

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIO TECNICO - ECONOMICO PARA EL DISEÑO DE UNA ESTACION DE
REGULACION Y MEDICION DE GAS NATURAL Y LA RED DE DISTRIBUCION
PARA USO DOMESTICO A LA COLONIA BELLAVISTA DE SALAMANCA, GTO.

PARTE 1
CAP. I-IV

VICTOR MANUEL FARIAS HERNANDEZ
INGENIERIA QUIMICA

1980

M-19106



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Jurado asignado originalmente según el tema.

Presidente: CARLOS KOBEH HEDERE

Vocal: EDUARDO ROJO Y DE REGIL

Secretario PABLO BARROETA GONZALEZ

1er. Suplente: GERARDO RODRIGUEZ ALONSO

2do. Suplente: ANTONIO ORTIZ RAMIREZ

Sitio donde se desarrolló el tema: Colonia Bellavista de Salamanca,
Gto., Universidad Nacional Autónoma de México y Petróleos Mexicanos
en México, Distrito Federal

SUSTENTANTE

VICTOR MANUEL FARIAS HERNANDEZ

ASESOR DEL TEMA

PABLO BARROETA GONZALEZ

A G R A D E C I M I E N T O

Las experiencias mas gratas de la vida se adquieren mediante la comunicaci3n y la convivencia con la gente que nos rodea y gracias a todo eso en armonía se logran los objetivos que nos trazamos. Es por ello, que deseo hacer un profundo agradecimiento a toda esa gente que directa o indirectamente ha influido en mi formaci3n.

Con el mayor reconocimiento quiero mencionar a mis padres: Pablo y Ernestina que han forjado mi educaci3n a base de una lucha dura y desequilibrada en momentos, pero que al fin de cada jornada les reditu3 pequeños logros y satisfacciones que alentaron día a día su constancia. A mi padre y amigo, por su honestidad, confianza y apoyo. A mi madre, por su cariño, compresi3n y desvelo que son el reflejo de toda su bondad.

A mis hermanos: Sofía, Teresa, Rosalia, Urbano y Pablo por su ayuda y cooperaci3n que sirvieron de guía a mi esperanza.

A mi esposa: Ligia, por su entusiasmo con que afronta los problemas alentando en mí el deseo de superaci3n.

A mis hijos: Brenda y Manuel, porque simbolizan la energía y el estímulo de mi vida.

A mis maestros: por su amistad y enseñaanza, que con firmeza cimentaron mi formaci3n profesional y humana.

Deseo mencionar tambien, a las personas y amigos que gentilmente colaboraron para que hiciera posible el desarrollo del presente trabajo, entre ellos:

Los Ings. Humberto Vallejo Aguilar, Jorge Julio Pérez Carvajal, Rafael Altamirano López, Victor Manuel Varas y Orosco, Rafael Carrera Vidal, Adalberto Villalobos y Domingo Guerrero Cortéz. A todos y cada uno de ellos porque siempre han tenido para mí su mano abierta.

C O N T E N I D O

- CAPITULO I.- Introducción
 - CAPITULO II.- Objetivo
 - CAPITULO III.- Bases de estudio
 - CAPITULO IV.- Procedimiento de cálculo
y selección de materiales
 - CAPITULO V.- Inversiones requeridas
 - CAPITULO VI.- Evaluación económica
 - CAPITULO VII.- Conclusiones
- Anexos

C A P I T U L O I

I N T R O D U C C I O N

México, desde la Conquista, nunca tuvo una acumulación de riqueza verdadera. El mercantilismo que imperaba en España, como sistema económico, implicó para México la succión de las riquezas tangibles y transportables que producía, particularmente los metales como el oro y la plata, con la idea de que quien tenía la acumulación de los metales preciosos tenía el poder, pero España solo sirvió de intermediario entre los países industriales y la Nueva España a la que conservaron como mercado cautivo para las mercancías que ellos exportaban.

La industria que lograron desarrollar era muy elemental y solo de cierta importancia en la rama textil, el resto fué de tipo artesanal. Todos los productos industriales requeridos, venían del exterior.

Por estas razones, en la Nueva España no hubo acumulación importante de riquezas, excepto la formación de las haciendas y la que tenía el clero, al cual se le permitía gravar en forma hipotética, buena parte de los bienes raíces de la Colonia.

Entramos a la Independencia y el primer gobierno que se formó careció de recursos económicos. Iturbide gestionó el primer empréstito de 16 millones de pesos y solamente obtuvo 8 empezando así la serie de préstamos a los gobiernos federales.

En 1838 el Ministro de Hacienda, Gorostiza, consolidó todas las deudas en una sola de cerca de 50 millones de pesos. En 1848 el Ministro de Hacienda Riva Palacio, tuvo que afrontar un pasivo de 143 millones de pesos, situación que se fué agravando hasta el gobierno de Porfirio Díaz que quiso construir obras para impulsar el comercio pero solo aumento la dependencia externa y las deudas del país. Se quiso estructurar la nación en 1857 y

no se alcanzó, puesto que pocos años después un imperio extranjero vino a nuestro país; luego, durante el Porfirismo, se quiso crear una riqueza y tampoco se logro, fué entonces cuando el país entro de lleno a la lucha armada de 1910 triunfando la Revolución y quisimos otra vez en 1917, integrar una nación alrededor de una gran Constitución, un pacto social muy avanzado para su tiempo, del cual nos estamos beneficiando en la actualidad; pero tampoco se pudo avanzar mucho, porque los fondos de la Tesorería estaban exhaustos y las demandas del exterior nos humillaban con los tratados de Bucareli, los que tuvieron que firmarse, para que el país no perdiera sus ferrocarriles y para que no fuera invadido. Fué hasta los treintas, cuando con la creación del Banco de México, del Partido Nacional Revolucionario y de la Comisión Federal de Electricidad, empezaron a concentrarse en sus aspectos más positivos los trabajos y programas de los gobiernos de la Revolución, que culminaron con la gran desición del General Lázaro Cárdenas.

Al expropiar los bienes de las empresas petroleras se produjo el primer cambio de importancia en toda la historia económica de México, no obstante que al irse los técnicos extranjeros, nos dejaron solamente equipo viejo, poca información y muchos problemas, que los escasos técnicos mexicanos que entonces había, junto con un sindicato que agrupaba una poderosa fuerza de trabajo, los fueron resolviendo con el tiempo. Las pocas reservas probadas de hidrocarburos que teníamos sólo 1240 millones de barriles- fueron incrementadas lentamente por falta de riquezas, por falta de recursos para dedicarlos a la exploración. Apartir de 1938 debido al boicot extranjero, tardamos catorce --

años en llegar a 2000 millones de barriles en 1952, diez años más tarde alcanzamos 5000 millones y de esa fecha hasta 1976, transcurrieron otros catorce años para aumentar las reservas de 5000 a 6300 millones de barriles, esta reserva se conservó hasta el inicio del régimen del Licenciado López Portillo, junto con el programa a realizar aumentando a 14000 millones de barriles a junio de 1977 que a un precio conservador en el subsuelo, tienen un valor de un millón cuatrocientos mil millones de pesos, reservas que ya afloradas valen cuatro veces más, es decir cinco millones seis cientos mil millones de pesos. Por primera vez en la historia, México tenía una riqueza primaria acumulada -- que lo colocaba en el 18o. lugar, dentro de la lista de países con reservas probadas de hidrocarburos, de aquí el hecho de que se redoblaran los esfuerzos exploratorios con resultados favorables, puesto que para julio de 1978, se alcanzó un total de -- 20240 millones de barriles de reservas probadas, lo que colocó a nuestro país en el 13o. lugar de potencial petrolero.

Actualmente son cuatro las áreas geográficas, incorporadas a -- los programas de explotación y producción de hidrocarburos: el área mesozoica de Reforma en Chiapas y Tabasco, el área marina de la Sonda de Campeche, la Cuenca del Golfo de Sabinas en Coahuila y la mayor incorporación de reservas probadas de hidrocarburos, en toda la historia de nuestro país la Cuenca de Chicontepec localizada en la región Tampico-Misantla, Veracruz con lo cual México duplicó sus reservas probadas alcanzando en diciembre de 1978 un total de 40,194 millones de barriles, hecho que lo sitúa en el 6o. lugar mundial de acuerdo con los últimos datos reportados.

DICIEMBRE DE 1978

- 1er lugar la U.R.S.S. con 253,000 millones de barriles.
- 2o. lugar Arabia Saudita con 185,000 millones de barriles.
- 3er lugar Iran con 159,000 millones de barriles.
- 4o. lugar Kuwait con 73,000 millones de barriles.
- 5o. lugar Estados Unidos con 70,000 millones de barriles.
- 6o. lugar México con 40,194 millones de barriles.
- 7o. lugar Irak con 38,000 millones de barriles.

En diciembre de 1976 Petr6leos Mexicanos informo al pueblo mexicano del programa que se llevaría a cabo en el curso del sexenio.

Este programa, que es de gran importancia, está realizandose en su totalidad y se espera superarlo.

La producción inicial de gas natural que se tenía en el área de Reforma era de 1200 pies cúbicos de gas natural por barril de petróleo producido (214 metros cúbicos de gas por metro cúbico de crudo).

Al seguir explorando nuevos campos en esta área petrolera, se fueron encontrando, como se esperaba, yacimientos de gran dimensión. Afortunadamente, éstos tubieron producción de gas natural superior a la que se tenía en los primeros campos produciendo a razón de 3600 pies cúbicos de gas por cada barril de petroleo (642 metros cúbicos de gas por metro cúbico de crudo), cantidad tres veces mayor a la cifra original.

Los pozos, que se están explotando no solamente en forma racional, sino conservadoramente, producen en promedio 5500 barriles por día, cifra que contrasta con la de 120 barriles por día, que se tenía en 1973.

Se tienen ya pozos de 18,000 barriles por día y se están preparando instalaciones para pozos de 25,000 barriles por día.

En 1978 la producción de petróleo crudo, condensado y líquidos fué de 485 millones de barriles con un promedio de 1 millón 330 mil barriles por día proveniente principalmente del área mesozoica de la Zona Sur, que aportó un total de 900 mil barriles diarios en promedio y la producción de gas fué de 934 mil 911 millones de pies cúbicos por día lo cual brinda una mayor disponibilidad de éste energético.

PRODUCCION DE GAS

ORIGEN DE LA PRODUCCION	PRODUCCION EN MMPCS.	
	AÑO 1978	PROMEDIO/DIA
DISTRITO FRONTERA NORESTE	193 888	531.2
DISTRITO NORTE	30 039	82.3
DISTRITO SUR	6 643	18.2
TOTAL ZONA NORTE:	230 570	631.7
DISTRITO POZA RICA	51 575	141.3
NUEVA FAJA DE ORO	3 431	9.4
DISTRITO CUENCA DEL PAPALOAPAN	11 351	31.1
TOTAL POZA RICA:	66 357	181.8
DISTRITO AGUA DULCE	26 900	73.7
DISTRITO COMALCALCO		
TERCIARIO	11 315	31.0
CRETACICO	440 008	1 205.5
DISTRITO CD. PEMEX	143 445	393.0
DISTRITO EL PLAN	14 856	40.7
DISTRITO NANCHITAL	1 460	4.0
TOTAL ZONA SUR:	637 984	1 747.9
TOTAL NACIONAL	934 911	2 561.4

Al iniciar nuestra operación, la industria petrolera quemaba 550 millones de pies cúbicos por día, con una producción de 900 mil barriles diarios y en este momento en que se producen 1 millón 505 mil barriles por día solo quemamos 200 millones de

pies cúbicos, cifra que esperamos baje a menos de 100 millones de pies cúbicos a fines de este año, lo que será una proporción aceptable.

Esta riqueza constituye no sólo el instrumento para resolver los problemas económicos que tenemos en la actualidad sino que además es el gran eje económico que nos llevará a la consolidación de la nación. Esta riqueza, hace posible ver hacia el futuro la creación de un nuevo país, no solo permanentemente prospero sino incluso rico, en donde el derecho al trabajo sea una realidad y cuyas remuneraciones permitan en general un mejor estilo y calidad de vida.

El gas asociado, tal como sale del pozo, junto con el crudo, se separa y se limpia del azufre.

En estas condiciones contiene por peso, el 60% de metano que es lo que se vende como energético. El otro 40% es la verdadera y más importante fuente de materia prima para la petroquímica, puesto que está constituido por etano, propano, butanos y naftas. Estas ultimas son gasolinas ligeras.

Del metano se producen sólo dos productos petroquímicos importantes: el amoníaco y el metanol.

Todo el resto de la gran industria petroquímica se genera a partir de los líquidos ya mencionados que se extraen al gas natural asociado.

Petróleos Mexicanos tiene en construcción un importante número de plantas petroquímicas de gran tamaño para triplicar la capacidad de producción de todo lo que al respecto existía al iniciarse el sexenio.

Para poder llevar a cabo ese programa se requieren dos cosas

fundamentales: La primera, contar con materia prima, la cual provendrá de la industrialización del gas asociado. La segunda- generar los recursos económicos necesarios para realizar estas- grandes inversiones. Las sumas requeridas provendrán de los programas de exportación de petróleo crudo y de gas natural metano. La mayor parte del gas natural que se exporta e importa en el mundo, se transporta mediante tuberías, o sea, mediante gasoductos. Solo algunos países que tienen gas natural disponible y que no pueden transportarlo por tierra a los posibles mercados, lo hacen en barco mediante la licuefacción a bajas temperaturas. Estas son de 168 grados centígrados bajo cero; temperaturas parecidas a las del aire líquido, que son muy caras de obtener. Hoy día, el exportador de gas natural más grande del mundo es Holanda, que vende al extranjero 6000 millones de pies cúbicos- diarios y los envía por tubería a Alemania Federal, Bélgica, Francia, Suíza e Italia.

El segundo exportador de gas natural es la Unión Soviética y lo vende principalmente a Alemania Federal, Italia, Francia y Austria, así como a los países socialistas de Europa. El cliente principal de la Unión Soviática es Alemania Federal.

Del volumen total de gas natural que se exporta en el mundo, el 90% se comercia por tubería y solamente el 10% se envía en barco, licuado a bajas temperaturas.

El comercio internacional de gas seguirá creciendo, pero principalmente por tubería y el exportador más importante será la Unión Soviética, que actualmente construye un gasoducto de 56 pulgadas de diámetro para integrarse a la red de Europa Occidental, esto sucederá antes de que transcurran cinco o seis años.

La creciente demanda de los energéticos a nivel Nacional, ha creado una infraestructura de Consumidores Potenciales de productos elaborados del petróleo, como lo es el gas L.P. lo cual ocasiona deficiencias en la distribución de este producto, para satisfacer las demandas de consumo.

El gas L.P. ó gas propano-butano se licúa a 40 grados bajo cero y se abastece en cilindros metálicos portátiles o por medio de auto tanques que lo transportan y suministran a tanques estacionarios que sirven para almacenar el gas licuado en los predios de los consumidores, lo cual nos dá una idea del porqué, el gas L.P. presenta problemas en su distribución y si a esto agregamos que Petróleos Mexicanos produce unicamente el gas propano suficiente para abastecer a las dos terceras partes de los hogares del País, resulta obvio el hecho de que sea considerado un energético de producción limitada.

La otra tercera parte se abastece con gas Licuado Propano que se importa de los Estados Unidos y se compra a precios cercanos al doble del que tiene el resto del país pero lo más grave de esta importación para las entidades norteañas, no es el precio, sino la inseguridad de seguir contando con este abastecimiento puesto que existe ya una escacéz importante en los Estados Unidos que se acentúa en los inviernos.

Tal motivo, nos ha obligado a pensar en la posibilidad de emplear otro energético higiénico y confiable que pueda substituir al gas L.P. en los hogares de la familia mexicana.

Pero en la medida en que ha surgido este problema, el destino de México y su Progreso, en lo que respecta a la Perforación de nuevos pozos petroleros y a la Explotación racional de sus yaci

mientos, han hecho posible la sustitución del gas L.P. con la disponibilidad de Gas Natural para consumo inmediato

Al hablar de Consumidores Potenciales, debemos imaginar un agrupamiento que en términos generales se refiere a tres sectores.

El Sector Industrial.- donde podemos incluir desde pequeñas empresas hasta las grandes instalaciones de Petróleos Mexicanos como son Refinerías y Complejos Petroquímicos.

El Sector Electrico.- integrado primordialmente por las Plantas Termoeléctricas de la Comisión Federal de Electricidad

El Sector Doméstico.- que comprende unidades habitacionales o casas habitación, centros comerciales, hospitales, dependencias de gobierno, mercados, escuelas, en fin, todos los servicios que requiere un fraccionamiento debidamente planeado para el bienestar de sus habitantes como lo será la Colonia Bellavista. Punto de particular interés en la presente Tesis.

Para la distribución de Gas Natural en la República Mexicana se cuenta con cerca de 7000 kilómetros de tuberías instaladas de gran diámetro que constituyen los gasoductos troncales directrices de Alta Presión cuya operación oscila alrededor de los 70 Kg/cm² (1000 psig) y que interconectados entre sí, forman una gigantesca red de transporte que cumple con la meta de hacer llegar este energético, a los centros de consumo de todo el país y de esa manera satisfacer las demandas de los usuarios.

Con el propósito de brindar una idea más clara y objetiva de la magnitud del sistema a que se hace mención, a continuación daré cita a las principales líneas de conducción que integran la parte medular del transporte de gas por ductos anexando diagramas unifilares de flujo:

Gasoducto Reynosa-Monterrey-Torreón-Chihuahua con capacidad de transporte de 665 MMPCDS.

Gasoducto Troncal del Sistema Nacional de Gas Cactus-Reynosa con capacidad inicial de 800 MMPCDS y futura de 2 500 MMPCDS.

Gasoducto Cd. Pemex-México-Salamanca-Guadalajara con una capacidad de transporte a junio del año en curso de 1413 MMPCDS y una capacidad de 1600 MMPCDS para el siguiente año.

Gasoducto en construcción lo. de Mayo-Monclova-Escobedo con capacidad inicial de 780 MMPCDS y futura de 990 MMPCDS.

Gasoducto en construcción Querétaro-San Luis Potosí con una capacidad inicial de 87 MMPCDS y futura de 190 MMPCDS.

Gasoducto en construcción Minatitlán-Salina Cruz con una capacidad inicial de 132 MMPCDS y futura de 193 MMPCDS.

Gasoducto en construcción Cd. Pemex-Campeche-Mérida con una capacidad inicial de 88 MMPCDS y futura de 108 MMPCDS.

Gasoducto proyecto Saltillo-Manzanillo con una capacidad inicial de 574 MMPCDS y final de 1052 MMPCDS.

Gasoducto proyecto Torreón-Durango con una capacidad inicial de 165 MMPCDS y final de 408 MMPCDS.

Gasoducto proyecto Tulpetlac-Lázaro Cárdenas con una capacidad inicial de 136 MMPCDS y final de 174 MMPCDS.

Gasoducto proyecto Cactus-Tuxtla Gutiérrez con una capacidad inicial de 77 MMPCDS y final de 110 MMPCDS.

Gasoducto proyecto de las Ptataformas Marinas del Golfo de Campeche a Cd. Pemex con una capacidad inicial de 794 MMPCDS y final de 1000 MMPCDS.

La proyección y planeación para la instalación de gasoductos de Alta Presión se realiza considerando primordialmente los co-

rededores industriales establecidos en los diferentes Estados de la República y a los usuarios de los diferentes sectores, cuyos predios, quedan localizados en las áreas de influencia por donde pasan dichos ductos, proporcionados el suministro mediante ramales y estaciones de regulación y medición de gas diseñadas para operar en condiciones de alta presión, la cual se abate y se entrega en función de las necesidades del cliente, que generalmente oscilan en un rango de 4 a 7 kg/cm² (60 a 100 psig) de presión de entrega. En la misma forma, pero más limitados, por razones de seguridad, se proyectan redes de distribución en baja presión Para las Zona Urbanas y las Grandes Metrópolis como la Cd. de México, Guadalajara y Monterrey, donde la presión elevada, representa un serio peligro para las actividades de sus habitantes.

Bajo estas circunstancias, las Normas de Seguridad nos obligan a instalar una Estación General para Regular y Medir el Gas Natural en cada una de las redes, limitando el diseño de la Red a una presión permisible de trabajo de 21 kg/cm² (300 psig) y mínima de 12 kg/cm² (170 psig) en los puntos más alejados y a semejanza de la red de alta presión el suministro a los usuarios se realiza mediante ramales y estaciones de regulación y medición, pero diseñadas para operar en condiciones de baja presión la cual se abate nuevamente, para entregar el gas en función de las necesidades del cliente, generalmente en el rango de 4 a 7 kg/cm² (60 a 100 psig).

C A P I T U L O I I

O B J E T I V O

El presente trabajo, tiene como finalidad primordial, facilitar al estudiante de Ingeniería Química, la aplicación práctica, clara y objetiva de los conocimientos teóricos que nos brinda nuestra máxima Casa de Estudios en el campo de la Ingeniería, la Economía Industrial y el Diseño de Equipo.

Para lo cual, expongo el desarrollo del siguiente estudio técnico-económico, diseñando la Estación de Regulación y Medición de Gas Natural y la Red de Distribución para uso Doméstico de la Colonia Bellavista de Salamanca, Gto., proponiendo la forma más conveniente para su amortización, a fin de recuperar la Inversión Inicial que ocasionaría la construcción del Proyecto, cuya realización en principio, quedaría sujeta a la autorización y apoyo financiero de la Dirección General de Petróleos Mexicanos, Institución creada para la industrialización del Petróleo y la comercialización de sus derivados.

Por otra parte como ya se hizo mención en el capítulo anterior, el objetivo principal de la Tesis en cuestión, es brindar a los colonos de todo el País, el beneficio que representa el contar con éste servicio, sin tener la preocupación por la inseguridad de suministro, como en el caso del gas Licuado, cuyo transporte ya resulta inadecuado, al ritmo de vida de las grandes ciudades.

En las que para abastecer un consumo aproximado de 28,600 Kg. de gas L.P. al día (como en el caso de la Colonia Bellavista, que además de sus 1,638 casas habitación, cuenta con todos los servicios como escuelas, comercios y hospitales) se tiene un requerimiento promedio de 20 viajes de camiones con capacidad para transportar 50 cilindros metálicos de 30 Kg. cada uno, lo cual en carece el empleo de éste energético, puesto que dichas maniobras son realizadas por concesionarios particulares, que tienden a aumentar el precio de venta al público, para que sea costeable este tipo de transporte, que además de ser antieconómico, acentúa el problema de la contaminación ambiental, con

los gases de escape, de sus vehículos de combustión interna. Tal situación ha obligado a las autoridades gubernamentales a emprender una campaña con el fin de disminuir la magnitud de sus efectos, iniciando una serie de actividades encaminadas a solucionar estos problemas, en la medida que sus posibilidades lo permiten, tomando en cuenta esta situación y como una contribución a la lucha contra la contaminación, se contempla el transporte de energéticos por tubería y aunque el gas natural ha sido distribuido a través de sistemas de tuberías en ciudades, durante varias décadas en América Latina, apenas existe literatura técnica y material para uso de Ingenieros proyectistas de redes de distribución de gas.

En la actualidad existen gran número de proyectos para dotar de gas natural a las residencias, comercios e industrias de numerosas ciudades y es cuando más evidente se nos presenta la falta de información adecuada a nuestros medios técnicos.

Por dichos motivos, he decidido preparar el presente compendio de recomendaciones, teniendo en consideración los problemas existentes, no pretendiendo crear, sino copilar aquellas que son de mayor interés a nuestros colegas, tomando como base la práctica meticulosa de nuestra profesión, para que más adelante, se puedan hacer normas y secuencias para el diseño de redes de distribución de gas natural.

En la compilación de estas recomendaciones técnicas he hecho uso de datos y especificaciones que Petróleos Mexicanos gentilmente ha puesto a mi disposición. Entre dicho material se encuentran traducciones y adaptaciones a los problemas técnicos existentes en la República Mexicana, del Código de la American Gas Association basado en las normas ANSI B31.8 así como de las recomendaciones de AGA, publicadas en el American Gas Journal de septiembre de 1958, las cuales han sido editadas como "Gas Handbook Issue".

Ventajas del Gas Natural sobre otros energéticos:

- 1.- Limpieza en su manejo, ventaja que se acentúa en comparación con los com bustibles líquidos.
- 2.- Su empleo no requiere de recipientes a presión, ni tanques de almacena-- miento, cuyo costo representa una fuerte erogación y un capital inmovil.
- 3.- Al igual que el agua potable en las ciudades, solo basta con abrir una - válvula para tenerlo sin problemas de transporte, disponible para uso in mediato.
- 4.- No requiere de precalentamiento para su combustión como en el caso del - combustóleo que requiere de un consumo de vapor, lo cual representa un - gasto adicional.
- 5.- Es un energético de fácil adaptación a los equipos de control automático necesarios en la Industria moderna.
- 6.- Por su facilidad de transporte hasta los centros de consumo no deja resi duos de almacenamiento, como en el caso de los combustibles líquidos que sedimentan lodos en los tanques de almacenamiento obligando a limpiarlos periódicamente.
- 7.- Su combustión disminuye los gastos de mantenimiento en limpieza de calde ras, siendo necesario después de 30 meses de operación, limpieza que con trasta con la de una caldera que quema combustóleo, la cual se tiene que hacer cuando más cada 6 meses.

Desventajas del Gas Natural:

por lo general existe el temor de que el gas es peligroso, pero manejado ade cuadamente y con equipo conveniente no ofrece mayor peligro que el petróleo- ó el diesel, para lo cual es necesario contar con válvulas de cierre rápido- para actuar en caso de fallas ó rupturas ocasionadas generalmente por agen-- tes externos a su diseño y sobre todo es muy importante la purga previa de - los hogares de las calderas antes del incendio.

De lo anterior se resume como objetivo, la posibilidad de utilizar el gas na

tural para satisfacer las demandas de consumo, desplazando así el empleo de-
gas L.P. cuya producción limitada ha obligado a la importación del mismo.

C A P I T U L O I I I

B A S E S D E E S T U D I O

La población seleccionada con el propósito de ejemplificar un modelo de cálculo en el presente estudio y cuyas demandas de gas natural, han de ser satisfechas por la Red de Distribución, esta integrada por los siguientes núcleos de consumo:

I.-) En base al plano de urbanización y lotificación de la Colonia, el número total de tomas domiciliarias es de 1638, cada una de las cuales, alimentara en promedio una estufa de cuatro quemadores con horno y un calentador de agua para 110 litros de almacenamiento.

De acuerdo a lo anterior y tomando como referencia el Handbook Natural-Gas y el factor de experiencia que ha proporcionado la Gerencia de Explotación de Petróleos Mexicanos, podemos calcular el consumo de gas en base a la demanda máxima horaria de las siguientes formas:

A.-) Considerando que cada usuario contará con una estufa y un calentador de agua, los consumos de energía que se tienen son:

Estufa	54 754 BTU/hr.
Calentador	20 079 BTU/hr.
Consumo por usuario	<hr/> 74 833 BTU/hr.

Factor de diversidad = $fd = fa \times fc \times fs$

fa.- factor de simultaneidad de aparatos = 90%

fc.- factor de simultaneidad de casos = 80%

fs.- factor de saturación de consumos = 100%

por tanto $fd = (0.90) (0.80) (1.00) = 0.72$

Consumo máximo de energía por usuario = $74\ 833\ \text{BTU/hr.} \times 0.72$

Energía usuario = $53\ 880\ \text{BTU/hr.}$

Poder calorífico del gas natural = $1000.80\ \text{BTU/ft}^3$

Consumo máximo por usuario:

$53\ 880\ \text{BTU/hr.} \div 1000.80\ \text{BTU/ft}^3 = 54.84\ \text{ft}^3/\text{hr}$

Consumo máximo por el total de casas habitación:

$$53.84 \text{ ft}^3/\text{hr} \times 1638 \text{ usuarios} = 88,190 \text{ ft}^3/\text{hr}.$$

Promedio de horas en que se efectúa el consumo máximo por el total de casas habitación = 3 hrs./día

Consumo total por día:

$$88,190 \text{ ft}^3/\text{hr} \times 3 \text{ hrs./día} = 264,570 \text{ ft}^3/\text{día} \text{ a condiciones estándar (20°C y } 1 \text{ Kg/cm}^2)$$

$$\text{Consumo total de las viviendas} = \underline{\underline{264,570 \text{ P.C.D.S.}}}$$

B.-) Considerando los siguientes factores, determinados experimentalmente en 100 años de operación de redes de gas para uso doméstico en las ciudades de otros países.

a) Factor de consumo anual.- el factor de consumo anual por usuario residencial depende del número de utensilios instalados en cada casa, siendo este factor del orden de 20 000 a 35 000 pies cúbicos de gas natural al año por usuario. Para determinar el consumo de gas en la Colonia Bellavista se considerará un factor de 30 000 $\text{ft}^3/\text{año}$ por residencia.

b) Factor de diversidad.- el factor de diversidad es un producto de la experiencia que varía de 0.7 a 1.0 lo que significa que hay del 70% al 100% de probabilidad de que la totalidad de los usuarios demanden al mismo tiempo el máximo consumo.

Para efectos del cálculo del presente estudio se considerará un factor de diversidad de 0.95

c) Factor de demanda máxima horaria.- la máxima entrega por hora, se calcula como cierto porcentaje de la entrega máxima por día, dicho valor varía entre el 4.2% y el 6.5% siendo necesario diseñar las tuberías de tal manera que sean capaces de manejar esta deman-

da máxima horaria.

El factor para demanda máxima horaria que emplearemos para efectos de diseño será del 6%

$$0.06/\text{hr.} \times 24 \text{ hr/día} = 1.44/\text{día}$$

Cálculo del consumo para las 1638 tomas domiciliarias

<u>Tipo de Consumo</u>	<u>No. de Usuarios</u>	<u>Factor de Consumo</u>	<u>Consumo Anual</u>
Residencial	1,638	30,000 ft ³ /año	49.14 MMPCA

<u>Consumo Promedio</u>	<u>Factor de Carga</u>	<u>Consumo Máximo</u>
134,630 PCD	70%	192,330 PCD

$$\text{Consumo corregido} = 192,330 \text{ PCD} \times 0.95 \times 1.44 = 263,106 \text{ PCDS}$$

$$\text{Consumo total} = 263,106 \text{ PCDS}$$

=====

C.-) Determinación del consumo para las 1638 tomas domiciliarias en base a un factor que es producto, de la experiencia de la Gerencia - de Explotación de Petróleos Mexicanos en la operación de redes de gas natural en la República Mexicana.

Factor = 0.2 Metros cúbicos por hora/usuario.

$$\text{Consumo} = 1638 \text{ usuarios} \times 0.2 \text{ M}^3/\text{hr.} \text{ por usuario} = 327.6 \text{ M}^3/\text{hr.}$$

$$\text{Consumo} = 327.6 \text{ M}^3/\text{hr.} \times 35.314 \text{ ft}^3/\text{M}^3 = 11568.87 \text{ ft}^3/\text{hr.}$$

$$\text{Consumo total} = 277,653 \text{ PCDS}$$

=====

Demandas consideradas por el 1er. Nucleo de Consumo

(A)	(B)	(C)
264,570 PCDS	263,106 PCDS	277,653 PCDS

Como se puede apreciar, el factor de experiencia de Petróleos Mexicanos, es el que resulta más confiable para considerar el Gasto de Diseño.

II.-) El segundo Nucleo de Consumo lo constituye un Casino con cuartel, alberca olímpica, normal y chapoteadero, vestidores, baños, fuente de -

sodas, salón de banquetes y cocina, que de acuerdo a la experiencia de Pemex demandará un consumo total de 10,000 PCHS.

III.-) El tercer núcleo de consumo constituido por un jardín de niños, un parque infantil, un mercado, una capilla y un auditorio cuyo consumo total de estima en 10,000 PCHS.

IV.-) El cuarto núcleo de consumo lo integran: una escuela primaria, un estadio de futbol, un campo de beisbol, canchas de basquetbol, frontón y una secundaria con un consumo total de 5,000 PCHS.

V.-) El quinto núcleo de consumo se compone de una escuela preparatoria, un Club de leones y una Escuela de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, con un consumo total de 15,000 PCHS.

VI.-) Por último el sexto núcleo de consumo abarca un hospital gubernamental y otro civil cuyas necesidades serán del orden de 10,000 PCHS.

En resumen, la demanda máxima horaria del total de viviendas y servicios públicos con que cuenta la Colonia Bellavista de Salamanca, es de 61,569 pies cúbicos de gas natural a condiciones estandar (producto de la experiencia de la Gerencia Operativa de Petróleos Mexicanos) lo cual nos servirá como gasto de diseño de la red de distribución cuya presión de inyección será de - - - 4 Kg/cm² (60 psig) y la presión mínima en cualquier punto de la red de - - - 2 Kg/cm² (30 psig) para definir diámetros de tubería y considerando la posibilidad de tener un factor de diversidad igual a uno, un factor de consumo de 35,000 pies cúbicos por usuario y un factor del 6.5% de la entrega máxima por día, la experiencia de Petróleos Mexicanos nos recomienda diseñar la Estación de Regulación y Medición de Gas Natural con un 40% de sobrediseño al gasto obtenido para consumo de la red con lo cual resulta un volumen de - - - 86,200 PCHS para diseño de la Estación (2'068,800 PCDS).

Presiones de Diseño.

Para poder suministrar el gas natural requerido en la Colonia Bellavista, - - será necesario derivar un ramal específico del Gasoducto de Alta Presión - -

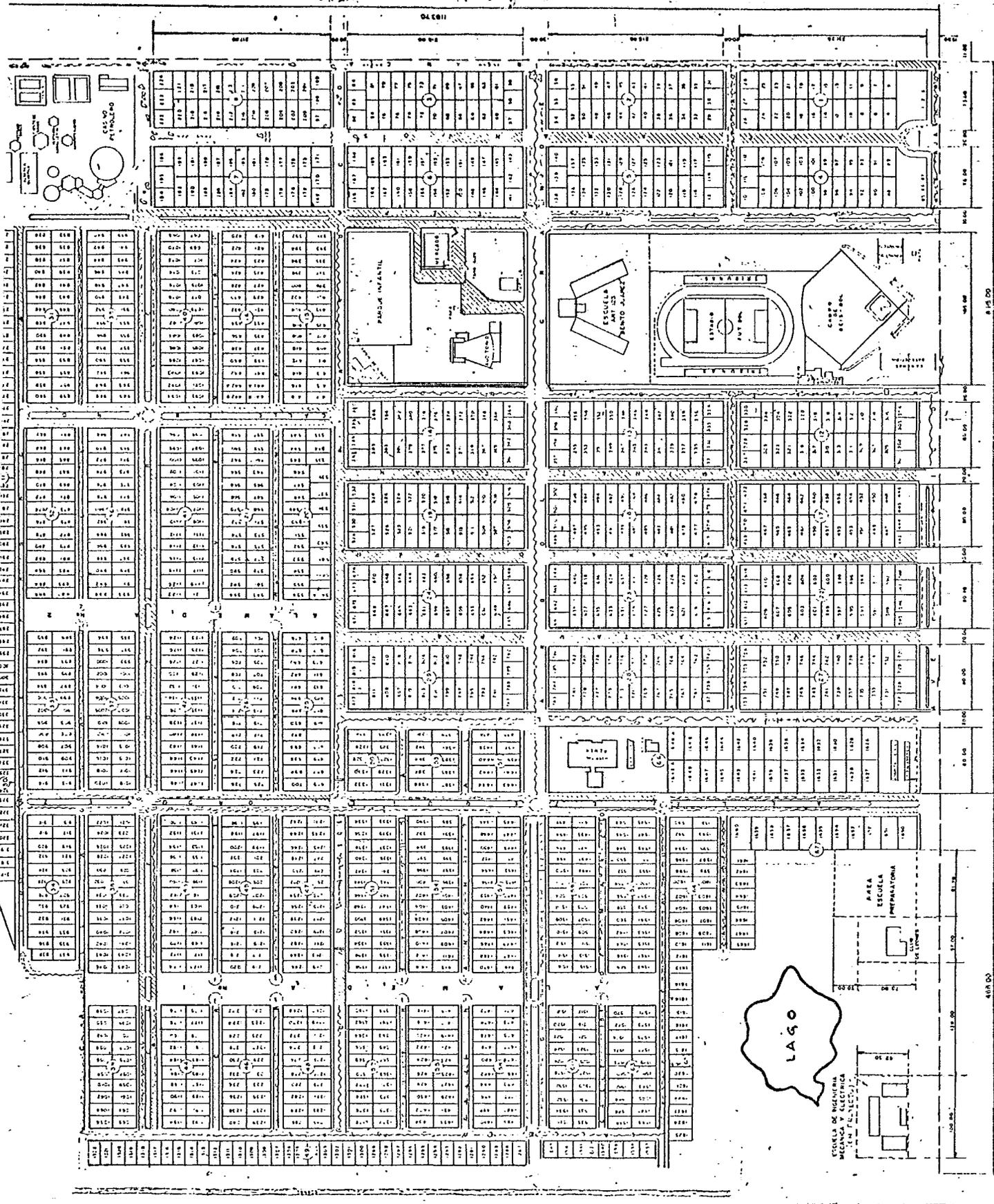
Cd. Pemex-México-Salamanca-Guadalajara, a la altura del K-4+410.28 del tramo de 14" Ø nominal comprendido entre Salamanca y Guadalajara, punto donde la presión normal de operación es de 42.2 Kg/cm^2 (600 psig) según informe de la Gerencia de Explotación, Sistema de Ductos Sur-Centro y donde la presión mínima que se puede presentar en la actualidad es de 24.6 Kg/cm^2 (350 psig), para lo cual no debemos olvidar que la presión máxima de operación del gasoducto es de 75.25 Kg/cm^2 (1070 psig) en el caso de que se represione la línea por un cierre de válvulas, puesto que es la presión de descarga de las Estaciones de Compresión.

Dicho ramal abastecedor transportara el volúmen de gas hasta la Estación de Regulación y Medición que se localizará en el lugar más adecuado para cumplir con las normas de Seguridad correspondientes al caso, misma que se diseñará para abatir la presión hasta 4.22 Kg/cm^2 (60 psig) para inyectar el gas a la Red de Distribución para uso doméstico teniendo por restricción en el diseño de la red que la caída de presión máxima de la red debe ser de 2 Kg/cm^2 (30 psi) de tal manera que en el punto más alejado a la inyección, se dispondrá cuando menos de 2 Kg/cm^2 (30 psig) con el objeto de garantizar un servicio efectivo a todos los usuarios.

Con el objeto de dar una mayor flexibilidad en la operación de la Estación para Regulación y Medición de Gas Natural y satisfacer futuros incrementos en la demanda durante la época de invierno se considerará un gasto de diseño para las instalaciones de 86,200 pies cúbicos por hora a condiciones estándar.

Con respecto a la temperatura promedio de flujo de gas tenemos 20°C (68°F) que corresponde a la temperatura del suelo.

Para el trazo de la red de distribución, se consultará el plano de urbanización de la colonia (se anexa el proyecto de trazo definitivo).



LOTIFICACION DE LA COLONIA BELLAVISTA DE SALAMANCA , GTO.

CARACTERISTICAS DEL GAS NATURAL

Componentes	% Molecular
Metano	93.00
Etano	6.50
Propano	0.50
	100.00
Contenido de agua a -20°C y 1 Kg/cm ²	12.75 lb/MMPC
Poder calorifico bruto	1054.00 BTU/PIE ³
	9379.00 Kcal/M ³
Poder calorifico neto	951.00 BTU/PIE ³
	8461.00 Kcal/M ³
	21800.00 BTU/Lb.

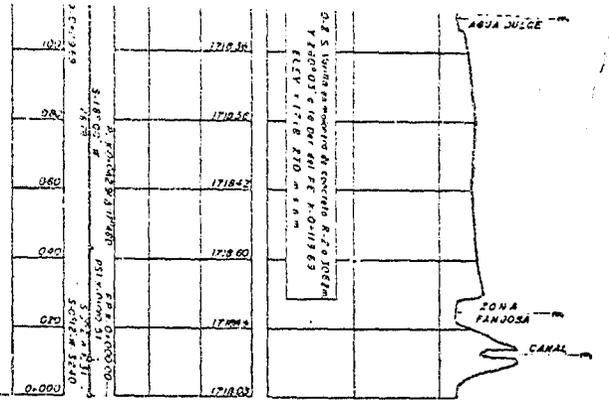
EQUIVALENCIAS DE COMBUSTIBLES

- 1 Kg de gas L.P. = 1.463 M³ de gas natural
- 1 Lt. de Diesel = 1.0942 M³ de gas natural
- 1 Lt. de Combustoleo = 1.21 M³ de gas natural
- 1 Lt. de gas L.P. = 0.82 M³ de gas natural

PRECIOS DE COMBUSTIBLES

<u>Combustible</u>	<u>Unidad</u>	<u>Costo</u>
Gas L.P.	Kg.	\$ 2.40
Gas Natural	M ³	0.29
Diesel	Lt.	1.00
Combustoleo	M ³	290.00

MUNICIPIO S. A. L. A. N. A. N. C. A.
 S. U. A. N. A. J. U. A. T. O.
 AREA CLASE No. 4

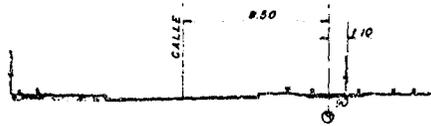


P E R F I L
 ESC HORIZ 1:1000 VERT 1:100

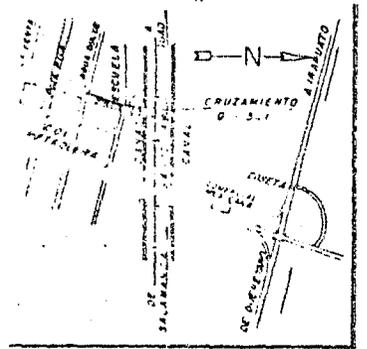
COTAS TERRENO COTAS ZANJA PROFUNDIDAD ZANJA T R A Z O KILOMETRAJE	1718 50 1718 20 1718 40 1718 60 1718 80 1718 00 1718 20 1718 40 1718 60 1718 80 1718 00	1715 30 1715 00 1714 30 1714 00 1713 30 1713 00 1712 30	0-000 0-020 0-040 0-060 0-080 0-100 0-120 0-140 0-160 0-180 0-200
---	---	---	---

NOMBRE PROPIETARIO
 LONGITUD AFECTADA
 SUPERFICIE
 NOMBRE TERRENO
 ESTAD O
 CLASIFICACION ZONA

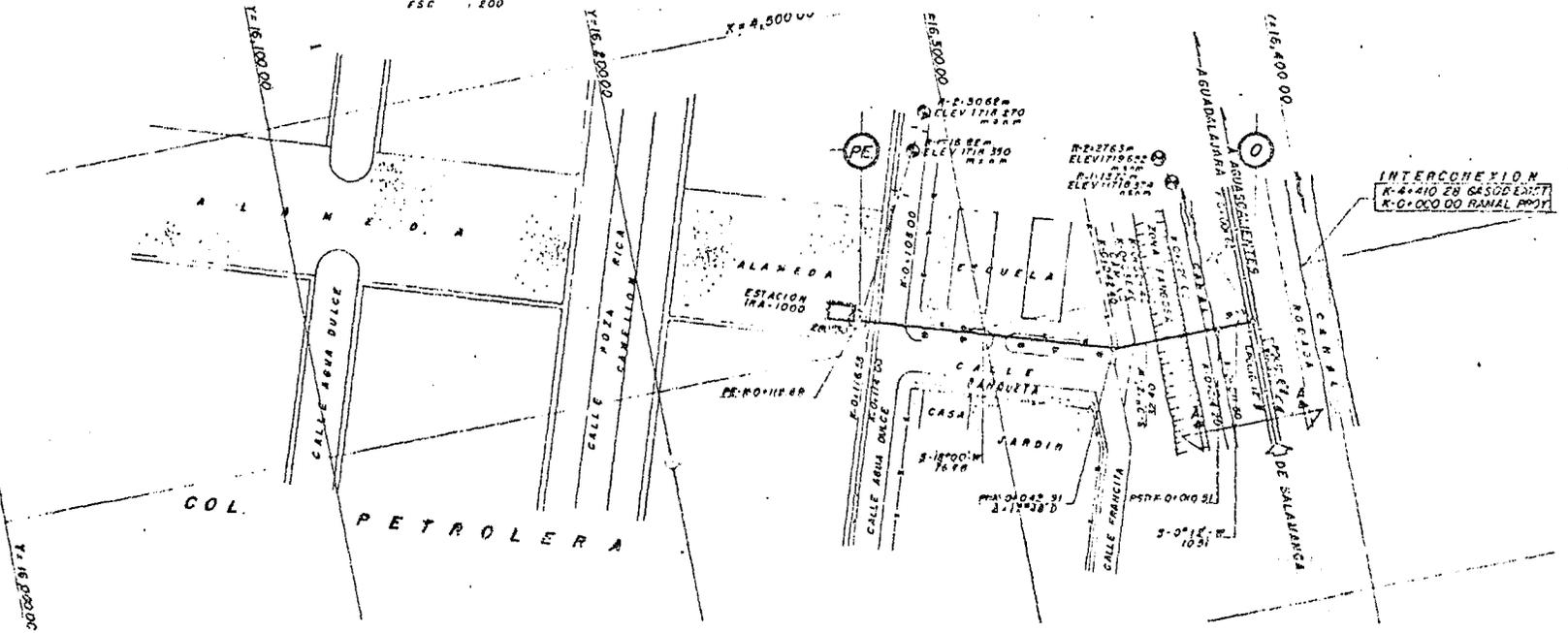
COORDENADAS PE K-0119 69
 Y=18,264 07 X=4,590 12



K-0+060.00
SECCION TRANSVERSAL
 ESC 1:200



CROQUIS DE LOCALIZACION



INTERCONEXION
 K+4+40 EN CASO DE
 K-0+000 00 CANAL PROY.

PLANTA
 ESC. 1:1000

CAPITULO IV

PROCEDIMIENTO DE CALCULO Y SELECCION DE MATERIALES

Al igual que la temperatura determina el sentido de flujo de calor, la presión es una propiedad que define el sentido de flujo de masa y a menos que otra causa lo impida, la materia tiende siempre a desplazarse desde donde está sometida a presión elevada, hasta donde la presión es más baja, es decir, que para que exista un desplazamiento entre dos puntos ó para poder transportar un fluido, es necesario que exista una diferencia de presiones entre ambos extremos.

Como ya se ha mencionado, para el transporte de gas natural a través de tuberías entre Instalaciones, Complejos Petroquímicos, Refinerías ó desde alguna instalación hasta los consumidores, Petróleos Mexicanos ha fijado requisitos mínimos de seguridad que se aplican al diseño de tuberías destinadas a brindar ese servicio.

Generalmente se emplea tubería de acero nueva y para poder ser utilizada deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- 1.- Deberá haber sido fabricada de acuerdo con una especificación conocida.
- 2.- Que haya sido usada en una línea existente, que se encuentre operando a igual ó mayor presión a la que se piensa operar.
- 3.- Que esté en uso y sí acaso es de una especificación desconocida, deberá operarse para un servicio de baja presión como en el caso de tuberías de cobre ó de plástico
- 4.- No deberán emplearse tuberías de hierro maleable en las líneas de transporte para el servicio indicado.

Las válvulas, bridas y conexiones que se instalen en las tuberías de conducción, deberán ser fabricadas con los materiales citados en el apéndice A-3 anexo y deberán usarse únicamente bajo las condiciones de operación de presión y temperatura fijados en sus respectivas especificaciones.

Las tuberías, deberán diseñarse con un espesor de pared suficiente para so-

APÉNDICE A - 3

ESPECIFICACIONES DE CONEXIONES, VALVULAS Y BRIDAS

API	6A	Equipos para cabezales de pozos.
API	6D	Válvulas de compuerta, válvulas macho, válvulas de bola y válvulas de retención para servicio de tuberías.
API	600	Válvulas de compuerta y válvulas macho, de acero (extremos de bridas o para soldar a tope), para servicio de refinerías.
ASTM	B61	Piezas fundidas de aleaciones de cobre, para vástagos o válvulas.
ASTM	B62	Composición de aleaciones de cobre para piezas fundidas.
ASTM	A105	Acero (forjado o rolado) para servicio de alta temperatura.
ASTM	A181	Acero (forjado o rolado), para servicio general.
ASTM	A182	Acero (forjado o aleación rolada), para servicio de alta temperatura.
ASTM	A216	Acero (fundido) apropiado para soldar por fusión, para servicio de alta temperatura.
ASTM	A217	Acero (aleación fundida) para servicio de alta temperatura.
ASTM	A234	Conexiones soldables de acero al carbono forjado o de aleación ferrítica.
ASTM	A487	Acero de baja aleación, fundido, adecuado para servicio a presión.

portar la presión interna y las cargas previstas que se le puedan imponer después de su instalación, así como un espesor adicional en caso necesario, para compensar el deterioro previsto por corrosión.

Para el diseño de tuberías de acero, se aplica la siguiente ecuación:

$$P = \frac{2 S T}{D} \times F \times E \times T$$

Donde :

P = Presión interna de diseño en libras por pulgada cuadrada manométricas.

S = Esfuerzo de cedencia mínimo especificado en psi (apéndice A-2 - anexo).

D = Diámetro exterior de la tubería en pulgadas

t = Espesor mínimo requerido para soportar la presión interna de diseño, en pulgadas.

Este espesor, no incluye margen de corrosión, ni el valor adicional requerido para soportar presiones y cargas externas.

F = Factor de construcción, que se selecciona en función de la localización donde se encontrará la línea.

E = Factor de junta longitudinal determinado con la tabla 1-A

T = Factor de temperatura determinado con la tabla 2-A

El espesor adicional para soportar cargas externas, es a criterio del diseñador, si considera que sea necesario, por las condiciones del terreno en que será tendida la línea. (Un punto que no debe pasarse por alto, por la magnitud de sus efectos, es considerar un margen de corrosión para las tuberías de conducción destinada al transporte de gas amargo u otros productos de tipo corrosivo. En tal caso deberá ser agregado un espesor adicional de 0.100-pulgadas al espesor requerido por presión interna para compensar el desgaste que pueda manifestarse por corrosión).

Para la tubería de acero el factor de construcción "F" estará de acuerdo con

APÉNDICE A-2

ESFUERZO DE CEDENCIA MÍNIMO ESPECIFICADO PARA
TUBERÍAS DE ACERO USADAS COMÚNMENTE
PARA TRANSPORTE

ESPECIFICACIÓN			ESFUERZO DE CEDENCIA MÍNIMO ESPECIFICADO (LB/PULG ²)
API	5 L	Grado A, sin costura o soldado eléctricamente	30,000
API	5 L	Grado B, sin costura o soldado eléctricamente	35,000
API	5 L	Soldada a tope Clase I hogar abierto	25,000
API	5 L	Soldada a tope Clase II hogar abierto	28,000
API	5 L	Soldadura a tope Bessemer	30,000
API	5 L	Soldada a tope, fierro hogar abierto o fierro forjado	24,000
API	5 LS	Grado A	30,000
API	5 LS	Grado B	35,000
API	5 LS	Grado X42	42,000
API	5 LS	Grado X46	46,000
API	5 LS	Grado X52	52,000
API	5 LX	Grado X42	42,000
API	5 LX	Grado X46	46,000
API	5 LX	Grado X52	52,000
API	5 LX	Grado X60	60,000
ASTM	A 53	Grado A	30,000
ASTM	A 53	Grado B	35,000
ASTM	A 53	Soldado a tope hogar abierto u horno eléctrico	25,000
ASTM	A 53	Soldadura a tope acero Bessemer	30,000
ASTM	A 106	Grado A	30,000
ASTM	A 106	Grado B	35,000
ASTM	A 135	Grado A	30,000
ASTM	A 135	Grado B	35,000
ASTM	A 139	Grado A	30,000
ASTM	A 139	Grado B	35,000
ASTM	A 381	Clase Y - 35	35,000

APÉNDICE A-2

(Continuación)

ESPECIFICACIÓN			ESFUERZO DE CEDENCIA MÍNIMO ESPECIFICADO (LB/PULG ²)
ASTM	A 381	Clase Y - 42	42,000
ASTM	A 381	Clase Y - 46	46,000
ASTM	A 381	Clase Y - 48	48,000
ASTM	A 381	Clase Y - 50	50,000
ASTM	A 381	Clase Y - 52	52,000
ASTM	A 134	Soldado por fusión eléctrica, longitudinal o en espiral, fabricado con los siguientes materiales	
ASTM	A 245	Grado A	25,000
		Grado B	30,000
		Grado C	33,000
		Grado D	40,000
ASTM	A 283	Grado A	24,000
		Grado B	27,000
		Grado C	30,000
		Grado D	33,000
ASTM	A 285	Grado A	24,000
		Grado B	27,000
		Grado C	30,000
ASTM	A 155	Soldado por fusión eléctrica:	
		Grado C45	24,000
		Grado C50	27,000
		Grado C55	30,000
		Grado KC55	30,000
		Grado KC60	32,000
		Grado KC65	35,000
		Grado KC70	38,000
ASTM	A 211	Soldado en espiral:	
ASTM	A 245	Grado A	25,000
ASTM	A 245	Grado B	30,000
ASTM	A 245	Grado C	33,000
ASTM	A 245	Grado D	40,000
ASTM	A 333	Sin costura; soldado por resistencia o "flash" eléctrico:	
		Grado O	30,000

la siguiente tabla.

CLASE DE LOCALIZACION		FACTOR DE CONSTRUCCION PARA GASODUCTOS
Rural	1	0.72
Semi poblada	2	0.60
Industrial	3	0.50
Urbana	4	0.40

T A B L A 1 - A

El factor de junta longitudinal que deberá usarse en la ecuación para diseño de tubería de acero, esta de acuerdo con los siguientes valores:

ESPECIFICACION	CLASE DE TUBERIA	FACTOR "E"
ASTM-A-53	Sin costura	1.0
	Soldado por resistencia eléctrica	1.0
	Soldado por traslape en horno	0.8
ASTM-A-106	Sin costura	1.0
ASTM-A-134	Soldado electricamente por fusión con arco.	0.8
	Soldado por resistencia eléctrica	1.0
ASTM-A-135	Soldado por resistencia eléctrica	1.0
ASTM-A-139	Soldado por fusión eléctrica	0.8
ASTM-A-155	Soldado electricamente por fusión con arco	1.0
	Soldadura en espiral	0.8
ASTM-A-333	Sin costura	1.0
ASTM-A-381	Soldado por resistencia eléctrica	1.0
	Soldado por doble arco sumergido	1.0
API-STD-5L	Sin costura	1.0
	Soldado por resistencia eléctrica	1.0
	Soldado por flas eléctrico	1.0

ESPECIFICACION	CLASE DE TUBERIA	FACTOR "E"
	Soldado por arco sumergido	1.0
	Soldado a tope	0.6
	Soldado a traslape	0.8
API-STD-5LX	Sin costura	1.0
	Soldado por resistencia eléctrica	1.0
	Soldado por flash eléctrico	1.0
	Soldado por arco sumergido	1.0
	Soldado por resistencia eléctrica	1.0

T A B L A 2 - A

El factor de diseño "T" de temperatura deberá aplicarse exclusivamente a gasoductos de acuerdo con los valores siguientes:

TEMPERATURA DEL GAS EN °C	FACTOR "T"
121 ó menos	1.000
150	0.966
175	0.936
200	0.906
225	0.876
250	0.846

Válvulas:

Las tuberías deberán contar con válvulas de seccionamiento para poder brindar una mayor seguridad y elasticidad de operación pudiendo seccionar la línea en caso de alguna ruptura en un tramo cualesquiera de la misma.

Los Gasoductos de gran magnitud deben tener válvulas de seccionamiento espaciadas como máximo de la siguiente manera:

- a) Cada 10 km. en una tubería que esté ubicada en una localización Clase 4

- b) Cada 15 km. en una tubería que esté ubicada en una localización Clase 3
- c) Cada 25 km. en una tubería que esté ubicada en una localización Clase 2
- d) Cada 35 km. en una tubería que esté ubicada en una localización Clase 1

Todo Ramal que se derive de un ramal troncal en una Red de distribución debe contar con una válvula en la interconexión.

Cuando la línea que se esté diseñando atraviese ríos que se consideren peligrosos, por su caudal, deberá contar con válvulas de seccionamiento en ambos márgenes del río y tener una línea auxiliar (ó by pass) del mismo diámetro que la línea normal, separada a 30 metros como mínimo de la línea regular.

Las válvulas deberán estar debidamente soportadas para prevenir hundimientos por su propio peso ó movimientos de la tubería y deberán estar así mismo, protegidas de personas ajenas a su operación y posibles daños por medio de registros de concreto ó cercados de alambre, si se instalan sobre el nivel del terreno.

Trampas para envío ó recepción de diablos.

Todos los gasoductos de gran magnitud deberán contar con trampas de diablos para efectuar limpiezas periódicas a lo largo de la línea, dichas trampas con válvulas de paso completo y continuado del tipo compuerta con el mismo diámetro interior de la tubería instaladas sobre la dirección de la línea principal con el objeto de permitir el paso de los diablos ó cepillos de limpieza, cuando éstos sean desplazados de un extremo a otro del gasoducto con el mismo fluido. También tienen lo que se conoce como cubeta de la trampa que se compone principalmente de un tramo de tubería generalmente dos pulgadas más grande que el diámetro nominal de la línea regular y una tapa con el fin de poder meter ó sacar los diablos con mayor facilidad.

Y por último también cuentan con un juego de válvulas perpendiculares a la dirección de la línea, que permiten el paso normal del flujo; el desplazamiento de los diablos ó el drenaje de la cubeta de la trampa.

Cuando la línea tenga una longitud mayor de 100 km, entre la trampa de envío y la trampa de recibo es conveniente instalar una trampa para envío y recibo de diablos intermedia con el fin de evitar un desgaste excesivo del diablo y garantizar una mayor eficiencia en la limpieza de la línea.

Clasificación de Localizaciones para el Tipo de Construcción que tendrá la Línea.

El criterio que deberá seguirse para determinar la clase de localización por donde pase la tubería de transporte y poder aplicar el factor de Construcción "F" adecuadamente en el cálculo del espesor necesario será la siguiente. Deberá considerarse un área de 200 metros a ambos lados del eje de la tubería en un tramo de 1600 metros como un área unitaria de terreno para seleccionar la clasificación de la localización en la forma que se menciona a continuación:

Localización Clase 1.- Es la que tiene 10 ó menos construcciones en un área unitaria de terreno.

Localización Clase 2.- Es la que tiene más de 10 construcciones pero menos de 50 en un área unitaria de terreno.

Localización Clase 3.- Cualesquier área unitaria de terreno que tenga 50 ó más construcciones destinadas a ocupación humana ó habitacional.

Localización Clase 4.- Es la que cada área unitaria de terreno está destinada fundamentalmente a ser zona de ocupación humana ó habitacional y exista tráfico intenso de vehículos.

Al seleccionar el tipo de localización deberá tomarse en cuenta un margen por expansión de poblaciones al efectuar la clasificación de las zonas que deba atravesar la tubería.

Precisión de la Ecuación de flujo de gas.

Para el cálculo real con las variables de diseño, lo primordial es una ecuación de flujo de gas que sea válida para todas las condiciones de operación-

prácticas. La ecuación de Weymouth ha servido bien a la industria del gas por un largo período de años, pero con altas presiones de operación, los flujos de gas observados no concuerdan con sus resultados. La ecuación que se presenta a continuación se deriva de la ecuación de Bernoulli con la sustitución de un factor de fricción empírico parecido, derivado de los datos de Drew y Generaux en flujo de gas, esta relación, ajustada para flujo en líneas modernas se considera válido para números de Reynolds entre 50 000 y 50×10^6 .

La experiencia en líneas por un largo período de años hace la observación de que de una simple fórmula no se puede esperar que cubra todos los casos posibles. La razón principal de esto es la variación total por corrosión y las gotas de soldadura cuya acción es tal que produce un encogimiento de la línea además del número y características de las curvas y vueltas que tenga la línea.

Para una línea nueva y recientemente limpiada, la ecuación para flujo de gas es:

$$Q = \frac{80.8}{\rho_o \mu^{0.0814}} \left[\frac{D^{4.85} M (P_1^2 - P_2^2)}{L Z_{av} T} \right]^{0.541} E$$

donde:

Q = Cantidad de gas transportado en PCD medidos a P_o y T_o

ρ_o = Densidad del gas en lb/ft^3 a P_o y T_o

μ = Viscosidad absoluta del gas en lb/ft-sec

D = Diámetro interno de la tubería en pulgadas

M = Peso molecular del gas en lb/mole

P_1 = Presión de descarga de compresoras ó presión inicial en psia

P_2 = Presión de succión de compresoras ó presión final en psia

L = Distancia entre estaciones de compresión ó longitud de la línea en millas.

Z_{av} = Factor de desviación ó de compresibilidad promedio.

T = Temperatura de flujo en °R

E = Factor de experiencia para ajustar la formula.

Para cualquier línea donde normalmente se maneja el mismo tipo de fluido a temperatura aproximadamente constante, la ecuación puede ser simplificada haciendo un solo termino la expresión de la densidad, viscosidad, peso molecular, temperatura y la constante numérica. Bajo condiciones normales, el termino de viscosidad no afecta grandemente los resultados porque un cambio del 30% en el valor absoluto de la viscosidad produce únicamente el 2.7 % de error en el cálculo del flujo de gas. Es decir, en una línea operando donde se determina la viscosidad del gas con pequeñas variaciones, no se afecta considerablemente la exactitud de la ecuación, por lo que la forma condensada de la ecuación es también:

$$Q = K_2 \left[\frac{D^{4.85} P_1^2 (1 - 1/C_r^2)}{L Z_{av}} \right]^{0.541} E$$

donde $K_2 = \frac{80.8}{\rho_o \mu^{0.0814}} \left[\frac{M}{T} \right]^{0.541}$

y C_r = Relación de compresión, P_1/P_2

Valides de la Ecuación de flujo

Como una prueba práctica de la utilidad de esta ecuación, comparamos algunos valores observados entre esta ecuación, la ecuación de Miller y la ecuación de Weymouth en la siguiente tabla. (Flujos de gas en M.M.P.C.D.).

GASTO REAL OBSERVADO	GASTOS CALCULADOS CON ECUACIONES DE :					
	MILLER	% ERROR	CLARK	% ERROR	WEYMOUTH	% ERROR
69.17	79.31	13%	67.7	2%	57.6	20%
62.24	72.99	12%	62.8	2%	53.6	20%
73.48	84.90	14%	73.5	0%	61.7	19%
69.83	79.80	13%	68.3	2%	57.8	21%
56.59	69.06	18%	54.5	4%	47.7	19%

NOMOGRAMA DE LA ECUACION DE CLARK

PETROLEOS MEXICANOS
GERENCIA DE PROYECTOS Y CONSTRUCCION
SUPERINTENDENCIA DE PROYECTOS
DEPARTAMENTO DE DISEÑO

$$Q = \frac{80.8}{\rho_o M_o^{0.0814}} \left[\frac{M}{T} \right]^{0.541} \left[\frac{D^{4.85} (P_1^2 - P_2^2)}{L Z} \right]^{0.541}$$

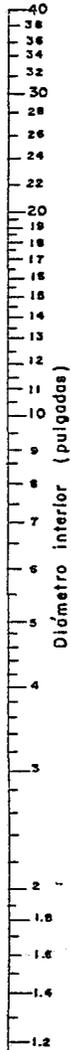
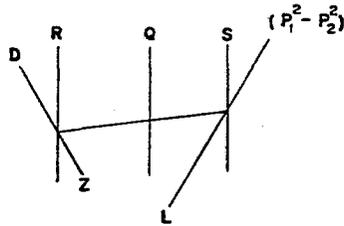
Para conducción de gas por tuberías

$$\frac{80.8}{\rho_o M_o^{0.0814}} \left[\frac{M}{T} \right]^{0.541} = \frac{80.8}{0.0422(7.8 \times 10^{-6})^{0.0814}} \left[\frac{17.3}{520} \right]^{0.541} = 738$$

$\rho_o = 0.0422 \text{ lb/pie}$ a 60°F y 14.7 Psia .

En donde:
 Q = Gasto, en pies³/día a T_o y P_o
 D = Diametro interior, en pulgadas
 P_1 = Presion inicial, en lb/pulg², abs.
 P_2 = Presion final, en lb/pulg², abs.
 L = Longitud del ducto, en millas.
 Z = Factor de desviación.
 M = Peso molecular del gas.
 T = Temperatura de flujo, en °R.
 ρ_o = Densidad del gas a T_o y P_o , en lb/pie³
 M_o = Viscosidad absoluta, en lb/pie-seg

Clave:



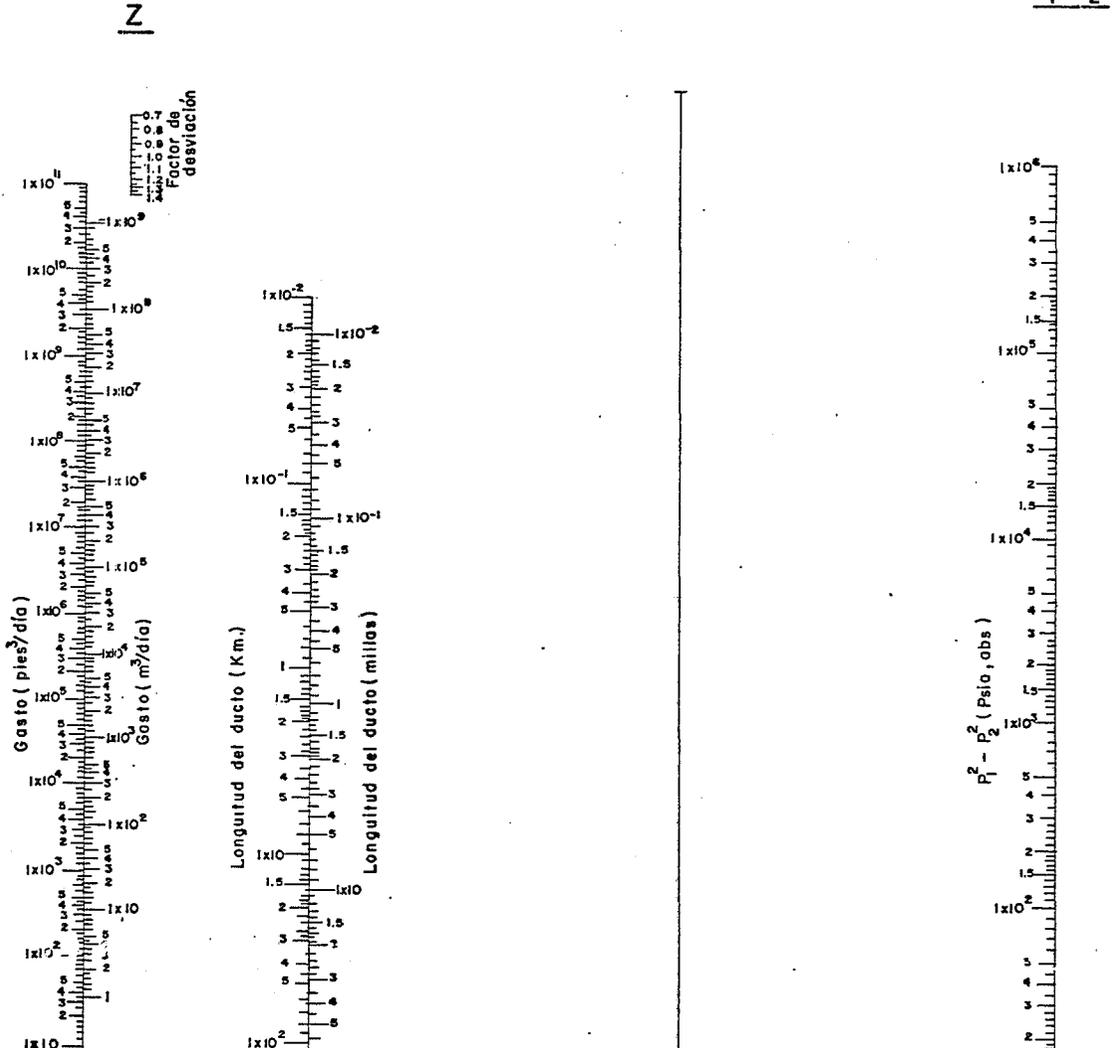
R

Q

L

S

$P_1^2 - P_2^2$



D

Los datos reales preparados para la tabla fueron tomados de una de las líneas de alta presión que operan hoy en día y esto nos da una idea de la cercanía de los resultados de estas ecuaciones de flujo de gas, respecto a las condiciones verdaderas.

La gran elasticidad de gases en general es bien reconocida pero su efecto en el flujo de gas medido en líneas largas no es tan bien conocido. El menor cambio a las condiciones en un extremo de la tubería causa variaciones en el flujo estacionario, el cual no se puede sostener por largos períodos de tiempo, por ejemplo en 50 millas de tubería puede ser necesario mantener la presión constante por un mínimo de cuatro ó cinco horas antes de que el flujo de gas se estabilice.

CALCULO DEL RAMAL ESPECIFICO

Para determinar el diámetro del ramal de suministro a la estación de regulación y medición de gas natural podemos aplicar la ecuación de Clark a partir de los siguientes datos:

Características del gas natural a condiciones estandar (1 Kg/cm^2 y 20° C)

Densidad : 0.04486 Lb/ft^3

Viscosidad = $0.0000077952 \text{ Lb/ft-seg.}$

Peso molecular = 17.3 lb/mol.

Longitud del ramal específico = 120 metros

Temperatura de flujo del gas = 20° C (68° F)

Gasto ó volumen de diseño = $2'068\ 800 \text{ P.C.D.S.}$ (siempre será igual a la capacidad de la estación de regulación y medición de gas natural)

Factor de desviación ó de compresibilidad = 0.93 (a las condiciones de flujo)

Presión en el punto de interconexión = 600 psig (dato proporcionado por la Gerencia de Explotación de Petróleos Mexicanos. Sistema de Ductos Sur-Centro)

Presión máxima que se puede presentar = 1070 psig (que corresponde a la presión de descarga de los compresores del gasoducto Cd.Pemex-México-Salamanca-

Guadalajara).

Presión de llegada a la Estación = 590 psig (debido a que solamente son 120-metros de tubería y comparando con las líneas que Pemex tiene en operación, podemos asumir una caída de presión de 10 psig para efectos de pérdidas por fricción). Presión atmosférica de Salamanca = 11.9 psia.

Despejando el diámetro de la ecuación de Clark tenemos:

$$D = \left[\frac{LZ}{(P_1^2 - P_2^2)} \left(\frac{Q}{\frac{80.8}{\rho^{0.0814}} \left[\frac{M}{T} \right]^{0.541}} \right)^{\frac{1}{0.541}} \right]^{\frac{1}{4.85}} = \text{pulgadas}$$

$$\text{donde } \frac{80.8}{\rho^{0.0814}} \left[\frac{M}{T} \right]^{0.541} = \text{constante}$$

Sustituyendo valores :

$$\frac{80.8}{0.04486 (0.000077952)^{0.0814}} \left[\frac{17.3}{528} \right]^{0.541} = 738.2362083$$

Por lo tanto:

$$D = \left[\frac{120 (0.93)}{1609 (611.9^2 - 601.9^2)} \left(\frac{2'068800}{738.2362083} \right)^{\frac{1}{0.541}} \right]^{\frac{1}{4.85}} = 1.710'' \text{ } \emptyset \text{ interior}$$

para lo cual, el diámetro inmediato comercial requerido es 2" \emptyset nominal.

Otra forma de calcular el diámetro del ramal específico es, a partir de una ecuación empírica de velocidades recomendables para flujo de gas en tuberías de acero, basada en los resultados de un gran número de estudios técnico-económicos que he realizado, para determinar el diámetro óptimo en líneas para transporte de gas natural, aplicando costos reales y condiciones de operación prácticas, a semejanza de las que actualmente se encuentran al servicio de Petróleos Mexicanos.

El procedimiento a seguir se describe a continuación:

$$\text{ecuación empírica } V_{\text{rec}} = 67.5 - 0.05 P_m = \text{ft/seg.}$$

donde:

V_{rec} = Velocidad recomendable en pies por segundo

P_m = Presión media de operación en libras por pulgada cuadrada mano métricas, calculada mediante la siguiente ecuación.

$$P_m = \frac{2}{3} \left[P_1 + P_2 - \left(\frac{P_1 P_2}{P_1 + P_2} \right) \right] = \text{psig}$$

Siendo P_1 y P_2 las presiones normal y mínima que se pueden presentar, respectivamente en el origen y destino de la línea a diseñar.

Para tal efecto, los valores obtenidos fueron proporcionados por la Gerencia Operativa de Pemex, siendo $P_1 = 600$ psig y $P_2 = 350$ psig (presión mínima de llegada a una Estación de regulación y medición de gas natural de alta presión).

Cálculo de la presión media.

$$P_m = \frac{2}{3} \left[600 + 350 - \left(\frac{600 \times 350}{600 + 350} \right) \right] = 485.96 \text{ psig}$$

sustituyendo en la ecuación empírica.

$$V_{rec} = 67.5 - 0.05 (485.96) = 43.2 \text{ ft/seg. a } 485.96 \text{ psig y } 528^\circ \text{ R.}$$

como la velocidad es igual al gasto entre el área asumimos que:

$$\text{Area} = \text{Gasto} / \text{velocidad}$$

en las mismas unidades y a las mismas condiciones de presión y temperatura.

Como el gasto de diseño esta en pies cúbicos por día a condiciones estandar (14.22 psia y 528°R), para poder aplicar la relación anterior, debemos corregirlo por presión media de operación y temperatura de flujo, para tenerlo en igualdad de circunstancias que la velocidad recomendable calculada.

Esto es:

$$\text{Gasto de diseño} = 2'068,800 \frac{\text{ft}^3}{\text{día}} \times \frac{14.22 \text{ psia}}{485.96 \text{ psig} + 11.9 \text{ psia}} \times \frac{528^\circ \text{ R}}{528^\circ \text{ R}}$$

donde 11.9 psia corresponde a la presión atmosférica de Salamanca y 14.22

psia a la presión base de las condiciones estandar de Pemex.

Como en este caso la temperatura de flujo del gas es igual a la temperatura base de las condiciones estandar, la corrección por temperatura resulta nula es decir:

$$\text{Gasto de diseño} = 2'068,800 \frac{\text{ft}^3}{\text{día}} \times \frac{14.22 \text{ psia}}{497.86 \text{ psia}} \times 1 = 59,160.87 \frac{\text{ft}^3}{\text{día}}$$

a la presión media y temperatura de flujo.

Convirtiendo a las mismas unidades de la velocidad recomendable tenemos:

$$Q = 59,160.87 \frac{\text{ft}^3}{\text{día}} \times \frac{\text{día}}{24 \text{ hrs.}} \times \frac{\text{hr.}}{3600 \text{ seg.}} = 0.684732 \frac{\text{ft}^3}{\text{seg.}}$$

$$\text{por lo tanto: Area} = \frac{0.684732 \text{ ft}^3/\text{seg.}}{43.2 \text{ ft/seg.}} = 0.01585 \text{ ft}^2$$

$$\text{como Area} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = \left[\frac{4A}{\pi} \right]^{0.5} = \left[\frac{4 (0.01585 \text{ ft}^2)}{3.1416} \right]^{0.5} = 0.14206 \text{ ft}$$

$$D = 0.14206 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ pulg.}}{\text{ft}} = 1.7047 \text{ pulgadas } \emptyset \text{ interior mínimo requerido.}$$

cuyo diámetro inmediato comercial es de 2" \emptyset nominal.

CALCULO DEL ESPESOR DE PARED

Para la tubería que se empleará en instalaciones (Norma T-101 de Petróleos - México) para el caso de las tuberías de tubería y la Dirección de Regulación y Medición se emplea la siguiente ecuación:

$$t = \frac{P D}{2SE} + C$$

donde:

t = Espesor mínimo requerido en pulgadas

P = Presión máxima de operación en psig

D = Diámetro exterior de la tubería en pulgadas

S = Esfuerzo permisible del material en psi

E = Factor de junta longitudinal de la tubería (0.85 con costura y 1.0 sin costura).

C = Margen de corrosión

En el caso de tuberías para instalaciones se recomienda usar tubería sin costura de 2" a 16" \emptyset nominal y de 18" \emptyset nominal en adelante con ó sin costura.

Datos para la tubería de interconexión.

P = 1070 psig

D = 2.375 pulgadas

S = 20 000 psi para tubería ASTM-A-53 grado "B"

F = 1.0 para tubería sin costura

C = 0.050 pulgadas (para tuberías que transportan gas seco, dulce y deshidratado)

de tal forma que sustituyendo estos valores tenemos:

$$t = \frac{1070 \times 2.375}{2 (20\ 000)} + 0.050'' = 0.114'' \text{ de espesor mínimo}$$

para lo cual el espesor inmediato comercial corresponde a 3.9mm. (0.154'') - en tubería de acero ASTM-A-53, Grado B para 2" \emptyset nominal Cédula 40.

Pero la Norma Pemex T-101 para diseño de instalaciones en el capítulo T-2D - que corresponde a 600 ANSI (presión máxima de operación 1440 psig a 20° C) - nos indica que para tuberías de 2" a 6" \emptyset nominal debemos usar Cédula 80, lo cual nos obligaría a instalar tubería de 2" \emptyset nominal con 5.54 mm. (0.218'') - de espesor de pared.

Para la tubería que se empleará en el Ramal Específico (Norma A-VIII-1 de Petróleos Mexicanos) ó tubería enterrada se emplea la siguiente ecuación:

$$t = \frac{P D}{2SFET}$$

donde:

t = Espesor mínimo requerido en pulgadas

P = Presión máxima de operación en psig

D = Diámetro exterior en pulgadas

S = Esfuerzo permisible del material en psi

F = Factor de construcción (de la tabla que esta al principio de este capítulo)

E = Factor de junta longitudinal (de la tabla 1-A de este capítulo).

T = Factor de temperatura (de la tabla 2-A)

En el caso de tuberías para ramales se recomienda emplear tubería API-STD-5L Gr. B en diámetros pequeños sometidos a presiones elevadas y en diámetros grandes que soportarán bajas presiones de operación.

Datos para la tubería del ramal específico.

P = 1070 psig

D = 2.375 pulgadas

S = 35 000 psi para tubería API-STD-5L, Gr. B

F = 0.40 para construcción clase 4

E = 1.0 para tubería API-STD-5L sin costura ó soldada por resistencia eléctrica

T = 1.0 para la temperatura de operación

de tal forma que sustituyendo estos valores tenemos:

$$t = \frac{1070 \times 2.375}{2 (35000) (0.4) (1.0) (1.0)} = 0.091'' \text{ de espesor mínimo}$$

para lo cual corresponde un espesor inmediato comercial de 5.91 mm. (0.154") de acuerdo con los estandares de fabricación para tubería API-STD-5L, Grado-B de 2" Ø nominal.

Petróleos Mexicanos ha fijado lineamientos a seguir en la fabricación de este material basandose en las normas API (American Petroleum Institute) que la ANSI (American National Standards Institute) ha publicado conjuntamente con las normas ASTM (American Society for Testing Materials) y la AGA (American Gas Association) y generalmente la tubería utilizada por Petróleos Mexi-

canos es fabricada por la Compañía Tubos de Acero de México, S.A. (TAMSA) en diámetros de 2" a 16" y de 18" a 36" Ø por la Compañía Tubacero, S.A.. El criterio es el que sí tales tuberías están apegadas en su manufactura a los lineamientos establecidos, se deben seguir las especificaciones y limitaciones que el Instituto Americano del Petróleo (API) señala para el cálculo antes citado.

A principios de 1951, la American Standar Association (ASA) ahora ANSI a través de su comité B-31 que estudia los códigos para tubería a presión, se dió a la tarea de unificar los criterios para el cálculo del espesor y establecer las diferencias en los requerimientos mínimos de seguridad, manufactura y esfuerzos permisibles de trabajo para aquellas instaladas en lugares específicos.

La sección B-31.8 cubre el diseño, fabricación, instalación, inspección, pruebas y los aspectos de seguridad de operación y mantenimiento de los sistemas de transmisión y distribución de gas, incluyendo gasoductos, estaciones de compresión, estaciones de regulación y medición, líneas troncales y líneas de servicio y se limita a temperaturas inferiores a 450° F, las tuberías con temperaturas de metal arriba de este valor, se calculan aplicando el ANSI B-31.3 concluyendo que la presión de diseño para sistemas de tuberías de acero que conducen gas debe ser determinada por la ecuación de Barlow que ya habíamos mencionado anteriormente.

$$P = \frac{2 S t}{D} \times F \times E \times T$$

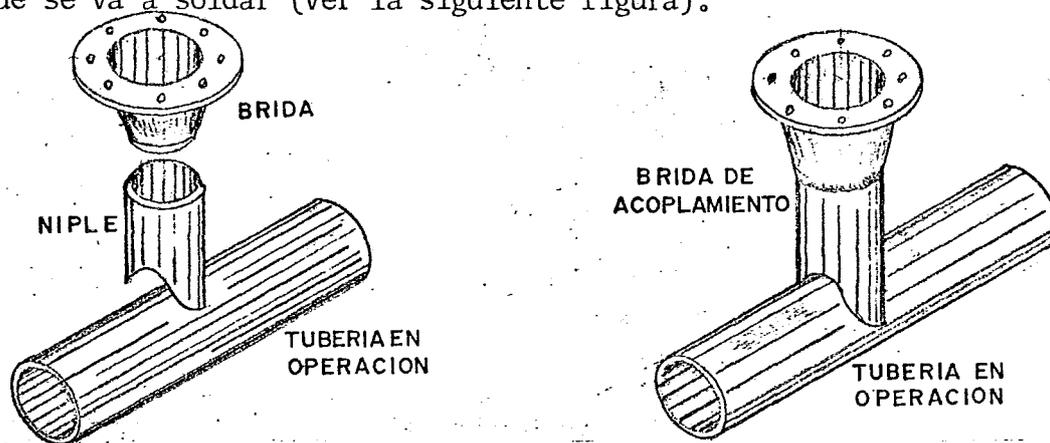
La colonia que nos ocupa se encuentra a 4 km. de la Refinería de Salamanca y se abastecerá de gas natural de la línea de 14" Ø nominal de alta presión que pasa por las cercanías de su terreno y para tal efecto en el K-4+410.28 de dicha línea (Gasoducto Cd. Pemex-México-Salamanca-Guadalajara, tramo Salamanca-Guadalajara) se derivará el ramal específico que llevará el gas hasta la Estación de Regulación y Medición en un trayecto de 120 metros de longi-

tud, para que una vez regulado y medido se inyecte posteriormente a la Red de Distribución.

Para realizar dicha derivación es necesario un procedimiento que permita conectar el nuevo ramal al gasoducto troncal sin interrumpir el paso del fluido a través de la línea en operación.

Tales requerimientos se describen en las siguientes etapas:

Taladrar bajo presión (Hot-tapping) es sencillamente un procedimiento para realizar un corte y abertura en una tubería que transporta un producto a presión para lo cual se empieza por soldar a la tubería una brida de acoplamiento constituida por una brida normal y un niple o tramo de tubo biselado para soldar, con un extremo plano y el otro con la configuración de la tubería a la que se va a soldar (ver la siguiente figura).



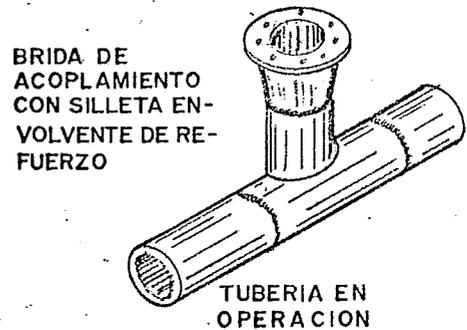
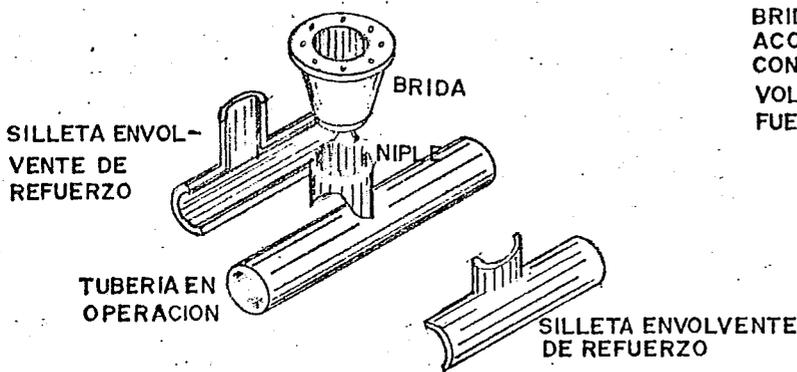
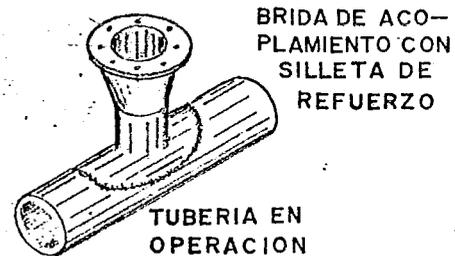
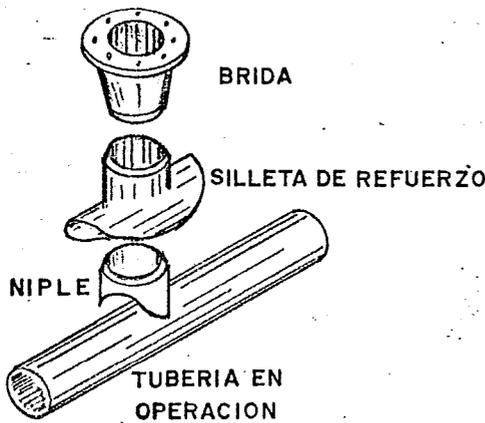
Como es lógico los cordones de soldadura no deben atravesar la pared de la tubería. Debido a que al taladrar la tubería en operación, perderá una parte de material indispensable para soportar las condiciones de operación será necesario reponer esa porción de material mediante un refuerzo de acero que se puede calcular de acuerdo con los códigos de diseño API y ASME pero en la práctica, encontramos Compañías Proveedoras de este tipo de refuerzos conocidos como silletas que nos simplifican la labor de cálculo fabricando dos tipos de silletas de tipo estandar; la silleta de refuerzo normal y la silleta envolvente de refuerzo las cuales para su aplicación correcta siguen las si-

güentes reglas:

a) Cuando el diámetro del ramal que se va a derivar es menor que la mitad del diámetro de la tubería en operación a la cual se le hará el injerto la silleta que se debe emplear con la de refuerzo.

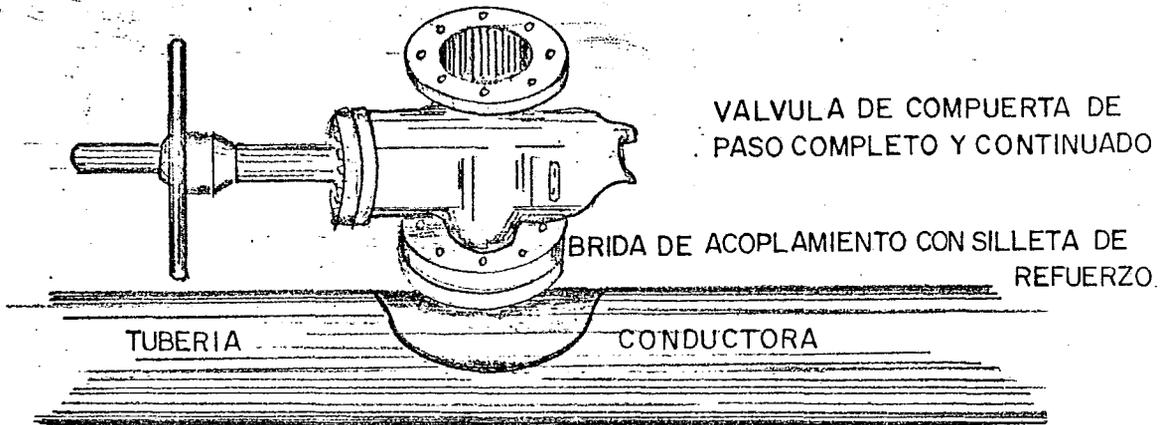
b) Cuando el diámetro del ramal es mayor ó igual a la mitad del diámetro de la tubería en operación, entonces se recomienda usar la silleta envolvente de refuerzo .

Aplicaciones de refuerzos en interconexiones.



A continuación se conecta a la brida de acoplamiento una válvula de compuerta de paso completo y continuado que tenga el mismo diámetro interior de la brida de acoplamiento en toda su longitud de cara a cara de la válvula, es importante que el bore ó diámetro interior sea el mismo tanto en el niple como en la brida y la válvula para que permita un libre desplazamiento de la -

cortadora ó máquina de taladrar ya que tiene que pasar a través del bore de-



la válvula y la brida de acoplamiento antes de alcanzar la tubería en operación.

Posteriormente a la brida de la válvula de paso completo y continuado se acopla una máquina de taladrar que consta basicamente de un árbol largo dentro de una Vaina. Dentro del árbol hay un tornillo sin fin que automáticamente desplaza la barra de taladrar cuando entra en rotación.

Las máquinas de taladrar pueden ser accionadas neumática, hidráulica ó manualmente. La parte inferior de la barra de taladrar lleva conectada una fresa. La debida precaución debe tomarse para que la máquina quede bien alineada en relación con el diámetro interior de la válvula de compuerta.

Después de esto se abre la válvula y se baja la fresa hasta que toque la tubería en operación. Antes, se debe determinar cuidadosamente el recorrido requerido para terminar el taladro y marcarlo en la barra regleta de medidas de la máquina de taladrar. A continuación se comienza la operación. Cuando se inicia la penetración del taladro, pasa el gas natural hacia el cilindro obligando al agua a salir a través de una válvula de purga conectada al cilindro ó vaina de paso cuando el gas natural empieza a salir, toda el agua ha sido purgada y la válvula de purga puede cerrarse.

MAQUINA DE
TALADRAR

VAINA

BARRA DE TALADRAR

SOPORTE PARA FRESA CORTADORA

ADAPTADOR

FRESA CORTADORA

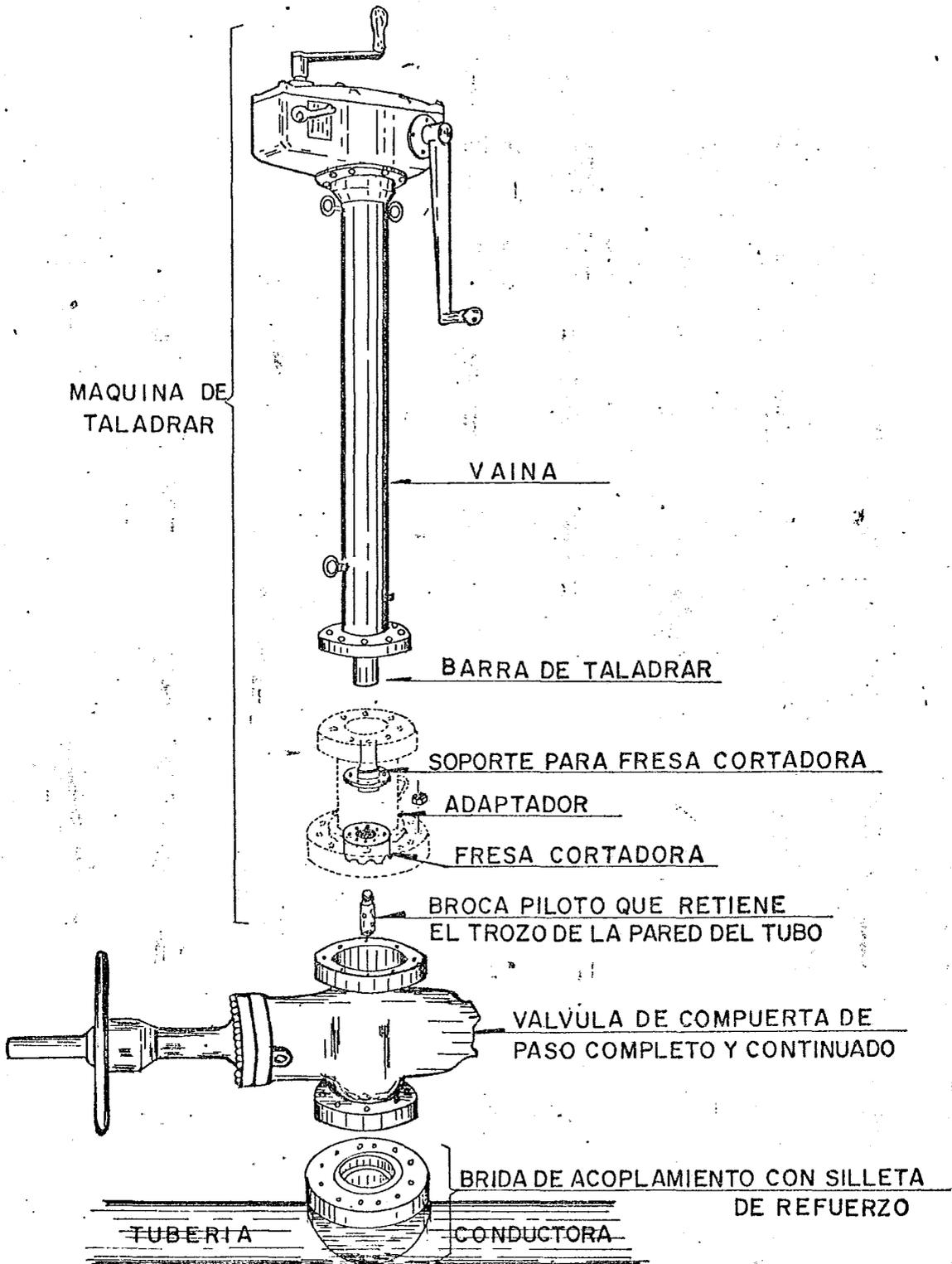
BROCA PILOTO QUE RETIENE
EL TROZO DE LA PARED DEL TUBO

VALVULA DE COMPUERTA DE
PASO COMPLETO Y CONTINUADO

BRIDA DE ACOPLAMIENTO CON SILLETA
DE REFUERZO

TUBERIA

CONDUCTORA



Una vez terminada la taladración se retrae la fresa hacia el interior del cilindro de paso, se cierra la válvula de compuerta y se libera la presión interior de la cortadora a través de la válvula de purga, mediante esta misma válvula se puede comprobar si la válvula de compuerta esta bien cerrada.

A continuación ya se puede retirar la máquina de taladrar.

La fresa tiene en el centro una especie de broca piloto que retiene el trozo de pared de tubería que se ha eliminado de tal forma que se extrae junto con la fresa.

Una vez terminada la operación de taladrar, se procede a conectar la brida - compañera de la válvula que servirá de enlace con la tubería que constituirá el ramal específico.

En la operación anterior, la mano de obra es exclusiva del personal capacitado de Petróleos Mexicanos y no se permite que ningún contratista la realice por el peligro que representa, si no se tienen las debidas precauciones y la experiencia necesaria para soldar en la línea que esta operando.

ESTACION DE REGULACION Y MEDICION DE GAS NATURAL

De acuerdo con las definiciones de los capítulos anteriores, podemos asumir que nuestro proyecto corresponde a la clasificación de las Estaciones de Alta Presión y para su diseño, tomaremos como base los estandares establecidos por Petróleos Mexicanos, con el objeto de minimizar los problemas de operación y optimizar la selección del equipo comercial apropiado.

Para este tipo de instalaciones, la Regulación de presión, siempre se efectúa en dos etapas: en la primera se regula la presión de entrada a 300 psig y en la segunda se abate la presión de 300 psig a la presión de entrega, que en este caso es de 60 psig siendo 300 psig la presión apropiada para efectuar la medición de flujo para medidores de tipo diferencial y 60 psig la presión máxima de operación para suministro a la Red de Distribución para uso doméstico.

Variables de diseño:

Por definición presión es la relación entre una fuerza determinada y el área sobre la que actúa.

$$P = F/A \text{ (Kg/cm}^2\text{, lb/pulg.}^2\text{, Ton/m}^2\text{, etc.)}$$

Presión atmosférica de un lugar, es la presión ejercida sobre la superficie terrestre de ese lugar, por las capas de aire constitutivas de la atmósfera. Su valor varía de acuerdo con el lugar respecto a altitud, alcanzando su valor máximo al nivel del mar donde equivale a una columna de mercurio de 760 mm. (14.7 psia).

En la Ciudad de Salamanca su valor es de 11.9 psia y equivale a una columna de mercurio de 615 mm.

Presión manométrica es la presión generada por cualquier fuente de energía que se puede leer por cualquier indicador de presión (manómetro) prescindiendo de la localización del lugar y por tanto de la presión atmosférica.

Presión absoluta es la resultante de la adición de la presión manométrica y-

la presión atmosférica del lugar de prueba y para indicarla es necesario - -
agregar la palabra absoluto (s, as) ó la abreviatura abs. ó simplemente la -
letra a (Kg/cm^2 abs. ó psia).

El elemento común para la medición de presiones es el tubo bourdón, el cual -
tiene una sección especial, casi rectangular de dirección curva, de ahí su -
designación de tipo "C"

La presión del elemento guarda cierta relación directa con la longitud del -
tubo bourdón, a mayor exactitud, mayor longitud, de ahí nació la idea de su -
construcción en espiral, pudiendo medir presiones de 10 psi a 200 psi con es -
te tipo de elemento, Luego entonces, la magnitud de la presión será un dato -
del que nos valdremos para elegir el tipo de elemento a usar en cuanto a su -
forma, puesto que el material de este hecho nos lo dictará el fluido del pro -
ceso (en este caso gas natural).

Para presiones de 200 a 80000 psi utilizaremos el bourdón de tipo helicoidal
(Patentado por Bristol).

Para presiones de 0 a 5 psi, contamos con los elementos de tipo diafragma -
que miden de 0 a 8" de agua hasta 5 psi y se expresa así 0-8" de agua -0- 5-
psi, existiendo dos dimensiones: de 2" y 3" \emptyset según se trate de baja ó muy -
baja presión.

Otro tipo de elemento es el de fuelle, el cual se tiene en una caja protecto -
ra y en la parte central tiene un resorte cuyo objeto es alargar la vida del
fuelle. Este tipo tiene importancia porque a parte de poder conectarse direc -
tamente a proceso lo podemos utilizar como auxiliar en las mediciones a dis -
tancia actuando como intermediario entre el elemento primario y el receptor,
es este caso, la presión que recibe es proporcional a la real. Con el objeto
de eliminar la inercia correspondiente, se utiliza un rango de 3 psi en ade -
lante (3-15 psi generalmente).

Existen fuelles de este tipo sin la caja, con la variante de que el resorte-

es externo y que son utilizados en receptores tipo miniatura.

En las mediciones de presión absolutas se utilizan espirales ó fuelles dobles. A una de las espirales ó fuelles se le hace el vacío con el objeto de eliminar el efecto de la presión atmosférica.

Sintetizando, respecto al tipo de elemento de los medidores de presión tendremos:

- | | |
|--------------------------|------------------------------|
| | a) Diafragmas |
| | b) Fuelles |
| Para presión manométrica | c) Espiral |
| | d) Helicoidal estandar |
| | e) Helicoidal trabajo pesado |
| | a) Espiral doble |
| Para presión absoluta | b) Fuelle doble |

En mediciones de vacío, el rango máximo será de 760 mm. de Hg. (para presiones de 80 000 a 200 000 psi se utilizan las denominadas celdas de carga).

De acuerdo con el material utilizado en su elaboración tenemos:

- 1) Cobre, Niquel, Manganeso.
- 2) Berilio - Cobre
- 3) Bronce
- 4) Ni - Span (Niquel - Fierro)
- 5) Acero inoxidable 316 (316 SST)

Si en lugar de 0-150 psi, queremos medir solo de 100 a 150 psi, usaremos el elemento 0-150 psi solo que haremos los ajustes necesarios y tener así lo que se llama "escala expandida". De esta manera en el elemento receptor de fuelles ó espiral 3-15 psi, tendremos escala expandida.

Se tienen también protectores de Sobre rango y de Bajo rango.

Cuando se trata de un proceso con presión manométrica y de vacío (rango com-

puesto) puede solucionarse de dos maneras: midiendo la presión absoluta ó utilizando el elemento de rango compuesto. No todos los elementos pueden tener rango compuesto (Diafragma, Espiral, Helicoidal).

Rango y Span.- Estos términos coinciden en su valor cuando lo que se vá a medir es precisamente igual al rango del elemento. Si queremos medir de 0 a 150 psi ese será nuestro rango y el Span será 150, si vamos a medir de 100 a 250 psi, ese será el rango y el Span será 150.

Montaje de los elementos.- Se tienen tres tipos de cajas comunes: Circulares Rectángulares y Paralelepipedo-rectángular (en los instrumentos miniatura) los dos primeros en tamaños de 8", 10" y 12", el último en 6" .

En el caso de manómetros indicadores se tienen desde 2" \emptyset , 3", 4.5", 6", 10" y 12" y las tomas a proceso en la parte inferior, laterales ó en la parte posterior.

De acuerdo con la función pueden ser: Registro; Indicación; Registro-Indicación; Indicación-Controlador y Registrador-Controlador.

Respecto al montaje pueden ser: De tablero; De pared; En yugo.

La indicación puede ser; concéntrica y excéntrica.

Para registro las plumas pueden ser: Tipo caja; Tipo V y Tipo capilar.

Cuando se tiene un registro de varias variables se utiliza caja rectángular.

En caja circular se puede utilizar un solo registro (10") ó dos (12")

En la rectángular hasta cinco registros.

Respecto al movimiento de la gráfica se tiene: Motor eléctrico; Reloj mecánico y Neumático su selección dependerá del tipo de energía con que se cuente y del tipo de atmósfera.

Las velocidades de rotación son diferentes, de acuerdo con el tipo de proceso y de operación.

Sellos.- Cuando se tienen fluidos muy corrosivos ó muy viscosos, se utilizan dos tipos de sellos: metálicos y líquidos.

Los sellos metálicos constan de: Cuerpo de sello y Capilar que está conectado directamente al elemento de presión, siendo la longitud máxima de ese capilar 8 metros (25 ft). El tipo de conexión del sello puede ser bridada, rosada o soldada.

Para el sello líquido, el fluido se escoje de tal manera que tenga un coeficiente de expansión mínimo. Generalmente el tipo de fluido usado en los sellos es la glicerina.

Cuando se tienen oscilaciones constantes de presiones pulsantes que disminuyen la vida del elemento, se acostumbra usar amortiguadores que pueden ser una válvula de aguja, de ahí los diferentes arreglos de válvulas para manómetros y los manifolds de válvulas para los registradores.

En la selección de equipos siempre procuraremos que las condiciones de operación de nuestro proceso queden entre el 40% y el 70% de los límites de operación propios del equipo comercial considerado, aún cuando la operación óptima de los mismos, generalmente se encuentra delimitada entre el 20% y el 90% del rango propuesto por el fabricante así para la selección de los manómetros indicadores de presión al igual que para los demás equipos nos auxiliaremos siempre con los catálogos del fabricante.

En éste proyecto específico se consideró el catálogo ASHCROFT del cual se adjuntan copias para pronta referencia del rango de presiones comerciales y de la forma requisitarlos.

Para indicar el modelo es necesario seguir los siguientes pasos:

1º Indicar con números el tamaño de la carátula seleccionada de acuerdo con la siguiente tabla:

Para 114 mm. (4.5") Ø el número 45

Para 152 mm. (6") Ø el número 60

Para 215 mm. (8.5") Ø el número 85

Para 254 mm. (10") el número 100

CAJAS

DISEÑOS Y MATERIALES.

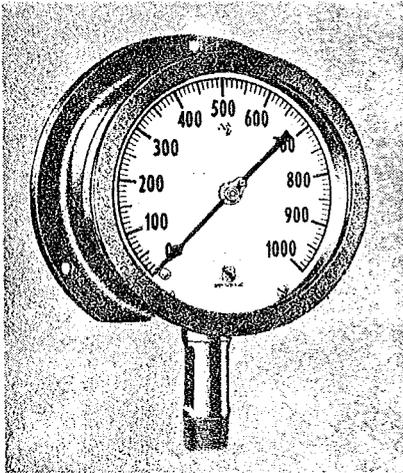
Todas las cajas Duragauge están fabricadas a prueba de polvo y humedad. De acuerdo con los requisitos de su instalación se podrá seleccionar el tipo correcto de caja y el material más adecuado, entre las variedades que ofrecemos a continuación.

CAJA TIPO N° 1379.— Fundida con una aleación de aluminio especialmente desarrollada, llamada Alupalife, con un bisel roscado del mismo material. La caja y el bisel son sometidos a un tratamiento químico que protege la superficie de estas partes contra la corrosión. Ambas partes son posteriormente pintadas en negro con el objeto de incrementar aún más, su resistencia a la oxidación. Esta

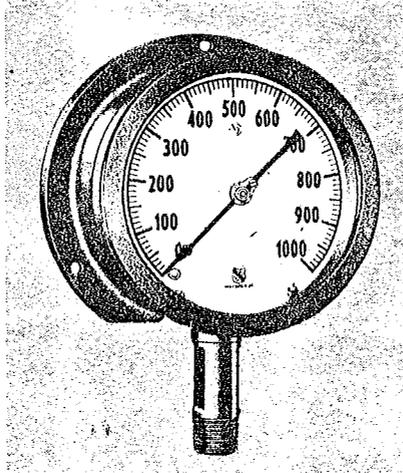
caja se utiliza tanto para montaje local como para montaje de tablero.

CAJA TIPO 1079.— Es similar a la número 1379 antes mencionada, pero fabricada en hierro fundido.

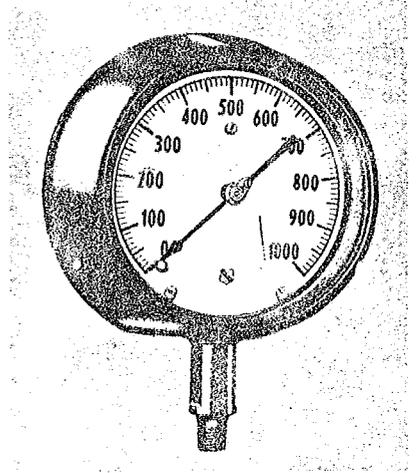
CAJA TIPO N° 1279.— Es del tipo de torre blindada hecha de Fenol, para montaje de pared o local. Esta caja no tiene ceja posterior, ni bisel para roscar. El anillo de cierre usado es de latón, cuando el tubo de Bourdon es de bronce, y de acero inoxidable cuando se usan con tubos de Bourdon de otros materiales. Se puede surtir con conexión inferior o posterior.



CAJA TIPO 1379



CAJA TIPO 1079



CAJA TIPO 1279

CAJA TIPO	MONTAJE		CONEXION		CARATULA		PESOS APROXIMADOS	
	PARED	TABLERO	INFERIOR	POSTERIOR	mm.	pulg.	TUBO ESTIRADO Kgs.	TUBO BARRENADO Kgs.
1379	SI	SI	SI	SI	114	4½	0.964	1.105
					152	6	1.418	1.560
1079	SI	SI	SI	SI	216	8½	4.961	5.103
					254	10	7.116	7.258
					302	12	10.575	10.802
1279	SI	SI	SI	SI	114	4½	0.964	1.105
					152	6	1.418	1.560
					216	8½	2.070	2.210

TABLA DE GRADUACIONES NORMALES

RANGOS DE BAJA PRESION.

GRADUACIONES		Intervalos de Figuras		Graduaciones Intermedias
Kg/cm2.	P.S.I.			
0 — 1	0 — 15	0.1	Kg/cm2.	0.01 Kg/cm2.
0 — 2	0 — 30	0.2	" "	0.02 " "
0 — 4	0 — 60	0.5	" "	0.01 " "
0 — 7	0 — 100	1	" "	0.01 " "
0 — 11	0 — 160	1	" "	0.01 " "
0 — 14	0 — 200	2	" "	0.02 " "
0 — 21	0 — 300	3	" "	0.05 " "
0 — 28	0 — 400	4	" "	0.05 " "
0 — 42	0 — 600	5	" "	1 " "
0 — 56	0 — 800	5	" "	1 " "
0 — 70	0 — 1000	10	" "	1 " "

RANGOS DE ALTA PRESION.

0 — 110	0 — 1500	10	Kg/cm2	1	Kg/cm2.
0 — 140	0 — 2000	20	" "	2	" "
0 — 210	0 — 3000	20	" "	2	" "
0 — 350	0 — 5000	50	" "	5	" "
0 — 700	0 — 10000	100	" "	10	" "
0 — 1400	0 — 20000	200	" "	20	" "

Todos los rangos de presión antes mencionados se surten invariablemente en carátulas de doble escala graduadas en Kg/cm2. y la equivalente en PSI.

RANGOS DE VACIO.

GRADUACIONES		Intervalos de Figuras		Graduaciones Intermedias
cm. de Mercurio	Pulg. de Mercurio			
0 — 76	0 — 30	10	cm.	1 cm.

Se surten invariablemente en carátulas de doble escala graduadas en cm. de mercurio y la equivalente en pulgadas de Mercurio.

RANGOS COMPUESTOS.

GRADUACIONES		Intervalos de Figuras		Graduaciones Intermedias
Kg/cm2. y cm.	PSI y Pulgadas			
1 Kg/cm2. y 76 cm.	15 PSI y 30"	0.1	Kg/cm2. y 20 cm.	0.05 Kg/cm2. y 10 cm.
2 Kg/cm2. y 76 cm.	30 PSI y 30"	0.5	Kg/cm2. y 20 cm.	0.10 Kg/cm2. y 10 cm.
4 Kg/cm2. y 76 cm.	60 PSI y 30"	1.0	Kg/cm2. y 20 cm.	0.10 Kg/cm2. y 10 cm.
7 Kg/cm2. y 76 cm.	100 PSI y 30"	1.0	Kg/cm2. y 20 cm.	0.10 Kg/cm2. y 10 cm.
10 Kg/cm2. y 76 cm.	150 PSI y 30"	1.0	Kg/cm2. y 20 cm.	0.10 Kg/cm2. y 10 cm.
14 Kg/cm2. y 76 cm.	200 PSI y 30"	2.0	Kg/cm2. y 20 cm.	0.20 Kg/cm2. y 10 cm.
21 Kg/cm2. y 76 cm.	300 PSI y 30"	3.0	Kg/cm2. y 20 cm.	0.50 Kg/cm2. y 10 cm.

Todos los rangos antes mencionados se surten invariablemente en carátulas de doble escala graduadas en Kg./cm2. y cm Hg. y la equivalente en PSI. y pulgadas (de Hg.) de vacío.

RANGOS RETARDADOS.

GRADUACIONES		Intervalos	Graduación Retardada	Sub-Intervalo Grad. Retardada	Sub-Intervalo Grad. Normal
0 — 2 Kg/cm2. (0.30 lb pl2.)		1 lb pl2.	0-10 lb pl2.	1 oz	5 lb pl2.
0 — 4 Kg/cm2. (0.60 lb pl2.)		2 lb pl2.	0-20 lb pl2.	2 oz	5 lb pl2.
0 — 7 Kg/cm. (0-100 lb pl2.)		5 lb pl2.	0-40 lb pl2.	1 lb pl2.	5 lb pl2.
			0-75 lb pl2.	1 lb pl2.	5 lb pl2.
760mm 1 Kg/cm2. (30" 150 lb pl2.)		5 y 15 lb pl2.	0.10 lb pl2.	½ lb pl2.	5 lb pl2.
760mm 2 Kg/cm2. (30" 30 lb pl2.)		2" y 1 lb pl2.	0- 5 lb pl2.	1 oz	5 lb pl2.



TABLA DE SELECCION DE TUBOS DE BOURDON.

TIPO DE BOURDON MATERIALES	CONEXION MATERIALES	RANGOS DE PRESION	APLICACIONES RECOMENDADAS.
RIE "A" Bronce fosforado tirado	Bronce forjado	1 Kg/cm ² (o vacío) Min. 70 Kg/cm ² Max.	Aire, acetona, bencina, benzol, salmuera, ácido bórico, butano, alcohol metílico, glicerina, vapor de agua, agua, nitrógeno, ácido tánico y otros gases líquidos que no corroen el bronce.
RIE "B" Acero S.A.E. 4130 tirado	Acero S.A.E. 1019	1 Kg/cm ² (o vacío) Min. 70 Kg/cm ² Max.	Amoníaco, acetileno, creosotas, cloro (seco), gasolina, kerosina, vapor y otros materiales no corrosivos al acero al carbón.
RIE "D" Acero S.A.E. 4650 forjado	Acero S.A.E. 1019	70 Kg/cm ² Min. 1400 Kg/cm ² Max.	
RIE "P" Monel K tirado	Monel "R"	1 Kg/cm ² (o vacío) Min. 70 Kg/cm ² Max.	Salmueras, agua de mar, cloro (seco), cloruro de amonio, bromo (seco), cloruro de calcio, tetracloruro de carbono (húmedo), cloruro de sodio y otros materiales.
RIE "Q" Monel K forjado	Monel "R"	70 Kg/cm ² Min. 1400 Kg/cm ² Max.	
RIE "S" Acero Inox 316 tirado	Acero Inox 316	1 Kg/cm ² (o vacío) Min. 70 Kg/cm ² Max.	Compuestos sulfurosos (aceites minerales), hidrógeno, agua oxigenada, ácido acético, licor negro (Proceso sulfatación), ácido cítrico, formaldehído, bióxido de carbono (húmedo), ácido carbónico, agua carbonatada. Use las series "S" y "TA" para máxima resistencia a la corrosión. La serie "TA" es particularmente adecuada para servicio de prensa hidráulica.
RIE "R" Acero Inox 316 tirado	Acero S.A.E. 1019	1 Kg/cm ² (o vacío) Min. 70 Kg/cm ² Max.	
RIE "TA" Acero Inox 316 forjado	Acero Inox 316	70 Kg/cm ² Min. 1400 Kg/cm ² Max.	
RIE "RT" Acero Inox 316 forjado	Acero S.A.E. 1019	70 Kg/cm ² Min. 1400 Kg/cm ² Max.	
RIE "N" Acero Inox 347 forjado	Acero Inox 347	1 Kg/cm ² (o vacío) Min. 70 Kg/cm ² Max.	
RIE "NT" Acero Inox 347 forjado	Acero Inox 347	70 Kg/cm ² Min. 1400 Kg/cm ² Max.	Acido nítrico fumante, aplicaciones especiales para Energía atómica.
RIE "T" Acero Inox 431 forjado	Acero Inox 316	70 Kg/cm ² Min. 1400 Kg/cm ² Max.	Nitrato de amonio y otros servicios no corrosivos al acero inoxidable AISI 431.
RIE "J" Bronce berilio forjado	Bronce forjado	70 Kg/cm ² Min. 1400 Kg/cm ² Max.	Oxígeno y otros servicios o aplicaciones donde el tubo de Bourdon de bronce es adecuado pero donde las presiones excedan los 70 Kg/cm ² .

NOTA: Todas las juntas de los Manómetros D'ragauge son soldadas

CONDICION POR PRESION Y POR SERVICIO

	CAJA TIPO Nº	M O D E L O S				TIPO DE CONEXION		SERIE
		PRESION	VACIO	COMPUESTO	RETARDADO	MACHO	N.P.T.	
						MM.	PULG.	
, butano, no, ácido	1379	1379 A	1379 AV	1379 AC	1379 AR	6 mm.	1/4"	A
	1079	1079 A	1079 AV	1079 AC	1079 AR			
	1279	1279 A	1279 AV	1279 AC	1279 AR			
Gasolina, ...	1379	1379 B	1379 BV	1379 BC	1379 BR	6 mm.	1/4"	B
	1079	1079 B	1079 BV	1079 BC	1079 BR			
	1279	1279 B	1279 BV	1279 BC	1279 BR			
	1379	1379 D				13 mm.	1/2"	D
	1079	1079 D						
	1279	1279 D						
Gasolina, bro- húmedo),	1379	1379 P	1379 PV	1379 PC	1379 PR	6 mm.	1/4"	P
	1079	1079 P	1079 PV	1079 PC	1079 PR			
	1279	1279 P	1279 PV	1279 PC	1279 PR			
	1379	1379 Q				13 mm.	1/2"	Q
	1079	1079 Q						
	1279	1279 Q						
Gasolina oxige- do cítri- o carbó- máxima ante ade-	1379	1379 S	1379 SV	1379 SC	1379 SR	6 mm.	1/4"	S
	1079	1079 S	1079 SV	1079 SC	1079 SR			
	1279	1279 S	1279 SV	1279 SC	1279 SR			
	1379	1379 R	1379 RV	1379 RC	1379 RR	6 mm.	1/4"	R
	1079	1079 R	1079 RV	1079 RC	1079 RR			
	1279	1279 R	1279 RV	1279 RC	1279 RR			
	1379	1379 TA				13 mm.	1/2"	TA
	1079	1079 TA						
1279	1279 TA							
1379	1379 RT				13 mm.	1/2"	RT	
1079	1079 RT							
1279	1279 RT							
Energía	1379	1379 N	1379 NV	1379 NC	1379 NR	6 mm.	1/4"	N
	1079	1079 N	1079 NV	1079 NC	1079 NR			
	1279	1279 N	1279 NV	1279 NC	1279 NR			
	1379	1379 NT				13 mm.	1/2"	NT
	1079	1079 NT						
	1279	1279 NT						
Gasolina inoxi-	1379	1379 T				13 mm.	1/2"	T
	1079	1079 T						
	1279	1279 T						
Gasolina Bour- edan los	1379	1379 J				13 mm.	1/2"	J
	1079	1079 J						
	1279	1279 J						

datos y relevadas de esfuerzos.

Para 305 mm. (12") el número 120

siendo el más comunmente usado para instalación local el número 45

2º Indicar el número de catálogo, para lo cual unicamente se requiere un número de 4 cifras para identificar el diseño de la caja y un sufijo que indica el material del tubo bourdón para el tipo de caja el más usual para gas natural es el número 1379 que corresponde a una caja fundida con una aleación de aluminio especialmente desarrollada, llamada Alumalife, con un bisel roscado del mismo material. La caja y el bisel son sometidos a un tratamiento químico que protege la superficie de éstas partes contra la corrosión. Ambas piezas son posteriormente pintadas en negro con el objeto de incrementar aún más su resistencia a la oxidación, esta caja se utiliza tanto para montaje local como para montaje de tablero.

Para el Bourdón los materiales con presiones límites aplicables y las letras sufijos para identificarlos, estan convenientemente enlistados en la tabla adjunta, pudiendo seleccionarse el correcto tubo bourdón por presión y por aplicación en el caso de gas natural resulta conveniente usar la Serie "S" que identifica un tubo bourdón de acero inoxidable 316 con carátula en cualquier rango entre 1 y 70 kg/cm² y la serie "TA" que identifica un bourdón de acero inoxidable 316 con carátula en cualquier rango entre 70 y 1400 kg/cm².

3º Indicar la conexión, para lo cual se añadirá un sufijo que indicará el diámetro de la conexión y un segundo sufijo que indicará la posición de la misma de acuerdo con las siguientes tablas:

Para rangos hasta de 70 Kg/cm² la conexión recomendable es de 6 mm. N.P.T. (1/4") y el sufijo es 2.

Para rangos superiores a 70 Kg/cm² la conexión recomendable es de 12.5 mm. N.P.T. (1/2") y el sufijo es 4.

Cuando la conexión sea inferior se indicará por medio de la letra "L" y cuando la conexión sea posterior se indicará con la letra "B".

Por conveniencia en el montaje local y para el arreglo de instrumentación, usualmente se emplean conexiones 4L (de 1/2" Ø posición inferior).

4º Indicar el rango de escala, agregando el rango seleccionado de acuerdo con la tabla adjunta y considerando las presiones de operación, que para nuestro diseño son:

a) Presión normal de entrada a la Estación = 595 psig, presión máxima de entrada a la Estación = 1070 psig, en este caso tenemos una variación de 41.91 Kg/cm² a 75.25 Kg/cm² para lo cual seleccionamos un rango de 0-110 Kg/cm² (0.1500 psi) que es el rango comercial que cubre el rango de presiones de operación a la entrada de la Estación es decir entre un 40% y un 71% de los límites del equipo seleccionado.

b) Presión regulada en el primer paso de la Estación = 300 psig (21.1 Kg/cm²) para lo cual seleccionamos un rango de 0-42 Kg/cm² (0-600 psi) quedando la presión de operación del proceso al 50% del rango delimitado por el fabricante

c) Presión regulada en el segundo paso de la Estación = 60 psig (4.22 Kg/cm²) para la cual seleccionamos un rango de 0-7 Kg/cm² (0-100 psi) quedando la presión de operación del proceso al 60% del rango delimitado por el fabricante.

En resumen para ordenar las manómetros requeridos en la estación tenemos los siguientes modelos:

Para la presión de entrada del gas a la Estación: 45-1379T-4L-0-110.

Para la presión regulada en el 1er. paso: 45-1379S-4L-0-42

Y para la presión regulada en el 2o. paso: 45-1379S-4L-0-7

Indicando así el diámetro de carátula, el tipo de caja y el material del bourdón, el diámetro de la conexión su posición y el rango de escala.

TEMPERATURA

La temperatura de un cuerpo en cualquier estado físico podemos definirla como

una de las manifestaciones de la energía interna de ese cuerpo. En otras palabras la temperatura de un cuerpo es la expresión que nos da el valor del calor contenido en ese cuerpo.

Los valores de la temperatura los relacionamos con escalas convencionales que se han formado tomando como referencia el punto de fusión del hielo y el punto de ebullición del agua destilada con una presión atmosférica de 760 mm de Hg. (al nivel del mar).

En el sistema decimal la escala utilizada es la expresada en grados centígrados, correspondiendo el valor 0°C al punto de fusión del hielo y el valor de 100°C al punto de ebullición del agua. Los valores abajo de 0°C y arriba de 100°C son directamente proporcionales a la temperatura. En las fórmulas de la termodinámica se hace referencia casi siempre a la temperatura absoluta que en el sistema decimal se expresa en grados Kelvin cuyo valor base es 273 y equivale al valor 0 de la escala centigrada. El valor cero de la escala absoluta se denomina cero absoluto luego entonces para expresar el valor de la temperatura en grados absolutos, habrá que agregar al valor en grados centígrados, el valor 273 de tal manera que 20°C se expresan como 293°K .

En el sistema inglés se expresa el valor normal de la temperatura en grados Fahrenheit correspondiendo el valor de 32°F al valor cero de la escala en grados centígrados y el valor 212°F al valor 100 en grados centígrados.

El valor de la escala absoluta se expresa en grados Rankine, correspondiendo el valor de 460°R al valor 0°F .

Existen otras escalas pero que son de poco uso en nuestro medio.

Para la medición de la temperatura en la práctica se utilizan diversos dispositivos, siendo los más comunes los sistemas termales llenos, los bulbos de resistencia, los termopozos, etc.

Sistemas termales llenos.- Su clasificación depende del fluido contenido dentro del bulbo detector y del capilar.

En la clase I se tendría lleno de líquido no volátil. En la clase II está -
lleno de un líquido volátil cuyos vapores son los transmisores de señal (es-
el más barato), su escala no es uniforme y puede soportar condiciones adver-
sas. La clase III utiliza gas.

Clase I.- El sistema termal está lleno de un líquido que generalmente es Ke-
rosina. Aquí los sistemas van a ser afectados por la temperatura ambiente y-
de ahí que sea necesaria una compensación mecánica, hay dos subdivisiones: -
Clase IA y Clase IB.

En la clase IA la compensación se efectúa con un elemento bourdón con tubo -
capilar pero sin bulbo, el bourdón colocado en sentido opuesto al de medi- -
ción. La distancia máxima permisible entre el elemento sensor (bulbo) y el -
bourdón es de 33 m. (100 ft) para mayores distancias es necesario el empleo-
de indicadores transmisores de temperatura.

En la clase IB habrá compensación mecánica unicamente en la caja. Esta se ha
ce con un bourdón de compensación que se desarrolla en sentido contrario ó -
con un bimetálico de distancia máxima entre bulbo y caja es de unos 6 m - -
(20 ft).

En este sistema I no hay corrección por posición por la alta presión dentro-
del sistema.

Clase II.- Existen tres divisiones:

IIA.- Cuando el bulbo puede tener una temperatura mayor a la del capilar.

IIB.- Cuando las temperaturas son iguales.

IIC.- Cuando la temperatura del bulbo es menor a la del capilar.

Los fluídos utilizados generalmente son eter etílico y cloruro de metilo.

En la clase IIA hay que tener en cuenta la distancia vertical entre el bulbo
y la caja, este error se corrige cuando se da el dato correspondiente.

En la clase IIB el capilar y el elemento estarán llenos de vapor y no habrá-
error debido a la posición del bulbo receptor a la caja.

En la clase IIC actuará a veces como IIB y a veces como IIA, se recomienda que el bulbo y la caja esten en el mismo nivel.

En esta clase II la escala no es uniforme porque la variación del volumen que sufre el vapor no sigue la ley de Gay Lussac. La lectura debe hacerse entre el 45% y el 70% de la escala.

Clase III.- En esta clase el sistema esta lleno de gas, hay dos divisiones:

La clase IIIA.- Cuando la compensación se hace en la caja y el capilar.

Clase IIIB.- Cuando la compensación se hace solo en la caja.

El bulbo es el más grande de las tres cajas y el gas de llenado es el nitrógeno.

TABLA COMPARATIVA DE LAS TRES CLASES

CLASE	IA	IB	IIA	IIB	IIC	IIIA	IIIB
Calibración	Uniforme		No uniforme			Uniforme	
Limite de temperaturas	De -180°C a +300°C	De -130°C a +300°C	de 250°C a +315°C			de -270°C a +760°C	
Span	mínimo 25 máximo 220		mínimo 30; máximo 215			mínimo 225 máximo 550	
Compensación	Total	Baja	No necesita			Baja/capilar	Baja
Llenado	Kerosina		Cloruro de metilo; eter - etílico			Nitrógeno	
Bulbo	Chico		Medio			Grande	
Respuesta			más rápido				
Precio	más caro		más barato			medio	

Respecto a los tipos de bulbos tenemos:

- 1) Sencillo sin extensión
- 2) Sencillo con extensión flexible
- 3) Unión fija con extensión rápida
- 4) Unión fija con extensión flexible
- 5) Unión ajustable con extensión flexible
- 6) Unión ajustable sin extensión

Los capilares siempre se protegen con distintos tipos de recubrimiento, el cual debe llenar ciertos requisitos de acuerdo con el medio ambiente. El material del capilar también es variable, siendo los más comunes:

- 1) Capilar de cobre con recubrimiento flexible de bronce
- 2) Capilar de acero inoxidable (de 1/8" de diámetro exterior)
- 3) Capilar de cobre con recubrimiento flexible de bronce y cubierto de vinilo.
- 4) Capilar de acero inoxidable con recubrimiento flexible de acero inoxidable.
- 5) Capilar de acero inoxidable con recubrimiento de vinilo.
- 6) Capilar de acero inoxidable con recubrimiento flexible de acero inoxidable y protección de vinilo.

Pirómetros.- El pirómetro es un dispositivo para medir la temperatura y lo constituyen:

Un termocople (Termopar); un hilo metálico (extensión) y un instrumento medidor (indicador, registrador y lo controlador).

El termopar lo constituyen los conductores metálicos diferentes que dan lugar a una f.e.m. de mando en dos puntas de unión de los mismos, se tienen temperaturas diferentes:

Junta caliente.- Es la unión del par en el punto de medida.

Junta fría.- Es la unión del par localizado generalmente en el instrumento,-

es el extremo opuesto del lugar de medida.

Tipos de Termopares:

Platino-Platino-Rodio.- se representa por S : R - 0 - 1500°C (AWG-Nº24)

Cromo - Alúmel K - 0 - 1200°C (AWG-8,14,20,24)

Fierro - Constantan J - 0 - 775°C (AWG-8,14,20,24)

Cobre - Constantan I - 0 - 400°C (AWG-8,14,20,24)

Para el diseño de Estaciones de Regulación y Medición de Gas Natural nos interesa registrar la presión de entrada y la temperatura de salida del gas, debido primordialmente a que presentan variaciones periódicas durante la operación de la Estación y estos cambios se deben a que difícilmente se puede mantener una presión de suministro a las Estaciones de gas puesto que el mismo sistema de distribución troncal de gas tiene variaciones entre una estación de compresión y otra originadas por las demandas de consumo extraídas en los diferentes puntos del tramo considerado entre estaciones de compresión, es decir operacionalmente podemos empacar un gasoducto troncal para transportar un gasto determinado entre dos estaciones de compresión para una presión inicial constante y podemos lograr presiones constantes en los diferentes puntos del gasoducto en toda su trayectoria si las extracciones para consumo fueran permanentemente constantes, pero la realidad es que cada uno de los consumidores tiene variantes en sus necesidades de operación originando demandas máximas y mínimas lo cual ocasiona altas y bajas en la presión de la línea empacada haciendo imposible mantener una presión de suministro constante en cada una de las extracciones del gasoducto, de ahí que la presión de suministro a nuestra Estación Proyecto varíe entre 600 psig y 1070 psig. Como consecuencia de esta variación en la presión de entrada a la regulación de presión en la Estación provoca cambios en la temperatura del flujo del gas, lo cual nos obliga a tomar un registro de temperatura después de que ha sido abatida la presión del fluido, para tener conocimiento de la tem

peratura de suministro a la Red de distribución para uso doméstico, la cual generalmente varía entre 10°C y 30°C siendo la temperatura normal de flujo - del orden de 20°C.

Para la selección del equipo requerido para registrar estas dos variables - también nos auxiliamos con los catálogos de fabricante, en éste caso de la - Compañía BRISTOL una de las primeras en desarrollar y producir elementos de - medición, seleccionado la serie 500 que nos identifica una caja rectangular - de 12 pulgadas de aleación de aluminio fundida, con una puerta provista de - empaquetadura que la hace hermética al polvo, la humedad y los humos, es de - cir a prueba de intemperie, la cual puede montarse en la pared ó al ras de - los tableros, siendo más práctico el montaje en tablero puesto que la obra - civil que se requiere para proteger los cabezales de regulación y medición - del sol y la lluvia generalmente es sin paredes con el objeto de tener siem - pre un ambiente ventilado por las fugas normales de los equipos utilizados. Para indicar el tipo de registrador que requerimos, es decir para una sola - variable ó combinado se especifica con la letra "G" ó con la letra "L" según sea el caso anteponiendo el número de plumas requeridas para graficar los va - lores de las variables que es necesario registrar pudiendo contar hasta con - 4 plumas en nuestro caso requerimos de un registrador combinado para grafi - car los valores de la presión de entrada y la temperatura de salida del gas, lo cual se solicita escribiendo 2L antes del número 500.

A continuación se seleccionan los rangos de medición del sistema termal y de presión que de acuerdo con lo anteriormente expuesto y con las tablas adjun - tas para una presión máxima de 75.25 Kg/cm² (1070 psi) y normal de 42.2 Kg/cm² (600 psig) el rango apropiado es de 0-1500 psi consiguiendo con esto que el rango de presiones de operación quede entre el 40% y el 71% del rango del registrador y para la temperatura podemos fijar al fabricante el que mejor - cubra nuestras necesidades de operación en éste caso para el rango de opera -

CONDENSED LIST OF CHARTS

Bristol Round-Chart Recording Gauges are offered in two chart sizes — 8-inch (see full-size reproduction of Chart No. 18007 on page 4) and 12-inch (see full-size reproduction of Chart No. 55024 on page 4). A wide variety of pressure gauge charts is available in the various units of pressure and vacuum. As a matter of fact, there is a list of over 1200 Bristol Gauge Charts to select from. This list has grown slowly over the past 60 years with instruments for each range carefully designed and tested under plant and field conditions. Charts shown in the abbreviated listing on this page are all 24 hour rotation charts. Charts for other speeds of rotation are also available.

CHARTS FOR OTHER BRISTOL RECORDING GAUGES

Partial lists of the chart available for other Bristol Recording Gauges are given on other pages of this bulletin, as follows:

- Absolute Pressure Page 21
- Barometric Pressure Page 14
- Inverted Bell Gauge Page 19
- Strip-Chart Gauges Page 17

charts for pressure ranges

12-INCH CHARTS (24 hour rotation)			
Range	Chart No.	Lbs. Sq. In.	Inches Water Pressure
0 to 8	2322	+	+
0 to 10	55000	+	+
0 to 15	55001	+	+
0 to 25	55049	+	+
0 to 50	55005	+	+
0 to 80	55008	+	+
0 to 100	55010	+	+
0 to 200	12028	+	+
0 to 250	12031	+	+
0 to 300	55035	+	+
0 to 400	32008	+	+
0 to 500	2395	+	+
0 to 1000	3733	+	+
0 to 1500	4874	+	+
0 to 2000	55054	+	+
0 to 3000	55075	+	+
0 to 4000	55056	+	+
0 to 6000	2267	+	+
0 to 10000	12018	+	+

8-INCH CHARTS (24 hour rotation)			
Range	Chart No.	Lbs. Sq. In.	Inches Water Pressure
0 to 8	2374	+	+
0 to 10	18007	+	+
0 to 15	4634	+	+
0 to 25	94	+	+
0 to 50	4635	+	+
0 to 80	4637	+	+
0 to 100	18019	+	+
0 to 200	4641	+	+
0 to 250	2172	+	+
0 to 300	4642	+	+
0 to 400	4643	+	+
0 to 500	4644	+	+
0 to 1000	2221	+	+
0 to 1600	2356	+	+
0 to 2000	2397	+	+
0 to 3000	4665	+	+
0 to 6000	2078	+	+
0 to 10000	2019	+	+

charts for vacuum ranges

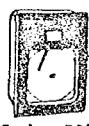
12-INCH CHARTS (24 hour rotation)			
Range	Chart No.	In. Water	In. Mercury
0-3	4797	+	+
0-6	4672	+	+
0-8	2322	+	+
0-12	4959	+	+
0-15	4647	+	+
0-20	840	+	+
0-30	4797	+	+
0-60	3654	+	+
0-120	4697	+	+

8-INCH CHARTS (24 hour rotation)			
Range	Chart No.	In. Water	In. Mercury
0-4	4948	+	+
0-5	1869	+	+
0-6	2046	+	+
0-8	2374	+	+
0-12	4805	+	+
0-15	4634	+	+
0-30	2218	+	+
0-60	2035	+	+
0-120	3786	+	+

†A large selection of charts for compound pressure and vacuum ranges is also available.

of Bristol recording gauges

Bristol engineers have always kept pace with the demands for recording gauges for new applications in the utility and industrial fields. As a result of this constant flow of improvements and new developments, The Bristol Company now offers a variety of recording gauges which is second to none. There is a Bristol Recording Gauge for every known application. A selection of the more popular models and the ranges in which they are offered is given below.

CASE	CHART SIZE (INCHES)	NUMBER OF PENS	MODEL NUMBER	RANGES								Refer to Pages
				0-15 psi Vacuum	0-1" water to 0-2.9" water	0-3" water to 0-80" water	0-81" water to 0-29.9 psi	0-30 psi to 0-500 psi	0-501 psi to 0-2000 psi	0-2001 psi to 0-4000 psi	0-4001 psi and up	
 Series 500	12	1	1G500-14	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	8-12
	12	2	2G500-14	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	12	3	3G500-14	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	12	4	4G500-14	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	8	1	1G530-14	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
8	2	2G530-14	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
 Series 500 Portable	12	1	1G501-14	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	15
	12	2	2G501-14	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	12	3	3G501-14	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	12	4	4G501-14	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	8	1	1G531-14	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
8	2	2G531-14	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
 Weatherproof	12	1	680	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	16
	12	2	680	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	12	3	680	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	12	4	680	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	8	1	685	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
8	2	685	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
 Panel Mounting	12	1	680	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	16
	12	2	680	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	8	1	685	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
 Strip Chart	6	1	28 Wall Mtg.	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	17
	6	1	28 Panel Mtg.	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	6	1	28F Flush Mtg.	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	6	1	29 Portable	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
 Inverted Bell Gauge	12	1	D40M (Wall)	0-0.2 to 0-1.5 inches water draft or pressure								18, 19
	12	1	D40MF (Flush)									
 Series 500 Barometer	8	1	1GD530-14	28-31 inches mercury, absolute.								14
 Series 500 Absolute Pressure	12	1	1GA500-14	0-6 mm mercury, absolute, and up								20-21
 4-inch Portable	4	1	44	50 psi to 0 to 30 in. mercury vacuum								Bulletin T828

Many of the Above Models and Ranges Carried in Stock for Immediate Shipment

ción de 10°C a 30°C nos conviene fijar un rango de 0°C a 40°C para el registro, quedando las temperaturas de operación entre el 25% y el 75% del rango de registro.

También es importante definir el sistema termal que mejor satisfaga nuestras necesidades, para lo cual el fabricante nos recomienda la clase IA y como nos interesa registrar la presión manométrica también hay necesidad de indicarlo en el modelo que solicitamos agregando el número 14 y por último debemos indicar como queremos el entintado de las gráficas, para lo cual se recomienda el sistema capilar de entintado denominado como Z-38-B quedando finalmente la solicitud del registrador de presión y temperatura requisitado con el modelo 2L-500-IA-14-Z 38 B.

Una vez seleccionado el modelo es necesario especificar:

- a) El movimiento de la carta.- el cual puede ser mecánico ó eléctrico con rotaciones que pueden ser cada 30 minutos; 8 horas; 12 horas; 24 horas; 48 horas; 7 días ó 30 días. Para registro con casetas de gas nos interesa tenerlo por día (cada 24 horas) y de preferencia con movimiento mecánico para lo cual lo más usual es con cuerda para ocho días.
- b) El elemento de presión.- siendo el más apropiado para altas presiones el tipo Helicoidal y en acero inoxidable 316 para el fluído que estamos manejando (con rangos de 0 a 10,000 psi).
- c) El elemento de temperatura.- que para el sistema termal clase IA debe ser un bulbo de 9.53 mm. (3/8") de diámetro en acero inoxidable 316 con una longitud sensible (X) de 63.5 mm. (2.5") y una extensión flexible (J) que puede variar de 254mm. a 305 mm. (10" a 30") según se requiera, lo anterior son recomendaciones del fabricante.
- d) El termopozo.- que generalmente se recomienda con la conexión a proceso (en nuestro caso a la tubería conductora de gas) de 19 mm. (3/4") de diámetro en acero inoxidable 316 y con una longitud mínima de 7.5".

e) El capilar.- normalmente tubo flexible de acero inoxidable 316 con cubierta de acero inoxidable 304 y una longitud máxima de 30 metros entre el punto de medición y el registrador.

f) Las condiciones de operación.- indicando el tipo de fluido (gas natural); la temperatura de operación (20°C normal, 10°C mínima, 30°C máxima) y la presión de operación (600 psig normal, 1070 psig máximo para el registro de presión y 60 psig máximo para el sistema termal).

g) El tipo de carta.- que en nuestro diseño debe de ser circular de 12 pulgadas de diámetro con rangos de cero a cuarenta grados centígrados y de cero a mil quinientas libras por pulgada cuadrada (0-40°C y 0-1500 psi)

RANGOS Y SPANS PARA LOS REGISTRADORES DE PRESION, TEMPERATURA Y PRESION
DIFERENCIAL SELECCIONADOS

VARIABLE	TIPO DE ELEMENTO	MATERIAL DEL ELEMENTO	RANGO MINIMO	RANGO MAXIMO	SPAN MINIMO	SPAN MAXIMO
Presión	Helicoidal	Acero inoxidable 316	De cero a 30 psi	De cero a 10,000 psi	31 psi	10,000 psi
Temperatura	Clase IA	Bulbo de acero inoxidable 316	De -175°F a -135°F	De 175°F a +500°F	40°F	500° F
Presión Diferencial	Dri-flo	Acero inoxidable 316	De cero a 20" de agua.	De cero a 400" de agua.	20" de agua	400" de agua

MEDICION DE FLUJO DE FLUIDOS

Quizá el medio más antiguo para la medición de flujo de fluidos fué el orificio, pues se remonta a la época de los Césares romanos, aunque el desarrollo

del diseño y la teoría son de reciente origen. En el siglo XVII Benedicto Castelli estableció el principio de que, el gasto (volumen ó masa por unidad de tiempo) era igual a la velocidad del fluido, por el área normal al sentido de flujo y que éste era función de la raíz cuadrada de la caída de presión a través de la sección determinada. El 12 de noviembre de 1732, Henry Pitot presentó un trabajo que intituló "Descripción de un mecanismo para medir la velocidad del agua corriente y la velocidad en recipientes". En 1738, Juan Bernoulli desarrolla su teorema en el cual están basadas las ecuaciones hidráulicas para medidores diferenciales y en 1797 Giovanni Battista Venturi publica los resultados de sus estudios en un tubo de medición que lleva su nombre.

Hacia el año de 1887 se inició el uso comercial de estos medidores cuando Clemens Herschel haciendo uso del trabajo de Venturi, desarrolla comercialmente el tubo venturi, el cual constituye el elemento primario de muchos de los modernos medidores basados en ese principio. Sin embargo para la medición de fluidos gaseosos las ecuaciones que siguen el principio de expansión adiabática, resultaban muy complicadas y poco prácticas, conduciendo esto, hacia 1900 que se realizara una serie de investigaciones sobre la placa de orificio como elemento de medición comercial, obteniendose resultados más satisfactorios tanto para flujo de líquidos como para flujo de gases.

En 1903 Thomas R. Weymouth empezó experimentando con la placa de orificio concéntrico usando las tomas de presión en las bridas a una pulgada antes y otra después de las caras de la placa las cuales han llegado a ser de uso predominante.

Desarrolló coeficientes empíricos correlacionados con la relación del diámetro del orificio (d_o) y el diámetro de la tubería (D) que fueron reemplazados más tarde, por datos más exactos, basados en los estudios de investigación de un programa de 10 años y cuyos resultados fueron publicados en 1935-

por la Asociación Americana de Gas (AGA).

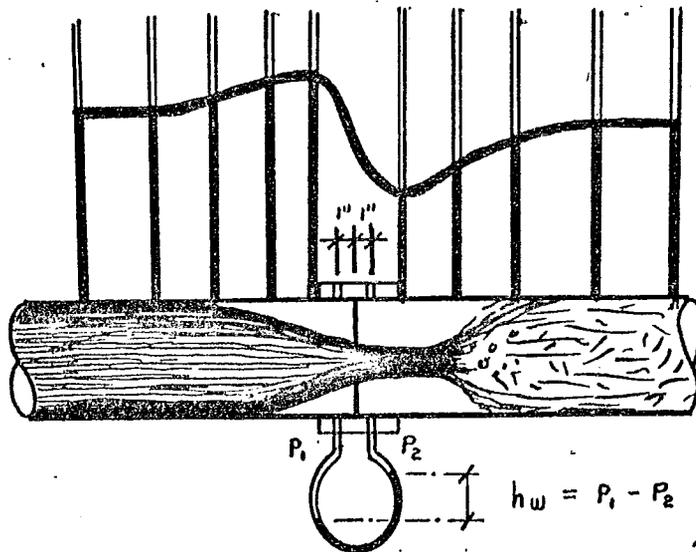
Hickstein publicó datos similares a los de Weymouth pero con tomas de presión a 2.5 diámetros antes y 8 después de la placa de orificio.

Indel presentó trabajos de medición con orificios usando tomas de vena contracta, ya que una de las tomas, la de alta presión, se localiza a un diámetro antes de la placa y la de baja en el punto de mínima presión. Este mismo profesor presentó también el primer uso de placas de orificio excéntricas y segmentales.

Con las placas de orificio, se produce la mayor pérdida de presión en comparación con la de otros elementos primarios comunes como la boquilla ó la tobera, el venturi (excéntrico, rectangular, de conos troncados) etc.

Así tenemos:

- a) Que con el tipo de tomas de presión de 2.5 y 8 diámetros antes y después de la placa (pipe taps ó tomas de tubo) se está recibiendo la pérdida total de presión sin recuperación posterior.
- b) Que con las tomas de vena contracta se mide la máxima diferencial posible con recuperación de presión posterior.
- c) Que con tomas de brida (Flange Taps) una pulgada antes y otra después del eje de la placa de orificio se mide una diferencial muy cercana de la máxima, también con recuperación posterior de presión.



La localización exacta de la toma de presión antes de la placa carece relativamente de importancia, ya que la presión en esa sección es bastante constante en todas las relaciones d/D comerciales de medio diámetro antes de la placa en adelante hasta la placa, la presión aumenta gradualmente en apreciable magnitud en relaciones d/D arriba de 0.5. La localización de la toma de presión después de la placa (toma baja) si tiene importancia ya que existe una región muy inestable después de la vena contracta que deberá ser evitada.

Selección del elemento primario

En la selección del elemento primario más conveniente para cada caso particular, es necesario tener presente siempre las siguientes consideraciones:

- 1.- Características físicas del fluido, es decir si el fluido a medir es más ó menos viscoso, si lleva ó no sustancias en suspensión ó si se trata de un gas, vapor ó líquido.
- 2.- Los gastos mínimos, normales y máximos, pues en algunos casos nos limitan y obligan a usar tal ó cual elemento primario.
- 3.- El valor de presión estática.- La selección del rango diferencial está basado principalmente en la presión estática del sistema.
- 4.- Las dimensiones de las tuberías.- Existen límites en los diámetros de las tuberías que nos impiden el uso de ciertos elementos primarios.
- 5.- Pérdidas de presión permisible en el sistema.- Generalmente se deben ajustar las pérdidas producidas por el elemento primario a un valor especificado que no se debe exceder.

En Resumen, se entenderá por medidor diferencial, aquel cuyo principio de operación está basado en la caída de presión provocada por el paso de un fluido a través de una restricción colocada en la tubería. A la restricción se le llama Elemento Primario y a la unidad que detecta la diferencial de Presión Elemento Secundario.

Siendo "D" el diámetro de la sección de tubo recto y "d" el diámetro inte-

rior de la restricción.

Cálculo del tubo de medición de acuerdo con las especificaciones de la Asociación Americana de Gas (AGA):

Ecuación de flujo

$$Q_h = 218.44 \cdot d^2 \cdot K \cdot \frac{T_b}{P_b} \sqrt{\frac{h_w}{T_f} \frac{P_f}{G}}$$

donde:

Q_h = flujo de gas en pies cúbicos por hora a condiciones estandar (68°F y 14.22 psia) = 86,200 PCHS

K = es un valor que depende de $B = d/D$ para tomas en la brida y $B = 0.7$ $K = 0.693$ (seleccionamos este valor porque el rango de medición de las placas de Orificio varía de $B = 0.2$ a $B = 0.7$ y el gasto de 86,200 PCHS es el máximo que se nos puede presentar, si hubiera posibilidad de aumentar el consumo de gas al doble calcularíamos el diámetro del tubo de medición con $B = 0.5$ y en nuestro diseño, éste gasto ya tiene un 40% más del consumo normal de la colonia. Siendo el valor recomendable para diseñar con el flujo normal que no varía ó el flujo de diseño a 4 años de consumo de $K = 0.647$ para una $B = 0.6$).

T_b = Temperatura base expresada en °R = 528

P_b = Presión base expresada en psia = 14.22

h_w = Presión diferencial en pulgadas de agua a 68°F y es igual a 100 pulgadas de agua generalmente el estandar (ó presión diferencial a través del orificio).

P_f = Presión estática a la cual fluye el gas, expresada en psia = 311.9 psia debido a que la presión atmosférica de Salamanca es 11.9 psia.

Tf = Temperatura de flujo del gas, expresada en °R = 528

G = Peso específico del gas adimensional = 0.6

Despejando d, la ecuación de flujo nos queda :

$$d = \frac{Q_h P_b}{218.44 K T_b} \sqrt{\frac{T_f G}{h_w P_f}}$$

sustituyendo valores:

$$d = \left(\frac{86\,200 (14.22)}{218.44 (0.693) (528)} \sqrt{\frac{(528) (0.6)}{(100) (311.9)}} \right)^{0.5} = 1.243$$

como B = 0.7 = d/D entonces

D = d/B = 1.243" / 0.70 = 1.776" de diámetro interior para lo cual el diámetro comercial es 2" Ø nominal Cédula 40 con diámetro interior de 2.067 pulgadas lo cual nos indica que el tubo de medición comercial seleccionado queda sobrado para nuestro gasto de diseño.

Velocidad recomendable para flujo de gas a 300 psig en base a la ecuación empírica.

$$v_{rec} = 67.5 - 0.05 P_m$$

como la presión es constante $P_m = 300$ psig

por tanto:

$$v_{rec} = 67.5 - 0.05 (300) = 52.5 \text{ ft/seg.}$$

Como nuestro tubo de medición esta sobrado la velocidad real será menor a la recomendable esto es corrigiendo el gasto por presión puesto que la temperatura de flujo del gas es la misma (528°F).

$$Q = 86,200 \text{ PCHS} \times \frac{\text{hr}}{3600 \text{ seg}} \times \frac{14.22 \text{ psia}}{311.9 \text{ psia}} = 1.092 \frac{\text{ft}^3}{\text{seg.}}$$

Area de flujo para 2" Ø nominal Cédula 40 diámetro interior de 2.067 pulgadas.

$$\text{Area.} = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.1416 (2.067)^2}{144 (4)} = 0.0233 \text{ ft}^2$$

Por lo tanto $v_{\text{real}} = \frac{1.092 \text{ ft}^3 / \text{seg.}}{0.0233 \text{ ft}^2} = 46.8 \text{ ft/seg.}$

Cálculo de las placas de orificio requeridas, para medir el flujo normal de 61569 PCHS y el máximo de 86,200 PCHS (de diseño)

a) Para 61,569 PCHS es necesario resolver las ecuaciones básicas de $K \beta^2$ y del número de Reynolds R_D y con los valores obtenidos auxiliarse con las gráficas adjuntas para obtener un valor de β y de ahí conocer el diámetro del orificio requerido.

$$K \beta^2 = \frac{\text{PCMS}}{707 YF_a (D)^2} \sqrt{\frac{M (\text{°F} + 460)}{hw (p)}}$$

donde:

PCMS = Flujo de gas en pies cúbicos por minuto a condiciones estandar que para este caso es 1,026.15 PCMS

YF_a = El producto del factor de expansión del gas por el factor de área para la expansión termica del orificio y tiene un valor de 1.0

D = Diámetro interno de la tubería en pulgadas = 2.067

M = Peso molecular del gas = 17.3 para gas natural

$(\text{°F} + 460)$ = temperatura absoluta a la que fluye el gas
 = $68\text{°F} + 460 = 528\text{°R}$

hw = La medida diferencial ó la presión diferencial a través del orificio en pulgadas de agua = 100

p = Presión estática de flujo absoluto, expresada en psia = 311.9

Sustituyendo valores

$$K \beta^2 = \frac{1026.15}{707 (1) (2.067)^2} \frac{17.3 (528)}{100 (311.9)} = 0.184$$

$$y R_D = \frac{6.316 (\text{PCHS}) (1\text{b} / \text{ft}^3)}{D (\text{centipoises})} = \frac{49\beta}{\pi D' \mu}$$

donde:

D = Diámetro interior en pulgadas = 2.067

D_1 = Diámetro interior en pies

q = Flujo volumétrico en pies cúbicos por segundo

PCHS = Pies cúbicos por hora a condiciones estandar

π = Constante = 3.1416

ρ = Densidad en libras por pie cúbico = 0.04486

μ = Viscosidad absoluta en libras masa por pie segundo

Centipoises = Viscosidad absoluta = 0.0116

Sustituyendo valores

$$R_D = \frac{6.316 (61569) (0.04486)}{2.067 (0.0116)} = 727,554$$

Con los valores de $K \beta^2 = 0.184$ y $R_D = 727,554$ en la gráfica adjunta $B=0.54$ y por lo tanto $d = B D = (0.54) (2.067'') = 1.116''$ debido a que los diámetros de orificio comerciales varían de $1/8''$ en $1/8''$ el inmediato comercial seleccionado es de $1.125''$ para "d" con esta placa comercial volvemos a la ecuación de flujo y calculamos el volumen de gas que realmente va a medir la placa a las condiciones de flujo.

$$Q_h = 218.44 d^2 K \frac{T_b}{P_b} \sqrt{\frac{h_w}{T_f} \frac{P_f}{G}}$$

donde:

$$d = 1.125''$$

$K = 0.6322$ para $B = 0.544$ de la tabla adjunta interpolando

$$T_b = 528^\circ R$$

$$P_b = 14.22 \text{ psia}$$

$$h_w = 100'' \text{ H}_2 \text{ O}$$

$$P_f = 311.9 \text{ psia}$$

$$T_f = 528^\circ R$$

$$G = 0.6$$

Sustituyendo valores:

$$Q_h = 218.44 (1.125)^2 0.6322 \frac{(528)}{14.22} \sqrt{\frac{100 (311.9)}{528 (0.6)}}$$

$$Q_h = 64,393.36 \text{ PCHS}$$

ó sea 1'545,440 PCDS

b) Para el gasto de diseño de 86,200 PCHS se sigue la misma secuencia para determinar el diámetro de la placa de orificio de tal manera, que entonces tendremos:

$$K B^2 = \frac{1436.667}{707 (2.067)^2} \sqrt{\frac{17.3 (528)}{100 (311.9)}} = 0.257$$

$$R_D = \frac{6.316 (86,200) (0.04486)}{2.067 (0.0116)} = 1'018,615$$

con $K B^2 = 0.257$ y $R_D = 1'018,615$ se obtiene $B = 0.6255$ y $d = B D = 0.6255 (2.067'') = 1.293''$ y el diámetro inmediato comercial seleccionado es $d=1.375''$ con este diámetro $B = 0.6652$ con lo cual de la tabla adjunta $K = 0.662$ Con esta placa comercial volvemos a la ecuación de flujo y calculamos el flujo de gas que realmente va a medir la placa a las condiciones de flujo.

$$Q_h = 218.44 d^2 K \frac{T_b}{P_b} \sqrt{\frac{h_w P_f}{T_f G}}$$

donde:

$$d = 1.375''$$

$$K = 0.662$$

$$T_b = 528^\circ R$$

$$P_b = 14.22 \text{ psia}$$

$$h_w = 100'' \text{ H}_2\text{O}$$

$$P_f = 311.9 \text{ psia}$$

$$G = 0.6$$

Sustituyendo valores

$$Q_h = 218.44 (1.375)^2 0.662 \frac{(528)}{14.22} \sqrt{\frac{100 (311.9)}{528 (0.6)}}$$

VALORES DE "K" QUE PUEDEN SER USADOS EN
LA DETERMINACION DEL R_d. PARA EL CALCULO
DEL FACTOR Fr.

β	K (FLANGE)	K (PIPE)
.100	.604	.607
.125	.604	.608
.150	.604	.611
.175	.604	.614
.200	.604	.618
.225	.605	.623
.250	.605	.628
.275	.606	.634
.300	.606	.641
.325	.607	.650
.350	.609	.658
.375	.610	.668
.400	.612	.680
.425	.614	.692
.450	.617	.707
.475	.620	.724
.500	.624	.742
.525	.628	.763
.550	.634	.785
.575	.640	.810
.600	.647	.837
.625	.656	.869
.650	.666	.904
.675	.679	.943
.700	.693	.988
.725	.710	
.750	.731	

PROCEDURE TO FIND ORIFICE SIZE

- I. Solve for $K\beta^2$ in the basic equation by using one of the equations below. Use consistent units as outlined above, and refer to Section 2 for methods of evaluating factors.

$$K\beta^2 = \frac{w}{AYF_a \sqrt{2g_c(\Delta p)} (\rho)} \quad (4)$$

$$K\beta^2 = \frac{q}{AYF_a \sqrt{2g_c \frac{\Delta p}{\rho}}} \quad (5)$$

Alternately, the following "dimensional" equations can be used if units are appropriate.

Liquids, Gravimetric, or Steam*

$$K\beta^2 = \frac{(\text{lb/hr})}{2837 F_a(D)^2 \sqrt{h_w(G)}} \quad (6)$$

* For steam, find G , as 1.0016 times the reciprocal of specific volume in steam tables, and include Y .

Liquids, Volumetric

$$K\beta^2 = \frac{(\text{gpm})}{5.674 F_a(D)^2} \sqrt{\frac{G}{h_w}} \quad (7)$$

Perfect Gases, Standard Volumetric (Molecular Weight Known)

$$K\beta^2 = \frac{(\text{scfm})}{707 YF_a(D)^2} \sqrt{\frac{M(^{\circ}F + 460)}{h_w(p)}} \quad (8)$$

Perfect Gases, Standard Volumetric (Standard Density Known)

$$K\beta^2 = \frac{(\text{scfm})}{35.95 YF_a(D)^2} \sqrt{\frac{\rho_{\text{std}}(^{\circ}F + 460)}{h_w(p)}} \quad (9)$$

Units for these four equations (6, 7, 8, and 9) are:

Symbol	Name	Units
D	inside pipe diameter	Inches
h_w	measured differential	Inches of water water @ 4°C.
G	specific gravity of liquid referred to water @ 68°F.	No units, but numerically equal to density in gm/cu cm
M	molecular weight	$\frac{\text{lb}}{\text{lb mol}}$
v	specific volume	$\frac{\text{cu ft}}{\text{lb}}$
p	absolute pressure	$\frac{\text{lb}}{\text{sq in}}$ (psia)
ρ_{std}	standard gas density	$\frac{\text{lb}}{\text{cu ft}}$

- II. Solve for Pipe Reynolds Number, R_D :

$$R_D = \frac{4w}{\pi D^2 \mu} = \frac{4q \rho}{\pi D^2 \mu} = \frac{6.316 (\text{lb/hr})}{D (\text{centipoise})} = \frac{6.316 (\text{cu-ft/hr}) (\text{lb/cu ft})}{D (\text{centipoise})} = \frac{3160 (\text{gpm}) (G)}{D (\text{centipoise})}$$

- III. Enter *Fig. 1** for flange, vena-contracta, or corner taps with $K\beta^2$, and, using the proper Reynolds number line, read β . (*Fig. 1* is valid for all values of Reynolds number above 7000 β .)

- IV. Multiply the pipe I.D. by β to find the diameter of the orifice.

**Fig. 1* is divided into a series of enlarged curves to provide higher accuracy in reading. Find the proper one by referring to the over-all curve, using the value of $K\beta^2$ as a guide.

Table 13. Lists of Symbols, with Description and Units,
as Used in this Handbook

Symbol	Description	Units	
a	cross-sectional area of orifice	sq ft	(sq cm)
A	cross-sectional area of pipe inside	sq ft	(sq cm)
C	degrees Centigrade		
d	orifice diameter	in.	
D	inside pipe diameter	in.	
D'	inside pipe diameter	ft	
F	degrees Fahrenheit		
F_a	area factor for thermal expansion of orifice		
g	acceleration of gravity	ft/sec ²	(cm/sec ²)
g_c	unit system conversion factor	$\frac{\text{lb mass} - \text{ft}}{\text{lb force} - \text{sec}^2}$	$\frac{\text{gm mass} - \text{cm}}{\text{gm force} - \text{sec}^2}$
G	specific gravity		
h_w	impressed differential across orifice	in. of water @ 68°F	
k	specific heat ratio, c_p/c_v		
K	flow coefficient		
M	molecular weight		
p	absolute pressure	psia	
p'	absolute pressure	psfa	
Δp	measured pressure differential	psf	$\frac{\text{gm}}{\text{sq cm}}$
p_c	critical pressure	psia	
p_r	reduced pressure ratio		
q	volumetric flow rate	cu ft/sec	(cu cm/sec)
R	gas constant	various units	
R_D	pipe Reynolds number		
T	absolute temperature	°F + 460	(°C + 273)
T_c	critical temperature		
T_r	reduced temperature ratio		
V	volume	cu ft	(cu cm)
w	gravimetric flow rate	lb mass/sec	(gm mass/sec)
Y	gas expansion factor		
Z	compressability factor		
β (beta)	diameter ratio, d/D		
μ (mu)	absolute viscosity	$\frac{\text{lb mass}}{\text{ft} - \text{sec}}$	$\frac{\text{gm mass}}{\text{cm} - \text{sec}}$
ν (nu)	kinematic viscosity = μ/ρ	$\frac{\text{sq ft}}{\text{sec}}$	$\frac{\text{sq cm}}{\text{sec}}$
ρ (rho)	density	$\frac{\text{lb mass}}{\text{cu ft}}$	$\frac{\text{gm mass}}{\text{cu cm}}$

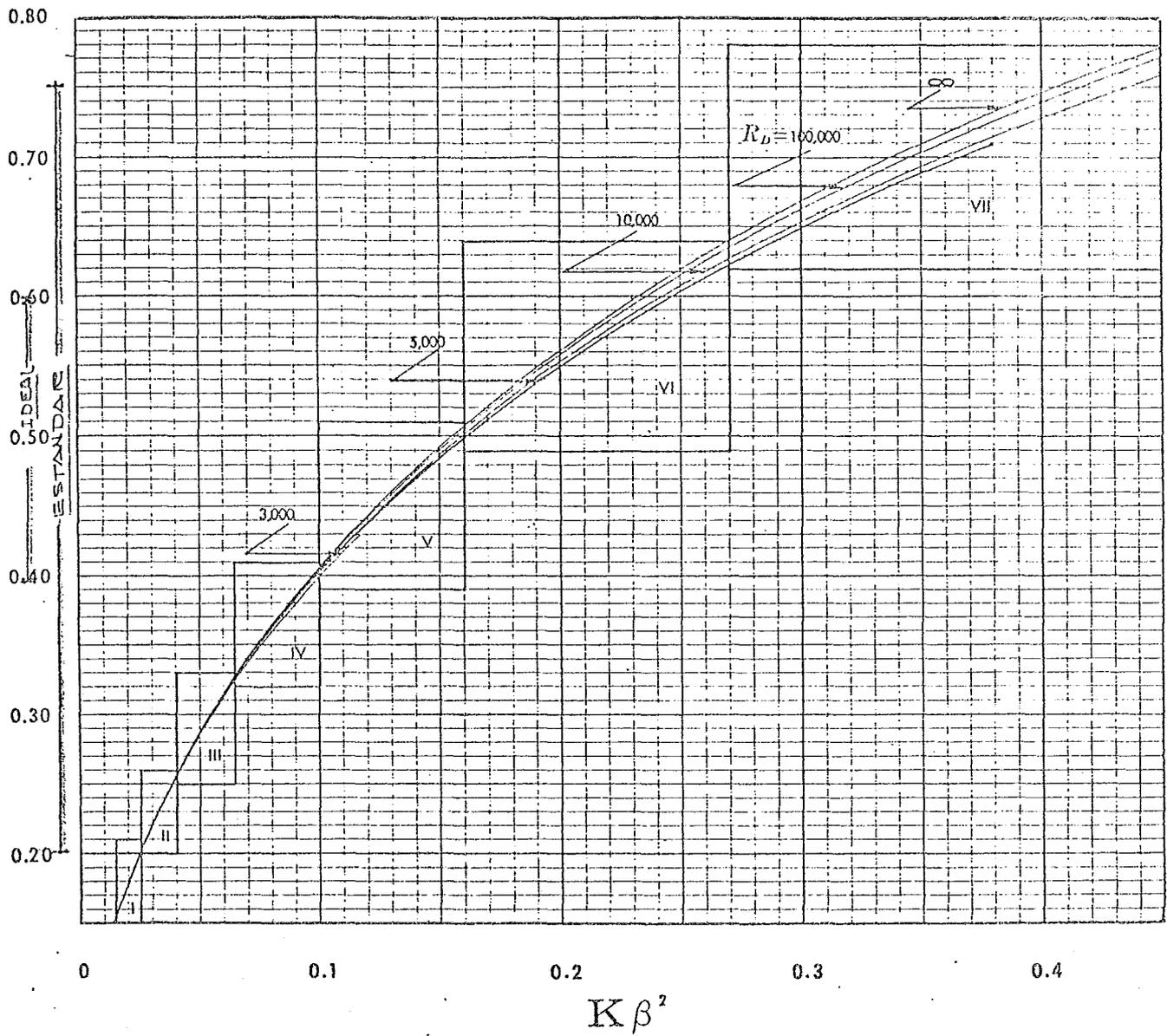
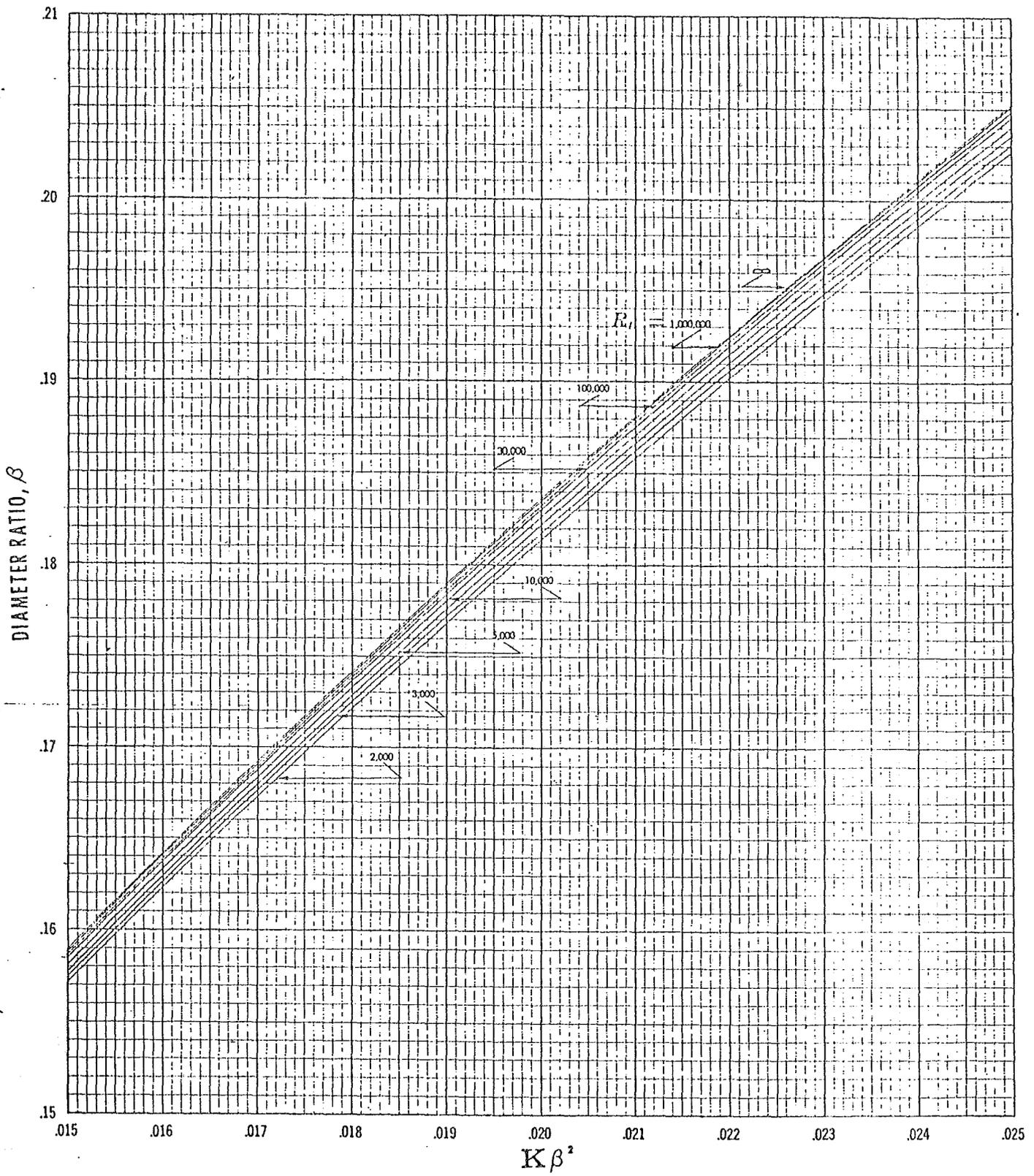
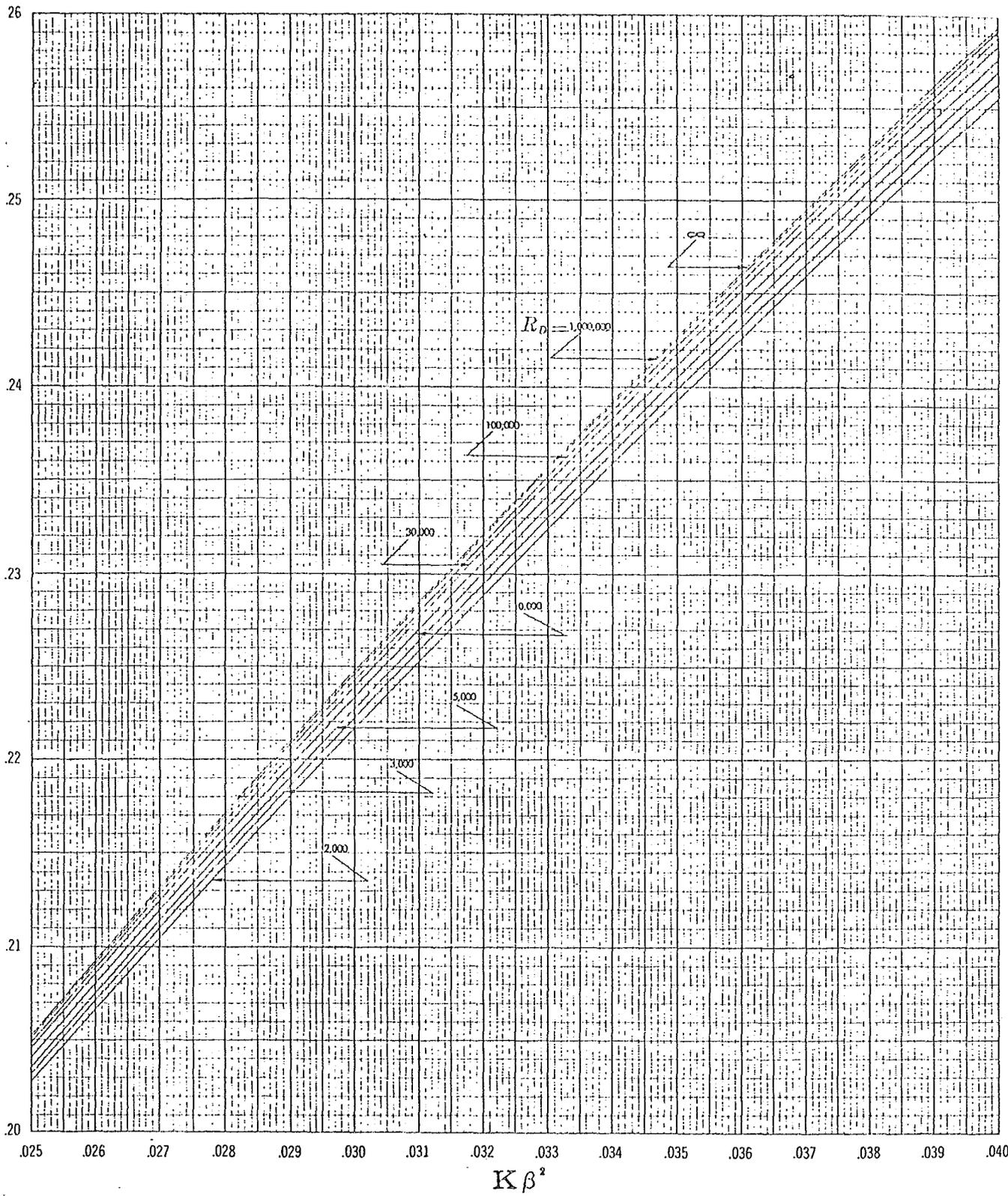


Fig. 1. Guide to $K\beta^2$ vs β graphs, Fig. 1a through -1g
(see note on graph above).



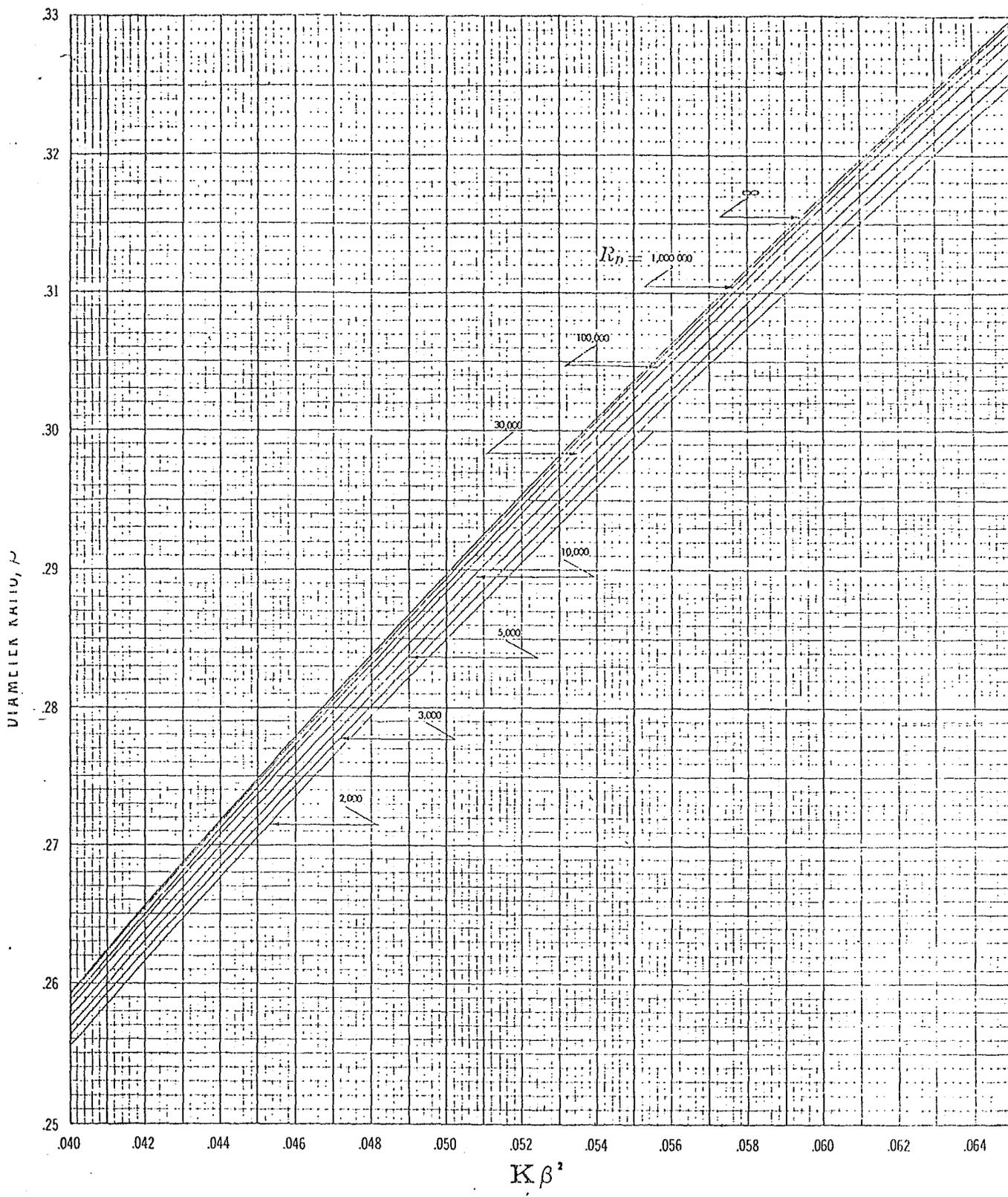
Curve I

Fig. 1a. $K\beta^2$ vs β ($K\beta^2$ range: 0.015 to 0.025).



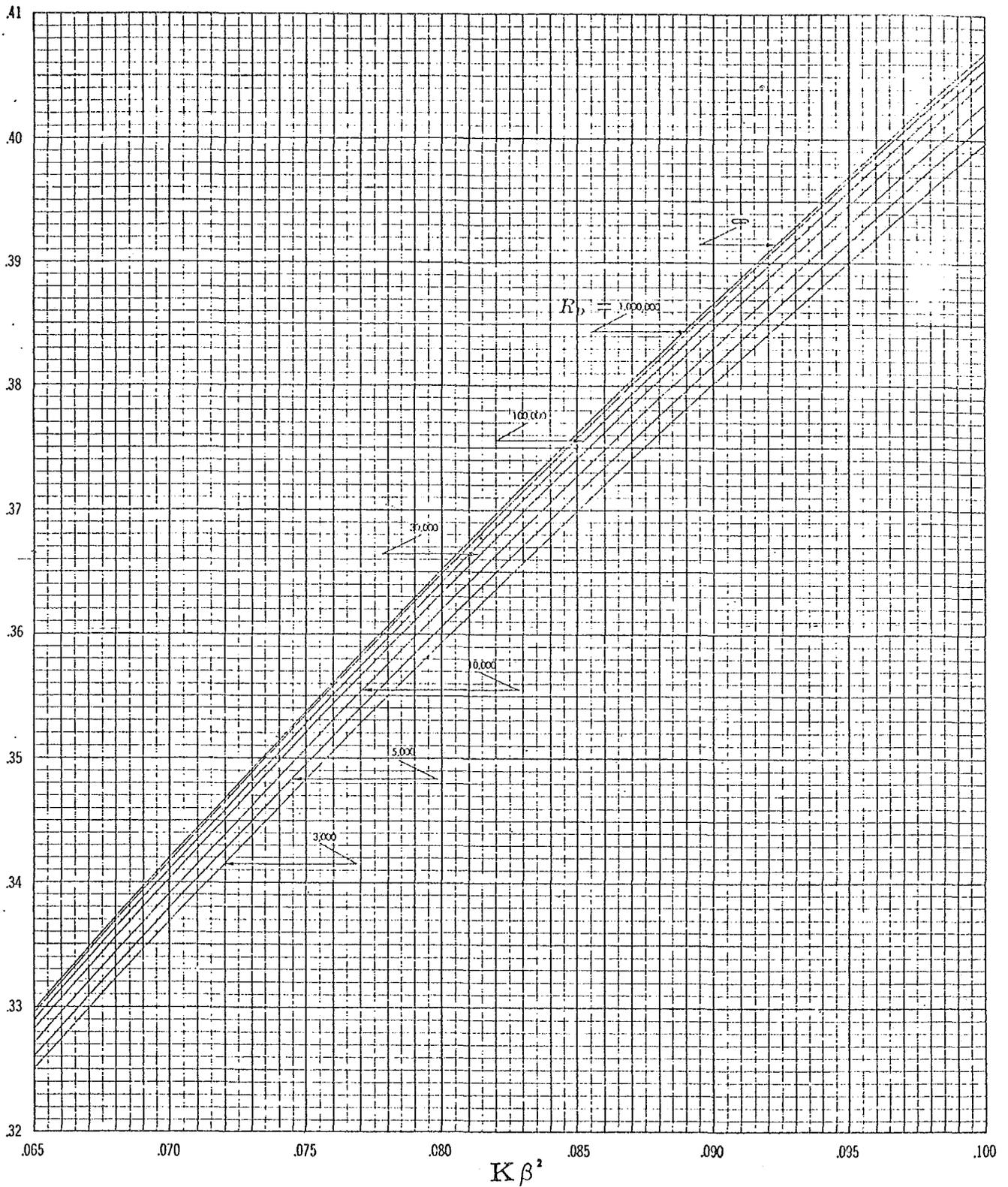
Curve II

Fig. 1b. $K\beta^2$ vs β ($K\beta^2$ range: 0.025 to 0.040).



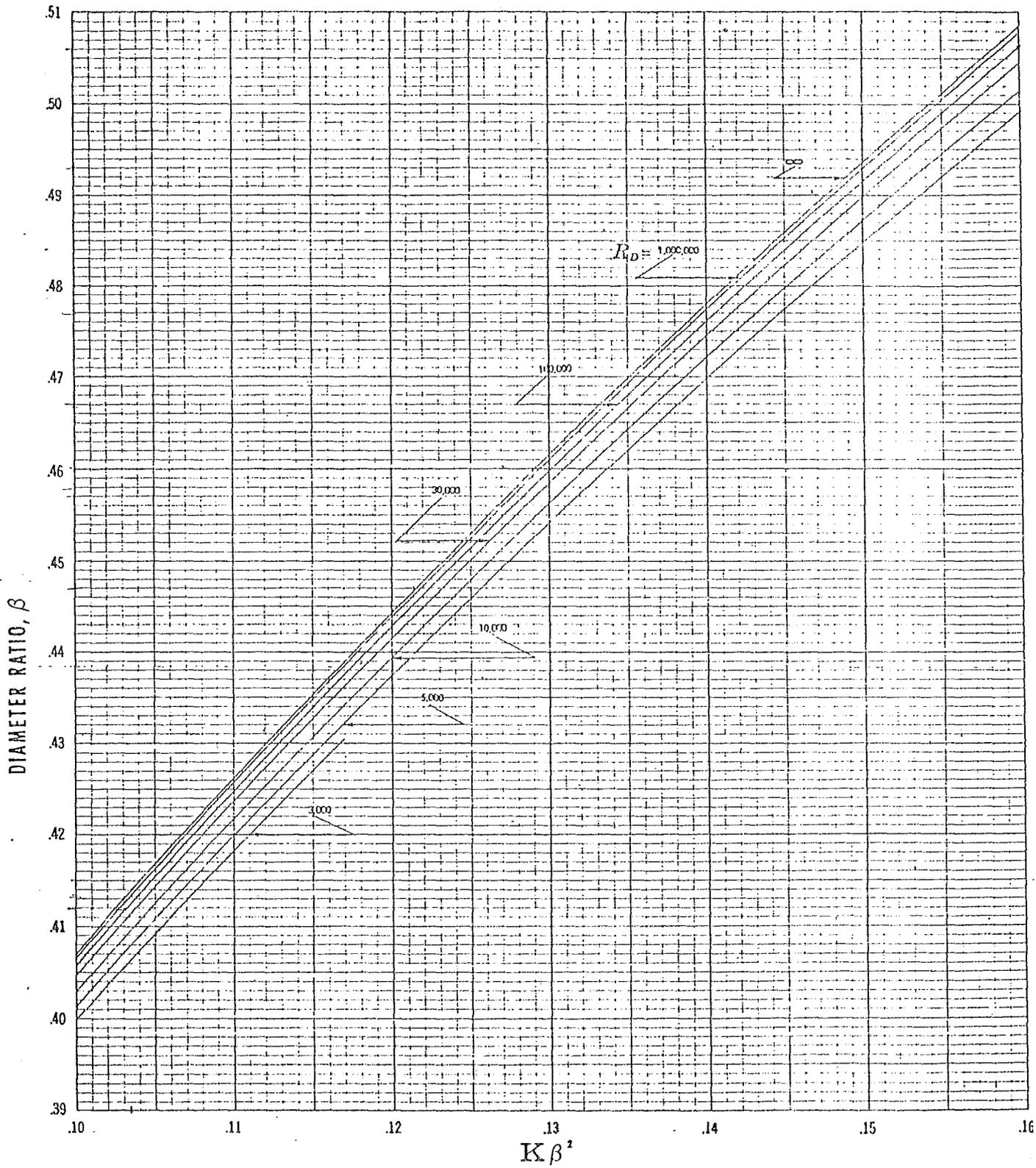
Curve III

Fig. 1c. $K\beta^2$ vs β ($K\beta^2$ range: 0.040 to 0.065).



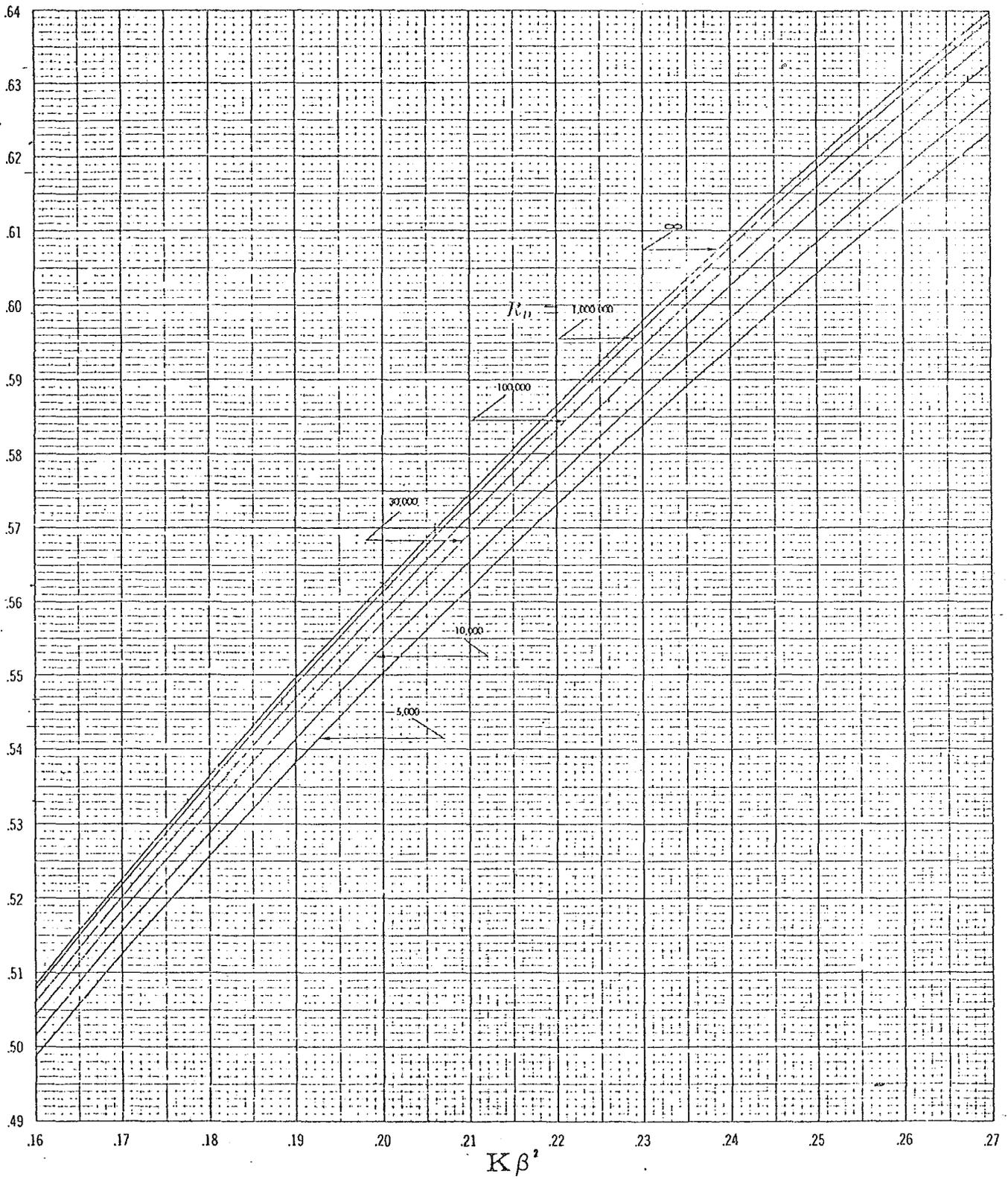
Curve IV

Fig. 1d. $K\beta^2$ vs β ($K\beta^2$ range: 0.065 to 0.100).



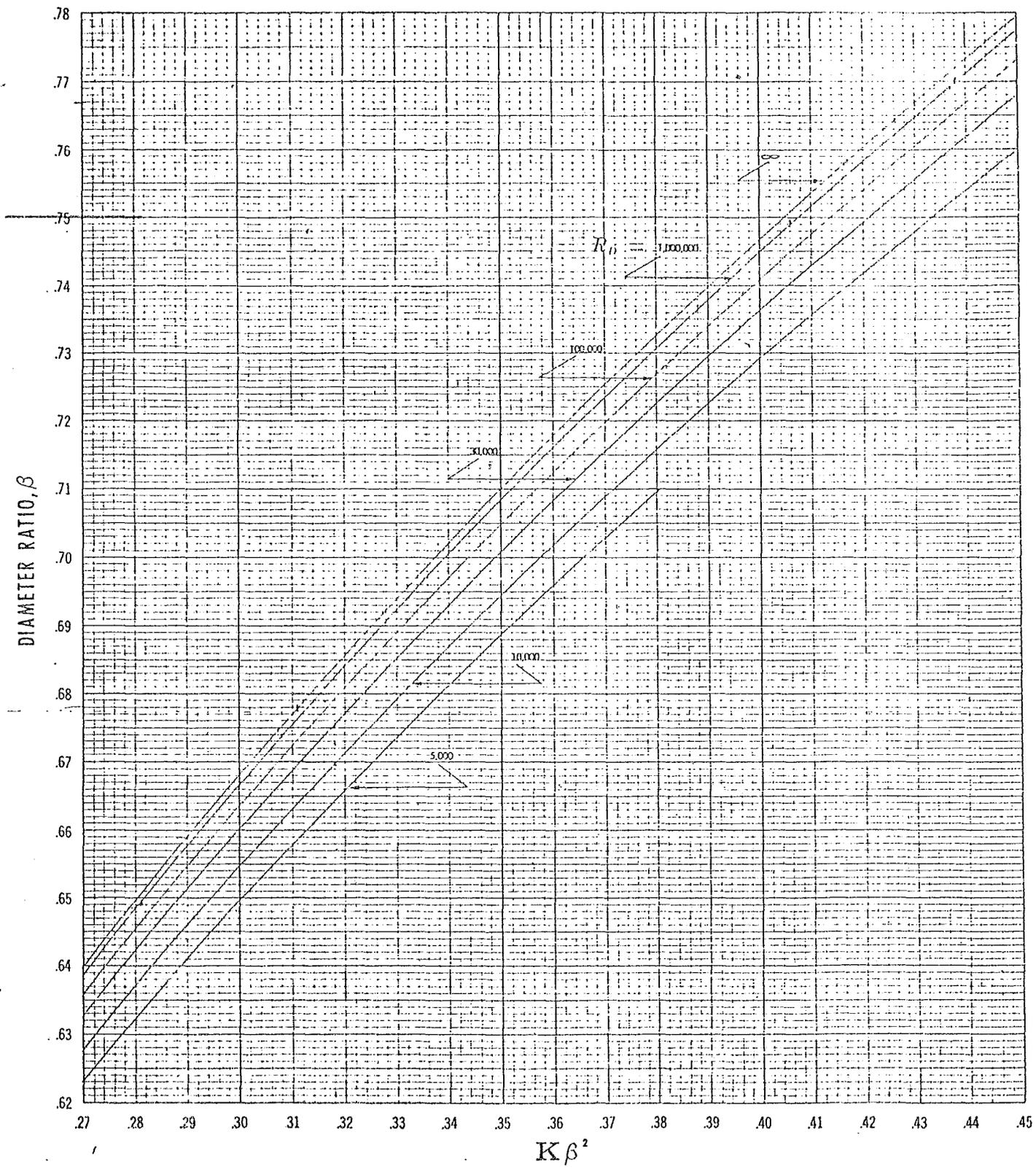
Curve V

Fig. 1c. $K\beta^2$ vs β ($K\beta^2$ range: 0.100 to 0.160).



Curve VI

Fig. 1f. $K\beta^2$ vs β ($K\beta^2$ range: 0.160 to 0.270).



Curve VII

Fig. 1g. $K\beta^2$ vs β ($K\beta^2$ range: 0.270 to 0.450).

F_a The coefficient for thermal expansion of the orifice plate is a function of temperature and type of metal used. Fig. 2 permits evaluation of F_a , which is sometimes called the "area factor".

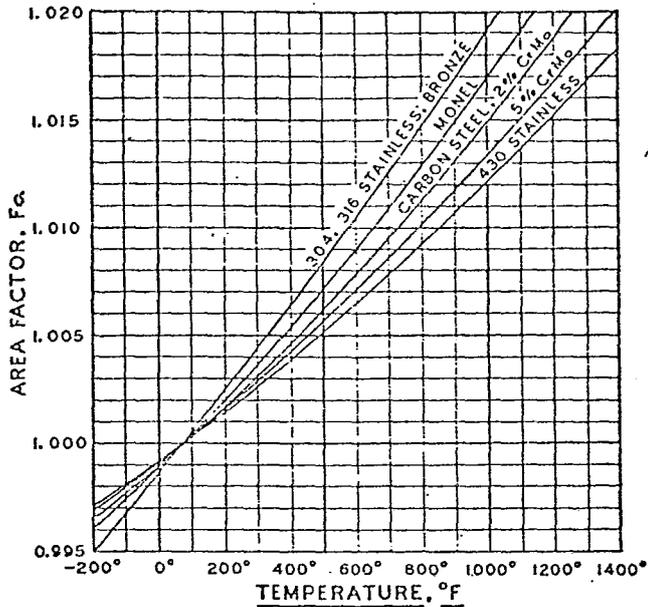


Fig. 2. Area factor, F_a , versus temperature for common orifice plate materials (Based on data given in ASME "Flowmeter Computation Handbook", 1961).

Y The gas expansion factor is necessary when the density of the gas is substantially less at downstream conditions than at upstream conditions. It varies with flow rate in a given meter, yielding a measurement which may deviate seriously from the usual square root curve. Such a meter is usually impractical, and, in practice, it is best to reduce the value of Δp at maximum flow so that Y is essentially unity and therefore constant.

To obtain Y first evaluate k , the ratio of heat capacities (C_p/C_v) from Fig. 3. Then solve for $\frac{\Delta p}{kp_1}$ where p_1 is upstream pressure in units the same as those of Δp . By guessing at a value of β and employing Fig. 4, determine if Y is practically unity. If not, choose a lower maximum Δp . As a "rule of thumb" it is wise to keep Δp less than two percent of the upstream absolute pressure in order to eliminate the effect of variations in Y . (At the other extreme, if Δp is more than half of p_1 , the gas attains the speed of sound at orifice conditions and the flow curve becomes linear rather than square root. Metering under such conditions is not considered in this handbook.)

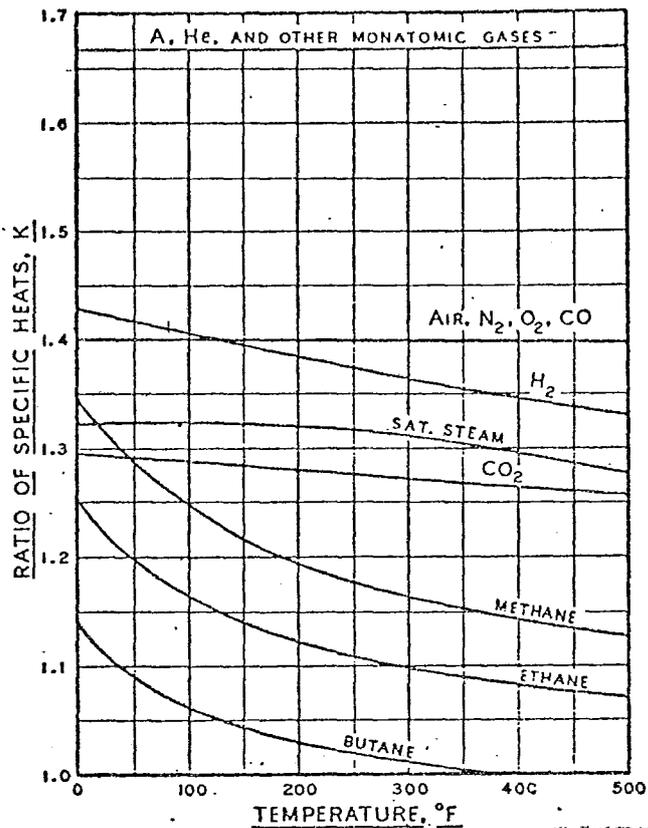


Fig. 3. Ratio of specific heats, k , (C_p/C_v) versus temperature.

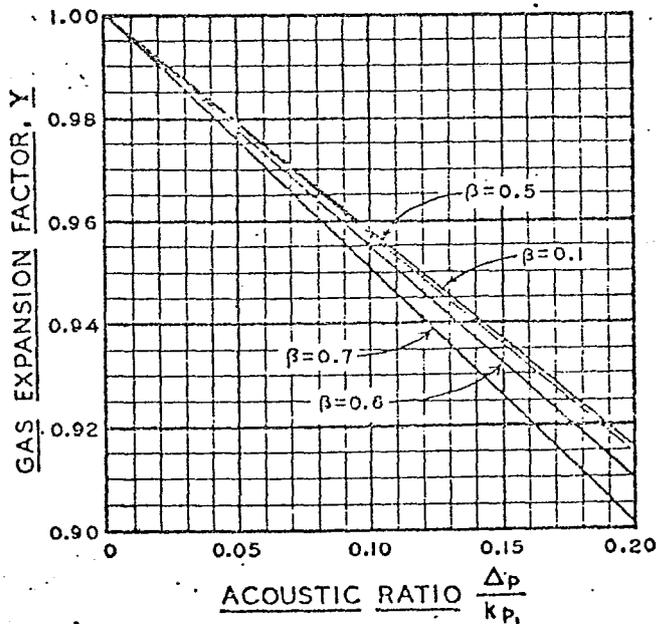


Fig. 4. Gas expansion factor, Y , versus acoustic ratio, $\Delta p/kp_1$.

OVER-ALL PRESSURE LOSS

The over-all pressure loss of the flowmeter is not as much as the measured pressure drop across the orifice plate. As the high velocity jet from the orifice impinges upon the slower downstream fluid, some of its kinetic energy is converted back to increase the downstream pressure above the pressure existing at the orifice outlet. The percentage of Δp which is permanently lost is a function of β as shown in Fig. 10.

The theoretical horsepower lost can be calculated from the formula:

$$\text{H.P.} = \frac{(q, \text{ in cu ft/sec}) (h_w, \text{ overall})}{105.8} \quad (21)$$

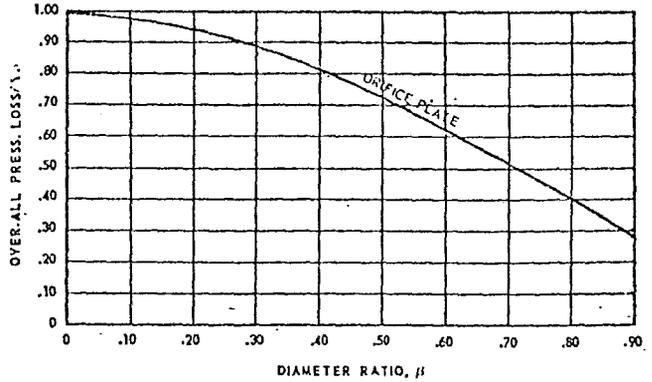


Fig. 10. Ratio of over-all pressure loss to metered differential versus diameter ratio β .

ENTRAINED LIQUID OR GAS

For horizontal flowmeter runs it is sometimes desirable to drill a small hole through the orifice plate just tangent to the inside pipe circle. This hole is placed at the bottom for metering gas with a little entrained liquid and at the top for metering liquid with a little entrained gas. The area of the small hole is subtracted from the total required orifice area to arrive at the proper size for the orifice to be cut in the center of the plate. In practice, it is difficult to keep drain holes from plugging with solids and their usefulness is sometimes questioned. When entrainment is a problem, better practice is to install gas meters in downward vertical runs and liquid meters in upward vertical runs. No drain holes are needed and the meter cannot collect the entrained material.

If not otherwise specified, Fischer & Porter engineers use data as given in Table 7 to arrive at the drain hole size.

Table 7. Recommended Drain Hole Sizes for Various Orifice Diameters

Orifice Dia. d , inches	Drain Hole dia., inches
1-3½	3/32
3½-4¼	1/8
4¼-5	5/32
5-6	3/16
6-6¾	7/32
6¾-7½	1/4
7½-8¾	9/32
8¾-9¼	5/16
9¼-10	11/32
10-10¾	3/8
10¾-11½	13/32
11½-12¼	7/16
12¼-13¼	15/32
13¼ and up	1/2

FLOWMETER ACCURACY

The coefficients, K , used in preparing Fig. 1 were obtained from data for pipe sizes of 1½ to 16 inches with flange taps, corner taps, D and ½ D taps, and vena contracta taps. The data include the ASME and AGA tables, Ambrosius-Spink, Deutsche Ingenieur Normen. It has been found that there is a satisfactory single set of K values as a function of β and R_D , regardless of pipe size.* The probable error to be expected from these data, with straightening vanes installed accord-

ing to standards ahead of the meter, is $\pm 1/2\%$ for values of β between 0.35 and 0.65. Furthermore, the probable error is $\pm 1\%$ over a β range of 0.12 to 0.72.

The equation for K is:

$$K = .5930 + 0.4\beta^4 + (0.0015\sqrt{\beta} + 0.012\beta^4) \frac{1000}{\sqrt{R_D}} \quad (22)$$

*Victor P. Head — ASME Transactions, Sept. 1960.

ORIFICE DESIGN AND INSTALLATION

11 shows the various common types of taps for differential pressure connections. These are covered briefly below.

Flange Taps have centers 1 inch upstream and 1 inch downstream of the orifice plate surface. They are drilled right through the flanges.

Corner Taps are located as near the orifice plate as possible.

$1/2 D$ Taps (or Radius Taps) have centers $1/2$ pipe diameter upstream and $1/2$ pipe diameter downstream of the orifice plate surface.

Vena-Contracta Taps have the upstream center in the range of $1/2$ to 2 pipe diameters from the orifice plate surface. The downstream tap center is at the average location of the vena-contracta (see Fig. 12). Vena-contracta taps are used only with large pipe sizes in order to save the expense of large orifice flange-unions.

It is important that the standards of installation be followed. (See Fig. 14.) No burrs should remain at the taps and the orifice should be inspected regularly to be sure that its upstream edge remains sharp and square.

Table 8 gives the recommended thickness of the orifice plate for different pipe sizes and temperature conditions. Fig. 13 shows the three standards of construction of the orifice metering edge. Fig. 14 gives the upstream and downstream piping requirements under various operating conditions.

Table 8. Recommended Orifice Plate Thicknesses *

Pipe Size, inches	Thickness, (in.) below 600° F	Thickness, (in.) above 600° F
Up to 3	$3/32 \pm 1/32$	$1/4$
4 to 6	$5/32 \pm 1/32$	$3/8$
7 to 8	$1/4 \pm 1/32$	$1/2$
10 and over	$3/8 \pm 1/8$	$1/2$ to $3/4$

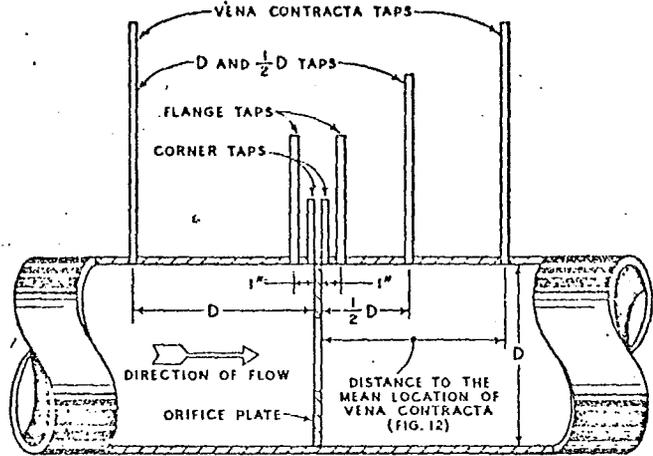


Fig. 11. Nomenclature for various tap locations.

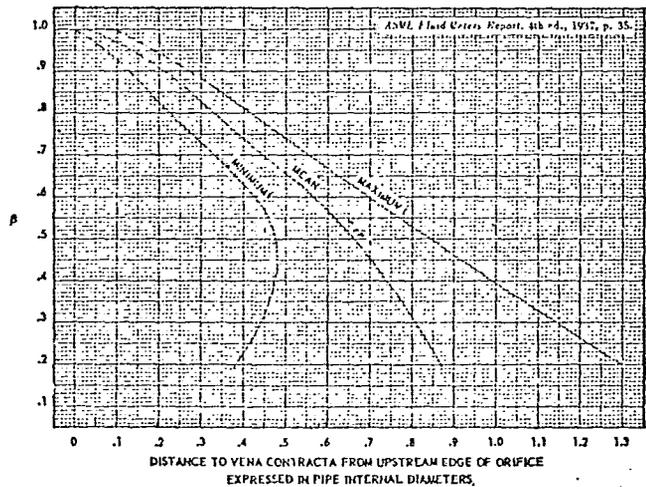
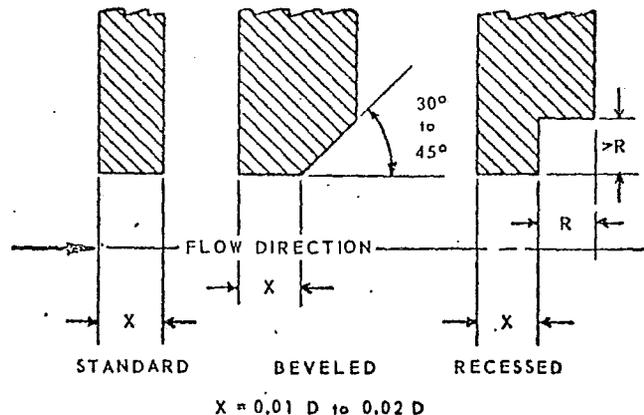


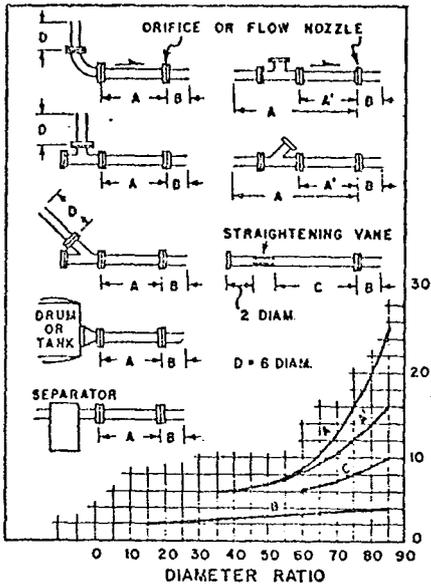
Fig. 12. Location of vena contracta versus diameter ratio β .



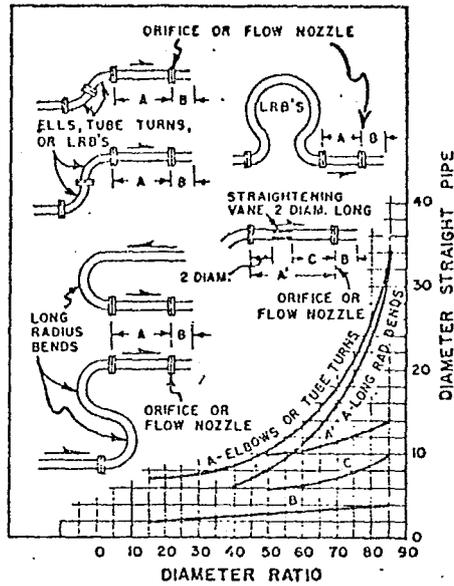
*Inlet edge of orifice shall be square and sharp, free from either burrs or rounding so that when viewed without magnification, a beam of light is not reflected visibly by the edge.

Fig. 13. Standards of construction for the orifice metering edge. (From the ASME "Flowmeter Computation Handbook", 1961).

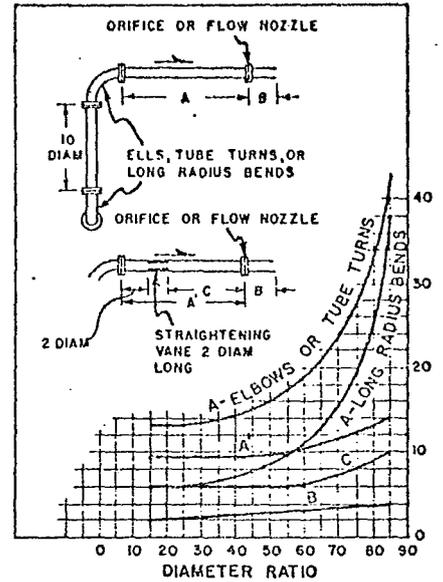
SCHEDULE 1
FOR ORIFICES AND FLOW NOZZLES
ALL FITTINGS IN SAME PLANE



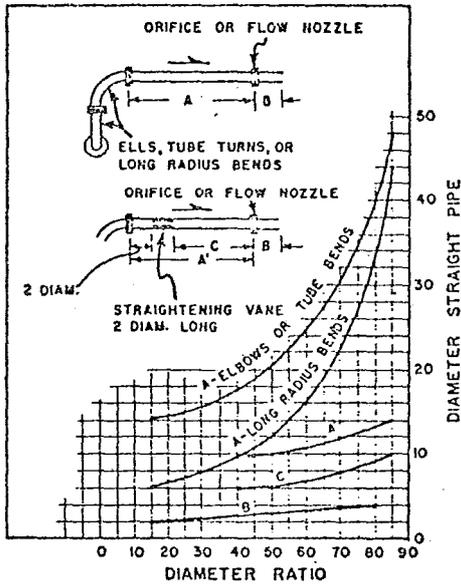
SCHEDULE 2
FOR ORIFICES AND FLOW NOZZLES
ALL FITTINGS IN SAME PLANE



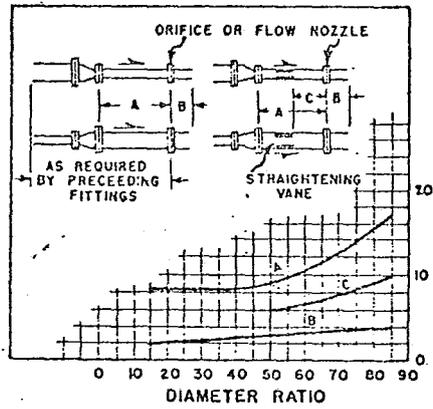
SCHEDULE 3
FOR ORIFICES AND FLOW NOZZLES
FITTINGS IN DIFFERENT PLANES



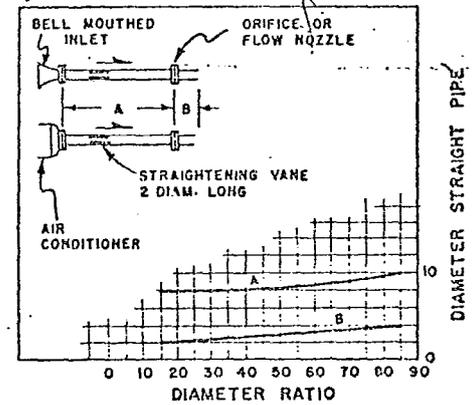
SCHEDULE 4
FOR ORIFICES AND FLOW NOZZLES
FITTINGS IN DIFFERENT PLANES



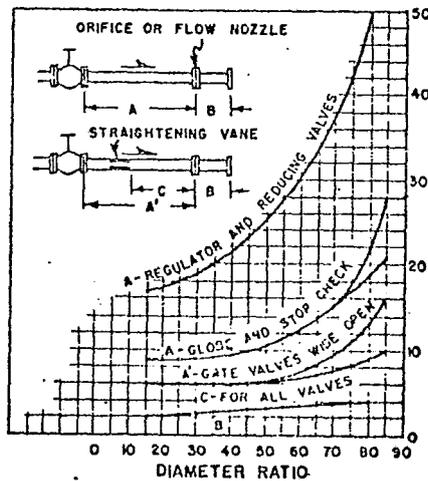
SCHEDULE 5
FOR ORIFICES AND FLOW NOZZLES
WITH REDUCERS AND EXPANDERS



SCHEDULE 6
FOR ORIFICES AND FLOW NOZZLES
IN ATMOSPHERIC INTAKE



SCHEDULE 7
VALVES



FITTINGS ALLOWED ON OUTLET SIDE
IN PLACE OF STRAIGHT PIPE

.0-.50 RATIO	.50-.60 RATIO
1. Tees	1. Tees
2. 45 ells	2. Expansion joints
3. Gate valves	3. Gate valves
4. Separators	4. Y-fittings
5. Y-fittings	5. Separator (If inlet neck is one diameter long)
6. Expansion joints	
.60-.70 RATIO	.70-.80 RATIO
1. Gate valves	1. Gate valves
2. Y-fittings	2. Long radius bend
3. Separator (If inlet neck is one diameter long)	

Fig. 14.

Upstream and downstream piping requirements for orifice meters.
Trans. ASME, July 1945, p. 346

$$Q_h = 100,727 \text{ PCHS}$$

$$\text{ó sea } 2'417,443 \text{ PCDS}$$

La tabla de valores de K presentadas con el fin de obtenerlos rápidamente, simplificando la secuencia de cálculo, fué publicada por la Asociación Americana de Gas (AGA) y los valores que se estiman interpolando, para ser sustituidos finalmente en la ecuación de flujo, una vez seleccionada la placa de orificio comercial, nos dan un error del orden de un 2% comparando el flujo calculado, con el flujo que realmente esta pasando por el elemento primario. Este porcentaje de error se puede minimizar, si en lugar de interpolar los valores de K en la tabla, los calculamos con la ecuación correspondiente, obteniéndose un porcentaje de error del 0.75% entre el flujo calculado y el flujo que realmente esta pasando por el elemento primario. De tal manera, que si calculamos los flujos de gas para las placas de orificio comerciales, en el rango de variación, de la relación entre los diámetros de orificio y el diámetro interior de la tubería seleccionada (de 0.2 a 0.7) obtenemos los gastos que se enlistan a continuación, una vez aplicada la secuencia de cálculo y evaluado los valores de K con la siguiente ecuación:

$$K = 0.5930 + 0.4 \beta^4 + (0.0015 \sqrt{\beta} + 0.012 \beta^4) \frac{1000}{\sqrt{R_D}}$$

donde:

β = Relación entre el diámetro de orificio y el diámetro interior de la tubería seleccionada = d/D adimensional

R_D = Número de Reynolds adimensional, evaluado en la secuencia de cálculo.

Relación d/D	Diámetro de la Placa de Orificio Comercial Seleccionada	Flujo de Gas Evaluado a las Condiciones de Operación.	
		P.C.H.S.	P.C.D.S.
0.241896468	12.70 mm. (0.500")	12,025.48	288,611.95

Relación d/D	Diámetro de la Placa de Orificio Comercial	Flujo de Gas Evaluado a las Condiciones de Operación	
	Seleccionada	P.C.H.S.	P.C.D.S.
0.302370585	15.88 mm. (0.625")	18,877.09	453,050.14
0.362844703	19.05 mm. (0.750")	27,402.98	657,671.53
0.423318820	22.23 mm. (0.875")	37,717.94	905,230.49
0.483792937	25.40 mm. (1.000")	50,035.11	1'200,842.65
0.544267054	28.58 mm. (1.125")	64,671.30	1'552,111.20
0.604741171	31.75 mm. (1.250")	82,152.61	1'971,662.61
0.665215288	34.93 mm. (1.375")	103,191.76	2'476,602.16
0.725689405	38.10 mm. (1.500")	128,747.94	3'089,950.62

De la tabla anterior, deducimos que el elemento primario seleccionado, tiene un rango de medición de 12,025 piés cúbicos por hora a 128,747.94 piés cúbicos por hora medidos a condiciones estandar (20°C y 1 Kg/cm²) con lo cual cubrimos las necesidades de nuestro proyecto.

Teóricamente se diseña la estación de regulación y medición de gas natural con dos cabezales, para tener uno operando y otro de relevo, con la finalidad de brindar al usuario de la Red de Distribución, un servicio permanente sin interrupciones.

Sin embargo, la experiencia de la Gerencia Operativa de Petróleos Mexicanos indica, que en la práctica se deben operar los dos cabezales, para tener la certeza de que en un momento dado, trabaje uno u otro, en caso de que llegara a fallar algún equipo del sistema. Esto fué a consecuencia, de que cuando operaban un solo cabezal por un largo período de tiempo (de 2 a 3 años), los equipos del cabezal de relevo sufrían averías por estar inactivos y cuando se requería arrancarlo para que cumpliera su función de relevo, se encontraban con el problema de que no funcionaba, obligandolas suspender el servicio de suministro, con lo cual se originaba una serie de reclamaciones, por-

parte de los usuarios afectados ante esa situación.

En base a lo anterior, la selección de las placas de orificio, se debe llevar a cabo, tomando en cuenta que se van a operar los dos elementos primarios a la vez, para medir las demandas de gas requeridas por los usuarios de la Colonia Bellavista.

En este caso, se seleccionaron las placas de orificio con diámetros de 12.7 mm. (0.500"); 15.88 mm. (0.625"); 25.4 mm. (1.000"); 28.58 mm. (1.125") y 34.93 mm. (1.375").

Espesores recomendados para las Placas de Orificio en Base a la Temperatura de Operación.

Diámetro del Tubo de Medición	Espesor Recomendado	
	Abajo de 315° C.	Arriba de 315° C
50.8 mm. (2") Ø nom.	1.5875 mm. (1/16")	6.35 mm. (1/4")
	ó 3.175 mm. (1/8")	
76.2 mm. (3") Ø nom.	1.5875 mm. (1/16")	6.35 mm. (1/4")
	ó 3.175 mm. (1/8")	
101.6 mm. (4") Ø nom.	3.175 mm. (1/8")	9.525 mm. (3/8")
	ó 4.7625 mm. (3/16")	
152.4 mm. (6") Ø nom.	3.175 mm. (1/8")	9.525 mm. (3/8")
	ó 4.7625 mm. (3/16")	
203.2 mm. (8") Ø nom.	6.35 mm. (1/4")	12.7 mm. (1/2")
	ó 7.1438 mm. (9/32")	
254.0 mm. (10") Ø nom. y mayores	9.525 mm. (3/8")	12.7 mm. (1/2") a 19.05 mm. (3/4")
	ó 12.7 mm. (1/2")	

Comercialmente los portaorificios tipo brida-cuello son diseñados con tomas de presión diferencial localizados a 25.4 mm. (1") de uno y otro lado del orificio de medición, lo cual los clasifica dentro del grupo de tomas de presión diferencial en las bridas, puesto que el grupo de tomas de presión dife

CARACTERISTICAS DE ELEMENTOS PRIMARIOS

ELEMENTO PRIMARIO	TIPO DE FLUIDO	PERDIDA DE PRESION	REL. DE FLUJO	% DE ERROR	TUBERIA CORRIENTE ARRIBA	EFFECTO DE LA VISCOSIDAD	COSTO	TIPO DE LECTURA
ORIFICIO CONCENTRICO	LIQUIDO, GAS Y VAPOR	50-90%	3:1	0.75	10-30 D	ALTO	BAJO	RAIZ CUADRADA
ORIFICIO SEGMENTADO	LIQUIDOS LECHOSO	60-100%	3:1	2.5	10-30 D	ALTO	BAJO	RAIZ CUADRADA
ORIFICIO EXCENTRICO	COMBINACION LIQUIDO-GAS	60-100%	3:1	2	10-30 D	ALTO	BAJO	RAIZ CUADRADA
ORIFICIO DE ARCO OBLICUO	LIQUIDOS VISCOSOS	45-85%	3:1	1	20-50 D	BAJO	MEDIO	RAIZ CUADRADA
SEGMENTO DE CUÑA	LIQUIDOS VISCOSOS Y LECHOSOS	30-80%	3:1	1	10-30 D	BAJO	ALTO	RAIZ CUADRADA
TUBO VENTURI	LIQUIDO Y GAS	10-20%	3:1	1	5-10 D	MUY ALTO	MUY ALTO	RAIZ CUADRADA
TUBO DALL	LIQUIDOS	5-10%	3:1	1	5-10 D	ALTO	ALTO	RAIZ CUADRADA
TOBERA	LIQUIDO GAS Y VAPOR	30-70%	3:1	1.5	10-30 D	ALTO	MEDIO	RAIZ CUADRADA
MEDIDOR ANGULAR O ELE	LIQUIDO	NO	3:1	1	30 D	NULO	MEDIO	RAIZ CUADRADA
ROTAMETRO	TODOS LOS FLUIDOS	1-200 H ₂ O	10:1	2	NO	MEDIANO	MEDIO	LIMITADO
MUESCA EN V, VERTIDA O SUMERGIDA	LIQUIDOS	NO	30:1	4	NO	NULO	MEDIO	5/2
TRAPEZOIDE VERTIDA	LIQUIDOS	NO	10:1	4	NO	NULO	MEDIO	3/2
CANAL MEDIDOR DE PARSHALL	LIQUIDOS VISCOSOS	NO	10:1	3	NO	NULO	ALTO	3/2
MEDIDOR MAGNETICO	LIQUIDOS VISCOSOS	NO	30:1	1	NO	NO	ALTO	LINEAL
TURBO-MEDIDOR	LIQUIDOS LIMPIOS	0-7 psi.	14:1	0.5	5-10 D	ALTO	ALTO	LINEAL
TUBO PITOT	LIQUIDOS	NO	3:1	1	20-30 D	BAJO	BAJO	RAIZ CUADRADA
VENTURI PITOT	LIQUIDOS Y GASES	NO	3:1	1	20-30 D	ALTO	BAJO	RAIZ CUADRADA
MEDIDOR DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO	LIQUIDOS	0-15 psi	10:1	0.5-2	NO	NO	ALTO	TOTALIZACION LINEAL
MEDIDOR DE REMOLINOS	GASES	0-2 psi	10:1 a 100:1	1	10 D	NO	ALTO	LINEAL
DE VERTICE EYECTOR	LIQUIDOS Y GASES	0-6 psi 0-5" H ₂ O	30:1 a 100:1	0.25	15-30 D	MINIMO REYNOLDS DE 10 000	ALTO	LINEAL
ULTRASONIDO	LIQUIDOS	NO			NO	NO	ALTO	LINEAL

* LOS PORCENTAJES DE PERDIDA DE PRESION DEBE SER CONSIDERADOS COMO PORCIENTO DE LA PRESION DIFERENCIAL PRODUCIDA.

TUBERIA CORRIENTE ARRIBA.- SE REFIERE A LA LONGITUD DE TUBERIA RECTA EXPRESADA EN DIAMETROS DE TUBERIA CONDUCTORA, QUE SE REQUIERE INSTALAR ANTES DEL ELEMENTO PRIMARIO.

rencial en el tubo, tiene que tener la toma de alta presión, a una distancia mínima de 2.5 diámetros antes del orificio de medición y la toma de baja presión, 8 diámetros después del orificio de medición y las placas de orificio que emplean comunmente tienen 3.175 mm. (1/8") de espesor.

Dimensionamiento del Tubo de Medición

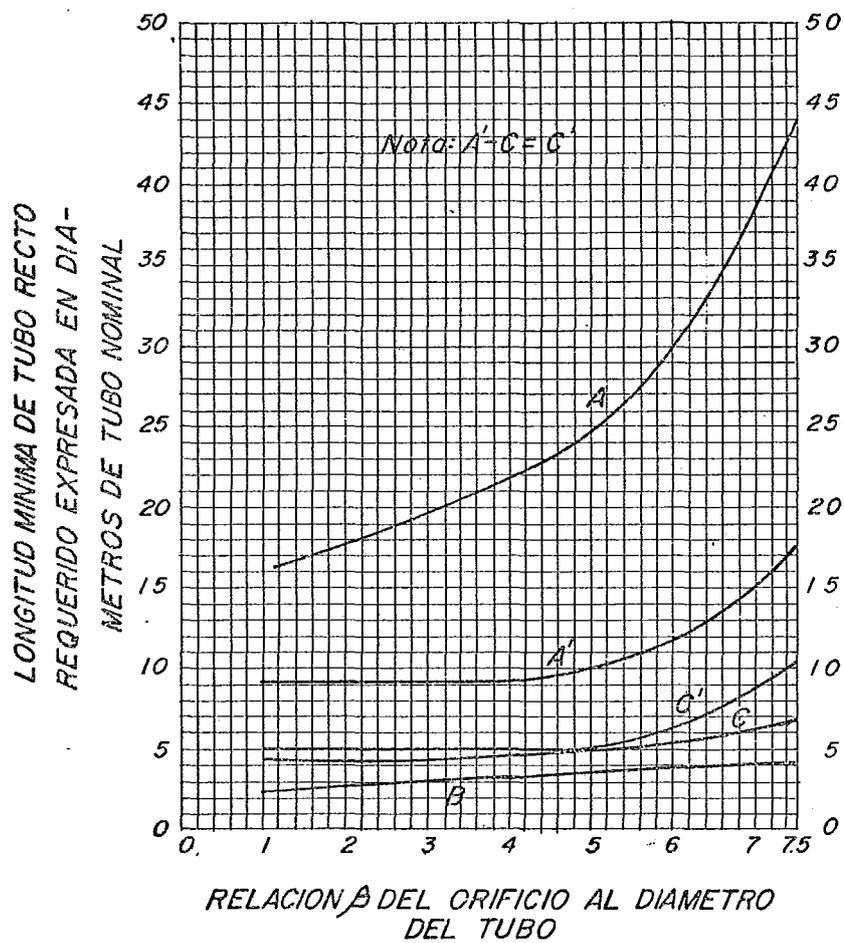
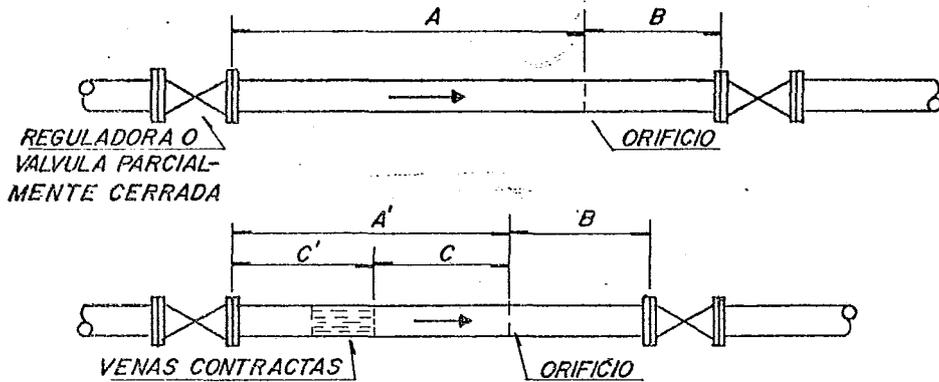
Los tubos de medición con porta-orificio ó con bridas de orificio al igual que los medidores de flujo tipo diferencial con tomas de tubería, de Vena Contracta y de Tobera tienen longitudes mínimas que van de 10 Diámetros a 30 Diámetros y debido a que el flujo en la tubería antes de la restricción (orificio) debe ser laminar. El tramo de tubería recto necesario para colocar el "elemento primario" dependerá del flujo por pasar, es decir, de la relación entre el diámetro de orificio y el diámetro interior del tubo de medición.

Para tal efecto, la Asociación Americana de Gas (AGA) publicó una gráfica de la cual se adjunta una copia para pronta referencia, con la que podemos obtener directamente, las longitudes mínimas de tubo recto (expresadas en diámetros de tubería) que se deben instalar, antes y después del elemento primario, denominandolos lado de alta y lado de baja (respectivamente) del tubo de Medición.

Pero como el diseño de las Estaciones de Regulación y Medición, se debe hacer utilizando el menor espacio posible, con el objeto de reducir las dimensiones de la Obra Civil y de esta manera, abatir los costos de Inversión, los fabricantes de tubos de medición patentaron un accesorio para obtener el flujo laminar, con menor longitud de tubería recta.

Logrando con ello una mayor demanda, puesto que se le dió aplicación inmediata a este tipo de medidores, en las areas reducidas para instalaciones de proceso.

Este accesorio conocido con el nombre de venas direccionales y su diseño consta basicamente de un az de tubos de menor diámetro colocados en el inte-



Cuando se empleen tomas de tubo, las longitudes A, A' y C serán incrementados en 2 diámetros de tubería, y B en 8 diámetros de tubería.

Con el diámetro del orificio pudiese requerir cambios para satisfacer diferentes condiciones las longitudes de tubo recto deberán ser aquellas requeridas por la relación del orificio máximo al diámetro del tubo que pudiese ser empleado.

rior del tubo de medición, con la dirección del flujo y de el lado de alta presión del elemento primario, siendo su función principal, corregir las perturbaciones de flujo, producidas por las conexiones y válvulas instaladas antes de la medición y al igual que en el elemento primario, el tramo de tubería recta para colocar las venas direccionales, dependerá de la cantidad de flujo por pasar. Esta nueva modalidad también fué contemplada por la Asociación Americana de Gas (AGA). Quien cálculo las distancias óptimas para colocar las venas direccionales, publicando los resultados en la misma gráfica de dimensionamiento, de tubos de medición sin venas direccionales, en la cual obtenemos directamente, la longitud mínima de tubo recto (expresada en diámetros de tubería) que debe existir entre las venas direccionales y el elemento primario, así como la longitud de tubo recto que se debe instalar antes de las venas direccionales en el sentido de flujo.

Esta disminución en la longitud de tubo recto, requerida para obtener el flujo laminar, aplicando el uso de venas direccionales, en el lado de alta presión del tubo de medición, es fácilmente comprensible si pensamos en el concepto de longitud equivalente, el cual nos dice que cuando una longitud "L" de un diámetro determinado "D" produce los mismos efectos al flujo, que una longitud menor "l" con un diámetro menor "d" las longitudes son equivalentes. En base a lo anteriormente expuesto, el diseño que más conviene a nuestras necesidades, es el de un tubo de medición con portaorificios y venas direccionales, seleccionando el portaorificio, porque tiene la ventaja de que se le pueden cambiar las placas de orificio sin necesidad de desmontar el cabezal, como es el caso de las bridas de orificio, además de que, con un portaorificios como elemento primario, se obtiene mayor flexibilidad en el sistema. Para calcular las longitudes mínimas de tubería recta necesaria, para instalar las venas direccionales y el elemento primario, necesitamos definir la relación d/D tomando en cuenta su rango de variación (de 0.2 a 0.7)

para las capacidades mínima y máxima de medición, lo cual no es difícil, sí se piensa en que el límite de un tubo de medición es para una relación $d/D = 0.7$ y que si lo dimensionamos para esta relación, nunca tendremos problemas, aun cuando se opere el elemento primario a toda su capacidad, de acuerdo con esto y consultando la gráfica de dimensionamiento publicada por la Asociación Americana de Gas tenemos tres secciones de tubo recto, que integrarán el tubo de medición.

1.- El tramo de la cara de la brida donde empieza el tubo de medición a donde terminan las venas direccionales (en este tramo se incluyen las venas direccionales, porque dicho accesorio es de longitud variable, dependiendo del diámetro del tubo de medición, además de que puede ir dentro del tubo de medición ó soldadas a una brida).

2.- El tramo de donde terminan las venas direccionales a la cara de la brida del portaorificios (del tipo brida-cuello) lado de alta presión del elemento primario.

3.- El tramo de la cara de la brida del portaorificios a la cara de la última brida en el sentido de flujo, lado de baja presión del elemento primario. Para la primera sección ó tramo tenemos una longitud mínima de $9 D$ es decir de $9 (2'') = 18''$, para la segunda sección ó lado de alta tenemos una longitud mínima de $6.5 D$ es decir de $6.5 (2'') = 13''$ y para la tercer sección ó lado de baja tenemos una longitud mínima de $4.5 D$ es decir $4.5 (2'') = 9''$.

Como lo más apropiado para efectos de mantenimiento es contar con equipos bridados, para su fácil manejo y reparación, es recomendable emplear venas direccionales tipo brida en los tubos de medición para tener la certeza de que el fabricante cumpla con las dimensiones especificadas de acuerdo con la siguiente tabla:

Dimensiones Estandar de Venas Direccionales.

DIAMETRO	LONGITUD
50.8 mm. (2") \emptyset nom.	152.4 mm. (6")
76.2 mm. (3") \emptyset nom.	228.6 mm. (9")
101.6 mm. (4") \emptyset nom.	254.0 mm. (10")
152.4 mm. (6") \emptyset nom.	304.8 mm. (12")
203.2 mm. (8") \emptyset nom.	406.4 mm. (16")
254.0 mm. (10") \emptyset nom.	508.0 mm. (20")
304.8 mm. (12") \emptyset nom.	609.6 mm. (24")
355.6 mm. (14") \emptyset nom.	762.6 mm. (30")
406.4 mm. (16") \emptyset nom.	762.0 mm. (30")

Así tenemos que finalmente:

- La longitud mínima de la cara de la primera brida del tubo de medición en el sentido de flujo a la cara de la brida de las venas direccionales es de $9 D - 6'' = 12'' = 304.8 \text{ mm.}$, lo cual nos permite especificar una longitud de 400 mm. para este tramo, conocido como carrete de medición facilitando así su construcción al fabricante.
- La longitud mínima de la cara de la brida de las venas direccionales a la cara de la brida del portaorificios (tipo brida-cuello) es de $6.5 D + 6'' = 19'' = 482.6 \text{ mm.}$ lo cual nos permite especificar una longitud de 500 mm. para este tramo, conocido como lado de alta presión del elemento primario, facilitando así su construcción al fabricante.
- La longitud mínima de la cara de la brida del portaorificios a la cara de la última brida de tubo de medición en el sentido de flujo es de:
 $4.5 D = 9'' = 228.6 \text{ mm.}$ lo cual nos permite especificar su construcción al fabricante de este tramo conocido con el nombre de lado de baja presión del elemento primario.

Una vez determinado lo anterior, procederemos a describir la requisición del tubo de medición, para lo cual nos auxiliaremos con las especificaciones generales para tuberías de proceso y servicios auxiliares anexas y del catálogo del proveedor de Tubos de Medición más conocido, la Cia. Daniel Senior adjuntando copia de los portaorificios seleccionados y de las placas de orificio para pronta referencia.

Datos necesarios para la fabricación del tubo de medición calculado:

1.-) 2 Tubos de medición calibrados y certificados (con portaorificios tipo-bridacuello y venas direccionales) de acero al carbón sin costura ASTM-A-53 Grado B Cédula 40.

2.-) Claves: POF-A y POF-B

3.-) Diámetro nominal: 51 mm. (2")

4.-) Diámetro interior: 52.5 mm. (2.067")

5.-) Carrete de medición: longitud de 300 mm.

Extremo de entrada: soldado al cuello de una brida de 51 mm. (2") \emptyset nom 300 ANSI, cara realzada (R.F.)

Extremo de salida: soldado al cuello de una brida de 51 mm. (2") \emptyset nom. 300 ANSI, cara realzada (R.F.)

6.-) Lado de alta presión: longitud de 500 mm.

Extremo de entrada: soldado al cuello de las venas direccionales tipo-bridade 51mm. (2") \emptyset nom. 300 ANSI, cara realzada (R.F.) conectada a brida del carrete de medición.

Extremo de salida: soldado al cuello del portaorificios (tipo brida-cuello) de 51mm. (2") \emptyset nom. 300 ANSI.

7.-) Portaorificios: tipo brida-cuello de 51mm. (2") \emptyset nom. 300 ANSI, Daniel catálogo 013 DS con cara realzada en la brida.

8.-) Lado de baja presión: longitud de 300 mm.

Extremo de entrada: soldado al cuello de una brida de 51mm. (2") \emptyset nom.

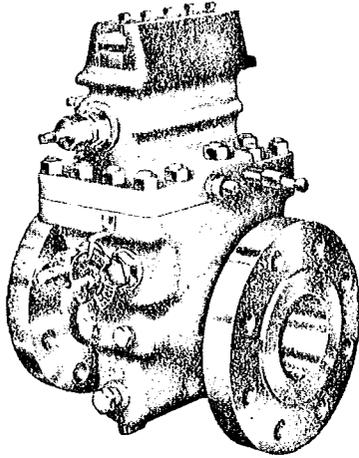
DANIEL ORIFICE FITTING COMPANY

DANIEL SENIOR ORIFICE FITTINGS

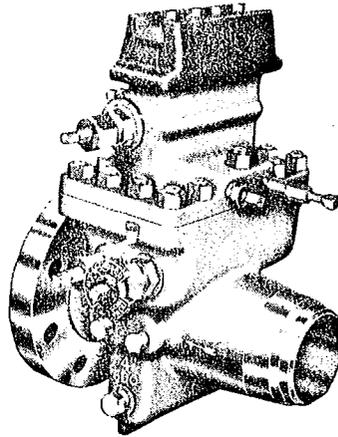
Cast Carbon and Heat Treated Cast Carbon Moly Alloy Steel
Standard Stainless Steel Trim

"DS" (DUAL Synthetic Rubber SEAL) and "TS" (ALL-TEFLON SEAL)
Patented (Additional Patents Pending)

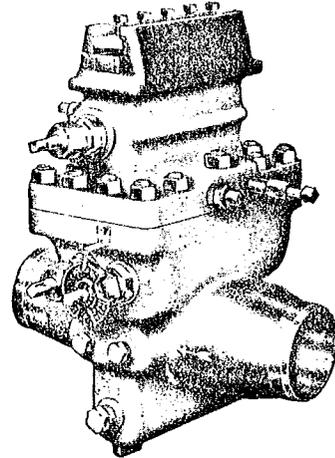
SIZES
2-INCH THRU 12-INCH
150 to 2500 LB.
A.S.A. INCLUSIVE



FLANGED



"FLANGNEK"



WELDING NECK

STANDARD RF FLANGE FACING

A.S.A. PRIMARY SERVICE RATING

Type of Fitting	150 lbs. A.S.A.	300 lbs. A.S.A.	600 lbs. A.S.A.	900 lbs. A.S.A.	1500 lbs. A.S.A.	2500 lbs. A.S.A.
Flanged	101DS	103DS	105DS	106TS	107C-TS	108A-TS
"Flangnek"	011DS	013DS	015DS	016TS	017C-TS	018A-TS
Welding Neck			185DS	186TS	187C-TS	188A-TS

RING-JOINT FLANGE FACING

A.S.A. Primary Service Rating

Type of Fitting	600 lbs. A.S.A.	900 lbs. A.S.A.	1500 lbs. A.S.A.	2500 lbs. A.S.A.
Flanged	145DS	146TS	147C-TS	148A-TS
"Flangnek"	0145DS	0146TS	0147C-TS	0148A-TS

Each fitting furnished with one Universal Size Stainless Steel Orifice Plate bored to size without extra cost.

"DS" (DUAL SEAL): 275° F. Max.

"TS" (ALL-TEFLON SEAL): 500° F. Max.

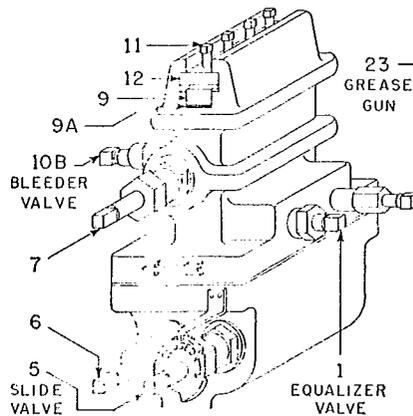
"MS" (METAL SEAL): Higher Temperatures.

Note: Use only Daniel recommended grease for lubricating slide valve (see No. 23)

OPERATING INSTRUCTIONS

TO REMOVE ORIFICE PLATE

- (A) Open No. 1 (Max. Two Turns Only)
- (B) Open No. 5
- (C) Rotate No. 6
- (D) Rotate No. 7
- (E) Close No. 5
- (F) Close No. 1
- (G) Open No. 10B
- (H) Lubricate Thru No. 23
- (I) Loosen No. 11 (DO NOT Remove No. 12)
- (J) Rotate No. 7 to Free Nos. 9 and 9A
- (K) Remove Nos. 12, 9 and 9A



TO REPLACE ORIFICE PLATE

- (A) Close 10B
- (B) Rotate No. 7 slowly until Plate Carrier is clear of Sealing Bar and Gasket level. Do not lower Plate Carrier onto Slide Valve.
- (C) Replace Nos. 9A, 9 and 12
- (D) Tighten No. 11
- (E) Open No. 1
- (F) Open No. 5
- (G) Rotate No. 7
- (H) Rotate No. 6
- (I) Close No. 5
- (J) Close No. 1
- (K) Open 10B
- (L) Lubricate Thru No. 23
- (M) Close 10B

MAINTENANCE

It is recommended that all Senior-type orifice fittings be operated once every thirty days. Slide valve (Part No. 5) should be opened and closed and lubrication applied through Part No. 23. If plate inspection is not required, it is recommended that gear shafts (No. 6 and No. 7) be rotated.

Under conditions where there is likely to be an accumulation of sediment for any cause, blow-down valves should be installed in place of pipe plugs at bottom of fitting and blown as often as required. Plate carrier should always be raised into upper chamber before flowing or cleaning through blow-down valves.

DANIEL ORIFICE FITTING COMPANY

DANIEL SENIOR ORIFICE FITTING—"FLANGNEK"

Sizes 2-Inch Thru 10-Inch

150, 300 and 600 Lb. A.S.A.

"DS" DUAL SYNTHETIC RUBBER SEAL

Sizes 12-14 Inch "DVS" Seal Bonded to Plate

Standard Flange Facing

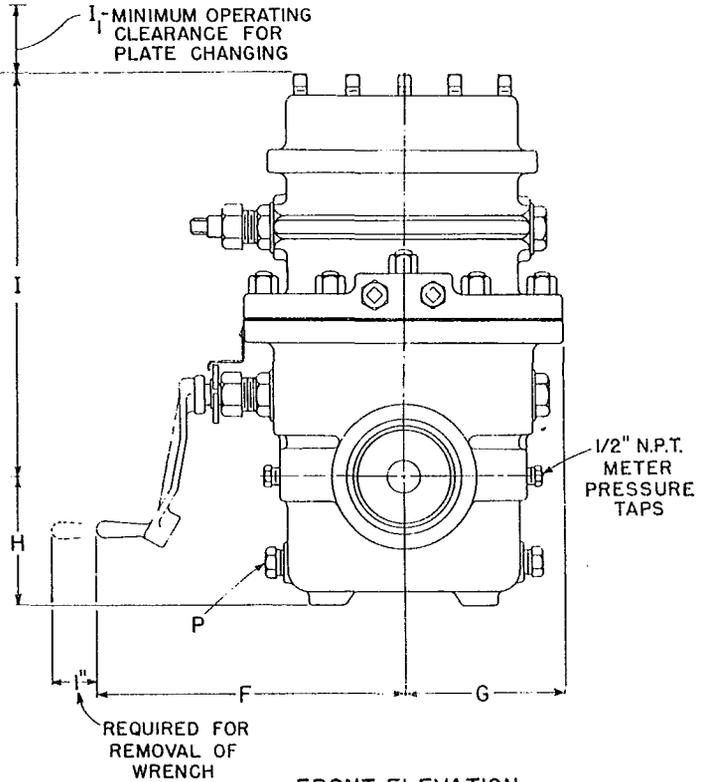
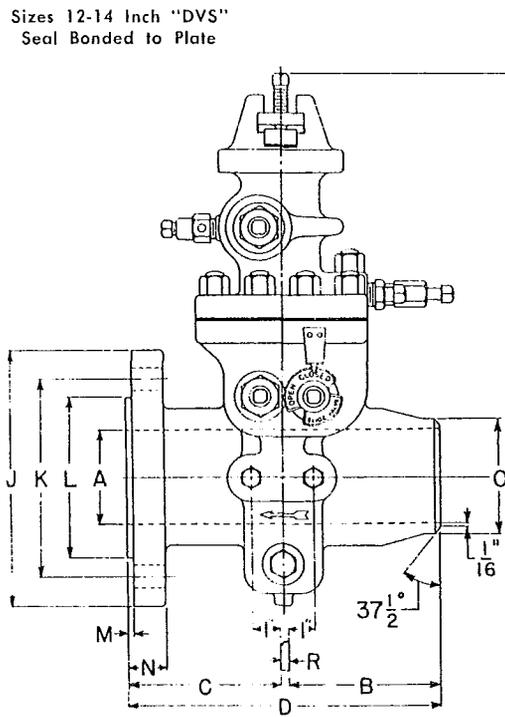
Cast Carbon Steel—Standard Stainless Steel Trim

SIZES, DIMENSIONS and WEIGHTS

900 Lb. A.S.A.

"TS"

(All Teflon) Seal



SIDE ELEVATION

FRONT ELEVATION

Catalog No. 011DS—150 Lb. A.S.A.—"FLANGNEK" Standard Flange Facing—275 P.S.I. (Gage) C.W.P.

SIZE	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	Approximate Weight (Pounds)	SIZE
2	2.067	5 1/4	10 3/4	12 7/8	1 1/4	12 3/4	3 3/4	13 1/4	5 7/8	6	4 3/4	3 3/8	1 1/2	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	100	2
3	3.068	5 3/4	10 3/4	13 3/4	1 1/4	13 3/4	4 1/8	14 1/2	6 1/4	7 1/2	5	4	1 1/2	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	140	3
4	4.026	6 1/4	11 1/2	14 1/2	1 1/2	14 1/2	5 1/8	15 1/2	7 1/4	9	7 1/4	5 1/8	1 3/4	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	185	4
6	6.065	6 3/4	12 1/2	15 1/2	1 3/4	15 1/2	6 1/4	16 1/2	8 1/4	11	9 1/4	6 1/4	1 3/4	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	265	6
8	8.071	6 3/4	12 1/2	16 1/2	1 3/4	16 1/2	6 3/4	17 1/2	9 1/4	11	10 1/4	6 3/4	1 3/4	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	345	8
10	10.136	6 3/4	12 1/2	17 3/4	1 3/4	17 3/4	7 1/8	18 1/2	10 1/4	11 1/2	11 1/2	7 1/8	1 3/4	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	465	10
12	12.090	8 3/4	14 1/2	18 3/4	1 3/4	18 3/4	8 1/4	19 1/2	11 1/4	13 1/2	13 1/2	8 1/4	1 3/4	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	655	12
14	13.250	9 3/4	15 1/2	20 1/2	1 3/4	20 1/2	9 1/4	21 1/2	12 1/4	15 1/2	15 1/2	9 1/4	1 3/4	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	945	14

Catalog No. 013DS—300 Lb. A.S.A.—"FLANGNEK" Standard Flange Facing—720 P.S.I. (Gage) C.W.P.

SIZE	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	Approximate Weight (Pounds)	SIZE
2	2.067	5 3/4	10 3/4	12 7/8	1 1/4	12 3/4	3 3/4	13 1/4	5 7/8	6	4 3/4	3 3/8	1 1/2	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	100	2
3	3.068	5 3/4	10 3/4	13 3/4	1 1/4	13 3/4	4 1/8	14 1/2	6 1/4	7 1/2	5	4	1 1/2	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	150	3
4	4.026	6 1/4	11 1/2	14 1/2	1 1/2	14 1/2	5 1/8	15 1/2	7 1/4	9	7 1/4	5 1/8	1 3/4	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	200	4
6	6.065	6 3/4	12 1/2	15 1/2	1 3/4	15 1/2	6 1/4	16 1/2	8 1/4	11	10 1/4	6 1/4	1 3/4	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	310	6
8	8.071	6 3/4	12 1/2	16 1/2	1 3/4	16 1/2	6 3/4	17 1/2	9 1/4	11	11 1/2	6 3/4	1 3/4	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	430	8
10	10.136	6 3/4	12 1/2	17 3/4	1 3/4	17 3/4	7 1/8	18 1/2	10 1/4	11 1/2	11 1/2	7 1/8	1 3/4	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	615	10
12	12.090	8 3/4	14 1/2	18 3/4	1 3/4	18 3/4	8 1/4	19 1/2	11 1/4	13 1/2	13 1/2	8 1/4	1 3/4	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	1110	12
14	13.250	9 3/4	15 1/2	20 1/2	1 3/4	20 1/2	9 1/4	21 1/2	12 1/4	15 1/2	15 1/2	9 1/4	1 3/4	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	1105	14

Catalog No. 015DS—600 Lb. A.S.A.—"FLANGNEK" Standard Flange Facing—1440 P.S.I. (Gage) C.W.P.

SIZE	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	Approximate Weight (Pounds)	SIZE
2	2.067	5 1/4	10 3/4	12 7/8	1 1/4	12 3/4	3 3/4	13 1/4	5 7/8	6	4 3/4	3 3/8	1 1/2	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	105	2
3	3.068	5 3/4	10 3/4	13 3/4	1 1/4	13 3/4	4 1/8	14 1/2	6 1/4	7 1/2	5	4	1 1/2	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	160	3
4	4.026	6 1/4	11 1/2	14 1/2	1 1/2	14 1/2	5 1/8	15 1/2	7 1/4	9	7 1/4	5 1/8	1 3/4	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	265	4
6	6.065	6 3/4	12 1/2	15 1/2	1 3/4	15 1/2	6 1/4	16 1/2	8 1/4	11	10 1/4	6 1/4	1 3/4	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	400	6
8	8.071	6 3/4	12 1/2	16 1/2	1 3/4	16 1/2	6 3/4	17 1/2	9 1/4	11	11 1/2	6 3/4	1 3/4	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	595	8
10	10.136	6 3/4	12 1/2	17 3/4	1 3/4	17 3/4	7 1/8	18 1/2	10 1/4	11 1/2	11 1/2	7 1/8	1 3/4	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	745	10
12	12.090	8 3/4	14 1/2	18 3/4	1 3/4	18 3/4	8 1/4	19 1/2	11 1/4	13 1/2	13 1/2	8 1/4	1 3/4	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	1215	12
14	13.250	9 3/4	15 1/2	20 1/2	1 3/4	20 1/2	9 1/4	21 1/2	12 1/4	15 1/2	15 1/2	9 1/4	1 3/4	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	1475	14

Catalog No. 016TS—900 Lb. A.S.A.—"FLANGNEK" Standard Flange Facing—2160 P.S.I. (Gage) C.W.P.

SIZE	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	Approximate Weight (Pounds)	SIZE
2	2.067	5 1/4	10 3/4	12 7/8	1 1/4	12 3/4	3 3/4	13 1/4	5 7/8	6	4 3/4	3 3/8	1 1/2	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	205	2
3	3.068	5 3/4	10 3/4	13 3/4	1 1/4	13 3/4	4 1/8	14 1/2	6 1/4	7 1/2	5	4	1 1/2	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	215	3
4	4.026	6 1/4	11 1/2	14 1/2	1 1/2	14 1/2	5 1/8	15 1/2	7 1/4	9	7 1/4	5 1/8	1 3/4	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	300	4
6	6.065	6 3/4	12 1/2	15 1/2	1 3/4	15 1/2	6 1/4	16 1/2	8 1/4	11	10 1/4	6 1/4	1 3/4	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	490	6
8	8.071	6 3/4	12 1/2	16 1/2	1 3/4	16 1/2	6 3/4	17 1/2	9 1/4	11	11 1/2	6 3/4	1 3/4	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	1095	8
10	10.136	6 3/4	12 1/2	17 3/4	1 3/4	17 3/4	7 1/8	18 1/2	10 1/4	11 1/2	11 1/2	7 1/8	1 3/4	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	1555	10
12	12.090	8 3/4	14 1/2	18 3/4	1 3/4	18 3/4	8 1/4	19 1/2	11 1/4	13 1/2	13 1/2	8 1/4	1 3/4	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	1555	10
14	13.250	9 3/4	15 1/2	20 1/2	1 3/4	20 1/2	9 1/4	21 1/2	12 1/4	15 1/2	15 1/2	9 1/4	1 3/4	3/4	4-5 3/4	3 1/4	3 1/4	1 1/2	1935	12

† To be specified by purchaser.

Corpus Christi

• Houston

• Los Angeles

• Dallas

• New Orleans

• Odessa

• Tulsa



DANIEL SENIOR ORIFICE FITTING—FLANGED

Ring Joint Flange Facing

Cast Carbon and Heat Treated Cast Carbon Moly Alloy Steel
Standard Stainless Steel Trim

"TS"

(All Teflon) Seal

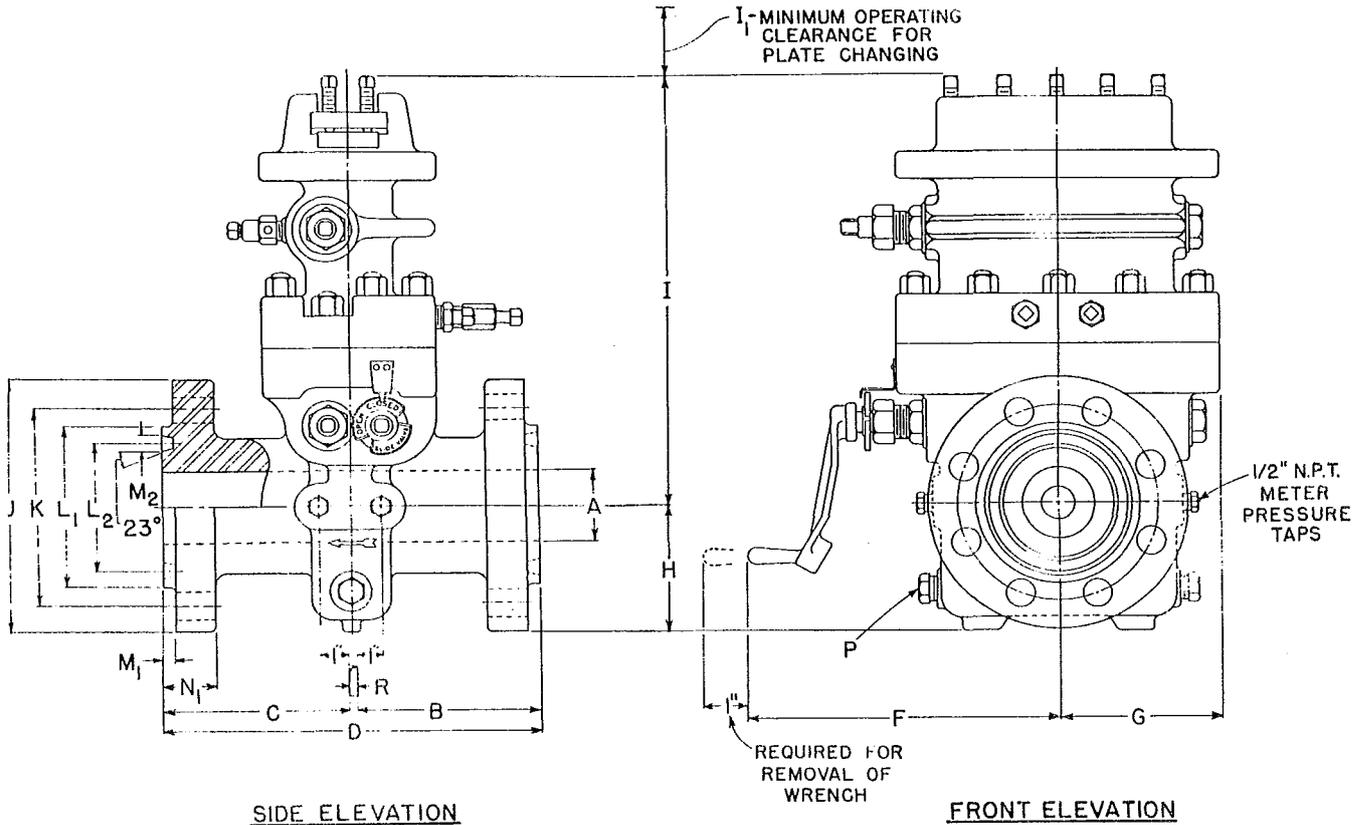
SIZES, DIMENSIONS and WEIGHTS

1500 Lb. A.S.A.

Sizes 2-Inch Thru 12-Inch

2500 Lb. A.S.A.

Sizes 2-Inch Thru 6-Inch



SIDE ELEVATION

FRONT ELEVATION

SIZE	A.P.I. Ring Number	Diam. Internal Line Bore	Upstream Face of Orifice Plate to Face of End	Downstream Face of Orifice Plate to Face of End	Overall Face to Face	Operating Clearance From Center	Body Clearance From Center	Centerline to Bottom	Centerline to Top	Clearance for Plate Changing	Diameter of Flange	Diameter of Bolt Circle	Diameter of Raised Face	Pitch Diameter of Ring and Groove	Height of Raised Face and Depth of Groove	Width of Groove	Flange Thickness	Number and Diameter of Bolt-Studs (Per Flange)	Length of Bolt-Studs with 2 Hex. Nuts	Size of Drain Plugs	Orifice Plate Thickness	Approximate Weight (Pounds)	SIZE
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	I ₁	J	K	L ₁	L ₂	M ₁	M ₂	N ₁	P	Q	R			

Catalog No. 147C-TS—1500 Lb. A.S.A.—Ring-Joint Flange Facing—3600 P.S.I. (Gage) C.W.P.* (Carbon Steel)

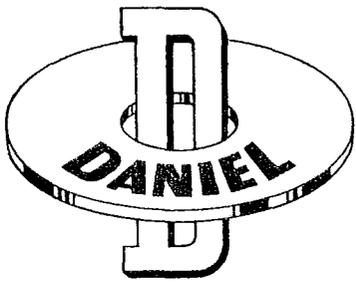
2	R-24	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	230	2
3	R-35	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	325	3
4	R-49	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	520	4
6	R-74	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	875	6
8	R-96	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	1500	8
10	R-131	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	2180	10
12	R-170	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	3470	12

* As shown in Catalog No. 147A-TS—1500 Lb. A.S.A.—3600 P.S.I. (Gage) C.W.P. (Carbon Moly Alloy Steel).

Catalog No. 148A-15—2500 Lb. A.S.A.—Ring-Joint Flange Facing—6000 P.S.I. (Gage) C.W.P. (Carbon Moly Alloy Steel)

2	R-26	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	500	2
3	R-32	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	660	3
4	R-38	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	840	4
6	R-47	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	1520	6

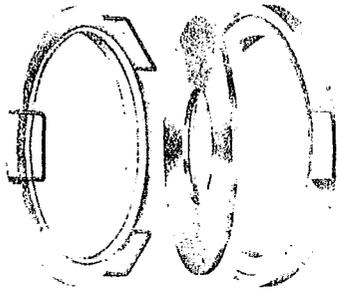
† To be specified by purchaser



ORIFICE PLATE SEALING UNITS

The Daniel Dual Seal is the best known orifice plate sealing device. It is precision molded from 75-80 shore Hycar, which is suitable for non-corrosive services to 275°F. "DS" units are available also with special metallic-oxide lubricant coatings. The Dual Seal fits against each fitting seat and on both orifice plate faces, providing four Hycar-to-metal surfaces to prevent leakage. This patented sealing unit is an exclusive Daniel design.

"TS" TEFLON SEAL

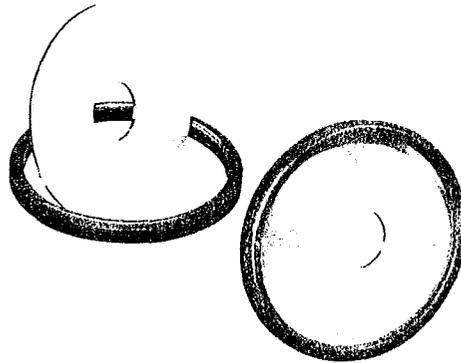


Removable unit
in 2" to 12"
sizes

The Daniel "TS" Teflon Seal is recommended for severely corrosive flows or flows above 1200 psig. It is a two-part clip-ring assembly. The downstream ring is slotted to supply required tension and to assure tight seating against both seats of the fitting. The "TS" unit has proven valuable in such flows as dilute sulphuric acid, fuming nitric acid, hydrazine, liquid oxygen, and other services too corrosive for other sealing materials.

The Daniel "MS" Metal Seal is an all metal clip-ring assembly recommended for use in higher temperatures, to 750 F. It uses a stainless steel leaf spring to provide necessary tension and seals the orifice plate in the line. The "MS" unit is available in sizes from 2 inches to 12 inches.

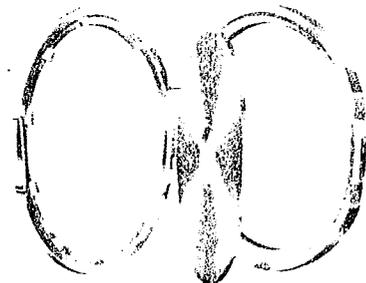
"DS" DUAL SEAL



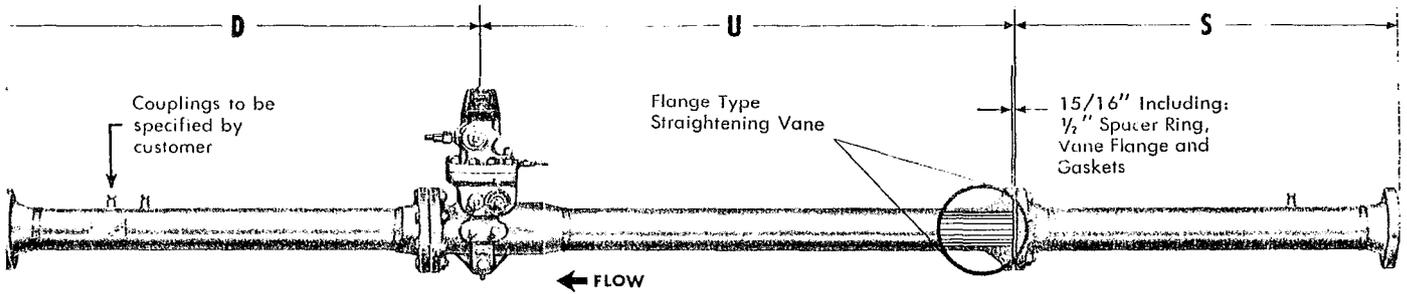
Removable unit in 2" to 10" sizes
Units vulcanized to plate in
12" and larger sizes

**ALL DANIEL ORIFICE PLATE SEALING
UNITS ARE INTERCHANGEABLE
IN 2" TO 10" SIZES**

"MS" METAL SEAL



Removable unit
in 2" to 12"
sizes



**THREE SECTION
 METER TUBES
 (TRANSMISSION TYPE)**

These Meter Tubes, primarily designed for sales or purchase stations on transmission lines, are composed of three sections: (1) a spool piece or inlet tube, (2) upstream tube with a Flangnek Senior Orifice Fitting, and (3) a downstream tube. A flange type straightening vane and spacer ring are installed (as illustrated) at the vane flanges. The spacer ring and vane flange connection facilitate removal of upstream tube and fitting for cleaning and/or inspection.

Both upstream and downstream tube lengths are approximately ten diameters in excess of those required by American Gas Association Report No. 3, Installation V, Figure 6. These longer lengths are recommended to provide ample room to install thermowells and blow-down connections in the downstream tube. In addition, they give the meter station a more balanced appearance and allow installation of larger tubes to accommodate increased volume without disturbing meter station headers and regulator piping. This design is particularly recommended for large volume measurement where the finest degree of accuracy is needed.

DANIEL STANDARD DIMENSIONS

SIZE	PIPE SCHEDULE	S	U	D	VANE LENGTH
2	Sch. 40	3' 6"	3' 6"	4' 6"	6"
3	Sch. 40	3' 6"	3' 6"	4' 0"	9"
4	Sch. 40	4' 6"	4' 6"	5' 1"	10"
6	Sch. 40	6' 4"	6' 4"	7' 7"	12"
8	Sch. 30 Sch. 40	8' 5"	8' 5"	10' 1"	16"
10	Sch. 30 Sch. 40	10' 6"	10' 6"	12' 8"	20"
12	Sch. 30 Sch. 40	12' 6"	12' 6"	15' 1"	24"

Larger sizes available on request.

CATALOG NUMBERS

SENIOR ORIFICE FITTINGS*	PRIMARY ASA PRESSURE RATING	FLANGNEK SENIOR
	150 lb. ASA	3M-011DS
300 lb. ASA	3M-013DS	
600 lb. ASA	3M-015DS	

* Available 2-inch through 30-inch sizes.

JUNIOR ORIFICE FITTINGS*	PRIMARY ASA PRESSURE RATING	FLANGNEK JUNIOR
	150 lb. ASA	3M-021DS
300 lb. ASA	3M-023DS	
600 lb. ASA	3M-025DS	

* Available 8-inch through 24-inch sizes.

ORDERING INFORMATION

1. SIZE
2. CATALOG NUMBER
3. PLATE BORE

SIMPLEX PLATE HOLDERS*	PRIMARY ASA PRESSURE RATING	FLANGNEK SIMPLEX
	150 lb. ASA	3M-071DS
300 lb. ASA	3M-073DS	
600 lb. ASA	3M-075DS	

* Available 1½-inch through 6-inch sizes.

- 300 ANSI, cara realzada (R.F.) conectada a la brida del portaorificios.
Extremo de salida: soldada al cuello de una brida de 51mm. (2") \emptyset nom.-
300 ANSI, cara realzada (R.F.).
- 9.-) 10 Placas de orificio tipo universal de 51mm. (2") \emptyset nom. y 3.18 mm. -
(1/8") de espesor. Daniel Senior catálogo 500 de acero inoxidable 316 -
con los siguientes diámetros de orificio: (dos de cada diámetro) 12.7 -
mm. (1/2"); 15.88 mm. (5/8"); 25.4 mm. (1"); 28.58 mm. (1 1/8"); 31.75-
mm. (1 1/4") y 34.93 (1 3/8") .
- 10-) Es opcional solicitar 2 coples de 1/2" soldados a 6" y 12" de la cara -
de la última brida en el sentido de flujo para tomas de presión y tempe-
ratura.

Selección del Elemento Secundario ó Unidad Medidora.

Antes de seleccionar un registrador adecuado para las tomas de presión dife-
rencial del elemento primario, debemos tomar en cuenta las siguientes genera-
lidades:

- a) La unidad medidora podrá ser de cualquiera de los siguientes tipos.- de -
celda diferencial de presión, de camara de mercurio ó de fuelle
- b) La posición de la unidad medidora dependerá de las características del -
flujo por medir y según se trate de una tubería vertical u horizontal.
- c) Para el caso de gas en una línea horizontal, la unidad medidora se coloca-
rá ligeramente arriba de la tubería.
- d) Para el caso de vapor ó líquido en una línea horizontal, la unidad medido-
ra se colocará ligeramente abajo de la tubería.
- e) Para el caso de líneas verticales con cualquier fluído, la unidad medido-
ra deberá instalarse de tal manera que las tomas de presión diferencial que-
den al mismo nivel
- f) Para todos los casos de instalación, se recomienda que los dos primeros -
niples (tomas de alta y baja presión diferencial) del elemento primario, - -

sean de cédula 160, para evitar cualquier posibilidad de rotura. Las válvulas de toma deberán ser de compuerta y de una aleación adecuada a la naturaleza del flujo (Ver especificaciones de instalaciones para instrumentos anexas).

g) La válvula reguladora de presión podrá ser de aguja ó de globo y de la presión y aleación adecuadas.

Las características y la cédula del material para las conexiones, niples y tubería que forman el múltiple (manifald); estarán de acuerdo con la naturaleza del flujo (Ver especificaciones de instalaciones para instrumentos anexas).

h) El múltiple ó manifald deberá ser lo más corto posible.

i) El suministro de aire que requiere la Unidad Medidora se puede efectuar con el mismo gas mediante una derivación de 6.35 mm. (1/4") que salga de la línea de presión diferencial colocando entre ellas una válvula de compuerta de 6.35 mm. (1/4").

Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto y a semejanza del equipo seleccionado para registrar presión y temperatura, nos auxiliaremos con el catálogo de la Compañía Bristol para definir el registrador necesario para medir la presión diferencial del elemento primario. Del cual seleccionamos la serie 500 que nos identifica una caja rectangular de 12 pulgadas, de aleación de aluminio fundida, con una puerta provista de empaquetadura que la hace a prueba de intemperie, para montar al ras del tablero de instrumentos. Para indicar que necesitamos registrar flujo y presión estática especificamos las letras "ERA" anteponiendo el número 2 para indicar el número de plumas para graficar los valores de las variables quedando en la siguiente forma 2-ERA-500. A continuación especificamos el elemento de flujo, siendo el aconsejable por el fabricante, el tipo sin mercurio (DRY FLO) de acero inoxidable 316 el cual se indica, escribiendo el número 45 después del número 500, a

continuación de esto, se especifica el registro para presión estática manométrica agregando el número 14 y por último indicamos el sistema capilar de entintado denominado Z38B, quedando finalmente un registrador modelo 2-ERA-500-45-14-Z38B.

Una vez seleccionado el modelo es necesario especificar:

- a) El movimiento de la carta.- mecánico de 24 horas, rotación con cuerda para 8 días.
- b) El elemento de flujo.- tipo sin mercurio (DRY-FLO) de acero inoxidable -- 316.
- c) Los interiores.- en acero inoxidable 316.
- d) El rango del elemento de flujo.- siendo el más común de cero a cien pulgadas de agua.
- e) El elemento de presión.- siendo el más apropiado para altas presiones el tipo helicoidal y en acero inoxidable 316 para el fluido que estamos manejando, con rango de 0-600 psig para que trabaje al 50% con la presión estática de 300 psig.
- f) El tipo de carta.- que en nuestro diseño debe ser circular de 12 pulgadas de diámetro con doble graduación de 0 a 10, raíz cuadrada y de 0 a 600 psi para presión estática.
- g) Las conexiones.- generalmente de 6.35 mm. (1/4") N.P.T. (National Pipe Thread) especificación de estándares americanos para dimensionamiento de conexiones roscadas en instrumentos.
- h) Los aditamentos.- Z38B sistema capilar de entintado, con cambiador automático de gráfica, sin dispositivo receptor, los accesorios para cada registrador; un manifold de tres válvulas de 6.35 mm. (1/4") N.P.T., dos frascos de tinta (azul y roja); 500 cartas con graduación doble; dos plumas tipo capilar, aditamentos de montaje e instrucciones.
- i) Las condiciones de operación.- indicando el tipo de fluido (gas natural)

su peso específico (0.6), la presión de operación (300 psig para presión estática) y la temperatura de flujo (20°C normalmente).

VALVULAS DE CONTROL

Una válvula de control es el elemento más importante en el sistema de control de cualquier proceso y se define también como el elemento final del Loop ó circuito de control.

La mayoría de las válvulas tienen características estructurales en común, como són: un cuerpo capaz de soportar la presión, temperatura, corrosión y abrasión y otras propiedades del fluido a controlar; un trim ó interiores con asiento, tapón ó disco y unos bujes, todos los cuales determinan la característica de la válvula; un bonete localizado en el cuerpo de la válvula y sujeto a las mismas condiciones de presión y temperatura de ésta, el cual contiene los empaques que sellan contra el vástago, capacitandolo para abrir y cerrar la válvula sin permitir fugas del fluido de proceso y finalmente, un actuador normalmente de diafragma ó pistón operados por aire (ó por el mismo gas en el caso de control de gas natural) que traducen una señal de un controlador, en movimiento del vástago.

Los tipos de válvulas de control más frecuentemente usadas son los siguientes: Globo, mariposa, bola y una amplia variedad de tipos más especializados. A continuación se presenta una comparación de los tipos citados con el objeto de facilitar al Ingeniero especificador la selección de acuerdo con las válvulas de control comercialmente fabricadas por la Compañía Fisher Governor de México, S.A.

<u>T I P O</u>	<u>G E N E R A L I D A D E S</u>	<u>V E N T A J A S</u>	<u>D E S V E N T A J A S</u>
Globo de un puerto	Amplia disponibilidad en tamaños pequeños hasta 16".	Baja recuperación de presión amplia posibilidad de selección	Puede requerir grandes actuadores pobre funcionamiento con el manejo de lodos.

T I P O G E N E R A L I D A D E S V E N T A J A S D E S V E N T A J A S

		ción en los ma- teriales de los interiores, <u>cie</u> rre hermético,- trim reversible	
Globo - Buena disponibilidad con caja <u>balancea</u> da.		Rápido cambio - de interiores,- sin retirar la- válvula de la - línea. Altas <u>ca</u> pacidades mucho mayor superfi-- cie de guía <u>pro</u> porcionando una mayor suavidad- en el deslice - del tapón <u>dispo</u> nible de trims- para abatir el- nivel de ruido.	Trim no reversible - los trims para abatir el nivel de ruido <u>dis</u> minuyen la capacidad- cierre hermético sólo para temperaturas me- nores a 420° F.
Globo con Buena disponibilidad caja des- balancea- da		Mismas que para balanceadas; - cierre herméti- co e interiores reducidos en - los tipos micro form y <u>microflu</u> te.	Mismas que para balan- ceadas excepto lo del cierre hermético.

<u>T I P O</u>	<u>G E N E R A L I D A D E S</u>	<u>V E N T A J A S</u>	<u>D E S V E N T A J A S</u>
Mariposa- con disco convencio nal.	Amplia disponibilidad en- grandes tamaños, montaje- entre bridas característi ca equivalente a igual - porcentaje, para otras ca racterísticas usar posi-- cionadores caracterizados	Alta capacidad- buen control a- bajas caídas de presión, pocas- partes de mante nimiento, poco- peso.	Control limitado has- ta 60 grados de aper- tura. Alta recupera-- ción de presión, para cierre hermético re-- quiere liners especia les, limitados por la temperatura, altas - caídas de presión.
Mariposa- con disco fishtail	Disco diseñado para reduc ción del torque.	Mismas que para disco standar- mas buen con- - trol hasta 90 - grados de aper- tura, mayor ca- pacidad, menor- tamaño de fle-- chas y operado- res.	Mismas que para disco estandar excepto que- no controlan a 90 gra dos.
Bola	Característica de igual - porcentaje son para mon- taje entre bridas	Manejan lodos y materiales fi-- brosos muy alta capacidad cie-- rre hermético.	Alta recuperación de- presión, límites de - temperatura por los - materiales de sello,- debén moverse de la - línea para manteni- - miento.

Hay entre otros, tres aspectos importantes en las válvulas; la capacidad, la

característica y la rangeabilidad.

La capacidad.- es comunmente indicada como C_v que es definido como el número de galones (U.S.) por minuto de agua a 60°F que fluirá a través de la válvula con una caída de presión de una psi con una presión de entrada y a un porcentaje de carrera establecidos.

La característica.- es la relación de el cambio en la apertura de la válvula al cambio de flujo a través de la válvula, las características más comunmente usadas son: la de igual Porcentaje, la lineal y la de apertura rápida.

Rangeabilidad.- es la relación de los rangos de flujo, de mayor a menor, a través de los cuales la válvula puede tener un control estable.

Los tres medios más comunes para instalar válvulas de control son por medio de conexiones roscadas, bridadas ó soldadas.

Las conexiones roscadas.- pueden ser usadas hasta 1 1/2" de diámetro según se indica en las especificaciones generales para tuberías de proceso y servicios auxiliares anexas, son más económicas que con extremos bridados y las roscas son usualmente especificadas hembra N.P.T. (National Pipe Thread) en el cuerpo de la válvula y macho en la tubería.

Este tipo de conexiones no es recomendable para servicios a temperaturas elevadas y el mantenimiento de las válvulas con este tipo de conexiones es difícil, ya que para retirar la válvula de la tubería, es necesario cortar una parte de esta última y desenroscarla.

Las conexiones bridadas.- las válvulas con extremos bridados pueden ser fácilmente removidas de la línea y son apropiadas para el uso a través del rango de presiones para los cuales la mayoría de las válvulas son fabricadas, para especificar tipo de bridas consultar las especificaciones generales para tuberías de proceso y servicios auxiliares anexas. Las bridas más usuales son las de cara realzada (R.F.) y las de cara para junta de anillo (R.T.J.). Las bridas cara realzada tienen una cara circular realzada con diámetro inte

rrior idéntico al de la válvula y diámetro exterior algo menor al círculo de tornillos, la cara realzada es acabada en estrías circulares concéntricas -- que dan buen sello y evitan que el empaque se estalle.

Las bridas con cara para junta de anillo (Ring Type Joint) son similares a las de cara realzada excepto que una estría es cortada en forma de U en la cara realzada en la cual va un empaque metálico de forma clíptica u octagonal que al apretar los tornillos de la brida sellará a cualquier fuga, pero generalmente no son recomendables para temperaturas elevadas.

Las conexiones soldadas.- Tienen la ventaja de ser herméticas a cualquier presión y temperatura y son económicas en principio.

Las válvulas con este tipo de conexión son más difíciles de retirar de la línea y están limitadas a los materiales soldables. (existen dos tipos: las conexiones socket-weld usadas en 1 1/2"Ø y menores y las conexiones butt-weld que se usan en 2"Ø y mayores).

Bonetes.- el bonete normalmente proporciona un medio de montaje del actuador al cuerpo de la válvula, además de contener los empaques para sello. En una válvula de globo el bonete está hecho del mismo material del cuerpo, ya que estará sujeto a las mismas condiciones de presión, temperatura y corrosión - que el cuerpo.

El tipo de conexión más común entre el cuerpo y el bonete es la brida perna-da; sin embargo, el bonete usado en las válvulas de globo para alta presión va roscado al cuerpo. En las válvulas de control de flecha rotatoria (mariposa y bola) los empaques van contenidos dentro del cuerpo, y por lo mismo, no llevan bonete. En las válvulas de globo con interiores tipo caja el bonete proporciona una fuerza de carga que al apretar los pernos comprime el empaque que sella la unión entre el cuerpo y el bonete, un empaque que va sobre la caja y otro más que va bajo el asiento de la caja, proporcionando un sello completo.

Los bonetes estandar tienen un orificio lateral normalmente taponado, a través del cual en caso de ser necesario se inyecta grasa o bien se usa como conexión de purga o también como venteo que en conjunción con el fuelle de sello en caso de fuga indicará que éste se ha roto.

Los bonetes de extensión se usan para servicios criogénicos o de altas temperaturas para proteger los empaques.

Los sellos de fuelle son usados, cuando ninguna fuga a través del vástago -- puede ser tolerada. Son frecuentemente usados con fluidos tóxicos, volátiles, radiactivos ó altamente caros.

Esta construcción especial protege al vástago y a los empaques del contacto con el fluido, su uso está limitado a 300 psig y 70°F y su selección debe estudiarse detenidamente pues una vez instalado, requiere mantenimiento e inspección continúa.

Los empaques usados dentro del bonete dependen de las condiciones de operación siendo los más comunes:

Teflón.- moldeado en forma de V, no requiere lubricación, se usa entre -40 y 450°F.

Telflón-asbesto.- compuesto de asbestos trenzados recubiertos de telfón se usan entre -100°F y +450°F

Asbesto-grafitado.- se usan para servicio de petróleo destilado, vapor, aceite y aire hasta 450°F se recomienda lubricación.

Grafoil.- apropiado para servicios nucleares con temperaturas desde criogénicas hasta 1200°F, no requieren lubricación.

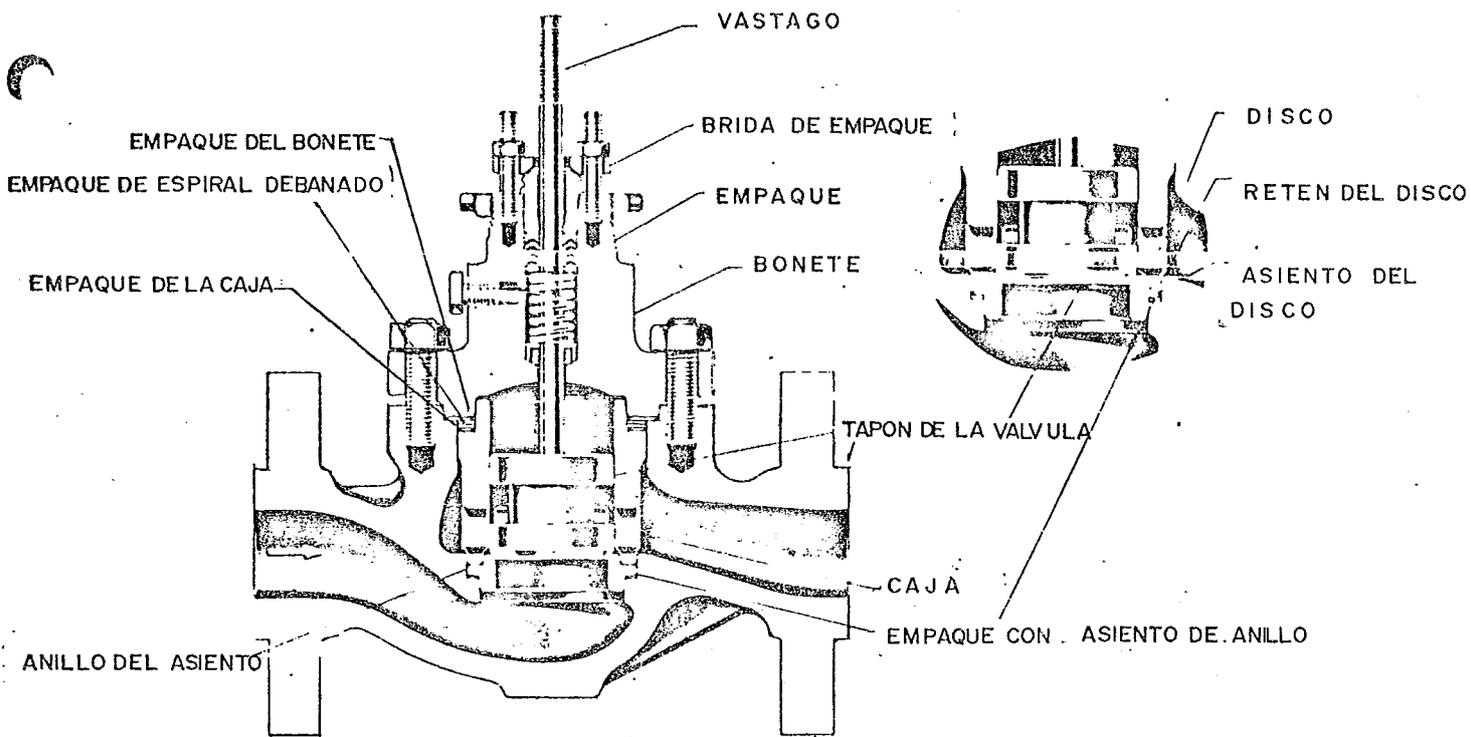
Los tipos mas comunes de guías son los siguientes:

Arriba y Abajo.- El tapón es guiado en el bonete y en la brida del fondo.

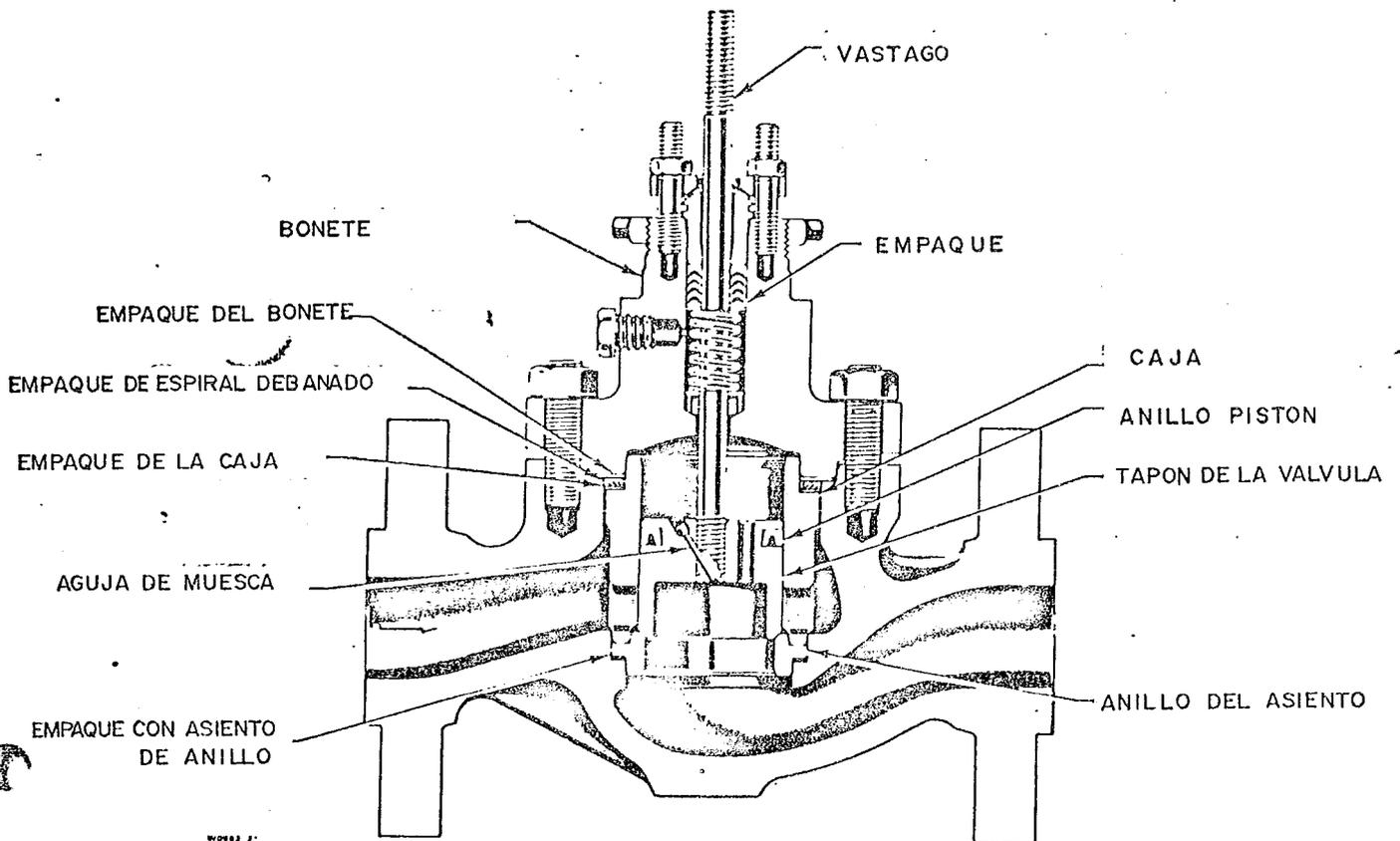
Guias en Caja.- El tapón se desliza dentro de la caja usandola como guía.

Guias Arriba.- El tapón sólo va guiado en el bonete.

Dimensionamiento de las válvulas de control de flujo de líquidos para el tan



VISTA SECCIONAL DEL DISEÑO "ES" CON INTERIORES ESTANDAR



VISTA SECCIONAL DEL DISEÑO "ED" TIPICO PARA DIAMETROS DE 1" A 6"

que de purador de gas (líquidos y polvo).

El dimensionar una válvula requiere del conocimiento de las condiciones de proceso con las cuales la válvula opera.

Bernoulli estableció, usando el principio de conservación de la energía, que para flujos pasando a través de un orificio, la velocidad variará de acuerdo con la siguiente ecuación

$$(1) \quad v^2 = K \frac{AP}{G}$$

donde

V = velocidad

K = constante de proporcionalidad

AP = caída de presión a través de la restricción

G = gravedad específica del fluido

por otro lado sabemos que el flujo (Q) puede ser obtenido, multiplicando la velocidad (V) por el área (A)

$$(2) \quad Q = VA$$

Relacionando las dos ecuaciones anteriores tenemos:

$$(3) \quad Q = CA (AP / G)^{0.5}$$

que nos da la relación de flujo (Q) en GPM con la presión diferencial (AP), la gravedad específica (G) y el área de flujo (A). La constante C involucra las constantes de proporcionalidad y toma en cuenta también el cambio de unidades en la medición de flujo.

Aún cuando la ecuación (3) tiene una sola base teórica, no toma en cuenta las pérdidas de energía causadas por turbulencia y fricción del fluido a través del orificio. Pero para compensar lo anterior se adiciona un coeficiente de descarga (C_D) el cual es diferente para cada tipo de orificio, de modo que ahora tendríamos:

$$(4) \quad Q = C_D CA (AP / G)^{0.5}$$

Dado que el área de flujo es también función única para cada tipo de orificio,

es posible combinar los tres términos (C_D , C y A) en uno solo, que cuando se aplica a válvulas es llamado coeficiente de la válvula C_V

$$(5) \text{ por tanto } Q = C_V (AP / G)^{0.5}$$

Podemos visualizar lo que significa el C_V de la siguiente forma, supongamos que trabajamos con agua a 60°F con $G=1$ y mantenemos una caída de presión de 1 psi a través de la válvula, entonces

$$Q = C_V (1 / 1)^{0.5} \text{ es decir } Q = C_V$$

lo anterior nos indica que el C_V es igual a la cantidad de galones de agua -- fluyendo por la válvula en un minuto, cuando la temperatura es de 60°F y la caída de presión a través de la válvula es una psi. Es decir que el C_V es un índice para comparar las capacidades de flujo de diferentes válvulas bajo un conjunto de condiciones de referencia, y su valor es determinado experimentalmente para cada tipo, tamaño y estilo de válvula, dando como resultado tablas como la que se adjunta para pronta referencia, del tipo de válvula mas apropiado para controlar el nivel de líquidos del tanque depurado de gas el diseño E S (válvula de globo) con tipo de obturador Micro-Form en clases de 125 a 600 ANSI.

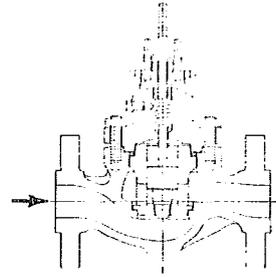
Datos proporcionados por la Gerencia Operativa de Petróleos Mexicanos para -- calcular la cantidad de Condensables en el gas natural:

Peso molecular	=	16.804
Peso específico	=	0.60
Poder calorífico	=	1054 BTU / ft ³
Acido sulfhídrico	=	menos de 1 gr / 100 ft ³
Axufre total	=	menos de 20 gr / 100 ft ³
Condensables	=	0.2 galones / 1000 ft ³
Agua	=	máximo 7 lbs. / 1'000,000 ft ³
Temperatura de flujo	=	20°C
Densidad del agua	=	1.7 gr / cm ³

Flow Up

Design ES
ANSI Classes 125 - 600

Micro-Form™ Valve Plug



For additional information
see Bulletin 51.1:ES

FLOW COEFFICIENTS

Micro-Form														Equal Percentage Characteristic	
Coefficients	Body Size, In.	Port Diameter, In.	Total Travel, In.	Valve Opening—Percent of Total Travel										K _m and C _v	
				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100		
C_v (Liquid)	All Sizes	1/4	3/4	.076	.112	.158	.224	.320	.455	.641	.910	1.22	1.49	.60	
	1/2 - 2	3/8	3/4	.164	.242	.342	.484	.693	.983	1.39	1.97	2.64	3.22	.70	
	1/2	1/2	3/4	.192	.348	.524	.773	1.09	1.53	2.09	2.80	3.52	4.09	.90	
	3/4	1/2	3/4	.197	.343	.531	.779	1.12	1.58	2.18	3.03	4.10	5.06	.93	
	3/4	3/4	3/4	.405	.639	.963	1.40	2.05	2.99	4.32	6.21	8.15	9.00	.81	
1 & 1-1/4	1/2	3/4	.272	.399	.565	.799	1.15	1.62	2.29	3.24	4.36	5.32	.70		
	3/4	3/4	.375	.618	.952	1.43	2.05	2.96	4.14	6.31	8.39	9.86	.86		
	1	3/4	.744	1.22	1.95	2.68	3.66	5.50	7.56	10.2	11.3	12.2	.91		
1-1/2 and 2	1/2	3/4	.272	.399	.565	.799	1.15	1.62	2.29	3.24	4.36	5.32	.80		
	3/4	3/4	.390	.610	.950	1.43	2.05	3.01	4.48	6.80	9.43	11.5	.81		
	1	3/4	.888	1.31	1.85	2.61	3.74	5.30	7.48	10.6	14.3	17.4	.85		
C_g (Gas)	All Sizes	1/4	3/4	1.93	2.95	4.45	6.39	9.20	13.1	18.6	26.6	37.2	48.4	31.8	
	1/2 - 2	3/8	3/4	4.36	6.65	10.0	14.4	20.7	29.4	42.0	60.0	84.0	109	33.8	
	1/2	1/2	3/4	6.71	11.4	16.7	24.3	33.5	46.2	64.1	91.6	122	149	36.4	
	3/4	1/2	3/4	7.10	11.5	17.3	24.2	33.9	47.3	67.3	96.5	137	182	36.0	
	3/4	3/4	3/4	13.6	20.3	29.4	43.0	63.3	93.0	137	203	270	323	35.9	
1 & 1-1/4	1/2	3/4	7.32	11.2	16.8	24.2	34.8	49.4	70.5	101	141	183	34.4		
	3/4	3/4	13.0	19.7	30.3	44.2	63.5	93.8	139	207	285	365	37.0		
	1	3/4	26.1	40.6	63.0	88.7	117	167	266	364	434	467	38.2		
1-1/2 and 2	1/2	3/4	7.32	11.2	16.8	24.2	34.8	49.4	70.5	101	141	183	34.4		
	3/4	3/4	12.8	19.8	30.0	44.8	65.5	96.2	142	210	295	383	33.3		
	1	3/4	24.9	38.0	57.4	82.2	118	168	240	343	480	623	35.8		
C_s (Steam)	All Sizes	1/4	3/4	.097	.148	.223	.320	.460	.655	.930	1.33	1.86	2.42	31.8	
	1/2 - 2	3/8	3/4	.218	.333	.500	.720	1.04	1.47	2.10	3.00	4.20	5.45	33.8	
	1/2	1/2	3/4	.335	.570	.835	1.22	1.68	2.31	3.21	4.58	6.10	7.45	36.4	
	3/4	1/2	3/4	.355	.575	.865	1.21	1.70	2.37	3.37	4.83	6.85	9.10	36.0	
	3/4	3/4	3/4	.681	1.02	1.47	2.15	3.17	4.65	6.86	10.2	13.5	16.2	35.9	
1 & 1-1/4	1/2	3/4	.366	.560	.840	1.21	1.94	2.47	3.53	5.05	7.05	9.15	34.4		
	3/4	3/4	.650	.985	1.52	2.21	3.18	4.69	6.95	10.4	14.3	18.3	37.0		
	1	3/4	1.30	2.03	3.15	4.43	5.85	8.35	13.3	18.2	21.7	23.3	38.2		
1-1/2 and 2	1/2	3/4	.366	.560	.840	1.21	1.94	2.47	3.53	5.05	7.05	9.15	34.4		
	3/4	3/4	.640	.990	1.50	2.24	3.28	4.81	7.10	10.5	14.8	19.2	33.3		
	1	3/4	1.25	1.90	2.87	4.11	5.90	8.40	12.0	17.2	24.0	31.2	35.8		

*This column lists the K_m values for the C_v coefficients and the C_v values for the C_g and C_s coefficients at 100% travel.

$$\text{densidad de condensables} = 0.7 \text{ g / cm}^3$$

Determinación de la cantidad de agua y condensables por cada M.M.P.C.D.S. de gas natural.

$$\text{Agua} = 7 \text{ lbs.} \times \text{ft}^3 / 62.4 \text{ lbs.} = 0.1129 \text{ ft}^3 / \text{M.M.P.C.D.S.}$$

$$\text{Condensables} = 0.2 \text{ Gal} (0.1337 \text{ ft}^3 / \text{Gal}) (1000 \text{ ft}^3 / \text{M.M.P.C.D.S.}) = 26.74 \text{ ft}^3 / \text{M.M.P.C.D.S.}$$

Total de agua y condensables:

$$0.1129 \text{ ft}^3 / \text{M.M.P.C.D.S.} + 26.74 \text{ ft}^3 / \text{M.M.P.C.D.S.} = 26.8529 \text{ ft}^3 /$$

M.M.P.C.D.S. de gas

(26.8529 ft³ / día de agua y condensables por cada millón de piés cúbicos - por día de gas natural a condiciones estandar)

$$\frac{26.8529 \text{ ft}^3/\text{día} \times 2.0688 \text{ MMPCDS de gas}}{\text{MMPCDS de gas}} = 55.55328 \text{ ft}^3/\text{día de agua y con--}$$

densables

$$55.55328 \frac{\text{ft}^3}{\text{día}} \times \frac{\text{día}}{24 \text{ hr}} \times \frac{\text{hr}}{60 \text{ min.}} \times \frac{\text{Galón}}{0.1337 \text{ ft}^3} = 0.288546 \text{ GPM de agua y con--}$$

densables con $G = 0.7$ (para cálculo)

Siendo el flujo máximo de agua y condensables que se puede presentar de 0.28 GPM / MMPCDS de gas natural en condiciones críticas de temperatura (en inviernos con escarcha) es decir 2.0688 MMPCDS x 0.28 GPM / MMPCDS = 0.5792 GPM

Calculo del C_v de la válvula de control de nivel:

Considerando una caída de presión en la válvula de 5 psi (dato de diseño generalmente considerado por el departamento de Instrumentación de Petróleos Mexicanos).

$$C_{V \text{ normal}} = Q (G / AP)^{0.5} = 0.288546 \text{ GPM} (0.7 / 5)^{0.5} = 0.11$$

$$C_{V \text{ máximo}} = 0.5792 \text{ GPM} (0.7 / 5)^{0.5} = 0.217$$

con los valores obtenidos de C_v se procede a seleccionar la válvula; sabiendo que la presión máxima de operación, en el depurador de gas y por tanto -

en la válvula de control de nivel es de 1070 psig y la presión normal es de 590 psig lo cual nos dice que debemos seleccionar una válvula 600 ANSI (para una presión de trabajo máxima de 1440 psig a las condiciones de operación) y con bridas R.T.J. de acuerdo con las especificaciones generales para tuberías de proceso y servicios auxiliares, anexas, con el objeto de poder quitarla fácilmente de la línea, en caso de que así se requiera para mantenimiento.

La manera de seleccionar la válvula al igual que en otros equipos es procurando que los valores de C_v calculados queden entre un 50% y un 80% de la apertura de la válvula y cuando se tiene un sólo valor de C_v requerido, se debe procurar que la válvula seleccionada tenga un C_v al 90% de apertura de aproximadamente un 30% mas grande que el C_v calculado. Esto es considerando que las válvulas de control, realmente controlan entre un 10% y un 90% de apertura.

Así tenemos que para los valores de C_v normal = 0.11 y C_v máximo = 0.217 seleccionamos una válvula de 1" \varnothing Nom. con diseño " E S " Microform con diámetro de puerto ó válvula interior de 1/4" que es el más pequeño, pudiendo observar que los C_v calculados quedan entre un 20% y un 40% de apertura de la válvula lo cual nos indica que la válvula más pequeña resulta grande para la cantidad de condensables que deseamos controlar lo cual se refleja en una menor caída de presión en la válvula es decir que para una caída de presión mínima de 1 psi los valores de C_v calculados serían:

$$C_v \text{ normal} = 0.288546 (0.7 / 1.0)^{0.5} = 0.241 \text{ y}$$

$$C_v \text{ máximo} = 0.5792 (0.7 / 1.0)^{0.5} = 0.485$$

con lo cual va válvula operaría entre un 45% y un 65% de apertura es decir que desalojaría el volumen de condensables en un menor tiempo que el normalmente considerado para diseño con una caída de presión en la válvula de 5 psi.

Cabe hacer notar que el metodo desarrollado es aplicable a fluidos newtonianos, dentro de los cuales caen casi todos los hidrocarburos en general. Especificamos interiores de acero inoxidable 316, también es necesario definir el tipo de actuador que deseamos instalar anteponiendo al diseño " E S " el tipo de actuador con los números 667 para un actuador de acción reversa (para controlar cuando el nivel sube.- cierra a falla de aire y es una válvula normalmente cerrada) ó 657 para un actuador de acción directa (para controlar cuando el nivel baja abre a falla de aire, válvula normalmente abierta) siendo la mas indicada para nuestras necesidades la válvula con actuador de acción directa lo cual se especifica escribiendo el modelo: 657-ES

Para los actuadores también es necesario especificar el tamaño del diafragma de acuerdo con la siguiente tabla para diferentes tamaños de válvula

Tamaño de Válvula	Diafragma Número
1"Ø	30
1 1/2"Ø	34
2", 2 1/2" y 3"Ø	40
4"Ø	45
6"Ø	50

Una vez seleccionada la válvula consultamos con el fabricante el tipo de controlador requerido para operar la válvula, siendo el más comunmente usado para control de nivel de recipientes el modelo: 2500-249 B-F-3 con longitud de desplazador de 356 mm(14 pulgadas) de acero inoxidable 304 con tipo de conexiones bridadas de 2"Ø pero como en nuestro proyecto el volumen de gas y de líquidos es muy pequeño podemos especificarlas de 1"Ø 600 ANSI R.T.J. laterales (side and side) de acción directa; con señal enviada de 3-15 psi y gas de alimentación de 20 psi. (5-35 psi) y conexiones neumáticas de 1/4"Ø con los siguientes accesorios:

-Un regulador piloto Fisher modelo 1301 F para abatir la presión de 590 psig

a 250 psig con interiores de acero inoxidable y un regulador auxiliar Fisher modelo 67 FR con filtro y manómetro de 0-2 kg/cm² (0-30 psi) acoplado, para abatir la presión de 250 psig a 5-35 psig (20 psig) para alimentación neumática al controlador de nivel con el mismo gas.

También es necesario especificar las condiciones de operación indicando:

Fluido: Condensados (agua e hidrocarburos) con gravedad específica de 0.7

Presión normal = 590 psig

Presión máxima = 1070 psig

Temperatura = 20°C (68°F)

Servicio: controlar nivel de condensables en tanque depurador de gas y

Localización: en el propio tanque

Válvulas de Control de Presión.- para ser instaladas en cada uno de los cabezales de regulación y medición de gas natural como ya definimos al principio de este capítulo lo mas conveniente para regular la presión es en dos pasos el primero a 300 psig, presión a la que se efectuará la medición del gas y la segunda a 60 psig que será la presión máxima de inyección a la Red de Distribución para Uso Doméstico, de tal manera que tendremos que seleccionar -- dos válvulas de control de presión para cada cabezal de regulación y medición de gas natural.

En virtud del éxito que alcanzó la formula $Q_{GPM} = C_V (AP / G)^{0.5}$ para dimensionar válvulas manejando líquidos, se intentó modificarla para el flujo de gases. Para ello se requirió hacer dos modificaciones, primero, introducir un factor de conversión para cambiar GPM a PCHS y segundo; interpretar en términos de presión la gravedad específica del líquido, lo anterior dió como resultado la siguiente ecuación:

(1) $Q_{PCHS} = 59.64 C_V P_1 (AP/P_1)^{0.5}$ para aire a 60°F que es la ecuación de C_V revisada para flujo de aire a 60°F

Generalizando ésta ecuación para manejar cualquier gas a cualquier temperatu

ra introduciendo una modificación basada en la ley de los gases de Charles - nos queda

(2) $Q_{PCHS} = 59.64 C_V P_1 (AP/P_1)^{0.5} (520/GT)^{0.5}$ donde el término 520 representa el producto de la gravedad específica y la temperatura absoluta del aire a las condiciones estandar (Gravedad específica del aire = 1.0, temperatura estandar = 520 grados rankine que corresponde a 60°F) y los términos G y T son la gravedad específica y la temperatura absoluta (en °R) del gas en cuestión.

La ecuación puede graficarse como una línea recta, sin embargo, ocurren serias desviaciones cuando la relación AP/P_1 es mayor de 0.02, debido a que la ecuación considera el gas como un fluido incompresible y cuando la relación AP/P_1 excede 0.02 el gas no puede seguir considerandose como un fluido incompresible.

sin embargo la limitación más seria es la aparición de flujo crítico en la vena contracta. Este aparece cuando la velocidad en la vena contracta alcanza la velocidad del sonido y el gas ya no puede viajar más rápido que a esta velocidad crítica en tal situación no será posible obtener mayor flujo aún - cuando se incremente la caída de presión.

Si la relación AP/P_1 es mayor que el valor crítico, la ecuación del C_V resulta inadecuada para calcular el valor del gasto (Q). El flujo crítico se alcanza para valvulas de baja recuperación (globo) cuando la relación AP/P_1 es igual a 0.5

Considerando la relación $AP/P_1 = 0.5$ como el punto en que se llega al flujo crítico, se desarrollaron las siguientes ecuaciones:

$$Q = 1360 C_V ((P_1 - P_2) P_2 / GT)^{0.5}$$

$$Q = 1364 C_V ((P_1 - P_2) P_1 / GT)^{0.5}$$

$$Q = 1360 C_V (AP / GT)^{0.5} (P_1 + P_2 / 2)^{0.5}$$

Las ecuaciones anteriores pueden darnos un flujo que se aproxima bastante al

flujo crítico. Para relaciones AP/P_1 mayores de 0.5 las ecuaciones pueden reducirse a la forma:

$Q_{\text{crítico}} = K C_V P_1$ si AP/P_1 es mayor que 0.5 donde K es un valor específico de la válvula determinado para el flujo crítico. La ecuación nos indica que el valor del flujo crítico depende de P_1 y no de la caída de presión.

Sin embargo al aparecer las válvulas de alta recuperación (bola y mariposa) se encontró que el flujo crítico se alcanza con relaciones $AP/P_1 = 0.5$ con lo que aplicando las ecuaciones anteriores se sobre-estima el flujo hasta en un 300% la (AP/P_1) alta recuperación es menor que (AP/P_1) baja recuperación.

Lo anterior nos dice que una válvula de alta recuperación (bola y mariposa) con el mismo C_V y probada bajo condiciones críticas de flujo tendrá mucho menos capacidad de flujo que una de baja recuperación (globo) Entonces si usamos la ecuación de C_V modificado, la cual se desarrolló para válvulas de alta recuperación, para dimensionar una válvula de alta recuperación, podemos sobre-estimar la capacidad de flujo crítico hasta en un 300%.

En virtud del problema al usar C_V para calcular el flujo bajo condiciones críticas en válvulas de alta y baja recuperación de presión, se tuvo necesidad de desarrollar una nueva ecuación que relacionara el flujo crítico con la presión de entrada y nos diere un coeficiente de dimensionamiento gaseoso útil para los dos tipos de válvulas

$$(3) Q_{\text{crítico}} = C_g P_1$$

$$(4) Q_{\text{crítico}} = C_g P_1 (520/ GT)^{0.5}$$

dicho coeficiente, fué determinado experimentalmente con pruebas usando aire a 60°F bajo condiciones de flujo crítico, para aplicar la ecuación a cualquier temperatura se hicieron las modificaciones usadas previamente para modificar el C_V , con lo cual tenemos ahora dos ecuaciones de dimensionamiento: una para relaciones AP/P_1 bajas y otra para predecir flujo crítico, es de -

cir $Q = 59.64 C_V P_1 (AP / P_1)^{0.5} (520 / GT)^{0.5}$ para AP / P_1 menor que 0.02 y $Q_{crítico} = C_g P_1 (520 / GT)^{0.5}$ pero nos faltaba la zona de transición.

Después de miles de pruebas en válvulas (alta y baja recuperación), se encontró que una vez normalizadas con respecto al flujo crítico y graficadas, todos los puntos de prueba en la región pendientes de la curva se ubicaban aproximadamente en el primer cuarto de una curva sinusoidal.

Como resultado del programa de pruebas se desarrolló la siguiente ecuación universal para dimensionamiento gaseoso (5), la cual sería adecuada para válvulas de alta o de baja recuperación de presión, con gas bajo cualquier condición y que incorporaba las dos ecuaciones básicas. Apareciendo un nuevo factor C_1 (6) que se puede definir como un valor numérico que nos dice si la válvula es de alta ó baja recuperación.

$$(5) Q_{PCHS} = (520/GT)^{0.5} C_g P_1 \text{ sen}(59.64/C_1 (AP/P_1)^{0.5}) \text{ RADIANTES}$$

$$(6) C_1 = C_g / C_V$$

Aclaremos un poco la relación entre C_1 y la característica de recuperación mediante el siguiente ejemplo.

Tenemos: Una válvula de bola de alta recuperación con un $C_g = 4680$ y un $C_V = 254$ y una válvula de globo de baja recuperación con un $C_g = 4680$ y un $C_V = 135$. Supongamos las dos válvulas con idénticas áreas de flujo. Dado que el C_g es determinado bajo consideraciones de flujo crítico, resulta relativamente independiente de la característica de recuperación, puesto que el flujo crítico es primordialmente función del área, entonces las dos válvulas tienen el mismo C_g . Sin embargo la geometría del flujo tiene una influencia determinante sobre el coeficiente C_V . La mayor eficiencia y el flujo aerodinámico de la válvula de alta recuperación permitirán el paso de aproximadamente el doble de líquido en la misma área de flujo y consecuentemente el C_V será casi del doble.

Si deseamos dimensionar correctamente nuestra válvula para manejar gas deberemos considerar los dos coeficientes: el C_g que nos ayuda a calcular el flujo basado en el tamaño físico del área de flujo y el C_1 que tomará en cuenta si la válvula es de alta o baja recuperación.

Observemos los dos extremos de la ecuación, primero cuando la relación AP/P_1 es menor a 0.02, ello significa que el ángulo será también muy pequeño en radianes y para ángulos pequeños sabemos que el seno puede considerarse igual al mismo ángulo en radianes es decir: Si AP/P_1 es menor a 0.02 entonces el $\text{sen}(59.64/C_1 (AP/P_1)^{0.5})$ radianes es prácticamente igual a $(59.64 / C_1 (AP/P_1)^{0.5})$ con lo que la ecuación universal nos quedaría:

$$Q = (520 / GT)^{0.5} C_g P_1 (59.64 / C_1 (AP / P_1)^{0.5})$$

que podemos reducirla a la ecuación original para C_v en la región de líquidos incompresibles.

$$Q = 59.64 C_v P_1 (AP / P_1)^{0.5} (520 / GT)^{0.5}$$

El extremo opuesto será en la región de flujo crítico que se establece en una curva sinoidal donde la función seno alcanza su máximo, al fin del primer cuarto de la curva. En este punto la función seno es uno y el ángulo es igual a $\pi/2$ radianes y la relación AP/P_1 en este punto es conocida como "relación crítica"

$$Q = (520 / GT)^{0.5} C_g P_1 \text{sen} (59.64 / C_1 (AP / P_1)^{0.5}) \text{ radianes}$$

Seno de 90 grados = 1.0 por lo tanto

$$Q_{\text{crítico}} = C_g P_1 (520 / GT)^{0.5}$$

que es la ecuación desarrollada para calcular el flujo crítico para cualquier válvula basado en el coeficiente experimental C_g .

Para trabajar con grados en lugar de radianes en la fórmula de flujo crítico modificamos la ecuación como sigue:

$$(3417 / C_1 (AP / P_1)^{0.5}) \text{ grados} = 90$$

es decir el ángulo a flujo crítico será 90 en lugar de $\pi/2$ y según la caída

de presión a través de la válvula se incremente, el valor del ángulo variará de 0° a 90°, si el ángulo resulta mayor de 90° la ecuación indicará una reducción de flujo lo cual no es cierto, luego entonces el ángulo tiene un valor límite de noventa grados.

En suma, la ecuación puede usarse para determinar un flujo en cualquier estilo de válvula, para lo cual deberán usarse unidades absolutas de presión (psia) y temperatura (grados rankine) y cuando se alcance el valor de noventa grados para el ángulo, la ecuación nos dará el flujo crítico.

Pero el uso más común es, para determinar el tamaño adecuado de una válvula para unas condiciones dadas, es decir aplicando la ecuación en la siguiente forma:

$$C_g = QPCHS / (520 / GT)^{0.5} P_1 \text{ sen}(3417 / C_1 (AP/P_1)^{0.5}) \text{ grados}$$

El primer paso será calcular el C_g requerido y seleccionar del catálogo (en este caso el de Fisher Governor) una válvula procurando nuevamente que el C_g calculado, este dentro de un rango de C_g entre el 60% y el 70% de apertura de la válvula seleccionada, comparando el valor C_1 de la válvula seleccionada con el valor de C_1 usado en el C_g calculado inicialmente, el cual se puede considerar como $C_1 = 35$ para válvulas de baja recuperación de presión (globo) y $C_1 = 18$ para válvulas de alta recuperación (bola y mariposa) en el cálculo preliminar del C_g para seleccionar el tamaño de la válvula y una vez definido, corregir el C_g calculado con el valor C_1 de la válvula seleccionada.

La selección de una válvula de control para una aplicación dada requiere de particulares consideraciones que nos den como resultado la mejor combinación de el tipo de válvula, el material del cuerpo, el diseño de los interiores, etc.

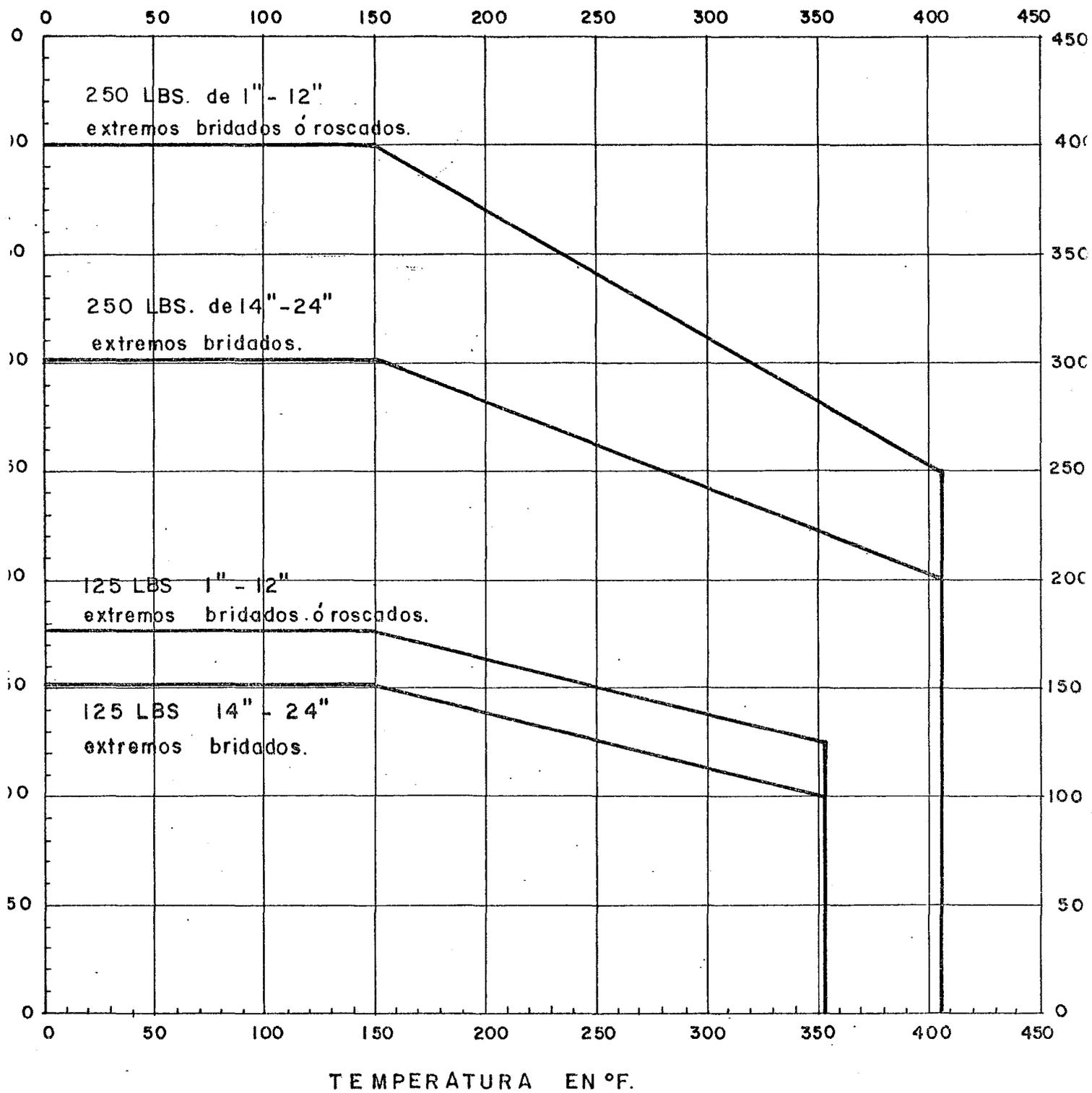
Con el fin de hacer la mejor selección posible de una válvula será necesario conocer los siguientes datos;

- 1) Tipo de fluido a ser controlado: gas natural
- 2) Temperatura del fluido: 20°C (68°F)
- 3) Viscosidad del fluido: 0.0000078 lb/ft-seg.
- 4) Gravedad específica del fluido: 0.6
- 5) Capacidad requerida de flujo:
 - normal : 61,569 P.C.H.S.
 - máximo : 86,200 P.C.H.S.
- 6) Presión de entrada a la válvula:
 - Para el primer paso de regulación
 - máxima : 1070 psig
 - normal : 590 psig
 - mínima : 350 psig
 - Para el segundo paso de regulación la presión de entrada es (máxima, mínima y normal) 300 psig.
- 7) Presión de salida de la válvula:
 - Para el primer paso de regulación: 300 psig.
 - Para el segundo paso de regulación : 60 psig.
- 8) Caída de presión durante las condiciones normales de operación:
 - para el primer paso de regulación : 290 psi
 - para el segundo paso de regulación : 240 psi
- 9) Caída de presión de cierre.
 - para el primer paso de regulación : 770 psi
 - para el segundo paso de regulación : 240 psi
- 10) Caída de presión mínima a condiciones críticas de operación:
 - para el primer paso de regulación : 50 psi
 - para el segundo paso de regulación : 240 psi
- 11) Diámetro y cédula de la tubería en la que se va a instalar la válvula de control: los tramos de tubería serán de 2"Ø Nom. cédula 80 en ambos pa--

sos de regulación con el objeto de uniformar espesores y facilitar la construcción de los cabezales, siendo la cédula indicada en las especificaciones generales para tuberías de proceso y servicios auxiliares (anexas) para las condiciones máximas de operación, especificación T2D, 600 ANSI.

Consideraciones de Presión

El rango de presión que la válvula debe soportar es ciertamente la más importante consideración en la configuración de la válvula. La American National Standard Institute (ANSI) ha establecido los rangos de presión y temperatura (que se adjuntan para pronta referencia) de las tuberías con uniones bridadas, los cuales revelan que la presión y temperatura del proceso dictan el tipo de bridas a usar. Sin embargo, algunos tipos de válvulas no son ordinariamente encontradas en los más altos rangos de presión ANSI, tales como los superiores a 600 clase ANSI y otras no son encontradas en relativamente bajos rangos de presión, tales como la clase 125 libras para hierro fundido. Además, ciertos materiales retienen fuerza a elevadas temperaturas más que otros. En base a esto los fabricantes de válvulas han limitado la selección a tipos de válvulas con los materiales de las tablas que se adjuntan, de las cuales, para nuestras necesidades de diseño : 1070 psig y 20°C (68°F) en la válvula del primer paso de regulación seleccionamos un cuerpo en acero al carbón WCB para 600 libras que soporta una presión máxima de operación de 1440 psig en el rango de 20 a 100°F con bridas 600 ANSI RTJ (de acuerdo con las especificaciones generales para tuberías de proceso y servicios auxiliares anexas) que soportan la misma presión de trabajo hasta 100°F de temperatura y para la válvula del segundo paso de regulación requerimos un cuerpo y bridas que soporten hasta 300 psig de presión y 20°C (68°F) de temperatura, para lo cual seleccionamos un cuerpo de acero al carbón WCB para 300 libras con bridas 300 ANSI R.F. (de acuerdo con las especificaciones generales para tuberías de proceso y servicios auxiliares



TEMPERATURA EN °F.

ANGOS DE PRESION Y TEMPERATURA PARA CUERPOS DE VALVULAS DE
HIERRO FUNDIDO

DATOS EXTRAIDOS DEL USAS B-16.1 Y B-16.4

DE 1" - 12" ASTM-A-126 CLASE "A" Y DE 14" - 24" ASTM-A-126 CLASE "B"

PRESSURE - TEMPERATURE RATINGS*

The pressure and temperature ratings given below apply to all flange facings used on Fisher steel valve bodies. Screwed steel fittings have the same rating as shown under 600 pound.

All pressures are in pounds per square inch gauge (psig)

Service Temp. Deg. F.	150 POUND									300 POUND								
	WCB	WC1	WC6	WC9	C5	C12	304	347	316	WCB	WC1	WC6	WC9	C5	C12	304	347	316
20-100	275									720						615	720	
150	255									710						585	710	
200	240									700						550	700	
250	225									690						520	690	
300	210									680						495	680	
350	195									675						470	675	
400	180									665						450	665	
450	165									650						430	650	
500	150									625						410	625	
550	140									590						395	590	
600	130									555						380	555	
650	120									515						370	515	
700	110									470	480	485				355	495	
750	100									425	445	450				340	470	
800	92									365	410	415				330	450	
850	82	82								300	370	385				320	425	
875	75	75								260	355	365				315	415	
900	70	70								225	335	350				310	400	
925	60	60								190	320	335				305	390	
950	55	55								155	300	315				305	380	
975	50	50								120	280	300				300	370	
1000	40	40								85	215	265	265	250	290	300	355	
1025	-	-								-	-	230	235	215	240	295	345	
1050	-	-								-	-	190	200	180	190	290	335	
1075	-	-								-	-	165	170	145	150	275	325	
1100	-	-								-	-	135	145	115	115	255	310	
1125	-	-								-	-	110	125	95	95	225	300	
1150	-	-								-	-	85	105	75	75	195	260	290
1175	-	-								-	-	65	85	65	65	175	215	260
1200	-	-								-	-	40	70	50	50	155	170	235
1225	-	-								-	-	-	-	-	-	135	140	205
1250	-	-								-	-	-	-	-	-	110	115	180
1275	-	-								-	-	-	-	-	-	100	95	160
1300	-	-								-	-	-	-	-	-	85	75	135
1325	-	-								-	-	-	-	-	-	75	65	115
1350	-	-								-	-	-	-	-	-	60	50	95
1375	-	-								-	-	-	-	-	-	55	45	80
1400	-	-								-	-	-	-	-	-	50	40	70
1425	-	-								-	-	-	-	-	-	40	35	60
1450	-	-								-	-	-	-	-	-	35	30	50
1475	-	-								-	-	-	-	-	-	30	30	45
1500	-	-								-	-	-	-	-	-	25	25	35



PRESSURE - TEMPERATURE RATINGS FOR STEEL VALVE BODIES

BULLETIN R-47
SEPTEMBER, 1970

* Extracted from ANSI Standard Steel Pipe Flanges and Flanged Fittings (ANSI B16.5 - 1968) with the permission of the publisher, the American Society of Mechanical Engineers, United Engineering Center, 345 East 47th Street, New York, New York, 10017.

Note: Blocked shading indicates areas with identical pressure-temperature ratings. Figures set in brackets must be used in accordance with the Introductory Notes, Paragraph 2.3, of ANSI B16.5 - 1968, which states that "A product used under the jurisdiction of the ASME Boiler and Vessel Code or of the ANSI Code for Pressure Piping, is subject to any limitation of the code. This includes any maximum temperature limitation for a material, or a code rule governing the use of a material at a low temperature."

FISHER CONTROLS COMPANY

Marshalltown, Iowa
Woodstock, Ont., Can.
Corrospolis, Pa.
Toluca, Mexico

PRINTED IN U.S.A.

The pressure and temperature ratings given below apply to all flange facings used on Fisher steel valve bodies. Screwed steel fittings have the same rating as shown under 600 pound.

All pressures are in pounds per square inch gauge (psig)

Service Temp. Deg. F.	600 POUND									900 POUND								
	WCB	WCI	WC6	WC9	C5	C12	304	347	316	WCB	WCI	WC6	WC9	C5	C12	304	347	316
20-100	1440						1235	1440		2160						1850	2160	
150	1420						1165	1420		2130						1750	2130	
200	1400						1095	1400		2100						1645	2100	
250	1380						1040	1380		2070						1565	2070	
300	1365						985	1365		2050						1480	2050	
350	1350						945	1350		2025						1415	2025	
400	1330						900	1330		2000						1350	2000	
450	1305						860	1305		1955						1290	1955	
500	1250						825	1250		1875						1235	1875	
550	1180						795	1180		1775						1190	1775	
600	1110						765	1110		1660						1145	1660	
650	1030						735	1030		1550						1105	1550	
700	940	960	965				710	985		1410	1440	1450				1065	1480	
750	850	890	900				685	940		1275	1330	1350				1025	1410	
800	730	815	835				660	895		1100	1225	1250				985	1345	
850	600	745	765				640	850		900	1115	1150				960	1275	
875	525	710	735				630	825		785	1060	1100				945	1240	
900	445	670	700				620	805		670	1010	1050				930	1205	
925	375	635	665				615	780		565	955	1000				920	1175	
950	310	600	635				610	760		465	900	950				915	1140	
975	240	555	600				605	735		360	835	900				905	1105	
1000	170	430	535	535	500	585	600	715		255	645	800	800	750	875	900	1070	
1025	-	-	455	465	430	480	595	690		-	-	685	700	645	720	890	1035	
1050	-	-	375	400	355	375	585	670		-	-	565	595	535	565	875	1000	
1075	-	-	325	345	290	300	550	645		-	-	490	515	435	455	825	970	
1100	-	-	275	290	225	225	515	625		-	-	410	430	340	340	770	935	
1125	-	-	225	245	190	190	455	600		-	-	335	370	285	285	680	900	
1150	-	-	170	205	150	150	395	520	585	-	-	255	310	225	225	590	780	875
1175	-	-	125	170	125	125	350	430	525	-	-	190	255	190	190	525	650	785
1200	-	-	80	135	105	105	310	345	465	-	-	125	205	155	155	465	515	700
1225	-	-	-	-	-	-	265	285	415	-	-	-	-	-	-	400	425	620
1250	-	-	-	-	-	-	225	225	365	-	-	-	-	-	-	335	340	545
1275	-	-	-	-	-	-	195	190	320	-	-	-	-	-	-	295	285	480
1300	-	-	-	-	-	-	170	150	275	-	-	-	-	-	-	250	225	410
1325	-	-	-	-	-	-	145	125	230	-	-	-	-	-	-	220	190	345
1350	-	-	-	-	-	-	125	105	185	-	-	-	-	-	-	185	155	280
1375	-	-	-	-	-	-	110	95	160	-	-	-	-	-	-	165	140	240
1400	-	-	-	-	-	-	95	80	135	-	-	-	-	-	-	145	125	205
1425	-	-	-	-	-	-	80	70	120	-	-	-	-	-	-	125	110	180
1450	-	-	-	-	-	-	70	60	105	-	-	-	-	-	-	105	95	155
1475	-	-	-	-	-	-	60	55	85	-	-	-	-	-	-	90	85	130
1500	-	-	-	-	-	-	50	50	70	-	-	-	-	-	-	75	75	105

* Extracted from ANSI Standard Steel Pipe Flanges and Flanged Fittings (ANSI B16.5 - 1968) with the permission of the publisher, the American Society of Mechanical Engineers, United Engineering Center, 345 East 47th Street, New York, New York, 10017.

Note: Blocked shading indicates areas with identical pressure-temperature ratings. Figures set in brackets must be used in accordance with the Introductory Notes, Paragraph 2.3, of ANSI B16.5 - 1968, which states that "A product used under the jurisdiction of the ASME Boiler and Vessel Code or of the ANSI Code for Pressure Piping, is subject to any limitation of the code. This includes any maximum temperature limitation for a material, or a code rule governing the use of a material at a low temperature."

PRESSURE-TEMPERATURE RATINGS FOR STEEL VALVE BODIES

PRESSURE - TEMPERATURE RATINGS*

The pressure and temperature ratings given below apply to all flange facings used on Fisher steel valve bodies. Screwed steel fittings have the same rating as shown under 600 pound.

All pressures are in pounds per square inch gauge (psig)

Service Temp. Deg. F.	1500 POUND									2500 POUND								
	WCB	WCI	WC6	WC9	C5	C12	304	347	316	WCB	WCI	WC6	WC9	C5	C12	304	347	316
20-100	3600						3085	3600		6000						5145	6000	
150	3550						2915	3550		5915						4855	5915	
200	3500						2740	3500		5830						4565	5830	
250	3450						2605	3450		5750						4340	5750	
300	3415						2470	3415		5690						4115	5690	
350	3375						2360	3375		5625						3930	5625	
400	3330						2245	3330		5550						3745	5550	
450	3255						2150	3255		5430						3585	5430	
500	3125						2055	3125		5210						3430	5210	
550	2955						1985	2955		4925						3305	4925	
600	2770						1910	2770		4620						3180	4620	
650	2530						1845	2530		4300						3070	4300	
700	2350	2400	2415				1775	2465		3920	4000	4025				2960	4110	
750	2125	2220	2250				1710	2355		3550	3700	3745				2850	3920	
800	1830	2040	2080				1645	2240		3050	3400	3470				2745	3730	
850	1500	1860	1915				1595	2125		2500	3100	3190				2660	3540	
875	1305	1770	1830				1570	2070		2180	2950	3055				2620	3445	
900	1115	1680	1750				1545	2010		1855	2800	2915				2580	3350	
925	945	1590	1665				1535	1955		1570	2650	2775				2560	3260	
950	770	1500	1585				1525	1900		1285	2500	2640				2540	3165	
975	600	1395	1500				1510	1840		1000	2320	2500				2520	3070	
1000	430	1070	1335	1335	1250	1455	1500	1785		715	1785	2230	2230	2085	2430	2500	2975	
1025	-	-	1140	1165	1070	1200	1485	1725		-	-	1900	1945	1785	2000	2470	2880	
1050	-	-	945	995	890	945	1455	1670		-	-	1570	1655	1485	1570	2430	2785	
1075	-	-	815	855	730	755	1370	1615		-	-	1355	1430	1215	1255	2285	2690	
1100	-	-	685	720	565	565	1285	1555		-	-	1145	1200	945	945	2145	2595	
1125	-	-	555	615	470	470	1135	1500		-	-	930	1030	785	785	1895	2500	
1150	-	-	430	515	375	375	985	1305	1455	-	-	715	855	630	630	1645	2170	2430
1175	-	-	315	430	315	315	880	1080	1310	-	-	530	715	530	530	1465	1800	2185
1200	-	-	205	345	255	255	770	855	1165	-	-	345	570	430	430	1285	1430	1945
1225	-	-	-	-	-	-	665	710	1035	-	-	-	-	-	-	1105	1185	1730
1250	-	-	-	-	-	-	555	565	910	-	-	-	-	-	-	930	945	1515
1275	-	-	-	-	-	-	490	470	795	-	-	-	-	-	-	815	785	1330
1300	-	-	-	-	-	-	420	375	685	-	-	-	-	-	-	700	630	1145
1325	-	-	-	-	-	-	365	315	575	-	-	-	-	-	-	605	530	955
1350	-	-	-	-	-	-	310	255	465	-	-	-	-	-	-	515	430	770
1375	-	-	-	-	-	-	275	230	405	-	-	-	-	-	-	455	385	670
1400	-	-	-	-	-	-	240	205	345	-	-	-	-	-	-	400	345	570
1425	-	-	-	-	-	-	205	180	300	-	-	-	-	-	-	345	300	500
1450	-	-	-	-	-	-	170	155	255	-	-	-	-	-	-	285	255	430
1475	-	-	-	-	-	-	150	140	215	-	-	-	-	-	-	250	235	355
1500	-	-	-	-	-	-	130	130	170	-	-	-	-	-	-	215	215	285

* Extracted from ANSI Standard Steel Pipe Flanges and Flanged Fittings (ANSI B16.5 - 1968) with the permission of the publisher, the American Society of Mechanical Engineers, United Engineering Center, 345 East 47th Street, New York, New York, 10017.

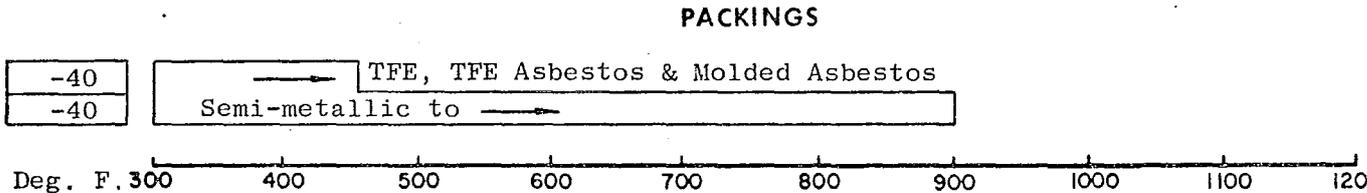
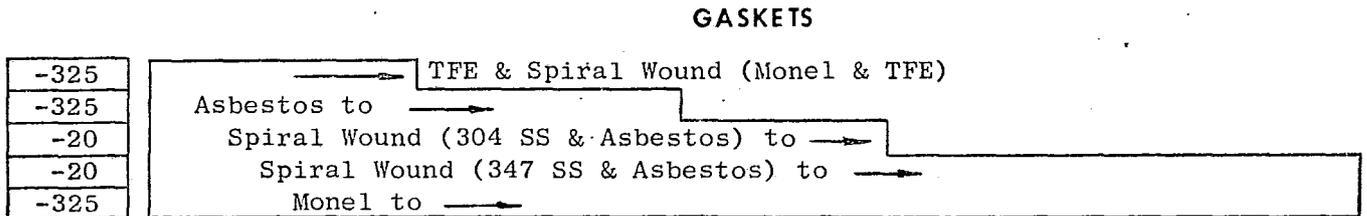
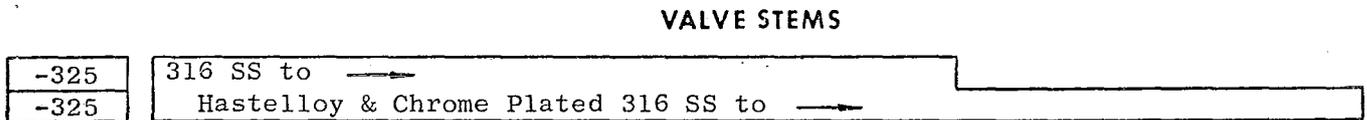
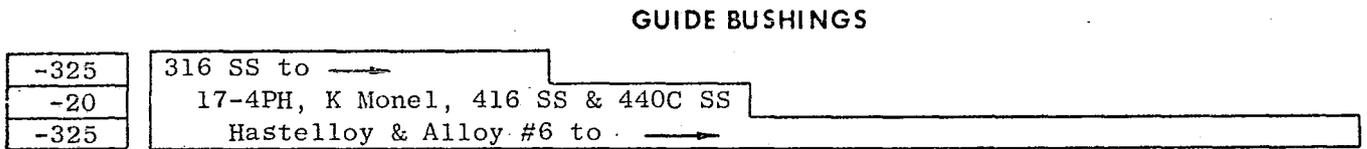
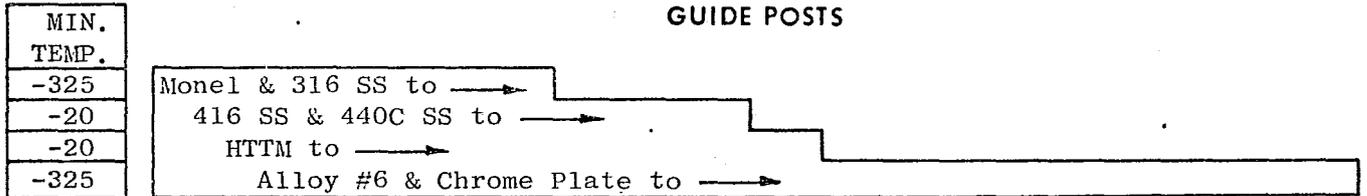
Note: Blocked shading indicates areas with identical pressure-temperature ratings. Figures set in brackets must be used in accordance with the Introductory Notes, Paragraph 2.3, of ANSI B16.5 - 1968, which states that "A product used under the jurisdiction of the ASME Boiler and Vessel Code or of the ANSI Code for Pressure Piping, is subject to any limitation of the code. This includes any maximum temperature limitation for a material, or a code rule governing the use of a material at a low temperature."



Suggested Temperature Ranges for Valve Body Trim

(See Bulletin E-700 for Design E-Body Guidelines)

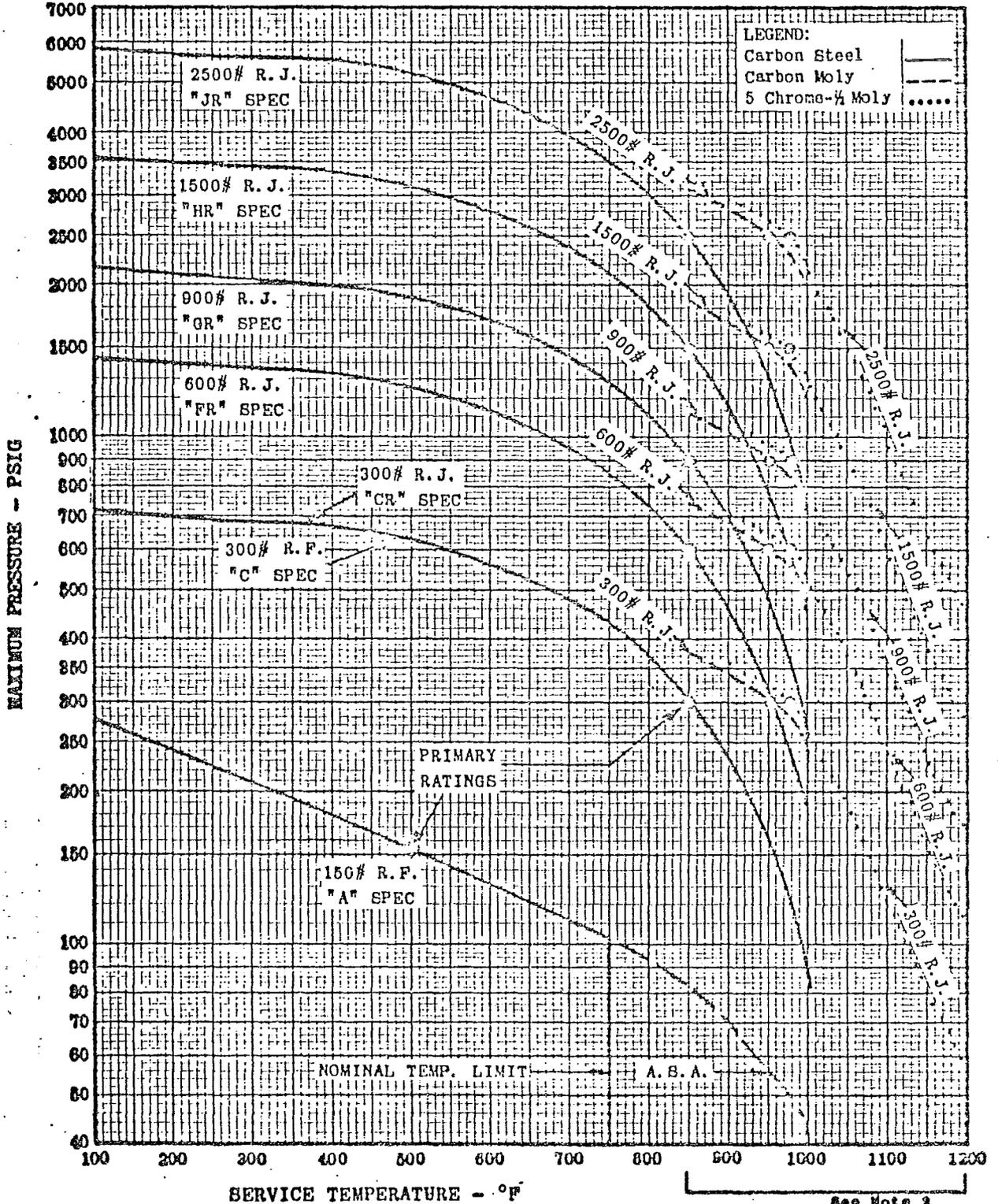
Deg. F. 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100 1200



Notes

- The use of Alloy #6, Hastelloy and chrome plate on guide posts, guide bushings and valve stems at temperatures exceeding the maximum specified is permissible under certain conditions. Consult the factory. The same holds true for Monel gaskets.
- 316 SS and K Monel guide bushings should be used only when necessary for corrosion resistance.
- Use of 316 SS stems is limited to 600° F unless extensions or other means are provided to insure a temperature of 600° F or less at stem guides and packing.
- The suggested maximum temperatures for packings are actual packing temperatures.
- 17-4PH should not be used above 600° F when flowing medium is non-lubricating such as superheated steam.
- 17-4PH is an ARMCO specification covering a precipitation hardened austenitic stainless steel. Hardness of this material is 40-45 Rockwell "C".

THIS CHART CONFORMS TO CODE FOR PRESSURE PIPING (ASA B31.1-1955)
AND STANDARD FOR STEEL PIPE FLANGES (ASA B16.5-1957).



- NOTES: (1) For material specifications, refer to Volume II, Piping Material Specification Index Sheet, SP-ST-L1-5.1.0.
(2) Special Specs. to be written when Carbon-Moly or Chrome Moly is specified.

Pressure-Temperature Ratings for Ladish Forged Steel Pipe Flanges

ASA STANDARD B16.5 1953.

Pages 263 through 268 are tabulated pressure-temperature ratings for Ladish Forged Steel Flanges conforming to ASA B16.5-1953. Ratings are given for the eleven carbon and alloy steel material specifications as well as the five stainless steel specifications included in the standard.

These ratings remain constant throughout all sizes of any one pressure and gasket facing class. However, reference should be made to the regulations of regulatory agencies to determine the size, pressure and temperature limitations imposed upon the use of threaded, socket and slip-on flanges.

Class A ratings in these tables apply to:

- (a) Ring joint facing.
- (b) Small tongue and groove facing used with any type gasket.
- (c) Large tongue and groove facing used with any type gasket, except flat solid metal.
- (d) Other facings with gaskets which result in no increase in bolt load or flange moment over those resulting from the facing gasket combinations listed in (a) through (c) above.

Class B ratings in these tables apply to all other facings and are not covered in Class A.

These ratings are based on the use of bolting material in accordance with the specifications tabulated on page 245. The various flange

materials listed on pages 263 through 268 are classified by their ASTM designation on page 243.

All pressures are in pounds per square inch (gage). Temperatures and pressures listed are maximum internal fluid temperatures and pressures at flange.

Hydrostatic tests shall be made with water at a temperature not to exceed 125° F. or as required by applicable codes. Test pressures are manufacturer's shell tests applicable to valves and fittings. Flanges may be tested after attachment to the pressure vessel or piping in accordance with applicable code requirements, in which cases the test pressures may be higher than those given above. In such cases consideration should be given to the gaskets for the blanking-off flanges.

Where welded construction is used, consideration should be given to the possibility of graphite formation in the following steels: Carbon steel above 775° F., Carbon-Molybdenum steel above 875° F., Chromo-Molybdenum steel (with Chromium under 0.6%) above 975° F.

Consideration should be given to the possibility of excessive oxidation (scaling) on the following steels: 1 Cr-1/2 Mo, 1 1/4 Cr-1/2 Mo, 2 Cr-1/2 Mo, 2 1/4 Cr-1 Mo and 3 Cr-1 Mo above 1050° F.; and 5 Cr-1/2 Mo above 1100° F.

In using these ratings the user is cautioned to select gasket materials adequate for the service conditions and the ability of the gasket to resist injurious crushing.

MAXIMUM SERVICE TEMPERATURE, DEGREES F.	MATERIAL	MAXIMUM, NON-SHOCK, SERVICE PRESSURE RATINGS, POUNDS PER SQUARE INCH (GAGE)															
		150 lb.		300 lb.		400 lb.		600 lb.		800 lb.		1600 lb.		2500 lb.			
		RJ	RF	RJ	RF	RJ	RF	RJ	RF	RJ	RF	RJ	RF	RJ	RF		
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B		
100°	*	275	230	720	600	960	800	1440	1200	2160	1800	3600	3000	6000	5000		
150°	*	255	220	710	590	945	785	1420	1180	2130	1770	3550	2950	5915	4915		
200°	*	240	210	700	580	930	770	1400	1160	2100	1740	3500	2900	5830	4830		
250°	*	225	200	690	570	920	760	1380	1140	2070	1710	3450	2850	5750	4750		
300°	*	210	190	680	560	910	740	1365	1120	2050	1680	3415	2800	5690	4660		
350°	*	195	180	675	550	900	725	1350	1095	2025	1645	3375	2740	5625	4565		
400°	*	180	170	665	540	890	710	1330	1075	2000	1615	3330	2690	5550	4475		
450°	*	165	160	650	520	870	695	1305	1040	1955	1560	3255	2600	5430	4335		
500°	*	150	150	625	500	835	665	1250	1000	1875	1500	3125	2500	5210	4165		
550°	*	140	140	590	475	790	630	1180	950	1775	1420	2955	2370	4925	3950		
600°	*	130	130	555	445	740	590	1110	890	1660	1330	2770	2220	4620	3700		
650°	*	120	120	515	415	690	550	1030	830	1550	1240	2580	2070	4300	3450		
700°	Carbon Steel	110	110	470	380	635	500	940	760	1410	1140	2350	1900	3920	3160		
	Carbon Moly	110	110	480	390	640	520	960	775	1440	1165	2400	1945	4020	3240		
	1/2 Cr, 1/2 Mo	110	110	480	390	640	520	960	775	1440	1165	2400	1945	4020	3240		
	1 Cr, 1/2 Mo	110	110	485	390	645	520	965	775	1450	1165	2415	1945	4025	3240		
	1 1/2 Cr, 1/2 Mo	110	110	485	390	645	520	965	775	1450	1165	2415	1945	4025	3240		
	2 Cr, 1/2 Mo	110	110	480	390	640	520	960	775	1440	1165	2400	1945	4020	3240		
	2 1/4 Cr, 1 Mo	110	110	485	390	645	520	965	775	1450	1165	2415	1945	4025	3240		
	3 Cr, 1 Mo	110	110	480	390	640	520	960	775	1440	1165	2400	1945	4020	3240		
	5 Cr, 1/2 Mo	110	110	485	390	645	520	965	775	1450	1165	2415	1945	4025	3240		
	5 Cr, 1/2 Mo, Si	110	110	480	390	640	520	960	775	1440	1165	2400	1945	4020	3240		
9 Cr, 1 Mo	110	110	485	390	645	520	965	775	1450	1165	2415	1945	4025	3240			

Same ratings apply to all eleven materials that are listed for the 700° group. The above ratings are all subject to the stipulations made above.

anexas) que soportan una presión máxima de trabajo de 720 psig para una temperatura máxima de operación de 100°F.

Caida de Presión.- La selección de la configuración de la válvula, depende, también de la caída de presión esperada, el cual sería un segundo criterio primario para seleccionar la válvula más adecuada a nuestras necesidades de operación. Aún cuando un rápido estudio de la literatura de los fabricantes nos revelará con precisión las capacidades de las caídas de presión, es casi seguro esperar que las válvulas de globo tendrán mayores capacidades de caída de presión, que las válvulas de flecha rotatoria (globo ó mariposa) por lo cual seleccionamos válvulas de globo.

Siendo las válvulas de globo guiadas en caja las mas usuales para caídas de presión tan altas como las que se pueden esperar en las instalaciones de -- proceso de Petróleos Mexicanos, existen otras válvulas de globo que tienen relativamente buenas capacidades de caída, aunque algunos de estos diseños son para aplicaciones donde la caída de presión no excede las 100 psi.

Por adición de los criterios primarios antes mencionados y solamente con el conocimiento básico de los tipos de válvulas disponibles para seleccionar la configuración general deseada podemos concluir que seleccionaremos para nuestro proyecto:

Una válvula de globo con cuerpo de acero al carbón WCB para 600 libras con bridas 600 ANSI, RTJ guiada en caja para el primer paso de regulación y una válvula de globo con cuerpo de acero al carbón WCB para 300 libras con bridas 300 ANSI, R.F. guiada en caja para el segundo paso de regulación de -- nuestro diseño.

Interiores (TRIM).- Como se estableció inicialmente, los criterios secundarios determinarán los interiores de la válvula, es decir, puertos, tapones, asientos y guías del tapón frecuentemente no considerado, pero muy importante en la selección del cierre hermético que la válvula debe cumplir.

El grado de fuga puede variar desde relativamente grandes cantidades (como podría esperarse en una válvula de mariposa para control) hasta menos de una burbuja por minuto, la cual es estandar del diseño "ED" en válvulas de globo guiadas en caja.

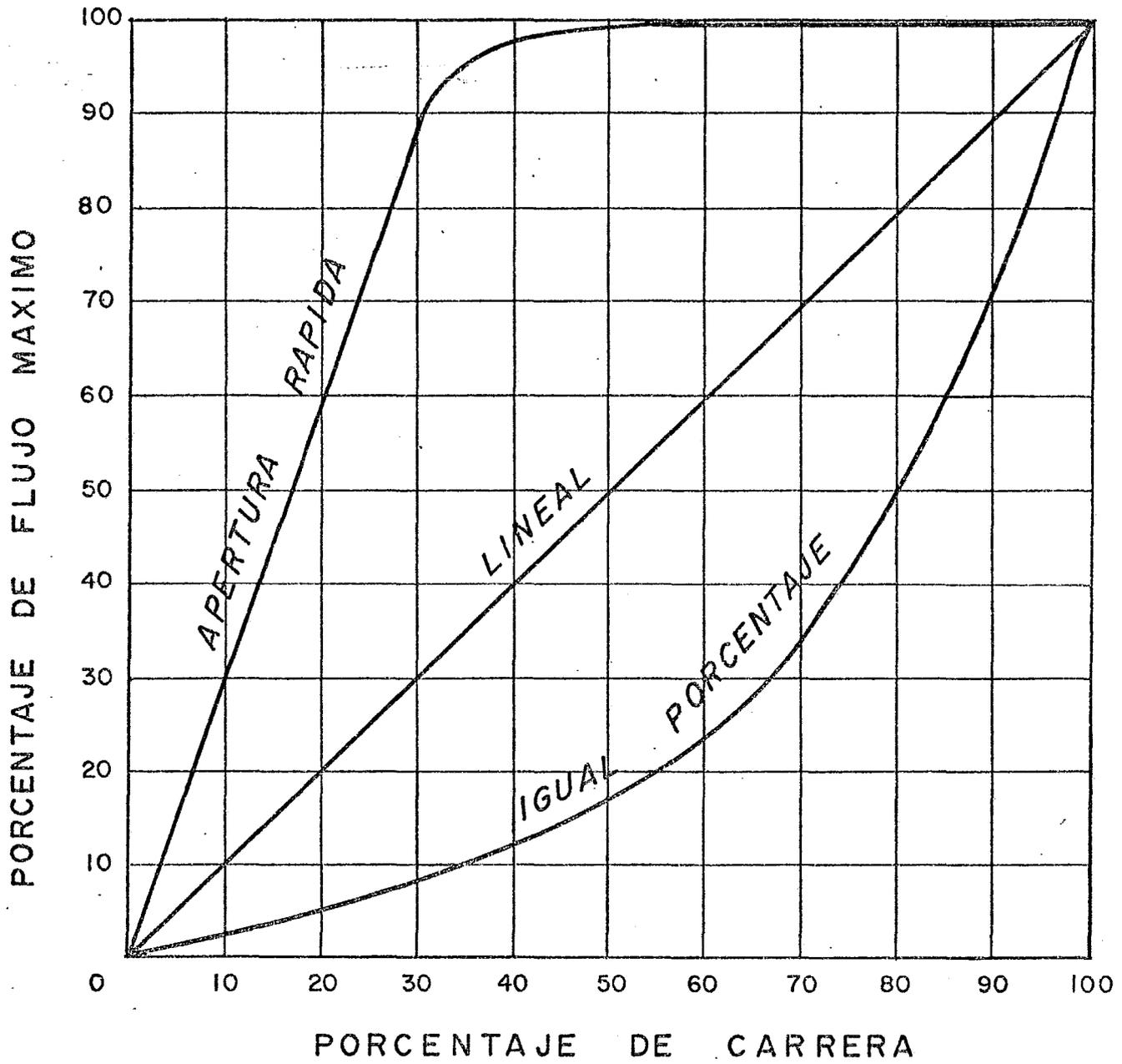
Restricciones en las especificaciones para cierre hermético aumentarán el costo de la válvula, ya que un cierre mayor al estandar requiere un actuator más grande.

Característica de Flujo de la Válvula.- Las tres características más comunes son: lineal; Igual Porcentaje y apertura rápida. Ellas son una medida de la inherente, capacidad de flujo de una válvula con una caída de presión constante a través de ella conforme el tapón viaja.

La característica lineal es como su nombre lo indica, cuando la capacidad de la válvula varía linealmente con la carrera del tapón. Las válvulas con característica de apertura rápida son lineales durante la primera parte del viaje del tapón y muy poca ganancia en capacidad es experimentada después; este tipo de válvula es utilizado cuando no se requiere modulación de flujos para tenerla abierta ó cerrada.

Las válvulas de igual porcentaje incrementan su capacidad de flujo en el mismo porcentaje del incremento de la carrera, por ejemplo, si la capacidad incrementa un 10% en el primer 0.1 de pulgada de la carrera; incrementará otro 10% en el siguiente 0.1 de pulgada y así sucesivamente hasta alcanzar el total de la carrera, por lo cual es la característica más comunmente usada pues esta característica exhibe una línea recta si es graficada en papel semilogarítmico, mientras que la lineal tiende a comportarse como la curva de una válvula de apertura rápida (y en la práctica esto sucede para caídas de presión altas)

Existen varias guías que sirven de orientación para la selección de la característica apropiada y que se mencionan a continuación:



CARACTERISTICAS DE FLUJO DE LAS VALVULAS DE CONTROL PARA EL DISEÑO "ED"

1.-) Sistemas de control de nivel de líquidos:

- a) caída de presión constante: característica lineal
- b) caída de presión decreciendo con el incremento de carga, caída a máxima carga mayor al 20% de la mínima caída de presión: característica lineal
- c) caída de presión decreciendo con el incremento de carga, caída de prepresión menor al 20% de la mínima caída de presión: característica de Igual Porcentaje.
- d) incremento de caída de presión con el incremento de carga, caída a máxima carga menor al 200% de la caída de presión mínima: característica Lineal
- e) incremento de la caída de presión con el incremento de carga, caída a máxima carga mayor al 200% de la mínima caída de presión: característica de Apertura Rápida.

2.-) Procesos de Control de Flujo:

- a) Elementos de medición en serie con la válvula: Lineal
- b) Rangos de flujo pequeños y la caída de presión en la válvula cambia grandemente: Igual Porcentaje

3.-) Sistemas de Control de Presión:

- a) Procesos con líquidos: Igual Porcentaje
- b) Procesos con gas, pequeño volúmen, menos de 10 ft de tubería entre la válvula de control y la válvula de carga: Igual Porcentaje
- c) Procesos con gas, grandes volúmenes, la caída de presión decrece con el incremento de carga, la caída a máxima carga es mayor al 20% de la mínima caída de presión: Lineal
- d) Procesos con gas, grandes volúmenes, la caída de presión decrece con el aumento de carga, la caída a máxima carga es menor al 20% de la mínima caída de presión: Igual Porcentaje.

La experiencia y numerosos análisis demuestran que lo mejor es escoger una característica de Igual Porcentaje cuando existan dudas. El uso de una característica lineal donde debió ser utilizada una de Igual Porcentaje frecuentemente ocasiona inestabilidad en el sistema.

Dimensionamiento.- Una vez que la configuración de la válvula y la característica de flujo han sido seleccionadas podemos proceder a dimensionarla para la capacidad requerida. Podemos calcular la válvula con la capacidad requerida, después de determinar el flujo máximo y mínimo del sistema con la caída de presión mínima para cada flujo los cuales se comparan con la progresión de capacidades proporcionada por el fabricante para ayudar en la selección del tamaño enlistada como coeficiente C_v para líquidos, C_g para gases y C_g para vapor.

Los interiores restringidos están disponibles para aplicaciones donde futuras demandas en la capacidad pueden ser mayores ó para evitar situaciones en las cuales tendríamos una línea de 8 pulgadas de diámetro, y una válvula de 2 pulgadas, ya que esto trae problemas a los interiores de la válvula, por lo que se recomienda que la válvula de control nunca sea menor en diámetro a la mitad del diámetro de la tubería a donde se va a instalar.

Materiales para Construcción.- Los materiales del cuerpo de la válvula -- así como los de los interiores, son generalmente fijados por el fluido de proceso. Usualmente la mejor selección del material viene del individuo que conoce perfectamente el fluido de proceso, por lo que, el fabricante de válvulas depende grandemente del usuario para dicha selección.

Actuador.- El paso final en la especificación de la válvula de control, es usualmente la selección del actuador.

Para ello la economía dicta su selección. Si una fuente de suministro de aire es disponible ó como en el caso de gas natural que se operan con el mismo gas, la selección más económica es el actuador operado por diafragma

ó por pistón para válvulas mayores de 8"Ø y en el caso de no disponer de ai re ó gas usaremos un actuador eléctrico ó electro-hidráulico.

La operación neumática es el método mas ampliamente usado, siendo el actua-
dor más popular y el más sencillo el de diafragma y resorte, sin embargo, -
los actuadores neumáticos de pistón son preferentemente usados en sistemas
on-off ya que son capaces de desarrollar mayores velocidades que los demás
actuadores.

Generalidades de los Actuadores de Diafragma.

- 1.- Son operados neumáticamente y utilizan un suministro de aire ó gas de -
baja presión.
- 2.- Pueden ser de acción directa, o sea, aquel en el cual el vástago del ac
tuador empuja al tapón con un aumento de presión al diafragma, ó de ac-
ción inversa es decir, aquel en el cual el vástago del actuador retira
el tapón con un aumento de presión al diafragma, algunos de estos actua-
dores son reversibles.
- 3.- El empuje neto será la diferencia entre la fuerza ejercida por el dia-
fragma y la fuerza opuesta del resorte.
- 4.- Se utilizan diafragmas moldeados de forma tal que provean un desempeño
lineal y mayores carreras de vástago.
- 5.- El tamaño es función del empuje requerido así como de la presión de ai-
re disponible, para el actuador.

Afortunadamente el cálculo del Actuador necesario para cada válvula ya esta
hecho por el fabricante, ahorrandonos tiempo para su selección, así tenemos
que los actuadores más usuales para válvulas de globo son los modelos 667 -
para acción inversa y 657 para acción directa, aunque éste último se puede
especificar para acción inversa agregando la letra R al modelo (esto es 657
R) para válvulas Fisher Governor y las dimensiones del mismo se indican me-
diante un número específico para cada diámetro en base a la siguiente tabla:

Diámetro de Válvula	1"Ø	1 1/2"Ø	2"Ø	2 1/2"Ø	3"Ø	4"Ø	6"Ø
Número de Diafragma	30	34	40	40	40	45	50

Tomando en consideración todo lo anteriormente expuesto, para calcular las válvulas adecuadas a nuestras necesidades de proceso, ahora sí, estamos facultados para enfocar nuestro diseño y selección a una válvula de globo diseño "ED" guiada en caja de material 17-4PH acero inoxidable con cuerpo de acero al carbón WCB (600 libras para el primer paso de regulación, 300 libras para el segundo paso de regulación), con bridas (600 ANSI, R.T.J. para el primer paso de regulación y 300 ANSI, R.F. para el segundo paso de regulación), interiores en acero inoxidable 416 puesto que se trata de gas natural con bonete estandar puesto que no se trata de un servicio criogénico (bonete con extensión, con característica de igual porcentaje (la característica de la válvula la da la configuración de la caja) y con actuador 657 de acción directa puesto que nos interesa mantener un suministro continuo de gas natural.

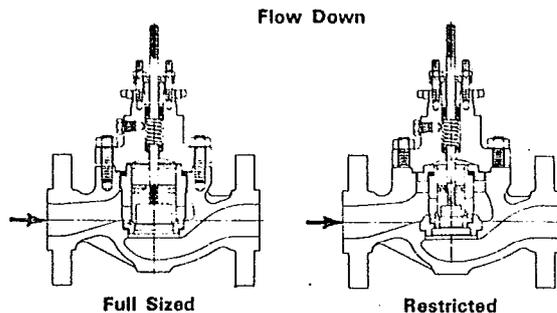
Calculos para selección del diámetro de la válvula de control de presión para el primer paso de regulación a 300 psig. Por razones de seguridad en el diseño, siempre debemos calcular el C_g de la válvula con las condiciones críticas de operación en este caso con una presión de entrada a la válvula de 350 psi y como se trata de una válvula de baja recuperación de presión podemos asumir un valor de 35 para $C_1 = C_g/C_v$ de tal manera que entonces tendremos: para el volumen máximo de diseño de 86,200 P.C.H.S. el siguiente valor de C_g calculado.

$$C_g = 86,200 / (520 / 0.6 \times 528)^{0.5} (361.9) \text{ sen } (3417 / 35 (50 / 361.9)^{0.5}) \text{ grados}$$
$$C_g \text{ calculado} = 314.12$$

Con este valor de C_g se procede a seleccionar el diámetro de la válvula, comparando con los valores tabulados por el fabricante para diferentes porcentajes de apertura de la válvula (ver hojas adjuntas de válvulas de control Fisher para clases de 125 a 600 libras en diseño "ED" con característica de igual porcentaje), y se selecciona un tamaño de válvula para el cual el va--

Design ED
ANSI Classes 125 - 600

Equal Percentage Cage



FLOW COEFFICIENTS

For additional body information
see Bulletin 51.1:ED

Equal Percentage

Equal Percentage
Characteristic

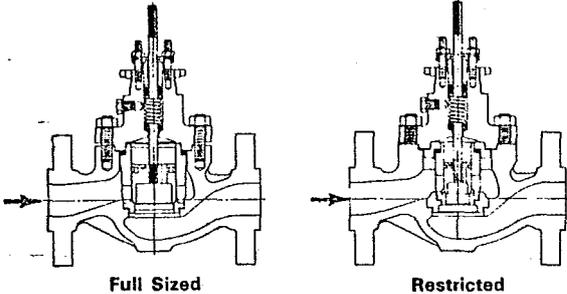
Coefficients	Body Size, In.	Port Diameter, In.	Total Travel, In.	Valve Opening—Percent of Total Travel										K _m and C _t
				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
C _v (liquid)	1 & 1-1/4	1-5/16	3/4	1.783	1.54	2.20	2.89	4.21	5.76	7.83	10.9	14.1	17.2	.77
	1-1/2	1-7/8	3/4	1.52	2.63	3.87	5.41	7.45	11.2	17.4	24.5	30.8	35.8	.70
	2	2-5/16	1-1/8	1.66	2.93	4.66	6.98	10.8	16.5	25.4	37.3	50.7	59.7	.72
	2-1/2	2-7/8	1-1/2	3.43	7.13	10.8	15.1	22.4	33.7	49.2	71.1	89.5	99.4	.71
	3	3-7/16	1-1/2	4.32	7.53	10.9	17.1	27.2	43.5	66.0	97.0	120	136	.68
	4	4-3/8	2	5.85	11.6	18.3	30.2	49.7	79.7	125	171	205	224	.68
	6	7	2	12.9	25.8	43.3	67.4	104	162	239	316	368	394	.73
	8	8	2	18.5	38.0	58.4	86.7	130	189	268	371	476	567	.72
	8	8	3	27.0	58.1	105	188	307	478	605	695	761	818	.74
	1-1/2	1-5/16	3/4	1.12	1.56	2.22	3.10	4.27	6.17	9.01	13.1	18.2	23.1	.83
	2	1-5/16	3/4	.923	1.42	2.09	2.84	4.11	5.83	8.58	12.8	18.5	24.3	.77
	2-1/2	1-7/8	3/4	1.57	2.57	3.82	5.44	7.64	11.5	18.2	26.7	35.1	43.9	.79
3	2-5/16	1-1/8	1.75	3.11	4.77	7.07	10.7	17.0	27.9	41.5	58.0	70.7	.75	
4	2-7/8	1-1/2	3.82	7.65	11.4	16.9	25.5	38.2	60.5	85.7	105	112	.79	
6	4-3/8	2	5.40	10.1	15.8	26.7	45.2	71.2	111	169	232	274	.78	
C _g (Gas)	1 & 1-1/4	1-5/16	3/4	31.2	48.3	67.4	94.4	138	191	270	380	483	562	32.7
	1-1/2	1-7/8	3/4	53.7	90.2	131	183	256	382	578	811	1020	1180	33.0
	2	2-5/16	1-1/8	60.4	107	164	238	358	546	851	1280	1680	1980	33.2
	2-1/2	2-7/8	1-1/2	121	239	359	497	727	1090	1600	2320	2910	3230	32.5
	3	3-7/16	1-1/2	152	253	360	545	854	1350	2150	3230	3930	4470	32.9
	4	4-3/8	2	200	374	587	970	1580	2520	4100	5890	7040	7580	33.8
	6	7	2	428	851	1430	2270	3480	5500	8200	10,900	13,000	13,900	35.3
	8	8	2	631	1200	1810	2660	3960	5790	8300	11,600	15,600	19,300	34.0
	8	8	3	867	1880	3350	5880	9850	15,000	20,600	25,000	27,300	29,400	35.9
	1-1/2	1-5/16	3/4	40.6	58.0	80.4	104	145	206	294	419	587	773	33.4
	2	1-5/16	3/4	32.5	49.0	72.0	95.5	139	197	290	410	583	783	32.2
	2-1/2	1-7/8	3/4	56.2	89.4	129	179	246	377	577	851	1180	1480	33.7
3	2-5/16	1-1/8	68.0	114	171	246	367	545	813	1300	1840	2370	33.6	
4	2-7/8	1-1/2	132	256	380	553	816	1210	1860	2750	3600	4040	36.0	
6	4-3/8	2	219	369	542	864	1430	2230	3480	5280	7360	9140	33.3	
C _s (steam)	1 & 1-1/4	1-5/16	3/4	1.56	2.42	3.37	4.72	6.90	9.55	13.5	19.0	24.2	28.1	32.7
	1-1/2	1-7/8	3/4	2.69	4.51	6.55	9.15	12.8	19.1	28.9	40.6	51.0	59.0	33.0
	2	2-5/16	1-1/8	3.02	5.35	8.20	11.9	17.9	27.3	42.6	64.0	84.0	99.0	33.2
	2-1/2	2-7/8	1-1/2	6.05	12.0	18.0	24.9	36.4	54.5	80.0	116	146	162	32.5
	3	3-7/16	1-1/2	7.60	12.7	18.0	27.3	42.7	67.5	108	162	197	224	32.9
	4	4-3/8	2	10.0	18.7	29.4	48.5	79.0	126	205	295	352	379	33.8
	6	7	2	21.4	42.6	71.5	114	174	275	410	545	650	695	35.3
	8	8	2	31.6	60.0	90.6	133	198	290	415	580	780	965	34.0
	8	8	3	43.4	94.0	168	294	493	750	1030	1250	1370	1470	35.9
	1-1/2	1-5/16	3/4	2.03	2.90	4.02	5.20	7.25	10.3	14.7	21.0	29.4	38.7	33.4
	2	1-5/16	3/4	1.63	2.45	3.60	4.78	6.95	9.85	14.5	20.5	29.2	39.2	32.2
	2-1/2	1-7/8	3/4	2.81	4.47	6.45	8.95	12.3	18.9	28.9	42.6	59.0	74.0	33.7
3	2-5/16	1-1/8	3.40	5.70	8.55	12.3	18.4	27.3	40.7	65.0	92.0	119	33.6	
4	2-7/8	1-1/2	6.60	12.8	19.0	27.7	40.8	60.5	93.0	137	180	202	36.0	
6	4-3/8	2	11.0	18.5	27.1	43.2	71.5	112	174	264	368	457	33.3	

This column lists the K_m values for the C_v coefficients and the C_t values for the C_g and C_s coefficients at 100% travel.

Restricted Trim

Note: The coefficients shown on this page are also appropriate for the Designs EDR, ET and ETR.

Flow Down



Design ED
ANSI Classes 125 - 600

Linear Cage

FLOW COEFFICIENTS

For additional body information
see Bulletin 51.1:ED

Linear				Linear Characteristic										
Coefficients	Body Size, In.	Port Diameter, In.	Total Travel, In.	Valve Opening—Percent of Total Travel										K _m * and C _v
				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
C _v (Liquid)	1 & 1-1/4	1-5/16	3/4	3.21	5.50	8.18	10.9	13.2	15.0	16.9	18.6	19.9	20.6	.71
	1-1/2	1-7/8	3/4	4.23	7.84	11.8	15.8	20.4	25.3	30.3	34.7	37.2	39.2	.68
	2	2-5/16	1-1/8	7.87	16.0	24.9	33.4	42.1	51.8	62.0	68.1	70.6	72.9	.59
	2-1/2	2-7/8	1-1/2	9.34	21.6	35.5	49.5	62.7	74.1	83.6	93.5	102	108	.66
	3	3-7/16	1-1/2	14.5	32.9	52.1	70.4	88.5	105	118	133	142	148	.68
	4	4-3/8	2	23.3	50.3	78.1	105	127	152	181	203	223	236	.67
	6	7	2	46.3	107	171	228	279	327	367	402	420	433	.71
	8†	8	2	60.2	129	206	285	363	444	526	581	640	688	.76
	8	8	3	91.4	207	325	440	550	639	711	760	795	846	.75
	1-1/2	1-5/16	3/4	2.92	5.70	9.05	12.5	15.6	18.5	21.1	23.9	26.8	29.2	.80
	2	1-5/16	3/4	3.53	6.36	9.92	13.3	16.5	19.7	22.7	25.6	29.3	33.3	.75
	2-1/2	1-7/8	3/4	4.10	8.09	12.3	16.7	21.1	26.8	33.7	41.3	49.2	57.0	.71
3	2-5/16	1-1/8	8.06	16.9	26.7	37.5	49.0	61.4	73.8	85.3	94.7	102	.72	
4	2-7/8	1-1/2	9.77	22.6	37.2	51.8	65.7	77.5	87.5	97.9	107	113	.71	
6	4-3/8	2	16.7	38.6	65.4	93.7	123	156	194	244	290	322	.77	
C _g (Gas)	1 & 1-1/4	1-5/16	3/4	74.9	150	230	311	385	457	528	590	631	657	31.9
	1-1/2	1-7/8	3/4	137	264	411	565	701	864	1020	1150	1230	1270	32.4
	2	2-5/16	1-1/8	252	543	850	1170	1500	1800	2050	2210	2280	2330	32.0
	2-1/2	2-7/8	1-1/2	308	702	1140	1620	2060	2490	2830	3100	3310	3460	32.0
	3	3-7/16	1-1/2	475	1100	1740	2390	3030	3560	3970	4290	4510	4660	31.5
	4	4-3/8	2	775	1700	2650	3590	4440	5290	6260	7090	7630	7830	33.2
	6	7	2	1500	3650	5900	8060	10,000	11,700	13,000	14,000	14,600	14,900	34.4
	8†	8	2	2020	4380	6680	9200	12,000	15,000	18,100	20,800	23,200	25,200	36.6
	8	8	3	2950	6540	10,700	15,200	19,500	22,900	25,800	27,800	29,200	30,400	35.9
	1-1/2	1-5/16	3/4	97.0	184	288	398	503	604	710	810	920	1000	34.3
	2	1-5/16	3/4	98.0	195	312	428	589	653	769	892	1020	1110	33.0
	2-1/2	1-7/8	3/4	134	260	407	554	705	893	1110	1350	1610	1860	32.6
3	2-5/16	1-1/8	248	530	869	1230	1610	2020	2460	2900	3250	3490	34.2	
4	2-7/8	1-1/2	376	857	1390	1970	2520	3040	3450	3790	4040	4220	37.4	
6	4-3/8	2	583	1290	2150	3100	4060	5070	6380	7910	9600	10,800	33.6	
C _s (Steam)	1 & 1-1/4	1-5/16	3/4	3.75	7.50	11.5	15.6	19.3	22.9	26.4	29.5	31.6	32.9	31.9
	1-1/2	1-7/8	3/4	6.85	13.2	20.6	28.3	35.1	43.2	51.0	57.5	61.5	63.5	32.4
	2	2-5/16	1-1/8	12.6	27.2	42.5	58.5	75.0	90.0	103	111	114	117	32.0
	2-1/2	2-7/8	1-1/2	15.4	35.1	57.0	81.0	103	125	142	155	166	173	32.0
	3	3-7/16	1-1/2	23.8	55.0	87.0	120	152	178	199	215	226	233	31.5
	4	4-3/8	2	38.8	85.0	133	180	222	265	313	355	382	392	33.2
	6	7	2	75.0	183	295	403	500	585	650	700	730	745	34.4
	8†	8	2	101	219	334	460	600	750	905	1040	1160	1260	36.6
	8	8	3	148	327	535	760	975	1150	1290	1390	1460	1520	35.9
	1-1/2	1-5/16	3/4	4.85	9.20	14.4	19.9	25.2	30.2	35.5	40.5	46.0	50.0	34.3
	2	1-5/16	3/4	4.90	9.75	15.6	21.4	27.0	32.7	38.5	44.6	51.0	56.0	33.8
	2-1/2	1-7/8	3/4	6.70	13.0	20.4	27.7	35.3	44.7	55.5	67.5	80.5	93.0	32.6
3	2-5/16	1-1/8	12.4	26.5	43.5	61.5	80.5	101	123	145	163	175	34.2	
4	2-7/8	1-1/2	18.8	42.9	69.5	98.5	126	152	173	190	202	211	37.4	
6	4-3/8	2	29.2	64.5	108	155	203	254	319	396	480	540	33.6	

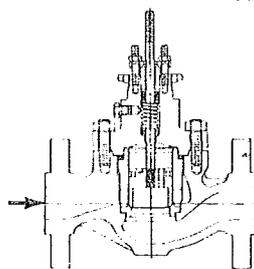
*This column lists the K_m values for the C_v coefficients and the C_v values for the C_g and C_s coefficients at 100% travel.
†If coefficients listed above for the 8" linear cage with 2" travel are not sufficient for your application, consider using the quick opening cage. The 8" quick opening cage with 2" travel has approximately a linear characteristic.
Restricted Trim

Note: The coefficients shown on this page are also appropriate for the Designs EDR, ET and ETR.

Design ED
ANSI Classes 125 - 600

Quick Opening Cage

Flow Down



Full Sized



Restricted

FLOW COEFFICIENTS

For additional body information
see Bulletin 51.1:ED

Quick Opening

Quick Opening
Characteristic

Coefficients	Body Size, In.	Port Diameter, In.	Coeffs. for 1/4" Travel*	Total Travel,† In.	Valve Opening—Percent of Total Travel										K _m ‡ and C _v
					10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
C _v (Liquid)	1 & 1-1/4	1-5/16	14.7	3/4	4.86	9.39	13.4	16.9	18.9	20.3	21.1	21.8	21.9	22.1	.65
	1-1/2	1-7/8	22.6	3/4	7.79	14.4	20.5	26.8	32.0	36.6	39.4	41.3	42.7	44.0	.63
	2	2-5/16	29.7	1-1/8	13.4	26.8	39.9	51.3	62.9	70.6	73.7	75.6	76.8	77.6	.59
	2-1/2	2-7/8	33.4	1-1/2	20.9	39.6	58.8	74.2	84.9	97.0	103	106	108	109	.65
	3	3-7/16	43.6	1-1/2	27.2	52.2	77.9	99.5	124	140	149	154	158	161	.59
	4	4-3/8	45.9	2	37.7	75.0	125	163	193	220	238	247	251	251	.63
	6	7	92.0	2	73.6	150	232	306	353	389	416	441	451	460	.67
	8	8	108	2	80.3	188	290	389	480	554	615	658	705	744	.75
	8	8	108	3	135	291	434	551	639	706	759	807	841	863	.72
	1-1/2	1-5/16	16.2	3/4	5.05	9.99	14.7	20.0	24.0	25.7	26.2	27.4	28.6	29.9	.78
	2	1-5/16	16.7	3/4	4.80	9.58	14.9	20.2	25.7	29.3	31.2	31.2	31.2	31.2	.75
	2-1/2	1-7/8	25.3	3/4	7.83	15.2	22.8	31.0	40.0	48.3	54.9	60.3	66.4	71.2	.74
3	2-5/16	35.2	1-1/8	15.9	31.7	47.2	60.7	74.4	83.6	87.3	89.5	91.0	91.9	.74	
4	2-7/8	39.8	1-1/2	25.0	47.2	70.1	88.5	101	116	123	127	129	130	.80	
6	4-3/8	64.8	2	62.3	101	150	199	247	284	310	329	345	358	.75	
C _g (Gas)	1 & 1-1/4	1-5/16	493	3/4	145	324	456	552	598	621	635	646	652	659	29.8
	1-1/2	1-7/8	745	3/4	219	461	677	884	1060	1190	1270	1320	1340	1360	30.9
	2	2-5/16	1010	1-1/8	417	894	1370	1790	2110	2290	2360	2410	2430	2450	31.6
	2-1/2	2-7/8	1080	1-1/2	648	1310	2020	2600	2930	3220	3370	3440	3510	3520	32.3
	3	3-7/16	1390	1-1/2	861	1710	2690	3550	4160	4540	4690	4780	4860	4890	30.4
	4	4-3/8	1430	2	1190	2490	4280	5700	6740	7480	7900	8080	8300	8370	33.3
	6	7	2990	2	2400	4840	7580	10,200	12,000	13,400	14,200	15,000	15,300	15,500	33.7
	8	8	3490	2	2630	5960	9560	13,300	16,800	19,900	22,400	24,400	26,200	27,700	37.2
	8	8	3490	3	4330	9730	15,100	19,800	23,400	26,200	28,100	29,600	30,800	31,400	36.4
	1-1/2	1-5/16	629	3/4	181	380	572	747	879	947	980	1000	1020	1040	34.8
	2	1-5/16	561	3/4	146	328	497	675	839	973	1070	1110	1120	1120	35.9
	2-1/2	1-7/8	811	3/4	221	478	722	989	1280	1580	1870	2100	2280	2400	33.7
3	2-5/16	1300	1-1/8	539	1160	1780	2310	2730	2980	3050	3120	3140	3170	34.5	
4	2-7/8	1460	1-1/2	841	1770	2730	3520	3950	4340	4540	4620	4730	4750	36.7	
6	4-3/8	2260	2	1840	3530	5270	7020	8630	9910	10,500	11,000	11,600	11,900	33.2	
C _s (Steam)	1 & 1-1/4	1-5/16	24.7	3/4	7.25	16.2	22.8	27.6	29.9	31.1	31.8	32.3	32.6	33.0	29.8
	1-1/2	1-7/8	37.3	3/4	11.0	23.1	33.9	44.2	53.0	59.5	63.5	66.0	67.0	68.0	30.9
	2	2-5/16	50.5	1-1/8	20.9	44.7	68.5	89.5	106	115	118	121	122	123	31.6
	2-1/2	2-7/8	54.0	1-1/2	32.4	65.5	101	130	147	161	169	172	176	176	32.3
	3	3-7/16	69.5	1-1/2	43.1	85.5	135	178	208	227	235	239	243	245	30.4
	4	4-3/8	71.5	2	59.5	125	214	285	337	374	395	404	415	419	33.3
	6	7	150	2	120	242	379	510	600	670	710	750	765	775	33.7
	8	8	175	2	132	298	478	665	840	995	1120	1220	1310	1390	37.2
	8	8	175	3	217	487	755	990	1170	1310	1410	1480	1540	1570	36.4
	1-1/2	1-5/16	31.5	3/4	9.05	19.0	28.6	37.4	44.0	47.4	49.0	50.0	51.0	52.0	34.8
	2	1-5/16	28.1	3/4	7.30	16.4	24.9	33.8	42.0	48.7	53.5	55.5	56.0	56.0	35.9
	2-1/2	1-7/8	40.6	3/4	11.1	23.9	36.1	49.5	64.0	79.0	93.5	105	114	120	33.7
3	2-5/16	65.0	1-1/8	27.0	58.0	89.0	116	137	148	153	156	157	159	34.5	
4	2-7/8	73.0	1-1/2	42.1	88.5	137	176	198	217	227	232	237	238	36.7	
6	4-3/8	113	2	92.0	177	264	351	432	496	525	550	580	595	33.2	

*When sizing self-operated regulators, use coefficients listed for 1/4" travel.
†When using Type 655-ED or 655-ET as a control valve for on-off service, the maximum travel for sizing purposes is 3/4".

‡This column lists the K_m values for the C_v coefficients and the C_v values for the C_g and C_s coefficients at 100% travel.
Restricted Trim

Note: The coefficients shown on this page are also appropriate for the Designs EDR, ET and ETR.

lor del Cg claculado sea simílar al Cg de la válvula en un rango del 60 al - 80% de apertura de la válvula, aunque este rango de selección es flexible - puesto que generalmente las válvulas, realmente controlan presión en un ran- go que va del 10% al 90% de apertura.

De lo anterior podemos observar que el valor de Cg calculado anda entre un - 70% y un 80% de apertura para una válvula de 25.4 mm. (1") \emptyset nominal, con el cual procederemos a calcular el valor real de Cg (ó el Cg corregido) en la - válvula seleccionada para las necesidades de nuestro proceso.

$$Cg \text{ real} = 86,200 / (520 / 0.6 \times 528)^{0.5} (361.9) \text{ sen } (3417 / 32.7 (50 / 361.9)^{0.5}) \text{ Gr.}$$

Cg real = 296.44 para el flujo máximo de diseño.

Ahora procedemos a calcular el Cg real para el flujo normal de diseño.

$$Cg \text{ real} = 61569 / (520 / 0.6 \times 528)^{0.5} (361.9) \text{ sen } (3417 / 32.7 (50 / 361.9)^{0.5}) \text{ Gr.}$$

Cg real = 211.73 para el flujo normal de diseño.

De los cálculos anteriores podemos concluir que la válvula seleccionada para el primer paso de regulación operará entre un 60% y un 80% de apertura. Pero como el flujo máximo de diseño es el que se considera como flujo normal en - las hojas de especificaciones tipo, que se adjuntan para requisitar la válvu - la de control, necesitamos especificar los flujos mínimo y máximo reales de - la válvula seleccionada para las condiciones crícas de operación de la mis - ma: presión de entrada de 350 psig y temperatura de flujo de 20°C (68° F.) y caída de presión de 50 psi para lo cual se aconseja el valor de Cg al 20% de apertura y el Cg al 80% de apertura respectivamente de tal manera que enton - ces tendremos para el flujo mínimo especificado:

$$Q_{\text{min}} = (520 / 0.6 \times 528)^{0.5} (48.3) (361.9) \text{ sen } (3417 / 32.7 (50 / 361.9)^{0.5}) \text{ grados.}$$

$$Q_{\text{mínimo}} = 14,045 \text{ P.C.H.S.}$$

Y para el flujo máximo especificado:

$$Q_{\text{max}} = (520 / 0.6 \times 528)^{0.5} (380) (361.9) \text{ sen } (3417 / 32.7 (50 / 361.9)^{0.5}) \text{ grados.}$$

$$Q_{\text{máximo}} = 110,499 \text{ P.C.H.S.}$$

Con lo cual resumimos que a condiciones críticas de operación, la válvula seleccionada, es capaz de controlar presión para flujos que vayan de 14000 a 110,500 P.C.H.S.

Cálculos para seleccionar el diámetro de la válvula de control de presión para el segundo paso de regulación a 60 psig.

Siguiendo la misma secuencia de cálculo anteriormente expuesta tendremos para el flujo máximo de 86,200 P.C.H.S. el siguiente valor de C_g calculado:

$$C_g = 86,200 / (520/0.6 \times 528)^{0.5} (311.9) \sin (3417/35 (240/311.9)^{0.5}) \text{ grados.}$$

C_g calculado = 216.34 y consultando la tabulación del fabricante podemos observar que el valor del C_g calculado anda entre el 60% y el 70% de apertura para una válvula de 25.4 mm. (1") \emptyset nominal, con un valor específico de la válvula para C_1 de 32.7, con el cual procederemos a calcular el valor real de C_g para el flujo máximo de diseño.

$$C_g \text{ real} = 86,200 / (520/0.6 \times 528)^{0.5} (311.9) \sin (3417/32.7 (240/311.9)^{0.5}) \text{ Gr.}$$

C_g real = 215.81 para el flujo máximo de diseño.

Ahora procederemos a calcular el C_g real para el flujo normal de diseño:

$$C_g \text{ real} = 61569 / (520/0.6 \times 528)^{0.5} (311.9) \sin (3417/32.7 (240/311.9)^{0.5}) \text{ Gr.}$$

C_g real = 154.14 para el flujo normal de diseño.

De los cálculos anteriores podemos concluir que la válvula seleccionada para el segundo paso de regulación operará entre un 50% y un 70% de apertura para las necesidades de nuestro proyecto. Bajo la misma consideración de que el flujo máximo de diseño se debe especificar como el flujo normal de la válvula requisitada, en la hoja de especificaciones definitiva, procederemos a calcular los flujos mínimo y máximo especificados respectivamente.

$$Q_{\min} = (520/0.6 \times 528)^{0.5} (48.3) (311.9) \sin (3417/32.7 (240/311.9)^{0.5}) \text{ grados.}$$

$$Q_{\min} = 19,292 \text{ P.C.H.S.}$$

$$Q_{\max} = (520/0.6 \times 528)^{0.5} (380) (311.9) \sin (3417/32.7 (240/311.9)^{0.5}) \text{ grados.}$$

$$Q_{\max} = 151,784 \text{ P.C.H.S.}$$

Con lo cual resumimos que para las necesidades de nuestro proyecto, la válvula

la seleccionada es capaz de controlar presión, para flujos que vayan de - -
19,300 P.C.H.S. a 151,800 P.C.H.S.

Antes de especificar los flujos mínimos y máximos, en las válvulas de control de presión seleccionadas, debemos tomar en cuenta que su instalación será en serie, por lo que existirá una dependencia mutua en cuanto a los flujos a controlar, esto nos conduce a especificar para ambas válvulas, un flujo mínimo de 19,300 P.C.H.S. y un flujo máximo de 110,500 P.C.H.S.

Accesorios para cada Válvula de Control de Presión.

Bajo la consideración que las válvulas de control instaladas en Estaciones de regulación y medición de gas natural, tendrán que ser operadas con el mismo gas, por no contar con servicio neumático a base de aire comprimido, se hace necesario suministrar el servicio neumático requerido para operar el controlador de la válvula a 20 libras de presión, para lo cual debemos considerar una señal de alimentación de 5-35 psig que se proporcione de la misma tubería, antes de regular el gas y para lograr este objetivo, resulta idóneo instalar reguladores de presión sobre cada línea de alimentación neumática a cada una de las válvulas.

La experiencia de Petróleos Mexicanos al respecto, nos indica que en todas las válvulas que se encuentran actualmente en operación, la regulación más apropiada, en la línea de alimentación neumática para el controlador de la válvula, se efectúa en dos pasos, el primero mediante la instalación de un regulador piloto Fisher modelo 1301F que abate la presión de entrada a la estación a una presión de 250 psig para el caso de la primera válvula de control del cabezal de regulación y medición de gas natural (lado de alta presión del cabezal) ó a una presión de 200 psig para el caso de la segunda válvula de control del cabezal de regulación y medición de gas natural (lado de baja presión del cabezal) y el segundo paso mediante la instalación de un regulador auxiliar Fisher modelo 67FR con filtro que abate la presión regulada

(por el regulador piloto 1301F) en el primer paso a una presión de 5-35 psig para ser suministrada finalmente al Controlador de la válvula, el cual también es considerado como un accesorio de la válvula de control, puesto que es el encargado de detectar las variaciones de presión que se presenten en el cabezal después de la válvula de control y de enviar la señal neumática al actuador (generalmente de 3-15 psig) de suministro ó de falla (suspende el suministro de gas al actuador), para abrir ó cerrar la válvula según se requiera para mantener una presión constante.

El controlador que se ha estandarizado para esta función es el Wizard, modelo 4150 ó 4160 pudiendo ser de acción directa ó de acción inversa respectivamente aunque su configuración permite que sean empleados indistintamente para el tipo de acción que se requiera, mediante ligeras variaciones en la instalación, de las piezas internas del controlador. Por sus dimensiones se prefiere que sea montado directamente sobre la válvula y lo más importante para especificarlo al fabricante, es indicar el rango de operación del elemento de presión a fin de que el proveedor este en posibilidad de seleccionar el más adecuado, para tal efecto recurrimos a los rangos comerciales ya mencionados en la selección de indicadores de presión y registradores de este mismo capítulo, procurando que la presión regulada por la válvula controladora quede entre un 40% y un 80% máximo del rango especificado, siendo lo recomendable a un 50%, esto es para el controlador Wizard de la válvula controladora con la que se abate la presión a 300 psig, debemos especificar un rango de 0 a 600 psig y para el Wizard de la válvula controladora que abate la presión a 60 psig, debemos especificar un rango de 0 a 100 psig.

(Para la instalación de la instrumentación descrita hasta ahora, consultar el diagrama de instrumentos de la Estación, al final de éste capítulo) todo lo relacionado con las válvulas de control de presión seleccionadas lo podemos resumir en las hojas de especificación adjuntas, para efectos de compra.

PETROLEOS MEXICANOS
GERENCIA DE PROYECTOS Y CONSTRUCCION

VALVULA DE CONTROL

HOJA DE ESPECIFICACIONES No. 1

FECHA

SERVICIO Ver notas en la parte inferior	CLAVE VCP-1A y VCP-1B
TIPO DE VALVULA De Diafragma	ACCIONAMIENTO Neumático
DENOMINACION 657-ED-4150	FABRICANTE Fisher Governor

ESPECIFICACIONES PARA CUERPO DE LA VALVULA

FORMA Diseño "ED"	MATERIAL Acero al carbón WCB 600 lbs.
TIPO CONEXION Bridas 600 ANSI, R.T.J.	TAMAÑO CONEXION 25.4mm. (1") Ø nom.

ESPECIFICACIONES ESPECIALES

ESPECIFICACIONES PARA PARTES INTERIORES

ACCION DEL FLUJO EN EL OBTURADOR Tiende a abrirlo	
TIPO DE OBTURADOR Igual porcentaje	MATERIAL Acero inoxidable 416
TIPO DE ASIEN TO Sencillo	MATERIAL Acero inoxidable 416
GUIA En caja 17-4 PH SST	
ACCION DEL OBTURADOR Al bajar cierra	

ESPECIFICACIONES PARA ACTUADOR Y RESORTE

TIPO DE ACTUADOR De diafragma No. 30	ACCION DEL ACTUADOR Directa
MATERIAL DEL ACTUADOR Buna N	
MATERIAL DEL RESORTE Aleación de Acero con Mn y Si	

ACCESORIOS

- 1) Un controlador Wizard, modelo 4150 de acción directa, Elemento bourdón de acero inoxidable, rango de 0 a 600 psig montado directamente sobre la válvula.
- 2) Un regulador piloto Fisher, modelo 1301F para abatir la presión de 1070 psig a 250 psig. conexiones de 1/4" N.P.T.
- 3) Un regulador auxiliar Fisher, modelo 67FR con filtro, para abatir la presión de 250 psig a 5-35 psig. conexiones de 1/4" N.P.T.

TABLA DE OPERACION

FLUIDO Gas natural	TEMPERATURA 20°C (68°F)
VISCOSIDAD 0.0116 c.p.	GRAVEDAD EPECIFICA 0.6
FLUJO NORMAL 86,200 P.C.H.S. MAXIMO 110,500 P.C.H.S. MINIMO 19,300 P.C.H.S.	
CAIDA DE PRESION EN LA VALVULA NORMAL 290 psi MAXIMA 770 psi MINIMA 50 psi	
PRESION DE ENTRADA NORMAL 590 psig MAXIMA 1070 psig MINIMA 350 psig	
PRESION DE SALIDA NORMAL 300 psig MAXIMA 300 psig MINIMA 300 psig	
RANGO DE CONTROL	
COEFICIENTE DE FLUJO CALCULADO NORMAL 296.44	MAXIMO MINIMO
COEFICIENTES DE FLUJO PARA LA VALVULA SELECCIONADA	
20 % 48.3	50 % 138
70 % 270	100 % 562

NOTAS

Servicio de VCP-1A: regular presión en el cabezal de regulación y medición de gas natural, en el lado de alta presión de la línea TIC-A-2"

Servicio de VCP-1B: regular presión en el cabezal de regulación y medición de gas natural, en el lado de alta presión de la línea TIC-B-2"

PETROLEOS MEXICANOS
GERENCIA DE PROYECTOS Y CONSTRUCCION

VALVULA DE CONTROL

HOJA DE ESPECIFICACIONES

No. 2

FECHA

SERVICIO Ver notas en la parte inferior

CLAVE VCP-2A y VCP-2B

TIPO DE VALVULA De Diafragma

ACCIONAMIENTO Neumático

DENOMINACION 657-ED-4150

FABRICANTE Fisher Governor

ESPECIFICACIONES PARA CUERPO DE LA VALVULA

FORMA Diseño "ED"

MATERIAL Acero al carbón WCB 300 Lbs

TIPO CONEXION Bridas 300 ANSI, R.F.

TAMAÑO CONEXION 25.4mm. (1") Ø nom.

ESPECIFICACIONES ESPECIALES

ESPECIFICACIONES PARA PARTES INTERIORES

ACCION DEL FLUJO EN EL OBTURADOR Tiende a abrirlo

TIPO DE OBTURADOR Igual porcentaje

MATERIAL Acero inoxidable 416

TIPO DE ASIENTO Sencillo

MATERIAL Acero inoxidable 416

GUIA En caja 17-4PH SST

ACCION DEL OBTURADOR Al bajar cierra

ESPECIFICACIONES PARA ACTUADOR Y RESORTE

TIPO DE ACTUADOR De diafragma No. 30

ACCION DEL ACTUADOR Directa

MATERIAL DEL ACTUADOR Buna N

MATERIAL DEL RESORTE Aleación de Acero con Mn y Si

ACCESORIOS

- 1) Un controlador Wizard, modelo 4150 de acción directa, Elemento bourdón de acero inoxidable, rango de 0 a 100 psig, montado directamente sobre la válvula.
- 2) Un regulador piloto Fisher, modelo 1301F para abatir la presión de 300 psig a - 200 psig, conexiones de 1/4" N.P.T.
- 3) Un regulador auxiliar Fisher, modelo 67Fr con filtro para abatir la presión de 200 psig a 5-35 psig, conexiones de 1/4" N.P.T.

TABLA DE OPERACION

FLUIDO Gas natural

TEMPERATURA 20°C (68°F)

VISCOSIDAD 0.0116 c.p.

GRAVEDAD EPECIFICA 0.6

FLUJO NORMAL 86,200 P.C.H.S. MAXIMO 110,500 P.C.H.S. MINIMO 19,300 P.C.H.S.

CAIDA DE PRESION EN LA VALVULA NORMAL 240 psi MAXIMA 240 psi MINIMA 240 psi

PRESION DE ENTRADA NORMAL 300 psig MAXIMA 300 psig MINIMA 300 psig

PRESION DE SALIDA NORMAL 60 psig MAXIMA 60 psig MINIMA 60 psig

RANGO DE CONTROL

COEFICIENTE DE FLUJO CALCULADO NORMAL 215.81 MAXIMO MINIMO

COEFICIENTES DE FLUJO PARA LA VALVULA SELECCIONADA

20 %	48.3	50 %	138	70 %	270	100 %	562
------	------	------	-----	------	-----	-------	-----

NOTAS

Servicio de la válvula VCP-2A: regular presión en el cabezal de regulación y medición de gas natural, en el lado de baja presión de la línea TIC-A-2"

Servicio de la válvula VCP-2B; regular presión en el cabezal de regulación y medición de gas natural, en el lado de baja presión de la línea TIC-B-2"

Válvulas de Seguridad ó de Relevó.

Como consecuencia de las necesidades de nuestro diseño y debido primordialmente a que las condiciones de operación, nos obligan a usar ciertos tipos de materiales, en los equipos de proceso destinados para la regulación y medición de gas natural, con el objeto de economizar el proyecto (basado en las especificaciones generales para tuberías de proceso y servicios auxiliares anexas y los cálculos realizados que nos llevaron a seleccionar los equipos más apropiados para el diseño técnico).

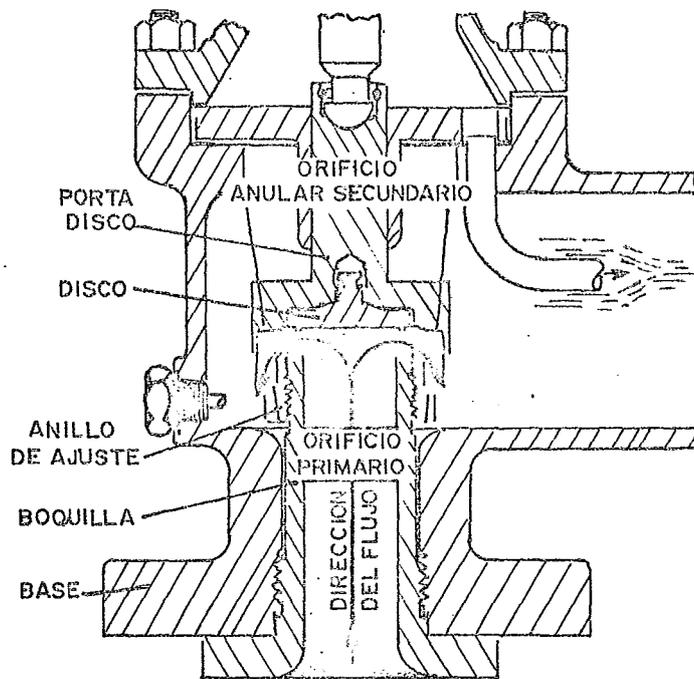
Nos vemos en la necesidad de proteger dichos equipos de control y medición, mediante un dispositivo de seguridad, que evite una sobrepresión en la línea (la cual puede ser provocada por una falla en la operación, de alguno de los equipos de control), pues de no ser así se dañarían los equipos seleccionados, ocasionando problemas de operación y consecuentemente la suspensión del servicio a los usuarios. El dispositivo de seguridad a utilizar para este equipo de aplicación, debe ser auto-operado y que no se tenga que cambiar continuamente como en el caso de los discos de ruptura, para ello más de 20 años de experiencia de Petróleos Mexicanos en la operación de sus instalaciones nos revelan que el equipo apropiado, ha sido y será la válvula de seguridad y alivio de presión, cuyo principio de operación es el inverso, al de las válvulas de control de presión. Es decir, que en el momento de presentarse una elevación inesperada, en la presión regulada del cabezal, la válvula de seguridad se abrirá, desfogando el flujo de gas a la atmósfera, durante el tiempo necesario para estabilizar, el sistema, aliviando la presión sobrante durante dicha operación. Esto se logra en la configuración de la válvula, taponando la restricción ó área de flujo de la válvula, con un disco presionado por un resorte, calibrado para ser vencido a una presión mayor a la normal de operación, con la finalidad de que cuando la presión de la línea sea mayor, ésta desplace el tapón temporalmente, hasta el momento en que

la presión ejercida por el flujo de gas sea menor a la presión ejercida por el resorte, volviendo a tapar el área de flujo con el disco presionado.

El diseño de las válvulas de seguridad y alivio cuenta con un anillo de ajuste, el cual puede ser calibrado para reducir las fuerzas de levantamiento del disco más allá de lo requerido y así obtener una completa capacidad nominal de levantamiento del disco de la válvula en cualquier posición normal del anillo de ajuste. Esto se logra gracias a dicho anillo y a un orificio secundario fijo de área máxima (para asegurar una apertura total) conformados como muestra en la figura de la siguiente hoja. El disco de la válvula es montado en su portadisco, que tiene un radio en forma de hombro para facilitar la alineación de la superficie de asiento del disco con el asiento de la boquilla bajo condiciones de tensión de tuberías que producen desalineamiento, asegurando así un buen sello en la superficie de contacto. El ajuste de la presión de reasentamiento se logra, por medio de un solo anillo de ajuste que al moverse hacia arriba disminuye la presión de reasentamiento y al moverse hacia abajo la aumenta. Se emplean boquillas forjadas, para eliminar la porosidad y los huecos de gas que debilitan el material.

La selección de la válvula de seguridad apropiada, es más fácil que en el caso de las válvulas de control, puesto que las especificaciones estándar de materiales, proporcionadas por el fabricante Duraval Consolidated (de las cuales se adjunta copia), cubren cualquier diseño que no rebase los rangos de presión y temperatura indicados para uno de los modelos fabricados, ilustrados en las gráficas que se adjuntan para pronta referencia. Reduciendo la selección a el simple cálculo del área de flujo necesaria para el volumen de gas que se requiere desfogar. (Con éste valor calculado, nos vamos a las gráficas de las áreas de flujo comerciales, para seleccionar finalmente un valor de área inmediato superior).

En suma podemos decir que las válvulas de seguridad y alivio de presión, son



RAVAL® CONSOLIDATED®

RIE 1900 Y 1900-30

VÁLVULAS DE ACERO TIPO BRIDADAS

(Tipo ASME Sección VIII para Servicio de Gas, Vapor y Líquidos)

00
 Convencional - Acero, asiento plano, guiada superior.
 Alta capacidad. Con esclusivo tubo eductor para eliminar
 los residuos del bonete cuando la válvula está abierta.

ESPECIFICACIONES ESTANDAR

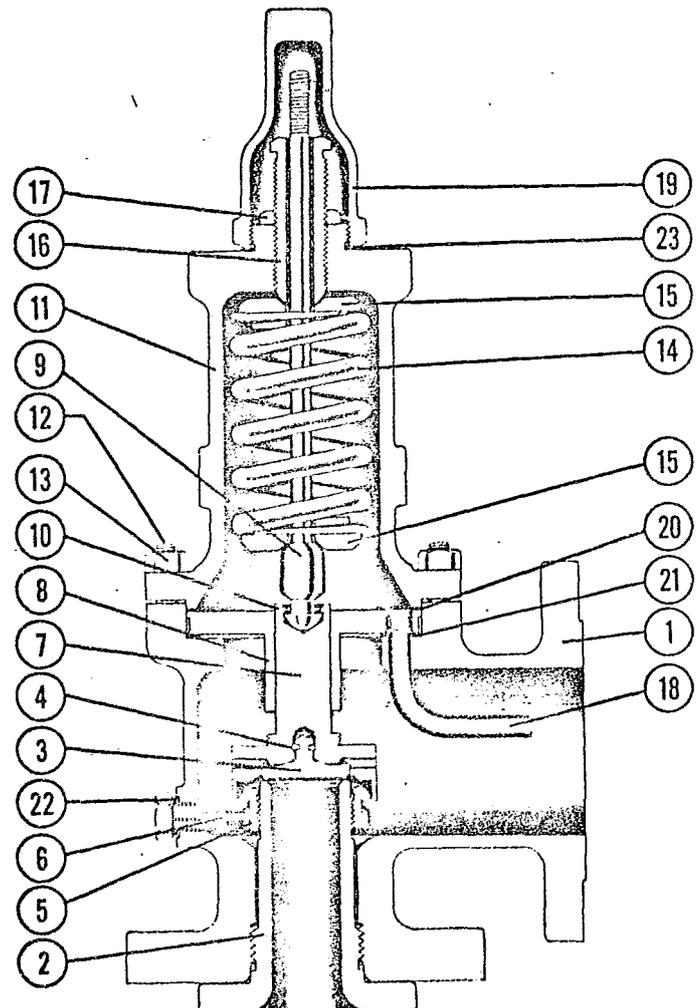
RANGOS DE PRESION
 150, 300, 600, 900, 1500, 2500 psi

RANGOS DE TEMPERATURA
 100° F (37.8° C), 450° F (232° C)
 800° F (426.7° C), 1000° F (537.8° C)

TAMAÑOS DE ORIFICIO
 Desde "D" hasta "T"

ENTRADAS - SALIDAS
 1" x 2" hasta 8" x 10" Bridadas conforme ANSI B 16.5

USO: TIPOS 105/1906/ 10/1912/ 14/1916/ 1918	ASTM-A216 Acero al Carbón Grado WCB
Manija	ASTM A182 Grado F316 Acero Inoxidable
Disco	ASTM A182 Grado F316 Acero Inoxidable
Resorte del disco	17-7 PH Acero Inoxidable
Anillo de ajuste perno porta disco	17-20 Acero al cromo AISI 414 Acero Inoxidable ASTM A182 Grado F304 Acero Inoxidable
Guía	AISI 430 Acero Inoxidable Cromo
Guía	ASTM A276 Grado 414 Acero Inoxidable
Resorte	17-7 PH Acero Inoxidable
Bonete	ASTM A216 Grado WCB Acero al Carbón
Perlo	ASTM A193 Grado B7 Acero Alloy
Arca	ASTM A194 Clase 1 Acero
Resorte moldanas	Acero al Carbón AISI C1020 Acero al Carbón
Perno de ajuste	ASTM A276 Grado 414 Acero Inoxidable
Arca tubo eductor	AISI 416 Acero Inoxidable AISI 304 Acero Inoxidable
Casquillo	ASTM A216 Grado WCB Acero al Carbón
Junta del bonete Junta de la guía	Hierro suave Hierro suave
Junta del perno Junta del casquillo	316 Acero Inoxidable 316 Acero Inoxidable



DURAVAL[®] CONSOLIDATED[®] SERIE 1900 Y 1900-30

VALVULAS DE ACERO TIPO BRIDADAS

(Codigo ASME Sección VIII para Servicio de Gas, Vapor y Liquidos)

ESPECIFICACIONES ESTANDAR

RANGOS DE PRESION

150, 300, 600, 900, 1500, 2500 psi

RANGOS DE TEMPERATURA

50° F (37.8° C), 450° F (232° C)

50° F (426.7° C), 1000° F (537.8° C)

TAMAÑOS DE ORIFICIO

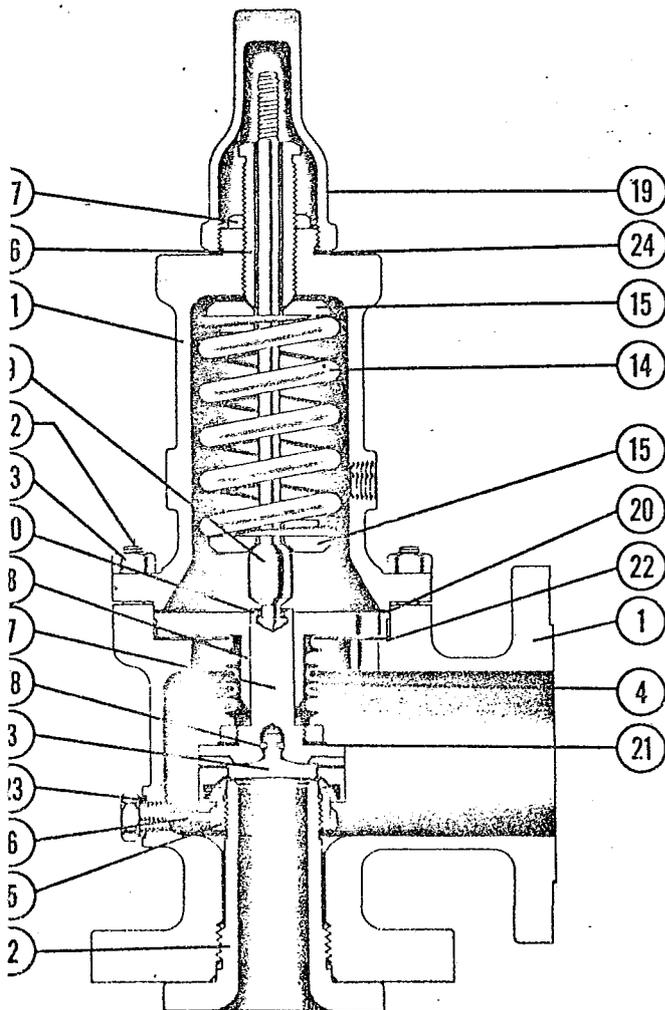
desde "D" hasta "T"

ENTRADAS - SALIDAS

de 2" hasta 8" x 10" Bridadas conforme ANSI B 16.5

SERIE 1900 - 30

Valvulas de seguridad y alivio con fuelle balanceado que sella el área de guía y las partes superiores de la válvula contra fluidos corrosivos o viscosos, el fuelle además, elimina los efectos de la contrapresión variable en la salida.



1 BASE: TIPOS 1905-30/1906-30/ 1910-30/1912-30	ASTM-A216 Acero al Carbón Grado WCB
2 Boquilla	ASTM-A-182 Ac: Inox. Grado F-316
3 Disco	ASTM-A182 Ac. Inox. Grado F-316
4 Fuelles	AISI 316 L Acero Inoxidable
5 Anillo de ajuste 6 Perno 7 Porta disco	Acero al Cromo 17-20 % Acero Inox. AISI 414 ASTM A-182 Acero Inox. Grado F-304
8 Guía 9 Vastago	AISI 430 Acero Inox. Cromo ASTM A-276 Acero Inox. Grado 414
10 Retén	Acero Inoxidable 17-7 PH
11 Bonete	ASTM-A-216 Acero al Carbón Grado WCB
12 Birlo	ASTM A-193 Acero Alloy Grado B7
13 Tuerca	ASTM A-194 Acero Clase 1
14 Resorte 15 Rondana	Acero al Carbón AISI C-1020 Acero al Carbon
16 Tornillo de ajuste 17 Tuerca 18 Reten del disco	ASTM A-276 Acero Inox. Grado 414 Acero Inoxidable AISI 416 Acero Inoxidable 17-7 PH
19 Casquillo 20 Junta del bonete 21 Junta del fuelle 22 Junta de la guía	ASTM-A-216 Acero al Carbón Grado WCB Hierro suave Asbesto Asbesto
23 Junta del perno 24 Junta del casquillo	Acero Inoxidable 316 Acero Inoxidable 316

dispositivos de protección diseñados para relevar automáticamente fluidos, - cuando la presión de los equipos que protegen llegue a un límite predeterminado, con el fin de impedir que se alcancen niveles peligrosos y su función primordial en las Estaciones de Regulación y Medición de gas natural es mantener una presión de operación. Debiendose instalar obligatoriamente en posición vertical. Generalmente no se debe colocar válvulas de bloqueo a la entrada de los dispositivos de alivio, pero como en el caso de las estaciones de gas natural se requiere su instalación, para poder retirar la válvula del cabezal para los casos de inspección ó reparación, si se permite usar bloques, bajo la condición de que cuenten con un dispositivo que permita asegurarlas en posición abierta (con candado ó llave).

Ecuación para calcular el área de orificio requerida.

$$A = G_{cm} (\text{Sp. Gr.})^{0.5} (T_a)^{0.5} (Z)^{0.5} / 1.175 G_1 P_1$$

donde:

A = área de orificio requerida en pulgadas cuadradas.

G_{cm} = capacidad de gas a desfogar en piés cúbicos por minuto a condiciones estandar.

Sp. Gr. = gravedad específica del gas.

Z = factor de desviación factor de compresibilidad a P₁ y T_a

P₁ = presión de flujo en libras por pulgada cuadrada absolutas

(suma de la presión de calibración más la sobrepresión más 14.7)

T_a = temperatura de entrada absoluta en grados rankine.

C₁ = constante del gas.- seleccionada de la siguiente tabla:

Producto	Constante C ₁
Aire	347
Gas natural	335
Metano	339
Etano	331

Producto	Constante C ₁
Propano	332
Butano	318
Pentano	315 a 97° F.
Hexano	314

Observaciones:

La Presión de calibración será como máximo, igual a la presión de diseño de los equipos a proteger y como mínimo, se considerará un 10% mayor a la presión máxima de operación de los equipos .

La sobrepresión la podemos seleccionar de entre cualquiera de los valores comprendidos en el rango del 10% al 40% de la presión de calibración, siendo el más apropiado para desfogar a la atmósfera los cabezales de regulación y medición de gas natural, el 10% de la presión de calibración.

Cálculo del área de orificio requerida para desfogar el flujo de diseño y aliviar presión después del primer paso de regulación del cabezal de la Estación de gas natural para proteger el tubo de medición seleccionado previamente.

Datos:

$$G_{cm} = 1436.67 \text{ P.C.M.S.}$$

$$\text{Sp. Gr.} = 0.6$$

$$Z = 0.96$$

$$\text{Presión de calibración} : 330 \text{ psig}$$

$$\text{Sobrepresión: } 33 \text{ psig}$$

$$P_1 = 330 \text{ psig} + 33 \text{ psig} + 14.7 \text{ psig} = 377.7 \text{ psig.}$$

$$T_a = 68^\circ\text{F} + 460 = 528^\circ \text{ R}$$

$$C_1 = 335 \text{ para gas natural}$$

$$\text{Area requerida} = \frac{1436.67 (0.6)^{0.5} (0.96)^{0.5} (528)^{0.5}}{1.175 (335) (377.7)}$$

$$A_R = 0.169 \text{ pulgadas cuadradas}$$

Area de orificio seleccionada = 0.196 pulgadas cuadradas que corresponde a una válvula de seguridad con orificio tipo "E" de acuerdo con las gráficas adjuntas. En las mismas gráficas podemos observar, que para la presión de calibración de 330 psig y la temperatura de operación de 68°F se requiere una válvula modelo 1910 Ec, con entrada de 25.4 mm. (1") Ø nominal, 300 ANSI y salida de 51 mm. (2") Ø nominal, 150 ANSI. Para la cual especificaremos conexiones bridadas con cara realzada con el objeto de facilitar su inspección y mantenimiento.

Las características complementarias verlas en la hoja de especificaciones No. 1 adjunta, donde se indican los estandares de fabricación para compra de este equipo a manera de ejemplo.

Cálculo del área de orificio requerida para desfogar el flujo de diseño y aliviar presión después del segundo paso de regulación del cabezal de la estación de gas natural para proteger la Red de Distribución para Uso Doméstico de la Colonia.

Datos:

$$G_{cm} = 1436.67 \text{ P.C.M.S.}$$

$$\text{Sp. Gr.} = 0.6$$

$$Z = 1.0$$

Presión de calibración = 66 psig

Sobrepresión = 6.6 psig

$$P_1 = 66 \text{ psig} + 6.6 \text{ psig} + 14.7 \text{ psig} = 87.3 \text{ psig}$$

$$T_a = 68^\circ \text{ F} + 460 = 528^\circ \text{ R}$$

$C_1 = 335$ para gas natural

$$\text{Area requerida} = \frac{1436.67 (0.6)^{0.5} (1.0)^{0.5} (528)^{0.5}}{1.175 (335) (87.3)}$$

$A_R = 0.744$ pulgadas cuadradas

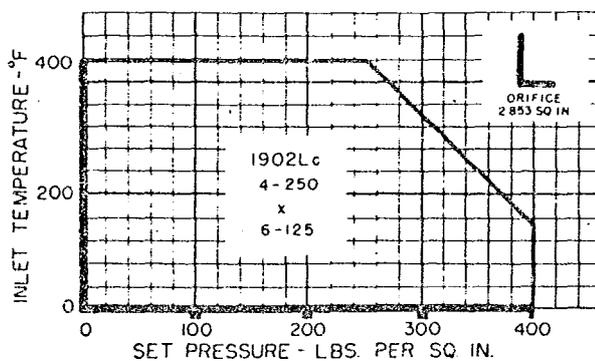
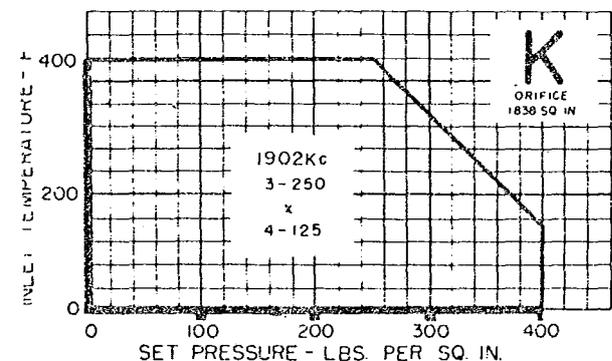
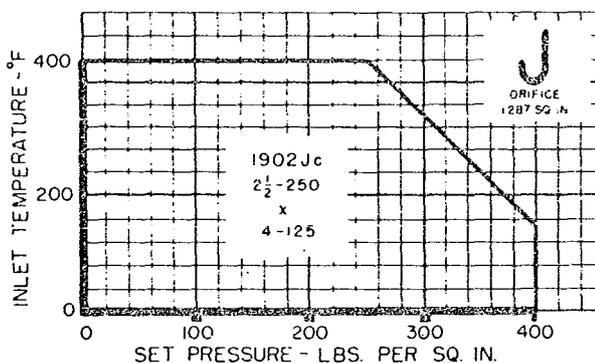
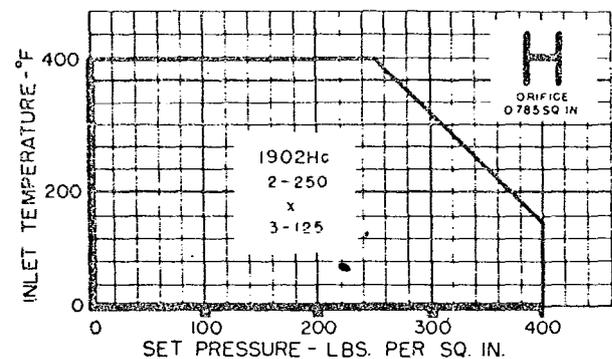
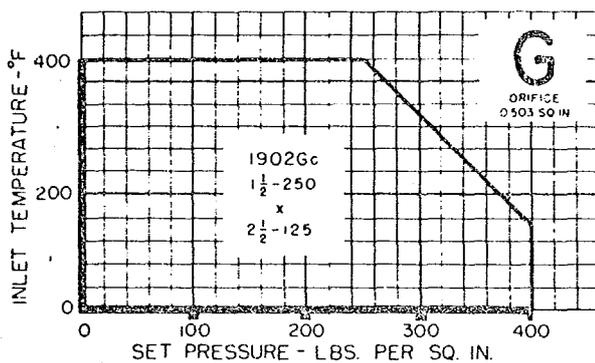
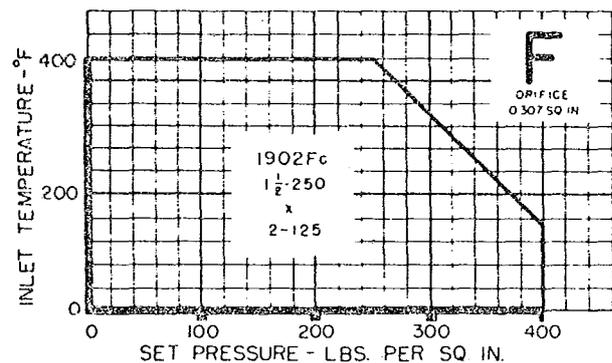
Area de orificio seleccionada = 0.785 pulgadas cuadradas que corresponde a -

Duraval

Consolidated® Safety Relief Valves

Conventional Semi-Nozzle Safety — Type 1902

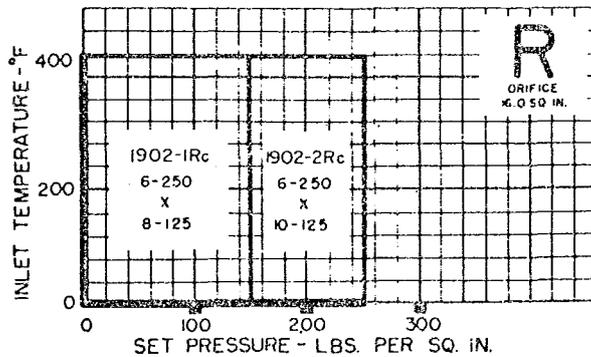
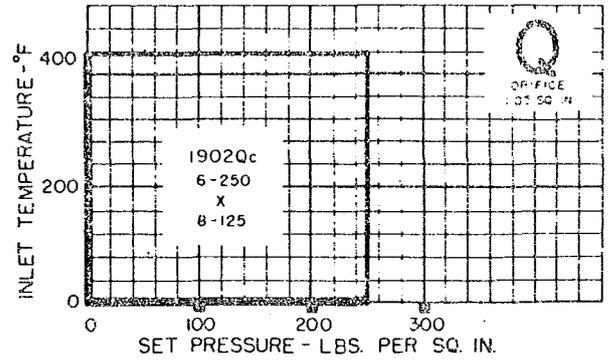
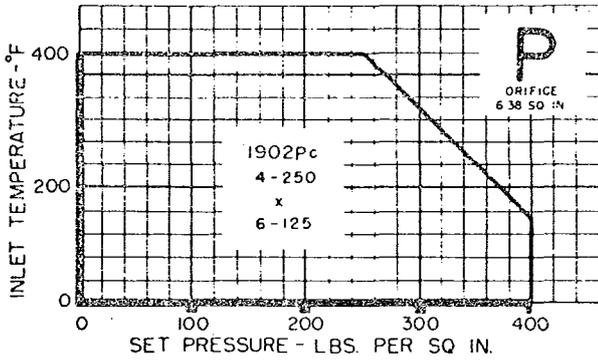
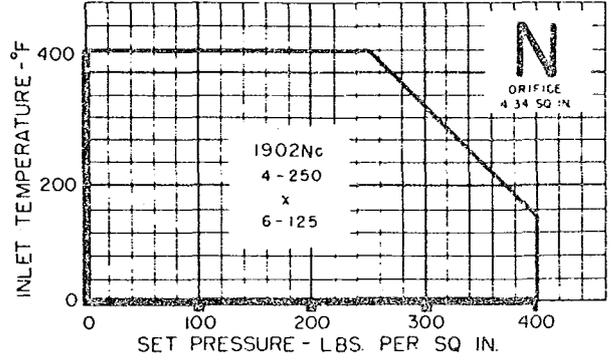
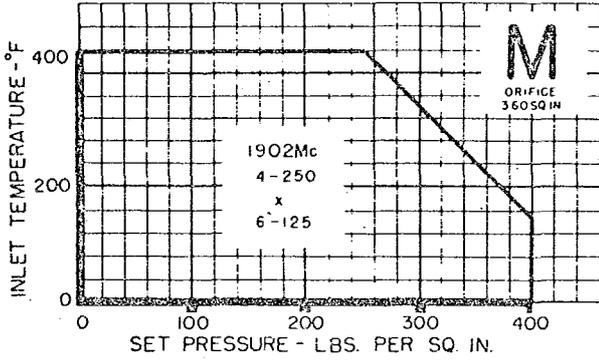
Standard Valve Selection Charts Iron — Flanged — All Orifices



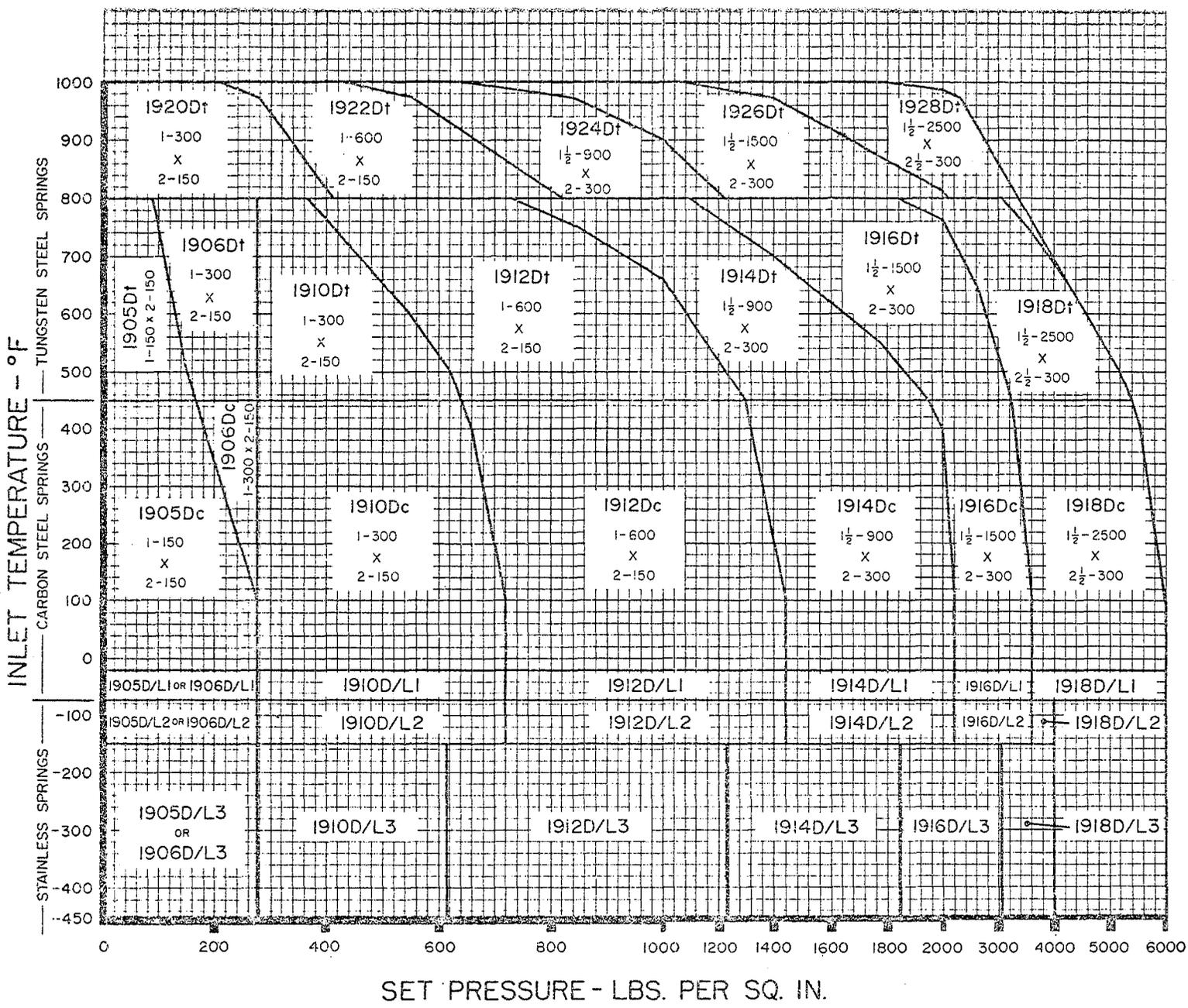
Duraval Consolidated® Safety Relief Valves

Conventional Semi-Nozzle Safety — Type 1902 5-3

Standard Valve Selection Charts Iron — Flanged — All Orifices

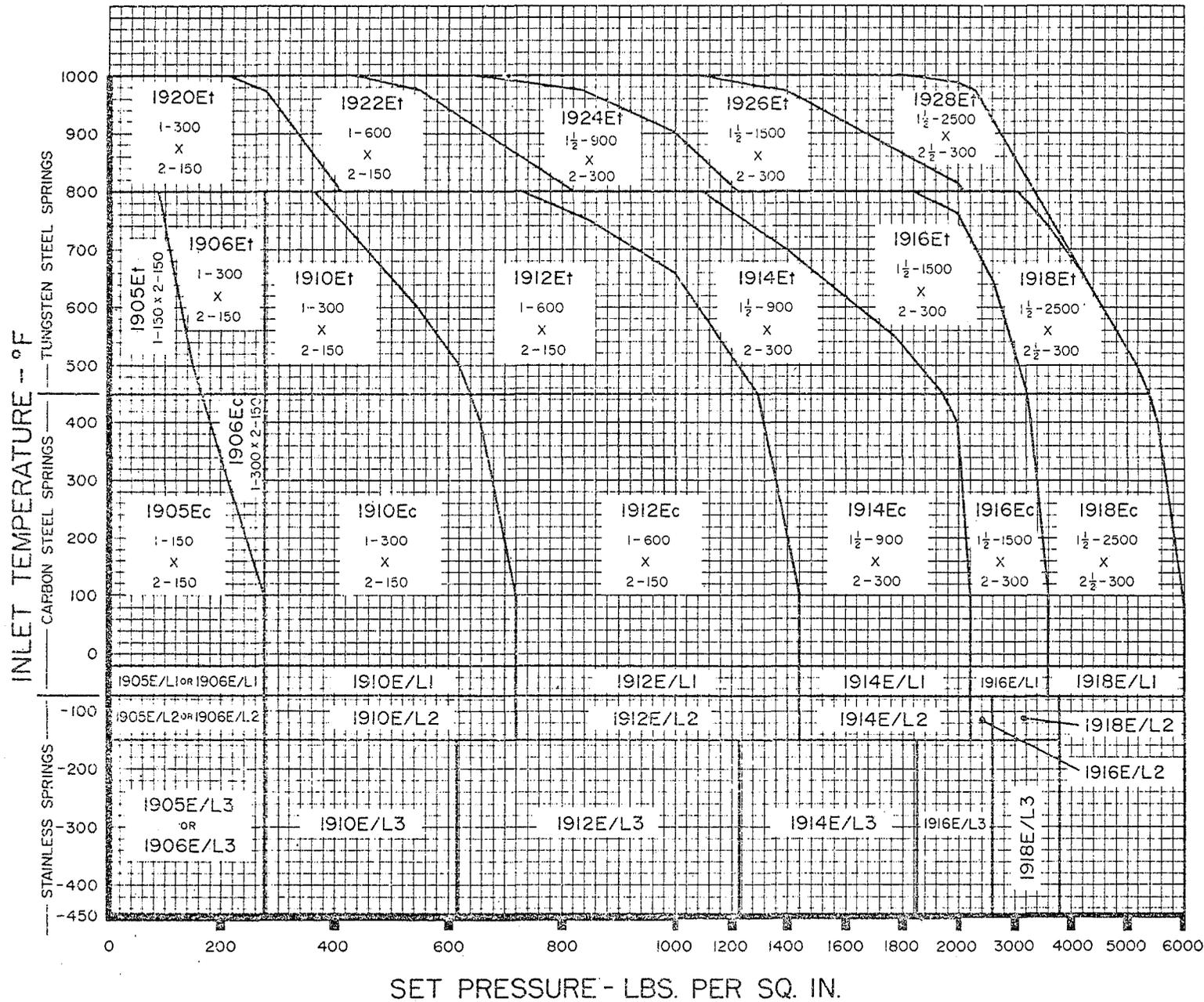


Selection Chart* for Vapors, Gases and Liquids
 1900 Series, D Orifice — Area: 0.110 sq. in. 5-5



For Standard material lists — see Section 2
 For Special material lists — see Section 5

* Note: For Bellows Type Valve, insert Figure 30 into standard valve type number; i.e.: Type Number 1905 Dc becomes 1905-30 Dc. Bellows in this orifice size are for sealing purposes only; does not compensate for variable back pressure.

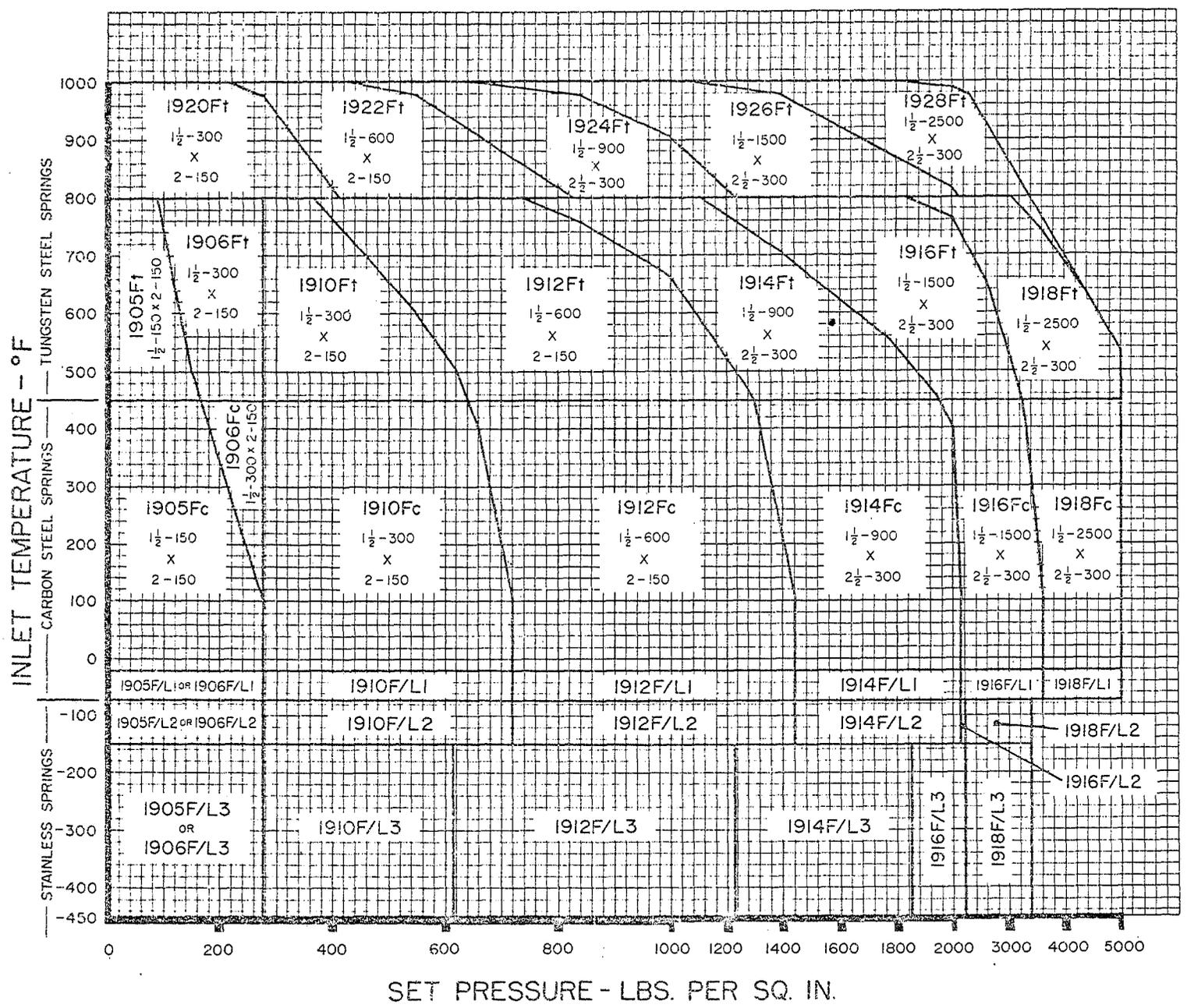


For Standard material lists — see Section 2
For Special material lists — see Section 5

Selection Chart * for Vapors, Gases and Liquids
 1900 Series, E Orifice — Area: 0.196 sq. in. 5-7

* Note: For Bellows Type Valve, insert Figure 30 into standard valve type number; i.e.: Type Number 1905 Ec becomes 1905-30 Ec. Bellows in this orifice size are for sealing purposes only; does not compensate for variable back pressure.

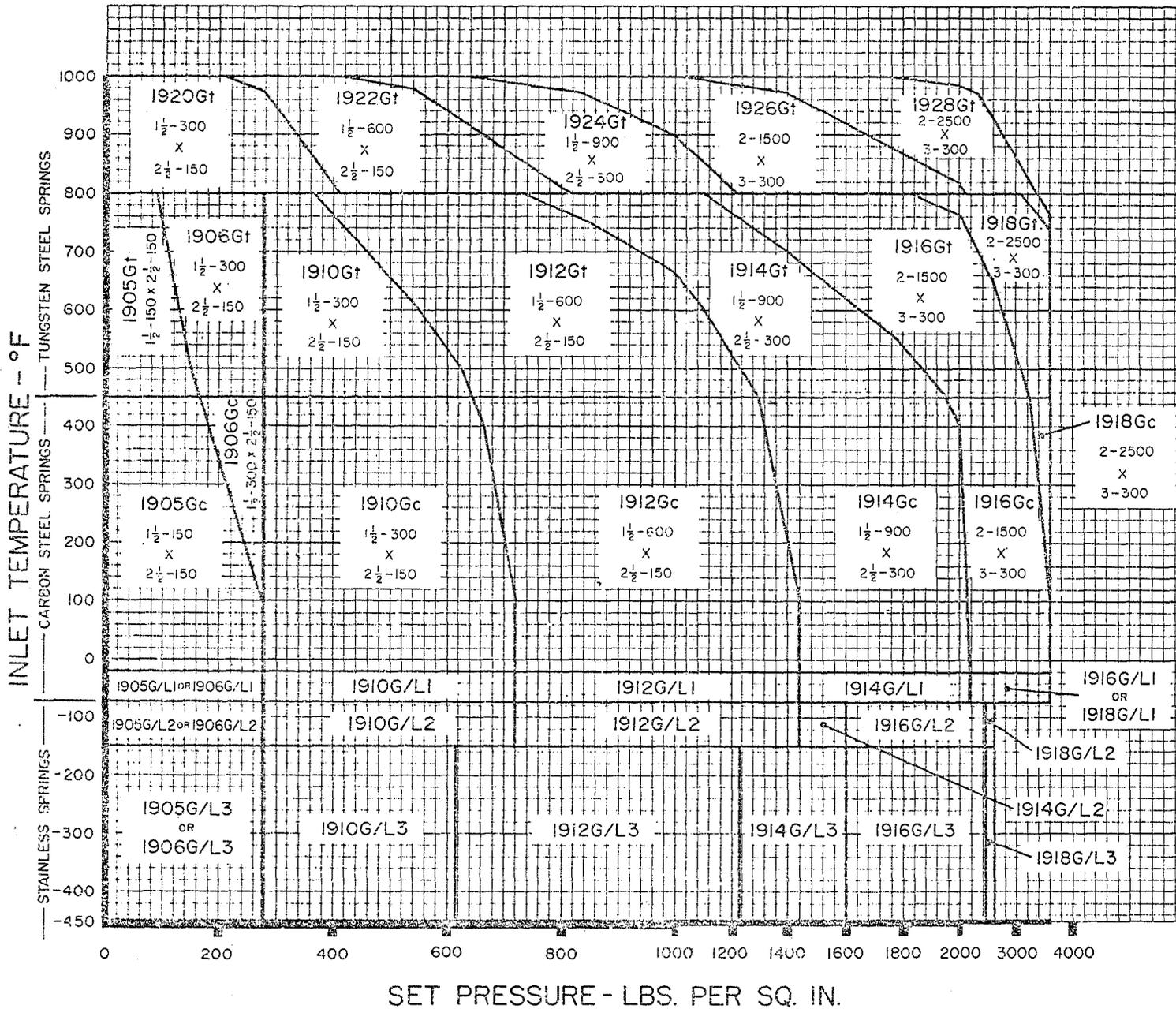
For Standard material lists — see Section 2
For Special material lists — see Section 5



★ Note: For Balanced Bellows Valve, insert Figure 30 into standard valve type number; i.e.: Type Number 1905 Fc becomes 1905-30 Fc. For Auxiliary Balanced Piston Bellows Valve, insert Figure 35 into standard valve type number; i.e.: Type Number 1905 Fc becomes 1905-35 Fc.

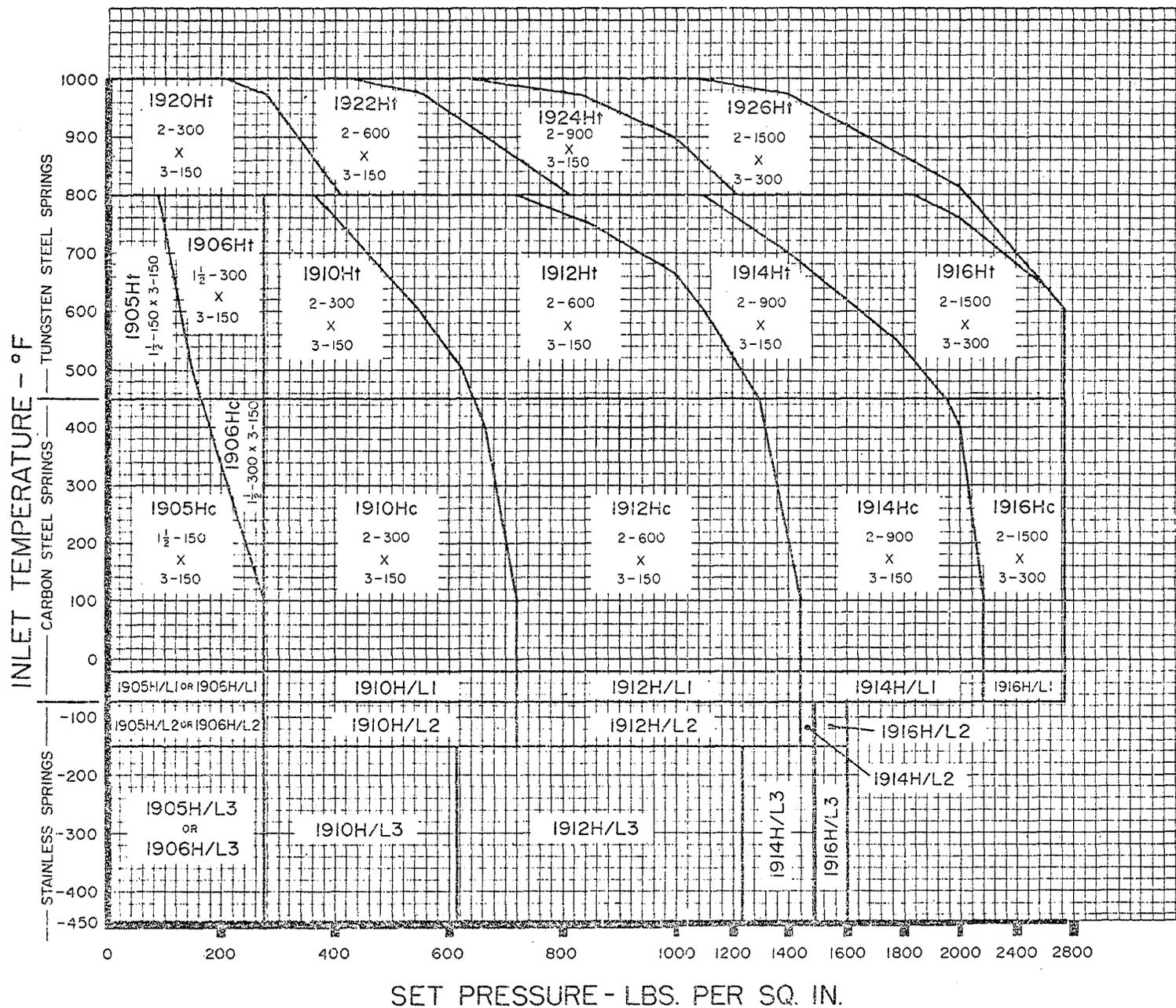
Selection Chart* for Vapors, Gases and Liquids
 1900, 1900-30, 1900-35 Series, F Orifice — Area: 0.307 sq. in. 59

For Standard material lists — see Section 2
For Special material lists — see Section 5



Selection Chart* for Vapors, Gases and Liquids
1900, 1900-30, 1900-35 Series, G Orifice — Area: 0.503 sq. in. 5-11

* Note: For Balanced Bellows Valve, insert Figure 30 into standard valve type number; i.e.: Type Number 1905 Gc becomes 1905-30 Gc. For Auxiliary Balanced Piston Bellows Valve, insert Figure 35 into standard valve type number; i.e.: Type Number 1905 Gc becomes 1905-35 Gc.

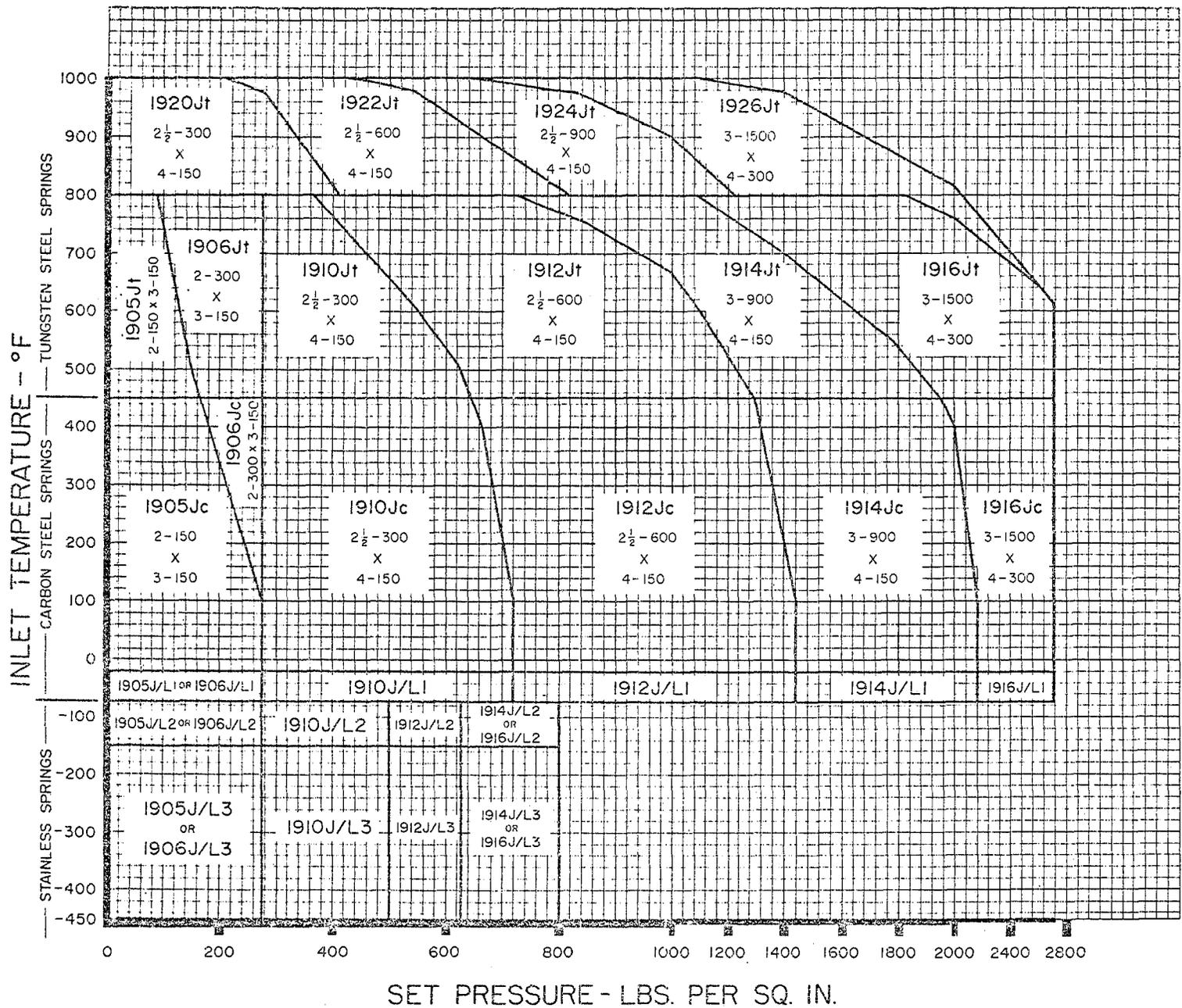


For Standard material lists — see Section 2
For Special material lists — see Section 5

Selection Chart* for Vapors, Gases and Liquids
 1900, 1900-30, 1900-35 Series, H Orifice — Area: 0.785 sq. in. 5-13

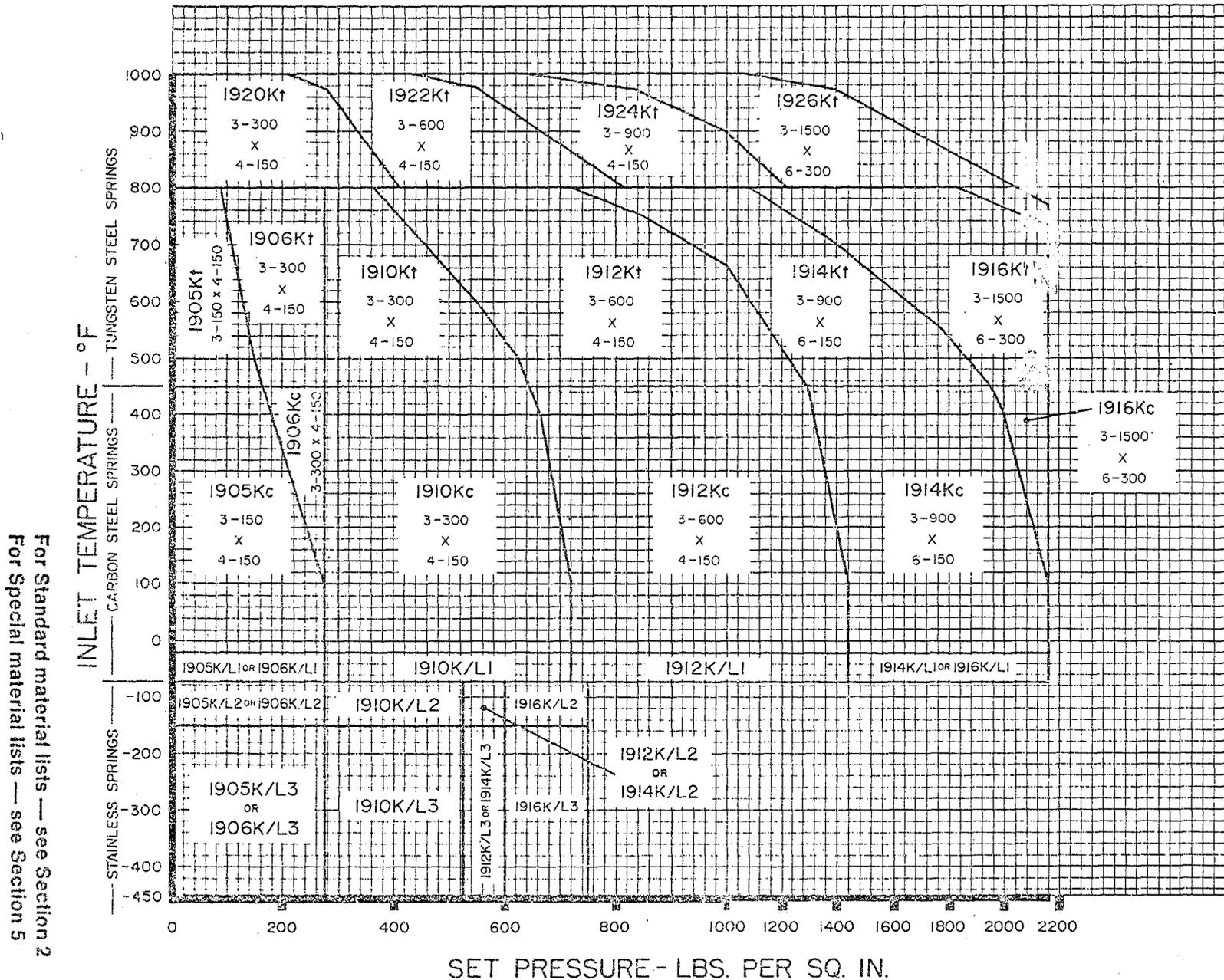
* Note: For Balanced Bellows Valve, insert Figure 30 into standard valve type number; i.e.: Type Number 1905 Hc becomes 1905-30 Hc. For Auxiliary Balanced Piston Bellows Valve, insert Figure 35 into standard valve type number; i.e.: Type Number 1905 Hc becomes 1905-35 Hc.

For Standard material lists — see Section 2
For Special material lists — see Section 5



Selection Chart * for Vapors, Gases and Liquids
1900, 1900-30, 1900-35 Series, J Orifice — Area: 1.287 sq. in. 5-15

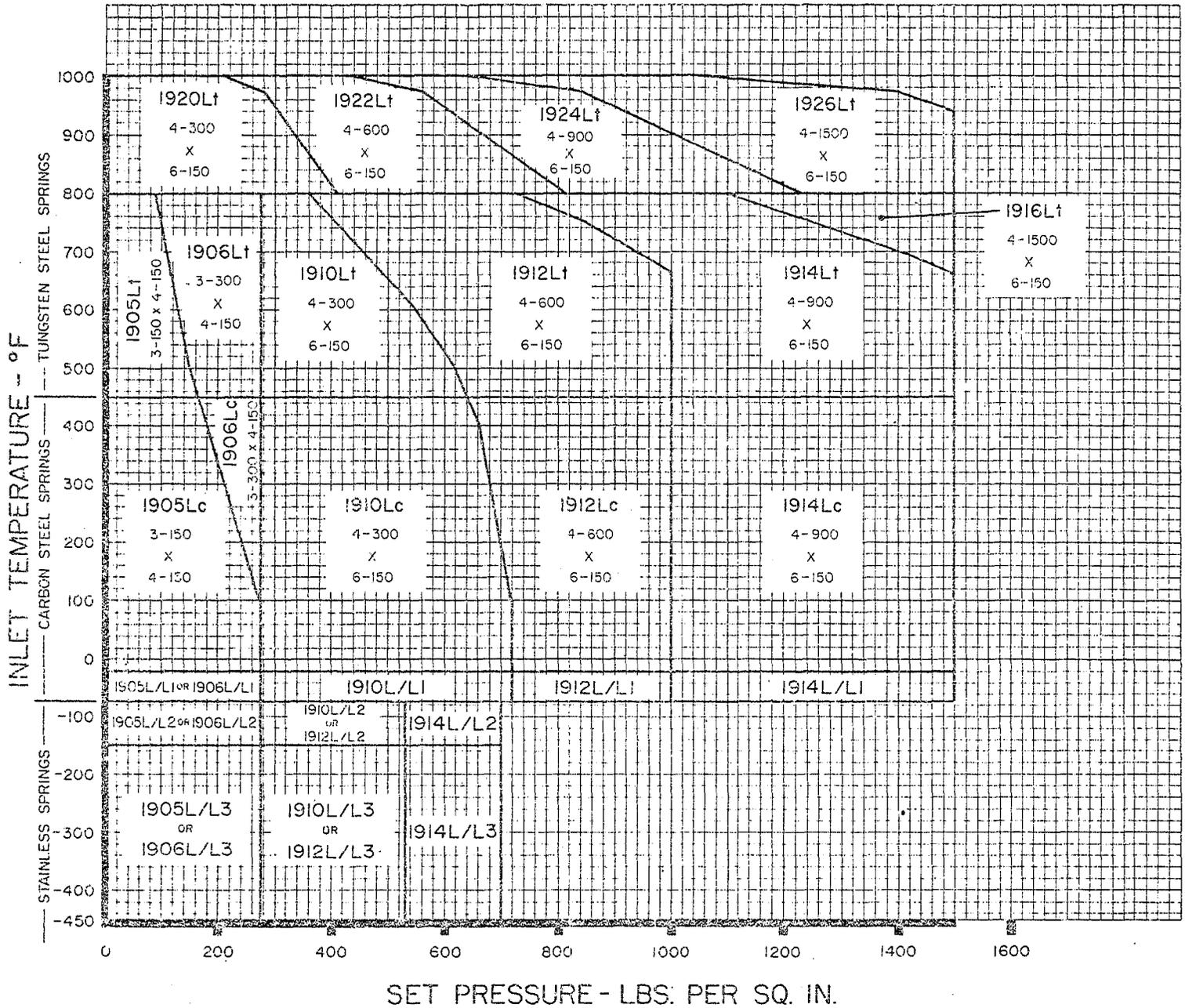
* Note: For Balanced Bellows Valve, insert Figure 30 into standard valve type number; i.e.: Type Number 1905 Jc becomes 1905-30 Jc. For Auxiliary Balanced Piston Bellows Valve, insert Figure 35 into standard valve type number; i.e.: Type Number 1905 Jc becomes 1905-35 Jc.



For Standard material lists — see Section 2
 For Special material lists — see Section 5

Selection Chart * for Vapors, Gases and Liquids
 1905, 1906, 1910, 1912, 1914, 1916 Series, K Orifice — Area: 1.838 sq. in. 5-17

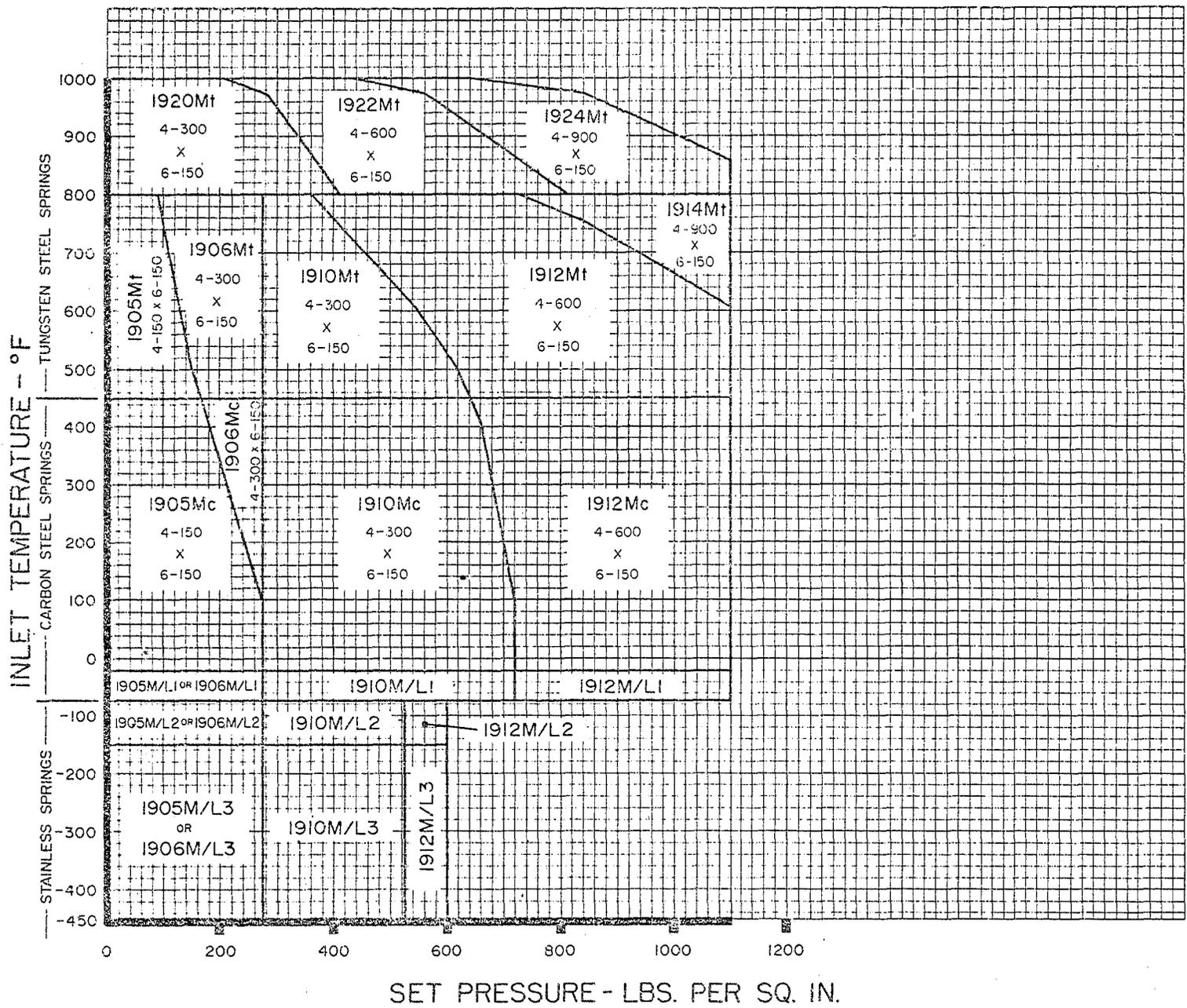
* Note: For Balanced Bellows Valve, insert Figure 30 into standard valve type number; i.e.: Type Number 1905 Kc becomes 1905-30 Kc. For Auxiliary Balanced Piston Bellows Valve, insert Figure 35 into standard valve type number; i.e.: Type Number 1905 Kc becomes 1905-35 Kc.



For Standard material lists — see Section 2
For Special material lists — see Section 5

Selection Chart* for Vapors, Gases and Liquids
 1900, 1900-30, 1900-35 Series, L Orifice — Area: 2.853 sq. in. 5-19

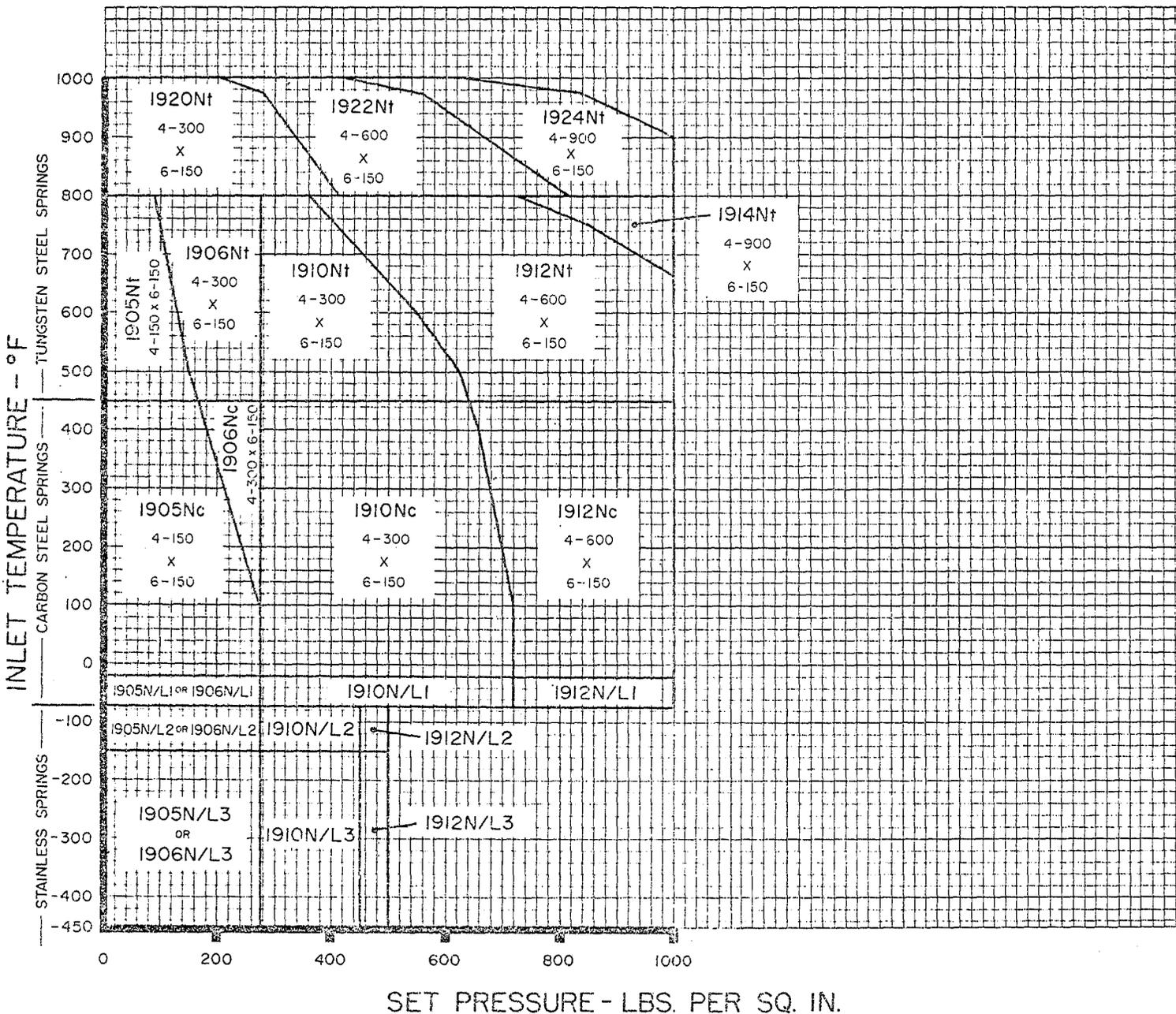
* Note: For Balanced Bellows Valve, insert Figure 30 into standard valve type number; i.e.: Type Number 1905 Lc becomes 1905-30 Lc. For Auxiliary Balanced Piston Bellows Valve, insert Figure 35 into standard valve type number; i.e.: Type Number 1905 Lc becomes 1905-35 Lc.



For Standard material lists — see Section 2
For Special material lists — see Section 5

Selection Chart* for Vapors, Gases and Liquids
1900, 1900-30, 1900-35 Series, M Orifice — Area: 3.60 sq. in. 5.21

* Note: For Balanced Bellows Valve, insert Figure 30 into standard valve type number; i.e.: Type Number 1905 Mc becomes 1905-30 Mc. For Auxiliary Balanced Piston Bellows Valve, insert Figure 35 into standard valve type number; i.e.: Type Number 1905 Mc becomes 1905-35 Mc.



For Standard material lists — see Section 2
For Special material lists — see Section 5

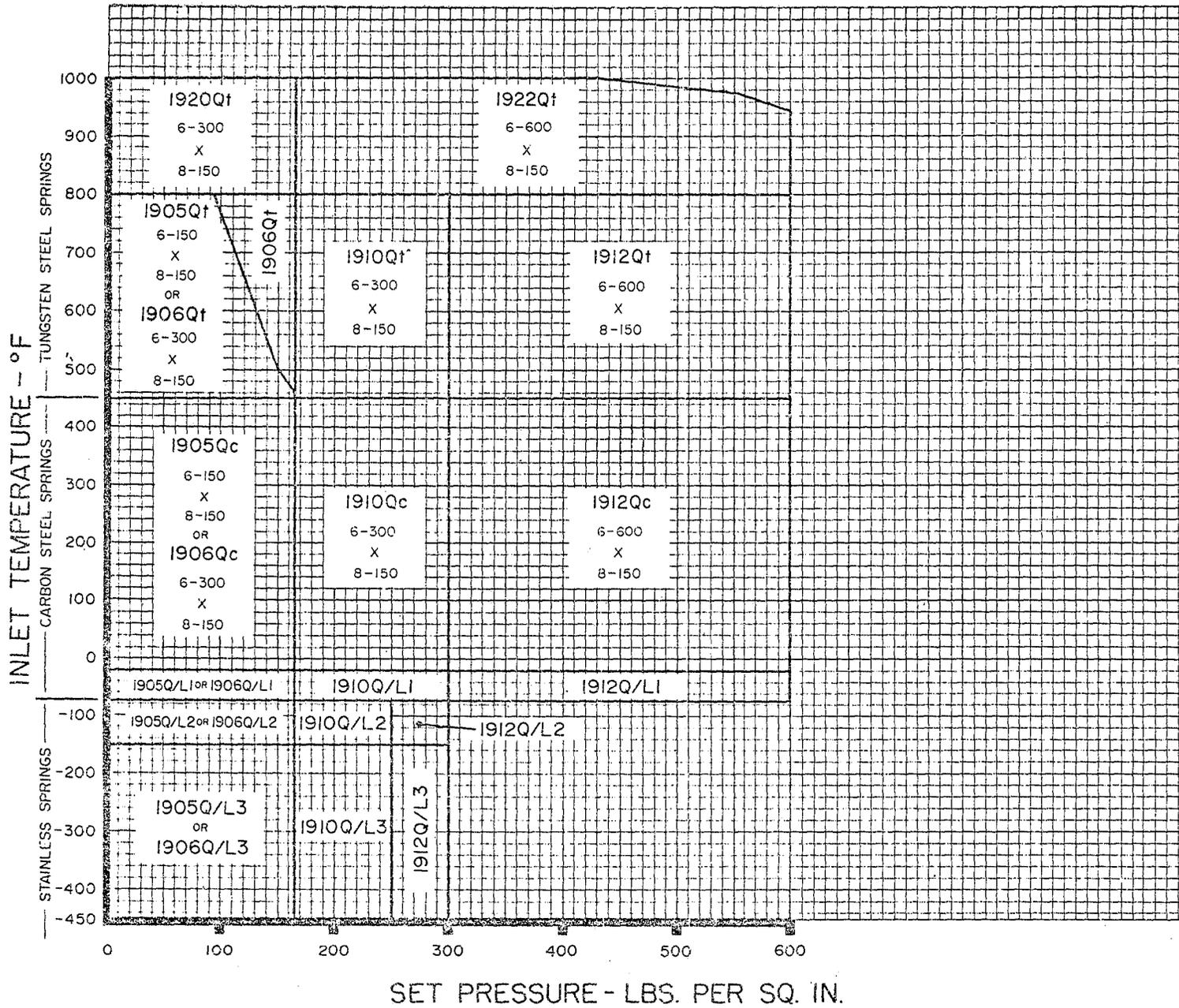
★ Note: For Balanced Bellows Valve, insert Figure 30 into standard valve type number; i.e.: Type Number 1905 Nc becomes 1905-30Nc. For Auxiliary Balanced Piston Bellows Valve, insert Figure 35 into standard valve type number; i.e.: Type Number 1905 Nc becomes 1905-35 Nc.

Selection Chart* for Vapors, Gases and Liquids
1900, 1900-30, 1900-35 Series, N Orifice — Area: 4.34 sq. in. 5-23



For Standard material lists — see Section 2
For Special material lists — see Section 5

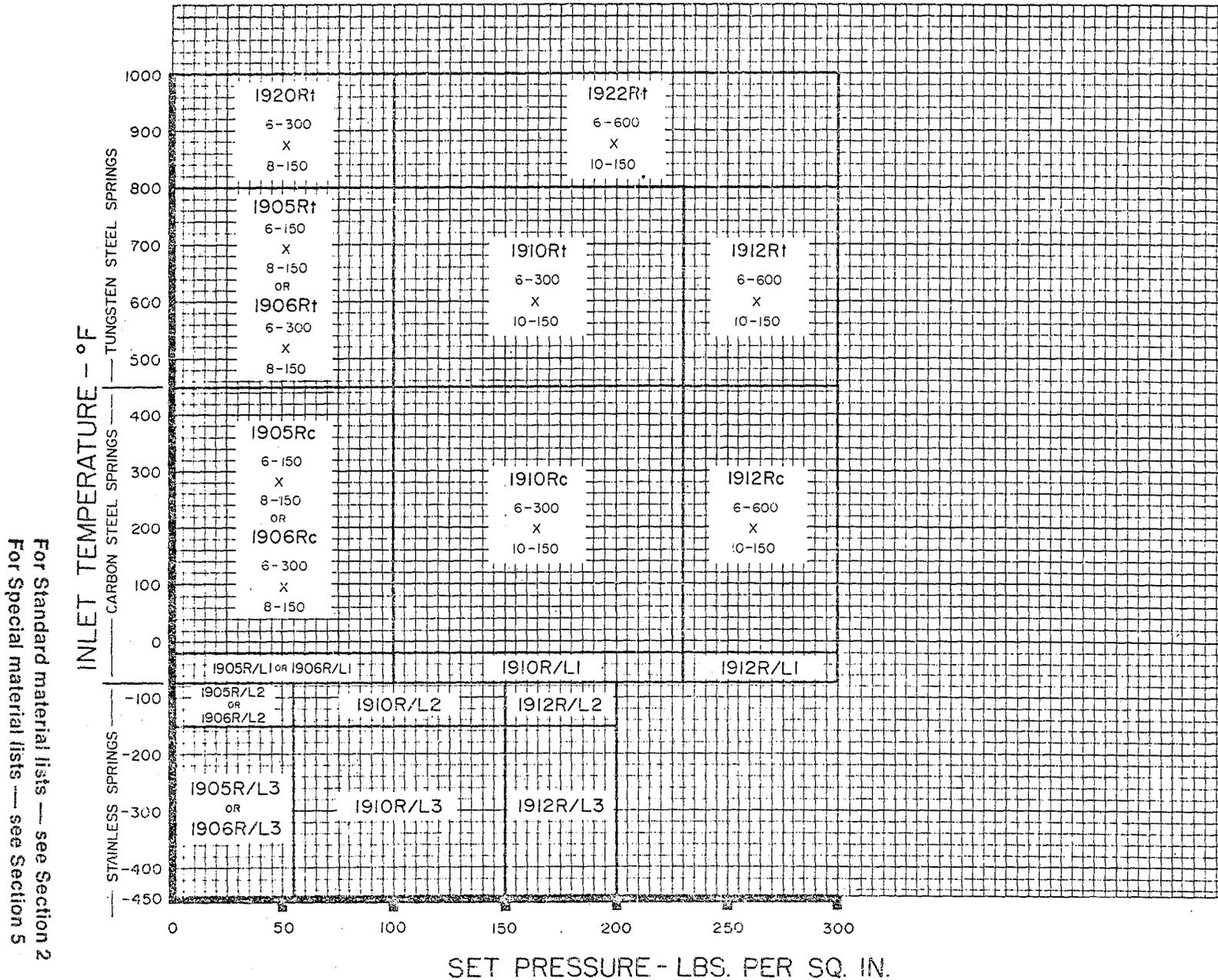
★ Note: For Balanced Bellows Valve, insert Figure 30 into standard valve type number; i.e.: Type Number 1905 Pc becomes 1905-30 Pc. For Auxiliary Balanced Piston Bellows Valve, insert Figure 35 into standard valve type number; i.e.: Type Number 1905 Pc becomes 1905-35 Pc.



For Standard material lists — see Section 2
For Special material lists — see Section 5

Selection Chart* for Vapors, Gases and Liquids
1900, 1900-30, 1900-35 Series, Q Orifice — Area: 1.05 sq. in. 5-27

* Note: For Balanced Bellows Valve, insert Figure 30 into standard valve type number; i.e.: Type Number 1905 Qc becomes 1905-30 Qc. For Auxiliary Balanced Piston Bellows Valve, insert Figure 35 into standard valve type number; i.e.: Type Number 1905 Qc becomes 1905-35 Qc.

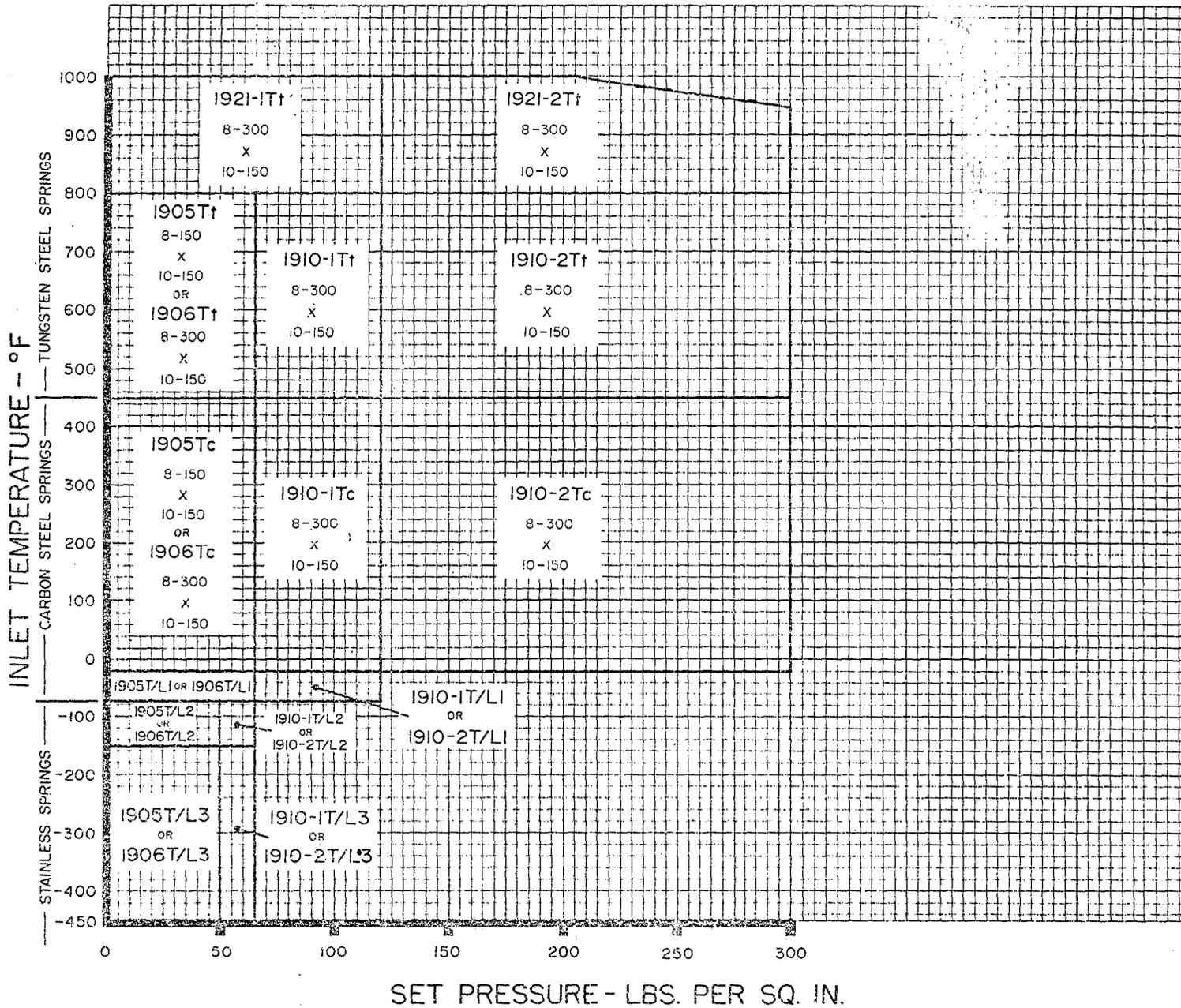


For Standard material lists — see Section 2
For Special material lists — see Section 5

Selection Chart * for Vapors, Gases and Liquids
1900, 1900-30, 1900-35 Series, R Orifice — Area: 16.0 sq. in. 5-29

* Note: For Balanced Bellows Valve, insert Figure 30 into standard valve type number; i.e.: Type Number 1905 Rc becomes 1905-30 Rc. For Auxiliary Balanced Piston Bellows Valve, insert Figure 35 into standard valve type number; i.e.: Type Number 1905 Rc becomes 1905-35 Rc.

Selection Chart * for Vapors, Gases and Liquids
 1900, 1900-30, 1900-35 Series, T Orifice — Area: 26.0 sq. in. 5-31



For Standard material lists — see Section 2
 For Special material lists — see Section 5

* Note: For Balanced Bellows Valve, insert Figure 30 into standard valve type number; i.e.: Type Number 1905 Tc becomes 1905-30 Tc. For Auxiliary Balanced Piston Bellows Valve, insert Figure 35 into standard valve type number; i.e.: Type Number 1905 Tc becomes 1905-35 Tc.

Selection Table for Vapors, Gases and Liquids
 900 Series, D Orifice — Area: 0.110 sq. in.

Standard	Bellows*	Outlet	R.F. or R.J.	R.F.	-151°F	-76°F	-21°F	+20°F	450°F	800°F	1000°F	Standard	Bellows	Body	Spring	Temp. Range
1905 Dc	1905-30 Dc	1 x 2	150#	150#	—	—	—	275#	195#	—	—	230#	230#	Carbon Steel	Carbon Steel	-20°F to 450°F
1906 Dc	1906-30 Dc	1 x 2	300#	150#	—	—	—	275#	275#	—	—	230#	230#			
1910 Dc	1910-30 Dc	1 x 2	300#	150#	—	—	—	720#	650#	—	—	230#	230#			
1912 Dc	1912-30 Dc	1 x 2	600#	150#	—	—	—	1440#	1305#	—	—	230#	230#			
1914 Dc	1914-30 Dc	1½ x 2	900#	300#	—	—	—	2160#	1955#	—	—	600#	500#			
1916 Dc	1916-30 Dc	1½ x 2	1500#	300#	—	—	—	3600#	3255#	—	—	600#	500#			
1918 Dc	1918-30 Dc	1½ x 2½	2500#	300#	—	—	—	6000#	5430#	—	—	600#	500#			
1905 Dt	1905-30 Dt	1 x 2	150#	150#	—	—	—	—	165#	92#	—	230#	230#	Carbon Steel	High Temp. Alloy	451°F to 800°F
1906 Dt	1906-30 Dt	1 x 2	300#	150#	—	—	—	—	275#	275#	—	230#	230#			
1910 Dt	1910-30 Dt	1 x 2	300#	150#	—	—	—	—	650#	365#	—	230#	230#			
1912 Dt	1912-30 Dt	1 x 2	600#	150#	—	—	—	—	1305#	730#	—	230#	230#			
1914 Dt	1914-30 Dt	1½ x 2	900#	300#	—	—	—	—	1955#	1100#	—	600#	500#			
1916 Dt	1916-30 Dt	1½ x 2	1500#	300#	—	—	—	—	3255#	1830#	—	600#	500#			
1918 Dt	1918-30 Dt	1½ x 2½	2500#	300#	—	—	—	—	5430#	3050#	—	600#	500#			
1920 Dt	1920-30 Dt	1 x 2	300#	150#	—	—	—	—	—	410#	215#	230#	230#	Carbon Moly. Steel	High Temp. Alloy	801°F to 1000°F
1922 Dt	1922-30 Dt	1 x 2	600#	150#	—	—	—	—	—	815#	430#	230#	230#			
1924 Dt	1924-30 Dt	1½ x 2	900#	300#	—	—	—	—	—	1225#	645#	600#	500#			
1926 Dt	1926-30 Dt	1½ x 2	1500#	300#	—	—	—	—	—	2040#	1070#	600#	500#			
1928 Dt	1928-30 Dt	1½ x 2½	2500#	300#	—	—	—	—	—	3400#	1780#	600#	500#			
1905 D/L 1	1905-30 D/L 1	1 x 2	150#	150#	—	—	275#	—	—	—	—	230#	230#	3½ % Nickel Steel	Carbon Steel	-21°F to -75°F
1906 D/L 1	1906-30 D/L 1	1 x 2	300#	150#	—	—	275#	—	—	—	—	230#	230#			
1910 D/L 1	1910-30 D/L 1	1 x 2	300#	150#	—	—	720#	—	—	—	—	230#	230#			
1912 D/L 1	1912-30 D/L 1	1 x 2	600#	150#	—	—	1440#	—	—	—	—	230#	230#			
1914 D/L 1	1914-30 D/L 1	1½ x 2	900#	300#	—	—	2160#	—	—	—	—	600#	500#			
1916 D/L 1	1916-30 D/L 1	1½ x 2	1500#	300#	—	—	3600#	—	—	—	—	600#	500#			
1918 D/L 1	1918-30 D/L 1	1½ x 2½	2500#	300#	—	—	6000#	—	—	—	—	600#	500#			
1905 D/L 2	1905-30 D/L 2	1 x 2	150#	150#	—	275#	—	—	—	—	—	230#	230#	3½ % Nickel Steel	Austenitic Stainless Steel	-76°F to -150°F
1906 D/L 2	1906-30 D/L 2	1 x 2	300#	150#	—	275#	—	—	—	—	—	230#	230#			
1910 D/L 2	1910-30 D/L 2	1 x 2	300#	150#	—	720#	—	—	—	—	—	230#	230#			
1912 D/L 2	1912-30 D/L 2	1 x 2	600#	150#	—	1440#	—	—	—	—	—	230#	230#			
1914 D/L 2	1914-30 D/L 2	1½ x 2	900#	300#	—	2160#	—	—	—	—	—	600#	500#			
1916 D/L 2	1916-30 D/L 2	1½ x 2	1500#	300#	—	3600#	—	—	—	—	—	600#	500#			
1918 D/L 2	1918-30 D/L 2	1½ x 2½	2500#	300#	—	4000#	—	—	—	—	—	600#	500#			
1905 D/L 3	1905-30 D/L 3	1 x 2	150#	150#	275#	—	—	—	—	—	—	230#	230#	Austenitic Stainless Steel	Austenitic Stainless Steel	-151°F to -450°F
1906 D/L 3	1906-30 D/L 3	1 x 2	300#	150#	275#	—	—	—	—	—	—	230#	230#			
1910 D/L 3	1910-30 D/L 3	1 x 2	300#	150#	615#	—	—	—	—	—	—	230#	230#			
1912 D/L 3	1912-30 D/L 3	1 x 2	600#	150#	1235#	—	—	—	—	—	—	230#	230#			
1914 D/L 3	1914-30 D/L 3	1½ x 2	900#	300#	1850#	—	—	—	—	—	—	600#	500#			
1916 D/L 3	1916-30 D/L 3	1½ x 2	1500#	300#	3085#	—	—	—	—	—	—	600#	500#			
1918 D/L 3	1918-30 D/L 3	1½ x 2½	2500#	300#	4000#	—	—	—	—	—	—	600#	500#			

*Bellows for sealing purposes only; does not compensate for variable back pressure.

Selection Table for Vapors, Gases and Liquids
1900 Series, E Orifice — Area: 0.196 sq. in.

Standard	Bellows*	Inlet x Outlet	Inlet R.F. or R.J.	Outlet R.F.	—450°F —151°F	—150°F —76°F	—75°F —21°F	—23°F +100°F	450°F	800°F	1000°F	Standard	Bellows	Body	Spring	Temp. Range
														Carbon	Steel		Carbon	Steel
1905 Ec	1905-30 Ec	1 x 2	150#	150#	—	—	—	275#	165#	—	—	230#	230#	Carbon	Carbon	—20°F to 450°F
1905 Ec	1906-30 Ec	1 x 2	300#	150#	—	—	—	275#	275#	—	—	230#	230#			
1910 Ec	1910-30 Ec	1 x 2	300#	150#	—	—	—	720#	650#	—	—	230#	230#			
1912 Ec	1912-30 Ec	1 x 2	600#	150#	—	—	—	1440#	1305#	—	—	230#	230#			
1914 Ec	1914-30 Ec	1½ x 2	900#	300#	—	—	—	2160#	1955#	—	—	230#	230#			
1916 Ec	1916-30 Ec	1½ x 2	1500#	300#	—	—	—	3600#	3255#	—	—	230#	230#			
1918 Ec	1918-30 Ec	1½ x 2½	2500#	300#	—	—	—	6000#	5430#	—	—	230#	230#			
1905 Et	1905-30 Et	1 x 2	150#	150#	—	—	—	—	165#	92#	—	230#	230#	Carbon	High Alloy	451°F to 800°F
1906 Et	1906-30 Et	1 x 2	300#	150#	—	—	—	—	275#	275#	—	600#	500#			
1910 Et	1910-30 Et	1 x 2	300#	150#	—	—	—	—	650#	365#	—	600#	500#			
1912 Et	1912-30 Et	1 x 2	600#	150#	—	—	—	—	1305#	730#	—	600#	500#			
1914 Et	1914-30 Et	1½ x 2	900#	300#	—	—	—	—	1955#	1100#	—	600#	500#			
1916 Et	1916-30 Et	1½ x 2	1500#	300#	—	—	—	—	3255#	1830#	—	600#	500#			
1918 Et	1918-30 Et	1½ x 2½	2500#	300#	—	—	—	—	5430#	3050#	—	600#	500#			
1920 Et	1920-30 Et	1 x 2	300#	150#	—	—	—	—	—	410#	215#	230#	230#	Carbon	High Alloy	801°F to 1000°F
1922 Et	1922-30 Et	1 x 2	600#	150#	—	—	—	—	—	815#	430#	230#	230#			
1924 Et	1924-30 Et	1½ x 2	900#	300#	—	—	—	—	—	1225#	645#	600#	500#			
1926 Et	1926-30 Et	1½ x 2	1500#	300#	—	—	—	—	—	2040#	1070#	600#	500#			
1928 Et	1928-30 Et	1½ x 2½	2500#	300#	—	—	—	—	—	3400#	1785#	600#	500#			
1905 E/L 1	1905-30 E/L 1	1 x 2	150#	150#	—	—	275#	—	—	—	—	230#	230#			
1906 E/L 1	1906-30 E/L 1	1 x 2	300#	150#	—	—	275#	—	—	—	—	230#	230#			
1910 E/L 1	1910-30 E/L 1	1 x 2	300#	150#	—	—	720#	—	—	—	—	230#	230#			
1912 E/L 1	1912-30 E/L 1	1 x 2	600#	150#	—	—	1440#	—	—	—	—	230#	230#			
1914 E/L 1	1914-30 E/L 1	1½ x 2	900#	300#	—	—	2160#	—	—	—	—	600#	500#			
1916 E/L 1	1916-30 E/L 1	1½ x 2	1500#	300#	—	—	3600#	—	—	—	—	600#	500#			
1918 E/L 1	1918-30 E/L 1	1½ x 2½	2500#	300#	—	—	6000#	—	—	—	—	600#	500#			
1905 E/L 2	1905-30 E/L 2	1 x 2	150#	150#	—	275#	—	—	—	—	—	230#	230#	3½ % Nickel	Carbon Steel	—21°F to —75°F
1906 E/L 2	1906-30 E/L 2	1 x 2	300#	150#	—	275#	—	—	—	—	—	230#	230#			
1910 E/L 2	1910-30 E/L 2	1 x 2	300#	150#	—	720#	—	—	—	—	—	230#	230#			
1912 E/L 2	1912-30 E/L 2	1 x 2	600#	150#	—	1440#	—	—	—	—	—	230#	230#			
1914 E/L 2	1914-30 E/L 2	1½ x 2	900#	300#	—	2160#	—	—	—	—	—	600#	500#			
1916 E/L 2	1916-30 E/L 2	1½ x 2	1500#	300#	—	2600#	—	—	—	—	—	600#	500#			
1918 E/L 2	1918-30 E/L 2	1½ x 2½	2500#	300#	—	3800#	—	—	—	—	—	600#	500#			
1905 E/L 3	1905-30 E/L 3	1 x 2	150#	150#	275#	—	—	—	—	—	—	230#	230#	Austenitic Steel	Austenitic Steel	—76°F to —150°F
1906 E/L 3	1906-30 E/L 3	1 x 2	300#	150#	275#	—	—	—	—	—	—	230#	230#			
1910 E/L 3	1910-30 E/L 3	1 x 2	300#	150#	615#	—	—	—	—	—	—	230#	230#			
1912 E/L 3	1912-30 E/L 3	1 x 2	600#	150#	1235#	—	—	—	—	—	—	230#	230#			
1914 E/L 3	1914-30 E/L 3	1½ x 2	900#	300#	1850#	—	—	—	—	—	—	600#	500#			
1916 E/L 3	1916-30 E/L 3	1½ x 2	1500#	300#	2600#	—	—	—	—	—	—	600#	500#			
1918 E/L 3	1918-30 E/L 3	1½ x 2½	2500#	300#	3800#	—	—	—	—	—	—	600#	500#			

*Bellows for seating purposes only; does not compensate for variable back pressure.

Selection Table for Vapors, Gases and Liquids
 900, 1900 and 30-35 Series, F Orifice — Area: 0.307 sq. in.

Standard	Bellows	Inlet x Outlet	Inlet R.F. or R.J.	Outlet R.F.	-450°F -151°F	-150°F -76°F	-75°F -21°F	-20°F +100°F	450°F	800°F	1090°F	Standard	Bel	Body	Spring	Temp. Range
1905 Fc	1905-30 Fc	1½ x 2	150#	150#	—	—	—	275#	165#	—	—	230#	230#	Carbon Steel	Carbon Steel	-20°F to 450°F
1906 Fc	1906-30 Fc	1½ x 2	300#	150#	—	—	—	275#	275#	—	—	230#	230#			
1910 Fc	1910-30 Fc	1½ x 2	300#	150#	—	—	—	720#	650#	—	—	230#	230#			
1912 Fc	1912-30 Fc	1½ x 2	600#	150#	—	—	—	1440#	1305#	—	—	230#	230#			
1914 Fc	1914-30 Fc	1½ x 2½	900#	300#	—	—	—	2160#	1955#	—	—	600#	500#			
1916 Fc	1916-30 Fc	1½ x 2½	1500#	300#	—	—	—	3600#	3255#	—	—	600#	500#			
1918 Fc	1918-30 Fc	1½ x 2½	2500#	300#	—	—	—	6000#	5430#	—	—	600#	500#			
1905 Ft	1905-30 Ft	1½ x 2	150#	150#	—	—	—	—	165#	92#	—	230#	230#	Carbon Steel	High Temp. Alloy	451°F to 800°F
1906 Ft	1906-30 Ft	1½ x 2	300#	150#	—	—	—	—	275#	275#	—	230#	230#			
1910 Ft	1910-30 Ft	1½ x 2	300#	150#	—	—	—	—	650#	365#	—	230#	230#			
1912 Ft	1912-30 Ft	1½ x 2	600#	150#	—	—	—	—	1305#	730#	—	230#	230#			
1914 Ft	1914-30 Ft	1½ x 2½	900#	300#	—	—	—	—	1955#	1100#	—	600#	500#			
1916 Ft	1916-30 Ft	1½ x 2½	1500#	300#	—	—	—	—	3255#	1830#	—	600#	500#			
1918 Ft	1918-30 Ft	1½ x 2½	2500#	300#	—	—	—	—	5430#	3050#	—	600#	500#			
1920 Ft	1920-30 Ft	1½ x 2	300#	150#	—	—	—	—	—	410#	215#	230#	230#	Carbon Moly. Steel	High Temp. Alloy	801°F to 1000°F
1922 Ft	1922-30 Ft	1½ x 2	600#	150#	—	—	—	—	—	815#	430#	230#	230#			
1924 Ft	1924-30 Ft	1½ x 2½	900#	300#	—	—	—	—	—	1225#	645#	600#	500#			
1926 Ft	1926-30 Ft	1½ x 2½	1500#	300#	—	—	—	—	—	2040#	1070#	600#	500#			
1928 Ft	1928-30 Ft	1½ x 2½	2500#	300#	—	—	—	—	—	3400#	1785#	600#	500#			
1905 F/L 1	1905-30 F/L 1	1½ x 2	150#	150#	—	—	275#	—	—	—	—	230#	230#				3½ % Nickel Steel	Carbon Steel	-21°F to -75°F
1906 F/L 1	1906-30 F/L 1	1½ x 2	300#	150#	—	—	275#	—	—	—	—	230#	230#			
1910 F/L 1	1910-30 F/L 1	1½ x 2	300#	150#	—	—	720#	—	—	—	—	230#	230#			
1912 F/L 1	1912-30 F/L 1	1½ x 2	600#	150#	—	—	1440#	—	—	—	—	230#	230#			
1914 F/L 1	1914-30 F/L 1	1½ x 2½	900#	300#	—	—	2160#	—	—	—	—	600#	500#			
1916 F/L 1	1916-30 F/L 1	1½ x 2½	1500#	300#	—	—	3600#	—	—	—	—	600#	500#			
1918 F/L 1	1918-30 F/L 1	1½ x 2½	2500#	300#	—	—	5000#	—	—	—	—	600#	500#			
1905 F/L 2	1905-30 F/L 2	1½ x 2	150#	150#	—	275#	—	—	—	—	—	230#	230#	3½ % Nickel Steel	Austenitic Stainless Steel	-76°F to -150°F
1906 F/L 2	1906-30 F/L 2	1½ x 2	300#	150#	—	275#	—	—	—	—	—	230#	230#			
1910 F/L 2	1910-30 F/L 2	1½ x 2	300#	150#	—	720#	—	—	—	—	—	230#	230#			
1912 F/L 2	1912-30 F/L 2	1½ x 2	600#	150#	—	1440#	—	—	—	—	—	230#	230#			
1914 F/L 2	1914-30 F/L 2	1½ x 2½	900#	300#	—	2160#	—	—	—	—	—	600#	500#			
1916 F/L 2	1916-30 F/L 2	1½ x 2½	1500#	300#	—	3200#	—	—	—	—	—	600#	500#			
1918 F/L 2	1918-30 F/L 2	1½ x 2½	2500#	300#	—	3400#	—	—	—	—	—	600#	500#			
1905 F/L 3	1905-30 F/L 3	1½ x 2	150#	150#	275#	—	—	—	—	—	—	230#	230#	Austenitic Stainless Steel	Austenitic Stainless Steel	-151°F to -450°F
1906 F/L 3	1906-30 F/L 3	1½ x 2	300#	150#	275#	—	—	—	—	—	—	230#	230#			
1910 F/L 3	1910-30 F/L 3	1½ x 2	300#	150#	615#	—	—	—	—	—	—	230#	230#			
1912 F/L 3	1912-30 F/L 3	1½ x 2	600#	150#	1235#	—	—	—	—	—	—	230#	230#			
1914 F/L 3	1914-30 F/L 3	1½ x 2½	900#	300#	1850#	—	—	—	—	—	—	600#	500#			
1916 F/L 3	1916-30 F/L 3	1½ x 2½	1500#	300#	2200#	—	—	—	—	—	—	600#	500#			
1918 F/L 3	1918-30 F/L 3	1½ x 2½	2500#	300#	3400#	—	—	—	—	—	—	600#	500#			

Selection Table for Vapors, Gases and Liquids
 900, 1900-30, 1900-35 Series, G Orifice — Area: 0.503 sq. in.

Standard	Bellows	Inlet x Outlet	Inlet R.F. or R.J.	Outlet R.F.	-450°F	-150°F	-75°F	-20°F	+100°F	450°F	800°F	1000°F	Standard	Bellows	Temp. Range		
															Body	Spring	
1905 Gc	1905-30 Gc	1½ x 2½	150#	150#	—	—	—	275#	165#	—	—	—	230#	230#	Carbon Steel	Carbon Steel	-20°F to 450°F
1906 Gc	1906-30 Gc	1½ x 2½	300#	150#	—	—	—	275#	275#	—	—	—	230#	230#			
1910 Gc	1910-30 Gc	1½ x 2½	300#	150#	—	—	—	720#	650#	—	—	—	230#	230#			
1912 Gc	1912-30 Gc	1½ x 2½	600#	150#	—	—	—	1440#	1305#	—	—	—	230#	230#			
1914 Gc	1914-30 Gc	1½ x 2½	900#	300#	—	—	—	2160#	1955#	—	—	—	600#	470#			
1916 Gc	1916-30 Gc	2 x 3	1500#	300#	—	—	—	3600#	3255#	—	—	—	600#	470#			
1918 Gc	1918-30 Gc	2 x 3	2500#	300#	—	—	—	3600#	3600#	—	—	—	600#	470#			
1905 Gt	1905-30 Gt	1½ x 2½	150#	150#	—	—	—	—	165#	92#	—	—	230#	230#	Carbon Steel	High Temp. Alloy	451°F to 800°F
1906 Gt	1906-30 Gt	1½ x 2½	300#	150#	—	—	—	—	275#	275#	—	—	230#	230#			
1910 Gt	1910-30 Gt	1½ x 2½	300#	150#	—	—	—	—	650#	365#	—	—	230#	230#			
1912 Gt	1912-30 Gt	1½ x 2½	600#	150#	—	—	—	—	1305#	730#	—	—	230#	230#			
1914 Gt	1914-30 Gt	1½ x 2½	900#	300#	—	—	—	—	1955#	1100#	—	—	600#	470#			
1916 Gt	1916-30 Gt	2 x 3	1500#	300#	—	—	—	—	3255#	1830#	—	—	600#	470#			
1918 Gt	1918-30 Gt	2 x 3	2500#	300#	—	—	—	—	3600#	3050#	—	—	600#	470#			
1920 Gt	1920-30 Gt	1½ x 2½	300#	150#	—	—	—	—	—	410#	215#	—	230#	230#	Carbon Moly. Steel	High Temp. Alloy	801°F to 1000°F
1922 Gt	1922-30 Gt	1½ x 2½	600#	150#	—	—	—	—	—	815#	430#	—	230#	230#			
1924 Gt	1924-30 Gt	1½ x 2½	900#	300#	—	—	—	—	—	1225#	645#	—	600#	470#			
1926 Gt	1926-30 Gt	2 x 3	1500#	300#	—	—	—	—	—	2040#	1070#	—	600#	470#			
1928 Gt	1928-30 Gt	2 x 3	2500#	300#	—	—	—	—	—	3400#	1735#	—	600#	470#			
1905 G/L 1	1905-30 G/L 1	1½ x 2½	150#	150#	—	—	275#	—	—	—	—	—	230#	230#			
1906 G/L 1	1906-30 G/L 1	1½ x 2½	300#	150#	—	—	275#	—	—	—	—	—	230#	230#	3½ % Nickel Steel	Carbon Steel	-21°F to -75°F
1910 G/L 1	1910-30 G/L 1	1½ x 2½	300#	150#	—	—	720#	—	—	—	—	—	230#	230#			
1912 G/L 1	1912-30 G/L 1	1½ x 2½	600#	150#	—	—	1440#	—	—	—	—	—	230#	230#			
1914 G/L 1	1914-30 G/L 1	1½ x 2½	900#	300#	—	—	1600#	—	—	—	—	—	600#	470#			
1916 G/L 1	1916-30 G/L 1	2 x 3	1500#	300#	—	—	2450#	—	—	—	—	—	600#	470#			
1918 G/L 1	1918-30 G/L 1	2 x 3	2500#	300#	—	—	2600#	—	—	—	—	—	600#	470#			
1905 G/L 2	1905-30 G/L 2	1½ x 2½	150#	150#	—	275#	—	—	—	—	—	—	230#	230#	3½ % Nickel Steel	Austenitic Stainless Steel	-76°F to -150°F
1906 G/L 2	1906-30 G/L 2	1½ x 2½	300#	150#	—	275#	—	—	—	—	—	—	230#	230#			
1910 G/L 2	1910-30 G/L 2	1½ x 2½	300#	150#	—	720#	—	—	—	—	—	—	230#	230#			
1912 G/L 2	1912-30 G/L 2	1½ x 2½	600#	150#	—	1440#	—	—	—	—	—	—	230#	230#			
1914 G/L 2	1914-30 G/L 2	1½ x 2½	900#	300#	—	1600#	—	—	—	—	—	—	600#	470#			
1916 G/L 2	1916-30 G/L 2	2 x 3	1500#	300#	—	2450#	—	—	—	—	—	—	600#	470#			
1918 G/L 2	1918-30 G/L 2	2 x 3	2500#	300#	—	2600#	—	—	—	—	—	—	600#	470#			
1905 G/L 3	1905-30 G/L 3	1½ x 2½	150#	150#	275#	—	—	—	—	—	—	—	230#	230#	Austenitic Stainless Steel	Austenitic Stainless Steel	-151°F to -450°F
1906 G/L 3	1906-30 G/L 3	1½ x 2½	300#	150#	275#	—	—	—	—	—	—	—	230#	230#			
1910 G/L 3	1910-30 G/L 3	1½ x 2½	300#	150#	615#	—	—	—	—	—	—	—	230#	230#			
1912 G/L 3	1912-30 G/L 3	1½ x 2½	600#	150#	1235#	—	—	—	—	—	—	—	230#	230#			
1914 G/L 3	1914-30 G/L 3	1½ x 2½	900#	300#	1600#	—	—	—	—	—	—	—	600#	470#			
1916 G/L 3	1916-30 G/L 3	2 x 3	1500#	300#	2450#	—	—	—	—	—	—	—	600#	470#			
1918 G/L 3	1918-30 G/L 3	2 x 3	2500#	300#	2600#	—	—	—	—	—	—	—	600#	470#			

Standard	Bel lows	Outlet	R.F. or % J.	R.F.	-200°F	-150°F	-75°F	+20°F	+100°F	450°F	800°F	1000°F	Standards
1905 Jc	1905-30 Jc	2 x 3	150#	150#	—	—	—	275#	165#	—	—	—	230#
1906 Jc	1906-30 Jc	2 x 3	300#	150#	—	—	—	275#	275#	—	—	—	230#
1910 Jc	1910-30 Jc	2½ x 4	300#	150#	—	—	—	720#	650#	—	—	—	230#
1912 Jc	1912-30 c	2½ x 4	600#	150#	—	—	—	1440#	1395#	—	—	—	230#
1914 Jc	1914-30 Jc	3 x 4	900#	150#	—	—	—	2160#	1955#	—	—	—	230#
1916 Jc	1916-30 Jc	3 x 4	1500#	300#	—	—	—	2700#	2700#	—	—	—	600#
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1905 Jt	1905-30 Jt	2 x 3	150#	150#	—	—	—	—	165#	92#	—	—	230#
1906 Jt	1906-30 Jt	2 x 3	300#	150#	—	—	—	—	275#	275#	—	—	230#
1910 Jt	1910-30 Jt	2½ x 4	300#	150#	—	—	—	—	650#	365#	—	—	230#
1912 Jt	1912-30 Jt	2½ x 4	600#	150#	—	—	—	—	1305#	730#	—	—	230#
1914 Jt	1914-30 Jt	3 x 4	900#	150#	—	—	—	—	1955#	1100#	—	—	230#
1916 Jt	1916-30 Jt	3 x 4	1500#	300#	—	—	—	—	2750#	1830#	—	—	600#
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1920 Jt	1920-30 Jt	2½ x 4	300#	150#	—	—	—	—	—	410#	215#	—	230#
1922 Jt	1922-30 Jt	2½ x 4	600#	150#	—	—	—	—	—	815#	430#	—	230#
1924 Jt	1924-30 Jt	2½ x 4	900#	150#	—	—	—	—	—	1225#	645#	—	230#
1926 Jt	1926-30 Jt	3 x 4	1500#	300#	—	—	—	—	—	2040#	1070#	—	600#
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1905 J/L 1	1905-30 J/L 1	2 x 3	150#	150#	—	—	275#	—	—	—	—	—	230#
1906 J/L 1	1906-30 J/L 1	2 x 3	300#	150#	—	—	275#	—	—	—	—	—	230#
1910 J/L 1	1910-30 J/L 1	2½ x 4	300#	150#	—	—	720#	—	—	—	—	—	230#
1912 J/L 1	1912-30 J/L 1	2½ x 4	600#	150#	—	—	1440#	—	—	—	—	—	230#
1914 J/L 1	1914-30 J/L 1	3 x 4	900#	150#	—	—	2160#	—	—	—	—	—	230#
1916 J/L 1	1916-30 J/L 1	3 x 4	1500#	300#	—	—	2700#	—	—	—	—	—	600#
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1905 J/L 2	1905-30 J/L 2	2 x 3	150#	150#	—	275#	—	—	—	—	—	—	230#
1906 J/L 2	1906-30 J/L 2	2 x 3	300#	150#	—	275#	—	—	—	—	—	—	230#
1910 J/L 2	1910-30 J/L 2	2½ x 4	300#	150#	—	500#	—	—	—	—	—	—	230#
1912 J/L 2	1912-30 J/L 2	2½ x 4	600#	150#	—	625#	—	—	—	—	—	—	230#
1914 J/L 2	1914-30 J/L 2	3 x 4	900#	150#	—	800#	—	—	—	—	—	—	230#
1916 J/L 2	1916-30 J/L 2	3 x 4	1500#	300#	—	800#	—	—	—	—	—	—	600#
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1905 J/L 3	1905-30 J/L 3	2 x 3	150#	150#	275#	—	—	—	—	—	—	—	230#
1906 J/L 3	1906-30 J/L 3	2 x 3	300#	150#	275#	—	—	—	—	—	—	—	230#
1910 J/L 3	1910-30 J/L 3	2½ x 4	300#	150#	500#	—	—	—	—	—	—	—	230#
1912 J/L 3	1912-30 J/L 3	2½ x 4	600#	150#	625#	—	—	—	—	—	—	—	230#
1914 J/L 3	1914-30 J/L 3	3 x 4	900#	150#	800#	—	—	—	—	—	—	—	230#
1916 J/L 3	1916-30 J/L 3	3 x 4	1500#	300#	800#	—	—	—	—	—	—	—	600#
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Body	Spring	Temp. Range								
Carbon Steel	Carbon Steel	-20°F to 450°F								
		Carbon Steel	High Temp. Alloy	451°F to 800°F						
				Carbon Moly. Steel	High Temp. Alloy	801°F to 1000°F				
						3½ % Nickel Steel	Carbon Steel	-21°F to -75°F		
								3½ % Nickel Steel	Austenitic Stainless Steel	-76°F to -159°F
										Austenitic Stainless Steel	Austenitic Stainless Steel	-151°F to -450°F

Selection Table for Vapors, Gases and Liquids
 900, 1900-30, 1900-30 Series Office — Area: 1.287 sq. in.

Standard	Orifice	Outlet	H.F. or R.J.	H.F.	-151°F	-76°F	-21°F	+100°F	450°F	800°F	1000°F	Standard	Belows	Body	Spring	Range
1905 Nc	1905-30 Nc	4 x 6	150#	150#	—	—	—	275#	165#	—	—	230#	80#	Carbon Steel	Carbon Steel	-20°F to 450°F
1906 Nc	1906-30 Nc	4 x 6	300#	150#	—	—	—	275#	275#	—	—	230#	80#			
1910 Nc	1910-30 Nc	4 x 6	300#	150#	—	—	—	720#	650#	—	—	230#	160#			
1912 Nc	1912-30 Nc	4 x 6	600#	150#	—	—	—	1000#	1000#	—	—	230#	160#			
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Carbon Steel	High Temp. Alloy	451°F to 800°F
1905 Nt	1905-30 Nt	4 x 6	150#	150#	—	—	—	—	165#	92#	—	230#	80#			
1906 Nt	1906-30 Nt	4 x 6	300#	150#	—	—	—	—	275#	275#	—	230#	80#			
1910 Nt	1910-30 Nt	4 x 6	300#	150#	—	—	—	—	650#	365#	—	230#	160#			
1912 Nt	1912-30 Nt	4 x 6	600#	150#	—	—	—	—	1000#	730#	—	230#	160#			
1914 Nt	1914-30 Nt	4 x 6	900#	150#	—	—	—	—	1000#	1000#	—	230#	160#	Carbon Moly. Steel	High Temp. Alloy	801°F to 1000°F
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
1920 Nt	1920-30 Nt	4 x 6	300#	150#	—	—	—	—	—	410#	215#	230#	160#			
1922 Nt	1922-30 Nt	4 x 6	600#	150#	—	—	—	—	—	815#	430#	230#	160#			
1924 Nt	1924-30 Nt	4 x 6	900#	150#	—	—	—	—	—	1000#	645#	230#	160#	3½ % Nickel Steel	Carbon Steel	-21°F to -75°F
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
1905 N/L 1	1905-30 N/L 1	4 x 6	150#	150#	—	—	275#	—	—	—	—	—	80#			
1906 N/L 1	1906-30 N/L 1	4 x 6	300#	150#	—	—	275#	—	—	—	—	—	80#			
1910 N/L 1	1910-30 N/L 1	4 x 6	300#	150#	—	—	720#	—	—	—	—	—	160#			
1912 N/L 1	1912-30 N/L 1	4 x 6	600#	150#	—	—	1000#	—	—	—	—	—	160#	3½ % Nickel Steel	Austenitic Stainless Steel	-76°F to -150°F
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
1905 N/L 2	1905-30 N/L 2	4 x 6	150#	150#	—	275#	—	—	—	—	—	—	80#			
1906 N/L 2	1906-30 N/L 2	4 x 6	300#	150#	—	275#	—	—	—	—	—	—	80#			
1910 N/L 2	1910-30 N/L 2	4 x 6	300#	150#	—	450#	—	—	—	—	—	—	160#			
1912 N/L 2	1912-30 N/L 2	4 x 6	600#	150#	—	500#	—	—	—	—	—	—	160#	Austenitic Stainless Steel	Austenitic Stainless Steel	-151°F to -450°F
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
1905 N/L 3	1905-30 N/L 3	4 x 6	150#	150#	275#	—	—	—	—	—	—	—	80#			
1906 N/L 3	1906-30 N/L 3	4 x 6	300#	150#	275#	—	—	—	—	—	—	—	80#			
1910 N/L 3	1910-30 N/L 3	4 x 6	300#	150#	450#	—	—	—	—	—	—	—	160#			
1912 N/L 3	1912-30 N/L 3	4 x 6	600#	150#	500#	—	—	—	—	—	—	—	160#	Austenitic Stainless Steel	Austenitic Stainless Steel	-151°F to -450°F
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			

Selection Table for Vapors, Gases and Liquids
 100, 1900-30, 1900-35 Series, N Orifice — Area: 4.34 sq. in.

Selection Table for Vapors, Gases and Liquids
 900, 1900-30, 1900-35 Series, P Office — Area: 6.38 sq. in.

		4 x 6	150#	150#	—	—	—	1000#	450#	800#	1000#	Standard	Bellovs	Body	Spring	Range
1905 Pc	1905-30 Pc	4 x 6	150#	150#	—	—	—	275#	165#	—	—	230#	80#	Carbon Steel	Carbon Steel	-20°F to 450°F
1906 Pc	1906-30 Pc	4 x 6	300#	150#	—	—	—	275#	275#	—	—	230#	80#			
1910 Pc	1910-30 Pc	4 x 6	300#	150#	—	—	—	525#	525#	—	—	230#	150#			
1912 Pc	1912-30 Pc	4 x 6	600#	150#	—	—	—	1000#	1000#	—	—	230#	150#			
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
1905 Pt	1905-30 Pt	4 x 6	150#	150#	—	—	—	—	165#	92#	—	230#	80#	Carbon Steel	High Temp. Alloy	451°F to 800°F
1906 Pt	1906-30 Pt	4 x 6	300#	150#	—	—	—	—	275#	275#	—	230#	80#			
1910 Pt	1910-30 Pt	4 x 6	300#	150#	—	—	—	—	525#	365#	—	230#	150#			
1912 Pt	1912-30 Pt	4 x 6	600#	150#	—	—	—	—	1000#	730#	—	230#	150#			
1914 Pt	1914-30 Pt	4 x 6	900#	150#	—	—	—	—	1000#	1000#	—	230#	150#			
1920 Pt	1920-30 Pt	4 x 6	300#	150#	—	—	—	—	—	410#	215#	230#	150#	Carbon Moly. Steel	High Temp. Alloy	801°F to 1000°F
1923 Pt	1923-30 Pt	4 x 6	600#	150#	—	—	—	—	—	815#	430#	230#	150#			
1924 Pt	1924-30 Pt	4 x 6	900#	150#	—	—	—	—	—	1000#	645#	230#	150#			
1905 P/L 1	1905-30 P/L 1	4 x 6	150#	150#	—	—	—	275#	—	—	—	230#	80#	3 1/2 % Nickel Steel	Carbon Steel	-21°F to -75°F
1906 P/L 1	1906-30 P/L 1	4 x 6	300#	150#	—	—	—	275#	—	—	—	230#	80#			
1910 P/L 1	1910-30 P/L 1	4 x 6	300#	150#	—	—	—	525#	—	—	—	230#	150#			
1912 P/L 1	1912-30 P/L 1	4 x 6	600#	150#	—	—	—	1000#	—	—	—	230#	150#			
1905 P/L 2	1905-30 P/L 2	4 x 6	150#	150#	—	—	—	—	—	—	—	230#	80#	3 1/2 % Nickel Steel	Austenitic Stainless Steel	-76°F to -150°F
1906 P/L 2	1906-30 P/L 2	4 x 6	300#	150#	—	—	—	—	—	—	—	230#	80#			
1910 P/L 2	1910-30 P/L 2	4 x 6	300#	150#	—	—	—	—	—	—	—	230#	150#			
1912 P/L 2	1912-30 P/L 2	4 x 6	600#	150#	—	—	—	—	—	—	—	230#	150#			
1905 P/L 3	1905-30 P/L 3	4 x 6	150#	150#	175#	—	—	—	—	—	—	230#	80#	Austenitic Stainless Steel	Austenitic Stainless Steel	-151°F to -450°F
1906 P/L 3	1906-30 P/L 3	4 x 6	300#	150#	175#	—	—	—	—	—	—	230#	80#			
1910 P/L 3	1910-30 P/L 3	4 x 6	300#	150#	300#	—	—	—	—	—	—	230#	150#			
1912 P/L 3	1912-30 P/L 3	4 x 6	600#	150#	480#	—	—	—	—	—	—	230#	150#			

Selection Table for Vapors, Gases and Liquids
 300, 1900-30, 1900-35 Series, T Orifice Area: 26.0 sq. in.

Standard	Bellows	Outlet	R.F. of R.J.	R.F.	-151°F	-76°F	-21°F	+100°F				Standard	Bellows	Body	Spring	Range
1905 Tc	1905-30 Tc	8 x 10	150#	150#	—	—	—	65#	65#	—	—	30#	30#	Carbon Steel	Carbon Steel	-20°F to 450°F
1906 Tc	1906-30 Tc	8 x 10	300#	150#	—	—	—	65#	65#	—	—	30#	30#			
1910-1 Tc	1910-30-1 Tc	8 x 10	300#	150#	—	—	—	120#	120#	—	—	60#	60#			
1910-2 Tc	1910-30-2 Tc	8 x 10	300#	150#	—	—	—	300#	300#	—	—	60#	60#			
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
1905 Tt	1905-30 Tt	8 x 10	150#	150#	—	—	—	—	65#	65#	—	30#	30#	Carbon Steel	High Temp. Alloy	451°F to 800°F
1906 Tt	1906-30 Tt	8 x 10	300#	150#	—	—	—	—	65#	65#	—	30#	30#			
1910-1 Tt	1910-30-1 Tt	8 x 10	300#	150#	—	—	—	—	120#	120#	—	60#	60#			
1910-2 Tt	1910-30-2 Tt	8 x 10	300#	150#	—	—	—	—	300#	300#	—	60#	60#			
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
1921-1 Tt	1921-30-1 Tt	8 x 10	300#	150#	—	—	—	—	—	120#	120#	60#	60#	Carbon Moly. Steel	High Temp. Alloy	601°F to 1000°F
1921-2 Tt	1921-30-2 Tt	8 x 10	300#	150#	—	—	—	—	—	300#	215#	60#	60#			
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
1905 T/L 1	1905-30 T/L 1	8 x 10	150#	150#	—	—	65#	—	—	—	—	30#	30#	3½% Nickel Steel	Carbon Steel	-21°F to -75°F
1906 T/L 1	1906-30 T/L 1	8 x 10	300#	150#	—	—	65#	—	—	—	—	30#	30#			
1910-1 T/L 1	1910-30-1 T/L 1	8 x 10	300#	150#	—	—	120#	—	—	—	—	60#	60#			
1910-2 T/L 1	1910-30-2 T/L 1	8 x 10	300#	150#	—	—	120#	—	—	—	—	60#	60#			
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
1905 T/L 2	1905-30 T/L 2	8 x 10	150#	150#	—	50#	—	—	—	—	—	30#	30#	3½% Nickel Steel	Austenitic Stainless Steel	-76°F to -150°F
1906 T/L 2	1906-30 T/L 2	8 x 10	300#	150#	—	50#	—	—	—	—	—	30#	30#			
1910-1 T/L 2	1910-30-1 T/L 2	8 x 10	300#	150#	—	65#	—	—	—	—	—	60#	60#			
1910-2 T/L 2	1910-30-2 T/L 2	8 x 10	300#	150#	—	65#	—	—	—	—	—	60#	60#			
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
1905 T/L 3	1905-30 T/L 3	8 x 10	150#	150#	50#	—	—	—	—	—	—	30#	30#	Austenitic Stainless Steel	Austenitic Stainless Steel	-151°F to -450°F
1906 T/L 3	1906-30 T/L 3	8 x 10	300#	150#	50#	—	—	—	—	—	—	30#	30#			
1910-1 T/L 3	1910-30-1 T/L 3	8 x 10	300#	150#	65#	—	—	—	—	—	—	60#	60#			
1910-2 T/L 3	1910-30-2 T/L 3	8 x 10	300#	150#	65#	—	—	—	—	—	—	60#	60#			
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			

Note: Bellows are single ply on all "T" Orifice Valves.

PETROLEOS MEXICANOS
GERENCIA DE PROYECTOS Y CONSTRUCCION

VALVULAS DE RELEVO

HOJA DE ESPECIFICACIONES No.1

FECHA

SERVICIO VER NOTAS EN LA PARTE INFERIOR	CLAVE VS-IA Y VS- 1B
TIPO DE VALVULA Estandar	CODIGO DE DISEÑO ASME
DENOMINACION 1910 Ec	FABRICANTE Duraval Consolidated
ESPECIFICACIONES PARA CUERPO DE LA VALVULA	
MATERIAL Acero al carbón ASTM-A- 216, Grado WCB	
TAMAÑO ENTRADA 25.4mm(1") Ø TAMAÑO SALIDA 51mm(2") Ø TIPO DE ORIFICIO "E"	
TIPO PRESION Y CARA DE LAS BRIDAS: ENTRADA- 300 ANSI, R.F. SALIDA -150 ANSI, R.F.	
ESPECIFICACIONES PARA PARTES INTERIORES	
ASIEN TO acero inoxidable	DISCO acero inoxidable
GUIA acero inoxidable	ANILLOS acero al cromo
	RESORTE acero al carbón
ACCESORIOS	
TIPO DE BONETE Estandar	
OTROS	
TABLA DE OPERACION	
FLUIDO Gas Natural	CAPACIDAD REQUERIDA 86,200 P.C.H.S.
PESO MOLECULAR 17	GRAVEDAD ESPECIFICA 0.6
	VISCOSIDAD 0.0000078 16/ft-seg.
PRESION DE CALIBRACION 23.2 Kg/cm2 (330 PSIG)	TEMPERATURA 20°C (68°F)
PRESION DE DESCARGA VALVULA 23.2 Kg/cm2 (330 PSIG)	
PRESION DE DESCARGA DE LINEA DE DESFOGUE	Atmosférica
ACUMULACION %	
AREA DE ORIFICIO CALCULADA	0.169 PULGADAS CUADRADAS
AREA DE ORIFICIO SELECCIONADA	0.196 PULGADAS CUADRADAS

NOTAS=

Servicio de la valvula, VS- IA : relevar presión en el lado de alta presión de la línea TIC-A-Z"

Servicio de la válvula VS-IB: relevar presión en el lado de alta presión de la línea TIC-B-Z"

PETROLEOS MEXICANOS
GERENCIA DE PROYECTOS Y CONSTRUCCION

VALVULAS DE RELEVO

HOJA DE ESPECIFICACIONES No.2

FECHA

SERVICIO VER NOTAS EN LA PARTE INFERIOR

CLAVE VS-2A Y VS-2B

TIPO DE VALVULA Estandar

CODIGO DE DISEÑO ASME

DENOMINACION 1905 Hc

FABRICANTE Duraval

ESPECIFICACIONES PARA CUERPO DE LA VALVULA

MATERIAL acero al carbón ASTM-A-216, Grado WCB

TAMAÑO ENTRADA 38.1mm (1-1/2") Ø TAMAÑO SALIDA 76mm (3") Ø TIPO DE ORIFICIO "H"

TIPO PRESION Y CARA DE LAS BRIDAS: ENTRADA - 150 ANSI, R.F. SALIDA - 150 ANSI, R.F.

ESPECIFICACIONES PARA PARTES INTERIORES

ASIEN TO acero inoxidable DISCO acero inoxidable

GUIA acero inoxidable ANILLOS acero al cromo RESORTE acero al carbón

ACCESORIOS

TIPO DE BONETE Estandar

OTROS

TABLA DE OPERACION

FLUIDO Gas Natural CAPACIDAD REQUERIDA 86,200 PCHS

PESO MOLECULAR 17 GRAVEDAD ESPECIFICA 0.6 VISCOSIDAD 0.0000078 16/ft-seg.

PRESION DE CALIBRACION 4.64 Kg/cm2 (66 PSIG) TEMPERATURA 20°C (68°F)

PRESION DE DESCARGA VALVULA 4.64 Kg/cm2 (66 psig.)

PRESION DE DESCARGA DE LINEA DE DESFOGUE Atmosférica

ACUMULACION %

AREA DE ORIFICIO CALCULADA 0.744 PULGADAS CUADRADAS

AREA DE ORIFICIO SELECCIONADA 0.785 PULGADAS CUADRADAS

NOTAS=

Servicio de la válvula VS-2A: relevar presión en el lado de baja presión de la línea TIC-A-2"

Servicio de la válvula VS-2B: relevar presión en el lado de baja presión de la línea TIC-B-2"

una válvula con orificio tipo "H" de acuerdo con las gráficas adjuntas y para la presión de calibración de 66 psig y la temperatura de operación de 68° F seleccionamos el modelo 1905 Hc que corresponde a una válvula con entrada de 38.1 mm. (1 1/2") Ø nominal , 150 ANSI y salida de 76 mm. (3") Ø nominal 150 ANSI.

Para las características complementarias ver la hoja de especificaciones No. 2 adjunta para pronta referencia.

Eliminación de Líquidos y Polvo entre el Gasoducto y la Red de Distribución. La presencia de líquidos y polvo en el gasoducto ocasiona problemas, que impiden operar eficientemente los cabezales de regulación y medición de gas natural, para suministro a la red de distribución de la Colonia en estudio. Los sólidos en la corriente de gas pueden desgastar las válvulas y destruir las placas de orificio de los medidores de orificio.

Los líquidos ó condensables contenidos en el gas, además de que pueden corroer el sistema, en ocasiones se mezclan con el material sólido, endureciéndose cuando se depositan en las paredes de las tuberías ó en los puntos bajos del sistema, disminuyendo así su eficiencia al flujo.

Orígen de las Partículas Líquidas y Sólidas.

Las partículas líquidas que se encuentran los gasoductos son principalmente hidrocarburos. Su presencia se debe a los componentes ligeros contenidos en el gas, las pérdidas de aceite de las compresoras y depuradores por baño de aceite y a la condensación provocada por la disminución en la presión y la temperatura de flujo (se adjunta la gráfica de Temperatura vs. Presión para pronta referencia y determinación del rango de presiones y temperaturas a las que se forman hidratos en el gas natural).

El agua en los gasoductos proviene generalmente del mismo yacimiento. Su presencia puede dar lugar a oxidación y corrosión del sistema por su alto contenido de sales ó bien provocar la formación de hidratos.

FIG. 15-1

Pressure-temperature curves for predicting hydrate formation

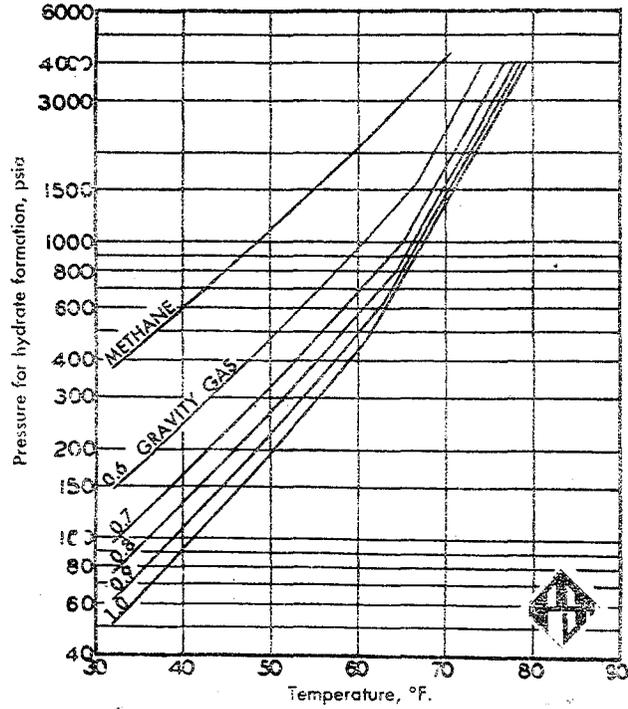
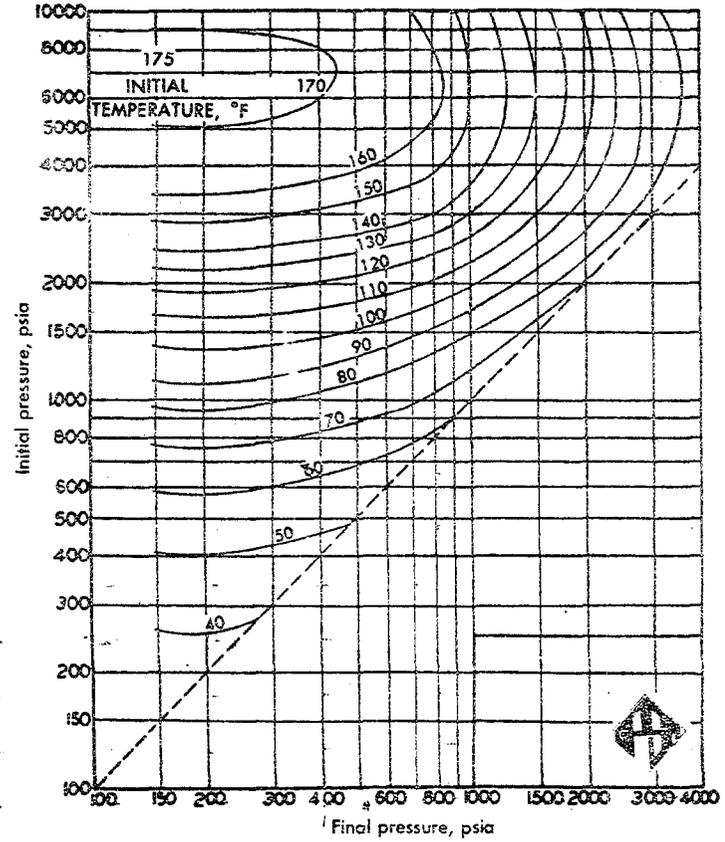


FIG. 15-2

Permissible expansion of a 0.6-gravity natural gas without hydrate formation



HEATER SIZING

To Determine Temperature Change Due to Pressure Drop:
 On Fig. 3, 4, or 5 (depending on the gas sp. gravity) locate point corresponding to the initial pressure and initial temperature. Then, read straight down to final pressure (assuming constant enthalpy pressure reduction). Read final temperature at this point.

Example:

*What is the resulting temperature when 0.70 sp. gr. gas at 120°F is reduced from 2800 psi to 1000 psi?
 On 0.70 sp. gr. curve, Fig. 4, locate intersection of 2800 psi and 120°F; then read down to intersection with 1000 psi final pressure; final temperature is seen to be 42°F.*

(Note: Figs. 3, 4, & 5 are based on gaseous state. Where liquid is present, temperature drop will be less than shown.)

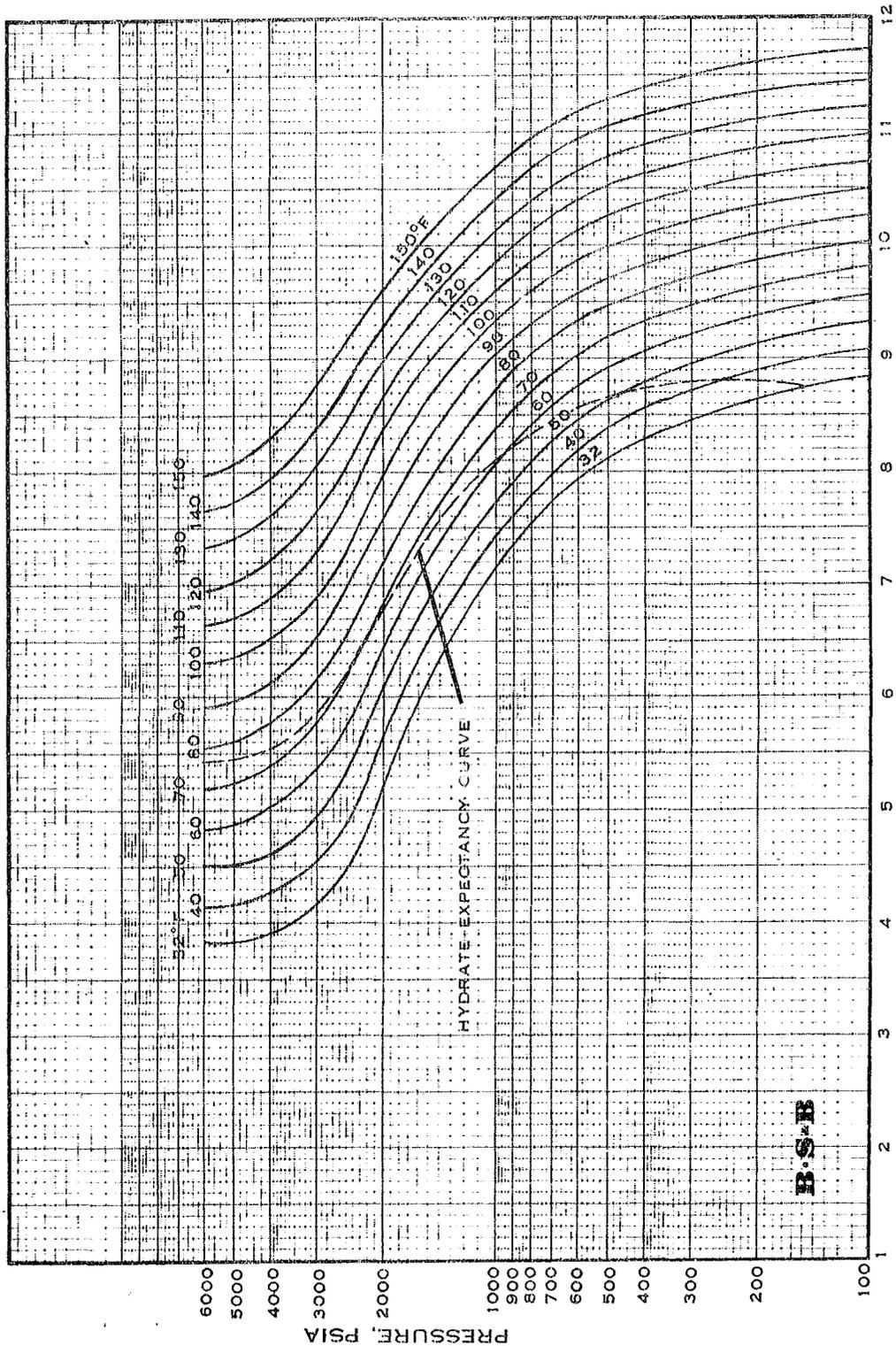
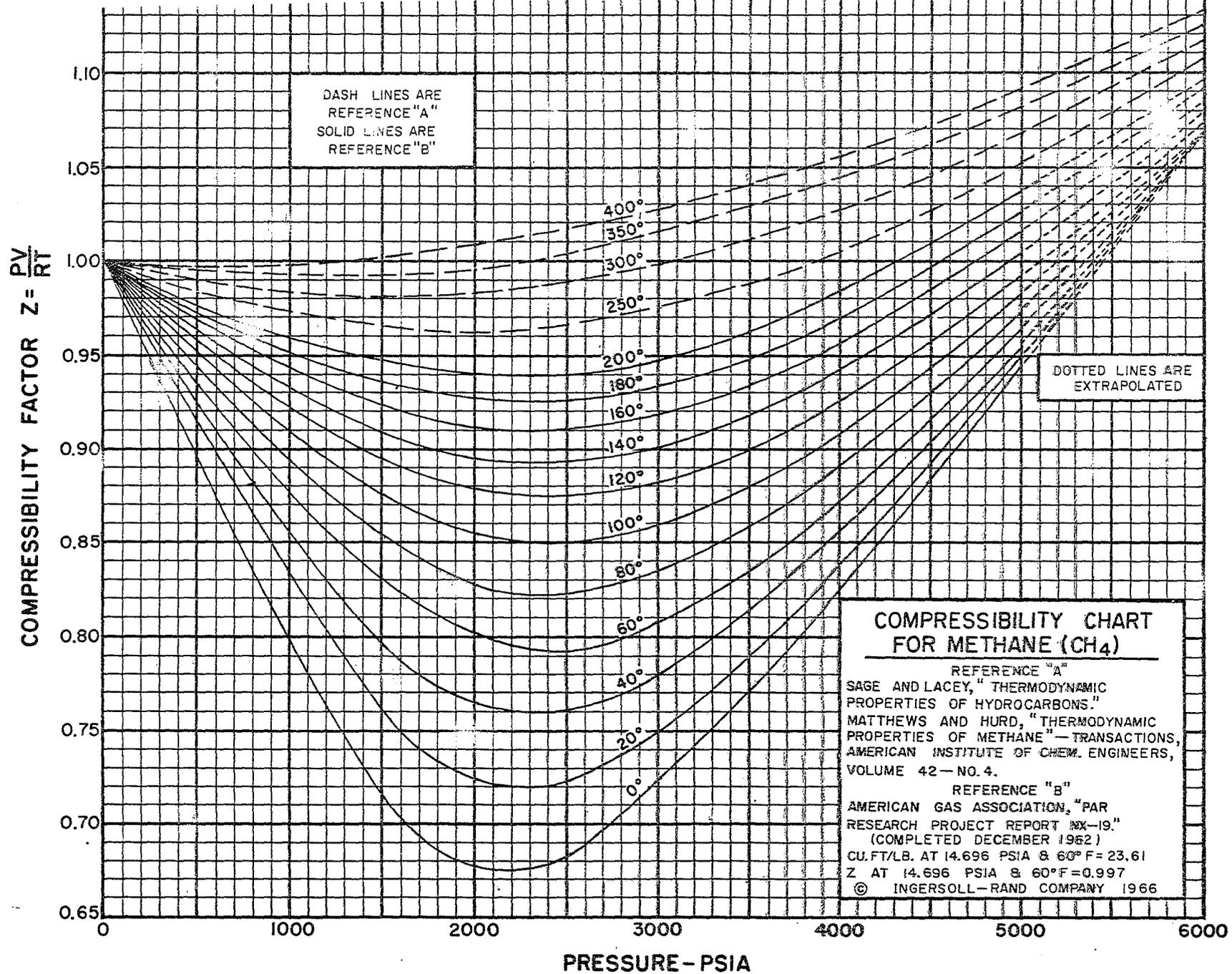


FIG. 3. ENTHALPY CURVES—0.6 SP. GR. GAS

202



**COMPRESSIBILITY CHART
FOR METHANE (CH₄)**

REFERENCE "A"
SAGE AND LACEY, "THERMODYNAMIC
PROPERTIES OF HYDROCARBONS"
MATTHEWS AND HURD, "THERMODYNAMIC
PROPERTIES OF METHANE" - TRANSACTIONS,
AMERICAN INSTITUTE OF CHEM. ENGINEERS,
VOLUME 42 - NO. 4.

REFERENCE "B"
AMERICAN GAS ASSOCIATION, "PAR
RESEARCH PROJECT REPORT MX-19."
(COMPLETED DECEMBER 1962)
CU. FT./LB. AT 14.696 PSIA & 60° F = 23.61
Z AT 14.696 PSIA & 60° F = 0.997
© INGERSOLL-RAND COMPANY 1966

Las partículas sólidas que se encuentran en la corriente de gas, generalmente consisten de sílice, herrumbre y sulfuros, los cuales tienen su origen en la erosión, la corrosión del sistema, el polvo dejado en la línea durante su construcción y el polvo arrastrado de la formación por el gas.

Existen varios procedimientos para evitar los problemas producidos por la presencia de líquido y polvo en los cabezales de regulación y medición y consecuentemente en las redes de distribución. Uno de ellos consiste en la eliminación de las partículas presentes en la corriente de gas mediante dispositivos separadores, cuyo cuerpo está constituido por un tramo de tubería, generalmente de 8 a 16" \emptyset nominal y de 2 a 3 metros de longitud, en cuyo interior se colocan una serie de mamparas de impacto, en forma escalonada y con un ángulo de inclinación previamente fijado, a fin de obtener un flujo de gas en zig-zag a través de la tubería, instalada en posición vertical, para que la separación se obtenga por gravedad, alimentando el gas por la parte inferior y sacándolo por la parte superior del tubo que conforma el cuerpo, por medio de conexiones bridadas laterales. Este cuerpo se tapa en ambos extremos mediante dos cabezas que generalmente son tapones cachucha, instalando un dren en la cabeza inferior del recipiente ya configurado.

El dispositivo descrito anteriormente, es de fácil fabricación pero con una eficiencia del 70 al 80% aproximadamente.

Otro medio y probablemente el de mayor uso en la Industria Petrolera, para eliminar de la corriente de gas, las partículas líquidas y sólidas, lo constituye el depurador de tubos ciclónicos tipo vertical. Que ya es un equipo de configuración interna más sofisticada, conformada por tres cámaras separadas por un az de tubos ciclónicos apoyados en dos espejos de acero que sirven de división entre ellas la cámara principal es la del centro y en ella se efectúa la inyección de la corriente de gas contaminada, con el fin de introducir el flujo a los tubos ciclónicos (ilustrados en la siguiente hoja),-

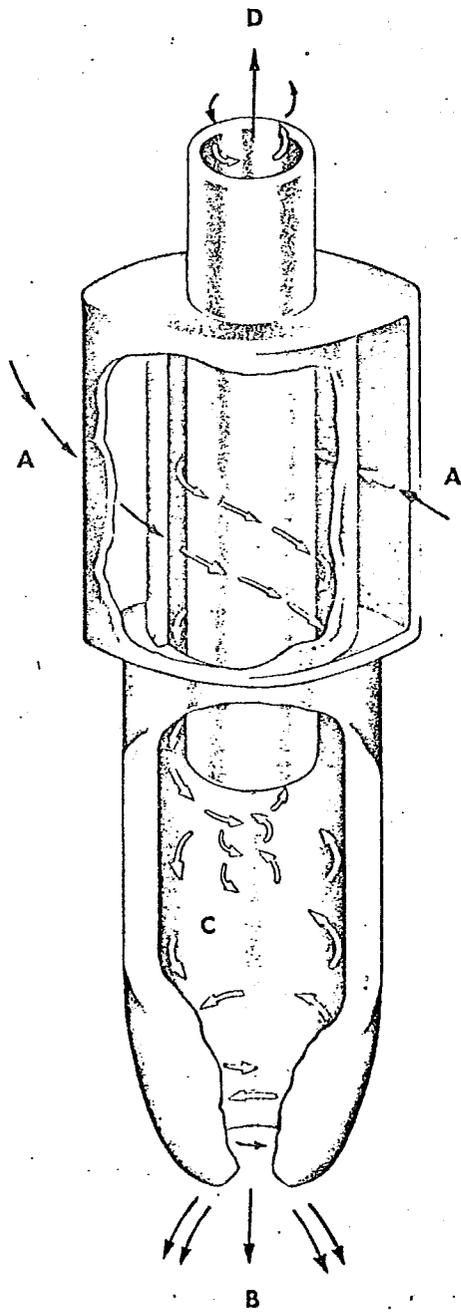


Illustration 1

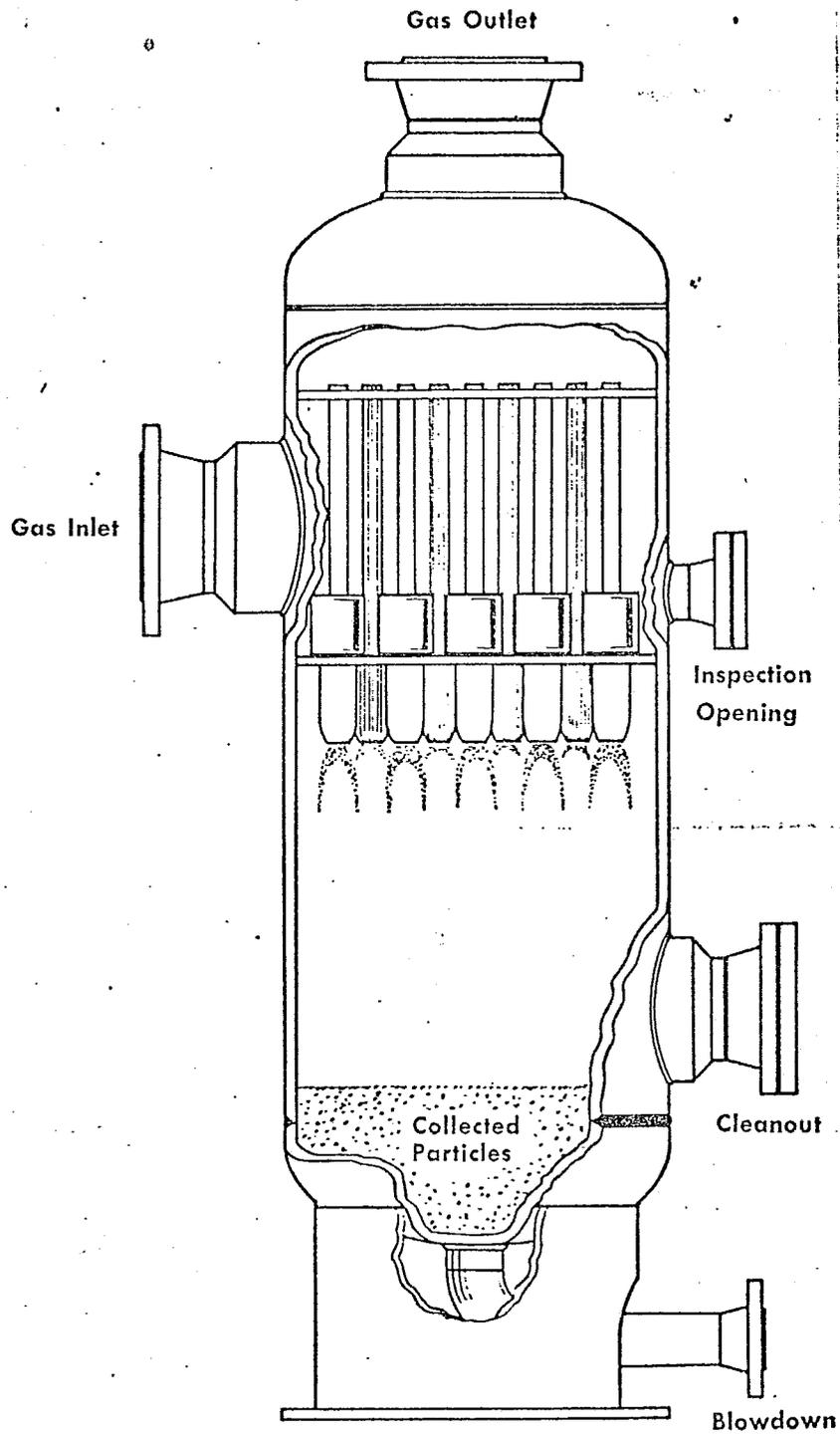


Illustration 2

cuyo principio de operación está basado en provocar fuerzas centrífugas con la corriente de gas, obligando a salir de ella las partículas líquidas y sólidas, mismas que se desplazan por las paredes interiores del tubo ciclónico para posteriormente caer por gravedad a través de un orificio a la cámara inferior, donde se detecta el nivel de líquido y polvo mediante un indicador visual de nivel, colocado fuera del recipiente para después drenarlo automáticamente (por medio de la válvula de control de nivel seleccionada anteriormente) ó manualmente.

Una vez establecido el nivel de líquido en la cámara inferior, la corriente de gas libre de partículas, tiende a subir por cada uno de los tubos concéntricos instalados en el interior de cada tubo ciclónico y que comunican a la tercera cámara ó cámara superior, en la que se instala la boquilla de salida de gas, del recipiente y el dispositivo de seguridad y alivio para proteger el equipo.

El cálculo y dimensionamiento de estos equipos es bastante simple, siendo responsabilidad del proveedor, el diseño íntegro del recipiente bajo códigos de diseño y fabricación ASME Sección VIII división 1, última edición ANSI y AWS. Para ello, es necesario proporcionar al fabricante:

1) Condiciones de Operación.

Gasto máximo a condiciones estándar (20°C y 1 Kg/cm^2): 2'068,800 P.C.D.S.

Presión máxima : 75.25 Kg/cm^2 (1070 PSIG)

Presión normal : 41.49 Kg/cm^2 (590 PSIG)

Presión mínima : 24.61 Kg/cm^2 (350 PSIG)

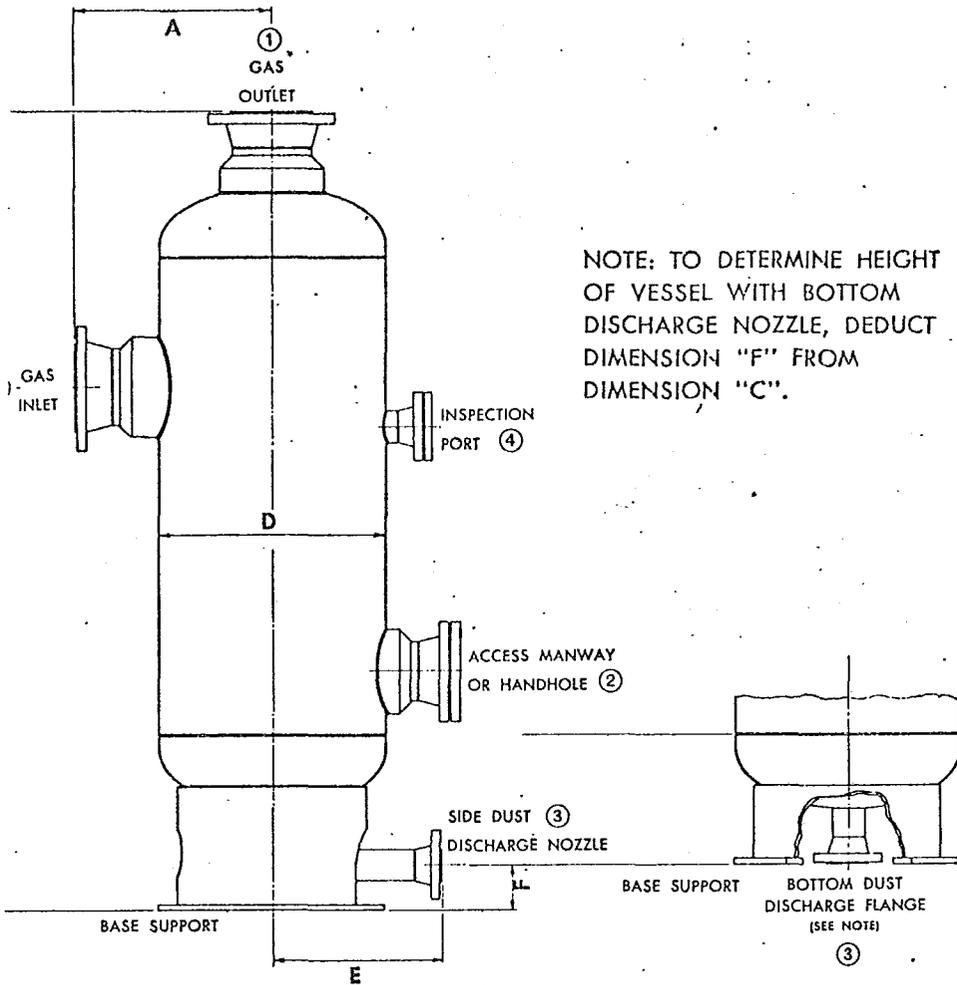
Temperatura máxima : 38°C (100°F)

Temperatura normal : 20°C (68°F)

Temperatura mínima : 10°C (50°F)

Fase gaseosa : Gas natural Sp.Gr.=0.6 (aire=1.0)

Fase líquida : Agua e hidrocarburos.



BASE SUPPORT DATA			
VESSEL SIZE	BASE O.D.	BOLT CIRCLE	NO. AND SIZE BOLT HOLES
6	13	9 3/4	4 - 7/8" Dia.
8	13	9 3/4	4 - 7/8" Dia.
10	17	14	4 - 7/8" Dia.
12	17	14	4 - 7/8" Dia.
14	17	14	4 - 7/8" Dia.
16	21	17 1/2	4 - 7/8" Dia.
18	21	17 1/2	4 - 7/8" Dia.
20	24	21 1/2	4 - 7/8" Dia.
24	26	23 1/2	4 - 7/8" Dia.
30	30	27 1/2	4 - 7/8" Dia.
36	36	33 1/2	4 - 7/8" Dia.
42	42	39 1/2	4 - 7/8" Dia.
48	48	45 1/2	4 - 7/8" Dia.
54	54	51 1/2	4 - 7/8" Dia.
60	60	57 1/2	8 - 7/8" Dia.
66	66	63 1/2	8 - 7/8" Dia.
72	72	69 1/2	8 - 7/8" Dia.

BOLT HOLES STRADDLE NORMAL CENTER LINES

MODEL 1.—VERTICAL TOP OUTLET

Vessel Size D	Max. No. Tubes	FLANGE SIZE				DIMENSIONAL DATA												E	F
		①	②	③	④	150= ASA Flanges			300= ASA Flanges			400= ASA Flanges			600= ASA Flanges				
		Inlet Outlet	Access	Blow Down	Insp.	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C		
6 O.D.	1	2	2	2	—	9	15 1/2	37	9 1/4	15 3/4	37	9 5/8	16 1/8	37	9 5/8	16 1/8	37	7	6
8 O.D.	3	3	2	2	—	10 1/4	15 3/4	40	10 3/8	16 1/8	40	11	16 1/2	40	11	16 1/2	40	8	6
10 O.D.	5	4	2	2	—	12	18	45	12 3/8	18 3/8	45	12 3/4	18 3/4	45	13 1/4	19 1/4	45	9	6
12 O.D.	9	6	3	2	—	15 1/2	21 1/2	53	15 7/8	21 7/8	53	16 5/16	22 5/16	53	16 7/8	22 7/8	53	10	6
14 O.D.	12	6	3	3	2	16 1/2	23 1/2	57	16 7/8	23 7/8	57	17 5/16	24 5/16	57	17 7/8	24 7/8	57	12	7
16 O.D.	14	6	6	3	2	17 1/2	25 1/2	60	17 7/8	25 7/8	60	18 5/16	26 5/16	60	18 7/8	26 7/8	60	13	7
18 O.D.	16	6	6	3	3	18	27	60	18	27	60	18	28	60	19	29	60	14	7
20 O.D.	22	8	6	3	3	20	31	61	20	31	61	21	32	61	22	33	61	15	7
24 O.D.	28	8	6	3	3	22	32	66	22	32	66	23	33	66	24	34	66	16	7
30 I.D.	50	10	8	3	3	25	36	72	26	37	72	27	38	72	28	39	72	20	7
36 I.D.	74	12	10	3	3	29	40	79	31	42	79	32	45	79	36	47	79	24	7
42 I.D.	108	14	16	3	3	33	46	83	35	48	83	37	50	83	40	54	83	27	7
48 I.D.	139	16	16	4	3	37	51	90	39	54	90	41	56	90	43	57	90	30	12
54 I.D.	177	18	16	4	3	41	54	96	44	56	96	47	58	96	49	60	96	33	12
60 I.D.	219	20	16	4	3	45	56	99	49	59	99	51	61	99	53	64	99	39	12
66 I.D.	264	20	16	4	3	48	58	108	52	61	108	54	63	108	56	66	108	39	12
72 I.D.	307	24	16	4	3	52	62	108	54	64	108	56	67	108	62	70	108	42	12

Densidad del agua : 1.07 gr/cm^3

Densidad de hidrocarburos : 0.7 gr/cm^3

Caída de presión máxima permisible : 2 PSI.

2) Conexiones requeridas para nuestras necesidades de proceso.

3) Materiales para fabricación básica (tubos ciclónicos, cuerpo, cabezas y soportes) y margen de corrosión. Debiendo especificar también radiografiado y relevado de esfuerzos.

Para los últimos dos puntos, contamos con información de los estándares de fabricación de las compañías especializadas en este tipo de recipientes como son BS & B DE MEXICO S.A. y PEERLESS MFG C/O MARIO E. PAVON.

Procedimiento de cálculo:

De acuerdo con los estándares de fabricación mencionados (de los cuales se adjunta copia para pronta referencia), el punto de partida a seguir para dimensionar el recipiente, es el cálculo del número de tubos ciclónicos necesarios para depurar el flujo de gas de diseño. Para ello, contamos con la siguiente ecuación:

$$\text{Número de tubos} = \text{P.C.D.S.} \times 10^{-4} / 3.57 (P - AP)^{0.5}$$

donde: P.C.D.S. = gasto de diseño en piés cúbicos por día a condiciones estándar = 2'068,800.

P = presión mínima de operación en libras por pulgada cuadrada absolutas = 361.9 PSIA.

AP = caída de presión máxima permisible en el depurador de gas, en libras por pulgada cuadrada = 2 PSI.

sustituyendo valores:

Número de tubos = $2'068,800 \times 10^{-4} / 3.57 (361.9 - 2)^{0.5} = 3.05$ debiendo especificar el inmediato superior, es decir 4 tubos con el objeto de tener una menor caída de presión en el recipiente.

Una vez definido en número de tubos ciclónicos con que deberá contar

CALCULATION OF SCRUBBER SIZE

determine the size scrubber you need, use Figure 2 (the formula for actual CFM below) to determine CFM, and then use Figure 3 to see if this flow will provide needed efficiency. If not, a higher pressure drop may be required.

Then, after assuring yourself that the pressure drop expected will provide the proper efficiency, use the formula for tube requirement below. The dimension table (below) will then tell you how large the unit is.

FORMULA FOR CALCULATING ACTUAL CFM/TUBE FROM STANDARD CUBIC FEET PER DAY

$$\text{Actual CFM/tube} = \frac{\text{SCFD}}{1440 \times N} \times \frac{14.7}{P}$$

where
 SCFD = standard cubic feet of gas per day
 N = number of tubes in scrubber
 P = operating pressure in scrubber psia

FORMULA FOR CALCULATING SIZE OF UOP DESIGN 2V GAS SCRUBBERS

$$N = \frac{\text{SCFD} \times 10^{-4}}{3.57 \sqrt{P \times \Delta P}}$$

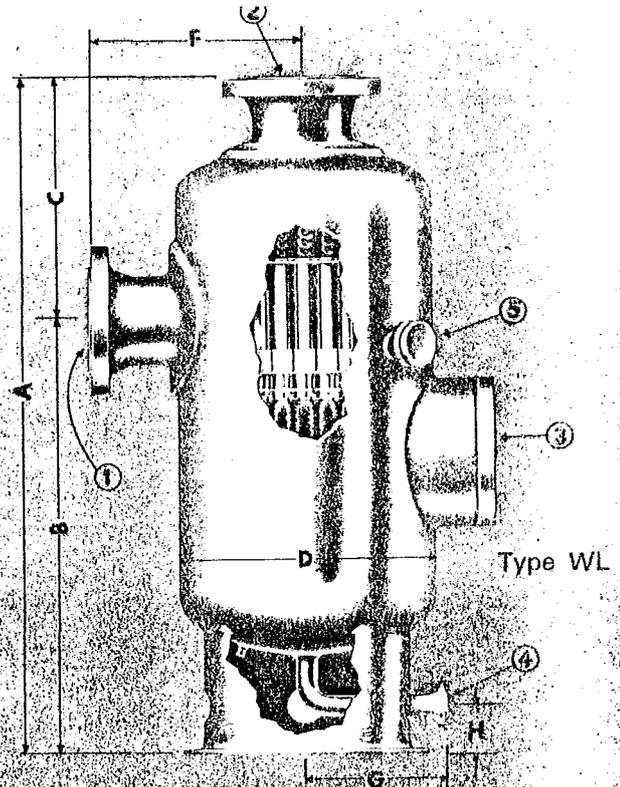
where
 N = number of tubes required
 SCFD = standard cubic feet of gas per day
 P = operating pressure in scrubber psia
 ΔP = pressure drop through scrubber in psi
 Efficiency can be maintained by keeping the ACFM per tube (corrected for pressure) at 10 or higher. By transposition of the above formula, pressure drop can be calculated.

$$\Delta P = \left(\frac{\text{SCFD}}{3.57} \times \frac{10^{-4}}{N} \right)^2 \times \frac{1}{P}$$

DIMENSIONS TYPE WL AND WHL

DIMENSIONS (INCHES)										FLANGE SIZE (INCHES)					MAX. NO. TUBES	STOR. CAP. CU. FT.	SIZE
A'	B	C	C'	D	E	F	G	H	1	2	3	4	5				
70	52	18	18	10	12	8	6	4	4	2	2	2	2	2	2	03	6"
72	53	19	18	10½	13	9	6	4	4	2	3	3	3	3	3	06	8"
73	54	19	19	11	14	10	6	4	4	2	5	5	5	5	5	09	10"
80	56	23	23	13½	16	11	6	6	6	2	7	7	7	7	7	14	12"
86	61	24	25	15	17	13	6	6	6	3	11	11	11	11	11	17	14"
91	65	25	26	16	18	13	6	6	6	3	13	13	13	13	13	21	16"
95	69	25	26	18	19	14	7	6	6	8	17	17	17	17	17	4	18"
103	72	29	31	24	19	24	16	7	8	10	33	33	33	33	33	8	24"
113	76	34	37	30	23	28	17	7	10	10	58	58	58	58	58	11	30"
122	79	38	43	36	27	31	24	7	12	12	85	85	85	85	85	18	36"
132	84	41	48	42	30	34	27	7	14	14	117	117	117	117	117	26	42"
145	91	47	54	48	34	39	31	9	16	16	154	154	154	154	154	35	48"
155	95	51	60	54	38	43	33	9	18	18	195	195	195	195	195	45	54"
165	99	56	66	60	42	46	36	9	20	20	240	240	240	240	240	57	60"
179	104	62	75	66	47	50	39	9	24	24	285	285	285	285	285	70	66"
182	106	63	76	72	48	56	42	9	24	24	327	327	327	327	327	82	72"

*Pipe dimensional data above may vary slightly depending on design specifications and requirements.



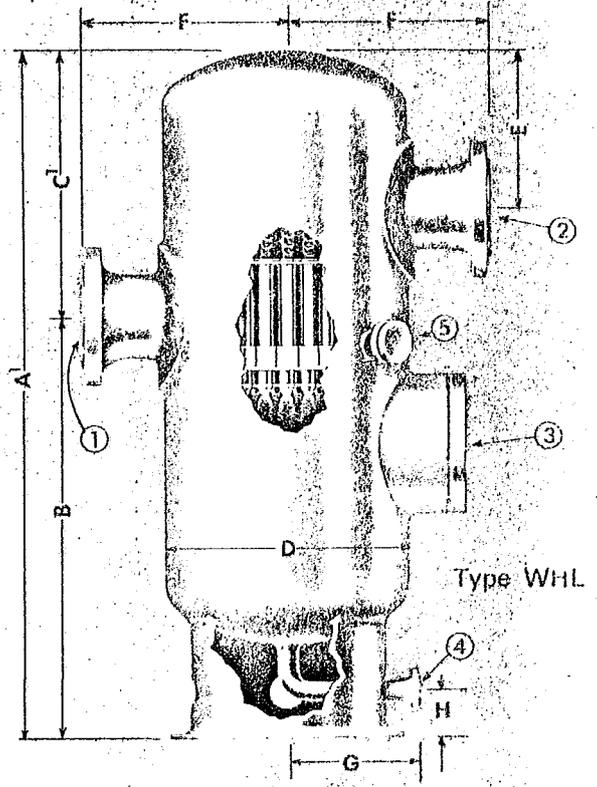
Two inspection flanges (5) supplied. Spaced 90° apart and each 45° from center line of inlet. Can also be supplied in Type WS or Type WHS (drain vertical). For these types deduct dimension H from dimensions A, A' and B.

* Normally supplied on sizes 18 and above only

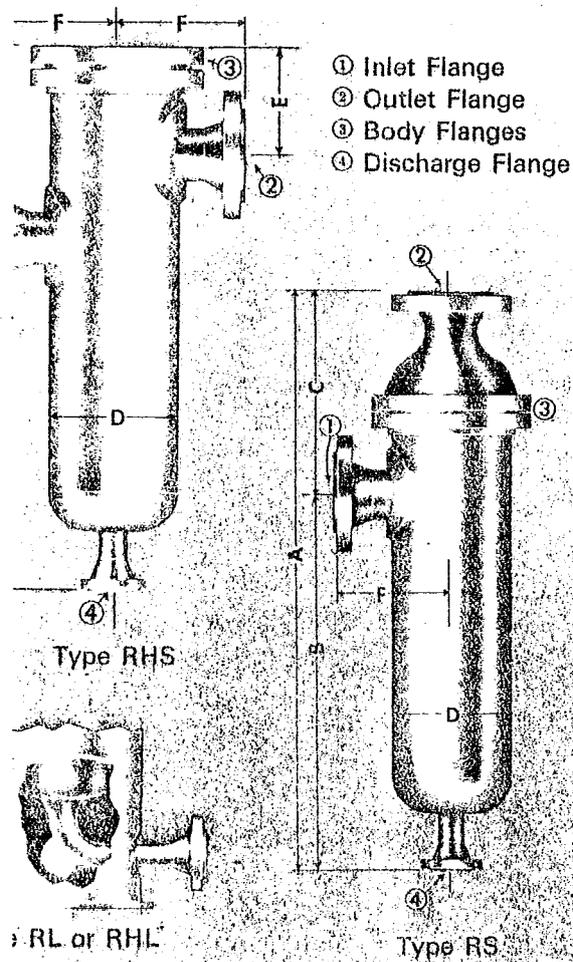
- ① Inlet Flange
- ② Outlet Flange
- ③ Inspection Manhole Flange
- ④ Dust Discharge Flange
- ⑤ Inspection Port Flange



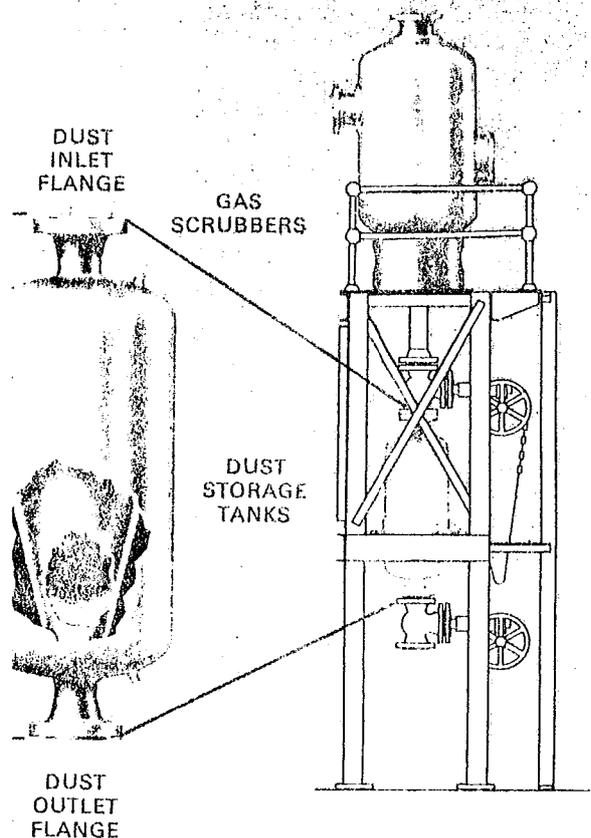
Type WS or WHS



Type WHL



VERTICAL GAS SCRUBBER AND DUST TANK ASSEMBLY



Vessels up to 14" diameter can also be supplied with removable tube bundles at a slight additional cost. The configurations available with this feature are shown at left. With the exception of the C or C' dimension (which increases slightly), the dimensions in the table on Page 4 also apply to the Type RS and Type RHS units.

For the RL and RHL design, dimensions A, A', and B each increase 6". Mounting lugs are not included as the unit is supported by a skirt.

TYPICAL GAS FLOW—MMSCFD

Sp. Gr. 0.6

ΔP 2.0 psi

Size	# Tubes	Operating Pressure psig				
		150	300	450	600	900
6	2	1.3	1.8	2.2	2.5	3.0
8	3	1.9	2.7	3.2	3.7	4.5
10	5	3.2	4.4	5.4	6.2	7.5
12	7	4.5	6.2	7.5	8.7	10.5
14	11	7.0	9.7	11.8	13.6	16.6
16	13	8.3	11.5	14.0	16.1	19.6
18	17	10.9	15.1	18.3	21.1	25.6
24	33	21.1	29.2	35.5	40.9	49.7
30	58	37.1	51.4	62.4	71.9	87.4
36	85	54.4	75.4	91.5	105	128
42	117	74.9	104	126	145	176
48	154	98.5	136	166	191	232
54	195	125	173	210	242	294
60	240	153	213	258	296	362
66	285	182	253	306	353	429
72	327	209	290	352	405	493

DUST STORAGE TANK

Flange sizes are selected to match dust and liquid discharge from scrubbers with "S" Type Discharge.

Dust storage tanks are made in two sizes, with 12" tank used on size 18" diameter scrubbers and 16" tank on all larger sizes.

These tanks are mounted with scrubber as shown on assembly sketch and are used only where it is objectionable to blow the dust or liquid directly to atmosphere.

In operation the valve between the scrubber and storage tank is left open and the valve on the bottom of the dust storage tank closed. When storage tank is to be emptied the top valve is closed and the storage tank depressurized through the vent in its top head. The bottom valve is then opened and the contents of the tank allowed to fall into a receptacle.

All components of this assembly can be furnished upon request: the scrubber-dust storage tank, lubricated plug valves, and structural steel.

FORMULAS FOR VESSELS UNDER INTERNAL PRESSURE

THE FORMULAS CONFORM TO THE ASME CODE FOR PRESSURE VESSELS, SECTION VIII, DIVISION I

CORROSION ALLOWANCE. If the vessel is subject to pitting by corrosion allowance shall be added to the thickness calculated by the formulas. Code UG-25.

When allowance for corrosion is provided computing the wall thickness or allowable pressure in terms of the inside dimensions, the allowance shall be added to the length of inside radius or diameter.

MAXIMUM ALLOWABLE WORKING PRESSURE: for a vessel is the pressure allowable for the weakest element of the vessel. It should be limited not by minor parts but by the shell, heads or flanges.

HYDROSTATIC TEST PRESSURE is one and one-half times the maximum allowable working pressure or the design pressure when calculations are not made to determine the maximum allowable working pressure. Code UG-99.

DEGREE OF RADIOGRAPHIC EXAMINATION. Conditions when full radiography is mandatory are described in the Code UW-11.

STRESS VALUES OF MATERIALS, 1000 psi. Excerpt from Code, table UCS-23.

Specification		For Metal Temperature Not Exceeding Deg. F.							
Number	Grade	20 to 650	700	750	800	850	900	950	1050
SA-283	C	12.6	-	-	-	-	-	-	-
SA-285	C	13.7	13.2	12.0	10.2	8.3	6.5	-	-
SA-515	55	13.7	13.2	12.0	10.2	8.3	6.5	4.5	2.5
SA-515	60	15.0	14.3	12.9	10.8	8.6	6.5	4.5	2.5
SA-515	65	16.2	15.5	13.8	11.4	8.9	6.5	4.5	2.5
SA-515	70	17.5	16.6	14.7	12.0	9.2	6.5	4.2	2.5
SA-516	55	13.7	13.2	12.0	10.2	8.3	6.5	4.5	2.5
SA-516	60	15.0	14.3	12.9	10.8	8.6	6.5	4.5	2.5
SA-516	65	16.2	15.5	13.8	11.4	8.9	6.5	4.5	2.5
SA-516	70	17.5	16.6	14.7	12.0	9.2	6.5	4.2	2.5

CYLINDRICAL SHELL. In the formulas of the form the stress in the longitudinal joint are considered, since usually this governs.

Stress in the girth seam will govern only when the circumferential joint efficiency is less than half the longitudinal joint efficiency, or when besides the internal pressure additional loadings (wind load, reaction of saddles etc.) are causing longitudinal bending or tension.

The formulas considering the stress in the girth seam:

$$t = \frac{PR}{2SE + 0.4P} \quad P = \frac{2SEt}{R - 0.4t}$$

When the thickness of the shell exceeds one half of the inside radius, or P exceeds 0.385 SE, the formulas given in the Code UA-2 shall be applied.

SPHERE AND HEMISPHERICAL HEAD. When the wall thickness exceeds 0.356 R, or P exceeds 0.665 SE, the formulas given in the Code UA-3 shall be applied.

ELLIPSOIDAL HEAD. When the ratio of the major and minor axis is other than 2:1, formulas and factors given in the Code UA-4(e) shall be applied.

10. **CONE AND CONICAL SECTION.** The formulas given in the form are applicable only when the half apex angle of the cone does not exceed 30 degree.

11. **ASME FLANGED AND DISHED HEAD.** The formulas are applicable when the inside crown radius is not greater than the outside diameter of the head and the inside knuckle radius is not less than 6% of the outside diameter or 3 times the thickness of the head.

12. **EFFICIENCY OF WELDED JOINTS (E)**

Excerpt from ASME Code, Table UW-12

No.	TYPE OF JOINT	DEGREE OF EXAMINATION		
		FULL	SPOT	NO
1	Double-welded butt joint or single-welded butt joint with backing strip which does not remain in place.	1.00	0.85	0.70
2	Single-welded butt joint with backing strip which remains in place.	0.90	0.80	0.65
3	Single-welded butt joint without use of backing strip.	--	--	0.60

13. **EFFICIENCY (E) TO BE USED IN CALCULATIONS OF SEAMLESS HEADS** ASME Code UW-12(b)

TYPE OF HEAD	TYPE OF JOINT	DEGREE OF EXAMINATION OF HEAD TO SHELL JOINT		
		FULL	SPOT	NO
Hemispherical	Nº1	1.00	0.85	0.80
	Nº2	0.90	0.80	
Others	ANY	1.00	0.85	

14. **NOTATION**

- α = Half apex angle of cone, deg.
- D = Inside diameter of cone at the large end, inches.
Inside diameter of ellipsoidal head, inches.
- D_o = Outside diameter of cone at the large end, inches.
Outside diameter of ellipsoidal head, inches.
- E = Lowest efficiency of any joint in the shell or head; for hemispherical head this includes head to shell joint.
- L = Inside crown radius of flanged and dished head, inches.
- L_o = Outside crown radius of flanged and dished head, inches.
- P = Internal design pressure or maximum allowable working pressure pounds per square inches.
- r = Knuckle radius
- R = Inside radius of shell or hemispherical head, inches.
- R_o = Outside radius of shell or hemispherical head, inches.
- S = Allowable stress value of material pounds per square inches.
- t = Thickness of shell or head, inches.

FF-110.9

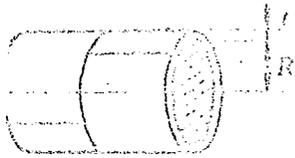
- α = Half apex angle of cone, deg.
- d = Inside diameter, inches*
- D = Outside diameter, inches
- e = Efficiency of welded joint:

- L = Inside crown radius, inches*
- L_0 = Outside crown radius, inches
- M = Factor, see table below.
- P = Design pressure or maximum allowable pressure, psig.

- R = Inside radius, inches*
- R_0 = Outside radius, inches
- S = Stress value of material, psi.
- t = Thickness, inches
- * See note 2.

In Terms Of INSIDE Radius or Diameter

In Terms Of OUTSIDE Radius or Diameter

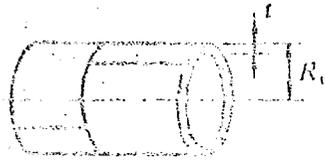


$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$$

$$P = \frac{SEt}{R + 0.6t}$$

CYLINDRICAL SHELL

Formulas for Longitudinal Seam

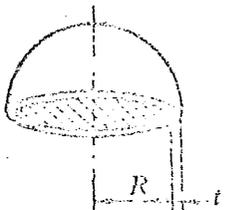


$$t = \frac{PR_0}{SE + 0.4P}$$

$$P = \frac{SEt}{R_0 - 0.4t}$$

CYLINDRICAL SHELL

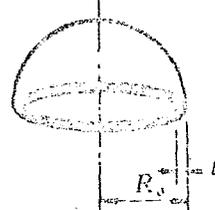
Formulas for Longitudinal Seam



$$t = \frac{PR}{2SE - 0.2P}$$

$$P = \frac{2SEt}{R + 0.2t}$$

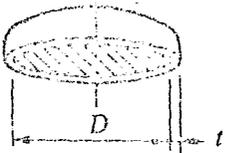
SPHERE
HEMISPHERICAL HEAD



$$t = \frac{PR_0}{2SE + 0.8P}$$

$$P = \frac{2SEt}{R_0 - 0.8t}$$

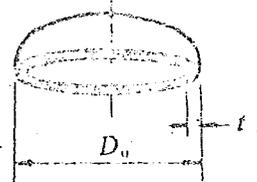
SPHERE
HEMISPHERICAL HEAD



$$t = \frac{PD}{2SE - 0.2P}$$

$$P = \frac{2SEt}{D + 0.2t}$$

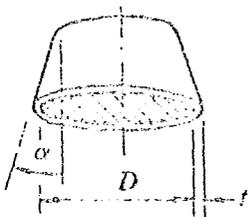
2:1 ELLIPSOIDAL HEAD



$$t = \frac{PD_0}{2SE + 1.8P}$$

$$P = \frac{2SEt}{D_0 - 1.8t}$$

2:1 ELLIPSOIDAL HEAD

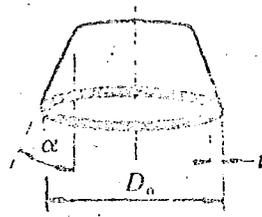


$$t = \frac{PD}{2 \cos \alpha (SE - 0.6P)}$$

$$P = \frac{2SEt \cos \alpha}{D + 1.2t \cos \alpha}$$

CONE & CONICAL SECTION

α maximum = 30 deg.

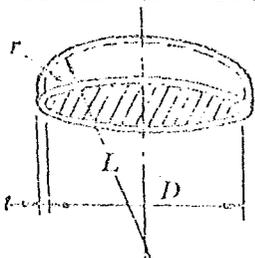


$$t = \frac{PD_0}{2 \cos \alpha (SE + 0.4P)}$$

$$P = \frac{2SEt \cos \alpha}{D_0 - 0.8t \cos \alpha}$$

CONE & CONICAL SECTION

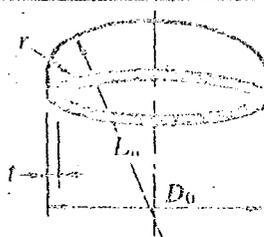
α maximum = 30 deg



$$t = \frac{PLM}{2SE - 0.2P}$$

$$P = \frac{2SEt}{LM + 0.2t}$$

FLANGED & DISHED HEAD



$$t = \frac{PL_0M}{2SE + P(M - 0.2)}$$

$$P = \frac{2SEt}{ML_0 - t(M - 0.2)}$$

FLANGED & DISHED HEAD

FACTOR	1/c	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.00	10.5	11.0	11.5	12.00	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0
M	M	1.39	1.41	1.44	1.46	1.48	1.50	1.52	1.54	1.56	1.58	1.60	1.62	1.65	1.69	1.72	1.75	1.78

tro equipo, consultamos las tabulaciones del fabricante, para definir los --
siguientes datos:

Tamaño del recipiente = 254 mm (10")

Boquilla de entrada: Brida de 102 mm (4")Ø Nom. 600 ANSI, R.T.J.

Boquilla de salida : Brida de 102 mm (4")Ø Nom. 600 ANSI, R.T.J.

Boquilla para la limpieza de la cámara inferior o registro de hombre : Brida
de 102 mm (4")Ø Nom. 600 ANSI. R.T.J.

Boquilla de inspeccion visual de la cámara central o principal: no requiere

Boquilla para drenar los condensables : Brida de 51 mm (2")Ø Nom. 600 ANSI
R.T.J.

que corresponden a las boquillas estandarizadas por los fabricantes de éste
tipo de equipos de proceso, pero como nuestras necesidades de operación son
otras, necesitamos especificar boquillas adicionales para la automatización
del equipo y su seguridad, para lo cual tendremos los siguientes datos:

Boquillas para el controlador de nivel : se requieren dos bridas de 25.4mm
(1")Ø Nom. 600 ANSI, R.T.J. instaladas en el eje vertical del recipiente
con una separación entre ejes de 14" ⁺ 1/8", seleccionada previamente para
éste equipo.

Boquillas para el indicador de nivel visual marca Jerguson, tipo reflex, mo-
delo 113-R-12-147 con longitud visible de 321 mm (12.625") y longitud de
centro a centro de válvulas de 14" ⁺ 1/8", cubierta de acero forjado ANSI -
1040, tipo de válvulas 147, conexiones a proceso de 19 mm (3/4") N.P.T.
laterales(side connected): se requieren dos coples de 19 mm (3/4")Ø Nom.
6,000 libras(de acuerdo con ASME sección VIII).

Boquilla para el flujo de condensables a la válvula de control de nivel, me-
jor conocida como sifón: Brida de 25.4 mm (1")Ø Nom. 600 ANSI, R.T.J. selec-
cionada previamente para tal efecto.

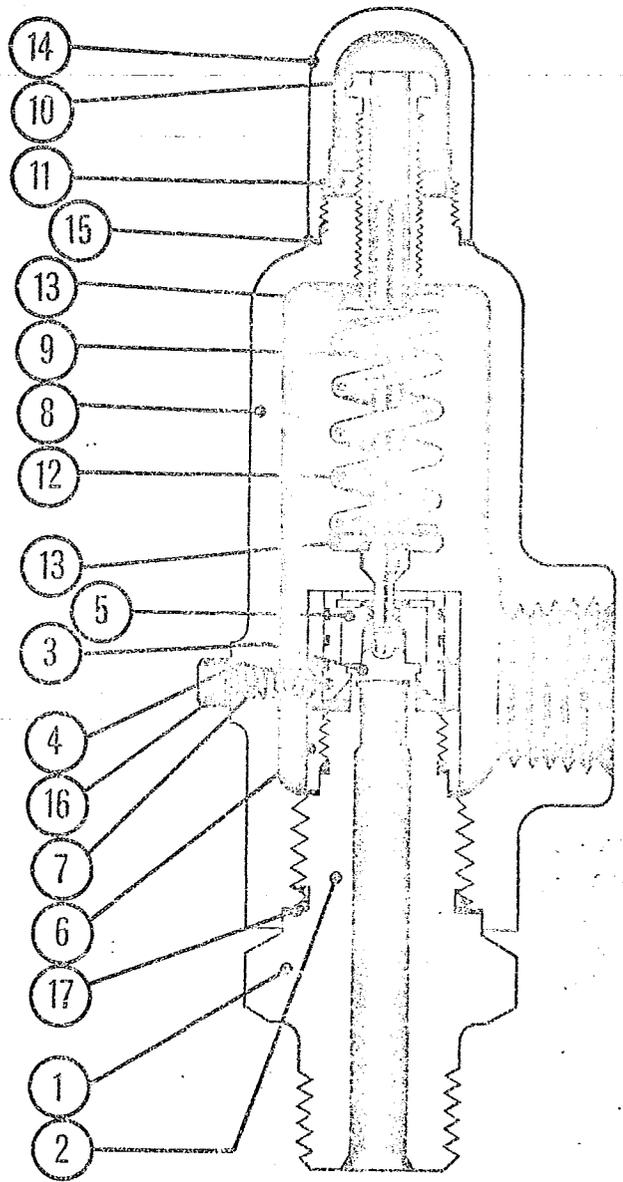
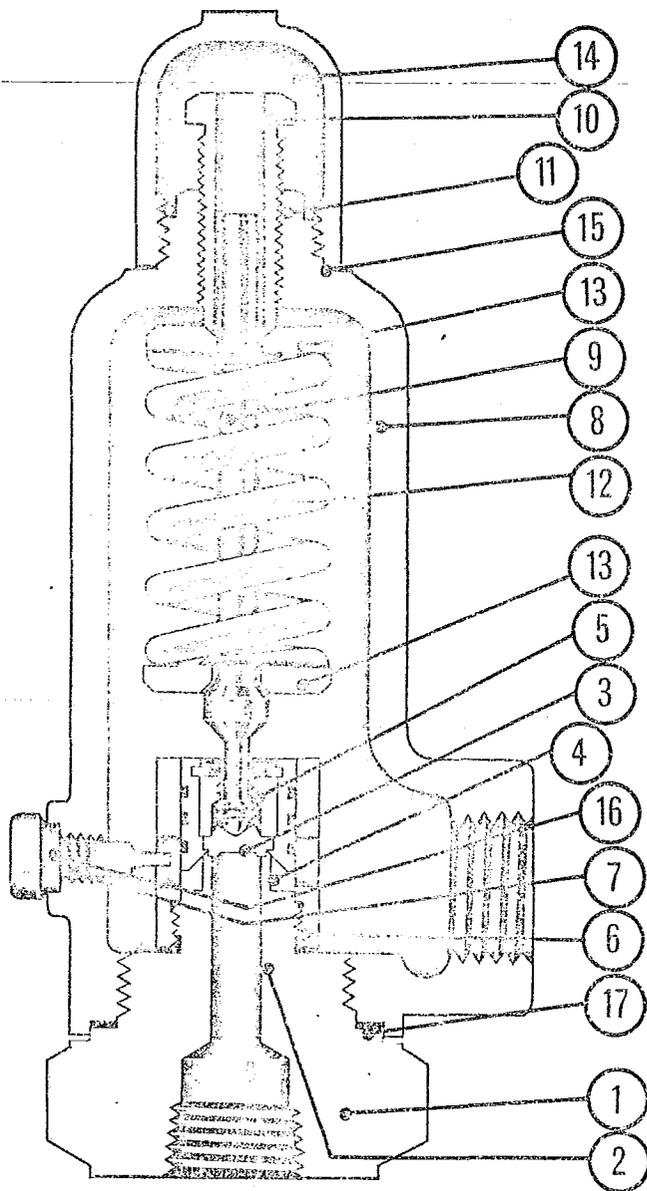
Boquilla para la válvula de seguridad y alivio de presión: la cual se debe --

DURAVAL[®] CONSOLIDATED[®]

ALVULAS DE ACERO TIPO ROSCADO 1970 Y 1975 (Codigo ASME Sección VIII para Servicio de Gas, Vapor y Liquidos)

1970

1975



WARRANTY

EMCA, S.A. de C.V. garantiza sus productos contra cualquier defecto de fabricación, calidad de materiales o mano de obra, por un año a partir de la fecha de entrega de nuestra fábrica.

La garantía consiste en la reparación, reemplazo o reembolso del valor pagado del artículo defectuoso, siempre y cuando haya sido instalado y operado correctamente en las condiciones de servicio recomendadas por EMCA, S.A. de C.V. La garantía no es válida cuando el artículo haya sido dañado por: fuego, corrosión, abuso o negligencia, ni cuando haya sido desensamblado y/o reparado por personal no autorizado por la fábrica.

En ningún caso será EMCA, S.A. de C.V. responsable por disminución de utilidades, pérdidas por paro de plantas, aumento en costos de operación u otros consecuentes del uso del artículo.

Las ilustraciones que aparecen en este catálogo son representaciones de un modelo de cada línea de productos, pero no necesariamente representan toda la información con todo detalle. EMCA, S.A. de C.V. se reserva el derecho de efectuar cambios en materiales, diseño y especificaciones sin notificación previa, con su política de mejoramiento de sus productos.

definir, calculando la válvula de seguridad necesaria para relevar un 25% de la capacidad de diseño del recipiente, conforme al procedimiento expuesto anteriormente, solo que en éste caso para una presión de calibración de 1,200 PSIG y una temperatura máxima especificada de 38°C (100°F).

cálculo del área de orificio requerida para determinar la válvula apropiada:

$$A_R = 359.17 (0.6)^{0.5} (0.865)^{0.5} (560)^{0.5} / 1.175 (335) (1334.7) = 0.012$$

Area de orificio requerida=0.012 pulgadas cuadradas, para la cual seleccionamos una válvula Duraval Consolidated modelo 1975c, con área de orificio de 0.06 pulgadas cuadradas, conexión de entrada de 19 mm (3/4")Ø Nom. rosca macho y conexión de salida de 25.4 mm (1")Ø Nom. de acuerdo con la copia del catálogo del fabricante que se adjunta para pronta referencia, de los cálculos anteriores definimos que la boquilla que vamos a especificar al fabricante del depurador de gas será: un cople de 19 mm (3/4")Ø Nom. 6,000 libras (de acuerdo con ASME sección VIII).

Para definir el tipo de boquilla ver especificaciones generales de tuberías de proceso y servicios auxiliares anexas.

IRAVAL® CONSOLIDATED®

VALVULAS REFORZADAS DE SEGURIDAD ALIVIO DE ACERO TIPO ROSCADO 1970 Y 1975

TIPO 1970
Capacidad de operación en presiones hasta 5000 psi y temperaturas hasta 750° F - Las dimensiones de orificios incluyen: .196, .442 pulgada cuadrada. Interiores de acero inoxidable.

TIPO 1975
Con capacidad de operación en presiones hasta 2000 psi y temperaturas hasta 750° F - La dimensión del orificio es de .06 pulgada cuadrada. Interiores de acero inoxidable.

PARTES MATERIALES

NOMBRE	MATERIAL
Resorte (1970) Resorte (1975) Arquilla	C 1020 Acero al Carbón ASTM-A-182 Grado F-304 ASTM-A-182 Grado F-304
Resorte Resorte de retencion Resorte de sosten	ASTM-A-182 Grado F-304 17-7 PH Acero Inoxidable AISI 304 Acero Inoxidable
Arquilla Resorte Resorte	AISI 430 (17 % Min. Cromo) AISI 414 Acero Inoxidable ASTM-A-216 Grado WCB Acero al Carbón
Resorte Resorte de ajuste	AISI 414 Acero Inoxidable ASTM-A-216 Grado 414 Acero Inoxidable

NOMBRE	MATERIAL
11 Tuerca del tornillo de ajuste	AISI 414 Acero Inoxidable
12 Resorte (1970 C) 12 Resorte (1975 C)	Acero al Carbón Acero al Carbón
12 Resorte (1970 T) 12 Resorte (1975 T) 13 Rondanas del resorte	* Acero al Tungsteno * Acero al Tungsteno AISI C1020 Acero al Carbón
14 Capuchón	ASTM-A-47 Grado 35018 Hierro Maleable
15 Empaque 16 Empaque del tornillo de ajuste	Hierro Flexible Hierro Flexible
17 Empaque del bonete	Hierro Flexible

Valvula completamente disponible de 316 Acero Inoxidable
Resortes con alambres de medida 1/2" y mas pequeñas seran surtidas en materiales de Inconel X-750

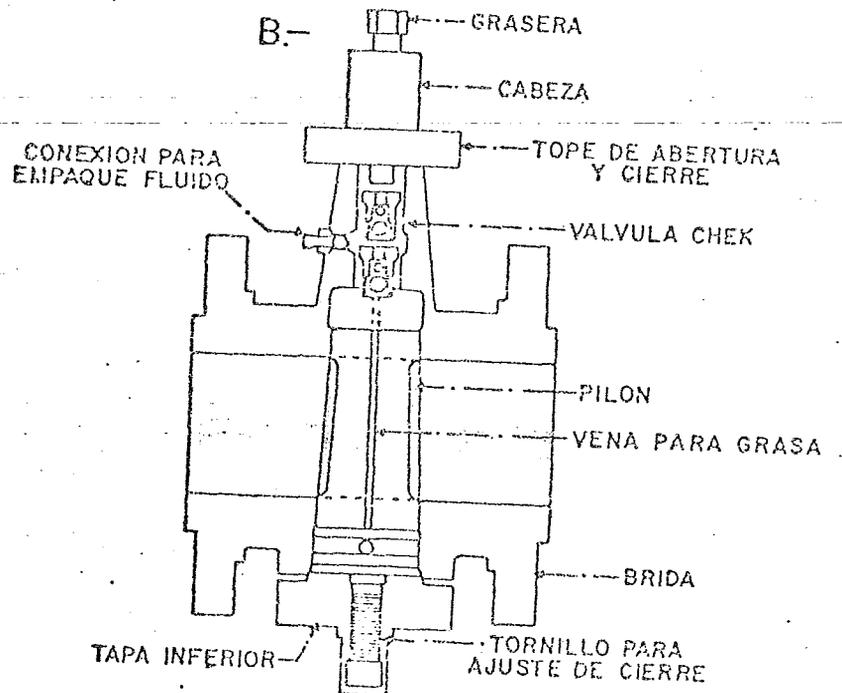
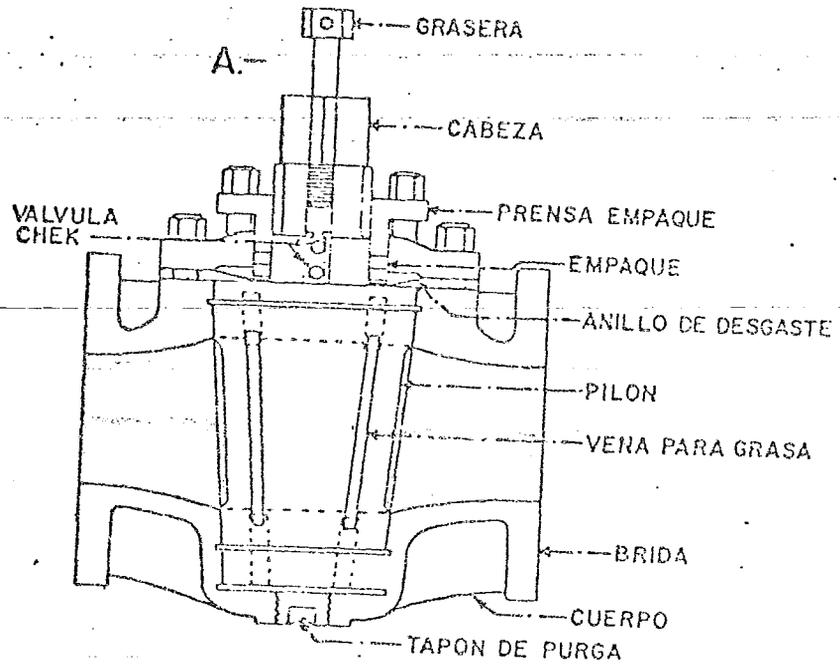
VALVULA TIPO	TAMAÑO	AREA DE ORIFICIO SQ. IN.	CONECCIONES ESTANDAR ROSCADAS		LIMITES DE PRESION DE ENTRADA Y TEMPERATURA	LIMITES DE CONTRAPRESION
			Entrada	Salida		
1970	1/2 x 1	.110	Hembra	Hembra	5000 lbs./pulg. ² 400° F.	400 lbs./pulg. ²
					5000 lbs./pulg. ² 750° F.	400 lbs./pulg. ²
1970	1 x 1 1/2	.196	Hembra	Hembra	3000 lbs./pulg. ² 400° F.	400 lbs./pulg. ²
					3000 lbs./pulg. ² 750° F.	400 lbs./pulg. ²
1970	1 1/2 x 2	.442	Hembra	Hembra	1500 lbs./pulg. ² 400° F.	400 lbs./pulg. ²
					1500 lbs./pulg. ² 750° F.	400 lbs./pulg. ²
1970	2 x 2	.442	Hembra	Hembra	1500 lbs./pulg. ² 400° F.	400 lbs./pulg. ²
					1500 lbs./pulg. ² 750° F.	400 lbs./pulg. ²
1975	1/2 x 1	.06	Macho	Hembra	2000 lbs./pulg. ² 400° F.	400 lbs./pulg. ²
					2000 lbs./pulg. ² 750° F.	400 lbs./pulg. ²
1975	3/4 x 1	.06	Macho	Hembra	2000 lbs./pulg. ² 400° F.	400 lbs./pulg. ²
					2000 lbs./pulg. ² 750° F.	400 lbs./pulg. ²
1975	1 x 1	.06	Macho	Hembra	2000 lbs./pulg. ² 400° F.	400 lbs./pulg. ²
					2000 lbs./pulg. ² 750° F.	400 lbs./pulg. ²

Seccionamientos o Bloqueos de los Cabezales de Regulación y Medición de Gas.

Válvulas Tipo Macho.- se componen basicamente de un tapón cónico (pilón) cilíndrico que se ajusta en su asiento correspondiente en el cuerpo de la misma. El tapón tiene una ventana en línea con las aberturas de flujo en el cuerpo de la válvula, la válvula se abre girando el tapón de modo que la ventana concuerde con las aberturas del cuerpo y cierra cuando se gira el tapón de modo que su ventana quede en ángulo recto con las aberturas del cuerpo, ésta ventana del macho o tapón puede operarse por medio de una llave de cuadro ó maneral que se ajusta en la extensión del vástago del tapón o por engranes. Pueden ser lubricadas y sin lubricar, en las lubricadas el principal problema que surgió, fué encontrar un lubricante que fuera resistente al calor o a los solventes y a los productos químicos (por tal motivo no se usan en instalaciones de solventes como la turbosina, porque se quedan pegadas al disolverse el lubricante de la válvula con el producto químico). Las ventajas principales de las válvulas macho lubricadas son: Su acción rápida (se necesita solo un cuarto de vuelta para abrirla o cerrarla); Su operación sencilla (tienen un mínimo de partes móviles y conexiones o partes mecánicas que pueden romperse); Su instalación requiere de un espacio mínimo y sus tapones cónicos que producen un cierre ajustado automático. El sistema especial de lubricación aumenta el hermetismo a la presión, reduce la superficie de asiento expuesta al fluido que este circula y hace que la válvula se maneje con mayor suavidad.

Muchas de estas válvulas se diseñan para mantenimiento en línea, pudiendose desarmar totalmente y quitar las partes o cambiarlas sin necesidad de sacar el cuerpo de la tubería. Lo maciso del cuerpo y el pilón que sirve de compuerta están poco expuestas a la corrosión, erosión y la contracción y expansión por cambios de temperatura, pero debe tenerse en cuenta que esto es cierto siempre que el mantenimiento sea correcto, es decir que esté bien lubricado y el ajuste del pilón con el cuerpo de la válvula sea correcto y que no tenga fugas por

VALVULAS MACHO



el empaque o la grasería. Si se descuida este mantenimiento las válvulas se pegan con facilidad, ya sea por carbón, incrustaciones alcalinas o formación de gomas. La película de grasa que está entre el cuerpo y el pilón sirve para sellar y lubricar, lo cual implica que si la válvula no está bien lubricada, tampoco sella bien. Las válvulas macho deben abrirse siempre despacio, nunca se aprovecha la facilidad que tienen de abrirse con un solo movimiento, porque provocan golpes de ariete o expansiones violentas si el flujo está a alta temperatura, causando ruptura de bridas, empaques o soportes.

Por último podemos decir que las válvulas macho representan los seccionamientos o bloqueos de los cabezales de regulación y medición de gas natural, ya que sirven para aislar del sistema a cualquier equipo de control o de medición, sin necesidad de suspender el servicio de gas (bloqueando antes y después de cada equipo) durante su reparación o mantenimiento. Además sirven de división entre los cambios de especificación de las instalaciones y para seccionar por tramos en la prueba hidrostática de los cabezales.

Para una mejor objetividad de su aplicación ver plano de tubería del proyecto de la estación para regular y medir el gas, así como las especificaciones generales para tuberías de proceso y servicios auxiliares anexas.

Protección Catódica.

Introducción.

El control de la corrosión sobre las instalaciones industriales es uno de los problemas más costosos. Su análisis es complicado, por los múltiples factores que intervienen. Uno de los principales tipos de corrosión es la producida por las corrientes eléctricas que normalmente circulan en la tierra.

Si bien los niveles de corrientes circulantes son, en la mayoría de las ocasiones, muy pequeños, pueden ser suficientes para producir daños en las instalaciones, por lo que se han desarrollado métodos de protección para contrarrestar su acción.

Planteamiento del problema.

El crecimiento industrial del país ha dado origen a una red para el suministro de energéticos cada vez más compleja, destacándose particularmente las redes eléctricas y las de hidrocarburos; estableciéndose en muchos casos interacciones importantes, como es el caso de centrales térmicas de generación adyacentes a refinerías, ó de líneas de transmisión y tuberías muy próximas entre sí por longitudes considerables.

Sin embargo, estas interacciones no siempre son positivas y en algunas ocasiones se producen efectos indeseables; como en el caso de las corrientes circulantes inducidas por líneas aéreas, que provocan un incremento de la corrosión, en las partes metálicas de las instalaciones situadas en el subsuelo.

La presencia de corrientes circulantes en la vecindad del área ocupada por las subestaciones eléctricas es de importancia porque, aunque son valores pequeños (algunos miliampers), establecen un mecanismo de corrosión localizada. En la subestación se inyectan corrientes a tierra debido al desbalanceo entre fases. El retorno a través del suelo, provocado por este desbalance, puede como en el caso mostrado en la figura 1, incluir parte de las tuberías

Distribucion de la
Corriente Circulante

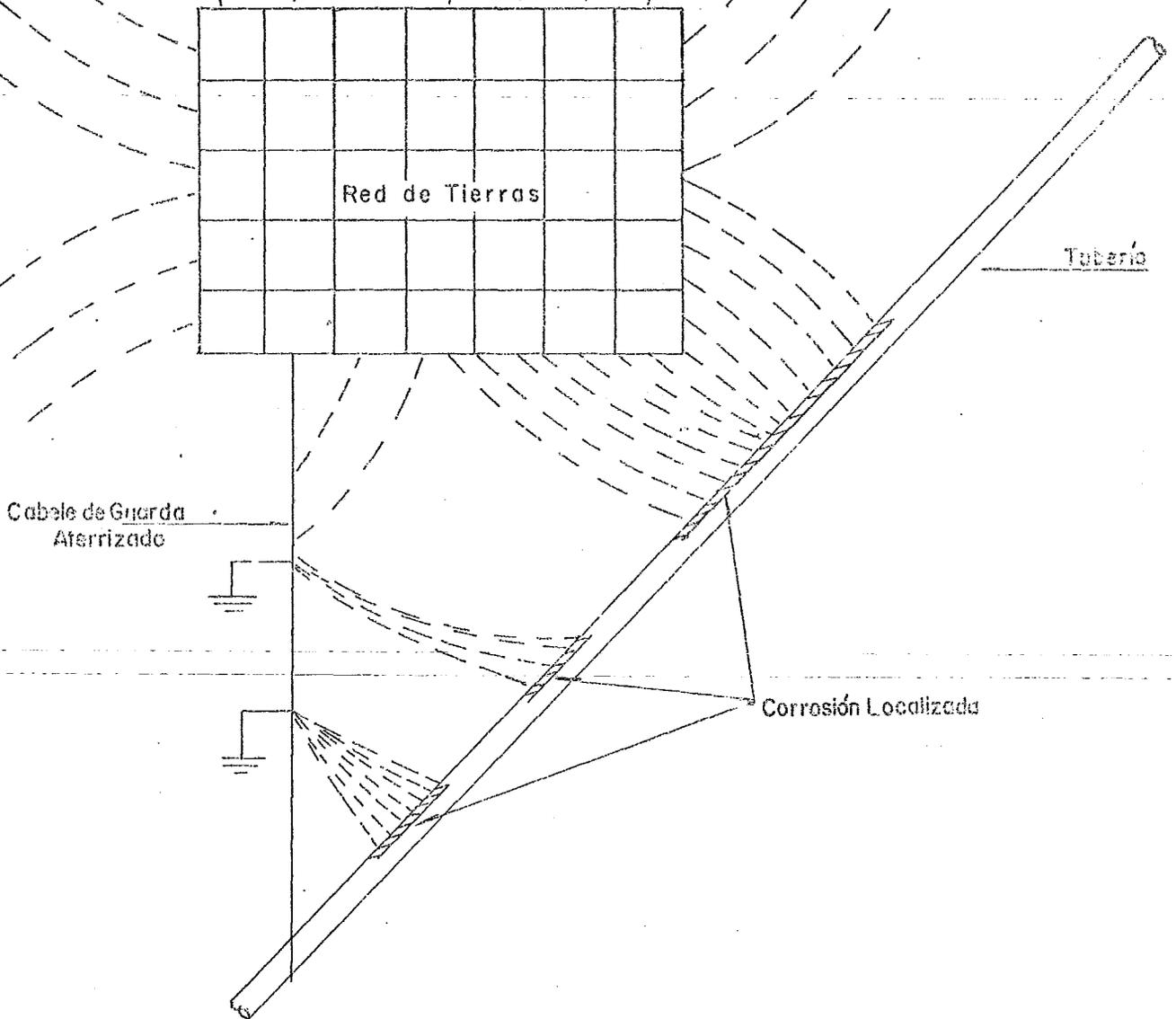


Fig. 1 Corrientes Cíclicas en el Subsuelo de una Subestacion proximo a una Tubería

cercanas, provocando en éstas un proceso de corrosión localizada.

Las diferencias de potencial producidas por las corrientes que circulan por las tuberías debido a la inducción de los campos electromagnéticos de las líneas de transmisión (figura 2) pueden ocasionar, entre otros efectos molestos, descargas eléctricas al personal que entre en contacto con las tuberías (figura 3).

El control de la corrosión es básicamente un problema económico y en la decisión de aplicar ó no un método de solución, se deben incluir consideraciones económicas. Esto significa que, cuando se establezcan criterios de diseño y construcción, se optimice en forma conjunta los gastos de mantenimiento esperados y el costo de construcción.

Para poder aplicar los principios expresados en el párrafo anterior, es necesario un buen conocimiento de los mecanismos de corrosión, que en este estudio, se centran en el efecto de las corrientes circulantes en el subsuelo.

Los métodos de control más comunes para prevenir la corrosión por este concepto, son:

- . Selección de un material adecuado para la instalación
- . Protección catódica ó anódica.
- . Recubrimientos.

+ Distribución de Corrientes Circulantes.

Como se mencionó anteriormente el desbalance entre fases en líneas de transmisión ocasiona corrientes que, por razones de operación eléctrica del sistema, son inyectadas a tierra. La distribución de estas corrientes en el subsuelo, depende de la resistencia eléctrica del terreno, la cual se vé modificada en forma importante por los elementos metálicos que están presentes en la vecindad de las instalaciones.

El efecto principal de estos elementos en el subsuelo es, proporcionar trayectorias de menor resistencia, por lo que se constituyen en electrodos por-

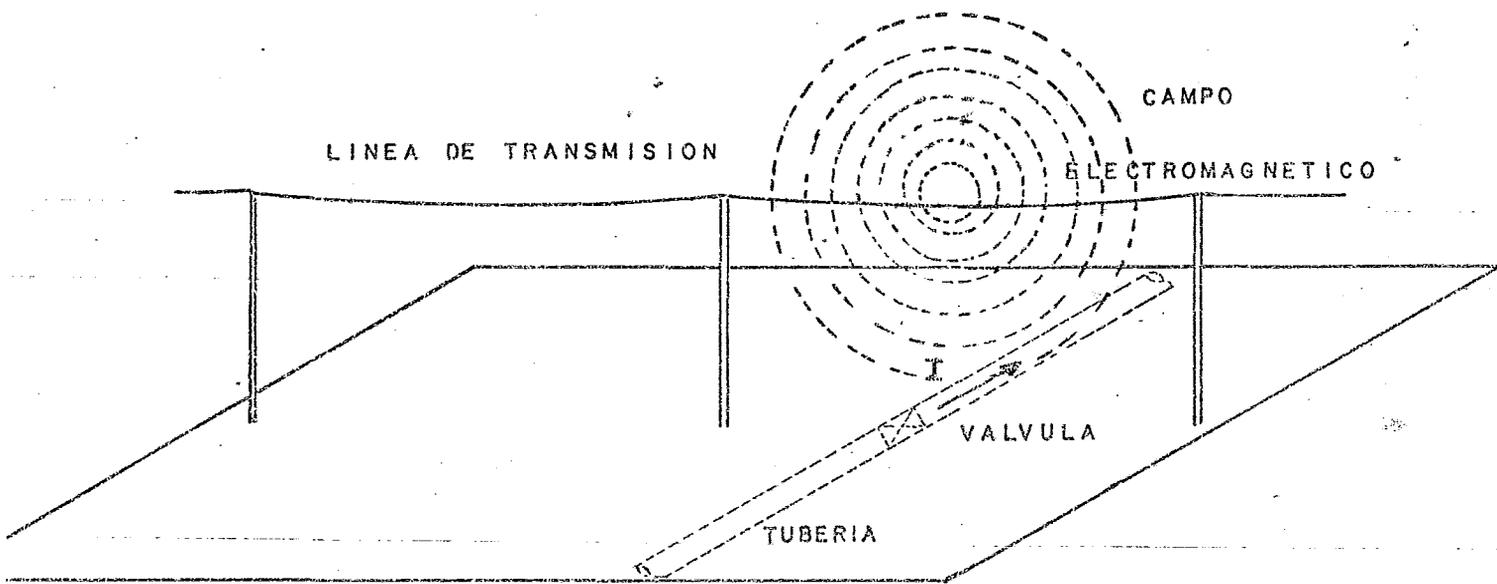


FIG. 2 INTERACCION DEL CAMPO ELECTROMAGNETICO Y LA TUBERIA.

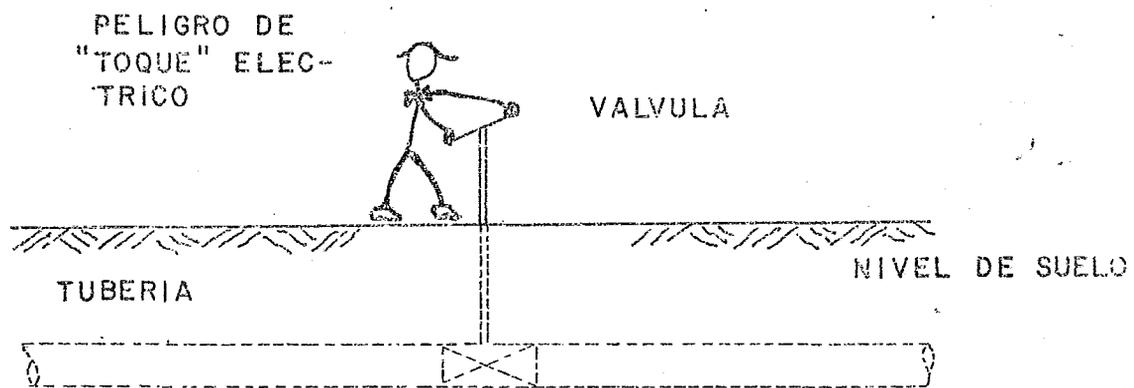


FIG. 3 SITUACION DE DESCARGA ELECTRICA POR CORRIENTES CIRCULANTES.

los cuales circula la mayor cantidad de corriente (ver figura 1).

Las corrientes circulantes se concentran en algunos puntos de los elementos metálicos mencionados, lo que provoca corrosión localizada, ó bién potenciales de transferencia hacia lugares alejados de la subestación. En caso de falla en la subestación, estos potenciales de transferencia pueden causar daños importantes a instalaciones de control electrónicos asociados a las tuberías ó descargas eléctricas de consideración a los operarios.

Inducción Electromagnética de Líneas de Transmisión Sobre las Tuberías.

La corriente eléctrica que circula en las líneas de alta tensión tiene asociados campos electromagnéticos variables en el tiempo que, al ser cortados por materiales magnéticos conductores (como son las tuberías de gasoductos), inducen corrientes circulantes sobre las mismas. Los principales efectos de estas corrientes inducidas son la creación de diferencias de potencial, que pueden transferirse de donde se produce la inducción hacia sitios alejados. Este fenómeno es la causa de molestias por descargas eléctricas ("toques"), a los operarios que tengan contacto con la tubería.

En el caso de que las líneas y tuberías sean paralelas por distancias considerables, se producen circuitos cerrados a través de los hilos de guarda de las líneas y las tuberías, lo que producirá problemas de corrosión similares a los mencionados en la distribución de corrientes circulantes.

Considerando la trascendencia, que un adecuado suministro de gas natural podría tener en el desarrollo social y comercial de la colonia Bellavista de Salamanca, Gto. en el caso de ser aprobado el proyecto de construir en esa población, la red de distribución de gas natural, resultará imprescindible su protección contra la corrosibilidad del suelo, pues aún cuando la tubería disponga de un recubrimiento mecánico anticorrosivo, requiere que éste se complemente con la protección catódica. Para tales efectos se hace necesario el estudio del suelo, que nos mostrará claramente el perfil de resistividades del terreno a lo largo del trazo de las tuberías, con la finalidad de conocer el grado de agresividad del mismo, resultando ser poco agresivo cuando el terreno tiene una resistividad elevada ó sumamente agresivo en el caso de presentar una baja resistividad y ésto será consecuencia de la conductividad eléctrica del medio. En la actualidad se dispone de una gran variedad de recubrimientos, cada uno de ellos con funciones y propiedades específicas por lo que se está en la posibilidad de seleccionar el que mejor se adapte a las necesidades del proyecto. El buen éxito de la aplicación de un recubrimiento depende primordialmente de la perfecta adhesión entre el recubrimiento y la superficie metálica y para lograr este objetivo, se deben seguir los procedimientos indicados en las especificaciones generales para la construcción de la red de distribución mostradas en los anexos del presente proyecto. Con el objeto de ejemplificar un diseño catódico de la red a continuación describiremos uno de los métodos más usuales: La Protección Catódica a Base de Anodos de Magnesio Convenientemente Espaciados a lo Largo de las Tuberías Principales y los Ramales de Distribución.- es un método en el que se requiere mantener las tuberías en un estado catódico, de ahí el origen del nombre de éste método de protección. Para llegar a tal estado, es necesaria la impresión de una corriente protectora, de manera que la corrosión se detenga cuando la corriente natural del ánodo es reducida a cero o se invierte.

Esto es, si ponemos a tierra un tramo de tubería de acero y una pieza de magnesio conectados exteriormente, la corriente fluirá a través de la tierra - del magnesio al acero, (tambien se pueden usar ánodos de zinc, pero entre los metales comunes el más anódico es el magnesio) quedando el acero finalmente en estado catódico y protegido de la corrosión. Lo anterior es precisamente la función de los ánodos de magnesio y zinc, conocidos en el ambiente profesional como ánodos de sacrificio ó ánodos consumibles, el nombre resulta obvio si se piensa en que se prefiere sacrificar cualesquiera de estos materiales a que se presente la corrosión en el acero, esta situación hace que los ánodos se desgasten, por lo que se hace necesario cambiarlos periódicamente, lo cual representa un gasto fijo continuo, pero que al final de cuentas, resulta mucho menos costoso que remplazar la tubería de acero.

La corriente proporcionada por un ánodo de magnesio , depende de la resistividad del suelo o terreno en el cual este alojado, por lo que la cantidad de ánodos necesarios para mantener protegido el sistema de tuberías se debe calcular tomando como base, el perfil de resistividades que proporcione el estudio de mecánica de suelos. El peso de cada una de las barras de magnesio se seleccionará de acuerdo con la siguiente tabla, la cual relaciona el tamaño de ellos con la resistividad del suelo donde se entierra, de modo que su vida útil sea de 10 años.

Resistividad del Suelo	Peso del Anodo.
de 0 a 800 ohm-cm.	50 libras
de 800 a 1800 ohm-cm.	32 libras
de 1800 a 3000 ohm-cm.	17 libras
mayor de 3000 ohm-cm.	9 libras

La cantidad de ánodos de magnesio se calculará de acuerdo a la corriente que se suministrará en cada tramo, la longitud del tubo y su área expuesta.

A manera de complemento de éste método se anexan las especificaciones generales para la protección catódica de tuberías con ánodos de magnesio.

- 1.- Diámetro y longitud de las tuberías principales ó maestras, localización de las conexiones de las tuberías principales y localización de las fuentes de suministro ó abastecimiento de flujo.
- 2.- El volúmen de gas que fluye dentro de la red debido a cada una de las fuentes de suministro y la repartición ó distribución de las cargas por-
ejm. Tome gas en todos los puntos que forman la red.
- 3.- La máxima caída de presión permisible ó admisible en la red, y la mínima y máxima presión admisible.
- 4.- La formula para flujo de gas que mejor se ajuste al tipo de sistema de distribución.

Localización ó trazo de la tubería principal.- El primer paso para resolver un problema de este tipo es hacer un mapa de la red, mostrnado diámetros y longitudes de las tuberías principales, así como las conexiones ó entronques entre las tuberías principales y las fuentes de suministro ó abastecimiento. Por conveniencia en la localización de las tuberías principales se recomienda asignar un número clave a cada (Loop) ramal cerrado ó circuito cerrado y otro a cada una de las tuberías principales.

Notar que las tuberías principales en la perifería de una red son comunes a un solo (Loop) circuito cerrado y en el interior de la red son comunes a dos (Loops) circuitos cerrados.

Casos especiales pueden ocurrir cuando dos tuberías principales se cruzan una con otra pero no son ó están conectadas, resultando que estas tuberías principales son comunes a tres ó más (Loops) circuitos cerrados. Entonces la distribución de la red viene a ser tridimensional en lugar de dos dimensiones. La siguiente figura es un ejemplo de una red tridimensional debido a que la tubería principal 15 no es conectada con la tubería 6 ; las tuberías 1 a 14 forman una red bi-dimensional (en dos dimensiones) de cuatro (Loops)- circuitos cerrados; el (Loop) circuito cerrado 5 se forma con las tuberías -

REDES DE DISTRIBUCION POR EL METODO DE HARDY CROSS

Red de Alta Presión.- Rango 15-60 psig

Para calcular la ΔP en una red de este tipo se emplea:

a) La formula de Gustafson

$$Q = 4.214 \frac{T_b}{P_b} \left[\frac{(P_1^2 - P_2^2)^{0.5} D^{2.4445} \log. 3.7 D/\epsilon}{G^{0.47355} T^{0.5} L^{0.5} ZV^{0.2645}} \right]^{1.0272} = \text{PCD}$$

Donde:

ϵ = Rugosidad efectiva en pulgadas de la tubería de acero; Usar 0.0007 inch. cuando no se conozca el valor exacto de la rugosidad efectiva (effective roughness)

V = Viscosidad absoluta del gas en lbm/ft-sec. (0.00000712 a 0.0000078 a 60° F)

Q = Cantidad de flujo en pies cúbicos por día a P_b y T_b (cuando Q es expresado en pies cúbicos por hora la constante es 1.616; cuando Q esta en PCH y L esté expresada en ft, la constante es 117.4)

P_b = Presión base en psia 14.22 psia

T_b = Temperatura base en °R 520°R

P_1 = Presión de entrada en psia

P_2 = Presión de salida en psia

G = Gravedad específica del gas (respecto al aire = 1) = 0.60

T = Temperatura promedio de flujo del gas, °R.

L = Longitud de la tubería en millas

D = Diámetro interno de la tubería en pulgadas

Z = Factor de compresibilidad a las condiciones promedio, adimensional; puede ser determinado a T y P_m donde

$$P_m = 0.6667 (P_1^3 - P_2^3) / (P_1^2 - P_2^2)$$

(Z puede ser omitida para presiones inferiores a 100 psig)

b) La formula de Panhandle "A"

$$Q = 435.7 \left[\frac{T_b}{P_b} \right]^{1.0788} \left[\frac{P_1^2 - P_2^2}{G^{0.8539} T L Z} \right]^{0.5392} E D^{2.6182}$$

Nueva Panhandle

$$Q = 737 \left[\frac{T_b}{P_b} \right]^{1.02} \left[\frac{P_1^2 - P_2^2}{G^{0.961} T L Z} \right]^{0.51} E D^{2.53}$$

c) La formula de Clarck

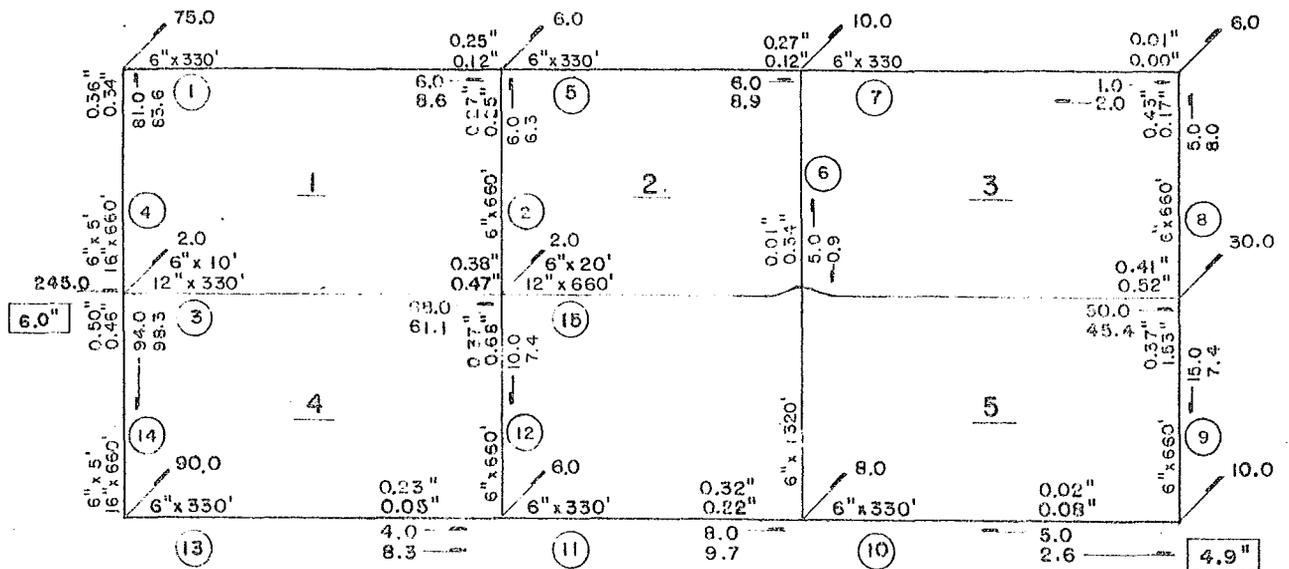
$$Q = \underbrace{\frac{80.8}{\rho \mu} \frac{1}{0.0814}}_{cte = 738.2} \left[\frac{M}{T} \right]^{0.541} \left[\frac{D^{4.85} (P_1^2 - P_2^2)}{L Z} \right]^{0.541}$$

El análisis completo se efectúa por el metodo de Hardy Cross el cual aplica los siguientes principios para calcular las caídas de presión y la distribución de flujos netas realizadas:

- 1.- El flujo de gas total que entra a una bifurcación ó entronque es igual a la suma de flujos que salgan de la bifurcación ó entronque.
- 2.- La suma de caídas de presión (a lo largo) a través de una trayectoria cerrada puede ser cero para el trabajo neto (la red) al hacer el balance.
- 3.- El flujo de la formula es expresado en la forma $h = A L_f Q^n$ donde h es la caída de presión ó $\Delta(P^2)$ diferencia de cuadrados de las presiones inicial y final absolutas. Y A es la resistencia al flujo por unidad de longitud.
- 4.- La resistencia a cambiar un flujo de gas en varias líneas aproximadamente iguales es $n A L_f Q^{(n-1)}$

Datos requeridos para resolver el trabajo neto (la red) incluida en un problema:

15, 9, 10, 11 y 12; Las tuberías 9, 10 y 11 son comunes a dos (Loops) circuitos cerrados (5 y 3 y 5 y 2 respectivamente) y la tubería 12 es común a tres (Loops) circuitos cerrados (2, 4 y 5).



El siguiente paso es escribir la distribución de cargas sobre el mapa. Un método conveniente de distribución de cargas es localizar en el extremo ó terminación de cada línea principal una carga concentrada igual a la mitad de la carga distribuida en ella (la tubería). El resultado de esta distribución de cargas se saca de los puntos situados en las uniones de los ramales principales de la red. Esto producirá prácticamente la misma caída de presión con las cargas distribuidas que si las cargas distribuidas son menores a la mitad del flujo total que entra a la tubería principal. Las caídas de presión calculadas son frecuentemente menores a las caídas de presión reales (error despreciable cuando los datos de carga son estimados).

Longitud equivalente de tubería. Al emplear el método de Hardy Cross es necesario calcular la longitud equivalente de cada tubería principal en terminos de un diámetro común de referencia.

$$L_E = \left[\frac{D_s}{D} \right]^A L$$

L_E = Longitud equivalente de diámetro seleccionado

D_S = Diámetro interno de la tubería seleccionada (tamaño)

D = Diámetro interno de la sección de tubería real

A = Exponente que depende de cada formula

$$L_1 = L_2 \left[\frac{d_1^{2.667}}{d_2^{2.667}} \right]^2$$

d = en pulgadas

De la ec. de Weymouth

L = en millas

Regla de cálculo para resolver un problema (muestra) tipo:

Para un sistema de distribución de gas de baja presión, compuesto de quince-ramales principales (figura anterior) ha sido analizado por el metodo de Hardy Cross para determinar la cantidad de flujo individual de cada ramal principal y las caídas de presión. Los números subrayados se refieren a los - - (Loops) circuitos cerrados; los números encerrados en círculos indican los - - ramales principales.

El flujo de gas que se suministra a la red por el lado izquierdo es de 245 - MCFH, los cuales se apuntan en las uniones de los ramales ó tuberías principales. En la punta de las flechas puestas en las uniones de las tuberías se pusieron los caudales contenidos (la suma de esos caudales es igual a 245 - MCFH).

Designado el flujo de gas y su dirección, tambien indicada por una flecha, a la derecha y debajo del ramal principal para el primer tanteo y la correspondiente caída de presión a la izquierda ó encima del ramal principal. El diámetro y longitud del ramal principal así como la longitud equivalente a tubería de 6" \emptyset de las tuberías principales de diámetros mayores se escriben enseguida de la caída de presión. Cuando las longitudes equivalentes de las tuberías principales son usadas, el factor de resistencia (A) de la tubería, -

viene a ser ó resulta el mismo para todas las tuberías principales de la red. Después de haber elaborado el mapa de la red con sus tuberías principales y circuitos cerrados (Loops) numerados y sus caudales y datos de abastecimiento. El siguiente paso es asumir ó considerar un patrón de flujo en la Red. Esto se puede hacer con las fuentes de suministro a la Red (en este caso solamente se tiene una fuente) con los volúmenes de gas derivados en el sistema (derivados ó repartidos) y distribuyendo esos volúmenes a través de las tuberías principales estos también son escritos en los puntos de caudales. Los flujos así asumidos (considerados) son mostrados enseguida para sus respectivas tuberías principales, indicando su dirección con flechas. El flujo total de gas que entra a una unión (ó entronque) es igual al flujo de gas que sale de ella.

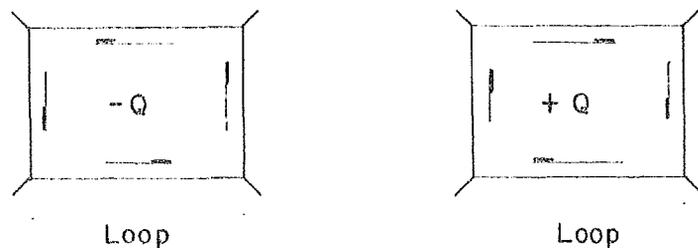
El patrón de flujo asumido se aproximará al patrón de flujo correcto si se considera la capacidad de flujo relativa de las tuberías principales de la red esto es una relación de capacidades de flujo para las diferentes tuberías principales que forman la red.

En la tabla 9-31 se presentan cuatro tanteos ó aproximaciones.

Los resultados del cuarto tanteo, después de haber sido llevado el balance aproximado son mostrados en la figura anterior, con una Presión inicial (de abastecimiento) de 6" de agua, la presión más baja en la red será aproximadamente de 4.9" de agua en la unión (ó entronque) de los ramales principales 9 y 10 .

Los números de los (Loops) circuitos cerrados y de las tuberías principales son enlistados en la primera y segunda columna de la tabla, respectivamente, la longitud de los ramales principales expresada como longitud equivalente de un ramal principal de 6" \emptyset es enlistada en la tercera columna de la tabla. El flujo de gas considerado en cada uno de los ramales principales para el primer tanteo están enlistados en la cuarta columna, los signos positivos ó

negativos que preceden a cada flujo Q indican la dirección del flujo en el ramal principal de cada (particular loop) circuito cerrado en particular. El signo más (positivo) denota un flujo en el sentido de las manecillas del reloj en el ramal principal referido al (Loop) circuito cerrado y el signo menos (negativo) denota un flujo en contra del sentido de las manecillas del reloj en el ramal principal referido al (Loop) circuito cerrado



Secuencia de Cálculo del Método.

- 1° Se evalúa la resistencia al cambio de flujo en el gas, en cada tubería ó ramal principal y se escribe en la tabla.
- 2° El coeficiente "n" el cual en este caso es igual a 2, ha sido factorizado fuera de este producto y es aplicado después.
- 3° La caída de presión en cada tubería ó ramal principal, se escribe también en la tabla y se le designa un signo positivo ó negativo de la misma forma que al flujo de gas, esto es lleva el mismo signo que el flujo de gas.

$$\text{Caída de presión} = A L_f Q^2$$

- 4° Se suma algebraicamente en cada (Loop) circuito cerrado la columna de la resistencia $A L_f Q$
- 5° Se suman algebraicamente las caídas de presión ó sea la columna de $A L_f Q^2$, para cada (Loop) circuito cerrado.
- 6° Se evalúa la corrección de flujo " Δ " para cada (Loop) circuito cerrado que en su forma general es igual a :

$$\Delta = (\sum \pm AL_f Q^n) / n \sum AL_f Q^{(n-1)}$$

Pero que en este caso es igual a:

$$\Delta = (\sum \pm AL_f Q^2) / 2 \sum AL_f Q \quad \text{donde } n = 2$$

Esta corrección puede ser restada algebraicamente del flujo de gas asumido o considerado. Un ramal principal común a dos (Loops) circuitos cerrados recibe dos correcciones y una tubería o ramal principal común a tres o más (Loops) circuitos cerrados recibe tres o más correcciones.

Las correcciones enlistadas para el primer tanteo son para los flujos de gas en cada tubería o ramal principal, la corrección No.1 se hace en base al (Loop) circuito cerrado en particular tomado en consideración, las correcciones No. 2 y 3 van a depender de que en el segundo y tercer (Loop) circuito cerrado aparezca la misma tubería o ramal principal. Los signos positivo y negativo (+ y -) escritos indican la dirección del flujo en ese ramal principal en los dos (Loops) circuitos cerrados y es obtenido según el Q del primer tanteo. El signo resultante es el mismo signo que tiene el Q cuando la dirección del flujo en cada uno de los (Loops) circuitos cerrados coincide con la dirección del flujo designado en el (Loop) circuito cerrado (en particular) tomado en consideración y es opuesto si esto no sucede.

El flujo Q y las correcciones serán sumados para obtener el Q enlistado en el segundo tanteo de acuerdo con las siguientes reglas:

- 1.- La operación algebraica para la corrección No.1 (Δ_1) será la opuesta a su signo, esto es, debemos sumar la corrección cuando ésta tenga signo negativo o bien debemos restarla cuando tenga signo positivo, por ejemplo supongamos que el Q del primer tanteo en un ramal principal en particular es igual a + 8 y que la corrección obtenida (mediante el valor de Δ) sea igual a + 2, esta regla nos dice que el valor de Q para el segundo tanteo se obtiene sumando algebraicamente + 8 - 2 = 6.

2.- Para efectuar la corrección No.2 en un ramal principal de un (Loop) circuito cerrado en particular tomado en consideración se debe proceder a efectuar los siguientes pasos:

1o. Una vez elaborado el mapa (ó diagrama) con los sentidos de flujos y después de haber efectuado las operaciones necesarias para obtener los valores de las siete primeras columnas para todos los (Loops) - circuitos cerrados que forman la red, en el primer tanteo; Esto es:

1er. T a n t e o									
Columnas:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Loop	Main	Length	Q	ALQ	ALQ ²	Correcciones		
							Δ_1	Δ_2	Δ_3
	1	1	.	.	.	.	.	.	.
	1	2	.	.	.	.	.	.	.
	1	3	.	.	.	.	.	.	.
	:	:
	2	4	.	.	.	.	.	.	.
	2	3	.	.	.	.	.	.	.
	2	2	.	.	.	.	.	.	.
	:	:
	:	:
	:	:

Se procede a localizar que ramales principales de la red son a dos ó más (Loops) circuitos cerrados, definiendo los signos de Q y Δ_1 en cada (Loop) uno de los circuitos cerrados del primer tanteo.

2o. Si consideramos un ejemplo en el cual un ramal principal es común al (Loop) circuito 1 y al (Loop) circuito 4; entonces el Q de dicho ramal deberá ser corregido por los dos (Loops) circuitos, efectuando los dos siguientes pasos:

a) Para efectuar la segunda corrección (Δ_2) del ramal común considerado en el (Loop) circuito 1, se escribe el valor numérico de la primera corrección (Δ_1) estimada en el (Loop) circuito 4 en la columna 8 y en el renglón correspondiente al ramal considerado. A éste valor numérico de la primera corrección (Δ_1 estimada en el Loop 4) se le asignarán dos signos, uno superior y uno inferior - ejm. ± 8.4 .

El signo superior será igual al signo que tenga el Q del ramal en el (Loop) circuito 4 y el signo inferior será igual al signo que tenga la primera corrección (Δ_1) calculada para el (Loop) circuito 4.

b) Para efectuar la segunda corrección (Δ_2) del ramal común considerado en el (Loop) circuito 4, se escribe el valor numérico de la primera corrección (Δ_1) estimada en el (Loop) circuito 1 en la columna número 8 y en el renglón correspondiente al ramal considerado. A éste valor numérico de la primera corrección (la Δ_1 estimada en el Loop 1) también se le asignarán los dos signos en la misma forma que en el inciso (a) ó sea que el signo superior será igual al signo que tenga el Q del ramal en el (Loop) circuito 1 y el signo inferior será igual al signo que tenga la primera corrección (Δ_1) calculada para el (Loop) circuito 1.

3o. La tercera corrección (Δ_3) se hace en la misma forma que la segunda corrección (Δ_2).

4o. La operación algebraica de la corrección número 2 (Δ_2) será la opuesta a su signo inferior, cuando su signo superior coincida ó sea igual al signo del Q que se va a corregir y será su signo inferior, cuando su signo superior no coincida ó sea el signo opuesto al signo del Q que se va a corregir.

De acuerdo con las reglas anteriores, la suma algebraica de los terminos de corrección de el flujo se ilustra con los siguientes ejemplos del primer tanteo:

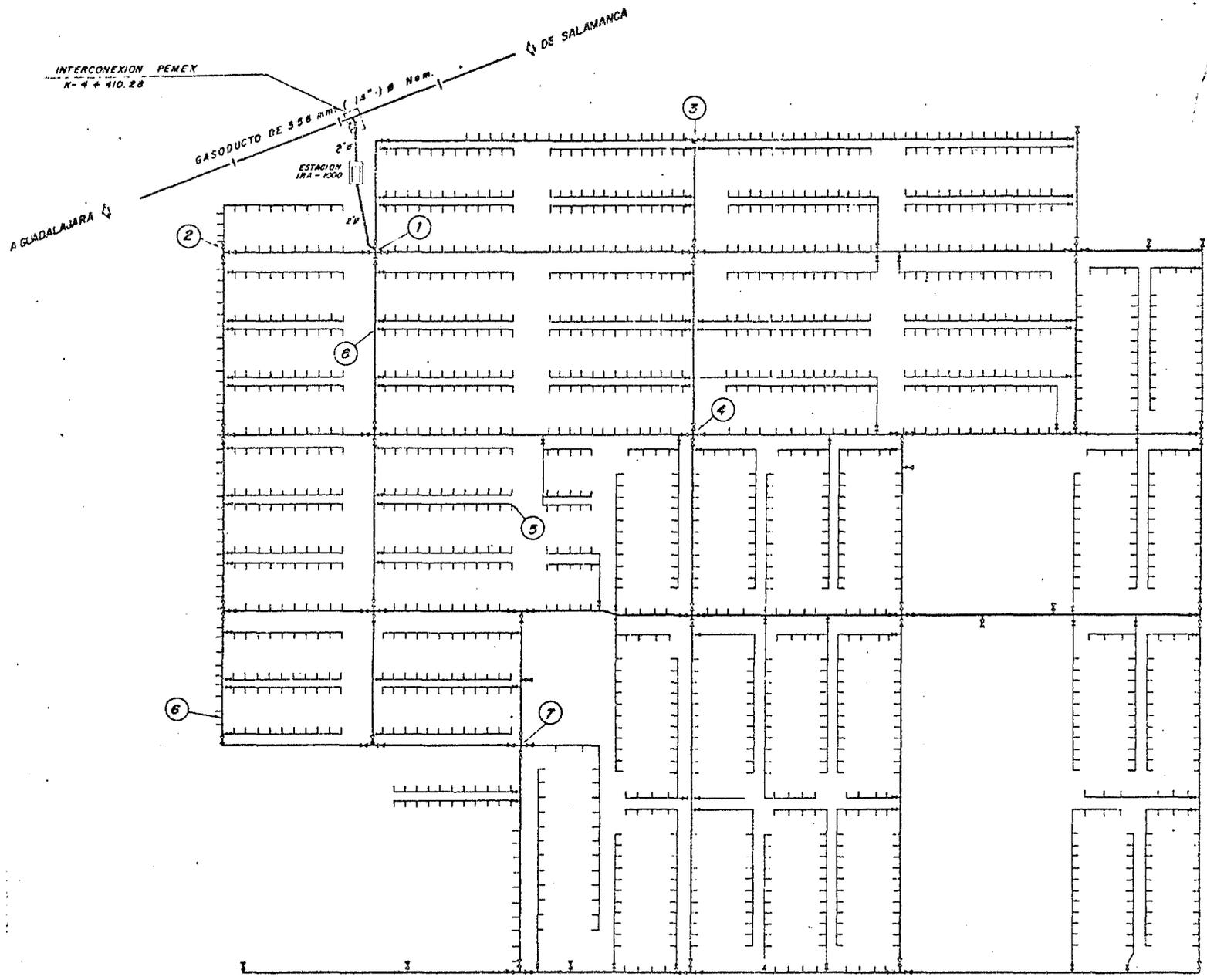
- Loop 1 , main 1 : + 6.0 + 1.8 = + 7.8
- Loop 1 , main 2 : - 6.0 + 1.8 - 1.9 = 6.1
- Loop 2 , main 12 : - 10.0 + 1.9 + 3.4 - 2.8 = - 7.5
- Loop 4 , main 12 : + 10.0 - 3.4 - 1.9 + 2.8 = + 7.5
- Loop 5 , main 12 ; - 10.0 - 2.8 + 1.9 + 3.4 = - 7.5

El procedimiento de cálculo se repite para el 2o. tanteo y para los tanteos sucesivos hasta que la caída de presión neta en cada (Loop) circuito, $\pm AL_f Q^2$, sea tan cercana a cero como el grado de precisión deseado se requiera.

Una vez hecho el balance aproximado de la red, se procede a calcular y determinar los flujos de gas con sus direcciones y sus caídas de presión en el tanteo final para finalmente anotarlos en el mapa de la red (en el diagrama) en los correspondientes ramales principales como se muestra en el ejemplo anterior y examinando el diagrama de flujo final se encontrarán las uniones ó entronques con la presión más baja. Las caídas de presión en los ramales principales a lo largo de una trayectoria partiendo de la unión ó entronque de más baja presión a la fuente de suministro serán sumadas para obtener la caída de presión total en la red considerando las siguientes bases:

- a) Cuando el flujo de gas en el ramal principal es en la misma dirección de la trayectoria tomada ó considerada entre dos uniones habrá una pérdida de presión .
- b) Cuando el flujo de gas en el ramal principal es opuesto a la dirección de la trayectoria habrá una ganancia de presión.

Después de que la red es un balance aproximado, la caída de presión total será calculada a lo largo de varias trayectorias y promediada para obtener el mejor valor.



INTERCONEXION PEMEX
K-4 + 410.28

GASODUCTO DE 356 mm (14") # Nom.

A GUADALAJARA

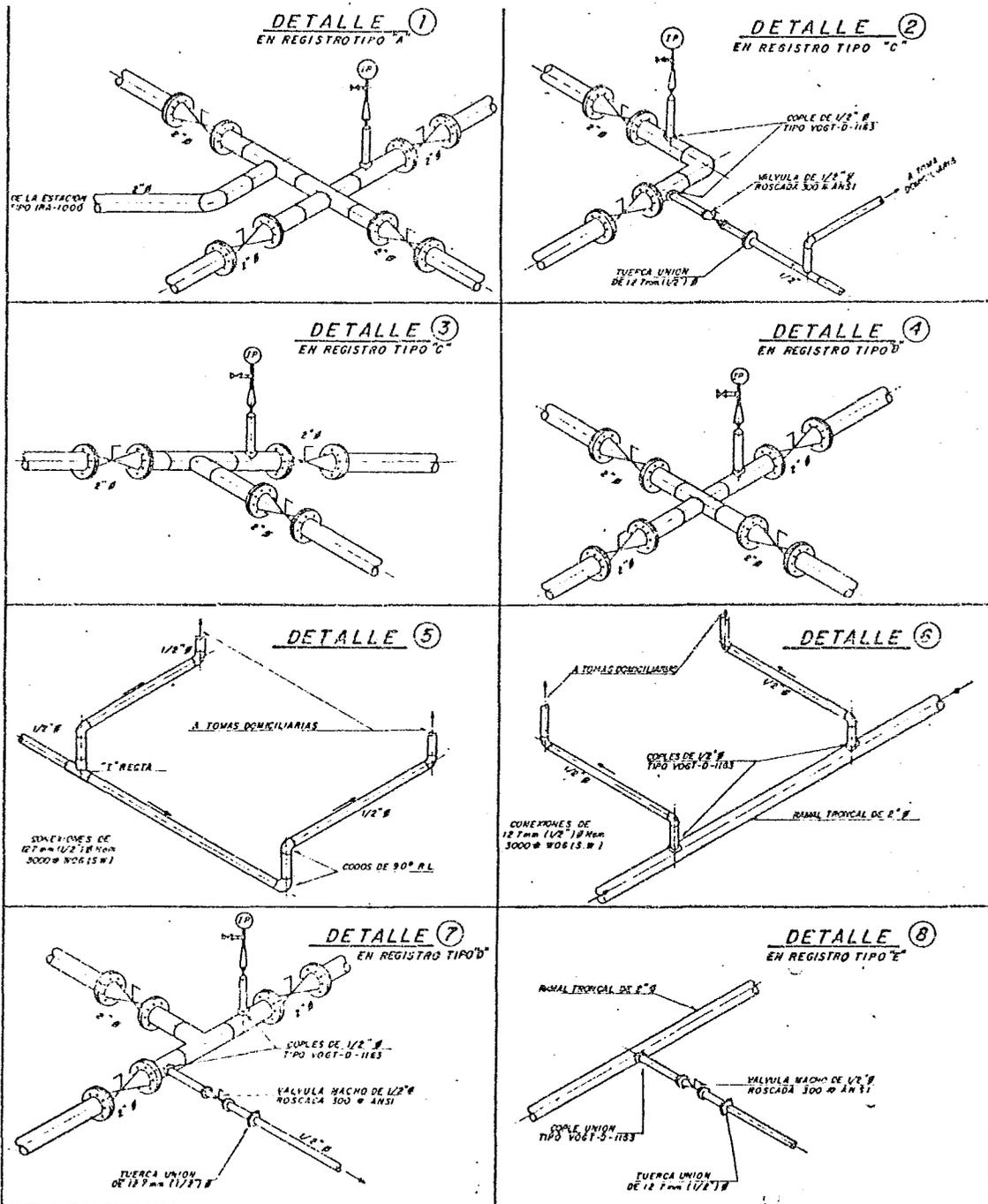
ESTACION
IRA - P200

PLANTA

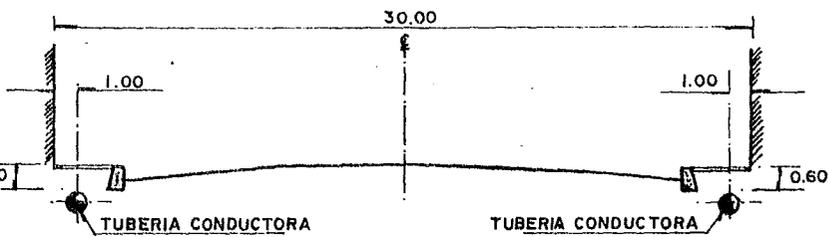
RAMAL Y ESTACION DE REGULACION Y MEDICION
DE GAS NATURAL A COLONIA BELLAVISTA

SIMBOLOGIA

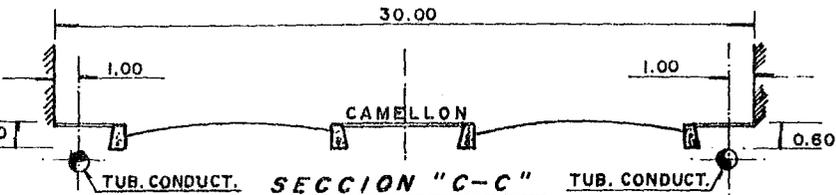
- LINEA DE 51 mm (2") # Nom
- LINEA DE 127 mm (1/2") # Nom



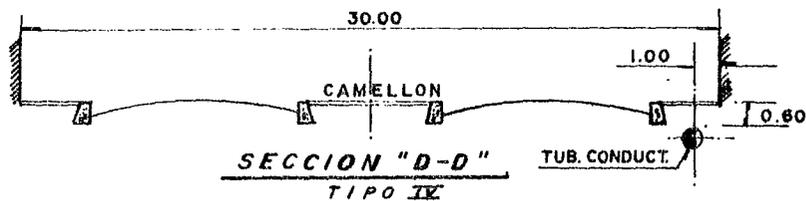
DETALLES DE INTERCONEXION



SECCION "A-A"
TIPO I



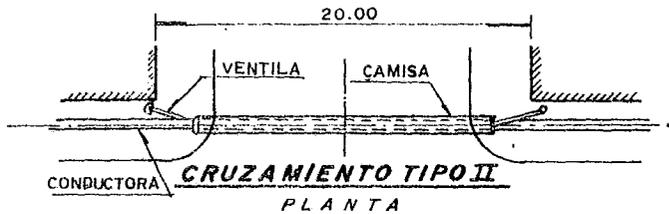
SECCION "C-C"
TIPO III



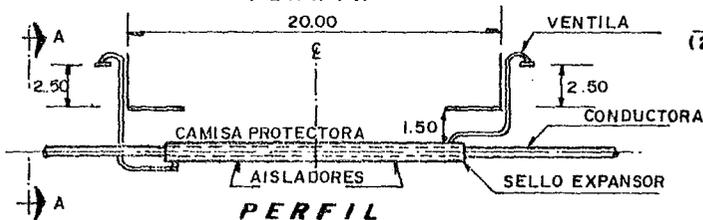
SECCION "D-D"
TIPO IV



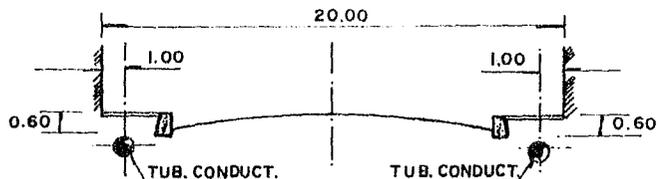
CRUZAMIENTO TIPO I
PLANTA



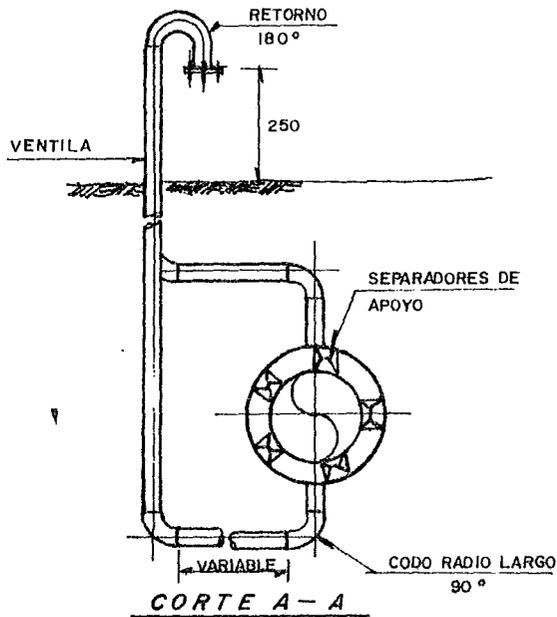
CRUZAMIENTO TIPO II
PLANTA



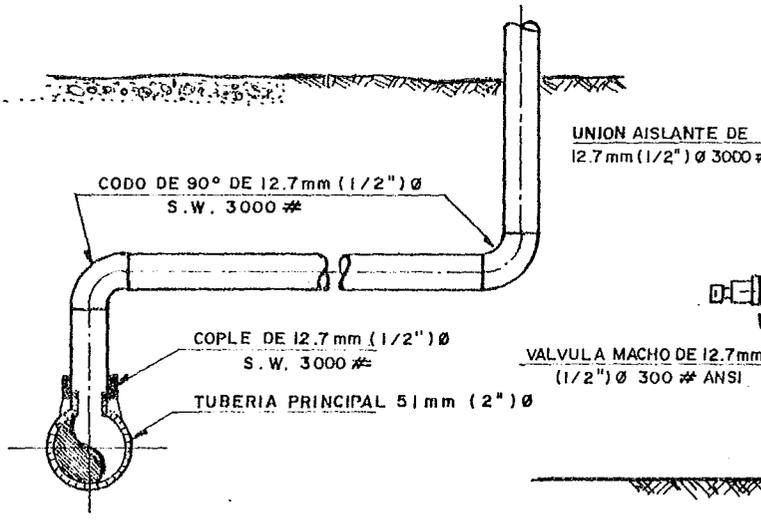
PERFIL



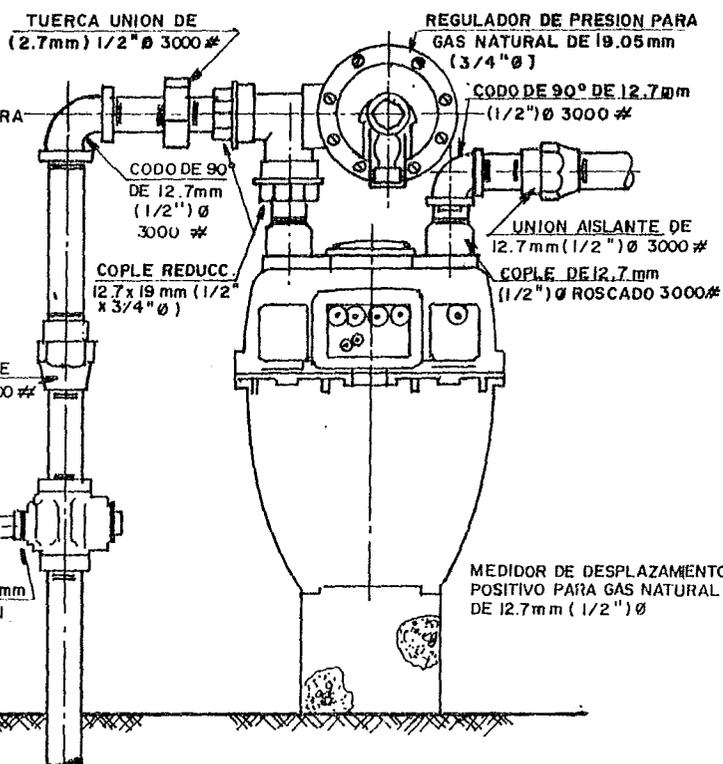
SECCIONES "B-B"
TIPO II



CORTE A-A



DETALLE DE INSTALACION TOMA DOMICILIARIA



NUMERO DE TOMAS DOMI-
NARIAS EN CADA TUBO.

FLUJO DE GAS ORIGINAL -
MENTE SUPUESTO EN CA-
DA TUBO: PCHS

NUMERO DE TUBO TRON-
CAL QUE FORMA LOOP
EN LA RED.

LONGITUD DE TUBO
TRONCAL EN METROS.

NUMERO
DE TOMAS:

NUMERO DE TOMAS DOMINARIAS EN CADA TUBO	FLUJO DE GAS ORIGINAL - MENTE SUPUESTO EN CADA TUBO: PCHS	NUMERO DE TUBO TRONCAL QUE FORMA LOOP EN LA RED.	LONGITUD DE TUBO TRONCAL EN METROS.
2 1	1 4 8.3 2	1	4 3 0
2 6	1 8 3.6 3	2	4 3 0
3 7	2 6 1.3 2	3	1 5 0
5 3	3 7 4.3 3	4	1 5 0
3 2	2 2 6.0 1	5	5 1 0
8 4	5 9 3.2 8	6	5 1 0
PCHS) 4 2	5, 2 9 6.6 4	7	1 5 0
2 4	1 6 9.5 1	8	2 0 0
1 0	7 0.6 2	9	2 0 0
6 6	4 6 6.1 4	10	2 4 0
6 5	4 5 9.0 8	11	2 4 0
5 6	3 9 5.5 2	12	4 3 0
9 3	6 5 6.8 4	13	2 4 0
5 4	3 8 1.3 9	14	2 8 0
2 8	1 9 7.7 6	15	2 3 0
5 3	3 7 4.3 3	16	2 4 0
PCHS) 1	10, 0 0 7.0 6	17	1 7 0
2 5	1 7 6.5 7	18	2 4 0
3 4	2 4 0.1 4	19	1 7 0
6 6	4 6 6.1 4	20	2 4 0
6 5	4 5 9.0 8	21	2 4 0
1 0	7 0.6 2	2 2	2 0 0

DE TOMAS DOMI- EN CADA TUBO.	FLUJO DE GAS ORIGINAL- MENTE SUPUESTO EN CA- DA TUBO: PCHS	NUMERO DE TUBO TRON- CAL QUE FORMA LOOP EN LA RED.	LONGITUD DE TUBO TRONCAL EN METROS.
---------------------------------	--	--	--

DE TOMAS

1 3	9 1.8 2	2 3	2 3 0
4 5	3 1 7.8 3	2 4	2 4 0
2 6	1 8 3.6 3	2 5	2 4 0
5 3	3 7 4.3 3	2 6	2 8 0
2 6	5,1 8 3.6 3	2 7	2 4 0
4 2	10,2 9 6.6 4	2 8	4 0 0
2 5	1 7 6.5 7	2 9	2 4 0
4 7	3 3 1.9 5	3 0	1 8 0
1 3	9 1.8 2	3 1	2 0 0
2 6	1 8 3.6 3	3 2	1 8 0
1 3	9 1.8 2	3 3	2 0 0
2 6	5,1 8 3.6 3	3 4	1 8 0
4 4	10,3 1 0.7 6	3 5	3 0 0
4 2	5,2 9 6.6 4	3 6	2 3 0
7 1	5 0 1.4 6	3 7	4 8 0
3 8	2 6 8.3 9	3 8	2 8 0
5 6	3 9 5.5 2	3 9	4 8 0
3 1	2 1 8.9 5	4 0	4 0 0
5 6	3 9 5.5 2	4 1	4 8 0

3 8	61,5 6 8.8 7	11,3 1 0
-----	--------------	----------

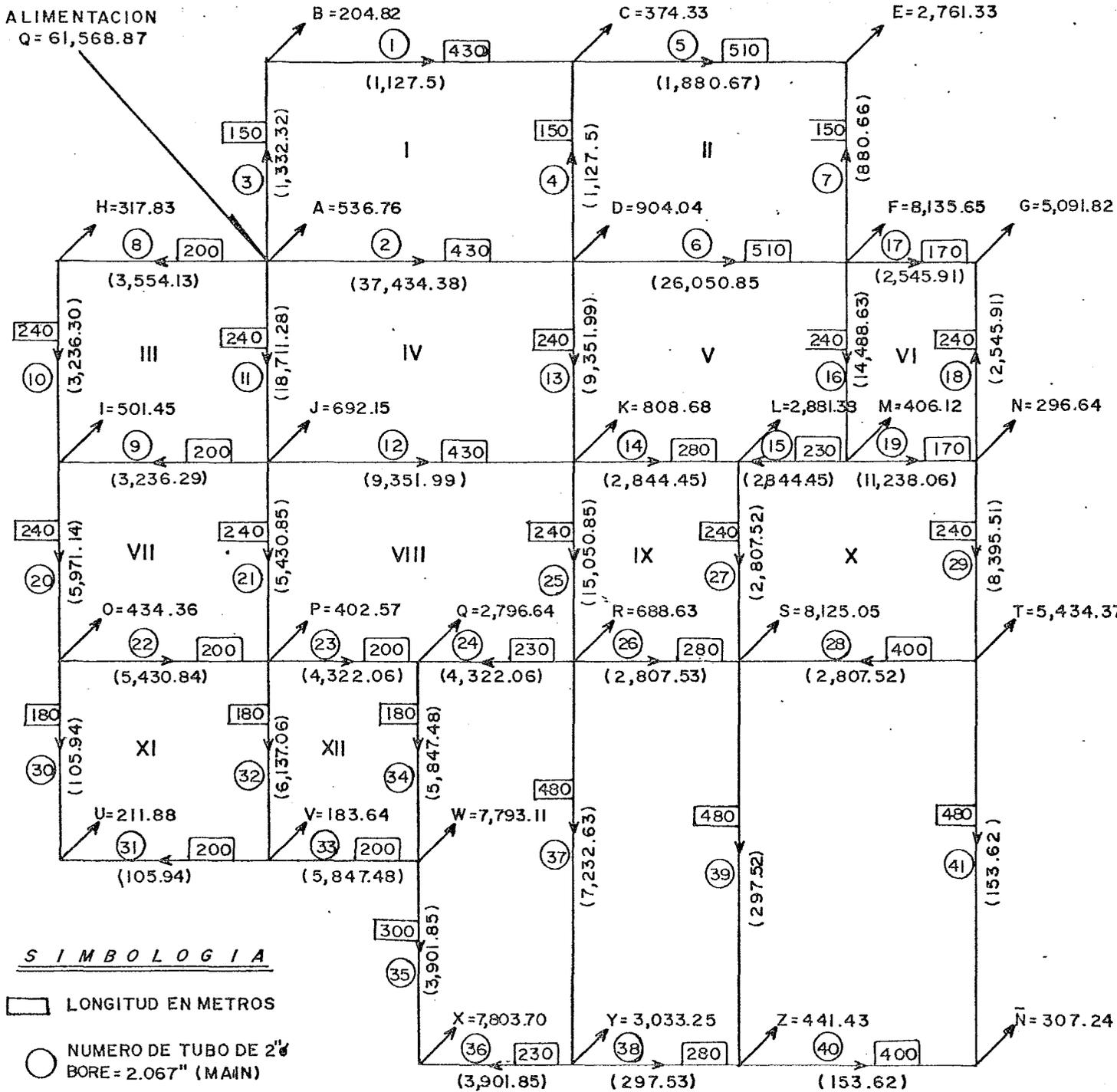
TOTAL DE
TOMAS

TOTAL
PCHS

TOTAL MTS. DE
TUBERIA TRONCAL

RED DE DISTRIBUCION DE GASTOS ANTES DE HACER LAS CORRECCIONES PARA BALANCEARLOS POR EL METODO DE HARDY CROSS

ALIMENTACION
Q = 61,568.87



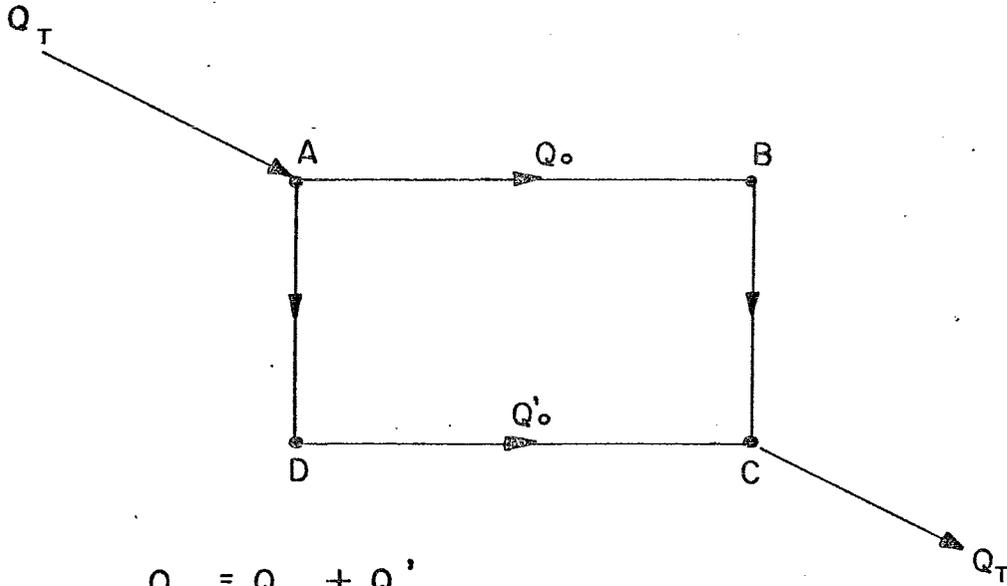
S I M B O L O G I A

▭ LONGITUD EN METROS

○ NUMERO DE TUBO DE 24"
BORE = 2.067" (MAIN)

() GASTO EN PCHS
EXTRACCIONES EN PCHS

DEDUCCION DE LA ECUACION PARA HACER LAS CORRECCIONES DE GASTOS CON EL METODO DE HARDY CROSS.



$$Q_T = Q_0 + Q'_0$$

$$\Delta P \propto \Delta (P^2) = K L e Q^n$$

$$\Delta (P^2)_{ABC} = K L e_{ABC} Q^n$$

$$\Delta (P^2)_{ADC} = K L e_{ADC} Q'^n$$

$$Q = Q_0 + \Delta$$

$$Q' = Q'_0 + \Delta$$

$$K L e_{ABC} Q^n - K L e_{ADC} Q'^n = 0$$

$$L e_{ABC} (Q_0 + \Delta)^n = L e_{ADC} (Q'_0 + \Delta)^n$$

APLICANDO EL TEOREMA DE NEWTON: $(x+y)^n = x^n + nx^{n-1}y + \dots$

$$(Q_0 + \Delta)^n \simeq Q_0^n + n Q_0^{n-1} \Delta$$

$$(Q'_0 + \Delta)^n \simeq Q'_0^n + n Q'_0^{n-1} \Delta$$

$$Le_{ABC} (Q_0^n + n Q_0^{n-1} \Delta) = Le_{ADC} (Q_0'^n + n Q_0'^{n-1} \Delta)$$

$$n \Delta Le_{ABC} Q_0^{n-1} - n Le_{ADC} \Delta Q_0'^{n-1} = Le_{ADC} Q_0'^n - Le_{ABC} Q_0^n$$

$$n \Delta (Le_{ABC} Q_0^{n-1} - Le_{ADC} Q_0'^{n-1}) = Le_{ADC} Q_0'^n - Le_{ABC} Q_0^n$$

$$\Delta = \frac{Le_{ADC} Q_0'^n - Le_{ABC} Q_0^n}{n (Le_{ABC} Q_0^{n-1} - Le_{ADC} Q_0'^{n-1})}$$

$$\Delta = - \frac{\sum L_i Q_i^n}{n \sum L_i Q_i^{n-1}}$$

Donde el (-) nos dá el signo que se debe aplicar a la corrección siendo (+) cuando el flújo es en el sentido de las manecillas del reloj y (-) cuando el flujo es en sentido inverso.

Siendo A, B, C y D los nodos del Loop.

Q_T ; Q_0 y Q_0' los gastos del fluido.

ΔP la caída de presión en los ramales.

K una constante que depende de la ecuación a usar.

Le la longitud equivalente del ramal considerado.

Δ la corrección que se debe hacer a los gastos Q_0 y Q_0' para que el Loop quede balanceado.

INSTRUCCIONES PARA EMPLEAR EL PROGRAMA DE CALCULO DE REDES PARA FLUIDOS APLICANDO EL METODO DE HARDY CROSS.

- 1.- PRESIONAR LA TECLA "E" para que el programa haga la repartición de memorías quedando disponible 320 pasos de programación y 80 memorías.
- 2.- De la formula general de flujo de gas isotermico en tuberías horizontales tenemos que el coeficiente de flujo $n=2$ para efectuar el cálculo de las correcciones a los gastos de cada ramal troncal.

PRESIONAR LA TECLA 2 POSTERIORMENTE LA TECLA F y E'

- 3.- PRESIONAR LA TECLA 1 PARA INDICAR el número de ramal y almacenarlo en A presionando la tecla correspondiente.

PRESIONAR LAS TECLAS NECESARIAS PARA indicar la longitud equivalente del ramal considerado y almacenarlo en R/S presionando al tecla correspondiente.

PRESIONAR LAS TECLAS NECESARIAS PARA indicar el gasto del ramal con signo correspondiente y almacenarlo en R/S, presionando la misma tecla.

REPETIR LA SECUENCIA DE ESTE PUNTO hasta almacenar todos los ramales troncales de la red a estudiar, en este caso:

A	R/S	R/S
1	430	1,127.50
2	430	- 37,434.38
3	150	1,332.32
4	150	- 1,127.50
5	510	1,880.67
6	510	- 26,050.85
7	150	- 880.66
8	200	- 3,554.13
9	200	- 3,236.29
10	240	- 3,236.30
11	240	18,711.28
12	430	- 9,351.99
13	240	9,351.99
14	280	- 2,844.45
15	230	2,844.45
16	240	14,488.63
17	170	2,545.91

A	R/S	R/S
18	240	- 2,545.91
19	170	- 11,238.06
20	240	- 5,971.14
21	240	5,430.85
22	200	- 5,430.84
23	200	- 4,322.06
24	230	4,322.06
25	240	15,050.85
26	280	- 2,807.53
27	240	2,807.52
28	400	2,807.52
29	240	8,395.51
30	180	- 105.94
31	200	105.94
32	180	6,137.06
33	200	- 5,847.48
34	180	5,847.48
35	300	- 3,901.85
36	230	3,901.85
37	480	7,232.63
38	280	- 297.53
39	480	297.52
40	400	- 153.62
41	480	153.62

4.- PRESIONAR LA TECLA CORRESPONDIENTE para indicar el número de ramales en el Loop a estudiar y almacenar presionando la tecla "B"

PRESIONAR LA TECLA Correspondiente para indicar el número de Loop a estudiar y almacenar presionando la tecla R/S.

PRESIONAR LA TECLA correspondiente para indicar el número de ramal que pertenece a el Loop en estudio y almacenar presionando la tecla R/S. Repetir este paso hasta completar los ramales del Loop en estudio

REPETIR LA SECUENCIA DE ESTE PUNTO hasta almacenar todos los Loops de la red, en nuestro estudio:

B	R/S	R/S
4	1	1
		2
		3
		4

B	R/S	R/S
4	2	4 5 6 7
4	3	8 9 10 11
4	4	- 2 -11 12 13
5	5	- 6 -13 14 15 16
4	6	-16 17 18 19
4	7	- 9 20 21 22
5	8	-12 -21 23 24 25
4	9	-14 -25 26 27
5	10	-15 -19 -27 28 29
4	11	-22 30 31 32
4	12	-23 -32 33 34
5	13	-24 -34 35 36 37

B	R/S	R/S
4	14	-26 -37 38 39
4	15	-28 -39 40 41

Mediante este punto se calcula la corrección

5.- PRESIONAR LA TECLA "C" para iniciar el cálculo de las correcciones.

PRESIONAR LA TECLA CORRESPONDIENTE para indicar el número de Loop al que se le va a hacer la primera corrección y almacenar presionando la tecla R/S.

PRESIONAR LA TECLA CORRESPONDIENTE para indicar el número de Loop donde vuelve a aparecer el ramal troncal en estudio (diferente del anterior) para hacer la segunda corrección o presionar la tecla "O" cuando no se requiere la segunda corrección y almacenar presionando la tecla R/S

PRESIONAR LA TECLA CORRESPONDIENTE para indicar el número de ramal a estudiar y almacenarlo presionando la tecla R/S.

REPETIR LOS ULTIMOS DOS PASOS PARA cada uno de los ramales pertenecientes a un mismo Loop.

REPETIR LA SECUENCIA DE ESTE PUNTO hasta completar todos los Loops de la red, datos almacenados:

C	R/S	R/S	R/S
*	1	0 4 0 2	1 2 3 4
*	2	0 5 0	5 6 7
*	3	0 7 0 4	8 9 10 11
*	4	8 5	12 13

C	R/S	R/S	R/S
*	5	9 10 6	14 15 16
*	6	0 0 10	17 18 19
*	7	0 8 11	20 21 22
*	8	12 13 9	23 24 25
*	9	14 10	26 27
*	10	15 0	28 29
*	11	0 0 12	30 31 32
*	12	0 13	33 34
*	13	0 0 14	35 36 37
*	14	0 15	38 39
*	15	0 0	40 41

Mediante este punto se efectúa la corrección a los gastos de cada ramal.

COOP	MAIN	LENGTH (METERS)	Q ₀ (PCNS)	Δ ₁ (PCNS)	Δ ₂ (PCNS)	Q ₁ (PCNS)	Δ ₁ (PCNS)	Δ ₂ (PCNS)	Q ₂ (PCNS)	Δ ₁ (PCNS)	Δ ₂ (PCNS)	Q ₃ (PCNS)	Δ ₁ (PCNS)	Δ ₂ (PCNS)	Q ₄ (PCNS)	Δ ₁ (PCNS)	Δ ₂ (PCNS)	Q ₅ (PCNS)
I	1	+ 130	1 127.50	- 17 756.05		+ 17 756.05	+ 5 126.18		+ 13 757.34	- 1 438.62	± 2 867.93	+ 13 175.97	+ 1 239.64		+ 13 956.32	- 215.87		+ 14 172.19
	2	- 130	37 434.38	- 17 756.05	± 9 398.76	- 10 332.37	+ 5 126.18	± 3 913.46	- 19 372.22	- 1 438.62		- 15 065.66	+ 1 239.64	± 885.90	- 16 891.20	- 215.87	± 1 057.82	- 16 677.01
	3	+ 150	1 332.52	- 17 756.05		+ 19 092.57	+ 5 126.18		+ 13 942.18	- 1 438.62		+ 13 900.79	+ 1 239.64		+ 14 161.14	- 215.87		+ 14 377.01
	4	- 150	1 127.50	- 17 756.05	± 11 832.26	+ 4 776.27	+ 5 126.18	± 4 882.75	+ 3 752.83	- 1 438.62	± 1 440.04	+ 3 757.90	+ 1 239.64	± 1 112.45	+ 3 629.21	- 215.87	± 73.12	+ 3 766.95
II	5	+ 130	1 127.50	- 11 832.26	± 17 756.05	+ 7 796.27	+ 4 082.75	± 5 126.18	+ 3 752.83	- 1 440.04	± 1 438.62	+ 3 757.90	+ 1 112.45	± 1 239.64	+ 3 629.21	- 73.12	± 215.87	+ 3 766.95
	6	+ 510	1 870.67	- 11 832.26		+ 13 712.94	+ 4 082.75		+ 7 630.19	- 1 440.04		+ 11 070.22	+ 1 112.45		+ 7 957.76	- 73.12		+ 10 030.88
	7	- 510	26 050.85	- 11 832.26	± 9 167.30	- 5 051.24	+ 4 082.75	± 4 192.24	- 13 326.25	- 1 440.04	± 2 633.74	- 7 252.46	+ 1 112.45	± 312.59	- 10 677.50	- 73.12	± 892.56	- 9 801.81
	8	- 150	860.66	- 11 832.26		+ 10 951.61	+ 4 082.75		+ 6 868.86	- 1 440.04		+ 8 308.89	+ 1 112.45		+ 7 196.43	- 73.12		+ 7 267.35
III	9	- 100	3 559.13	+ 6 118.90		- 9 673.02	+ 3 551.17		- 13 224.19	- 1 458.32		- 11 765.87	+ 1 217.54		- 12 983.41	- 259.61		- 12 728.80
	10	+ 100	3 436.21	+ 6 118.90	± 1 069.53	- 3 992.13	+ 3 551.17	± 2 410.73	- 5 082.57	- 1 458.32	± 1 216.31	- 8 346.93	+ 1 217.54	± 109.01	- 3 476.46	- 259.61	± 672.28	- 2 849.56
	11	+ 200	3 313.30	+ 6 118.90		- 3 955.17	+ 3 551.17		- 12 946.34	- 1 458.32		- 11 465.09	+ 1 217.54		- 12 665.58	- 259.61		- 12 416.97
IV	12	+ 200	18 711.28	+ 6 118.90	± 9 349.75	+ 21 938.13	+ 3 551.17	± 3 913.46	+ 14 973.48	- 1 458.32	± 2 867.93	+ 18 779.73	+ 1 217.54	± 385.90	+ 16 996.28	- 259.61	± 1 057.82	+ 18 308.80
	13	+ 130	37 434.38	+ 9 349.75	± 17 756.05	+ 10 332.37	- 3 913.46	± 5 126.18	+ 19 372.22	+ 2 867.93	± 1 438.62	+ 15 065.66	- 585.90	± 1 239.64	+ 16 891.20	+ 1 057.82	± 215.87	+ 15 617.41
	14	- 140	18 711.28	+ 9 349.75	± 6 118.90	- 21 938.13	- 3 913.46	± 3 551.17	- 14 973.48	+ 2 867.93	± 1 458.32	- 18 779.73	- 585.90	± 1 217.54	- 16 996.28	+ 1 057.82	± 259.61	- 18 308.80
	15	- 130	7 351.99	+ 9 349.75	± 3 957.97	- 14 739.74	- 3 913.46	± 2 521.98	- 8 309.30	+ 2 867.93	± 216.59	- 10 935.43	- 585.90	± 1 259.27	- 9 110.38	+ 1 057.82	± 122.52	- 10 095.76
V	16	+ 240	7 351.99	+ 9 349.75	± 9 167.30	+ 9 173.59	- 3 913.46	± 4 192.24	+ 8 894.76	+ 2 867.93	± 2 633.74	+ 8 660.56	- 312.59	± 1 112.45	+ 10 677.50	+ 802.56	± 73.12	+ 9 801.81
	17	- 240	2 846.48	+ 9 167.30	± 9 349.75	- 9 173.59	- 4 192.24	± 3 913.46	- 8 894.76	+ 2 633.74	± 2 867.93	- 8 660.56	± 312.59	± 885.90	- 8 933.87	+ 802.56	± 1 057.82	- 8 678.51
	18	+ 280	2 846.48	+ 9 167.30	± 14 772.63	- 16 477.43	- 4 192.24	± 3 913.46	- 7 212.63	+ 2 633.74	± 2 633.74	- 10 865.09	- 312.59	± 885.90	- 9 126.66	+ 802.56	± 90.92	- 9 838.24
	19	+ 230	2 846.48	+ 9 167.30	± 3 359.84	- 4 192.24	± 1 417.66		- 585.88	+ 2 633.74	± 1 793.95	- 1 925.06	- 312.59	± 621.97	- 1 739.14	+ 802.56	± 783.05	- 1 783.94
VI	20	+ 240	14 488.63	- 8 621.07	± 9 167.30	+ 299.74	+ 2 346.19	± 4 192.24	- 6 238.68	- 1 393.06	± 2 633.74	- 2 211.79	+ 1 239.32	± 1 312.89	- 3 763.79	- 259.11	± 802.56	- 2 702.11
	21	+ 170	2 595.91	- 8 621.07		+ 8 166.98	+ 2 346.19		+ 5 820.79	- 1 393.06	± 2 633.74	+ 7 213.92	+ 1 239.32	± 5 974.60	- 259.11	± 6 233.62	+ 6 233.62	
	22	- 240	2 595.91	- 8 621.07	± 2 846.48	+ 3 075.16	+ 2 346.19	± 2 346.19	+ 728.97	- 1 393.06	± 2 633.74	+ 2 211.79	+ 1 239.32	± 1 312.89	+ 872.68	- 259.11	± 1 191.80	
	23	- 170	11 236.06	- 8 621.07	± 8 982.98	- 2 659.00	+ 2 346.19	± 1 417.66	- 6 417.85	- 1 393.06	± 1 793.95	- 3 230.75	+ 1 239.32	± 621.97	- 5 092.13	- 259.11	± 753.05	- 4 079.95
VII	24	- 200	3 236.29	- 1 059.53	± 6 118.90	+ 3 992.13	+ 2 410.73	± 3 551.17	+ 5 082.57	+ 1 256.31	± 1 858.32	+ 2 347.93	+ 109.01	± 1 217.54	+ 3 476.46	+ 672.28	± 259.61	+ 2 549.56
	25	- 220	3 236.29	- 1 059.53		- 4 911.40	+ 2 410.73		- 7 322.33	+ 1 256.31		- 8 578.64	+ 109.01		- 8 687.64	+ 672.28		- 9 359.92
	26	+ 240	3 236.29	- 1 059.53	± 3 957.97	+ 10 448.35	+ 2 410.73	± 2 521.98	+ 10 339.60	+ 1 256.31	± 1 858.32	+ 9 819.89	+ 109.01	± 1 259.27	+ 10 670.22	+ 672.28	± 122.52	+ 10 120.46
	27	+ 200	3 236.29	- 1 059.53	± 8 891.51	- 1 530.00	+ 2 410.73	± 2 277.51	- 4 238.23	+ 1 256.31	± 1 256.31	- 4 432.73	+ 109.01	± 471.29	- 4 090.51	+ 672.28	± 102.66	- 4 660.13
VIII	28	+ 230	7 351.99	+ 3 957.97	± 9 349.75	+ 14 739.74	+ 2 521.98	± 3 913.46	+ 8 309.30	+ 216.59	± 2 867.93	+ 10 935.43	+ 1 259.27	± 585.90	+ 9 110.38	+ 122.52	± 1 057.82	+ 10 095.76
	29	- 240	3 351.99	+ 3 957.97	± 1 059.53	- 10 448.35	+ 2 521.98	± 2 410.73	- 10 339.60	+ 216.59	± 2 633.74	- 9 819.89	+ 1 259.27	± 109.01	- 10 670.22	+ 122.52	± 672.28	- 10 120.46
	30	- 200	4 342.06	+ 3 957.97	± 444.66	- 8 729.69	+ 2 521.98	± 1 858.32	- 9 387.77	+ 216.59	± 435.77	- 8 768.60	+ 1 259.27	± 306.12	- 9 921.82	+ 122.52	± 587.11	- 9 457.23
	31	+ 230	7 351.99	+ 3 957.97	± 898.85	+ 1 239.32	+ 2 521.98	± 688.48	+ 1 930.33	+ 216.59	± 236.49	+ 1 930.68	+ 1 259.27	± 430.76	- 2 789.21	+ 122.52	± 76.88	- 2 804.85
IX	32	+ 240	15 050.85	+ 3 957.97	± 4 465.88	+ 6 246.99	+ 2 521.98	± 3 072.75	+ 9 177.15	+ 216.59	± 2 16.89	+ 7 992.42	+ 1 259.27	± 1 425.84	+ 8 108.90	+ 122.52	± 90.92	+ 8 077.28
	33	+ 240	2 595.91	- 4 465.88	± 9 167.30	+ 14 477.63	+ 5 072.75	± 4 192.24	+ 7 212.63	- 1 018.72	± 833.74	+ 10 865.09	+ 1 425.84	± 312.59	+ 9 126.66	+ 90.92	± 802.56	+ 9 838.24
	34	- 240	15 050.85	- 4 465.88	± 3 957.97	- 6 246.99	+ 5 072.75	± 2 521.98	- 9 177.15	+ 1 018.72	± 2 16.89	- 7 992.42	+ 1 425.84	± 1 259.27	- 8 108.90	+ 90.92	± 122.52	- 8 077.28
	35	- 240	2 595.91	- 4 465.88	± 2 846.48	- 893.61	+ 5 072.75	± 293.76	- 6 510.01	- 1 018.72	± 879.33	- 4 611.96	+ 1 425.84	± 289.44	- 6 293.24	+ 90.92	± 720.87	- 5 663.29
X	36	+ 240	2 807.52	- 4 465.88	± 8 982.98	+ 10 336.38	+ 5 072.75	± 1 417.66	+ 3 745.96	- 1 018.72	± 1 793.95	+ 5 588.63	+ 1 425.84	± 621.97	+ 4 510.82	+ 90.92	± 753.05	+ 5 172.99
	37	- 230	2 807.52	- 4 465.88	± 2 846.48	- 2 659.00	+ 2 346.19	± 1 417.66	- 6 417.85	- 1 393.06	± 1 793.95	- 3 230.75	+ 1 239.32	± 621.97	- 5 092.13	- 259.11	± 753.05	- 4 079.95
	38	+ 170	11 236.06	+ 2 846.48	± 5 621.07	+ 2 659.00	- 1 417.66	± 2 346.19	+ 6 417.85	+ 1 393.06	± 1 793.95	+ 3 230.75	- 1 239.32	± 1 312.89	+ 5 092.13	+ 753.05	± 259.11	+ 4 079.95
	39	- 240	2 807.52	+ 2 846.48	± 4 465.88	- 10 336.38	- 1 417.66	± 5 072.75	- 3 745.96	+ 1 393.06	± 1 793.95	- 5 588.63	- 1 239.32	± 1 425.84	- 4 510.82	+ 753.05	± 90.92	- 5 172.99
XI	40	+ 400	2 807.52	+ 2 846.48	± 1 399.71	+ 5 432.52	- 1 417.66	± 4 680.18	+ 1 793.95	± 1 793.95	± 439.38	- 3 261.93	- 621.97	± 836.99	- 1 793.95	+ 226.80	± 226.80	+ 1 725.65
	41	+ 240	8 315.31	+ 2 846.48	± 5 942.98	+ 5 432.52	- 1 417.66	+ 6 850.18	+ 1 793.95	± 1 793.95	± 439.38	+ 5 086.22	- 621.97	± 836.99	+ 5 678.19	+ 753.05	± 753.05	+ 4 725.19
	42	+ 200	3 236.29	+ 2 846.48	± 8 891.51	+ 1 530.00	- 277.51	± 2 410.73	+ 4 238.23	+ 1 041.75	± 1 256.31	+ 4 432.73	+ 471.29	± 109.01	+ 4 090.51	+ 102.66	± 672.28	+ 4 660.13
	43	+ 180	105.99	+ 2 846.48	± 2 846.48	- 2 977.84	- 277.51	- 2 977.84	- 2 977.84	+ 1 041.75		- 3 491.48	+ 471.29		+ 4 162.76	+ 102.66		- 4 265.42
XII	44	+ 200	6 137.06	+ 2 846.48	± 444.66	+ 2 846.48	- 277.51	± 1 839.90	+ 5 007.50	+ 1 041.75	± 435.77	+ 4 601.52	+ 471.29	± 306.12	+ 3 950.85	+ 102.66	± 587.11	+ 4 720.79
	45	+ 200	4 322.06	- 444.66	± 3 957.97	+ 8 729.69	+ 1 858.32	± 2 521.98	+ 9 387.77	+ 635.77	± 216.59	+ 8 768.60	+ 306.12	± 1 259.27	+ 9 921.82	+ 587.11	± 122.52	+ 9 457.23
	46	- 180	6 137.06	- 444.66	± 2 846.48	- 2 846.48	+ 1 858.32	± 277.51	- 5 007.50	+ 635.77	± 1 041.75	- 4 601.52	+ 306.12	± 471.29	- 4 736.35	+ 587.11	± 102.66	- 4 920.79
	47	- 200	5 847.98	- 444.66	± 5 402.82	+ 1 858.32	- 7 261.72	+ 635.77	- 7 261.72	+ 635.77	± 216.59	- 7 877.49	+ 306.12	± 1 259.27	- 8 203.61	+ 587.11	± 102.66	- 8 790.72

LOOP	MAIN	Δ_1 (PCNS)	Δ_2 (PCNS)	Q_6 (PCNS)	Δ_1 (PCNS)	Δ_2 (PCNS)	Q_7 (PCNS)	Δ_1 (PCNS)	Δ_2 (PCNS)	Q_8 (PCNS)	Δ_1 (PCNS)	Δ_2 (PCNS)	Q_9 (PCNS)	Δ_1 (PCNS)	Δ_2 (PCNS)	Q_{10} (PCNS)	Δ_1 (PCNS)	Δ_2 (PCNS)
I	1	+ 470.69		+ 13 701.50	+ 2.36		+ 13 679.13	+ 222.16		+ 13 476.97	+ 36.91		+ 13 440.06	+ 120.40	\$ 67.67	+ 13 319.66	+ 33.68	
	2	+ 470.69	\$ 25.44	- 16 113.53	+ 2.36	\$ 186.83	- 15 629.85	+ 222.16	\$ 67.67	- 15 559.33	+ 36.91	\$ 259.23	- 15 559.33	+ 120.40	\$ 67.67	- 15 610.95	+ 33.68	\$ 150.59
	3	+ 470.69		+ 13 906.32	+ 2.36		+ 13 703.95	+ 222.16		+ 13 681.79	+ 36.91		+ 13 644.88	+ 120.40		+ 13 524.48	+ 33.68	
	4	+ 470.69	\$ 344.75	+ 3 641.00	+ 2.36	\$ 121.76	+ 3 740.40	+ 222.16	\$ 146.62	+ 3 684.96	+ 36.91	\$ 117.90	+ 3 767.83	+ 120.40	\$ 75.83	+ 3 723.28	+ 33.68	\$ 87.70
II	4	+ 344.75	\$ 470.69	- 3 641.00	+ 121.76	\$ 2.36	- 3 760.40	+ 146.62	\$ 222.16	- 3 684.96	+ 119.90	\$ 36.91	- 3 747.83	+ 75.83	\$ 120.40	- 3 723.28	+ 87.70	\$ 33.68
	5	+ 344.75		+ 9 685.13	+ 121.76		+ 9 564.36	+ 146.62		+ 9 417.73	+ 119.90		+ 9 271.82	+ 75.83		+ 9 251.95	+ 87.70	
	6	+ 344.75	\$ 222.17	+ 9 924.38	+ 121.76	\$ 331.93	+ 9 719.40	+ 146.62	\$ 246.32	+ 9 414.47	+ 119.90	\$ 167.80	+ 9 246.59	+ 75.83	\$ 185.01	+ 9 271.99	+ 87.70	\$ 103.39
	7	+ 344.75		+ 6 924.30	+ 121.76		+ 6 803.03	+ 146.62		+ 6 656.40	+ 119.90		+ 6 536.49	+ 75.83		+ 6 460.15	+ 87.70	
III	8	+ 468.85		- 13 197.64	- 12.04		- 13 185.39	+ 216.55		- 13 402.13	+ 30.30		- 13 432.42	+ 115.05		- 13 547.97	+ 30.18	
	9	+ 468.85	\$ 81.88	- 2 976.52	- 12.04	\$ 346.30	- 2 617.86	+ 216.55	\$ 56.29	- 2 777.81	+ 30.30	\$ 187.99	- 2 618.15	+ 115.05	\$ 30.98	- 2 682.21	+ 30.18	\$ 110.71
	10	+ 468.85		- 12 879.87	- 12.04		- 12 847.76	+ 216.55		- 13 074.30	+ 30.30		- 13 114.59	+ 115.05		- 13 229.69	+ 30.18	
	11	+ 468.85	\$ 25.44	+ 17 819.81	- 12.04	\$ 486.83	+ 18 313.39	+ 216.55	\$ 67.67	+ 18 166.97	+ 30.30	\$ 259.23	+ 18 345.40	+ 115.05	\$ 67.67	+ 18 349.01	+ 30.18	\$ 150.59
IV	2	- 25.44	\$ 470.69	+ 16 113.53	+ 486.83	\$ 2.36	+ 15 629.85	+ 67.67	\$ 222.16	+ 15 781.56	+ 259.23	\$ 36.91	+ 15 839.23	+ 67.67	\$ 120.40	+ 15 610.95	+ 180.59	\$ 33.68
	11	- 25.44	\$ 468.85	- 17 814.51	+ 486.83	\$ 12.04	- 18 313.39	+ 67.67	\$ 216.55	- 18 166.97	+ 259.23	\$ 30.30	- 18 375.40	+ 67.67	\$ 115.05	- 18 349.01	+ 150.59	\$ 30.18
	12	- 25.44	\$ 658.15	- 9 362.16	+ 486.83	\$ 133.87	- 9 715.09	+ 67.67	\$ 367.93	- 9 414.79	+ 259.23	\$ 110.54	- 9 543.47	+ 67.67	\$ 219.84	- 9 412.28	+ 180.59	\$ 84.13
	13	- 25.44	\$ 222.17	+ 8 976.12	+ 486.83	\$ 331.93	+ 8 771.21	+ 67.67	\$ 246.32	+ 8 947.90	+ 259.23	\$ 167.80	+ 8 756.46	+ 67.67	\$ 185.01	+ 8 772.80	+ 180.59	\$ 103.39
V	6	+ 222.17	\$ 344.75	+ 9 924.38	+ 331.93	\$ 121.76	+ 9 719.40	+ 246.32	\$ 146.62	+ 9 614.49	+ 167.80	\$ 117.90	+ 9 566.59	+ 185.01	\$ 75.83	+ 9 537.40	+ 103.39	\$ 87.70
	13	+ 222.17	\$ 25.44	- 8 926.12	+ 331.93	\$ 486.83	- 8 771.21	+ 246.32	\$ 67.67	- 8 977.70	+ 167.80	\$ 259.23	- 8 975.40	+ 185.01	\$ 67.67	- 8 772.80	+ 103.39	\$ 150.59
	14	+ 222.17	\$ 590.75	- 9 469.71	+ 331.93	\$ 286.09	- 9 803.55	+ 246.32	\$ 282.46	- 9 447.41	+ 167.80	\$ 187.99	- 9 381.53	+ 185.01	\$ 170.74	- 9 358.80	+ 103.39	\$ 187.80
	15	+ 222.17	\$ 191.19	- 1 874.92	+ 331.93	\$ 275.03	- 1 871.82	+ 246.32	\$ 169.21	- 1 948.93	+ 167.80	\$ 193.84	- 1 823.28	+ 185.01	\$ 156.86	- 1 851.43	+ 103.39	\$ 121.85
VI	16	+ 222.17	\$ 936.61	+ 2 976.52	+ 331.93	\$ 117.81	+ 2 702.92	+ 246.32	\$ 174.46	+ 2 630.54	+ 120.08	\$ 167.80	+ 2 582.83	+ 185.01	\$ 185.01	+ 2 504.38	+ 101.00	\$ 103.39
	17	+ 222.17	\$ 436.61	+ 5 797.00	+ 117.81	\$ 375.03	+ 5 679.18	+ 174.46	\$ 246.32	+ 5 504.71	+ 120.08	\$ 187.80	+ 5 384.61	+ 185.01	\$ 185.01	+ 5 270.03	+ 101.00	\$ 101.00
	18	+ 222.17	\$ 436.61	+ 705.18	+ 117.81	\$ 275.03	+ 582.89	+ 174.46	\$ 120.08	+ 572.79	+ 120.08	\$ 193.84	+ 562.79	+ 185.01	\$ 185.01	+ 549.21	+ 101.00	\$ 121.55
	19	+ 222.17	\$ 191.19	- 4 325.37	+ 117.81	\$ 275.03	- 4 168.15	+ 174.46	\$ 169.21	- 4 173.39	+ 120.08	\$ 193.84	- 4 100.04	+ 185.01	\$ 156.86	- 4 049.75	+ 101.00	\$ 121.55
VII	9	+ 41.88	\$ 468.85	+ 2 976.52	+ 346.90	\$ 12.04	+ 2 617.56	+ 56.29	\$ 216.55	+ 2 777.81	+ 187.99	\$ 30.30	+ 2 618.15	+ 50.98	\$ 115.05	+ 2 682.21	+ 110.71	\$ 30.18
	20	+ 41.88	\$ 41.88	+ 9 401.80	+ 346.90		+ 9 294.99	+ 56.29		+ 9 294.99	+ 187.99		+ 9 294.99	+ 50.98		+ 10 045.92	+ 110.71	
	21	+ 41.88	\$ 658.15	+ 10 736.72	+ 346.90	\$ 133.87	+ 10 523.71	+ 56.29	\$ 367.93	+ 10 373.39	+ 187.99	\$ 110.54	+ 10 257.93	+ 50.98	\$ 219.84	+ 10 226.99	+ 110.71	\$ 84.13
	22	+ 41.88	\$ 315.17	- 4 386.84	+ 346.90	\$ 25.23	- 4 705.81	+ 56.29	\$ 170.63	- 4 591.17	+ 187.99	\$ 30.95	- 4 750.27	+ 50.98	\$ 74.39	- 4 706.86	+ 110.71	\$ 27.87
VIII	12	+ 658.15	\$ 25.44	+ 9 362.16	+ 133.87	\$ 486.83	+ 9 715.09	+ 367.93	\$ 67.67	+ 9 414.79	+ 110.54	\$ 259.23	+ 9 563.47	+ 219.84	\$ 67.67	+ 9 412.28	+ 84.13	\$ 150.59
	21	+ 658.15	\$ 41.88	- 10 736.72	+ 133.87	\$ 316.90	- 10 523.71	+ 367.93	\$ 56.29	- 10 873.39	+ 110.54	\$ 187.99	- 10 757.93	+ 219.84	\$ 50.98	- 10 926.99	+ 84.13	\$ 110.71
	23	+ 658.15	\$ 71.70	- 10 073.67	+ 133.87	\$ 335.44	- 9 842.13	+ 367.93	\$ 67.34	- 10 149.72	+ 110.54	\$ 187.58	- 10 067.69	+ 219.84	\$ 60.73	- 10 226.71	+ 84.13	\$ 110.84
	24	+ 658.15	\$ 347.01	- 3 115.99	+ 133.87	\$ 111.10	- 3 138.79	+ 367.93	\$ 197.31	- 3 311.40	+ 110.54	\$ 122.38	- 3 297.57	+ 219.84	\$ 122.00	- 3 377.42	+ 84.13	\$ 100.32
IX	25	+ 658.15	\$ 590.75	+ 5 009.87	+ 133.87	\$ 275.03	+ 5 174.06	+ 367.93	\$ 282.46	+ 5 086.58	+ 110.54	\$ 253.67	+ 5 029.69	+ 219.84	\$ 170.74	+ 5 180.57	+ 84.13	\$ 187.80
	25	+ 590.75	\$ 222.17	+ 9 469.71	+ 286.09	\$ 331.93	+ 9 503.85	+ 282.46	\$ 246.32	+ 9 467.41	+ 253.67	\$ 167.80	+ 9 381.53	+ 170.74	\$ 185.01	+ 9 358.80	+ 187.80	\$ 103.39
	26	+ 590.75	\$ 658.15	- 8 009.87	+ 286.09	\$ 133.87	- 8 174.06	+ 282.46	\$ 367.93	- 8 076.58	+ 253.67	\$ 110.54	- 8 229.69	+ 170.74	\$ 219.84	- 8 180.57	+ 187.80	\$ 84.13
	27	+ 590.75	\$ 61.85	- 6 182.18	+ 286.09	\$ 371.87	- 6 108.30	+ 282.46	\$ 193.84	- 6 206.94	+ 253.67	\$ 228.77	- 6 228.93	+ 170.74	\$ 174.03	- 6 228.93	+ 187.80	\$ 143.91
X	15	+ 191.19	\$ 222.17	+ 1 874.92	+ 275.03	\$ 331.93	+ 18 714.82	+ 169.21	\$ 246.32	+ 1 948.93	+ 193.84	\$ 167.80	+ 1 823.28	+ 185.01	\$ 156.86	+ 1 851.43	+ 121.55	\$ 103.39
	19	+ 191.19	\$ 936.61	+ 4 325.37	+ 275.03	\$ 117.81	+ 4 168.15	+ 169.21	\$ 174.46	+ 4 173.39	+ 120.08	\$ 193.84	+ 4 100.04	+ 185.01	\$ 156.86	+ 4 049.75	+ 121.55	\$ 101.00
	27	+ 191.19	\$ 590.75	- 4 773.38	+ 275.03	\$ 275.03	- 4 730.31	+ 169.21	\$ 282.46	- 4 637.06	+ 193.84	\$ 253.67	- 4 576.82	+ 170.74	\$ 185.01	- 4 562.94	+ 187.80	\$ 121.55
	28	+ 191.19	\$ 230.78	- 1 954.99	+ 275.03	\$ 166.93	- 2 043.08	+ 169.21	\$ 287.66	- 1 944.62	+ 193.84	\$ 178.26	- 1 909.28	+ 156.86	\$ 174.03	+ 1 873.95	+ 130.06	\$ 130.06
XI	22	+ 315.17	\$ 41.88	+ 4 386.84	+ 25.23	\$ 346.90	+ 4 705.81	+ 170.63	\$ 56.29	+ 4 591.17	+ 30.85	\$ 189.94	+ 4 750.27	+ 94.39	\$ 50.98	+ 4 706.86	+ 27.87	\$ 110.71
	30	+ 315.17	\$ 436.61	- 4 509.58	+ 25.23	\$ 286.09	- 4 608.91	+ 170.63	\$ 67.34	- 4 779.73	+ 30.85	\$ 187.58	- 4 810.27	+ 94.39	\$ 60.73	- 4 904.65	+ 27.87	\$ 27.87
	31	+ 315.17	\$ 71.70	- 4 348.70	+ 25.23	\$ 335.44	- 4 376.93	+ 170.63	\$ 67.34	- 4 569.53	+ 30.85	\$ 187.58	- 4 692.77	+ 94.39	\$ 60.73	- 4 692.77	+ 27.87	\$ 27.87
	32	+ 315.17	\$ 71.70	+ 4 677.32	+ 25.23	\$ 335.44	+ 4 984.52	+ 170.63	\$ 67.34	+ 4 881.23	+ 30.85	\$ 187.58	+ 5 037.96	+ 94.39	\$ 60.73	+ 5 004.30	+ 27.87	\$ 110.84
XII	23	+ 71.70	\$ 658.15	+ 10 073.67	+ 335.44	\$ 133.87	+ 9 842.13	+ 67.34	\$ 367.93	+ 10 149.72	+ 187.58	\$ 110.54	+ 10 067.69	+ 60.73	\$ 219.84	+ 10 226.71	+ 110.84	\$ 27.87
	32	+ 71.70	\$ 315.17	- 4 677.32	+ 335.44	\$ 28.23	- 4 842.13	+ 67.34	\$ 170.63	- 4 876.19	+ 187.58	\$ 30.85	- 4 952.77	+ 60.73	\$ 94.39	- 5 004.30	+ 110.84	\$ 27.87
	33	+ 71.70	\$ 347.01	- 8 842.92	+ 335.44	\$ 111.10	- 9 177.85	+ 67.34	\$ 197.31	- 9 265.19	+ 187.58	\$ 122.38	- 9 377.77	+ 60.73	\$ 110.84	- 9 513.49	+ 110.84	\$ 100.32
	34	+ 71.70	\$ 347.01	+ 4 131.03	+ 335.44	\$ 111.10	+ 3 906.68	+ 67.34	\$ 197.31	+ 4 036.65	+ 187.58	\$ 122.38	+ 3 971.44	+ 60.73	\$ 122.00	+ 4 034.70	+ 110.84	\$ 100.32
XIII	24	+ 347.01	\$ 658.15	+ 3 115.99	+ 111.10	\$ 133.87	+ 3 138.79	+ 197.31	\$ 367.93	+ 3 311.40	+ 122.38	\$ 110.54	+ 3 297.57	+ 122.00	\$ 219.84	+ 3 377.42	+ 100.32	\$ 84.13
	34	+ 347.01	\$ 71.70	- 4 131.03	+ 111.10	\$ 335.44	- 4 306.68	+ 197.31	\$ 67.34	- 4 036.65	+ 122.38	\$ 187.58	- 3 971.44	+ 122.00	\$ 60.73	- 4 034.70	+ 100.32	\$ 110.84
	35																	

OP	NUM.	Q1 (PCNS)	Δ1 (PCNS)	Δ2 (PCNS)	Q12 (PCNS)	Δ1 (PCNS)	Δ2 (PCNS)	Q13 (PCNS)	Δ1 (PCNS)	Δ2 (PCNS)	Q14 (PCNS)	Δ1 (PCNS)	Δ2 (PCNS)	Q15 (PCNS)	Δ1 (PCNS)	Δ2 (PCNS)	Q16 (PCNS)	Δ1 (PCNS)
I	1	+ 13 285.98	+ 78.66		+ 13 215.31	+ 25.67		+ 13 187.64	+ 43.60		+ 13 146.04	+ 18.56		+ 13 127.48	+ 27.75		+ 13 099.73	+ 12.95
	2	- 15 494.02	+ 78.66	\$ 53.28	- 15 511.40	+ 25.67	\$ 92.37	- 15 444.69	+ 43.60	\$ 38.74	- 15 444.69	+ 18.56	\$ 58.60	- 15 409.49	+ 27.75	\$ 27.12	- 15 410.11	+ 12.95
	3	+ 13 478.80	+ 78.66		+ 13 426.13	+ 25.67		+ 13 374.46	+ 43.60		+ 13 350.86	+ 18.56		+ 13 324.55	+ 27.75		+ 13 304.55	+ 12.95
II	4	+ 3 777.30	+ 78.66		+ 3 753.90	+ 25.67		+ 3 753.90	+ 25.67		+ 3 753.90	+ 25.67		+ 3 753.90	+ 25.67		+ 3 753.90	+ 25.67
	5	- 3 134.28	+ 78.66		- 3 087.01	+ 59.91		- 3 087.01	+ 59.91		- 3 087.01	+ 59.91		- 3 087.01	+ 59.91		- 3 087.01	+ 59.91
	6	- 9 441.70	+ 78.66	\$ 127.74	- 9 361.22	+ 59.91	\$ 68.94	- 9 361.22	+ 59.91	\$ 68.94	- 9 361.22	+ 59.91	\$ 68.94	- 9 361.22	+ 59.91	\$ 68.94	- 9 361.22	+ 59.91
	7	+ 6 374.95	+ 78.66		+ 6 325.68	+ 59.91		+ 6 265.77	+ 31.68		+ 6 234.09	+ 40.88		+ 6 194.01	+ 21.02		+ 6 174.99	+ 26.42
III	8	- 13 877.65	+ 66.67		- 13 644.32	+ 23.32		- 13 644.32	+ 23.32		- 13 644.32	+ 23.32		- 13 644.32	+ 23.32		- 13 644.32	+ 23.32
	9	- 2 601.67	+ 66.67	\$ 40.05	- 2 628.29	+ 23.32	\$ 68.11	- 2 575.19	+ 40.84	\$ 29.35	- 2 575.19	+ 17.12	\$ 43.42	- 2 588.89	+ 25.90	\$ 20.61	- 2 574.17	+ 12.00
	10	- 13 259.82	+ 66.67		- 13 326.49	+ 23.32		- 13 350.01	+ 40.84		- 13 370.85	+ 17.12		- 13 437.97	+ 25.90		- 13 433.86	+ 12.00
IV	11	+ 18 444.02	+ 66.67		+ 18 376.02	+ 23.32		+ 18 324.86	+ 40.84		+ 18 324.86	+ 40.84		+ 18 324.86	+ 40.84		+ 18 324.86	+ 40.84
	12	- 18 444.02	+ 66.67		- 18 376.02	+ 23.32		- 18 324.86	+ 40.84		- 18 324.86	+ 40.84		- 18 324.86	+ 40.84		- 18 324.86	+ 40.84
	13	+ 9 444.02	+ 66.67		+ 9 376.02	+ 23.32		+ 9 324.86	+ 40.84		+ 9 324.86	+ 40.84		+ 9 324.86	+ 40.84		+ 9 324.86	+ 40.84
	14	+ 8 444.02	+ 66.67		+ 8 376.02	+ 23.32		+ 8 324.86	+ 40.84		+ 8 324.86	+ 40.84		+ 8 324.86	+ 40.84		+ 8 324.86	+ 40.84
V	15	+ 9 444.02	+ 66.67		+ 9 376.02	+ 23.32		+ 9 324.86	+ 40.84		+ 9 324.86	+ 40.84		+ 9 324.86	+ 40.84		+ 9 324.86	+ 40.84
	16	+ 8 444.02	+ 66.67		+ 8 376.02	+ 23.32		+ 8 324.86	+ 40.84		+ 8 324.86	+ 40.84		+ 8 324.86	+ 40.84		+ 8 324.86	+ 40.84
	17	+ 7 444.02	+ 66.67		+ 7 376.02	+ 23.32		+ 7 324.86	+ 40.84		+ 7 324.86	+ 40.84		+ 7 324.86	+ 40.84		+ 7 324.86	+ 40.84
	18	+ 6 444.02	+ 66.67		+ 6 376.02	+ 23.32		+ 6 324.86	+ 40.84		+ 6 324.86	+ 40.84		+ 6 324.86	+ 40.84		+ 6 324.86	+ 40.84
VI	19	+ 5 444.02	+ 66.67		+ 5 376.02	+ 23.32		+ 5 324.86	+ 40.84		+ 5 324.86	+ 40.84		+ 5 324.86	+ 40.84		+ 5 324.86	+ 40.84
	20	+ 4 444.02	+ 66.67		+ 4 376.02	+ 23.32		+ 4 324.86	+ 40.84		+ 4 324.86	+ 40.84		+ 4 324.86	+ 40.84		+ 4 324.86	+ 40.84
	21	+ 3 444.02	+ 66.67		+ 3 376.02	+ 23.32		+ 3 324.86	+ 40.84		+ 3 324.86	+ 40.84		+ 3 324.86	+ 40.84		+ 3 324.86	+ 40.84
VII	22	+ 2 444.02	+ 66.67		+ 2 376.02	+ 23.32		+ 2 324.86	+ 40.84		+ 2 324.86	+ 40.84		+ 2 324.86	+ 40.84		+ 2 324.86	+ 40.84
	23	+ 1 444.02	+ 66.67		+ 1 376.02	+ 23.32		+ 1 324.86	+ 40.84		+ 1 324.86	+ 40.84		+ 1 324.86	+ 40.84		+ 1 324.86	+ 40.84
	24	+ 444.02	+ 66.67		+ 376.02	+ 23.32		+ 324.86	+ 40.84		+ 324.86	+ 40.84		+ 324.86	+ 40.84		+ 324.86	+ 40.84
VIII	25	+ 344.02	+ 66.67		+ 276.02	+ 23.32		+ 224.86	+ 40.84		+ 224.86	+ 40.84		+ 224.86	+ 40.84		+ 224.86	+ 40.84
	26	+ 244.02	+ 66.67		+ 176.02	+ 23.32		+ 124.86	+ 40.84		+ 124.86	+ 40.84		+ 124.86	+ 40.84		+ 124.86	+ 40.84
	27	+ 144.02	+ 66.67		+ 76.02	+ 23.32		+ 24.86	+ 40.84		+ 24.86	+ 40.84		+ 24.86	+ 40.84		+ 24.86	+ 40.84
IX	28	+ 44.02	+ 66.67		+ 0.02	+ 23.32		+ 0.02	+ 40.84		+ 0.02	+ 40.84		+ 0.02	+ 40.84		+ 0.02	+ 40.84
	29	+ 0.02	+ 66.67		+ 0.02	+ 23.32		+ 0.02	+ 40.84		+ 0.02	+ 40.84		+ 0.02	+ 40.84		+ 0.02	+ 40.84
	30	+ 0.02	+ 66.67		+ 0.02	+ 23.32		+ 0.02	+ 40.84		+ 0.02	+ 40.84		+ 0.02	+ 40.84		+ 0.02	+ 40.84

FECHA	NUM.	DEPTO. INGENIERIA PROYS	APROBADO POR	DIBUJO ELABORADO EN	9 SEP - 1979	ESC	ACOT EN	MEMORIA DE CALCULO	D	REV	3
MCA	NUM.	DEPTO. DIAS PROYS						BALANCE DE GASTOS			
<p style="text-align: center;">PETROLEOS MEXICANOS GERENCIA DE PROYECTOS Y CONSTRUCCION</p> <p style="text-align: right;">DESARROLLO MATEMATICO DEL METODO DE HARDY CROSS APLICADO A LA RED DE DISTRIBUCION</p>											

LOOP	RAIN	Δ ₂ (PCNS)	Q ₁₇ (PCNS)	Δ ₁ (PCNS)	Δ ₂ (PCNS)	Q ₁₈ (PCNS)	Δ ₁ (PCNS)	Δ ₂ (PCNS)	Q ₁₉ (PCNS)	Δ ₁ (PCNS)	Δ ₂ (PCNS)	Q ₂₀ (PCNS)	Δ ₁ (PCNS)	Δ ₂ (PCNS)	Q ₂₁ (PCNS)	Δ ₁ (PCNS)	Δ ₂ (PCNS)	Q ₂₂ (PCNS)					
I	1		+ 13 076.78	+ 17.92		+ 13 069.85	+ 8.93		+ 13 059.92	+ 11.66		+ 13 049.26	+ 6.11		+ 13 042.15	+ 7.61		+ 13 034.54					
	2	‡	37.10	- 15 385.26	+ 17.92	‡	18.73	- 15 384.45	+ 8.93	‡	24.57	- 15 368.80	+ 11.66	‡	12.82	- 15 357.71	+ 7.61	‡	8.72	- 15 356.57			
	3		+ 13 291.60	+ 17.92		+ 13 273.47	+ 8.93		+ 13 263.74	+ 11.66		+ 13 253.08	+ 6.11		+ 13 246.97	+ 7.61		+ 13 239.36					
	4	‡	26.42	+ 3 504.45	+ 17.92	‡	14.17	+ 3 500.69	+ 8.93	‡	17.33	+ 3 500.08	+ 11.66	‡	9.57	+ 3 506.99	+ 6.11	‡	11.35	+ 3 512.22	+ 7.61	‡	6.46	+ 3 511.06
II	4		- 3 809.45	+ 14.17		+ 3 800.69	+ 17.33		- 3 809.08	+ 9.57		- 3 806.99	+ 11.35		- 3 812.22	+ 6.46		- 3 811.06					
	5	‡	12.95	+ 8 907.90	+ 14.17	‡	17.92	+ 8 873.72	+ 17.33	‡	8.93	+ 8 876.39	+ 9.57	‡	11.66	+ 8 855.47	+ 6.46	‡	7.61	+ 8 849.01			
	6		- 9 252.45	+ 14.17		- 9 229.36	+ 17.33		- 9 225.98	+ 9.57		- 9 211.15	+ 11.35		- 9 208.54	+ 6.46		- 9 199.03					
	7	‡	30.68	+ 6 146.57	+ 14.17	‡	37.26	+ 6 132.39	+ 17.33	‡	20.70	+ 6 115.05	+ 9.57	‡	24.40	+ 6 105.49	+ 11.35	‡	13.95	+ 6 094.14	+ 6.46	‡	15.96	+ 6 087.68
III	8		- 13 743.68	+ 16.70		- 13 740.38	+ 8.29		- 13 738.66	+ 10.86		- 13 739.52	+ 5.67		- 13 740.18	+ 7.08		- 13 742.26					
	9	‡	28.10	- 2 558.06	+ 16.70	‡	14.29	- 2 550.43	+ 8.29	‡	18.31	- 2 551.50	+ 5.67	‡	11.96	- 2 545.20	+ 7.08	‡	6.66	- 2 545.62			
	10		- 13 445.85	+ 16.70		- 13 442.55	+ 8.29		- 13 440.83	+ 10.86		- 13 438.69	+ 5.67		- 13 437.35	+ 7.08		- 13 434.43					
	11	‡	37.80	+ 18 671.24	+ 16.70	‡	18.73	+ 18 593.27	+ 8.29	‡	24.57	+ 18 609.55	+ 10.86	‡	12.82	+ 18 611.51	+ 5.67	‡	16.03	+ 18 621.87	+ 7.08	‡	8.72	+ 18 623.50
IV	2		+ 15 385.26	+ 18.73		+ 15 384.45	+ 24.57		+ 15 368.80	+ 12.82		+ 15 367.69	+ 16.03		+ 15 357.71	+ 8.72		+ 15 356.57					
	11	‡	12.00	- 18 571.24	+ 18.73	‡	14.70	- 18 593.27	+ 24.57	‡	8.29	- 18 611.51	+ 16.03	‡	5.67	- 18 621.87	+ 8.72	‡	7.08	- 18 623.50			
	12		- 9 371.92	+ 18.73		- 9 353.30	+ 24.57		- 9 357.86	+ 12.82		- 9 346.27	+ 16.03		- 9 345.71	+ 8.72		- 9 341.46					
	13	‡	30.68	+ 9 033.26	+ 18.73	‡	37.26	+ 9 051.78	+ 24.57	‡	20.70	+ 9 047.91	+ 12.82	‡	24.40	+ 9 057.99	+ 16.03	‡	15.96	+ 9 064.64			
V	6		+ 9 252.45	+ 37.26		+ 9 229.36	+ 20.70		+ 9 225.98	+ 24.40		+ 9 211.15	+ 13.95		+ 9 208.54	+ 15.96		+ 9 199.03					
	13	‡	26.42	+ 9 033.26	+ 37.26	‡	18.73	+ 9 051.78	+ 20.70	‡	17.33	+ 9 047.91	+ 12.82	‡	11.66	+ 9 057.99	+ 16.03	‡	6.46	+ 9 064.64			
	14		- 9 217.35	+ 37.26		- 9 222.37	+ 20.70		- 9 204.67	+ 24.40		- 9 207.28	+ 13.95		- 9 196.08	+ 15.96		- 9 197.40					
	15	‡	32.30	+ 1 943.47	+ 37.26	‡	33.71	+ 1 943.01	+ 20.70	‡	21.48	+ 1 942.23	+ 22.07	‡	14.29	+ 1 944.22	+ 15.96	‡	14.93	+ 1 945.75			
VI	16		- 2 361.73	+ 20.67		- 2 361.73	+ 12.29		- 2 349.62	+ 13.47		- 2 349.62	+ 13.47		- 2 349.14	+ 8.21		- 2 341.38					
	17	‡	30.68	+ 4 874.31	+ 18.41	‡	20.67	+ 4 874.31	+ 20.67	‡	12.29	+ 4 873.63	+ 13.47	‡	13.95	+ 4 877.86	+ 8.21	‡	15.96	+ 4 879.65			
	18		- 209.04	+ 18.41		- 227.45	+ 20.67		- 228.12	+ 12.29		- 240.41	+ 13.47		- 243.88	+ 8.21		- 252.08					
	19	‡	32.30	+ 3 914.06	+ 18.41	‡	33.71	+ 3 897.76	+ 20.67	‡	21.48	+ 3 897.95	+ 12.29	‡	22.07	+ 3 888.17	+ 13.47	‡	14.93	+ 3 881.12			
VII	9		+ 2 558.06	+ 14.29		+ 2 560.46	+ 18.31		+ 2 550.43	+ 9.79		+ 2 551.50	+ 11.96		+ 2 545.20	+ 6.66		+ 2 545.62					
	20	‡	12.00	- 10 386.23	+ 14.29	‡	16.70	- 10 400.52	+ 18.31	‡	8.29	- 10 428.62	+ 11.96	‡	5.67	- 10 440.58	+ 6.66	‡	7.08	- 10 447.23			
	21		- 11 085.24	+ 14.29		- 11 084.29	+ 18.31		- 11 079.87	+ 9.79		- 11 124.59	+ 11.96		- 11 126.21	+ 6.66		- 11 135.51					
	22	‡	11.32	+ 4 857.56	+ 14.29	‡	14.16	+ 4 858.69	+ 18.31	‡	7.82	+ 4 869.18	+ 9.79	‡	9.24	+ 4 876.35	+ 6.66	‡	6.05	+ 4 876.96			
VIII	12		+ 9 353.30	+ 20.67		+ 9 353.30	+ 24.40		+ 9 357.86	+ 24.41		+ 9 346.27	+ 13.47		+ 9 348.71	+ 15.96		+ 9 341.46					
	21	‡	28.10	- 11 075.21	+ 20.67	‡	19.31	- 11 109.29	+ 24.41	‡	9.79	- 11 124.59	+ 13.47	‡	11.96	- 11 126.21	+ 6.66	‡	6.66	- 11 135.51			
	23		- 10 365.81	+ 20.67		- 10 365.10	+ 20.67		- 10 367.43	+ 24.41		- 10 400.26	+ 13.47		- 10 401.61	+ 15.96		- 10 411.39					
	24	‡	35.88	+ 3 471.25	+ 20.67	‡	22.04	+ 3 476.55	+ 20.67	‡	23.79	+ 3 492.76	+ 14.69	‡	13.58	+ 3 490.41	+ 15.96	‡	10.21	+ 3 496.16			
IX	25		+ 8 373.97	+ 20.67		+ 8 373.97	+ 24.41		+ 8 372.38	+ 24.41		+ 8 379.76	+ 13.47		+ 8 401.31	+ 15.96		+ 8 399.78					
	26	‡	29.25	- 8 373.97	+ 20.67	‡	20.00	- 8 373.97	+ 24.41	‡	24.41	- 8 379.76	+ 13.47	‡	13.58	- 8 401.31	+ 14.69	‡	15.96	- 8 411.39			
	27		- 6 294.02	+ 20.67		- 6 294.02	+ 24.41		- 6 297.15	+ 21.79		- 6 290.06	+ 25.14		- 6 288.16	+ 14.69		- 6 293.92					
	27	‡	32.30	+ 4 396.62	+ 20.67	‡	33.71	+ 4 397.92	+ 24.41	‡	21.48	+ 4 380.98	+ 22.07	‡	22.07	+ 4 380.26	+ 25.14	‡	14.93	+ 4 370.19			
X	15		+ 1 943.47	+ 21.48		+ 1 943.47	+ 22.07		+ 1 942.23	+ 22.07		+ 1 944.22	+ 14.29		+ 1 944.22	+ 14.93		+ 1 945.75					
	19	‡	31.72	+ 3 914.06	+ 21.48	‡	18.41	+ 3 897.76	+ 21.48	‡	20.67	+ 3 888.17	+ 14.29	‡	13.95	+ 3 887.35	+ 14.93	‡	18.21	+ 3 881.12			
	27		- 4 396.62	+ 21.48		- 4 397.92	+ 24.41		- 4 390.98	+ 22.07		- 4 370.26	+ 14.29		- 4 370.40	+ 14.93		- 4 370.19					
	28	‡	38.54	+ 1 848.87	+ 21.48	‡	22.57	+ 1 848.00	+ 21.48	‡	24.61	+ 1 856.87	+ 14.29	‡	15.81	+ 1 862.70	+ 14.93	‡	9.67	+ 1 867.46			
XI	29		+ 3 353.21	+ 21.48		+ 3 353.21	+ 22.07		+ 3 353.21	+ 22.07		+ 3 351.14	+ 14.29		+ 3 351.85	+ 14.93		+ 3 352.41					
	30	‡	28.10	- 5 093.25	+ 14.16	‡	14.29	- 5 107.91	+ 7.82	‡	18.31	- 5 124.46	+ 5.34	‡	11.96	- 5 127.79	+ 6.05	‡	6.66	- 5 135.83			
	31		- 4 874.31	+ 14.16		- 4 874.31	+ 7.82		- 4 903.34	+ 9.24		- 4 912.58	+ 5.34		- 4 917.91	+ 6.05		- 4 923.95					
	32	‡	28.55	+ 5 175.96	+ 14.16	‡	17.05	+ 5 178.39	+ 7.82	‡	18.67	+ 5 189.19	+ 9.24	‡	11.58	+ 5 191.53	+ 6.05	‡	6.18	+ 5 194.54			
XII	23		+ 10 365.81	+ 17.05		+ 10 366.10	+ 18.67		+ 10 367.43	+ 11.58		+ 10 400.26	+ 12.23		+ 10 401.61	+ 6.18		+ 10 411.39					
	32	‡	11.32	- 5 175.96	+ 17.05	‡	14.16	- 5 178.34	+ 18.67	‡	7.82	- 5 191.19	+ 11.58	‡	9.24	- 5 198.42	+ 6.18	‡	6.05	- 5 198.54			
	33		- 9 873.27	+ 17.05		- 9 870.31	+ 18.67		- 9 870.97	+ 11.58		- 9 920.55	+ 12.23		- 9 926.20	+ 6.18		- 9 942.37					
	34	‡	35.88	+ 4 097.83	+ 17.05	‡	22.04	+ 4 102.82	+ 18.67	‡	23.79	+ 4 107.93	+ 14.69	‡	12.23	+ 4 111.04	+ 6.18	‡	10.21	+ 4 115.07			
XIII	24		+ 3 471.25	+ 22.57		+ 3 476.55	+ 23.79		+ 3 492.76	+ 14.69		+ 3 492.48	+ 15.65		+ 3 490.41	+ 10.21		+ 3 496.16					
	34	‡	28.55	- 4 097.83	+ 22.04	‡	17.05	- 4 102.82	+ 23.79	‡	18.67	- 4 107.93	+ 14.69	‡	11.58	- 4 111.04	+ 10.21	‡	6.18	- 4 115.07			
	35		- 6 178.08	+ 22.04		- 6 200.11	+ 23.79		- 6 200.98	+ 14.69		- 6 254.58	+ 15.65		- 6 254.23	+ 10.21		- 6 264.43					
	36	‡	38.54	+ 1 625.45	+ 22.04	‡	22.04	+ 1 625.45	+ 23.79	‡	24.61	+ 1 625.45	+ 14.69	‡	15.65	+ 1 625.45	+ 10.21	‡	9.67	+ 1 627.46			
XIV	37		+ 4 887.51	+ 23.79		+ 4 887.51	+ 23.79		+ 4 887.51	+ 14.69		+ 4 903.50	+ 15.65		+ 4 904.88	+ 10.21		+ 4 913.53					
	26	‡	58.53	+ 6 294.02	+ 22.57	‡	32.41	+ 6 289.34	+ 25.60	‡	24.61	+ 6 297.15	+ 17.04	‡	28.14	+ 6 298.16	+ 18.87	‡	14.69	+ 6 293.92			
	37		- 4 887.51	+ 22.57		- 4 887.51	+ 25.60		- 4 887.51	+ 23.79		- 4 903.50	+ 17.04		- 4 904.88	+ 18.87		- 4 913.53					

APLICACION DEL METODO DE HARDY CROSS

LOS OBTENIDOS EN CADA UNO DE LOS RAMALES TRONCALES, CONSIDERANDO QUE EL CONSUMO DE ENERGIA DE LOS USUARIOS DE CADA TRONCAL, SE EXTRAHE EN CADA UNO DE LOS EXTREMOS DEL MISMO PARA APLICAR EL METODO DE HARDY CROSS.

EXTRACCIONES RESULTANTES EN LOS NODOS QUE FORMAN LOS RAMALES TRONCALES Y UNA VEZ CONSIDERADA LA MITAD DEL CONSUMO DE LOS USUARIOS DE CADA TRONCAL, COMO EXTRACCION EN CADA UNO DE LOS EXTREMOS DEL MISMO.

GASTOS CORREGIDOS Y BALANCEADOS EN CADA UNO DE LOS RAMALES TRONCALES DE LA RED, UNA VEZ APLICADO EL METODO DE HARDY CROSS.

DE RAMAL	GASTO EN PCHS	IDENTIFICACION DEL NODO	EXTRACCION EN PCHS	No. DE RAMAL	GASTOS EN PCHS
1	27.50	A	536.76	1	3034.54
37	434.38	B	204.82	2	5356.59
1	332.32	C	374.33	3	3239.36
1	27.50	D	904.04	4	3811.06
1	880.67	E	2761.33	5	8849.01
2	6050.85	F	8135.65	6	9199.03
8	80.66	G	5091.82	7	6087.68
3	554.13	H	317.83	8	3812.26
3	236.29	I	501.45	9	2545.62
3	236.29	J	692.15	10	3494.43
1	8711.28	K	808.68	11	8623.50
9	351.99	L	2881.38	12	9341.46
9	351.99	M	406.12	13	9064.64
2	844.45	N	296.64	14	9197.40
2	844.45	O	434.36	15	1945.75
1	4488.63	P	402.57	16	2341.78
2	545.91	Q	2796.64	17	4809.65
2	545.91	R	688.63	18	282.08
1	1238.06	S	812.505	19	3881.12
5	971.14	T	5434.37	20	10447.23
5	430.85	U	211.88	21	11135.51

DATOS OBTENIDOS EN CADA UNO DE LOS RAMALES TRONCALES, CONSIDERANDO EL CONSUMO DE LA RED DE LOS USUARIOS DE CADA TRONCAL, SE EXTRAHE EN CADA UNO DE LOS EXTREMOS DEL MISMO ANTES DE APLICAR EL METODO DE HARDY CROSS.

EXTRACCIONES RESULTANTES EN LOS NODOS QUE FORMAN LOS RAMALES TRONCALES, UNA VEZ CONSIDERADA LA MITAD DEL CONSUMO DE LOS USUARIOS DE CADA TRONCAL, COMO EXTRACCION EN CADA UNO DE LOS EXTREMOS DEL MISMO.

GASTOS CORREGIDOS Y BALANCEADOS EN CADA UNO DE LOS RAMALES TRONCALES DE LA RED, UNA VEZ APLICADO EL METODO DE HARDY CROSS.

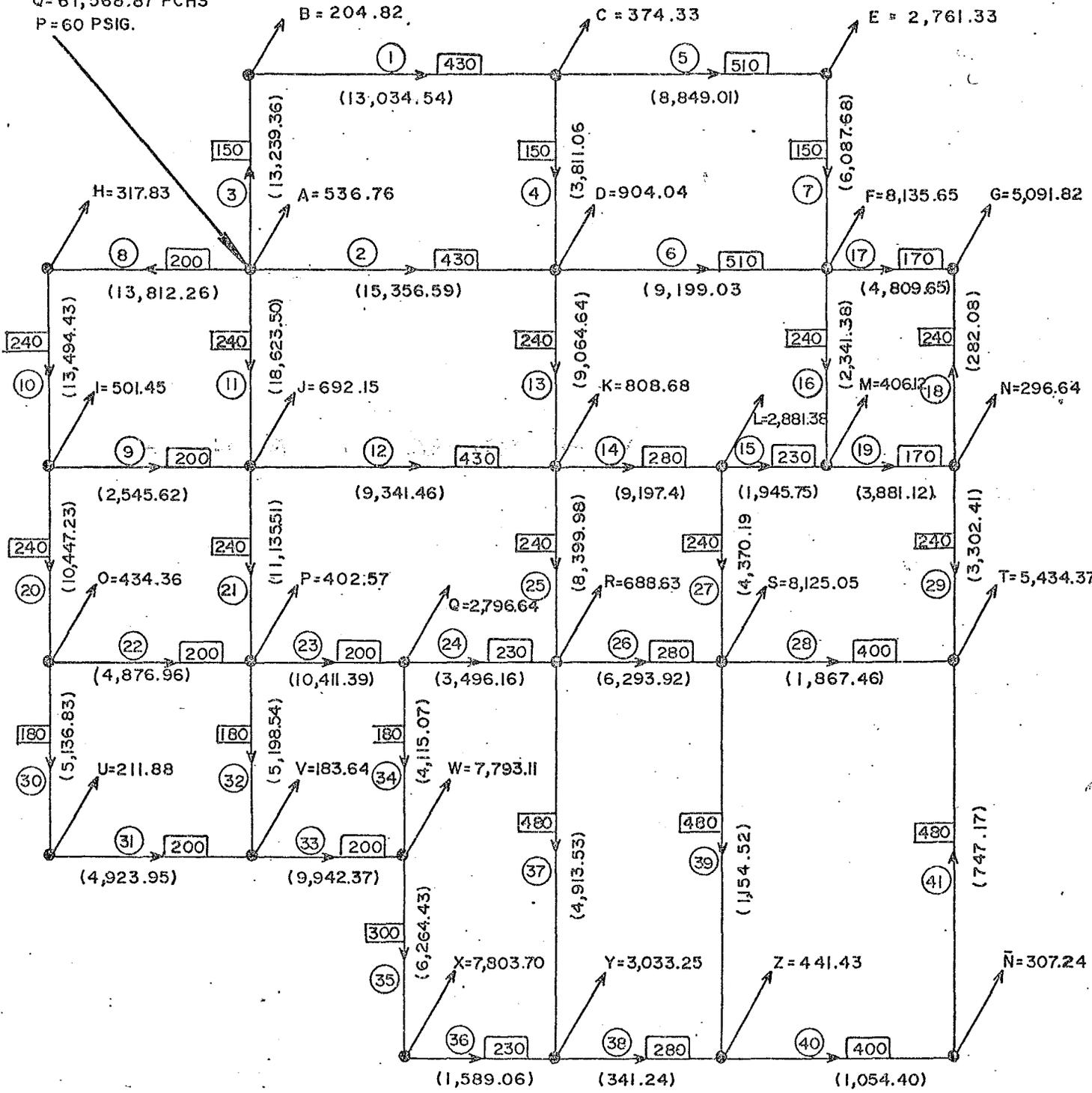
DE RAMAL	GASTO EN PCHS	IDENTIFICACION DEL NODO	EXTRACCION EN PCHS	No. DE RAMAL	GASTOS EN PCHS
—	5,4 3 0.8 4	V —	1 8 3.6 4	22 —	4,8 7 6.9 6
—	4,3 2 2.0 6	W —	7,7 9 3.1 1	23 —	10,4 1 1.3 9
—	4,3 2 2.0 6	X —	7,8 0 3.7 0	24 —	3,4 9 6.1 6
—	15,0 5 0.8 5	Y —	3,0 3 3.2 5	25 —	8,3 9 9.9 8
—	2,8 0 7.5 3	Z —	4 4 1.4 3	26 —	6,2 9 3.9 2
—	2,8 0 7.5 2	Ñ —	3 0 7.2 4	27 —	4,3 7 0.1 9
—	2,8 0 7.5 2			28 —	1,8 6 7.4 6
—	8,3 9 5.5 1			29 —	3,3 0 2.4 1
—	1 0 5.9 4			30 —	5,1 3 5.8 3
—	1 0 5.9 4			31 —	4,9 2 3.9 5
—	6,1 3 7.0 6			32 —	5,1 9 8.5 4
—	5,8 4 7.4 8			33 —	9,9 4 2.3 7
—	5,8 4 7.4 8			34 —	4,1 1 5.0 1
—	3,9 0 1.8 5			35 —	6,2 6 4.4 3
—	3,9 0 1.8 5			36 —	1,5 3 9.0 6
—	7,2 3 2.6 3			37 —	4,9 1 3.5 3
—	2 9 7.5 3			38 —	3 4 1.2 4
—	2 9 7.5 2			39 —	1,1 5 4.5 2
—	1 5 3.6 2			40 —	1,0 5 4.4 0
—	1 5 3.6 2			41 —	7 4 7.1 7

RED CON GASTOS BALANCEADOS POR EL METODO DE HARDY CROSS

ALIMENTACION

Q = 61,568.87 PCHS

P = 60 PSIG.



APROXIMACION EN EL METODO DE HARDY CROSS

Porcentaje de la última corrección en los gastos de cada uno de los ramales - troncales de la red.

<u>No. DE RAMAL</u>	<u>Q₂₁ (PCHS)</u>	<u>Q₂₂ (PCHS)</u>	<u>% ERROR = $\frac{Q_{22} - Q_{21}}{Q_{21}} \times 100$</u>
1	13 042.15	13 034.54	- 0.06 %
2	15 357.71	15 356.59	- 0.01 %
3	13 246.97	13 239.36	- 0.06 %
4	3 812.22	3 811.06	- 0.03 %
5	8 855.47	8 849.01	- 0.07 %
6	9 208.54	9 199.03	- 0.10 %
7	6 094.14	6 087.68	- 0.11 %
8	13 805.18	13 812.26	+ 0.05 %
9	2 545.20	2 545.62	+ 0.02 %
10	13 487.35	13 494.43	+ 0.05 %
11	18 621.87	18 623.50	+ 0.01 %
12	9 348.71	9 341.46	- 0.08 %
13	9 057.40	9 064.64	+ 0.08 %
14	9 196.08	9 197.40	+ 0.01 %
15	1 944.22	1 945.75	+ 0.08 %
16	2 349.14	2 341.38	- 0.33 %
17	4 817.86	4 809.65	- 0.17 %
18	273.88	282.08	+ 2.99 %
19	3 887.35	3 881.12	- 0.16 %
20	10 440.58	10 447.23	+ 0.06 %
21	11 126.21	11 135.51	+ 0.08 %
22	4 876.35	4 876.96	+ 0.01 %
23	10 401.61	10 411.39	+ 0.09 %
24	3 490.41	3 496.16	+ 0.16 %
25	8 401.31	8 399.98	- 0.02 %
26	6 298.16	6 293.92	- 0.07 %
27	4 370.40	4 370.19	- 0.00 %
28	1 862.70	1 867.46	+ 0.26 %
29	3 316.85	3 302.41	- 0.44 %
30	5 129.79	5 135.83	+ 0.12 %
31	4 917.91	4 923.95	+ 0.12 %
32	5 198.42	5 198.54	+ 0.00 %
33	9 936.20	9 942.37	+ 0.06 %

<u>No. DE RAMAL</u>	<u>Q₂₁ (PCHS)</u>	<u>Q₂₂ (PCHS)</u>	<u>% ERROR = $\frac{Q_{22}-Q_{21}}{Q_{21}} \times 100$</u>
34	4 111.04	4 115.07	+ 0.10 %
35	6 254.23	6 264.43	+ 0.16 %
36	1 549.27	1 539.06	- 0.66 %
37	4 904.88	4 913.53	+ 0.18 %
38	322.38	341.24	+ 5.85 %
39	1 163.73	1 154.52	- 0.79 %
40	1 044.74	1 054.40	+ 0.92 %
41	737.51	747.17	+ 1.31 %
			<u>Promedio : 0.39 %</u>

CONCLUSION: Como se puede observar la aproximación a la distribución balanceada de gastos (cuando la corrección es cero en todos los ramales) es del 99.61 %. Con lo cual, podemos calcular la caída de presión de la red, con un 0.39 % de error lo cual es ya representativo para las necesidades de diseño.

Comparativamente con la primera corrección en los gastos de cada uno de los ramales troncales al iniciar el balance en el método de Hardy Cross tenemos.:

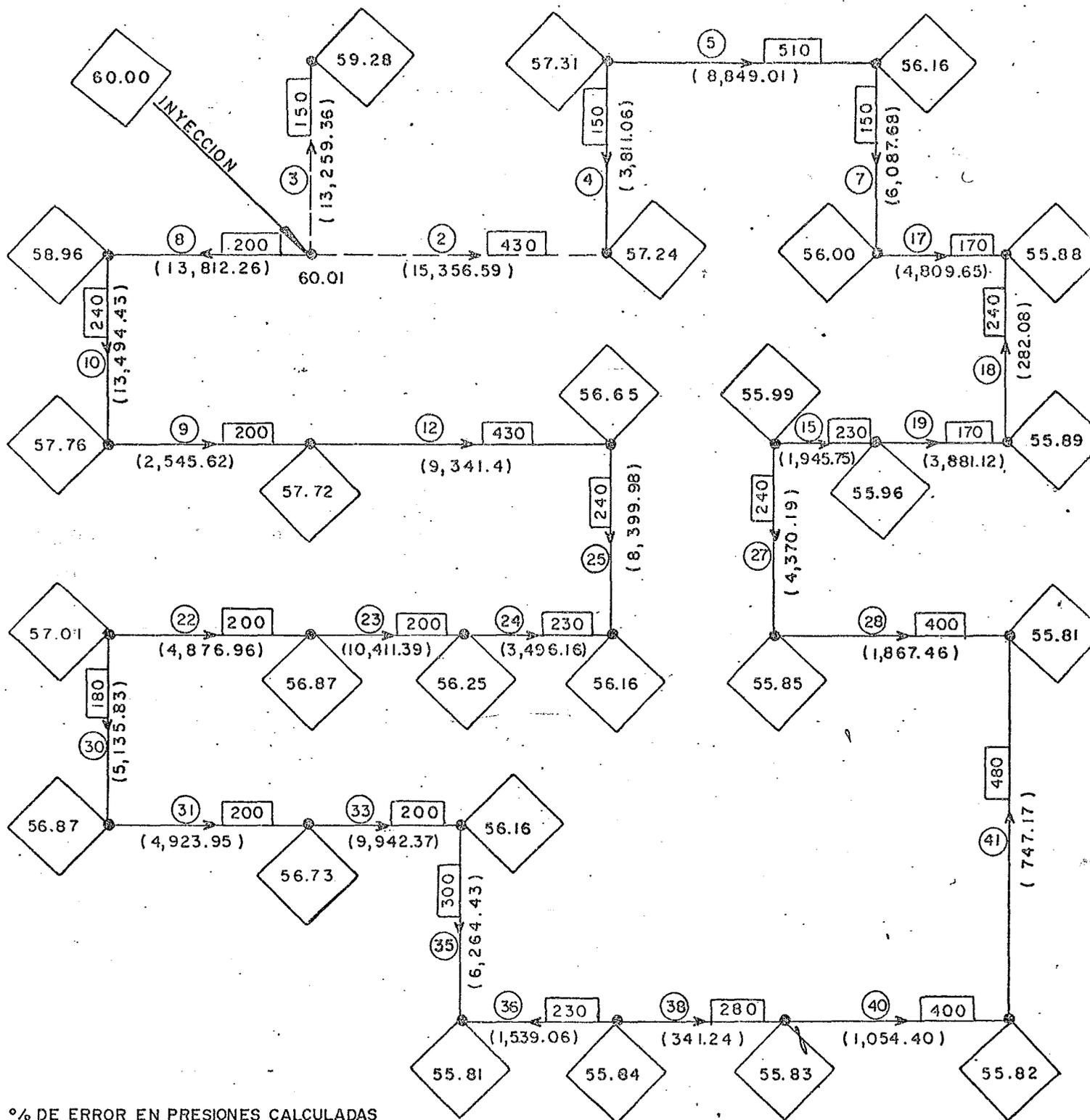
<u>No. DE RAMAL</u>	<u>Q₀ (PCHS)</u>	<u>Q₁ (PCHS)</u>	<u>% ERROR = $\frac{Q_1 - Q_0}{Q_0} \times 100$</u>
1	1 127.50	18 883.55	+ 1 574.82 %
2	37 434.38	10 332.57	- 72.40 %
3	1 332.32	19 088.37	+ 1 332.72 %
4	1 127.50	4 796.27	+ 325.39 %
5	1 880.67	13 712.94	+ 629.15 %
6	26 050.85	5,051.26	- 80.61 %
7	880.66	10 951.61	+ 1 143.57 %
8	3 554.13	9 673.02	+ 172.16 %
9	3 236.29	3 942.13	+ 21.81 %
10	3 236.30	9 355.19	+ 189.07 %
11	18 711.28	21 938.13	+ 17.25 %
12	9 351.99	14 739.76	+ 57.61 %
13	9 351.99	9 173.54	- 1.91 %
14	2 844.45	16 477.63	+ 479.29 %
15	2 844.45	3 357.86	+ 18.05 %
16	14 488.63	299.74	- 97.93 %
17	2 545.91	8 166.98	+ 220.79 %
18	2 545.91	3 075.16	+ 20.79 %
19	11 238.06	2 654.00	- 76.38 %
20	5 971.14	4 911.60	- 17.74 %
21	5 430.85	10 448.35	+ 92.39 %
22	5 430.84	1 530.00	- 71.83 %
23	4 322.06	8 724.69	+ 101.86 %
24	4 322.06	1 259.93	- 70.85 %
25	15 050.85	6 626.99	- 55.97 %
26	2 807.53	893.51	- 68.17 %
27	2 807.52	10 236.38	+ 264.61 %
28	2 807.52	2 707.32	- 3.57 %
29	8 395.51	5 432.52	- 35.29 %
30	105.94	2 947.24	+ 2 681.99 %
31	105.94	2 735.36	+ 2 481.99 %
32	6 137.06	2 851.09	- 53.54 %
33	5 847.48	5 402.82	- 7.60 %
34	5 847.48	7 187.99	+ 22.92 %
35	3 901.85	4 797.70	+ 22.96 %

<u>No. DE RAMAL</u>	<u>Q₀ (PCHS)</u>	<u>Q₁ (PCHS)</u>	<u>% ERROR = $\frac{Q_1 - Q_0}{Q_0} \times 100$</u>
36	3 901.85	3 005.99	- 22.96 %
37	7 232.63	3 784.91	- 47.67 %
38	297.53	2 254.33	+ 657.68 %
39	297.52	1 709.67	+ 474.64 %
40	153.62	986.08	+ 541.90 %
41	153.62	1 293.32	+ 741.90 %
Promedio :			<u>367.60 %</u>

Como se puede observar el error que tenían los gastos al iniciar el balance, era en promedio de 367.60 % al hacer la primera corrección que si lo comparamos con el promedio de la corrección del Q_{21} que fué del orden de 0.39% podemos notar el índice de la aproximación a los gastos totalmente balanceados (cuando el promedio de la corrección del Q_n sea 0.0%) lo cual nos permite tomar la decisión de no hacer más correcciones a los gastos de los ramales troncales, considerando que practicamente el error de 0.39 % en las correcciones es aceptable.

El signo negativo en los porcentajes, nos indica que al efectuar la corrección en un determinado ramal el gasto disminuyó y el signo positivo en los porcentajes nos indica que al efectuar la corrección en un determinado ramal el gasto aumentó.

CÁLCULO DE LAS PRESIONES EN CADA UNO DE LOS PUNTOS DE LA RED CON RAMALES TRONCALES DE 2" Ø NOM. CEDULA 40



% DE ERROR EN PRESIONES CALCULADAS
CON LA ECUACION DE PANHADLE MODIFICADA = 0.02 %

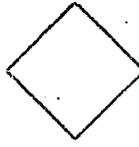
PRESION DE INYECCION = 60 PSIG.

CAIDA DE PRESION PERMISIBLE = 30 PSIG

VALOR MAS BAJO DE PRESION CALCULADA EN
LA RED = 55.81 PSIG.

CAIDA DE PRESION REAL EN LA RED PROPUESTA = 4.19 PSIG

SIMBOLOGIA



PRESION EN PSIG. EN CADA NODO DE LA RED.

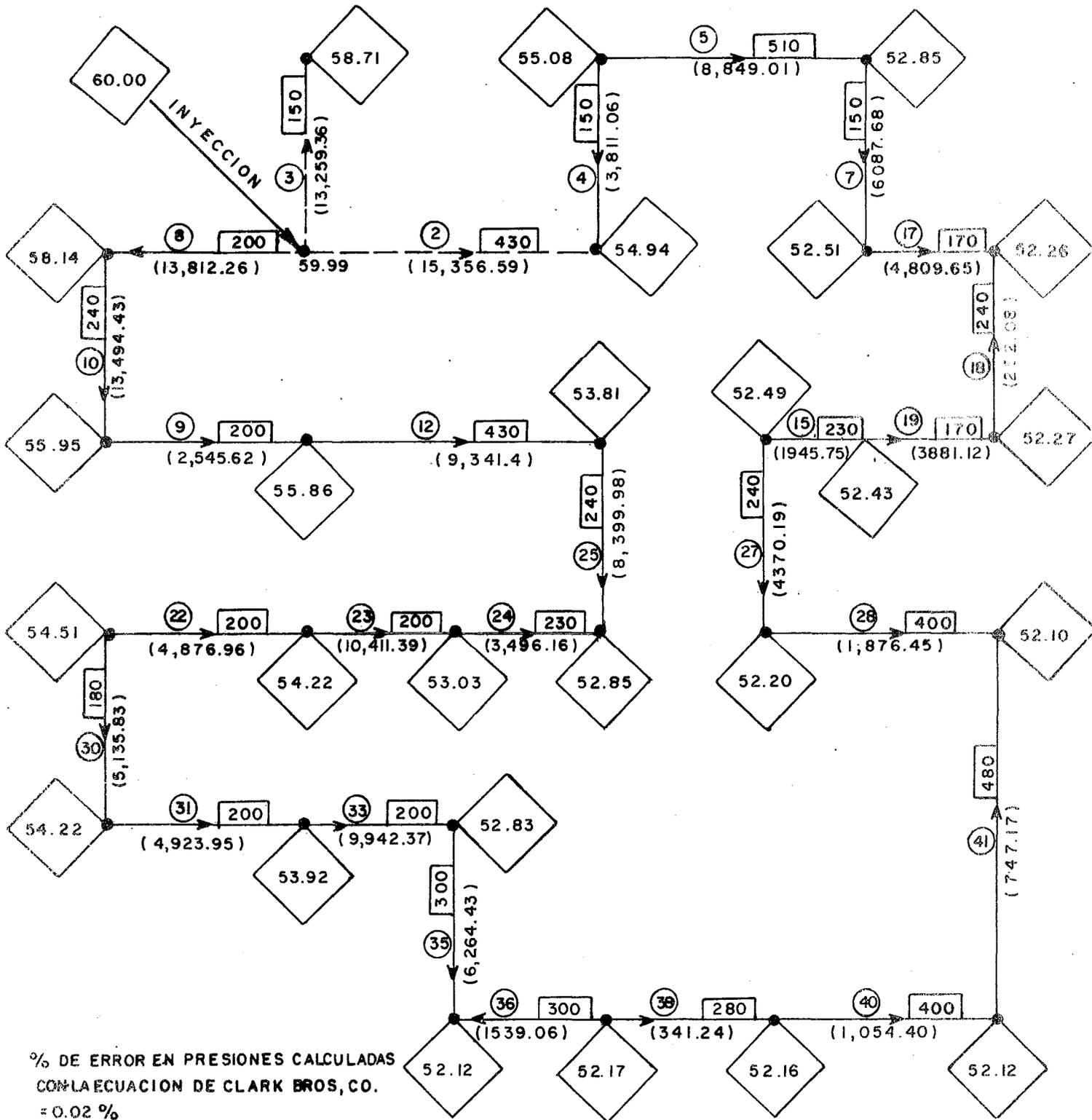


NUMERO DE RAMAL TRONCAL



GASTO EN P.C.H.S.

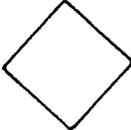
**PLANO DE LAS PRESIONES EN CADA UNO DE LOS PUNTOS DE LA RED CON
RAMALES TRONCALES DE 2"Ø NOM.
CEDULA 40**



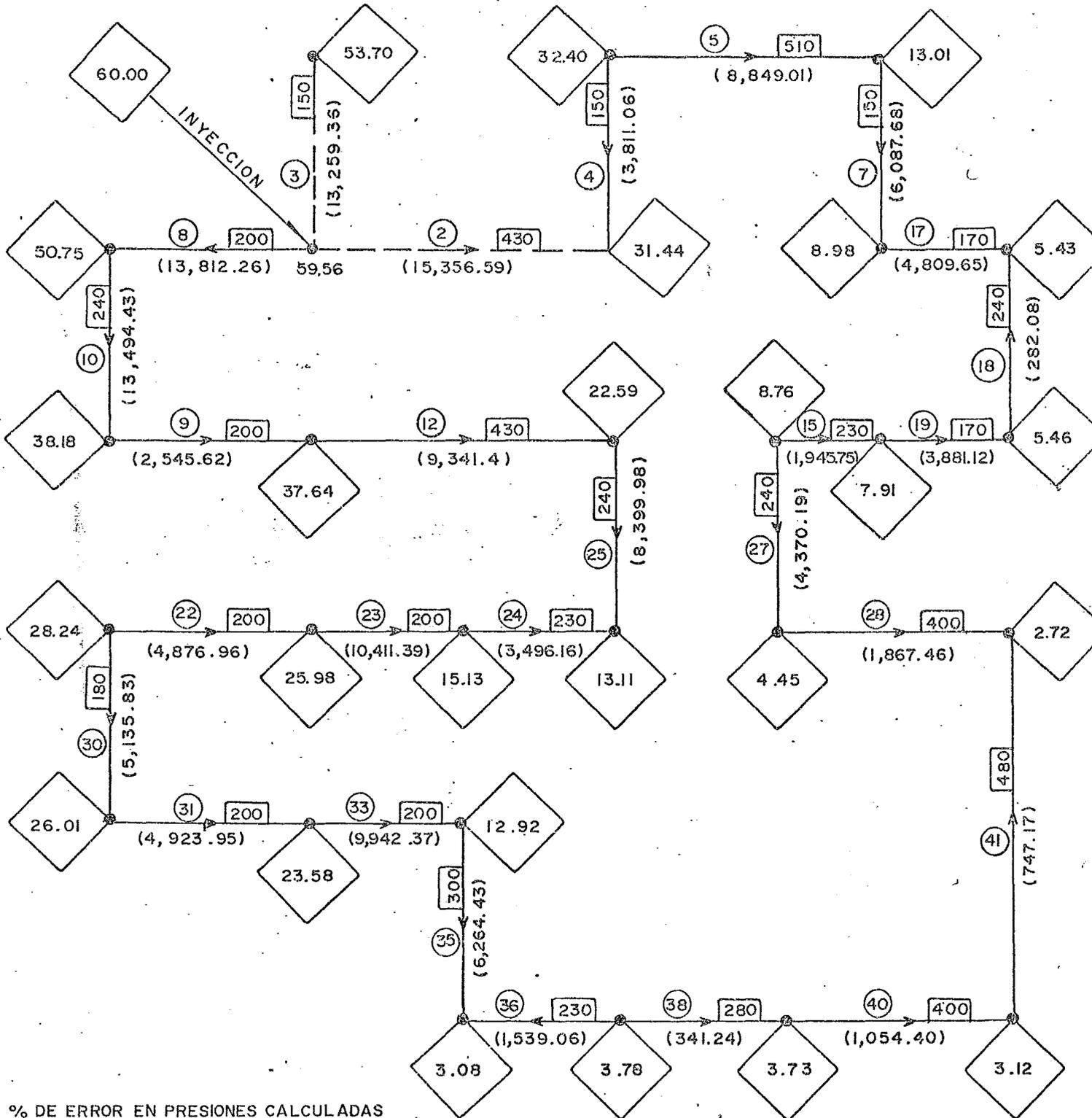
% DE ERROR EN PRESIONES CALCULADAS
CON LA CUACION DE CLARK BROS, CO.
= 0.02 %
PRESION DE INYECCION = 60 PSIG.
CAIDA DE PRESION PERMISIBLE = 30 PSIG.

VALOR MAS BAJO DE PRESION
CALCULADA EN LA RED DE PRESION = 52.10 PSIG.
CAIDA DE PRESION REAL EN LA RED
PROPUESTA = 7.90 PSIG.

SIMBOLOGIA.

-  PRESION EN PSIG. EN CADA NODO DE LA RED.
-  NUMERO DE RAMAL TRONCAL
-  GASTO EN P.C.H.S.

DE LAS PRESIONES EN CADA UNO DE LOS PUNTOS DE LA RED
CON RAMALES TRONCALES DE 1 1/2" ϕ NOM. CEDULA 80.



% DE ERROR EN PRESIONES CALCULADAS
CON LA ECUACION DE CLARK BROS, CO. = 0.58%

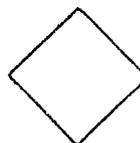
PRESION DE INYECCION = 60 PSIG.

CAIDA DE PRESION PERMISIBLE = 30 PSIG.

VALOR MAS BAJO DE PRESION CALCULADA EN
LA RED = 2.72 PSIG.

CAIDA DE PRESION REAL EN LA RED PROPUESTA = 57.28 PSIG.

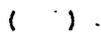
SIMBOLOGIA.



PRESION EN PSIG. EN CADA NODO DE LA RED.



NUMERO DE RAMAL TRONCAL



GASTO EN P.C.H.S.



LONGITUD DE CADA RAMAL TRONCAL EN METROS