 \text{ pies}^2$$

$$V = 183,2/2,0745 = 88,3 \text{ pies/s}$$

Según la tabla de Kern, la velocidad es conservadora.

6 EROSION

6.1 La [Fig. 7](#) se usa para calcular la velocidad de erosión tolerable.

EJEMPLO: Calcule la velocidad de erosión para el gas a que se refiere el ejemplo anterior.

 PDVSA		PDVSA	
		REVISION	FECHA
		Página 8	

[.Menú Principal](#)

[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)

$$\frac{PM}{RT} = Densidad \frac{(20) (0,8 \times 29)}{(10,37) (560)} = 0,0772 \text{ lb/pies}^3$$

Según la fórmula la velocidad de erosión es 576 pies/s. Esta velocidad excede bastante las velocidades normales de gases.

EJEMPLO: ¿Cuál es la velocidad de erosión para petróleo con gravedad específica de 0,83?

Densidad = 0,83 (62,3) = 51,7

Según el diagrama, la velocidad de erosión es aproximadamente 22 pies/s.

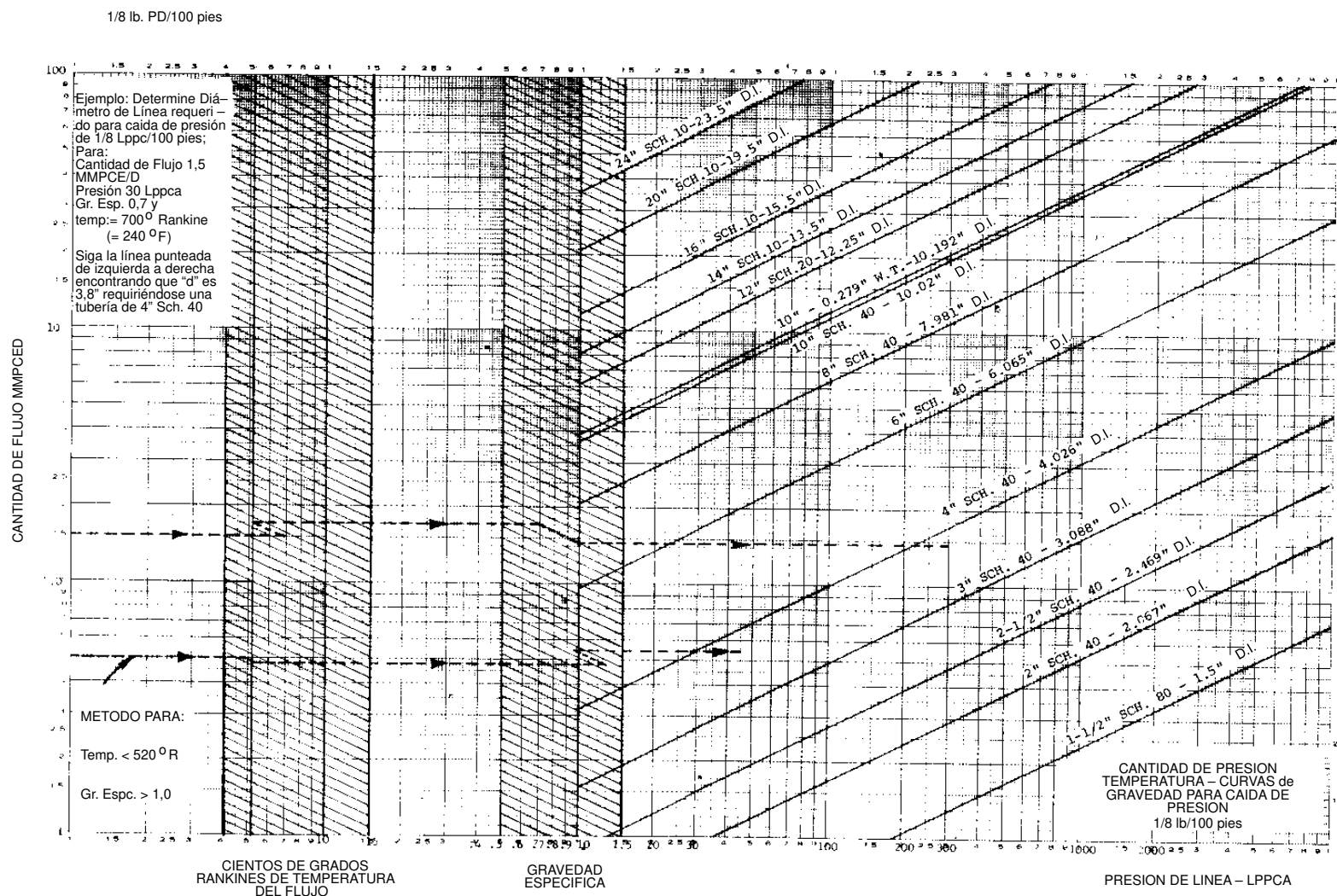
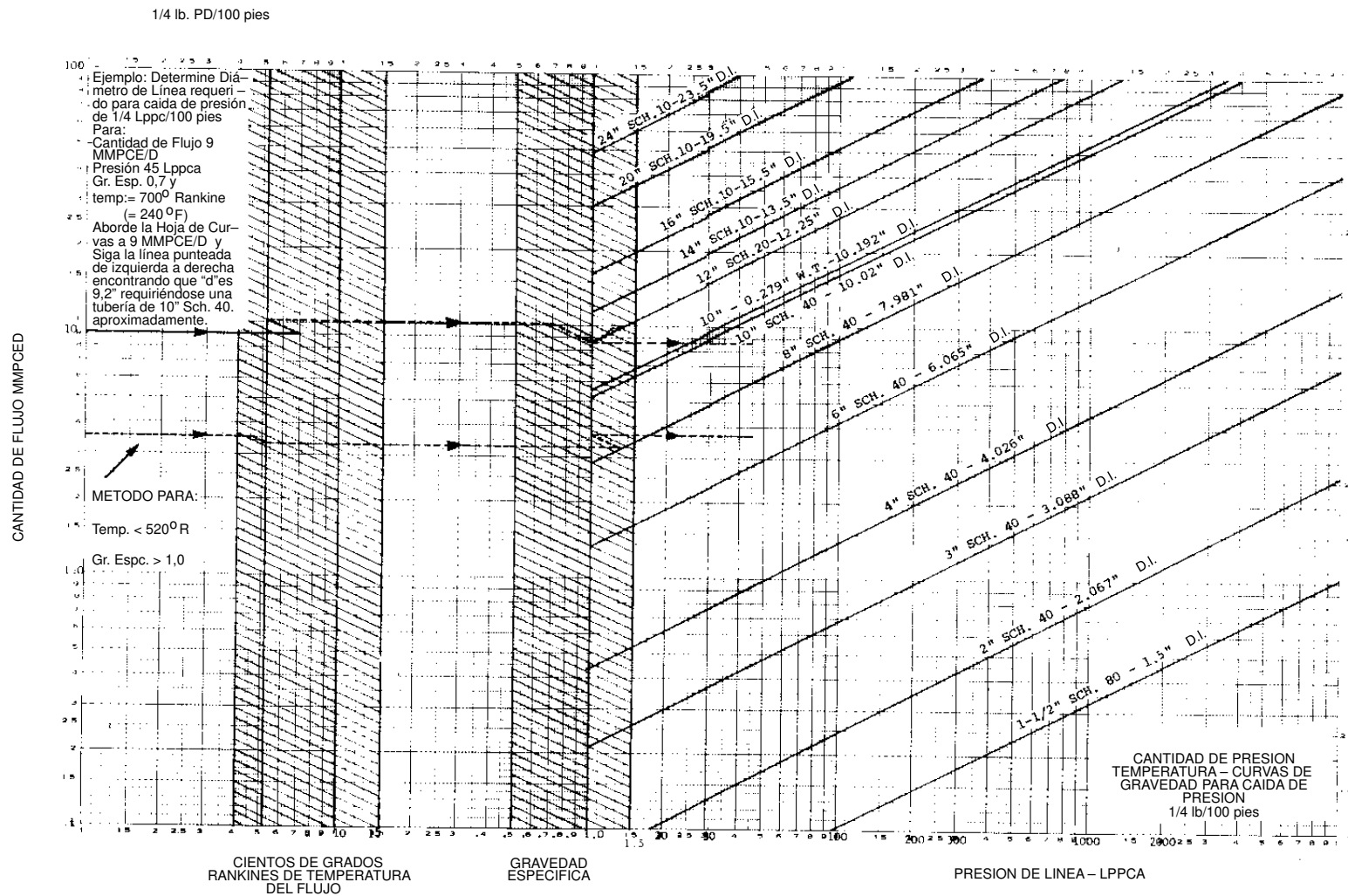


FIG. 1


FIG. 2

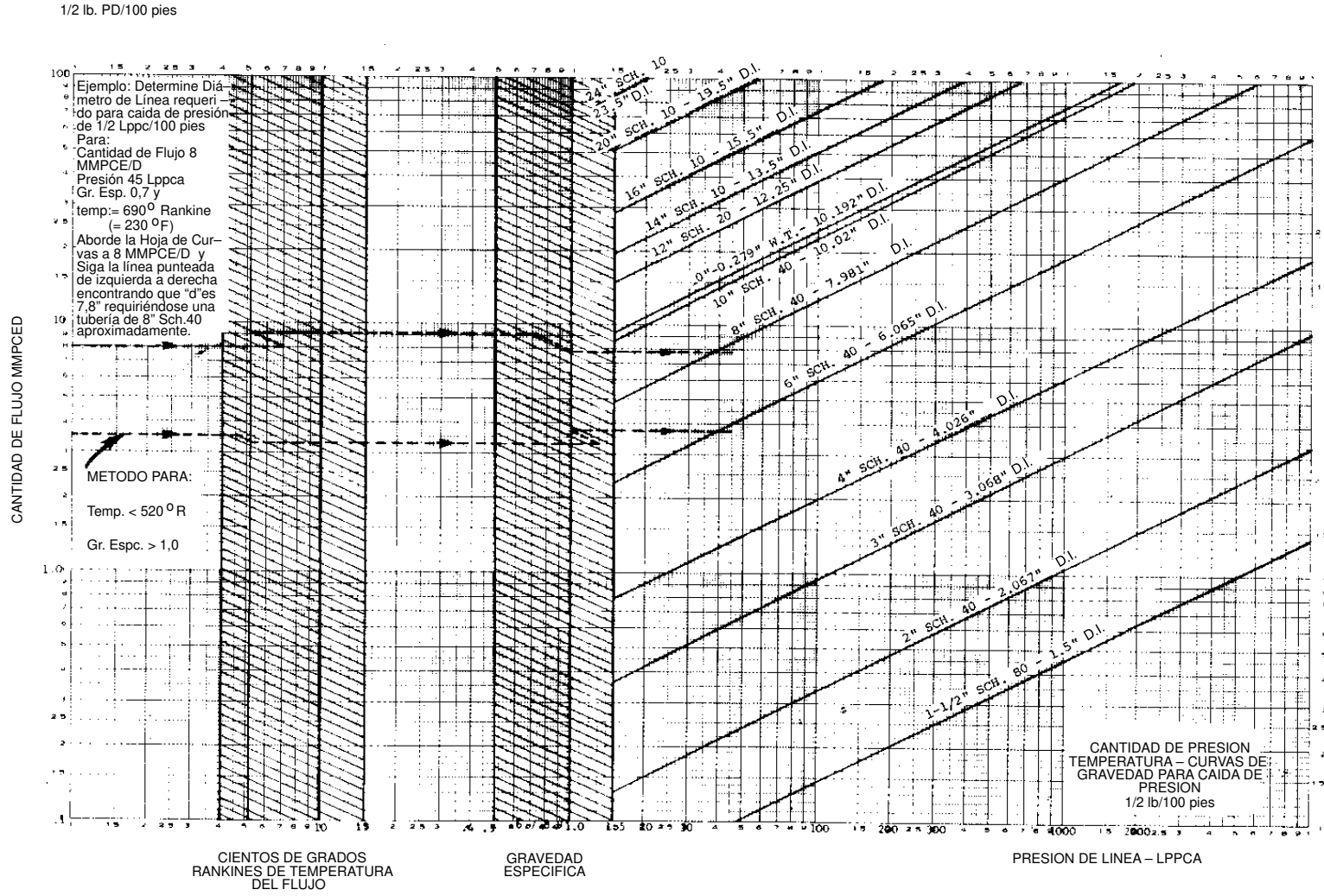


FIG. 3

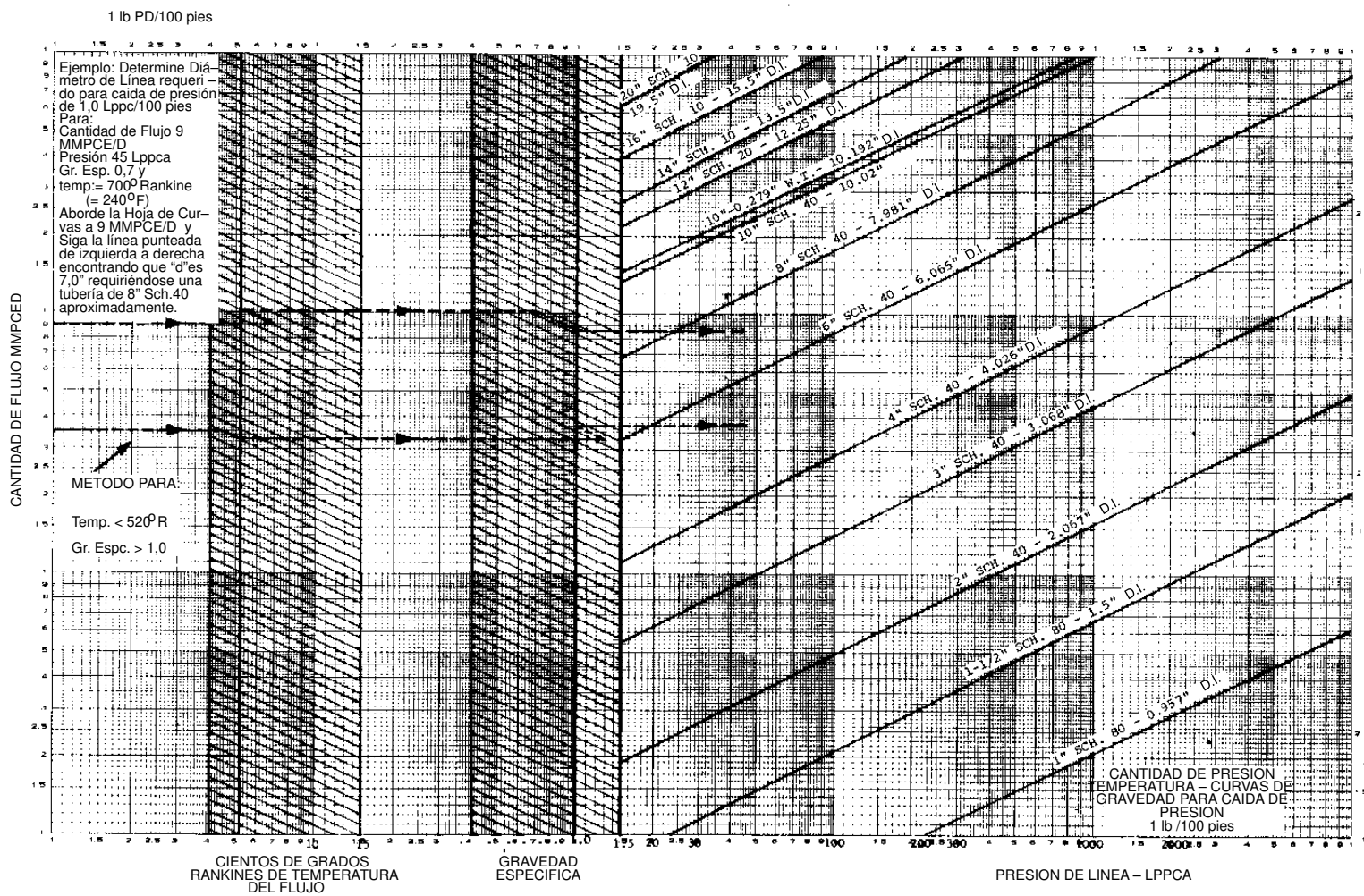


FIG. 4

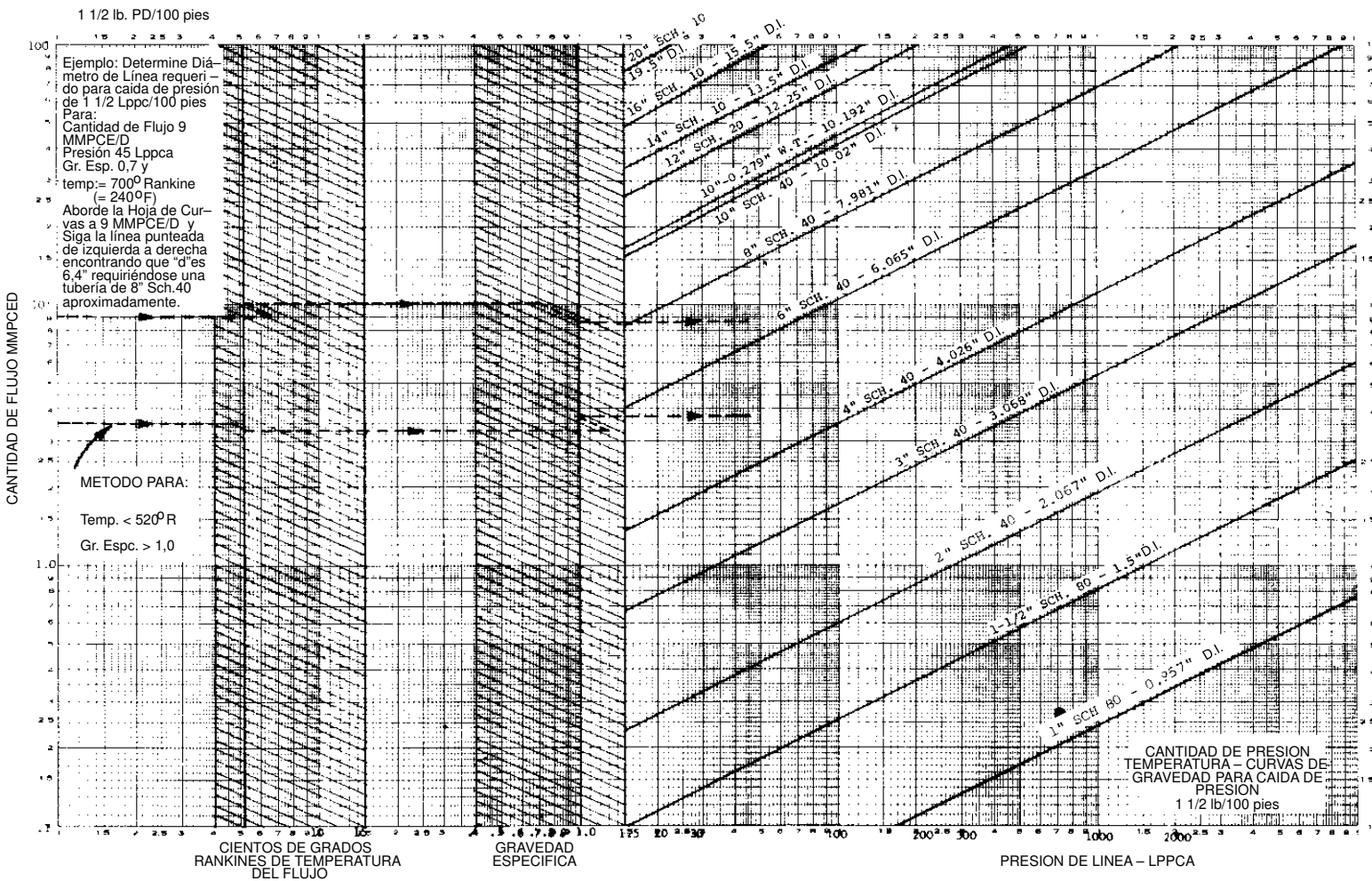


FIG. 5

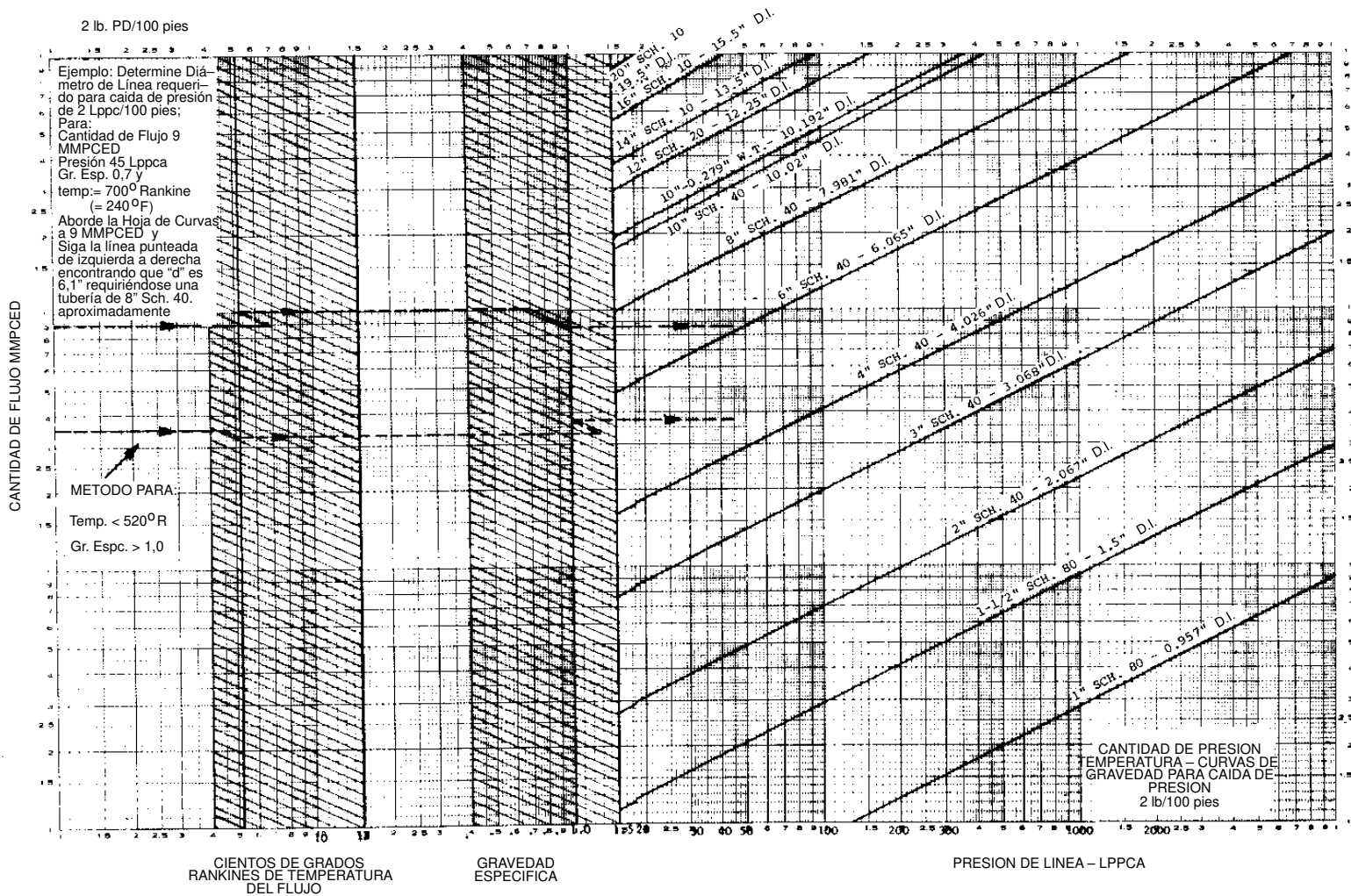
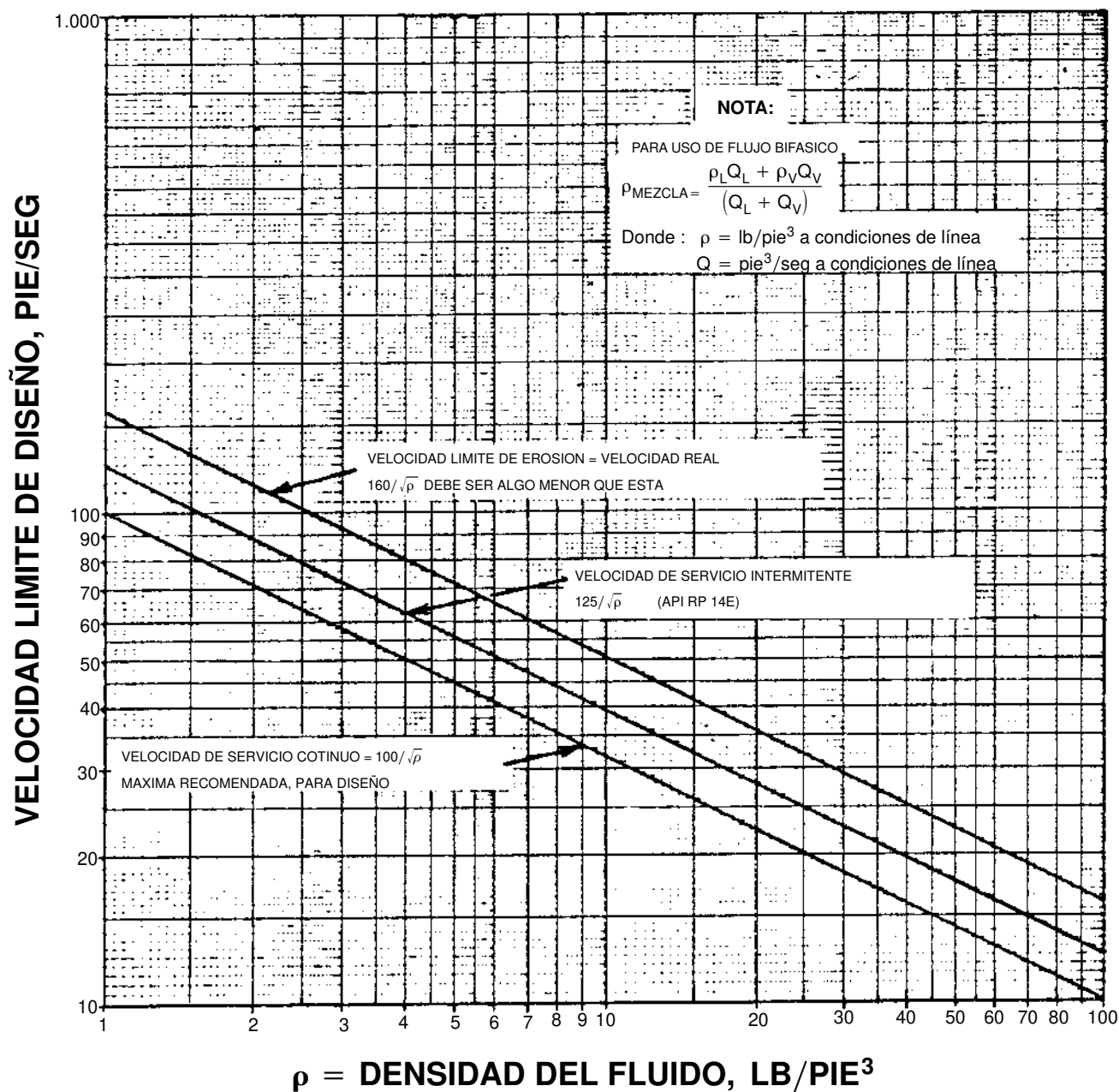


FIG. 6



VELOCIDAD DE DISEÑO DE TUBERIA

FIG. 7