231

A los asistentes a los cursos del Centro de Educación Continua

La Facultad de Ingeniería, por conducto del Centro de Educación Continua, otorga constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso. Las personas que deseen que aparezca su título profesional precediendo a su nombre en el diploma, deberán entregar copia del mismo o de su cédula profesional a más tardar 15 días antes de la terminación del curso, en las oficinas del Centro, con la Sra. Sánchez.

El control de asistencia se efectuará al terminar la primera hora de cada día de clase, mediante listas especiales en las que los interesados anotarán personalmente su asistencia. Las ausencias serán computadas por las autoridades del Centro.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece el Centro están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo para que coordinen las opiniones de todos los interesados constituyendo verdaderos seminarios.

Al finalizar el curso se hará una evaluación del mismo a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos por parte de los asistentes.

Las personas comisionadas por alguna institución deberán pasar a inscribirse en las oficinas del Centro en la misma forma que los demás asistentes.

centro de educación continua
facultad de ingeniería, unam

CURSO: DE ISTALACIONES DE GAS L. P. Y NATURAL.

MATERIA: COMBUSTIBLES Y SUSTITUOS FUTUROS.

DIFINICION DE COMBUSTIBLE.

ING. LUIS CIFUENTES RAMIREZ.

I.- CONCEPTOS BASICOS.

1o.- LOS COMBUSTIBLES Y SUSTITUTOS FUTUROS.

DEFINICION DE COMBUSTIBLE.

Se considera como combustible, a cualquier sustancia que produce calor ó energía, por combustión.

DEFINICION DE COMBUSTION.

La combustión, es un proceso químico, que va acompañado de producción de energía térmica y energía luminosa,- se lleva a cabo por la combinación del oxígeno del aire -- con las sustancias combustibles.

CLASIFICACION DE LOS COMBUSTIBLES.

Los combustibles, son la fuente de energía de la industria para su estudio, se les puede clasificar según se- les encuentra en la naturaleza, es decir en las tres fases características de la materia: Sólidos, Líquidos y Gaseo-- sos. Todos son de orígen orgánico.

Además por la forma en que se aprovechan, se les puede dividir en: primarios ó naturales y secundarios ó fabricados.

A) COMBUSTIBLES SOLIDOS.

a) NATURALES O PRIMARIOS.

Los combustibles sólidos que se encuentran en estado

Del análisis en peso se observa:

Humedad 2%, materia volatil 7.3%, carbono fijo 74.3%, ceniza 16.4%

SEMI-ANTRACITA.

La semiantracita, también es un carbón fósil, de color gris oscuro, de estructura granulosa, duro, quebrable,- al quemarse no produce humo, con flama corta y clara.

Análisis en peso.

Humedad 1.2%, materia volatil 12.8%, carbono fijo 74%, ceniza 12%

CARBON SEMIBITUMINOSO

Es carbón es menos duro que la antracita, de color -- grisoso-negrusco, de estructura duramente granulosa, fácilmente quebrable, se observa un aumento en los materiales volátiles y una disminución en la ceniza, los granos son casi puro carbón, se quema con flama corta y clara y produce poco humo.

Análisis en peso:

Humedad 1%, materia volatil 19%, carbono fijo 75.5%, ceniza 4.5%

CARBON BITUMINOSO.

Son carbones minerales, con un contenido alto de mate

natural son:

Carbón de Piedra ó Hulla. (Coal)

Turba (Peat)

Madera (ó leña). (Wood).

Varios materiales de desecho.

CARBON DE PIEDRA O HULLA.

El carbón de piedra o hulla, es un combustible sólido que se encuentra en la naturaleza en grandes depósitos, proviene de la fosilización de vegetales que existieron en eras geológicas pasadas y que por diversos procesos químicos y físicos, la materia orgánica de dichos vegetales, no se descompuso, sino que se conservó y transformó en carbón como principal componente, en base a su forma, textura, dureza, contenido de humedad y de sustancias volátiles, a la hulla se le clasifica en siete grupos: Antracita, Semiantracita, carbón semibituminoso, carbón bituminoso, carbón-subbituminoso, Lignito y Carbón mate ó hulla de llama brillante.

ANTRACITA.

Es un carbón fósil, de color negro brillante, duro,-denso, de estructura homogenea, poco fracturado, se quiebra pero es fácilmente maniobrable. Se quema con flama -- corta, clara y azulosa y produce poco humo. De alto contenido de carbón y poca materia volatil.

ria volatil. Son de textura tanto laminar como granular, -- son relativamente blandos y se desmenuzan fácilmente, de estructura homogénea y los hay claramente de textura laminar- o de textura granular, son manejables y resistentes a la alteración atmosférica. Por su alto contenido en volátiles, - son buenos para destilarlos y obtener coque y productos volátiles. Si en el quemado, no se operan convenientemente se hacen torta en el fuego y producen humo, algunos materiales volátiles que contienen, no se queman y salen por la chimenea, son invisibles, pero como no producen humo, no es índice de una buena combustión.

Algunos de estos carbones bituminosos, tienen la propiedad de inflamarse espontáneamente.

Analísis en peso:

Humedad 1%, materia volatil 29%, carbono fijo 61%, ceniza 9%.

CARBON SUBBITUMINOSO.

Algunas veces llamado lignito negro, de color café -- obscuro ó negro, de estructura homogénea, sin indicios de - lajeo, superficie lisa, con un contenido alto de humedad, - aunque de apariencia seca (20 a 40% de humedad). Cuando están expuestos al aire, pierden parte de la humedad y se --- fracturan, con ruido audible, disgregándose fácilmente. --- Cuando se quema no produce torta ya que segrega fácilmente- en pequeños fragmentos. Se inflama espontáneamente.

Análisis en peso:

Humedad 8.5%, materia volatil 41.5%, carbono fijo 46.5%, -- ceniza 3.5%

LIGNITO.

Es un carbón mineral de color café, de estructura laminar, de textura como la madera, aún se observan perfectamente trozos de ellas, no tan duro, pero con un martillo se puede romper en grandes trozos. Poco resistente a los efectos atmosféricos, por su alto contenido de humedad, expuesto a la intemperie pierde humedad y se desintegra fácilmente, dicho contenido de humedad varía entre el 30 a 45%, por su bajo poder calorífico y su alto contenido de humedad no- es un combustible económico en su transportación a grandes- distancias se emplea en quemadores diseñados especialmente- para este tipo de carbón, con bandas transportadoras. Tam-- bién se le emplea como carbón en forma pulverizada, en am-- bos casos es un buen combustible sólido.

Análisis en peso:

Humedad 33%, materia volatil 30%, carbono fijo 30%, ceniza 7%

CARBON MATE O HULLA DE LLAMA BRILLANTE.(Cannel Coal).

Este carbón mate ó hulla de llama brillante, es un -- carbón mineral que no queda clasificado en ninguno de los - grupos anteriores, por su alto contenido en materia volatil, se caracteriza por su alto contenido de Hidrógeno, y su empleo es en la manufactura de gas.

T U R B A

Carbón de origen vegetal, semi-carbonizado, formado por la descomposición de varias plantas en el agua, se encuentra en los pantanos, cerca de la superficie de la tierra. Es un combustible que aparentemente seco, tiene un contenido muy alto de humedad, se desintegra rápidamente al exponerlo al aire, por la pérdida de su humedad.

Análisis en peso:

Humedad de 14.57 a 6.34%, carbón fijo aprox. 33%, cenizas --- 3.23 a 36.06%, azufre 0.19 a 1.94%, poder calorífico de 5924 a 9290 BTU/lb.

CICLO DEL CARBON DE PIEDRA O HULLA

MADERA.

La madera o leña, es el combustible más antiguo en - uso, se le obtiene de diferentes clases de árboles, excepto de aquellos que son resinosos, los valores caloríficos- varían con cada tipo de madera, pero son proporcionales a- su peso, en base seca, el poder calorífico de la madera es bajo, dependiendo del tipo de madera, y varía entre 1200- a 5800 Btu/lb.

DIVERSOS TIPOS DE COMBUSTIBLES PRIMARIOS.

Se consideran como combustibles primarios, a ciertos productos de desecho, en la fabricación de otros elementos que no son precisamente la manufactura de combustibles, es decir son residuos naturales, que se pueden emplear en la- combustión, con un poder calorífico aceptable, teniendo un área reducida en su aplicación. Tales combustibles son entre otros muchos.

Bagazo de caña de azúcar. (Baggase).
Paja (Straw)
Madera de desperdicio (Wood-Waste o Hogged Fuel).
Aserrín (Sawdust).
Corteza de árbol en la fabricación de papel (Wood -- bark).
Corteza de árbol en el curtido de pieles. (Tan-bark)
Residuo del proceso de la extracción de la turpentina.

BAGAZO

El bagazo, es un producto residual, que se obtiene en los ingenios azucareros, de textura fibrosa, como resultado de la extracción del jugo de la caña, es similar en su análisis a la madera, tiene un contenido alto de humedad, dependiendo de la eficiencia de los molinos, siendo del orden de 40 a 60%, tiene un contenido alto de cenizas, debido a que es un sedimiento fibro. Por su alto contenido de humedad el rendimiento al generar vapor por libra de combustible, es muy bajo, su poder calorífico es de 8000 a 9000 --- Btu/lb.

Analísis de elementos en peso:

Hidrógeno 5.89%, Oxígeno 43.30%, carbono 49.0%, ceniza 1.75%.

PAJA. (Straw)

Es un combustible que se obtiene de diversas plantas y su poder calorífico depende de cada tipo, variando este entre los límites de 5000 a 6500 Btu/lb.

MADERA DE DESPERDICIO. (Wood-Waste ó Hogged Fuel)

La madera de desperdicio, llamada algunas veces como combustible cochino, está constituido esencialmente por el desperdicio de la madera en los aserraderos, consistiendo de aserrín, corteza de árbol, trozos de madera reducidos a pequenos fragmentos en máquinas especiales, viruta y astillas de madera. Tiene alto contenido de humedad, del 30 a -

60%, también un alto contenido de materia volatil, además tiene un alto contenido de oxígeno. Del material colocado en un quemador, en base seca, se tiene que cuatro quintas partes lo ocupan los materiales volátiles y una quinta parte sería del carbono fijo. El proceso de quemado del combustible sería en tres etapas consecutivas, la primera sería la evaporación de la humedad, destilación de la materia volatil y finalmente la combustión del carbono fijo, por lo tanto su rendimiento es relativamente bajo.

Como la madera o mejor dicho los troncos de arboles son transportados en ríos y en algunos casos a través de las bahías, su contenido en agua es muy alto y en algunas ocasiones dichos troncos se impregnan de sales.

Analísis en peso, en base seca.

Humedad 7%, materia volatil 82.5 a 74.2%, carbono fijo de 17.2 a 23.6%, ceniza de 0.2 a 2.2%, azufre trazas. - Con poder calorífico de 8620 a 9220 Btu/lb.

Los datos varían, dependiendo del origen de las diversas clases de maderas.

ASERRIN

El aserrín, es un combustible que se obtiene como desecho en las madererías, proveniente del cortado de la madera y en general del proceso para la elaboración de tablas de madera. Su contenido de humedad es muy bajo.

Análisis en peso, en base a un combustible libre de-humedad.

Materia volatil 80%, carbón fijo 19.5%, ceniza 0.5%, azufre trazas.

Poder calorífico 9000 Btu/lb.

CORTEZA DE ARPOL, EN LA FABRICACION DEL PAPEL.(Wood Bark)

Este combustible sólido, es un producto de desecho,- en las fábricas de papel y se le obtiene en la limpieza de los troncos de árbol, que son la base de dicha industria,- por su forma y dimensión, es un combustible de difícil maniobrabilidad. Su contenido de humedad llega a ser de 60%.

Análisis en peso, en base a considerar el material - sin humedad.

Materia volatil 73%, carbono fijo 25%, ceniza 2% y - azufre trazas.

Con poder calorífico 9000 Btu/lb.

CORTEZA DE ARBOL, EN LA INDUSTRIA DEL CURTIDO DE PIELES. (Tan Bark).

Este combustible, es el producto de desecho, después que se ha empleado la corteza de ciertas variedades de árboles, en la industria del curtido de pieles. Generalmente tiene un contenido muy alto de humedad, 60 a 70% y su poder calorífico varía entre 2500 a 3000 Btu/lb. Es un combustible que requiere de grandes volúmenes en los lugares-donde se va a consumir.

RESIDUO DEL PROCESO DE LA EXTRACCION DE LA TURPENTINA.

Es un combustible sólido, que se obtiene como producto remanente, en los procesos de extracción de la turpentina, substancia resinosa, que se obtiene de la madera del pino amarillo. Está constituído por pequeñas piezas de medidas uniformes de 2.5 a 3.0 cm. de longitud y de 6 a 8 cm. de espesor. Este combustible contiene alrededor de un 35% de humedad.

Análisis en peso, en base seca.

Materia volatil 83.5%, carbono fijo 15.4%, ceniza 1.15%.

b).- FABRICADOS O SECUNDARIOS.

Estos combustibles sólidos, son el resultado de una fabricación especial en su obtención o como resultado residual de un proceso de extracción de otros elementos, pero ambos a partir de un combustible primario o natural.

Se les puede agrupar por su orden de importancia comercial:

Coque (Coke) en sus diversas variedades.

Carbón Vegetal.

Combustibles pulverizados.

Briquetas.

COQUE. (COKE)

El coque, es un producto obtenido a partir de combus

tibles primarios, los cuales son, las hullas o carbones de piedra con alto contenido de materia volatil, como los carbones bituminosos, subbituminosos y el lignito. Es el residuo obtenido por un proceso de la destilación de los carbones antes mencionados y en el cual se obtiene una serie de productos comerciales, a partir de la materia volatil que dichos carbones contienen. Este residuo es casi puro carbón con un bajo contenido de ceniza y con un poder calorífico de 11,500 a 13,500 Btu/lb, su contenido de humedad es nulo o casi nulo.

Este carbón, se obtiene a través de un proceso específicamente elaborado para su obtención, sin embargo hay otros carbonos del mismo tipo del coque, que se obtienen como residuo final de un proceso determinado, como los siguientes:

Coque de Gas.
Coque de petróleo.
Coque de alquitrán de hulla.

COQUE DE GAS. (GAS COKE)

Es un residuo remanente, que se obtiene en la manufactura del gas de hulla (coal gas), es un residuo ligero, que se desmenuza fácilmente, no se emplea en la producción de aceros, ni como combustible para hornos, su uso principal es para la fabricación del gas de agua.

COQUE DE PETROLEO. (PETROLEUM COKE) :

Este combustible, se obtiene en la operación de la - refinación del petróleo crudo, y es un residuo sólido denominado Coque (Coke), por su pureza, no se le emplea como-- combustible, sino en la elaboración de pilas secas (eléc-- tricas), en la manufactura de electrodos y como resisten-- cias en los hornos eléctricos.

COQUE DE ALQUITRAN DE HULLA.(Coal Tar Pitch) (PICH COKE)

Este carbón se obtiene como producto remanente, en - la destilación y refinación del alquitrán de hulla, es un- sólido a la temperatura y presión ambiente, pero a 300°F,- es líquido.Se emplea para generar vapor en pequeñas calderas. Se le emplea en forma pulverizada o en forma de lí--- quido, pero en esta última formase tiene que calentar para manejarse y en tiempo de frío para evitar su congelamiento. Por su bajo contenido de ceniza, es muy empleado, ya que - el gas producto de la combustión no acarrea sedimentos.

Análisis en peso:

Humedad 2.2%, materia volatil 48.2%, carbono fijo -- 48.9% ceniza 0.7% poder calorífico 16,200 Btu/lb.

Por su bajo contenido de ceniza también se le emplea para la fabricación de electrodos.

CARBON VEGETAL (CHARCOAL)

Material fabricado a partir de la madera, por desti-

lación de los productos volátiles, es un carbón ligero, - absorbe rápidamente humedad, del orden del 10 al 15%. Tiene un poder calorífico de 12 000 a 13 000 Btu/lb, este carbón además del uso como combustible tiene muchas aplicaciones.

Es muy poroso, resiste la acción del intemperismo, - tiene la facultad de absorber varias veces su volumen de - gases.

Análisis en peso.

Humedad 1%, materia volatil 24%, carbono fijo 72%, - ceniza 3%.

COMBUSTIBLES PULVERIZADOS.

En algunos quemadores de ciertas industrias, el ---- equipo está diseñado para quemar combustible, en forma pulverizada y para obtener un mayor rendimiento.

Para este combustible, se emplean combustibles con - poco contenido de materia volatil, como la antracita, la - semiantracita y la hulla semibituminosa, coque y en algu-- nos casos el carbón vegetal, teniendo un poder calorífico- como el ya indicado para cada uno de estos carbones.

BRIQUETAS. (BRIQUETTING).

Estos elementos sólidos, están formados por carbones finos provenientes del proceso de la destilación de la hulla, prensados para obtener pequeños elementos sólidos de-

forma conveniente, para su manejo y almacenamiento fácil, se introduce un elemento conglomerante, para unir los carbones, tal como el alquitrán de hulla o el petróleo asfáltico. Estos cuerpos así formados reciben el nombre de --- Briquetas y tienen un poder calorífico de aproximadamente 13,500 Btu/lb.

En algunos casos se emplea carbón vegetal para hacer estas briquetas y el elemento conglomerante es el almidón, con muy buenos resultados.

B) COMBUSTIBLES LIQUIDOS.

La mayor fuente de combustibles líquidos, que se emplean en la industria, es obtenida del petróleo crudo, que se encuentra en yacimientos bajo la superficie de la tierra.

El petróleo crudo, es una mezcla de muchos hidrocarburos, conteniendo como impurezas a compuestos de azufre y de nitrógeno, varían mucho en su composición, con respecto a su contenido de hidrocarburos parafínicos, nafténicos y aromáticos. Todos los aceites crudos, son mezclas de hidrocarburos de estos tres grupos, y en ningún caso se ha encontrado un aceite que solo contenga un solo grupo.

Los aceites crudos del tipo parafínico, están compuestos principalmente por hidrocarburos de esta esta serie, pero contienen algo de hidrocarburos alquilonafténicos en sus fracciones más pesadas, además contienen ceras parafínicas y cantidades apreciables de asfaltos.

En la refinación del petróleo crudo, se obtienen combustibles gaseosos, y combustibles líquidos como son la gasolina, kerosina, aceites combustibles ligeros y aceites combustibles pesados y residuos sólidos.

También del gas natural se obtienen en una cantidad de consideración, de combustibles líquidos, como son el propano y el butano, la gasolina natural y otros hidrocarburos parafínicos.

Otros combustibles líquidos que se emplean en la industria como combustibles, son el alquitrán de hulla, el alcohol metílico, el alcohol etílico y el benceno, pero no en la proporción en la que se emplean los combustibles líquidos obtenidos del petróleo o aceite crudo.

Casi todos los combustibles líquidos comerciales, son de origen orgánico, aunque para el caso especial del alcohol, se le puede obtener por sintésis, del CO y del H_2 en presencia de ciertos catalizadores, pero esta producción de este elemento no es comercial.

Los combustibles líquidos, se pueden clasificar de dos formas, dependiendo del uso al que se le va a dar, si es para quemarse en aparatos generadores de vapor de agua, hornos o en equipo de calentamiento en ciertas industrias y en aparatos o motores para crear fuerza motríz.

Estos combustibles se estudiarán de la siguiente forma: Derivados del petróleo y no derivados del petróleo.

DERIVADOS DEL PETROLEO.

Los combustibles líquidos derivados del petróleo crudo, obtenidos a través de las diferentes formas que hay en la industria de la refinación del petróleo crudo son:

Gasolinas naturales

Gasolinas

Kerosinas

Gasoleos (Dieseles)

Combustoleos

GASOLINAS NATURALES. (GASING HEAD GAS)

La gasolina natural, se obtiene al quitarle al gas natural que se obtiene de los yacimientos de gas, los condensados, es decir, el gas natural se hace pasar en un cierto aceite, el cual absorbe o por compresión y enfriamiento, -- propano, butano y la gasolina natural, si en esta última, - una serie de hidrocarburos saturados que a condiciones normales son líquidos, tales como pentano, hexano, heptano y - octano y sus isómeros.

El poder calorífico de esta gasolina es:

GASOLINA

La gasolina, es un producto obtenido en la refinación del petróleo crudo, con un poder calorífico de 20 000 Btu/lb. (18,800 a 20,500 Btu/lb) con peso específico de 0.70 a 0.79, se le adiciona tetraetilo de plomo para su uso en los auto - móviles, por lo cual no se emplea en aparatos generados de - vapor.

Analísis en peso.

Carbono fijo 83.5 a 85%, hidrógeno 15.0 a 15.8%, de nitróge no,. azufre y oxígeno de 0 a 1%.

KEROSINAS

La kerosina, es otro producto obtenido también en la- refinación del petróleo crudo, son hidrocarburos mas pesados

que el anterior, con un peso específico que varía de 0.78 a 0.84, con un poder calorífico de 19800 a 18600 Btu/lb, se - emplea este combustible, tanto para aparatos generadores como en motores de combustión interna como tractores y aviones de turbina.

Analísis en peso.

Carbono fijo 84%, hidrógeno 16%, azufre no debe exceder de 0.125%

GASOLEOS O ACEITES DIESEL

Este combustible líquido se obtiene del petróleo crudo, de un proceso de cracking catalítico, es un líquido más pesado que la kerosina, ya que su peso específico varía de- 0.82 a 0.90, con poder calorífico de 19200 a 18000 Btu/lb,- este combustible se emplea tanto para producir vapor como en motores de combustión interna diseñados para este combustible.

COMBUSTOLEOS O ACEITES COMBUSTIBLES.

Estos combustibles son aún mas pesados que el aceite-diesel, su empleo es únicamente en aparatos generadores de- vapor o en industrias que requieren este combustible en sus diversos procesos de calentamiento, su peso específico varía de 0.92 a 0.99, con un poder calorífico que está entre- 18300 a 17500 Btu/lb. Son una mezcla compleja de hidrocarburos, en algunos casos hay que precalentarlos para disminuír

su viscosidad y poderlos manejar fácilmente.

Analísis en peso.

Carbón fijo 83 a 87% e hidrógeno 11 a 13%.

NO DERIVADOS DEL PETROLEO

Entre los combustibles líquidos, que no se obtienen - de la refinación del petróleo crudo, se tienen:

Alquitrán de Hulla
Aceite de creosota
Benceno o Benzol
Alcohol metílico
Alcohol etílico.

ALQUITRAN DE HULLA. (COAL TAR)

El alquitrán de hulla, es un p_oducto obtenido en la- fabricación del coque y de gas de coque, es un líquido viscoso, formado en su mayor parte por hidrocarburos aromáti-- cos o cíclicos se emplea en los mismos usos que el aceite - combustible de petróleo, inclusive en los mismos quemadores, debe de ser precalentado para disminuir su viscosidad.

Su poder calorífico varía entre 15,000 a 16,500 Btu/lb

Analísis en peso.

Carbón fijo 89.9%, hidrógeno 6.0%, azufre 1.2%, oxígeno 1.8% Nitrógeno 0.4% y humedad 0.7%.

ACEITE DE CREOSOTA. (TAR-OIL).

Este combustible se obtiene de la destilación del alquitrán de hulla, en dicha destilación se obtiene este combustible líquido y un residuo sólido denominado coque de alquitrán de hulla, sus características físicas, son muy similares a las del anterior.

BENCENO O BENZOL

El benceno, es un hidrocarburo no saturado, que se obtiene en la destilación de la hulla, tiene un octonaje natural de 88, es un combustible líquido, que se puede emplear- en motores de combustión interna mezclado con gasolina, se- emplea también mezclado con alcohol metílico o con alcohol- etílico, para motores de combustión interna o en aparatos - generadores de vapor, dentro de ciertos límites económicos.

Tiene un poder calorífico de 18000 Btu/lb.

ALCOHOL METILICO

El alcohol metílico, es un producto líquido que se obtiene de la destilación seca de la madera, comunmente llamado alcohol de madera, tiene un poder calorífico de 9550 --- Btu/lb, se emplea como combustible junto con el benceno.

ALCOHOL ETILICO

El alcohol etílico, es un producto obtenido de la fermentación de ciertos azúcares, su empleo es bastante amplio se le emplea como combustible junto con el alcohol metílico y el benceno. Tiene un poder calorífico de 12780 Btu/lb.

C) COMBUSTIBLES GASEOSOS

Los combustibles gaseosos, son aquellos combustibles que a la presión y temperatura normal se les encuentra en-fase gaseosa.

En la naturaleza, solo al gas natural es el que se - le puede denominar combustible primario ó natural y en pequeñas cantidades al metano que se produce en los pantanos, de ahí en adelante, todos los demás combustibles gaseosos,- son secundarios o fabricados.

Los combustibles gaseosos secundarios se han determinado 106 tipos de ellos, dependiendo de su forma de obtenerlos. Para su estudio no se agruparán, sino que se mencionarán según su importancia.

GAS NATURAL.

El gas natural, se le define como aquella mezcla de - hidrocarburos gaseosos y de gases que no son hidrocarburos, que se encuentran en las formaciones porosas bajo la superficie de la tierra, y que en algunos casos se encuentra asociado al petróleo crudo.

El gas natural está constituído principalmente por metano, que es el hidrocarburo más ligero y elemental, por estar constituído por un carbono saturado con cuatro hidrógenos, y en algunos casos llega a contener, hasta una tercera parte en volumen de etano, que es el segundo hidrocarburo -

satura, es decir tiene dos carbonos saturados con hidróge - nos.

Este gas, al salir de los pozos de gas, contiene como- impurezas al propano, butanos y gasolinas naturales, esto a lo que se refiere a hidrocarburos, y con respecto a gases - que no son hidrocarburos, que contiene en cantidades relati vamente muy pequeñas son: Nitrógeno, bióxido de carbono, -- ácido sulfhídrico y Helio. En algunos casos también se ha - encontrado como impurezas Oxígeno y argón, aunque en muy pe queñas cantidades.

El poder calorífico del gas natural es de 900 a 1200- Btu/ft^3, y su gravedad específica con respecto al aire es - de 058 a 0.79, estos valores dependen de las cantidades del etano presentes y de los residuos remanentes de los otros - hidrocarburos.

El gas natural al salir de los pozos, pasa por un pro ceso en el que se le eliminan los condensados, refiriéndose esto a la gasolina natural, al butano y propano, estos con- densados, son extraídos del gas natural mediante dos proce- sos, uno es el de absorción en aceites y el otro es por com presión y enfriamiento.

Dada la alta presión que el gas natural tiene al ---- fluír de los pozos, este combustible puede transportarse a- grandes distancias a través de ductos, para ser aprovechado en los centros de consumo.

En algunos casos el gas natural es licuado a grandes presiones y a bajas temperaturas, almacenado en recipientes

especiales y transportado en barcos, hasta los centros de - aprovechamiento, como en Inglaterra.

En general el almacenamiento del gas natural en fase-líquida es costoso en algunos casos este combustible se almacena en minas abandonadas y perfectamente selladas o en - grandes depósitos de concreto, pero siempre en fase vapor.

El gas natural o mejor dicho metano y etano, se les-- obtiene al refinar el petróleo crudo, en cantidades relativamente pequeñas en comparación a las extraídas directamente de los pozos productores de gas.

Un análisis de un gas natural, en porciento de volu-- men es:

Metano (CH_4) 90%, etano (C_2H_5) 4.63%, propano (C_3H_8) 3.91%, Isobutano (Iso-C_4H_{10}), Butano normal (n-C_4H_{10}) 0.51, Bióxido de carbono (CO_2) 0.4, Pentano (C_5H_{12}) 0.08, aire trazas.

GASES LICUADOS DE PETROLEO. (GAS L.P.)

Los gases licuados de petróleo, están constituídos -- por propano, butano puros o sus mezclas, son hidrocarburos- que a las condiciones normales son gases, pero que se li--- cúan a presiones relativamente bajas y a la temperatura normal. Son gases que se les puede manejar fácilmente en estado líquido, pero en recipientes apropiados para ello.

Estos gases se les encuentra en el gas natural, formando junto con la gasolina natural, lo que se conoce como condensados del gas natural, solos separa de dicha gasolina fácilmente. También se les obtiene en los procesos de refinación del petróleo crudo.

El uso de estos combustibles es tanto en motores de combustión interna, ya que su octonaje es alto y natural, como en aparatos generadores de vapor y principalmente en usos domiciliarios, son también base de la industria de la petroquímica.

Son combustibles con un alto poder calorífico, para el propano es de 2520 Btu/ft^3 y para el butano de 3260 Btu/ft^3. Su gravedad específica con respecto al aire, es: para el propano 1.52 y para el butano 2.01.

GAS DE ALTOS HORNOS. (BLAST FURNACE GAS)

El gas de altos hornos, es un combustible obtenido en los procesos de fundición del acero, una tercera parte de este gas se aprovecha en las mismas fundiciones y las otras dos terceras partes se pueden emplear para otros propósitos, es un gas con un poder calorífico muy bajo, de 90 a 110 Btu/ft^3.

Para su uso en servicios domiciliarios en pequeñas poblaciones cercanas a las fundiciones, se le emplea, lavándolo previamente y precalentándolo, y en algunos casos se -

le carbura con gas natural o con propano y butano, para aumentar su poder calorífico.

Análisis en volumen.

Monóxido de carbono 23.4 a 32.8%, bióxido de carbono 15.6 a 8.7%, hidrógeno 1.6 a 1.8%, metano de 0.1 a 0.2% Nitrógeno 59.3 a 56.5%

GAS DE AGUA, GAS AZUL O GAS AZUL DE AGUA. Blue Gas.

Este combustible tiene la particularidad de que su -- flama es de color azul, es un combustible producido, al hacer pasar, vapor de agua sobre coque al rojo, hulla al rojo o sobre cualquier material carbonoso en estado de ignición- produciéndose monóxido de carbono, hidrógeno, bióxido de -- carbono y nitrógeno, este gas es la base para el gas de --- agua carburado, que se puede emplear para servicios públi-- cos.

Análisis en volumen.

Monóxido de carbono 34.4 a 46.6%, metano de 0.2 a 4.8% Bióxido de carbono 5.1 a 16.9%, hidrógeno de 34 a 50%- nitrógeno de 2.299%

El poder calorífico de este gas varía de 244 a 300 -- Btu/16

GAS DE AGUA CARBURADO. (CARBURATER WATER GAS)

Este gas está constituído esencialmente por gas de --

agua, carburado o enriquecido con otros gases, tales como, gas de aceite, gas natural, o con gases licuados de petróleo, su poder calorífico varía de 300 a 1200 Btu/16, depen diendo de la carburación efectuada, se emplea en servicios públicos.

GAS DE HULLA O GAS DE RETORTA (COAL GAS RETORT)

El gas de hulla, se obtiene por la destilación pirogénetica de la hulla o carbón de piedra, se caracteriza -- por su alto contenido de hidrógeno y metano, con algo de - monóxido de carboño, se obtiene sobre todo de los carbones o ollas con alto contenido de materia volatil. El poder calorífico de este gas varía de 460 a 600 Btu/ft^3, dependien do del proceso de obtención.

Análisis en volumen:

Monóxido de carbono 7.3 a 13.5%, metano de 29.2 a 29.2% Hidrógeno de 48.0 a 54.5%, bióxido de carbono de 1.7 a 3.0% Oxígeno de 0.2 a 0.8%, Nitrógeno de 4.4 a 11.3%, iluminan--- tes (C_2H_2) de 2.8 a 3.4%.

GAS DE HORNO DE COQUE. (COKE-OVEN GAS)

El gas de horno de coque, se obtiene en la destilación de la materia volatil de los carbones minerales o hullas -- que tienen menos materia volatil, como son los carbones minerales bituminosos y semibituminosos. Primeramente se ob-- tiene el coque, gas y el alquitrán y otros productos químicos.

Este gas tiene en promedio un poder calorífico de -- aproximadamente 500 Btu/ft^3, y está constituído de monóxido de carbono, metano, etano, hidrógeno e iluminantes. El- poder calorífico varía de 300 a 914 Btu/ft^3.

Análisis en volumen.

Monóxido de carbono 2.9 a 14.1%, metano 5.6 a 70.9% Hidrógeno 16.4 a 84%, bióxido de carbono 0.3 a 5.1% Oxígeno de 0.4 a 10%, nitrógeno 2.0 a 15.6% e iluminantes de 0 a 4.6%.

HIDROGENO

El hidrógeno, es un combustible, de uso limitado, se- le emplea como combustible en los cohetes interespaciales,- también en ciertas industrias, y para cortar y soldar metales. Tiene un poder calorífico de 275 a 325 Btu/ft^3, dependiendo de las impurezas que contenga.

El hidrógeno se obtiene por diversas formas, entre -- los principales se tienen: electrolisis del agua, craking - térmico del gas natural y de otros hidrocarburos, oxidación catalítica del monóxido de carbono, en el gas de agua, a -- bióxido de carbono con vapor de agua, destilación fracciona da del carbón mineral a baja temperatura.

Cuando el hidrógeno se obtiene por electrolisis del - agua se obtiene con una pureza de 99.8%, y cuando se le produce por descomposición de los hidrocarburos, se obtiene un

porciento de volumen: monóxido de carbono de 0 a 2%, metano de 0 a 2%, bióxido de carbono de 0 a 20%, nitrógeno de 0 a 1% e hidrógeno 80 a %

GAS DE ACEITE. (OIL GAS)

Los gases de aceites se producen por la descomposición térmica de los aceites, variando estos aceites, desde la nafta hasta los residuos aceitosos con alto contenido de carbono.

El proceso de obtención de este gas, es muy similar al proceso de obtención del gas de agua, se gasifica el aceite en una cámara a temperatura alta y se le introduce vapor de agua, la operación se efectúa en cámaras que tienen mámparas calientes. Esta operación se efectúa en un ciclo. Tienen alto contenido de hidrógeno, de iluminantes e hidrocarburos saturados.

El poder calorífico de los gases obtenidos varía, dependiendo del aceite empleado siendo los límites: 523 a 1096 Btu/ft^3.

Los elementos que contiene en porciento de volumen son:

Analísis en % de volumen.

Monóxido de carbono 1.5 a 9.5%, metano 24.7 a 42.7%, etano 0 a 4.4%, hidrógeno 11.5 a 60.1%, bióxido de carbono 0.8 a 6.0%, oxígeno 0.2 a 1.2%, nitrógeno 1.1 a 19.4% e iluminantes 4.8 a 29%

Su empleo es suplir al gas natural.

GAS POBRE. (PRODUCER GAS)

El gas pobre se obtiene, al hacer pasar corrientes - de aire húmedo o aire con vapor de agua, sobre lechos de co que o hulla al rojo, también se pueden emplear otros com--- bustibles sólidos en la fabricación de este gas, tales como el carbón vegetal, la leña, etc., variando en cada caso el- poder calorífico de estos combustibles gaseosos, entre los- siguientes límites 125 a 253 Btu/ft^3.

Los componentes de estos gases son: Analísis en por-- ciento de volumen: monóxido de carbono 22.0 a 45.3%, metano 0.5 a 3.1%, hidrógeno 5.0 a 41.0%, bióxido de carbono 1.0 a 16.5%, oxígeno de 0 a 0.3%, nitrógeno 0.9 a 60.0%.

GASES DE REFINERIA. (REFINERY OIL GAS o REFINERY GAS)

Los gases de refinería, son gases que se obtienen si- multáneamente con otros productos en los procesos de refina ción y varían en composición y en cantidad. A estos gases - se les extraen todos los elementos licuables y queda solo - un gas seco, dependiendo de los hidrocarburos que contenga, estos gases tienen un poder calorífico alto que varía de -- 1400 a 2000 Btu/ft^3. S_u uso es similar al del gas natural y se emplean los mismos equipos.

GASES REFORMADOS. (REFORMED GAS)

Son gases obtenidos de un proceso de cracking térmico,

en el gas natural, propano, butano o en los gases de refinería con agua, resultando gases combustibles con bajo poder calorífico, dependiendo de los elementos iniciales. Estos gases contienen hidrógeno, monóxido de carbono e hidrocarburos saturados y no saturados.

El poder calorífico varía entre los siguientes límites: 200 a 550 Btu/ft^3.

Análisis en porciento de volumen:

Monóxido de carbono 11.4 a 22.3%, metano 5.4 a 35.5% etano 0 a 0.2, hidrógeno 33.7 a 56.6%, bióxido de carbono 1.2 a 6.6, oxígeno 0.1 a 0.6%, nitrógeno 1.4 a 30.8% ilumi nantes 11.4 a 23.3%.

GAS DE ALCANTARILLA. (SEWAGE GAS.

Es un gas obtenido de la materia orgánica que se encuentra en las aguas de desecho de las ciudades, esta materia orgánica se introduce en aparatos denominados digestivos y se obtiene gas con poderes caloríficos de 600 a 700 - Btu/ft^3, consistiendo de dos terceras partes de metano y una tercera parte de bióxido de carbono.

En Argentina este método para obtener gases combustibles se ha desarrollado desde hace mucho tiempo, empleando la materia fecal producida por los animales en las haciendas ganaderas, en aparatos sencillos denominados gasógenos.

También se puede producir este gas, en los mismos apa

ratos, empleando materia vegetal en descomposición.

Análisis en porciento de volumen.

Metano 58.5 a 76.6, hidrógeno 0 a 3.7%, bióxido de carbono 14.7 a 33.5%, oxígeno 0 a 1.8%, nitrógeno 1.1 a 8.2% otros 0 a 20%.

ACETILENO.

El acetileno, es un gas que se obtiene de la mezcla- del carburo de calcio con el agua, es un combustible ga--- seoso que se emplea como iluminante o en sopletes para soldar o cortar metales, que requieren una flama de temperatura alta. Se le emplea en pequeñas lámparas para iluminación.

D) COMBUSTIBLES SUSTITUTOS Y PRODUCTORES FUTUROS DE ENERGIA.

a).- Combustibles sustitutos.

Con respecto a los combustibles sólidos, dada la carencia de combustibles líquidos y gaseosos por la que atraviesa no solo México sino el mundo en general, y ya que estos no acusan una marcada disminución en sus reservas, se prevee, que serán los combustibles que empezarán a explotarse para subsanar las deficiencias de los otros, hasta que otras fuentes de energía, que más adelante se hablará de ellas, sean las que sustituyan en un 90% a todos los combustibles.

Como muchas industrias, están diseñadas para el empleo de combustibles líquidos y gaseosos, en la actualidad, se está estudiando la forma de encontrar métodos para fabricar dichos combustibles, a partir de los combustibles sólidos, a través de procesos más económicos. En años anteriores esto no hubiera sido comercial, pero dado el precio actual de los hidrocarburos y la carencia de ellos, al tratar de producir combustibles líquidos y gaseosos a partir de los sólidos empieza a tener sentido.

México, un país en el que la industria en un 70% emplea combustibles líquidos o gaseosos, cuenta con grandes reservas de combustibles sólidos que no han sido explotados, y se puede decir que en todo el país hay grandes can-

tidades de combustibles sólidos de diversos tipos.

PRINCIPALES ZONAS CARBONIFERAS DE MEXICO

Cuenca de Fuente.

Esta zona tiene una longitud de 45 Km. y un ancho de 18 Km. comienza en Piedras Negras, al suroeste del río Bravo, hasta cercanías de Zaragoza, tiene aproximadamente un área de 8000 hectareas y se ha cubicado en aproximadamente 90 millones de toneladas de carbón mineral.

Cuenca del Río Sabinas.

Esta zona carbonífera se encuentra más al sur de la anterior y es la más importante de la República. Tiene una longitud de 54 Km por 23 de ancho, lo cual equivale aproximadamente a 90,000 hectáreas se ha cubicado con cerca de 1,350 millones de toneladas de carbón mineral, hay zonas con espesores de 40 m. de la capa de dicho carbón.

Cuenca de Esperanzas.

Se encuentra al sur de la cuenca de Sabinas, teniendo una longitud de 40 Km por 5 Km de ancho, con una superficie de 20,000 hectáreas, se ha cubicado en 180 millones de toneladas de carbón de piedra.

Cuenca de Saltillito.

Esta cuenca está poco explotada y se ha cubicado en 180 millones de toneladas.

Cuenca de Lampacitos.

Zona carbonífera de 25,000 hectáreas, con una cubicación de 260 millones de toneladas.

Cuenca de San Blas.

Se encuentra al sur de la sierra de Santa Rosa y al-norte de la Sierra de Tulillo, está menos explotada que -- las anteriores, con una superficie de 60,000 hectáreas.

Cuenca de San Patricio.

Esta zona se encuentra ubicada al sur de las anteriores y al noroeste de Lampazos, es la menos formada ya que-está constituída principalmente por lignitos. Los carbones de esta zona son mantos de la era cretácica, llamadas lutitas y areniscas del cretácico.

Otras Cuencas.

Existen otras zonas además de las mencionadas en muchos Estados de la República. En la zona norte, al sur de-Tamaulipas, se encuentra un manto carbonífero llamado Columbia, con 12 millones de toneladas.

En el Estado de Sonora, se encuentra en la cuenca -- del Yaqui uno de los mantos carboníferos más puros de la - República y se le conoce por la zona de los Bronces, con - una cubicación de 22 millones de toneladas.

En el Estado de Jalisco, se cuenta con muchas zonas carboníferas cerca de la costa, como en Atoyac y Concepción de Buenos Aires, constituídas por pizarras carbonosas, existiendo capas a poco más de dos metros de profundidad.

Al sur, entre Michoacán y Colima se encuentra el yacimiento carbonífero de Playa Azul, y otras zonas carboníferas muy importantes, es una de las zonas más ricas del país.

En Veracruz se tienen las zonas carboníferas de: Quiahuixcuautla y Tlacolula, esta última con lignitos de muy buena calidad, esta zona se encuentra cerca de Tecolutla.

En la zona sur del país, en los estados de Morelos y Oaxaca, se tienen los yacimientos carboníferos de: Tezoatlán, Ixtepec y Tlaxiaco.

En el Estado de Chiapas, se han encontrado yacimientos carboníferos de estados de Pennsylvaniense y Mississipico (carbonífero), entre la Sierra Madre del Sur y la Sierra Central de Chiapas.

En términos generales, se han encontrado en todo el país, yacimientos carbóniferos explotables, por lo que los recursos de este combustible son muy superiores a las necesidades interiores del país.

Otros Combustibles Sólidos.

Además de los yacimientos carboníferos, con que el --

país cuenta, se han encontrado yacimientos constituídos por esquistos aceitosos ó bituminosos, que tienen una naturaleza química diferente a la del petróleo y arenas alquitranosas. Estos combustibles sólidos, que originalmente no eran comercialmente explotables ya que el costo de ellos comparado con los costos de los hidrocarburos provenientes del petróleo, eran muy superiores a los de estos últimos.

Como el precio del petróleo crudo y del gas natural ha aumentado y sobre todo la escasez que de ellos se prevee, el procesar estos combustibles sólidos para obtener aceites combustibles y gas natural, empieza a ser económicamente posible.

Combustibles sólidos sustitutos.

Los combustibles sólidos, no tendrán que ser sustituídos por otros combustibles. Ya que las industrias que los emplean no presentan crisis en lo que a ellas respecta, muchas industrias que usan actualmente combustibles líquidos o gaseosos, tendrán que cambiar a dichos combustibles sólidos.

Combustibles líquidos sustitutos.

Como se ha visto a últimas fechas, que los combustibles líquidos y gaseosos tienden a su agotamiento, y ya que muchas industrias y todos los transportes, dependen de este tipo de combustibles, se ha estado estudiando para ob

tener estos combustibles a partir de combustibles sólidos- que hasta la fecha no se han explotado con este fin.

ESQUISTOS ACEITOSOS O ESQUISTOS BITUMINOSOS Y ARENAS ALQUITRANOSAS. (Oil Shale And Tar Sand).

Los esquistos aceitosos ó bituminosos y las arenas alquitranosas, son sustancias de orígen orgánico que se encuentran con relativa facilidad en la naturaleza, de composición química diferente a la del petróleo crudo, se les encuentra en estado sólido, pero por destilación, se pueden obtener líquidos denominados aceites de esquistos bituminosos y alquitranes sustancias que son combustibles.

En la Unión Americana y en Canadá, se han instalado plantas piloto para la obtención de los combustibles líquidos antes mencionados y por proceso de hidrogenación se han obtenido aceites y gas natural, que se prevee que podrán competir con los aceites del petróleo.

Estos aceites tienen un alto contenido de azufre, oxígeno y compuestos nitrogenados. Se han encontrado problemas del tipo minero, otro problema que se ha presentado es su bajo contenido de hidrógeno.

Combustibles gaseosos sustitutos.

Respecto a los combustibles en estado gaseoso, hay varios estudios y pruebas que se han realizado sobre combusti

bles sólidos, para obtener combustibles gaseosos y como antes se ha mencionado, hay bastantes reservas de los sólidos.

Gas pobre y gas de agua, producido en el subsuelo.

Se han efectuado pruebas en yacimientos carboníferos, que por su profundidad ya no son explotables económicamente, sobre masas en ignición de carbón mineral, se ha hecho pasar una corriente de aire, con o sin óxígeno y suplementada con vapor de agua, para producir gas pobre y gas de agua. - Estas pruebas se han efectuado en Rusia, Inglaterra y la -- Unión Americana, el país que mejores resultados a reportado ha sido Rusia.

Los gases producidos en esta forma han reportado poderes caloríficos entre 50 y 100 Btu/ft^3 y en algunos casos - hasta 250 Btu/ft^3.

El objetivo de estos estudios ha sido el de utilizar- yacimientos profundos y no explotables, también se han efectuado en minas de carbón, para obtener mejores resultados.- Por su bajo poder calorífico y el alto costo en el proceso, estos trabajos no han sido continuados.

Gases de Petróleo producidos en el subsuelo.

En la Unión Americana se ha estado estudiando, el --- aplicar una de las teorías de la formación del petróleo, -- por medios artificiales. En yacimientos profundos de es---

quistos aceitosos ó bituminosos, introducir una bomba nu--- clear y hacerla explotar, con lo cual se desmenuzaría esta- formación de esquistos, aumentaría la presión y la tempera- tura y la falta de oxígeno, daría origen a que toda la mate- ria orgánica quedara en libertad, y se presentarán proce--- sos de metanización, hidrogenación, craking y otras muchas. Se prevee que se formarían aceites de petróleo, gases de -- petróleo y otras funciones similares a las del petróleo, -- que se podrán extraer por los métodos usuales a los de la - explotación del petróleo crudo.

Gas Entubado de alto poder calorífico.(Pipeline Higw-Btu Gas)

A partir de combustibles sólidos, como el carbón de - piedra ó hulla, de la antracita, coque, del lignito y de -- los esquistos aceitosos o bituminosos, se están experimen-- tando en plantas piloto en la Unión Americana, procesos ta- les como la gasificación por síntesis del gas, metanización catalítica, la hidrogenación y la combinación de estos dos- últimos procesos, que se aplican a dichos combustibles só-- lidos, para obtener gases de alto poder calorífico que po-- drán sustituir comercialmente al gas natural.

Se han efectuado cálculos para determinar los costos- y como ejemplo se tiene que saldrá más barato producir ener- gía eléctrica empleando este combustible gaseoso, que por - el empleo del carbón mineral en el mismo caso.

El poder calorífico de los gases obtenidos por estos-

procedimientos es de 650 a 1124 Btu/lb, pero las últimas --- pruebas con la selección del material más apropiado han sido muy satisfactorias.

Análisis en porciento de volumen.

Monóxido de carbono 0.8 a 23%, metano 28.0 a 92.6%, - etano 0 a 28.0%, propano 0 a 4.0%, hidrógeno 0.4 a -- 23.0%, bióxido de carbono 0 a 1.5%, Oxígeno 0 a 0.8%, iluminantes 0 a 7.3%, nitrógeno de 2 a 9%.

Productores futuros de energía.

En la naturaleza se encuentran otras fuentes de energía aprovechable, muy diferente en su forma de transformarla para su empleo, pero que suplirán a la energía dada por los combustibles.

Energía Geotermica.

En México y en otros países, se ha empezado a aprovechar el vapor de agua sobrecalentado que se genera en ciertas formaciones rocosas en el interior de la tierra. Dicho vapor se emplea en las plantas termo-eléctricas para obtener energía eléctrica, el vapor de agua que de esta planta salen, después de haberse empleado en las turbinas, pasan- a enfriarse en depósitos del tipo cambiador de calor, que- contienen aguas saladas, evaporando agua para concentrar--

la sal, esta agua evaporada, junto con el agua condensada- proveniente de las turbinas, pasa a depósitos para ser suministrada en usos Municipales de ciertas poblaciones. Y - de las aguas saladas concentradas se obtiene una buena cantidad de sal, para obtener de ella diversos productos comerciales.

Calor solar.

Primeramente, debemos tener idea, de la energía térmica que la tierra intercepta del sol, durante una revolución sobre su eje, es decir en 24 hrs, se ha calculado que es aproximadamente de 1.73×10^{18} watts. Capacidad que es - 100,000 veces mayor que la energía eléctrica producida por los aparatos instalados para tal fin en todo el planeta. - Con 15 minutos de exposición de la tierra frente al sol, - la energía térmica que se recibe, equivale a toda la energía consumida por toda la población mundial en un año.

Con estos datos, se puede observar, la cantidad de - energía que se puede aprovechar del sol. Energía que se -- aprovecha en la actualidad en una mínima e insignificante- cantidad, ya que algunos edificios cuentan con calentadores de agua aprovechando esta energía, para abastecer sus necesidades.

En principio, hay varias formas de convertir esta -- energía solar, en energía eléctrica, diferente al proceso- de foto síntesis, que han dado origen a todos los combusti

bles fósiles, con que actualmente se cuenta. Las formas como se ha estimado aprovechar dicha energía son, la primera la concentración del calor y la segunda la conversión directa en energía eléctrica.

Concentración del calor.

El calor solar, deberá ser colectado mediante diversos aparatos, que pueden ser substancias que absorben rápidamente el calor y que la irradien lentamente o mediante espejos parabólicos. La energía térmica de esta manera concentrada, se empleará para calentar agua y producir vapor sobrecalentado, que se empleará en mover turbinas para generar fuerza eléctrica, o como en ciertos lugares de Europa, que se emplea este calor colectado para fundiciones de acero en una forma directa.

Conversión directa.

Hay ciertos materiales, que son los semi-conductores, como los silicones, que absorben fotones de la luz y generan pequeños potenciales eléctricos, potenciales que se almacenarán en acumuladores. Aparatos de este tipo se encuentran en muchos artefactos espaciales, que tienen celdas solares que producen la corriente eléctrica necesaria para que los aparatos instalados trabajen.

La ventaja de este segundo procedimiento, es la de que no se pasa por la etapa intermedia para generar corriente eléctrica, es decir la luz solar convertida en electrici

dad sin tener que generarse calor.

Problemas para aprovechar el calor solar.

Los problemas que se han planteado para aprovechar el calor solar son dos principalmente: el primero es que la -- energía solar es difusa y segundo que es intermitente.

La energía solar es difusa.

La energía solar es difusa y es necesario concentrarla, en días nublados esta energía disminuye relativamente - en ciertas localidades. Para las diversas formas de su ---- aprovechamiento se tendrán que aumentar las áreas de captación de dicha energía y para evitar los lugares que se pueden nublar, se ha previsto instalar estas plantas, en zonas desérticas, donde la atmósfera es transparente en un 99% en los 365 días del año.

La energía solar es intermitente.

Se dice que la energía solar es intermitente, por -- que la tierra recibe luz solar en un solo lado del globo - terraqueo. Una de las soluciones a este problema, es almacenar energía térmica ó eléctrica durante el día y emplear la en parte el el día y parte enla noche. Proyectos más -- avanzados, han previsto captar la energía del sol durante- la noche, en satélites sincronizados con respecto a la --- tierra, que captarán dicha energía y la convertirán en apa

ratos especiales en micro-ondas que serán transmitidas hacia la tierra, en los periodos que determinadas localidades no reciben la luz solar, en antenas especiales serán recibidas estas microondas y vueltas a transformar en energía eléctrica.

Antecedentes Históricos.

Del aprovechamiento de la energía solar, por medios mecánicos, ya se tienen antecedentes de ello, con el uso de los espejos parabólicos ó espejos ustarios, en tiempo de Arquímedes, que fueron empleados para concentrar los rayos solares y quemar las naves que sitiaron a la ciudad de Siracusa, invento atribuído a este sabio.

Calor Nuclear.

El calor nuclear, es una fuente nueva, para obtener energía térmica, con la cual se puede generar vapor de agua y este emplearlo para mover turbinas y producir fuerza eléctrica.

El calor nuclear se puede obtener por dos procesos -- que son: la fisión y la fusión.

Energía del viento.

Otra fuente de energía, que se está estudiando y que en la actualidad se emplea, como en la India, Rusia, Alemania y en la Unión Americana, es la generación de electricidad, producida en generadores movidos por la fuerza del -- viento.

Se están estudiando las trayectorias de las corrientes de aire, su intensidad, el tiempo que actúan, etc., -- además en el diseño de los generadores se está estudiando- también el peso del equipo generador, las alturas conve--- nientes sobre el nivel del piso, en fin una serie de factores que son de consideración.

Otras fuentes de energía.

Otras fuentes para producir energía, son las corrientes térmicas en el Golfo de México, la variación del nivel del mar, es decir las mareas, el desnivel que hay entre el Oceano Pacífico y el Oceano Atlántico, y otros más.

Electricidad.

Como se habrá observado, todas las fuentes futuras - de energía, se aprovecharán, para obtener energía eléctrica, para sustituír a los combustibles orgánicos, por lo -- que se preveen grandes cambios, tanto en la industria como en la vida diaria del hombre.

Futuro de los combustibles.

Para tener idea del futuro de los combustibles fósiles o combustibles de origen orgánico, se debe conocer en que proporción se les encuentra en la naturaleza, el cual es: 90% son carbones minerales, 4% es petróleo crudo, 3% gas natural y 3% de otros.

Por los datos anteriores, se puede observar que el combustible alrededor del cual la vida diaria se verá girar, será el carbón de piedra o mineral, del cual se tendrán que obtener combustibles líquidos y gaseosos que son indispensables en la rutina diaria de los pueblos que integran nuestra civilización actual.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS COMBUSTIBLES

Combustibles Sólidos.

Las ventajas del empleo de los combustibles sólidos, se puede decir que son: un alto poder calorífico,- en precio bajo, y sobre todo un futuro seguro en lo que se refiere a sus reservas.

Las desventajas que los combustibles sólidos presentan son: un área de almacenamiento grande y cubierta, para preservarlos de los efectos del intemperismo, algunos presentan el peligro de una inflamabilidad espontánea, hay que preparar algunos carbones minerales, para- eliminarles el contenido de humedad y materia volatil,- antes de emplearlos como combustibles, proporcionarles- una granulometría apropiada, la manipulación de este material se tiene que efectuar con maquinaria especial,-- como son las bandas transportadoras, los costos de acarreo del combustible, desde los sitios de su obtención- a los lugares de consumo y de almacenamientos son altos.

Combustibles Líquidos.

Los combustibles líquidos tienen la ventaja, de - tener un alto poder calorífico, con lo cual su almacenamiento es relativamente económico, los recipientes en - los cuales se le puede almacenar no son costosos, la ma

nipulación de este tipo de combustible es poco complicada, los aparatos para ser quemado son simples y de fácil operación, la longitud de la flama es fácilmente detectable, no requiere de muchos dispositivos de seguridad y es un combustible que contiene poca ceniza.

Entre las desventajas que se tienen en el uso de este combustible, se pueden mencionar las siguientes: - muchos combustibles deben ser precalentados para disminuír su viscosidad y puedan ser transportados desde su almacenamiento a los aparatos de aprovechamiento, en muchos quemadores hay que inyectarlo a presión para formar nubes de combustible, su almacenamiento en muchos - casos requiere de equipo auxiliar contra incendio, dependiendo de su volatilidad e inflamabilidad hay que -- filtrarlos, el mantenimiento del equipo es costoso y el contenido de azufre es otro problema. Como la fuente de obtención de estos combustibles es el petróleo crudo, y este presenta una tendencia a su agotamiento, se ve que tiene que escasearse.

Combustibles Gaseosos.

Con el empleo de combustibles gaseosos, se obtienen las siguientes ventajas: es el combustible más limpio, no produce neniza, no contiene humedad, el gas natural no requiere de equipo para su almacenamiento ya - que este es suministrado mediante tomas a los ductos ge

nerales, los gases licuados de petróleo, se pueden almacenar a grandes volúmenes en fase líquida en recipientes especiales, su presión es usada para transportar fácilmente a este combustible.

Estos combustibles presentan las siguientes desventajas: para la utilización en los quemadores se requiere de equipo de regulación, equipo de control, dispositivos de seguridad, todos estos equipos son de un costo alto,- el gas natural por sus características no puede ser almacenado y está sujeto a ser recibido del ducto general, - los recipientes para almacenar gas L.P., son especiales- y requieren de protección y vigilancia. Otra desventaja- es la escasez que se prevee, sobre todo para el gas L.P., no así para el gas natural, que del cual ya se tienen estudios para obtenerlo por medios diferentes a los actuales.

TABLA DE PODERES CALORIFICOS DE DIVERSOS COMBUSTIBLES

C O M B U S T I B L E	Btu/lb de combustible		Btu/ft^3 de combustible	
	P.C. Bajo	P.C. Alto	P.C. Bajo	P.C. Alto
Carbono (para CO_2)		14150		
Carbono (para CO)		3960		
Hidrógeno	51500	61000	276	326
Azufre (para SO_2)		3900		
Antracita	9620	12800		
Carbón Bituminoso.	14000	14500		
Carbón Subbituminoso.	12600	13000		
Coque		11600		
Lignito		6000		
Madera (Seca)	5800	7200		
Alcohol Metílico (CH_4O)	8400	9600		
Alcohol Etílico Comercial(C_2H_6O)	10500	11600		
Gasolina	18000	20500		
Kerosina	18600	19900		
Gasoleos (Diéseles)	18000	19200		
Octano (C_8H_{18})	19080	20550		
Monóxido de Carbono.	4360		321	
Gas de Alto Horno	1240	1265	90	110
Gas Pobre	1880	2000	128	136
Gas Natural.	21025	23490	932	1040
Metano.	21580	23650	895	1000
Etano.	20110	22100	1590	1745
Propano.	19690	21500	2290	2500
Acetileno.	20835	21660	1430	1480

2o.- CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DEL GAS L.P. Y DEL GAS NATURAL.

A).- DEFINICION Y FORMULA

GAS NATURAL.

El gas natural, se define como la mezcla natural de gases de hidrocarburos y no hidrocarburos, que se encuentran en las formaciones porosas bajo la superficie terrestre y que frecuentemente se encuentra asociado con el petróleo crudo.

El gas natural comercial se le define como el gas - que está constituído por metano de 80 a 95% y que contiene pequeñas cantidades de otros gases de hidrocarburos más pesados que el metano y de no hidrocarburos.

Se encuentran gases naturales de alto poder calorífico en los cuales dos terceras partes son de metano y una - tercera parte lo constituye el etano y propano.

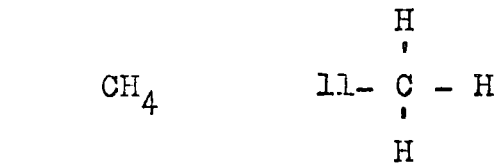
Los gases naturales se pueden clasificar en tres grupos:

GRUPO		% de Metano	% de N_2	Densidad específica.
I	Con alto contenido de inertes.	71.9 a 83.2	6.30-16.20	0.660 a 0.768
II	Con alto contenido de metano.	87.1 a 95.7	0.10- 2.39	0.590 a 0.614
III	Con alto poder - calorífico.	85.0 a 90.1	1.20- 7.50	0.62 a 0.719

Poder calorífico		Btu/ft^3
958	a 1051	
1008	a 1071	
1071	a 1134	

En general, no se puede hablar de una fórmula química para el gas natural, sino de una fórmula química para el metano, que es su principal constituyente, siendo este el hidrocarburo saturado más simple.

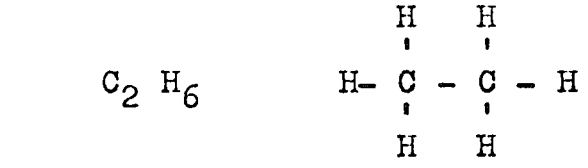
CH_4



Se trata de una molécula de forma de tetraedro regular y cada hidrógeno está colocado en un vértice.

También se puede expresar la fórmula del etano que es el segundo hidrocarburo saturado, que en algunos gases naturales se le encuentra en una proporción considerable.

$C_2 H_6$



GASES LICUADOS DE PETROLEO. (LP-GAS

El término de gases licuados de petróleo, se define como aquellos hidrocarburos que pueden ser licuados a presiones y temperaturas relativamente bajas, pero que son gaseosos bajo condiciones normales de temperatura y presión.

Los gases licuados de petróleo son hidrocarburos que están constituídos principalmente de propano, propile

no, butano, butileno e isobutano o mezclas en cualquier relación de ellos.

La fuente principal de la obtención de los gases licuados de petróleo es el gas natural, ya que el 75% de --- ellos se obtienen de dicho gas crudo, consistiendo de propano y butano puros.

El 25% del gas L.P., se produce en las refinerías, y contienen un porcentaje de olefinas (hidrocarburos no saturados), que en los tratamientos o procesos más modernos se ha logrado eliminar del gas L.P., ya que estos elementos - son de un valor comercial más alto que el del propano y -- butano.

El contenido del propileno en el propano comercial,- varía del 5 al 10% y el del butileno en el butano comer--- cial es del orden del 5%.

ANALISIS DEL PROPANO Y DEL BUTANO, OBTENIDOS DEL GAS NATURAL Y EN LA REFINERIA.

PROPANO DEL GAS NATURAL.

Propano (C_3H_8) 97.0%, etano (C_2H_6) 1.1%, butano ---- (C_4H_{10}) 1.9%, densidad relativa 1.56, poder calorífico ---- 2397.3 a 2593 Btu/ft^3.

PROPANO DE LA REFINERIA.

Propano (C_3H_8) 89.7%, etano (C_2H_6) 2.0%, butano ---- (C_4H_{10}) 0.8%,(iluminante) propileno (C_3H_6) 7,5%, densidad- relativa 1.55, poder calorífico 2362 a 2557 Btu/ft^3.

BUTANO DEL GAS NATURAL

Butano (C_4H_{10}) 99.4%, pentano (C_5H_{12}) 0.6%, densidad específica 2.07 poder calorífico 3102 a 3371 Btu/ft^3.

BUTANO DE LA REFINERIA

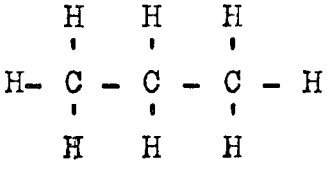
Butano (C_4H_{10}) 90.0%, propano (C_3H_8) 5.0%, butileno-(iluminante (C_4H_8) 5.0%, densidad relativa 2.03, poder calorífico 3068 a 3310 Btu/ft^3.

FORMULAS QUIMICAS.

PROPANO.

La fórmula química del propano es C_3H_8, se trata de un hidrocarburo saturado, constituído por tres carbonos y saturado con ocho átomos de hidrógeno.

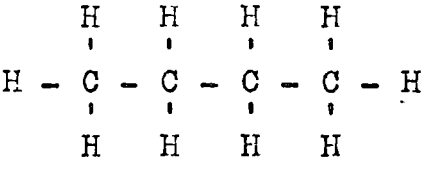
C_3H_8



BUTANO.

El butano es el cuarto hidrocarburo saturado, es decir tiene cuatro carbonos saturados con diez átomos de hidrógeno, por lo tanto su fórmula química será:

C_4H_{10}



COMBINED TABLES I AND 2—PHYSICAL CONSTANTS OF HYDROCARBONS

COMPOUNDS FOUND IN LP-GAS

(Continued)

NAME	METHANE	ETHENE	ETHANE	PROPENE	PROPANE	ISO-BUTANE	BUTENE-1	ISO-BUTENE	N-BUTANE	ISO-PENTANE	PENTENE-1	N-PENTANE	AIR	WATER
FORMULA	CH_4	C_2H_4	C_2H_6	C_3H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_4H_8	C_4H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12}	C_5H_{10}	C_5H_{12}		H_2O
Heat Required to Vaporize Liquid at the Boiling Point and Atmospheric Pressure														
Btu Per Pound	245	208	211	189	183	158	174	167	166	146	148	153	92	970.3
Btu Per Gallon	712	686	696	822	774	741	872	836	797	759	797	803	656.5	8089.4
Ratio of Liquid Volume @ 60° F. to Gas Volume @ Atmospheric Pressure and 60° F.	443	333.7	294.3	283.5	272.7	229.3	252.9	254.0	237.8	205.0	218.3	207		
Freezing Point of Liquid at Atmospheric Pressure														
°F.	−296.5	−272.6	−297.8	−301.4	−305.9	−255.3	−301.6	−220 6	−216.9	−257.1	−265.5	−201.5		32
°C.	−182.5	−169.2	−183.2	−185.2	−187.7	−159.4	−185.3	−140.3	−138.3	−160 6	−165.3	−129.7		0
Molecular Weight	16.042	28.052	30.068	42.079	44.094	58.12	56.105	56.105	58.12	72.146	70.131	72.146	28.966	18 016
Gallons Per Pound Mol at 60° F.	6.4	8.5	9.64	9.7	10.41	12.38	11.2	11.2	11.94	13.84	13.0	13.71	4.06	2.16
Specific Heat at Atmospheric Pressure @ 60° F.														
Cp Liquid—Btu Per Pound Per °F.							0.54	0.555	.55@ 32F.	0.533		0.536		1.000
Cp Vapor—" " " " "	0.5271	0.362	0.410	0.352	0.389	0.387	0.347		0.397	0.388		0.397	0.171	0.455
Cv Vapor—" " " " "	0.402	0.288	0.343	0.298	0.342	0.352	0.303		0.363	0.361		0.370		0.333
Cp Vapor—" " " " "	1.308	1.258	1.193	1.180	1.133	1.097	1.145		1.094	1.076		1.074	1.410	1.335
Cv														
Critical Conditions														
Temperature °F.	−116.5	49.8	90.1	196.5	206.2	273.2	297	292.5	305.6	370.0	394	387 0	−221.3	705
°C.	−82.5	9.9	32.3	91.4	96.8	134.0	147.2	144.7	152 0	187.6	201	197.2	−140.7	374.1
Pressure—Pounds Per Square Inch Absolute	673	742	708	667	617	529	588	580	551.0	483	594	490	547	3206
Pressure—Atmospheres	45.8	50.5	48.2	45.4	42.0	36.0	40.0	39.5	37.5	32 9	40.4	33.3	37.2	218 2
Density—Pounds Per Gallon	1.351		1.695		1.898	1.946			1.891	1.955		1.935		
Volume Cubic Feet Per Pound Mol	1.586		2.371		3.123	3.990			4.130	4.930		4 98		

COMBINED TABLES 1 AND 2—PHYSICAL CONSTANTS OF HYDROCARBONS

COMPOUNDS FOUND IN LP-GAS

NAME	METHANE	ETHENE	ETHANE	PROPENE	PROPANE	ISO-BUTANE	BUTENE-1	ISO-BUTENE	N-BUTANE	ISO-PENTANE	PENTENE-1	N-PENTANE	AIR	WATER
FORMULA	CH_4	C_2H_4	C_2H_6	C_3H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_4H_8	C_4H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12}	C_5H_{10}	C_5H_{12}		H_2O
Vapor Pressure at 100° F.														
Lbs. per sq. in. gauge	..	.		212.5	175.8	57.5	47.6	48.9	36.9	5.7		.9		
" " " " absolute	..	...	780	227.2	190.0	72.2	62.3	63.6	51.6	20.4	19.4	15.6		.949
Normal State at Atmospheric Pressure and 60° F. . . .	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Liquid	Liquid	Liquid	Gas	Liquid
Boiling Point of Liquid At Atmospheric Pressure														
°F.	−258.7	−154.7	−127.5	− 53.9	− 43.7	10.9	20.7	19.6	31.1	82.1	85.9	96.9	−317.7	212
°C.	−161.5	−103.7	− 88 6	− 47.7	− 42.1	− 11.7	− 6.3	−6.9	−0.5	27.9	30.0	36.1	−194.3	100
Weight of Liquid @ 60° F.														
Pounds Per Gallon . . .	2.5	3.3	3.11	4.35	4.23	4.69	5.011	5.004	4.86	5.20	5.387	5.25	7.136	8.323
Specific Gravity . .	.3	.	.374	.5218	.508	.563	.6011	.6002	.584	.625	.6461	.631	.856	1.000
API Gravity ..	340.0	.	247	139.7	147.2	119.8	103.9	104.3	110.6	95.0	87.5	92.7	165.3	10.0
Cubic Feet of Vapor at Atmospheric Pressure and 60° F. Formed from														
1 Gallon of Liquid @ 60° F. .	59 0	44.6	39.25	37.9	36.35	30.59	33.81	33.94	31.75	27.40	29.18	27.68		
1 Pound of Liquid .	23.6	13.51	12.65	8.71	8.62	6.53	6.75	6.78	6.54	5.27	5.42	5.27		
Weight of Vapor at Atmospheric Pressure and 60° F.														
Pounds Per Hundred Cubic Feet	4.227	7.393	7.923	11.09	11.62	15.31	14.79	14.79	15.31	19.01	..	19.01	7.64	
Specific Gravity (Air = 1)	.554	.9684	1.038	1.4527	1.522	2.006	1.9370	1.9370	2.006	2.491		2.491	1.000	
Gross Heat of Combustion														
Btu Per Pound .	23,891	21,650	22,329	21,060	21,670	21,265	20,860	20,740	21,315	21,016	20 720	21,094		
Btu Per Cubic Foot @ 60° F.	1,012	1,601	1,783	2,335	2,558	3,354	3,084	3,066	3,368	4,003	3,829	4,015		
Btu Per Gallon @ 60° F.	..	70,910	69,433	87,740	91,044	99,097	103,480	104,060	103,017	103,820	110,850	110,125		
Cubic Feet of Air to Burn 1 Cubic Foot of Gas At Atmospheric Pressure and 60° F.	9.53	14.29	16.67	21.44	23.82	30.97	28.58	28.58	30.97	38.11	35.73	38.11		
Pounds of Air to Burn 1 Pound of Gas	17.24	14.76	16.13	14.76	15.71	15.49	14.76	14.76	15.19	15.35	14.76	15.35		
Flammability Limits														
Lower % in Air	5 0	3.22	3 0- 3.3	2.0	2.37	1.80			1.86	1.32	1.60	1.40		
Upper % in Air .	15 0	12 45	10.6-15 0	11.0	9.50	8.41	.		8.41	..		7.80		

TABLE 3. THERMODYNAMIC PROPERTIES OF SATURATED PROPANE

Enthalpies and Entropies are referred to saturated liquid at −200° F. where the values are zero. Refer to Fig. 1 for Enthalpies and Entropies of super heated propane vapor.

Temp. Deg. F. t	Pressure† Lb. per Sq. In. Absolute p	Pressure† Lb. per Sq. In. Gauge $(-p)$	Specific Volume† Cu. Ft. per Lb. Liquid v	Specific Volume† Cu. Ft. per Lb. Vapor V	Density† Lb. per Cu. Ft. Liquid $1/v$	Density† Lb. per Cu. Ft. Vapor $1/V$	Enthalpy** Btu per Lb. Liquid hf	Enthalpy** Btu per Lb. Vapor hg	Latent** Heat Btu per Lb. L	Entropy** Btu per Lb. Deg. F. Liquid f	Entropy** Btu per Lb. Deg. F. Vapor g	Temp. Deg. F. t
−75	6.37	*17.0	0.02660	14.5	37.59	0.0690	65.5	255.5	190.0	0.142	0.624	−75
−70	7.37	*14.9	0.02674	12.9	37.40	0.0775	68.0	257.0	189.0	0.148	0.623	−70
−65	8.48	*12.7	0.02688	11.3	37.20	0.0885	71.5	258.0	186.5	0.154	0.621	−65
−60	9.72	*10.1	0.02703	9.93	37.00	0.111	74.0	259.5	185.5	0.160	0.620	−60
−55	11.1	* 7.3	0.02717	8.70	36.80	0.115	77.0	261.0	184.0	0.167	0.618	−55
−50	12.6	* 4.3	0.02732	7.74	36.60	0.129	79.5	262.7	183.2	0.173	0.617	−50
−45	14.4	* 0.6	0.02746	6.89	36.39	0.145	82.3	264.2	181.9	0.179	0.615	−45
−40	16.2	1.5	0.02763	6.13	36.19	0.163	85.0	265.8	180.8	0.185	0.614	−40
−35	18.1	3.4	0.02779	5.51	35.99	0.181	87.5	267.2	179.7	0.190	0.613	−35
−30	20.3	5.6	0.02795	4.93	35.78	0.203	90.2	268.9	178.7	0.196	0.612	−30
−25	22.7	8.0	0.02811	4.46	35.58	0.224	92.8	270.3	177.5	0.202	0.610	−25
−20	25.4	10.7	0.02827	4.00	35.37	0.250	95.6	271.8	176.2	0.208	0.608	−20
−15	28.3	13.6	0.02844	3.60	35.16	0.278	98.3	273.2	174.9	0.214	0.607	−15
−10	31.4	16.7	0.02860	3.26	34.96	0.307	101.0	274.9	173.9	0.220	0.607	−10
− 5	34.7	20.0	0.02878	2.97	34.75	0.337	103.8	276.2	172.4	0.226	0.606	− 5
0	38.2	23.5	0.02895	2.71	34.54	0.369	106.2	277.7	171.5	0.231	0.605	0
+ 5	41.9	27.2	0.02913	2.48	34.33	0.403	108.8	279.0	170.2	0.236	0.604	+ 5
10	46.0	31.3	0.02931	2.27	34.12	0.441	111.3	280.5	169.2	0.241	0.603	10
15	50.6	35.9	0.02950	2.07	33.90	0.483	114.0	281.8	167.8	0.246	0.602	15
20	55.5	40.8	0.02970	1.90	33.67	0.526	116.8	283.1	166.3	0.254	0.601	20
25	60.9	46.2	0.02991	1.74	33.43	0.575	119.7	284.4	164.7	0.260	0.600	25
30	66.3	51.6	0.03012	1.60	33.20	0.625	122.3	285.7	163.4	0.266	0.599	30
35	72.0	57.3	0.03033	1.48	32.97	0.676	125.0	287.0	162.0	0.272	0.598	35
40	78.0	63.3	0.03055	1.37	32.73	0.730	128.0	288.3	160.3	0.278	0.597	40
45	84.6	69.9	0.03078	1.27	32.49	0.787	131.1	289.5	158.4	0.285	0.596	45
50	91.6	77.1	0.03102	1.18	32.24	0.847	134.2	290.7	156.5	0.292	0.595	50
55	99.3	84.6	0.03125	1.10	32.00	0.909	137.2	292.0	154.8	0.299	0.593	55
60	107.1	92.4	0.03150	1.01	31.75	0.990	140.6	293.2	152.6	0.306	0.595	60
65	115.4	100.7	0.03174	0.945	31.50	1.06	143.8	294.5	150.7	0.313	0.594	65
70	124.0	109.3	0.03201	0.883	31.24	1.13	147.5	295.8	148.3	0.321	0.594	70
75	133.2	118.5	0.03229	0.825	30.97	1.21	150.3	296.9	146.6	0.327	0.591	75
80	142.8	128.1	0.03257	0.770	30.70	1.30	154.0	298.1	144.1	0.335	0.592	80
85	153.1	138.4	0.03287	0.722	30.42	1.39	157.0	299.2	142.2	0.342	0.592	85
90	164.0	149.0	0.03317	0.673	30.15	1.49	160.3	300.3	140.0	0.349	0.593	90
95	175.0	160.0	0.03348	0.632	29.87	1.58	163.4	301.3	137.9	0.356	0.592	95
100	187.0	172.0	0.03381	0.591	29.58	1.69	166.8	302.4	135.6	0.363	0.592	100
105	200.0	185.0	0.03416	0.553	29.27	1.81	169.8	303.2	133.4	0.370	0.592	105
110	212.0	197.0	0.03453	0.520	28.96	1.92	172.8	304.0	131.2	0.376	0.591	110
115	226.0	211.0	0.03493	0.488	28.63	2.05	176.2	304.7	128.5	0.383	0.590	115
120	240.0	225.0	0.03534	0.459	28.30	2.18	179.8	305.2	125.4	0.391	0.589	120
125	256.0	239.0	0.03575	0.432	27.97	2.31	183.5	305.8	122.3	0.399	0.588	125
130	272.0	257.3	0.03618	0.406	27.64	2.48	186.8	306.1	119.3	0.406	0.587	130
135	288.0	273.3	0.03662	0.382	27.32	2.62	190.0	306.3	116.3	0.413	0.586	135
140	305.0	290.3	0.03707	0.360	27.00	2.78	194.0	306.5	112.5	0.422	0.585	140

† Based on material from Dana, Jenkins, Burdick and Timm, published originally in REFRIGERATING ENGINEERING, June, 1926, Vol. 12, No. 12, Page 403.

* Inches of mercury below one standard atmosphere (29.92 in.).

** From Mollier Diagrams for Propane, W. C. Edmister, Standard Oil Co. (Indiana).

TABLE 4. THERMODYNAMIC PROPERTIES OF NORMAL SATURATED BUTANE

Enthalpies and Entropies are referred to saturated liquid at −200° F. where the values are zero. Refer to Fig. 2 for Enthalpies and Entropies of superheated butane vapor.

Temp. Deg. F. *t*	Pressure† Lb. per Sq. In. Absolute *p*	Pressure† Lb. per Sq. In. Gauge *g p*	Specific Volume† Cu. Ft. per Lb. Liquid *v*	Specific Volume† Cu. Ft. per Lb. Vapor *V*	Density† Lb. per Cu. Ft. Liquid *1/v*	Density† Lb. per Cu. Ft. Vapor *1/V*	Enthalpy†† Btu per Lb. Liquid *hf*	Enthalpy†† Btu per Lb. Vapor *hg*	Latent Heat Btu per Lb. *L*††	Entropy†† Btu per Lb. Deg. F. Liquid *sf*	Entropy†† Btu per Lb. Deg. F. Vapor *sg*	Temp. Deg. F. *t*
0	7.3	*15.0	0.02591	11.1	38.59	0.0901	103.8	275.3	171.5	0.226	0.572	0
5	8.2	*13.2	0.02603	9.98	38.41	0.100	106.2	276.9	170.7	0.231	0.572	5
10	9.2	*11.1	0.02615	8.95	38.24	0.112	108.8	278.5	169.7	0.236	0.572	10
15	10.4	* 8.8	0.02627	8.05	38.07	0.124	111.5	280.0	168.5	0.242	0.571	15
20	11.6	* 6.3	0.02639	7.23	37.89	0.138	114.0	281.6	167.6	0.248	0.571	20
25	13.0	* 3.6	0.02651	6.55	37.72	0.153	116.7	283.1	166.4	0.254	0.571	25
30	14.4	* 0.6	0.02664	5.90	37.54	0.169	119.2	284.9	165.7	0.260	0.571	30
35	16.0	1.3	0.02676	5.37	37.37	0.186	121.8	286.4	164.6	0.264	0.571	35
40	17.7	3.0	0.02689	4.88	37.19	0.205	124.2	288.0	163.8	0.270	0.571	40
45	19.6	4.9	0.02703	4.47	37.00	0.224	126.8	289.5	162.7	0.276	0.571	45
50	21.6	6.9	0.02716	4.07	36.82	0.246	129.6	291.2	161.6	0.282	0.571	50
55	23.8	9.1	0.02730	3.73	36.63	0.268	132.1	292.7	160.6	0.287	0.570	55
60	26.3	11.6	0.02743	3.40	36.45	0.294	134.8	294.2	159.4	0.293	0.570	60
65	28.9	14.2	0.02759	3.12	36.24	0.321	137.3	295.9	158.6	0.298	0.570	65
70	31.6	16.9	0.02773	2.88	36.06	0.347	140.1	297.5	157.4	0.304	0.570	70
75	34.5	19.8	0.02789	2.65	35.86	0.377	142.6	298.9	156.3	0.310	0.570	75
80	37.6	22.9	0.02805	2.46	35.65	0.407	145.0	300.3	155.3	0.315	0.570	80
85	40.9	26.2	0.02821	2.28	35.45	0.439	147.8	302.0	154.2	0.322	0.570	85
90	44.5	29.8	0.02838	2.10	35.24	0.476	150.5	303.5	153.0	0.326	0.571	90
95	48.2	33.5	0.02854	1.96	35.04	0.510	153.1	305.0	151.9	0.332	0.571	95
100	52.2	37.5	0.02870	1.81	34.84	0.552	156.2	306.7	150.5	0.340	0.571	100
105	56.4	41.7	0.02889	1.70	34.62	0.588	159.1	308.1	149.0	0.346	0.572	105
110	60.8	46.1	0.02906	1.58	34.41	0.633	161.9	309.5	147.6	0.352	0.572	110
115	65.6	50.9	0.02925	1.48	34.19	0.676	165.0	311.1	146.1	0.359	0.572	115
120	70.8	56.1	0.02945	1.37	33.96	0.730	167.8	312.7	144.9	0.365	0.572	120
125	76.0	61.3	0.02962	1.28	33.77	0.783	171.0	314.0	143.0	0.372	0.573	125
130	81.4	66.7	0.02980	1.19	33.56	0.840	174.0	315.5	141.5	0.378	0.573	130
135	87.0	72.3	0.03000	1.11	33.34	0.900	177.1	317.0	139.9	0.385	0.573	135
140	92.6	77.9	0.03020	1.04	33.14	0.955	179.9	318.2	138.3	0.391	0.574	140
145	100.0	85.3	0.03040	0.966	32.92	1.035	183.1	319.5	136.4	0.398	0.574	145
150	108.0	93.7	0.03060	0.897	32.70	1.115	186.5	321.0	134.5	0.405	0.574	150
155	115.0	100.3	0.03084	0.840	32.43	1.190	189.3	322.3	133.0	0.411	0.574	155
160	122.0	107.3	0.03112	0.785	32.15	1.275	192.7	323.8	131.1	0.418	0.575	160
165	130.0	115.3	0.03140	0.733	31.90	1.365	195.8	325.0	129.2	0.425	0.575	165
170	140.0	125.3	0.03165	0.687	31.62	1.455	199.2	326.1	126.9	0.433	0.575	170
175	150.0	135.3	0.03193	0.643	31.36	1.557	202.1	327.2	125.1	0.439	0.575	175
180	160.0	145.3	0.03218	0.602	31.10	1.660	205.0	328.4	123.4	0.445	0.575	180

Based on material from Dana, Jenkins, Burdick and Timm, published originally in REFRIGERATING ENGINEERING, June, 1926 Vol. 12, No. 12, Page 402.

* Inches of mercury below one standard atmosphere (29.92 in.).

†† From Mollier Diagrams for Butane, W. C. Edmister, Standard Oil Co. (Indiana).

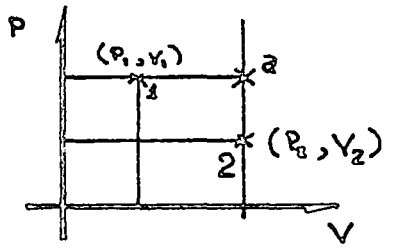
Leyes Generales que rigen el estado gaseoso.

En el desarrollo del curso será necesario emplear algunas propiedades de las sustancias; las propiedades fundamentales son: presión, volumen y temperatura ya que otras como la energía interna, la entropía o la entalpia, dependen en cierta forma de alguna o algunas de aquellas.

Una propiedad de una sustancia es una característica que es invariable cuando la sustancia se encuentra en un estado particular; por ejemplo, en cierto volumen de aire, sujeta a una presión determinada, alcanzará una temperatura cuyo valor será el mismo para otras porciones iguales de aire en las mismas condiciones de presión.

Por otra parte, el estado de una cantidad particular de sustancia se define, en general, por dos propiedades; por ejemplo, presión y volumen, Un kilogramo de CO_2 ocupando un volumen especificado, a cierta presión, tendrá un valor particular para su temperatura, que puede ser calculado con exactitud; además, su energía interna, su entalpia y su entropia, tienen también valores particulares que serán siempre los mismos, si el kilogramo de CO_2 vuelve a ser llevado al volumen y presión especificados.

Similarmente a la localización de un punto en el espacio por coordenadas, puede ilustrarse un punto que defina el estado de una sustancia usando como coordenadas las propiedades de la materia; por ejemplo en el sistema de ejes presión-volumen, volumen-temperatura u otro par de propiedades.



Esta representación gráfica del estado (1 ó 2), o cambio de estado (1 a 2) de la sustancia es poderosa ayuda en la solución de problemas. Así, llevar la sustancia del estado 1 al 2 podría realizarse por un proceso a presión constante que la haga alcanzar un estado intermedio a, para finalmente mediante un proceso a volumen constante, disminuyendo la presión, llevarla al estado 2.

PRESION.- Existe una diferencia en la forma en la que una fuerza superficial actúa sobre un fluído o sobre un sólido en reposo; para el sólido no hay restricciones en cuanto a la dirección de tal fuerza, pero para un fluído en reposo la fuerza superficial debe estar siempre dirigida en ángulos rectos a la superficie. Un fluído en reposo no puede soportar fuerzas tangenciales; en este caso, las capas de fluído simplemente se deslizarán una sobre la otra al ser actuado por tales fuerzas. En realidad, la inhabilidad de los fluídos para resistir fuerzas tangenciales les proporciona su habilidad característica para cambiar su forma o para fluir.

Es conveniente, entonces, describir la fuerza que actúa sobre un fluído especificando la presión P, que se define como la magnitud de la fuerza normal por unidad de área de la superficie. Algunas de las unidades comunmente usadas para presión son: lb/cm^2, Kg/cm^2. mt/m^2

dinas/cm2, bars (1bar = 10^6 dinas /cm2), atmósferas, mm. de Hg y pulgadas o cm de agua

Equivalenvias útiles:
1 atm = 1.033 Kg/cm2 = 760 mm. de Hg = 14.696 lb/in2

DENSIDAD.- La densidad de un fluído homogéneo (su masa dividida por su volumen) puede depender de muchos factores, tales como la presión y -- temperatura a las que se encuentre sujeto. Para líquidos, la densidad- varía muy poco en amplios intervalos de presión y temperatura y para - algunos propósitos puede considerarse constante; por ejemplo:

Agua:	a 0°C y 1 atm. --------	1000 Kg/m3
	a 100°C y1atm. --------	958 "
	a 0°C y 50 atm.--------	1002 "

La densidad de un gas es muy sensible a cambios de temperatura y de presión; por ejemplo:

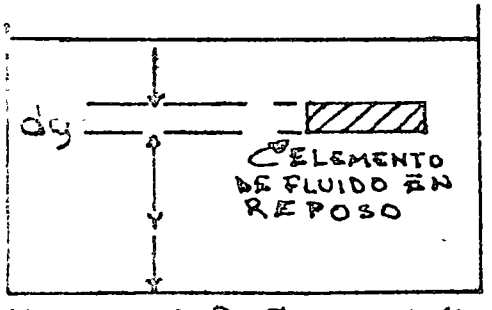
Aire	a 0° C y 1 atm. ------	1.3 Kg/m3
	a 100° C y 1 atm. ------	0.95 "
	a 0° C y 1 atm. -------	6.5 "

DENSIDAD RELATIVA. (SPECIFIC GRAVITY).- La densidad relativa de los -- líquidos expresa su densidad comparada con la del agua 60° F (densidad del agua = 62.4 lb/pie^3), en tanto que para vapores y gases su densi-- dad relativa se da con respecto al aire a 60°F (Densidad del aire = - 0.0764 lb/pie^3).

Cuando la temperatura a la cual corresponde la densidad del lí-- quido o del gas no es 60°F, su densidad relativa se expresa agregándo- le en forma de fracción la relación de temperaturas líquido ó gas-agua; p.e. 70°F/60°F.

Variación de la presión en un fluído en reposo.

Si un fluído está en equilibrio, cada porción de él está en equi librio. Consideremos un pequeño elemento de volumen de fluído sugermi- do dentro de la masa del mismo y sea su forma la de un disco delgado - de espesor dy y área A para cada una de sus caras.- Este elemento se - encuentra a una altura y sobre un nivel de referencia arbitrario.



Volumen del elemento:

$v = A_o\, dy$

Si la densidad del fluído es P:

$P = \frac{m}{v}$ $\quad m = pv$

y la masa del elemento será:

$$m = pA\,dy$$

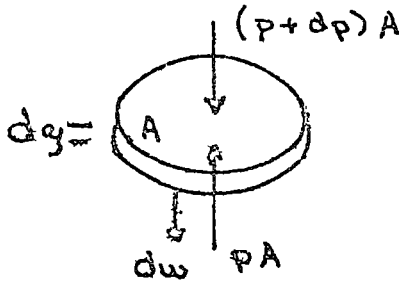
El peso del elemento se obtendrá de:

$$w = mg: \quad w = pAdyg$$

Las fuerzas ejercidas sobre el elemento por el fluído en sus alrededores son perpendiculares a su superficie en cada punto, en tanto que la fuerza horigontal resultante es nula puesto que el elemento no tiene aceleración en dicha dirección (las fuerzas horizontales son -- debidas solamente a la presión del fluído y por simetría la presión - debe ser la misma en todos los puntos dentro de un plano horizontal - en y).

El elemento de fluído tampoco está acelerado en la dirección -- vertical, por lo que la fuerza vertical resultante sobre él debe ser- cero. Sin embargo, las fuerzas verticales son no solamente debidas a- la presión del fluído sobre sus caras, sino también por el peso del - elemento.

Si p es la presión en la cara inferior y p + dp la presión en - la cara superior, las fuerzas hacia arriba y hacia abajo del elemento serán: pA y (p+dp) A más el- peso del elemento dw . Por - -- equilibrio vertical:



$$pA=)p+dp)A+dw =(p+dp)A+pgAdy$$

$$p = p+dp+pgdy \therefore \frac{dp}{dy} = -pg$$

Esta ecuación indica como la presión varía con la elevación so-- bre un nivel de referencia en un fluído en equilibrio estático; a medida que la elevación aumenta (dy positivo), la presión disminuye - - (dp negativo). La causa de la variación de presión es el peso por unidad de área de sección recta de las capas de fluído situadas entre -- los puntos cuya diferencia de presión está siendo medida.

Si p, es la presión a la elevación y_1 y p_2 la presión a la alevación y_2 sobre cierto nivel- de referencia.

$$dp = -pgdy \text{ y } \int_{p_1}^{p_2} dp = -pg \int_{y_1}^{y_2} dy \text{ , puesto que p}$$

es prácticamente constante para líquidos que son considerados casi incompresibles y las diferen-- cias de nivel son raramente grandes para considerar cualquier cambio de g; por lo tanto: $p_2 - p_1 = -pg(y_2 - y_1$ para - un líquido homogéneo.

Si un líquido tiene una superficie libre, este es el nivel natural desde el cual se miden distancias. Para cambiar nuestro nivel de- referencia a la superficie superior, tomemos y_2 como la elevación de- la superficie, punto en el cual actúa la presión p_2 sobre el fluído -

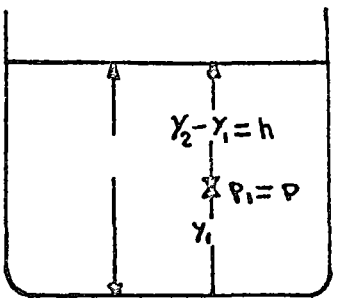
y que usualmente es la ejercida por la atmósfera terrestre p_o.

Si se toma y_1 a cualquier nivel y se representa la presión ahí como p:

$$P_o - P = - pg(y_2 - y_1)$$

Pero $y_2 - y_1$ es la profundidad h bajo la superficie en la cual la presión es p, entonces:

$$p_o - p = -pgh \;::\; p = p_o + pgh$$



Esto muestra claramente que la presión en todos los puntos que se encuentra a la misma profundidad.

Para gases P es pequeña en comparación con los líquidos y generalmente la diferencia de presión entre dos puntos (pgh) es despreciable; por esta razón en un recipiente que contiene gas la presión puede considerarse la misma en cualquier parte de su interior.

Este no es el caso cuando $y_2 - y_1$ es muy grande; la presión del aire varía considerablemente a medida que se asciende a grandes alturas en la atmósfera y, de hecho, en tales casos la densidad P varía con la altitud y debe ser conocida en función de y para integrar: $P_2 - P_1 = - \int_{y_1}^{y_2} pgdy$.

Para tener una idea razonable de la variación de la presión con la altitud en la atmósfera terrestre, supóngase que la densidad P es proporcional a la presión (esta suposición sería casi real si la temperatura del aire fuera la misma a cualquier altitud) y también que la variación de g con la altitud es despreciable. Sobre estas bases encontramos la presión P a cualquier altitud y sobre el nivel del mar.

Se tenía que $\frac{dp}{dy} = - pg$. Si P es proporcional a p:

$\frac{P_o}{P_o} = \frac{P}{p}$ (P_o y p_o son densidad y presión al nivel del mar, que son valores conocidos).

$P = P_o \frac{p}{po}$ y $\frac{dp}{dy} = -P_o \frac{p}{po} g$; despejando: $\frac{dp}{p} = - \frac{gPo}{po} dy$

e integrando del valor po en el punto y_o (nivel del mar) al valor p en el punto y (sobre el nivel del mar) se obtiene:

$$\ln \frac{p}{po} = - \frac{gPo}{po} \int_{yo=o}^{y} \qquad \ln \frac{p}{po} = - \frac{gPo}{po} y$$

ó p =

Entonces $p = p_o e^{-ay}$ en donde $a = 0.116\ Km^{-1}$

FIG. 17-A, p. 428, R.-M.

Variación de la presión con la altitud en el aire y con la profundidad en el agua. Nótese que las escalas de presión son diferentes para altitud y profundidad. La línea contínua para aire está calculada bajo las suposiciones de que el aire tiene una temperatura constante y de que g no cambia con la altitud. La línea discontínua es un cálculo mpas refinado en el cual no fueron hechas estas suposiciones.

VOLUMEN.- Una de las razones por las cuales la presión es una propiedad importante de las sustancias es debido a que existen instrumentos con los cuales es fácil medirla. El volumen puede también ser medido aunque, en general, no tan fácilmente como la presión y la temperatura.

En ocasiones habrá que tratar con el volumen de la unidad de masa de una sustancia v (volumen específico) y otras veces con el volumen V de una masa w; de paso, es conveniente notar que la densidad p es la masa de una sustancia por unidad de volumen, o sea el recíproco del volumen específico ($P = 1/v$).

TEMPERATURA.- La temperatura de un cuerpo es su estado térmico en cuanto a su capacidad para comunicar calor a otros cuerpos. La temperatura es una medida de la energía sinética de las moléculas que forman una sustancia; nos da una idea de la intensidad de esa energía pero, por si mismo, no revela nada en cuanto a la cantidad de energía. En cierto sentido es análoga a la presión que revela la intensidad de la fuerza, pero no la fuerza misma.

Los dispositivos para medición de temperatura son bien conocidos: Termómetros de mercurio (se basan en la contracción o expansión del volumen del mercurio al disminuir o aumentar la temperatura), termómetro de gas a volumen constante (miden la temperatura porque la presión del gas aumenta o disminuye con la temperatura). Estos termómetros aprovechan las relaciones que hay entre las propiedades volumen y temperatura y presión y temperatura.

Otros aparatos que permiten medir temperatura son los pirómetros eléctricos, los termopares, etc.

Son de uso común dos escalas para la medición de temperaturas: la centígrada y la Fahrenheit.

°C	°F	
100	212	(ebullición del agua)
t_c	t_f	
0°	32°	(congelación del agua)
	0°	

Notando que entre los puntos de congelación y de ebullición del agua hay 100° en la escala centígrada y 212°-32°=180° en la escala Fahrenheit.

$$\frac{tc}{100} = \frac{tf-32}{180} \quad \therefore \quad tc = \frac{5}{9}(tf-32)$$

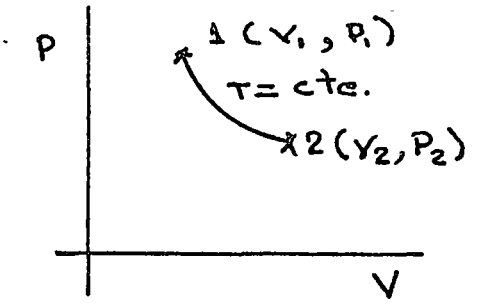
$$y \quad tf = \frac{9}{5} tc + 32$$

En donde t_c es la temperatura en grados centígrados y tf en grados Fahrenheit.

GASES PERFECTOS.-

Ley de Boyle.- Si la temperatura de una cantidad dada de gas se mantiene constante, el volumen del gas varía inversamente proporcional a la presión absoluta durante el cambio de estado.

Representando el estado inicial del gas por el punto 1 (V_1, P_1)- en el plano pV, supóngase que el gas se expande hasta que la presión ha - bajado a p_2 y aumentado su volumen a V_2, manteniéndose durante el proceso la temperatura constante; matemáticam mente (Ley de Boyle).



$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1}{P_2} \quad \text{ó} \quad P_1 V_1 = P_2 V_2$$

Como 1 y 2 son dos puntos arbitrarios en el plano pV:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = P_3 V_3 \text{ ----- y, en general } pV = cte \ (aT - cte)$$

La curva representada por la ecuación pV=cte es una hipérbola -- equilátera (x y = C) y puede ser trazada entre los puntos 1 y 2. Esta- curva es el lugar de los puntos de estado en los cuales el gas tiene - una temperatura t constante y se le llama trayectoria del punto de estado.

Como la constante puede tener cualquier valor positivo, pV =cte representa una familia de un número infinito de curvas. El cambio de - estado del gas conforme a una de estas curvas es un proceso isotérmico (T = cte.)

Ningún gas real sigue exactamente la Ley de Boyle; los gases - - monoatómicos (como el He y el A) y los gases diatómicos (como el N_2, - el O_2, el CO) y otros bajo ciertas condiciones cumplen suficientemente bien con las leyes de los gases perfectos para la mayor parte, pero no para todos los propósitos de la ingenieria.

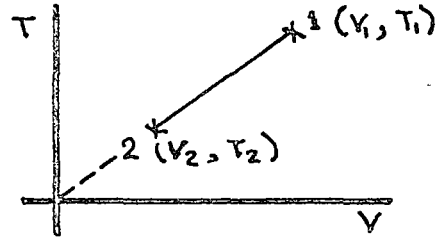
Ley de Charles.- Aproximadamente 100 años después del descubri-- miento de la Ley de Boyle, los franceses Jacques A. Charles y Joseph - L Gay-Lussae, independientemente, descubrieron otra ley, conocida - - usualmente como ley de Charles:

"Si una determinada cantidad de gas se mantiene a presión cons-- tante, el volumen de esa cantidad de gas variará directamente proporcional a su temperatura absoluta".

Si al estado inicial del gas se le denota con el índice 1 y al final con el índice 2, matemáticamente:

$V1/V2 = T1/T2$ ó $T1/V1 = T2/V2$ (a p = cte)

Como antes, considérese un cambio de estado de un gas analizado ahora en el plano V-T, del estado 1 al estado 2, usando como coordenadas el volumen V y la temperatura absoluta T; como 1 y 2 son dos puntos arbitrarios en el plano:



$T1/V1 = T2/V2 = T3/V3 =$ - - - - -

T/V = cte. para P=cte. ($P_1 = P_2$)

El volumen V en esta ley es cualquier volumen, incluyendo el volumen específico v de una masa constante de gas (v = V/m).

T/V =cte, o T =Vcte es la ecuación de una recta que pasa a través del origen de coordenadas y cuya pendiente es la cte. (y =mx).

Como los gases reales sufren cambios de fase a bajas temperaturas, esta ley no se cumple hasta el cero absoluto. La ley de Charles es aplicable a gases solamente en intervalos limitados de temperatura.

Para calcular el cero absoluto mediante la ley de Charles, solamente es necesario observar las lecturas del termómetro y los volúmenes correspondientes en cualquier par de estados de un gas, de los cuales se pueda encontrar la pendiente de la recta en el plano V-T. Entonces, la temperatura absoluta en cualquier punto puede encontrarse de la ecuación T = Vcte.

Supóngase aire a p=14.7 lb/m2 (presión atmosférica normal):

A t_2 = 32°F, V_2 = 12.39 ft3

A t_1 = 100°F, V_1 = 14.10 ft3

La pendiente de la recta es =cte. = $\frac{t1 - t2}{V_1 - V_2} = \frac{100 - 32}{14.10 - 12.39}$

$$cte = \frac{68}{1.71} = 39.76 \quad \therefore \quad cte = 39.76$$

Empleando ahora $T_2 = V_2 cte$:

T_2 = 12.39 x 39.76 = 492.6°, que es aproximadamente la temperatura absoluta en escala Fahrenheit que corresponde al punto de congelamiento del agua (32°F)

Si se hubieran empleado dayos de otros gases se hubiera encontrado un punto cero absoluto un poco diferente puesto que cada gas se desvía en cierta forma de la ley de Charles. Sin embargo, la escala absoluta de temperaturas es independiente de la sustancia que ha sido -

empleada para determinarla; con datos experimentales más reales el -- cero absoluto para la escala Fahrenheit se encuentra a 459.69° abajo- de 0°F.

En la escala Fahrenheit las temperaturas absolutas se expresan- en gradosRRankine:

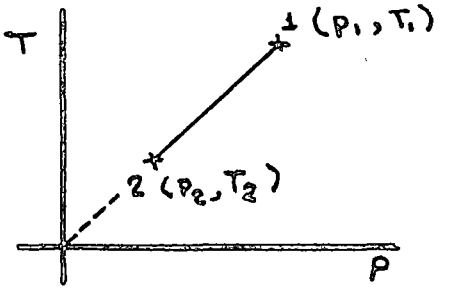
$$T^{\circ}R = t^{\circ}F + 459.69^{\circ} \doteq t^{\circ}F + 460$$

En la escala centígrada las temperaturas absolutas se expresan- en grados Kelvin:

$$T^{\circ}K = t^{\circ}C + 273.16^{\circ} \doteq t^{\circ}C + 273^{\circ}$$

Otras formas de expresar la Ley de Charles:

"Si el volumen de una cantidad de gas dada se mantiene constante, la presión variará directamente con la temperatura absoluta"; es- decir, representando en el plano PT el estado inicial 1 y el final 2- del gas, después el cambio de estado:



$$\frac{P1}{P2} = \frac{T1}{T2} \quad \text{ó} \quad \frac{T1}{P1} = \frac{T2}{P2}$$

y en general:

$$\frac{T}{P} = \text{cte.} \quad (\text{para } V = \text{cte})$$

En el sistema de ejes P -T, la - ecuación es una recta con pen--- diente igual a la cte. y que pasa por el origen de coordenadas (y=mx)

Recordando que: $\frac{V1}{V2} = \frac{T1}{T2}$, $V_2 = V_1 \frac{T2}{T1}$ (ap=cte)

Llamando V_o al volumen del gas a $T_o = 0^{\circ}C = 273^{\circ}K$,

V al volumen del gas a una temperatura $T = t(^{\circ}C) + 273^{\circ}$ K, entonces:

$$\frac{V}{T} = \frac{V_o}{T_o} \quad \text{y} \quad V = V_o \frac{T}{T_o}, \quad V = V_o \frac{(t + 273)}{273}$$

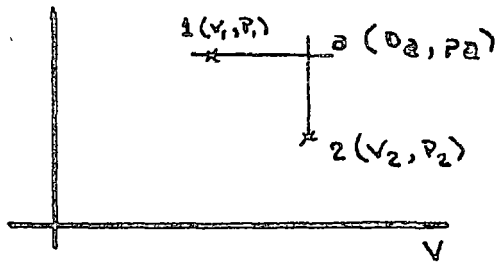
$$V = V_o \left(1 + \frac{1}{273} t\right) \text{ y si } x = \frac{1}{273} : V = V_o (1+xt)$$

"A presión constante el volumen de un gas sufre una delatación- de 1/273 de su volumen a 0°C, por cada grado que su temperatura au--- menta".

Del mismo modo, "cuando el volumen de un gas permanece constante, su presión a 0°C sufre un aumento de 1/273 cuando su temperatura- aumenta 1°C". $P = P_o(1+xt)$

Ecuación característica de un gas perfecto. Esta ecuación puede obtenerse combinando las expresiones de la ley de Charles. Supóngase un -

gas perfecto en el estado 1 (cualquiera) y cámbiese al azar al estado 2 en el plano v-p (v = volumen específico del gas v= V/m).



Durante el cambio de estado de 1 a 2 se considerará que la masa del gas permanece constante e igual a la unidad de masa (1 Kg ó 1 lb).

Trazando a través del punto 1 una horizontal que representa un proceso a presión constante en el plano v - p y después una vertical a través de 2 que representa un proceso a volumen constante, ambas líneas se intersectan en el punto a.- Aplicando la ley de Charles para los procesos 1-a (p=cte) y a-2 - - - (v=cte):

Para 1-a:

$$\frac{v_1}{va} = \frac{T_1}{Ta} \text{ y como } va = v2 : \quad T_a = T_1 \frac{v2}{v1}$$

Para a-2:

$$\frac{pa}{P_2} = \frac{Ta}{T_2} \quad \text{y como } Pa = P1 : \quad Ta = T2 \frac{P_1}{P_2}$$

Igualmente ambas expresiones:

$$T_1 \frac{v_2}{v_1} = T_2 \frac{P_1}{P_2} \text{ y transponiendo términos: } \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 v_2}{T_1}$$

Como los puntos 1 y 2 fueron seleccionados al azar, esta relación puede derivarse para cualquier otro par de puntos y, consecuentemente la expresión Pv/T debe ser constante para cualquier gas y se le representa por R. Al haberla asociado con la unidad de masa de la sustancia, puede designársele como constante específica del estado gaseoso y ordinariamente se le abrevia como constante del estado gaseoso. Se expresa, en términos generales, como:

$$\frac{Pv}{T} = R \quad \text{ó} \quad Pv = RT$$

Múltiplicando ambos miembros por W (masa del volumen V del gas) y haciendo Wv = V:

$$PWv = WRT, \text{ ó } PV = WRT$$

Esta ecuación se conoce como ecuación de estado o ecuación característica de un gas perfecto. De élla pueden obtenerse las leyes de Boyle y de Charles haciendo T, P y V constantes, sucesivamente.

Unidades de R. Siendo $R = \frac{PV}{WT}$, $\frac{pV}{WT} = \frac{F/L^2\ L^3}{MT} = \frac{FL}{MT}$, en sis-

sistema inglés la unidad de R. será: $\frac{lb.\ ft}{lb.\ {}^{o}R}$, para una libra de sus-- tancia, la unidad de R es 1 lb ft por grado Rankine (unidad de ener-- gía por unidad de temperatura).

Entonces R/J (J = 778 ft lb/Btu) estará dada en Btu/^{o}R por cada libra de sustancia.

El valor de R para cualquier gas puede determinarse por obser-- vación experimental exacta de los valores simultáneso de p_1 v y T. -- Así, a 32°F y presión atmosférica normal (14.7 lb/m2), el volumen -- específico del aire es: 12.39 ft3/lb. Entonces:

$$R = \frac{Pv}{T} = 14.7\frac{lb}{m2} \times 144\frac{m2}{ft2} \times 12.39\frac{ft3}{lb} \times \frac{1}{(460+32)^{o}R} \quad - - - - -$$

$$R = \frac{14.7 \times 144 \times 12.39}{492} \quad \frac{lb\ ft}{lb\ {}^{o}R} = 53.3 \quad \frac{lb\ ft}{lb\ {}^{o}R}$$

La masa molecular M del aire es 29, para este gas MR=1545, y es interesante notar que MR (llamada constante universal del estado ga-- seoso) es casi el mismo para todos los gases, especialmente para los- de tipo monoatómico ó diatómico, conociendo la masa molecular de un - gas puede encontrarse el valor aproximado de la constante R de: - - - R = 1544/M, en donde 1544 se toma como la constante universal del es- tado gaseoso.

TABLA 1. p. 13, HEAT ENGINES, FAIRES.

Es importante notar que las relaciones entre las propiedades -- dadas en este capítulo se cumplen solamente para gases perfectos y -- que se aplican solamante a aquellos gases que se aproximan mucho a -- ellos en su comportamiento.

Si M es la masa molecular de un gas (lb/lb mol ó g/molg) y W la masa de un volumen V del mismo gas (en lb o g), el número de moles en esa masa (n) se calcula de:

$n = \frac{W}{M}$ (lb mol ó mol g); entonces, otra forma de expresar la - ecuación de estado sería:

$PV = WRT$; $PV = nMRT$

MR (constante universal del estado gaseoso) tiene como unidades en sistema cgs ó inglés: $\frac{g}{mol\ g} \times \frac{dina\ cm}{g \times {}^{o}R} = \frac{dina\ cm}{molg \times {}^{o}R} = \frac{erg}{molg \times {}^{o}R}$ ó $\frac{lb}{lbmol} \times \frac{lb.ft}{lb \times {}^{o}R} = \frac{lb.\ ft}{lb\ mol\ {}^{o}R}$; ó sea, el producto MR es una constante por mole de gasideal. Si MR = R^1 : $PV = nR^1T$

TABLA 1. p. 290, PERRY

EJEMPLO 1. Qué tantas lb de CO están contenidas en un recipiente con-- capacidad de 500 ft3, si la presión es de 1 atm y la temperatura de - 70°F.

$$PV = nRT \ ; \ n = \frac{PV}{RT} = \frac{14.7 \times 144 \times 500}{1545 \times (460+70)} = 1.293 \text{ lb mol.}$$

$$n = \frac{W}{M} \ ; \ M_{CO_2} = 28 \ .. \ W = 1.293 \text{ lb mol} \times 28\frac{lb}{lb\ mol} = 36.2 \text{ lb}$$

EJEMPLO 2. Calcular el volumen ocupado a 110°C y 2 atm. de presión — por 11 ft3 de gas medidos a 0°C y 760 mm de Hg.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \; ; \quad V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{P_2 T_1} = \frac{1 \text{ atm}}{2 \text{ atm}} \times \frac{383^\circ K}{273^\circ K} \times 11 \text{ ft3} = 7.7 \text{ ft3}$$

Se logran calculos satisfactorios de las relaciones presión-volumen-temperatura con la ley de los gases ideales a bajas presiones — cuando los volúmenes por mol son relativamente grandes y las distancias entre moléculas considerables o cuando las temperaturas son relativamente altas. En condiciones de pequeños volúmenes molales, correspondientes a altas presiones, los errores suponiendo comportamiento de gas ideal pueden ser hasta del 500 porciento.

Comportamiento real de los gases.

Varios cientos de ecuaciones han sido propuestas para expresar la relación PVT, de los gases, pero ninguna se ha encontrado satisfactoria y la mayor parte de ellas son aplicables a solamente un gas en un intervalo limitado de temperaturas y presiones.

Se tratará la ecuación de Vander Waals debido a su valor para proporcionar una noción elemental de las razones de la desviación de los gases del comportamiento ideal y no por su exactitud que es raramente garantizada.

En la deducción de la teoría cinética simple se considera que cada molécula tiene un espacio libre permisible en el cual puede moverse y que se supone igual al volumen total ocupado por el gas. Esta suposición no es correcta excepto bajo tales condiciones en las que el volumen de las mismas moléculas o particulas es despreciable en comparación con el volumen total ocupado por éllas.

En realidad, en cada mole de gas existe un volumen (v - b) aprovechable para el movimiento libre, algo menor que el volumen total. La conección b, por la cual el volumen libre aprovechable difiere del volumen total por mole, depende del volumen representado por las N moléculas presentes; éste es el volumen que debe ser empleado en deducciones mas rigurosas de las leyes cinéticas de los gases.

Otro factor despreciado en el tratamiento simple de la cinética de un gas es la atracción existente entre moléculas, conocida como fuerzas de Vander Waals. Estas fuerzas tienden a aproximarse a las moléculas entre si y disminuir al mismo tiempo, la presión ejercida abajo del valor correspondiente a un comportamiento ideal; puede demostrarse por la teoría cinética que esta reducción es inversamente proporcional al cuadrado del volumen molal, Así:

$$P = P^1 - \frac{a}{v^2} \quad \text{ó} \quad P^1 = P + \frac{a}{v^2} \text{ , en donde:}$$

P^1: Presión calculada de la teoría cinética simple

p : presión real

La ecuación de estado corregida resulta:

$$\left(P + \frac{a}{v^2}\right)(v-b) = RT$$

TABLA XXV, p. 481, H-W

Esta es la ecuación de Vander Waals que representa la forma general de las relaciones p-V de un gas aún cuando se encuentre comprimido en la región de licuefacción. Aunque esta ecuación es una mejora a la ley del gas ideal, sus resultados numéricos son solamente una -- regular aproximación cuando los volúmenes molales son pequeños. Los - factores a y b, características de cada gas, son llamados constantes- de Vander Waals.

Ecuación de estado de Beattie-Bridgeman. Una de las ecuaciones más -- comunmente usadas es la de Beattie-Bridgeman:

$$Pv^2 = RT \quad v + Bo\left(1-\frac{b}{v}\right) \quad 1-\frac{c}{vT^3} \quad -Ao\left(1-\frac{a}{v}\right)$$

En donde:

a,b, Ao, Bo, c: Constantes determinadas empíricamente.

v: volumen molal en litros por mole gramo.

p: presión en atmósferas.

T: temperatura en grados Kelvin.

R: constante del estado gaseoso = 0.08206

Esta ecuación contiene cinco constantes que deben ser determinadas para cada sistema en particular (en la tabla se dan sus valores para algunos gases comunes). En los intervalos de temperatura y volumen molal indicados en la tabla se encontró para la ecuación una desviación promedio de solo 0.18 % de los valores experimentales aceptados.

TABLA XXVI, p. 483, H-W

Ecuación de estado de Benedict-Webb-Rubin. Esta ecuación se - - formuló con ocho constantes empíricas para hidrocarburos ligeros; sid es la densidad en moles gramo/litro

$$P=RTd +\left(BoRT-Ao-\frac{Co}{T^2}\right) d^2 + (bRT-a)\, d^3 + a \times d^6$$

$$+ cd^3 \left(\frac{1 + d^2}{T^2}\right) - d^2$$

TABLA XXVII, p.

Esta ecuación se cumple dentro de un 0,34. %, aún a densidades- del gas del doble de su valor crítico.

Factor de Compresibilidad:

La ecuación de estado puede escribirse:

$$pV = znRT$$

en donde z es llamado factor de compresibilidad y es función de la - presión, temperatura y naturaleza del gas.

Si los valores del factor de compresibilidad son conocidos, -- todos los cálculos que envolucran las relaciones PVT pueden llevarse a cabo por simples proporcionalidades derivadas de la ecuación anterior. Así, aplicando la ecuación a una masa dada de gas a dos condiciones diferentes y combinando, da:

$$\frac{P1\ V1}{P2\ V2} = \frac{Z1\ T1}{Z2\ T2}$$

El volumen molal normal correcto a 0°C y 1 atmósfera es:

$$P_S V_S = Z_S NRT_S \qquad V_S = \frac{Z_S \times 1 \times 0.082 \times 273}{1} = 22.4 Z_S \text{ Lts/mole g.}$$

ó $V_S = 359\ ft^3/lb$ mole, en donde Z es el factor de compresibilidad en condiciones normales. Con el conocimiento de los factores de-compresibilidad es posible extender el sistema de cálculo utilizado-en la ley del gas ideal para aplicarlo a cualquier condición deseada de temperatura o presión (la ley del gas ideal puede considerarse como caso especial en el que el factor de compresibilidad es uno).

La naturaleza de la variación del factor de compresibilidad Z con la presión, volumen molal y temperatura, para nitrógeno, se muestra en las tres figuras.

GRAFICAS; FIGS. 100, 101, 102, pág. 485, H-W

Ilustración 1. Un pie cúbico de N_2 a 50°C y 30 atm. se comprime a 60 atm. y se enfría a-50°C. Calcular el volumen final.

Condiciones iniciales: $P_1 = 30$ atm. Condiciones finales: $P_2 = 60$ atm.
$V_1 = 1$ ft3 $T_2 = 223°$ K
$T_1 = 323°K$ $Z_2 = 0.930$
$Z_1 = 1.001$ $V_2 = ?$

$$\frac{P2\ V2}{P1\ V1} \quad \frac{Z2\ NRT2}{Z1\ NRT1}\ ; \quad V2 = V1 \times \frac{P_1}{P_2} \times \frac{T2}{T1} \times \frac{Z_2}{Z_1}$$

$$V_2 = 1 \times \frac{30}{60} \times \frac{223}{323} \times \frac{0.930}{1.001} = 0.321 \text{ ft3}$$

Ilustración 2. Calcular la presión en lb/m^2 a la cual el nitrógeno -- debe comprimirse para que 1 Kg a 50°C pueda ser contenido en un cilindro con volumen de 10 litros. Desarróllese después el cálculo empleando la ecuación de Vander Waals.

Condiciones normales:

A 0°C y 1 atm: Z = 0.999 (gráfica)

$P_S V_S = ZNRT_S$; $N = \frac{1000\ g}{28\ g/\text{mole g}} = 35.7$ mole g

$$V_S = \frac{0.999 \times 35.7 \times 0.082 \times 273}{1} = 801 \text{ Lts-}$$

Condiciones finales:

V_2 ; volumen molal = 10/35.7 = 0.28 Lts/mol g.

$T_2 = 323^o$

Para estos dos valores: $Z_2 = 1.015$

$P_2 V_2 = Z_2 NRT_2$ Si R = 0.082 atm.lt/ok mole g.

$$P_2 = \frac{Z_2 NRT_2}{V_2} = \frac{1.015 \times 35.7 \times 0.082 \times 323}{10} = 95.8 \text{ atm.}$$

$$P_2 = 95.8 \text{ atm} \times 14.7 \frac{\text{psi}}{\text{atm}} = 1415 \text{ lb/in}^2 \text{ abs.}$$

Por la ecuación de Vander Waals:

$$\left(P + \frac{a}{v^2}\right)(v-b) = RT$$

$$a = 1.347 \times 10^6 \text{ atm}\left(\frac{\text{cm3}}{\text{g mole}}\right)^2 \times \left(\frac{\text{Lt}}{1000 \text{ cm}^3}\right)^2 = 1.347 \text{ atm}\left(\frac{\text{Lt}}{\text{mol g}}\right)^2$$

$$b = 38.6 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol g}} \times \frac{\text{Lt}}{1000 \text{ cm3}} = 0.0386 \frac{\text{Lt}}{\text{mol g}}$$

$$v = \frac{10}{35.7} = 0.28 \frac{\text{Lts}}{\text{mol g.}}$$

R= 0.082 atm.Lt/ok mol g ; $T = 323^o$ K

$$\left(P + \frac{1.347}{0.28^2}\right)(0.28 - 0.0386) = 0.082 \times 323$$

$$(P + 17.3)(0.2414) = 0.082 \times 323$$

$$P = \frac{0.082 \times 323}{0.2414} - 17.3 = 109.7 - 17.3 = 92.4 \text{ atm.}$$

$$P = 92.4 \text{ atm} \times 14.7 \frac{\text{psi}}{\text{atm}} = 1358 \text{ psi abs.}$$

Ilustración 3. Un cilindro de acero que tiene un volumen de 5 litros contiene 400 g de nitrógeno. Calcular la temperatura a la que el cilindro puede ser calentado sin que la presión exceda de 50 atm.

Condiciones finales: V = 5 Lts.; P = 50 atm.; T = ?

Para calcular Z: N = 400/28 = 14.3 moles g.

v = 5/14.3 =0.350 lts/mol g= 350 cc/mol g.

Para v = 350 cc/mol g y P = 50 atm.: Z = 0.945

$PV = ZNRT$; $$T = \frac{PV}{Z\,nR} = \frac{50 \times 5}{0.945 \times 14.3 \times 0.082} = 225^o \text{ K}$$

$T = 225^{o} - 273^{o} = -48^{o}C$ $\quad T = -48^{o}\ C$

Factores de compresibilidad generalizados. Comparando las propiedades físicas de diferentes sustancias se ha encontrado que su comportamiento es similar para los mismos valores de temperatura y presión reducidas. Las propiedades reducidas están relacionadas con las propiedades críticas de la sustancia de la siguiente forma:

$$T_r = \frac{T}{T_c} \; ; \quad P_r = \frac{P}{P_c} \; ; \quad v_r = \frac{v}{v_c}$$

en donde los índices r y c indican las propiedades reducidas y las críticas.

Esta similitud en el comportamiento de una sustancia a iguales valores de temperatura y presión reducidas e referida como "teoría de los estados correspondientes" y es la base del procedimiento generalizado, descrito a continuación, para el cálculo de las relaciones PVT del estado gaseoso.

FIG. 103, p. 489, H-W

En la figura se encuentran tabulados los valores de los factores de compresibilidad en función de la presión y de la temperatura reducida; esta gráfica fue construida como promedio para los datos reportados en la literatura con respecto al CO_2 N_2, H_2, NH_3, CH_4, C_3H_8 y C_5H_{12}, y no coincide seguramente con todos los datos de cualquiera de estas sustancias. Las discrepancias que resultan son debidas al hecho de que la teoría de los estados correspondientes es solamente una aproximación, pero son lo suficientemente pequeñas que para muchos propósitos la carta es aplicable a todos los gases puros y constituye un método conveniente para manejar los cálculos PVT cuando la presión y la temperatura críticas son conocidas.

Ilustración 4. Calcular el volumen ocupado por 1 lb de metano a una temperatura de 40°F y una presión manométrica de 1000 psi.

De la tabla (XXV); $t_c = 82.5^{o}C$; $P_c = 45.8$ atm.

$$T = 40^{o}F \qquad T = \frac{5}{9}(40-32) = \frac{40}{9} = 4.4^{o}C$$

$$T_r = \frac{273 \times 4.4}{273 - 82.5} = \frac{277.4}{190.5} = 1.455$$

$$P = \frac{1000/14.7 + 1}{45.8} = \frac{68 + 1}{45.8} = \frac{69}{45.8} = 1.51$$

$$Z = 0.84 \text{ (Gráfica)}$$

$$PV = ZNRT \qquad N = \frac{1 \times 454}{16} = 28.4 \text{ mole g.}$$

$$V = \frac{ZNRT}{P} = \frac{0.84 \times 28.4 \times 0.082 \times (273-14.4)}{(1000/14.7 + 1)} = \frac{0.84 \times 28.4 \times 0.082 \times 277.4}{69}$$

$$V = 7.85 \text{ Lts.} \quad \text{ó} \quad V = 7.85 \text{ Lts} \times \frac{\text{ft3}}{3.05^3 \text{ Lts}} = 0.277 \text{ ft3.}$$

Ilustración 5. El volumen ocupado por 1 lb de octano normal a 27 atm. es 0.20 ft^3. Calcular la temperatura a la que se encuentra si su temperatura y presión críticas son 565°F (1025°R) y 24.6 atm.

$$P_r = \frac{27}{24.6} = 1.1 \qquad T_r = \frac{T}{1025} \qquad M = 114 \quad (C_8H_{18})$$

$$R = 0.730 \frac{\text{atm. ft3}}{\text{lb mol}^\circ\text{R}}$$

$$PV = ZNRT$$

$$T = \frac{PV}{ZnR} \; ; \; T = \frac{27 \times 0.20}{Z \times 1/114 \times 0.730} = \frac{845}{Z} \quad \text{ó} \quad Z = \frac{845}{T}$$

Pero $T = 1025\ T_r$ ∴ $Z = \frac{845}{1025\ T_r}$ ∴ $Z = \frac{0.825}{Tr}$

Para resolver el problema gráficamente, se grafica Z contra T_r - para un valor de $P_r = 1.10$ (gráfica Z vs. P_r). En la misma gráfica se tabula la ecuación $Z = 0.825/T_r$.

Donde las dos curvas se intersectan: $Z = 0.72$ y $T_r = 1.15$

∴ $T = 1025\ T_r = 1025 \times 1.15 = 1180^\circ R$

$T = 1180^\circ - 460 = \underline{720^\circ F}$

FIG. 104, p. 492, N-W

4.- MECANISMO QUIMICO Y ESTEQUIOMETRIA DE LAS REACCIONES DE COMBUSTION

La combustión es entendida, en general como una oxidación rápida de una sustancia acompañada del desprendimiento de una cantidad de energía considerable y de un incremento en la temperatura de las sustancias involucradas, Siendo un fenómeno complejo, nuestro conocimiento de él está muy lejos de ser completo y lo trataremos como una simple reacción química, aproximación muy útil para muchos problemas prácticos.

Los elementos de los combustibles son carbono (libre,combinado con hidrógeno o combinado con oxígeno no completamente), hidrógeno (libre o combinado) y azufre. Aún cuando la combustión de azufre desprende calor, es un componente indeseable porque su presencia origina la formación de ácidos corrosivos; cuando el contenido de azufre en un combustible es elevado, el costo del mantenimiento y reemplazo del equipo que emplea este combustible puede ser tan alto que haga antieconómico su empleo.

Es conveniente ahora revisar algunos puntos tratados en química.

Ley de Avogadro.- "Si cada uno de diversos gases perfectos se confina en un volumen determinado, a la misma presión y temperatura, habrá el mismo número de moléculas en ese volumen sin importar que gas contiene". Por ejemplo, supóngase que un cierto volumen contiene 10^{10} moléculas de hidrógeno; si removemos el hidrógeno y lo reemplazamos por oxígeno, a la misma presión y temperatura, habrá 10^{10} moléculas de oxígeno en este volumen.

Sin embargo, como la molécula de oxígeno es mas pesada que la del hidrógeno, la masa de oxígeno en ese volumen será mayor que la del hidrógeno. Existiendo moléculas de gas dentro de ese volumen, a la misma presión y temperatura: Masa de oxígeno = n Mo

Masa de hidrógeno = n M_H

En donde Mo y M_H son las masas moleculares del oxígeno y del hidrógeno.

Por otra parte, siendo P_o y P_H las densidades del oxígeno y del hidrógeno, la relación P_o/P_H será tambien la relación de sus masas y entonces:

$$\frac{Po}{P_H} = \frac{nMo}{nM_H}$$

La densidad es la inversa del volumen específico)p=1/v), de manera que la igualdad anterior resulta:

$$\frac{vH}{Vo} = \frac{Mo}{M_H}, \text{ de donde: } MoVo = M_HV_H$$

Queda entonces demostrado que el producto peso molecular por volumen específico para el oxígeno es igual al producto de dichas cantidades para el hidrógeno, si ambos gases se encuentran a la misma presión y temperatura. Se hubiera llegado a la misma conclusión para cualquier otro par de gases; entonces, de la Ley de Avogadro se concluye que el producto Mv es el mismo para todos los gases perfectos a una temperatura y presión particulares.

Como otras leyes del estado gaseoso la de Avogadro es aproximada pa

ra gases monoatómicos y diatómicos. Para Hidrógeno:

$Mv = (2.016)\ (178.2) = 359$ ft3 a 32^oF y 14.7 lb/in^2 abs.

(v para el hidrógeno es 178.2 ft3/lb a 32^oF y 14.7 lb/in^2)

Este volumen es llamado volumen mol a 32^oF y presión atmosférica - normal; como este volumen es el volumen de una mol de gas, una mol de- gas es M (peso molecular) libras de gas. De esta forma, una mol de hidrógeno es 2.016 lb de H_2, una mol de oxígeno es 32 lb de O_2, etc.

De lo anteriormente visto podemos concluir que a una misma presión y temperatura el volumen de mol es el mismo para todos los gases.

ECUACION DE COMBUSTION.

En cálculo de combustión es generalmente suficientemente exacto -- emplear pesos atómicos y moleculares redondeados a números enteros - - (p.e. 2 para el H_2) y es muy conveniente recordar algunos de ellos:

$$C = 12,\quad H_2 = 2,\quad O_2 = 32,\quad N_2 = 28,\quad S = 32$$

Supongase que el hidrógeno se quema en oxígeno puro, la reacción - química simple está dada por:

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O \quad - - - - \text{(a)}$$

= Dos moléculas de hidrógeno se combinan con una de oxígeno para - formar dos moléculas de agua = (los coeficientes de los términos se -- interpretan como el número demoléculas de cada sustancia).

La ley de la conservación de la masa nos dice que la masa total - de las sustancias, antes y despues de la reacción debe ser la misma. - Sustituyendo pesos moleculares en a):

$$2 \times 2 + 32 = 2 \times 18 \quad \text{ó} \quad 4 + 32 = 36 \quad - - - - \quad \text{(b)}$$

Cuatro libras de hidrógeno se combinan con 32 lb de oxígeno para - formar 36 lb de agua. Dividiendo (b) entre cuatro: 1 + 8 = 9 - - -(c)

Esto indica que se necesitan 8 lb de O_2 para quemar 1 lb de H_2 (se formaran tambien 9 lb de H_2O por cada lb de H_2 quemado)

La ecuación (a) dice: = dos veces el peso molecular del hidrógeno= ,pero el peso molecular del hidrógeno es una mol de hidrógeno; entonces puede decirse = dos moles de hidrógeno. La ecuación (a) dará pues: dos moles de H_2 más una mol de O_2 forman dos moles de agua.

Recordando que el volumen de una mol es el mismo para todos los -- gases (a igual presión y temperatura), puede decirse que dos volúmenes de hidrógeno se combinan con un volumen de oxígeno para formar dos volúmenes de agua (medidos en ft3, litros, etc.); siempre y cuando el -- agua resultante se encuentre en estado gaseoso y que los volúmenes sean medidos a la misma presión y temperatura.

Es interesante notar que en este ejemplo 3 mols (o pies cúbicos) - de agua. En general, cuando los productos de la combustión se miden a- la misma temperatura y presión, pueden ocupar mayor, menor o el mismo- volumen de la mezcla original.

Aire Requerido para la Combustión. El oxígeno requerido para un proceso de combustión es, generalmente, tomado de la atmósfera. El aire atmosférico contiene, además, grandes cantidades de nitrógeno, una pequeña cantidad de argon (1 %), trazas de vapor de agua, anhidrido carbónico y otros gases inertes.

En las ecuaciones de combustión se considera, con suficiente exactitud, que el aire es solo una mezcla de oxígeno y de nitrógeno; de -- acuerdo con esto, la composición aproximada del aire, en peso, es:

$$23.1\ \%\ \text{de}\ O_2 \quad \text{y}\ 76.9\ \%\ \text{de}\ N_2$$

Entonces hay:

$$\frac{76.9\ \text{lb de}\ N_2}{23.1\ \text{lb de}\ O_2} = 3.33\ \text{lb de}\ N_2\ \text{por lb de}\ O_2$$

$$\text{y}\quad \frac{100\ \text{lb de aire}}{23.1\ \text{lb de}\ O_2} = 4.33\ \text{lb de aire por lb de}\ O_2$$

Si por la ecuación (c) por cada lb de H_2 se requieren 8 lb de O_2,- la cantidad de aire necesario para la combustión de 1 lb de H_2 será:

$$8\ \text{lb de}\ O_2 \times 4.33 \frac{\text{lb de aire}}{\text{lb de}\ O_2} = 34.64\ \text{lb de aire.}$$

En lenguaje de ingeniería se acostumbra decir que el aire teórico- requerido es de 34.64 lb por lb de combustible (H_2)

Sucede en la práctica que el combustible no se quema completamente cuando se mezcla únicamente con la cantidad de aire teórico; es necesario un exceso de aire para asegurar que todo el combustible se encuentra con el oxígeno indispensable para su combustión. La cantidad - conveniente del exceso de aire depende de las condiciones bajo las cuales se desarrolla la combustión y tambien del propio combustible.

Sobre base volumétrica la composición del aire es aproximadamente- 20.9 % de O_2 y 79.1 % de N_2. Entonces hay:

$$\frac{79.1\ \text{moles (ó ft3) de}\ N_2}{20.9\ \text{moles (ó ft3) de}\ O_2} = 3.78\ \text{moles (ó ft3) de}\ N_2\ \text{por mol (ó ft3) de}\ O_2$$

Combustión de un Hidrocarburo (Propano). El propano es el hidrocarburo que puede considerarse como representativo en el gas L.P. Si su com--- bustión es completa:

$$C_3 H_8 + 5O_2 \text{ --- } 3CO_2 + 4H_2O$$

$$(12x3+8x1) + (5x32) = 3(12+32) + 4(2+16)$$

$$44 + 160 = 132 + 72 \qquad \text{(Pesos relativos)}$$

$$1 + \frac{160}{44} = \frac{132}{44} + \frac{72}{44}$$

$$1 + 3.635 = 3 + 1.635 \qquad \text{(Por 1b de combustible)}$$

Es decir, por cada libra de combustible (C_3H_8) se necesitan 3.63 - 1b de O_2 y se obtendrán 3 1b de CO_2 y 1.63 1b de agua en estado gaseoso.

El aire teórico necesario será de:

$$4.33 \frac{\text{1b aire}}{\text{1b } O_2} \times 3.63 \text{ 1b}O_2 = 15.72 \text{ 1b de aire por 1b de combustible.}$$

Los cálculos en volumen para la combustión del propano conducen a los siguientes resultados:

$$C_3H_8 + 5O_2 \text{ --- } 3CO_2 + 4H_2O$$
1 mol 5 moles 3 moles 4 moles

ó en pies cúbicos: por cada pie cúbico de combustible se requieren 5 pies cúbicos de O_2 y se producen 3 pies cúbicos de CO_2 y 4 pies cúbicos de H_2O (gas).

El volumen de aire necesario será pues:

$$\frac{100 \text{ ft3aire}}{20.9 \text{ ft3 } O_2} \times 5 \text{ ft3 } O_2 = 23.92 \text{ ft3 de aire por ft3 de combustible}$$

Además de los compuestos considerados como resultado de la combustión del propano, habrá que agregar la cantidad de nitrógeno que corresponde al aire empleado para el desarrollo de la combustión y que no sufre cambio durante el proceso (considerándolo inerte):

En peso: $3.33 \frac{\text{1b de } N_2}{\text{1b de } O_2} \times 3.63 \text{ 1b de } O_2 = 12.08 \text{ 1b de } N_2$ por 1b de combustible.

En volumen: $3.78 \frac{\text{ft3de } N_2}{\text{ft3 de } O_2} \times 5\text{ft3 de } O_2 = 18.9 \text{ ft3 de } N_2$ por ft3 de combustible.

Para la combustión completa del propano, empleando el aire teórico calculado, el porciento final de CO_2 en los productos de combustión -- (en volumen) será sobre base seca (no considerando el vapor de agua -- formado) de:

Volumen de la mezcla final = Volumen CO_2 + Volumen N_2

" " " " " = 3 ft^3 + 18.9 ft^3 = 21.9 ft^3

$$\frac{3 \text{ ft}^3 \text{ CO}_2}{21.9 \text{ ft}^3 \text{mezcla}} \times 100 = 13.7 \text{ \% de } CO_2 \text{ en productos de combustión (base seca).}$$

Por cálculos similares a los anteriores se presentan en la tabla C-1 los datos para la combustión de algunos otros hidrocarburos (B.-P., tabla 6, pág. 32)

En la práctica es necesario usar cierta cantidad de aire en exceso con respecto al requisito teórico (frecuentemente un 10%) dependiendo del tipo y del diseño del aparato y de sus quemadores de gas. Los datos básicos contenidos en la tabla anterior pueden servir como guía para el suministro apropiado de aire en aparatos de consumo de gas.

El porcentaje final de anhidrido carbónico dado en la tabla representa un límite superior al que hay que aproximarse, pero que en la práctica nunca es alcanzado y cuyos valores varían para diferentes tipos de combustibles.

El análisis usual de productod de la combustión, empleando cámaras de absorción, reporta los resultados sobre base seca (sin considerar el agua producida en la reacción de combustión).

Cálculo del porcentaje de CO_2 en productos de combustión cuando se emplea exceso de aire. Como ejemplo calculemos el porcentaje de CO_2 en los productos de combustión del propano cuando se emplea un exceso del 66% de aire sobre el teórico calculado:

$C3\ H8 + 5O_2$ --- $3CO_2 + 4H_2O$. Por pie cúbico de propano quemado:

CO_2 formado: $3\ ft^3$

O_2 teórico: $5\ ft^3$

O_2 en exceso (66% de exceso de aire): $5 \times 0.66 = 3.3\ ft^3\ O_2$

N_2 en productos de combustión: $(5\ ft^3O_2 + 3.3ft^3O_2) \times 3.78\frac{ft^3N_2}{ft^3O_2} = 8.3 \times 3.78$

$= 31.37\ ft^3\ N_2$

Productos de combustión (sobre base seca):

CO2 :	3 ft^3	$\%\ CO_2 = \frac{3}{37.67} \times 100 \doteq 8\%$.
O_2 :	3.3 ft^3	
N_2 :	31.37 ft^3	(B.-P.,Fig.3, pág.31)
Volumen total:	37.67 ft^3	

En la gráfica C-1, se pueden obtener los porcentajes de CO_2 en gases de combustión a partir del exceso de aire, en porciento del teórico requerido, para propano, butano y otros hidrocarburos. En la recolección de datos para la elaboración de esta gráfica se encontró que las curvas que representan al propano y al butano aparecían muy próximas, una a la otra, lo cual indica que para un contenido de CO_2 especificado en los productos de combustión, el mismo valor corresponde a cualquiera de los dos gases o para las mezclas de ambos dentro de límites muy cercanos.

Tambien es cierto que las pequeñas proporciones presentes de otros hidrocarburos gaseosos en las mezclas de gas L.P. no afectarán apreciablemente la relación entre el porcentaje de CO_2 y el aire utilizado en exceso sobre el teórico requerido.

Combustión parcial o incompleta.- Esta ocurre cuando el quemado del combustible dá como resultado productos intermedios de la combustión tales como monóxido de carbono e hidrógeno, además de CO_2 y vapor de agua. La combustión parcial puede ser inducida limitando el suministro de aire u oxígeno a menos de la cantidad necesaria para la combustión, o al enfriado de las flamas que puede resultar de su contacto con superficies frías, o por el despegue de las flamas de los orificios de los quemadores.

En ciertas operaciones industriales se requiere una combustión parcial o incompleta del gas, como ejemplo de la combustión incompleta de hidrocarburos, la combustión parcial del metano con oxígeno para formar gas de síntesis se desarrolla probablemente de acuerdo con las siguientes reacciones:

1) Parte del metano se quema rápidamente y su combustión es completa:

$$CH_4 + 2O_2 \text{ --- } CO_2 + 2H_2O$$

2) Parte del metano reacciona con los productos:

$$CH_4 + H_2O \text{ --- } CO + 3H_2$$
$$CH_4 + CO_2 \text{ --- } 2CO + 2H_2$$

4) Parte de los productos de combustión reaccionan de acuerdo con la reacción:

$$H_2O + CO \text{ --- } H_2 + CO_2$$

El proceso de combustión parcial aparentemente no tiene lugar de acuerdo con la reacción única:

$$CH_4 + 1/2\ O_2 \text{ --- } CO + 2H_2$$

Otros hidrocarburos reaccionan en el proceso de combustión parcial de una manera similar al metano.

Análiis Volumétrico de los Productos de la Combustión.- De la variedad ixistente de aparatos para el análisis de gases, el más comunmente empleado es el ideado por Orsat (1874); los modelos portátiles de este aparato se han hecho en un gran número de formas y tamaños, como el ilustrado en la figura FIG. 243, p. 351, FAIRES.

Este aparato consta de una bureta de 100 centímetros cúbicos y tres pipetas para CO_2, O_2 y CO. El hidrógeno producido por la combustión es aproximadamente igual a la cantidad de CO presente.

Soluciones absorventes para los compoenentes gaseosos.

Anhidrido Carbónico. Para la absorción de CO_2 es casi universalmente empleada una oslución de hidrógeno de potasio; también puede reunirse al hidróxido de sodio, pero su capacidad está limitada por la sulubilidad del carbonato de sodio sólido que al precipitarse obstuye los conductos del aparato al precipitarse.

Se disuelven en agua destilada píldoras o barcas de KOH (grado ACS) hasta que permanezca insoluble un exceso de KOH sólido. La solución se-

enfría a aproximadamente 3°C abajo de la menor temperatura que existirá en la pipeta durante el análisis.

Oxígeno.- Se ha probado con éxito solución alcalina de pirogabol para - para la absorción de O_2. Se agregan 17 gramos de pirogabol, grado reactivo, en cristales a cada 100 ml. de la solución de hidróxido de potasio anterior; antes de usarse la solución debe protegerse del aire en - botella con tapón de cristal, y puede colocarse en refrigerador para -- mantenerla fresca hasta que los cristales se disuelvan.

Monóxido de Carbono. En los equipos de precisión de laboratorio, el CO - se determina por oxidación con óxido de cobre y no por absorción; sin - embargo, con fines de portabilidad, conveniencia y rapidez se emplea -- cloruro cuproso en equipos portátiles para determinar CO.

Se disuelve cloruro cuproso q.p. en ácido clorhídrico concentrado, - 90 gramos de la sal en un litro del ácido q.p., de s.g. 1.18. El oxígeno es rápidamente absorvido por el cloruro cuproso ácido y el reactivo se- oxida apreciablemente durante su preparación; a la solución en botella- con tapón de cristal se le agrega algo de alambre de cobre o gaza. Se - pueden requerir varios días para reducir la solución negro-verdosa a un color amarillo paja; despues de la reducción el cobre sobrante la man-- tendrá reducida si la botella permanece cerrada.

Procedimiento.

La botella C que contiene agua está conectada a la bureta B mediante un tubo de hule, subiendo y bajando la botella se hace fluir el agua hacia adentro y hacia afuera de la bureta.

Al iniciarse la operación primeramente se desplaza el aire de la -- bureta y conductos adyacentes por medio del agua en C; después se introduce la muestra del gas de combustión, por analizar, en la bureta B.

Durante estas operaciones priliminares las válvulas de aguja N_1, N_2 y N_3 a los recipientes que contienen las soluciones D, E y F, deben -- permanecer cerradas.

Con la válvula N_1 abierta la muestra de gas en la bureta es forzada al recipiente D al elevar la botella C. La solución de KOH en ese recipiente absorve el CO2 de la muestra; la operación deberá hacerse cuatro o cinco veces elevando y bajando alternativamente la botella C. El volumen residual del gas se retorna a la bureta en donde se hace la lectura; la diferencia entre el volumen inicial de la muestra V_1 y el que- resulta después de la absorción V_2, representa el volumen de CO_2 en - - aquella:

$$\% CO_2 = \frac{V_1 - V_2}{V_1} \times 100$$

Ahora se desplaza el gas al recipiente E en donde la solución de -- pirogabol absorve el oxígeno; el número de veces que habrá que pasar -- el gas por la solución para la completa absorción del O_2 será el nece--

sario para que ya no se produzcan disminuciones en el volumen. La lectura final V_3 se resta de la correspondiente a la operación anterior V_2 y entonces:

$$\% O_2 = \frac{V_2 - V_3}{V_1} \times 100$$

Al pasar el gas residual por el recipiente F, en donde una solución de cloruro cuproso absorve el CO, el volumen obtenido despues de la absorción V_5 restado del anterios V_4 indica la cantidad de CO presente en la muestra y:

$$\% CO = \frac{V_4 - V_5}{V_1} \times 100$$

El contenido de nitrógeno en la muestra original del gas se determina ordinariamente por diferencia:

$$\% N_2 = 100 - (\%CO_2 + \%O_2 + \% CO)$$

COMBINED TABLES 1 AND 2—PHYSICAL CONSTANTS OF HYDROCARBONS

COMPOUNDS FOUND IN LP-GAS

NAME	METHANE	ETHENE	ETHANE	PROPENE	PROPANE	ISO-BUTANE	BUTENE-1	ISO-BUTENE	N-BUTANE	ISO-PENTANE	PENTENE-1	N-PENTANE	AIR	WATER
FORMULA	CH_4	C_2H_4	C_2H_6	C_3H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_4H_8	C_4H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12}	C_5H_{10}	C_5H_{12}		H_2O
Vapor Pressure at 100° F.														
Lbs. per sq. in. gauge				212.5	175.8	57.5	47.6	48.9	36.9	5.7		.9		
" " " " absolute			780	227.2	190.0	72.2	62.3	63.6	51.6	20.4	19.4	15.6		.949
Normal State at Atmospheric Pressure and 60° F.	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Liquid	Liquid	Liquid	Gas	Liquid
Boiling Point of Liquid At Atmospheric Pressure														
°F.	−258.7	−154.7	−127.5	− 53.9	− 43.7	10.9	20.7	19.6	31.1	82.1	85.9	96.9	−317.7	212
° C.	−161.5	−103.7	− 88.6	− 47.7	− 42.1	− 11.7	− 6.3	−6.9	−0.5	27.9	30.0	36.1	−194.3	100
Weight of Liquid @ 60° F.														
Pounds Per Gallon	2.5	3.3	3.11	4.35	4.23	4.69	5.011	5.004	4.86	5.20	5.387	5.25	7.136	8.328
Specific Gravity	.3		.374	.5218	.508	.563	.6011	.6002	.584	.625	.6461	.631	.856	1.000
API Gravity	340.0		247	139.7	147.2	119.8	103.9	104.3	110.6	95.0	87.5	92.7	165.3	10.0
Cubic Feet of Vapor at Atmospheric Pressure and 60° F. Formed from														
1 Gallon of Liquid @ 60° F.	59.0	44.6	39.25	37.9	36.35	30.59	33.81	33.94	31.75	27.40	29.18	27.68		
1 Pound of Liquid	23.6	13.51	12.65	8.71	8.62	6.53	6.75	6.78	6.54	5.27	5.42	5.27		
Weight of Vapor at Atmospheric Pressure and 60° F.														
Pounds Per Hundred Cubic Feet	4.227	7.393	7.923	11.09	11.62	15.31	14.79	14.79	15.31	19.01		19.01	7.64	
Specific Gravity (Air = 1)	.554	.9684	1.038	1.4527	1.522	2.006	1.9370	1.9370	2.006	2.491		2.491	1.000	
Gross Heat of Combustion														
Btu Per Pound	23,891	21,650	22,329	21,060	21,670	21,265	20,860	20,740	21,315	21,046	20,720	21,094		
Btu Per Cubic Foot @ 60° F.	1,012	1,601	1,783	2,335	2,558	3,354	3,084	3,066	3,368	4,003	3,829	4,015		
Btu Per Gallon @ 60° F.		70,910	69,433	87,740	91,044	99,097	103,480	104,060	103,047	108,820	110,850	110,125		
Cubic Feet of Air to Burn 1 Cubic Foot of Gas At Atmospheric Pressure and 60° F.	9.53	14.29	16.67	21.44	23.82	30.97	28.58	28.58	30.97	38.11	35.73	38.11		
Pounds of Air to Burn 1 Pound of Gas	17.24	14.76	16.13	14.76	15.71	15.49	14.76	14.76	15.49	15.35	14.76	15.35		
Flammability Limits														
Lower % in Air	5.0	3.22	3.0- 3.3	2.0	2.37	1.80			1.86	1.32	1.60	1.40		
Upper % in Air	15.0	12.45	10.6-15.0	11.0	9.50	8.44			8.41			7.80		

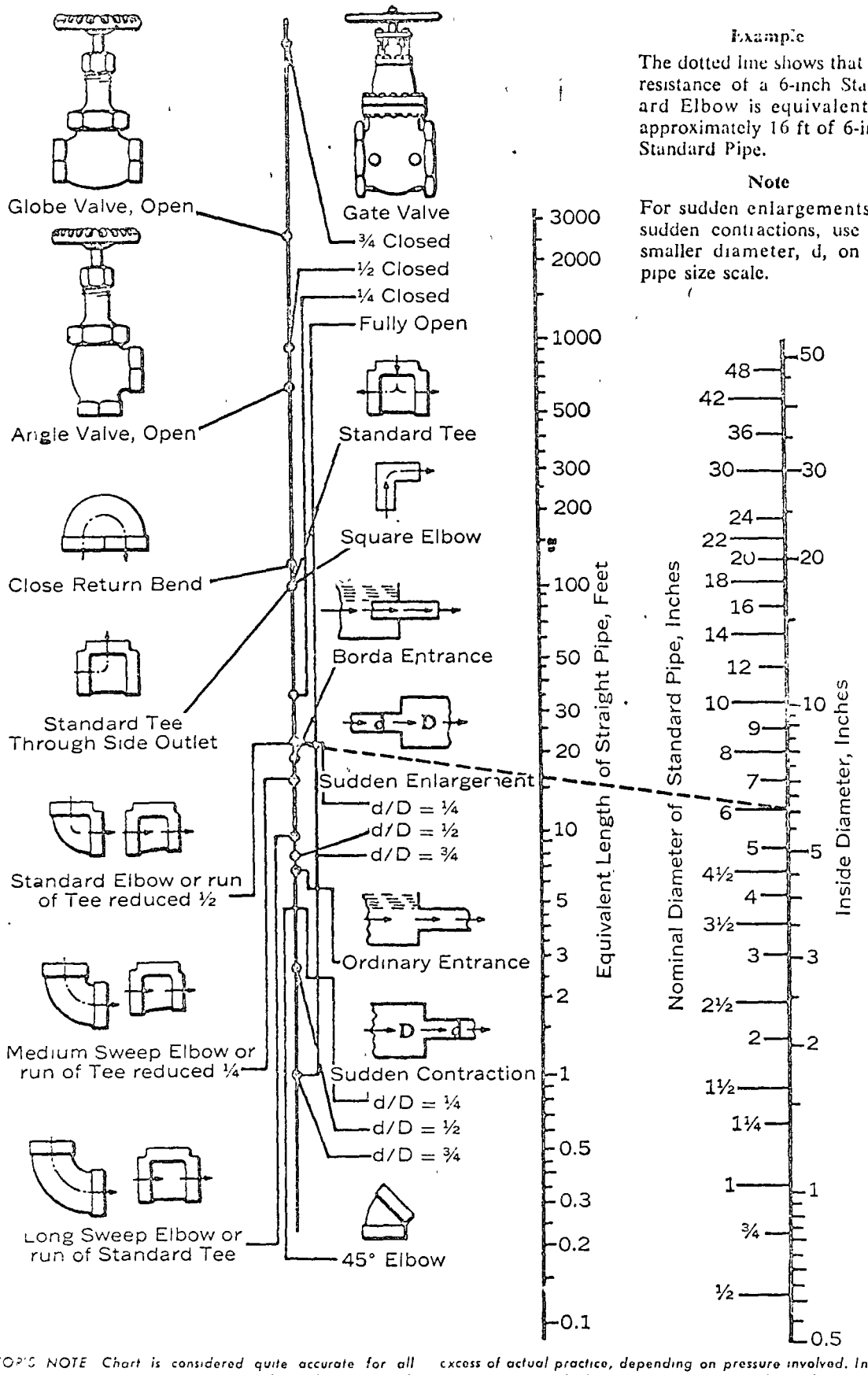
COMBINED TABLES 1 AND 2—PHYSICAL CONSTANTS OF HYDROCARBONS

COMPOUNDS FOUND IN LP-GAS

(Continued)

NAME	METHANE	ETHENE	ETHANE	PROPENE	PROPANE	ISO-BUTANE	BUTENE-1	-ISO-BUTENE	N-BUTANE	ISO-PENTANE	PENTENE-1	N-PENTANE	AIR	WATER
FORMULA	CH_4	C_2H_4	C_2H_6	C_3H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_4H_8	C_4H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12}	C_5H_{10}	C_5H_{12}		H_2O
Heat Required to Vaporize Liquid at the Boiling Point and Atmospheric Pressure														
Btu Per Pound	245	208	211	189	183	158	174	167	166	146	148	153	92	970.3
Btu Per Gallon	712	686	696	822	774	741	872	836	797	759	797	803	156.5	8089.4
Ratio of Liquid Volume @ 60° F. to Gas Volume @ Atmospheric Pressure and 60° F.	443	333.7	294 3	283.5	272.7	229.3	252.9	254.0	237.8	205.0	218.3	207		
Freezing Point of Liquid at Atmosoheric Pressure														
°F.	−296.5	−272.6	−297.8	−301.4	−305.9	−255.3	−301.6	−220.6	−216.9	−257.1	−265.5	−201.5		32
°C.	−182.5	−169.2	−183 2	−185.2	−187.7	−159.4	−185.3	−140.3	−138.3	−160.6	−165.3	− 129.7		0
Molecular Weight	16.042	28.052[2]	30.068	42.079	44.094	58.12	56.105	56.105	58.12	72.146	70.131	72.146	28.966	18.016
Gallons Per Pound Mol at 60° F.	6.4	8.5	9.64	9.7	10.41	12.38	11.2	11.2	11.94	13.84	13.0	13.71	4.06	2.16
Specific Heat at Atmospheric Pressure @ 60° F.														
Cp Liquid—Btu Per Pound Per °F.							0.54	0.555	.55@32F.	0.533		0.536		1.000
Cp Vapor — " " " " "	0.5271	0.362	0.410	0.352	0.389	0.387	0.347		0.397	0.388		0.397	0.171	0.455
Cv Vapor — " " " " "	0.402	0.288	0.343	0.298	0.342	0.352	0.303		0.363	0.361		0.370		0.333
Cp Vapor — " " " " "	1.308	1.258	1.193	1.180	1.133	1.097	1.145		1.094	1.076		1.074	1.410	1.335
Cv														
Critical Conditions														
Temperature °F.	−116.5	49.8	90.1	196.5	206.2	273.2	297	292.5	305.6	370.0	394	387.0	−221.3	705
" °C.	− 82.5	9.9	32.3	91.4	96.8	134.0	147.2	144.7	152.0	187.6	201	197.2	−140.7	374.1
Pressure—Pounds Per Square Inch Absolute	673	742	708	667	617	529	588	580	551.0	483	594	490	547	3206
Pressure—Atmospheres	45.8	50.5	48.2	45.4	42.0	36.0	40.0	39.5	37.5	32.9	40.4	33.3	37.2	218 2
Density—Pounds Per Gallon	1.351		1.695		1.888	1.946			1.891	1.955		1.935		
Volume Cubic Feet Per Pound Mol.	1.589		2 371		3.123	3 990			4 130	4.930		4.98		

Resistance of Valves and Fittings to Fluid Flow



Example

The dotted line shows that the resistance of a 6-inch Standard Elbow is equivalent to approximately 16 ft of 6-inch Standard Pipe.

Note

For sudden enlargements or sudden contractions, use the smaller diameter, d, on the pipe size scale.

EDITOR'S NOTE Chart is considered quite accurate for all sizes given for gas in pressure ranges where the Weymouth Formula or Panhandle Formula is used In low pressure use, where the Spitzglass Formula is used, chart is reasonably accurate for mains 4 in and larger For smaller sizes, such as service lines 2-in and smaller, pressure drops calculated by using chart may be in excess of actual practice, depending on pressure involved. In such cases, service might be designed oversize. Other values are presented in the section of this Handbook on "Gas Service Design" and "Installation of Gas Piping on Industrial and Commercial Premises (Table 1)."

Chart courtesy Crane Company

Conversion Factor Data

Length

	Centimeter =	Foot =	Inch =	Kilometer =	Meter =	Mile =
Centimeters	1	30 48006	2 54	100,000	100	160,934.7
Feet	0.0328	1	0.08333	3281	3.280833	5280
Inches	0 3937	12	1	39,370	39 37	63,360
Kilometers	0.00001	0 0003048	0 0000254	1	0 001	1 6093
Meters	0 01	0.3048006	0 0254	1000	1	1,609 3
Miles	0 00000621	0 0001893	0 00001578	0.6214	0 000621	1
Millimeters	10	304.8	25.4	1,000,000	1000	1,609,347 2

Area

	Sq Centimeter =	Sq Foot =	Sq Inch =	Sq Meter =
Sq Centimeters	1	929	6 45	10,000
Sq Feet	0 001076	1	0 006944	10 76
Sq Inches	0 1550	144	1	1549 9
Sq Meters	0 0001	0 0929	0.000645	1
Sq Millimeters	100	92,900	645 2	1,000,000

Volume

	Cu Centimeter =	Cu Foot =	Cu Inch =	Cu Meter =	Gal. (U.S.) =	Liters =	Barrels =
Cu Centimeters	1	28,317.016	16 39	1,000,000	3785	1000	158,970
Cu Feet	0 00003531	1	0005787	35 31	0 133680	0 03531	5.614
Cu Inches	0 06102	1728	1	61,023	231	61 02	9702
Cu Meters	0 000001	0 028317	0.00001639	1	0 003785	0 001	.1589
Gal (U.S.)	0 0002642	7.481	0 004329	264.2	1	0 2642	42

Mass & Weight

	Kilogram =	Pound =	Ton (long) =	Ton (Metric) =	Ton (short) =	Ounce =
Grams	1000	453 6	1,016,047	1 000,000	907,200	28 35
Kilograms	1	0 4536	1016	1000	907 2	0 02835
Milligrams	1,000,000	453,600	1,016,047,040	1,000,000,000	907,200,000	28,350
Pounds	2 205	1	2240	2204 6	2000	0 0625
Ounces	35 274	16	35,840	35,274	32 000	1

Density

	Grams/cc =	Kg/cu meter =	lb/cu ft =	lb/cu in. =
Grams/cu cent.	1	0 001	0 01602	27 68
Kilograms/cu meter	1000	1	16 02	27,680
lb/cu ft	62 43	0 06243	1	1728
lb cu in	0 03613	0 00003613	0 0005787	1

Pressure

	Atmosphere =	In of Mercury at 0 C =	In. of Water at 4 C =	Ft of Water - at 4 C =	Kilograms/Sq Meter =	Lb/Sq In =
Atmospheres	1	0.03342	0 002458	0 02950	0 00009678	0 06804
In of Mercury at 0 C	29.92	1	0.07355	0 8826	0 002896	2 036
In. of Water at 4 C	406 8	13 60	1	12	0 03937	2/ 68
Ft of Water at 4 C	33 90	1.133	0 08333	1	0 003281	2 307
Lb Sq In	14 70	0 4912	0 03613	0 4335	0 001422	1

Conversion Factor Data

Linear Velocity

	Centimeter/sec =	Foot/min =	Foot/sec =	Mile/hr =
Centimeters/sec	1	0.5080	30 48	44 70
Feet/min	1.969	1	60	88
Feet/sec	0 03281	0 01667	1	1467
Miles/hr	0.02237	0.01136	0 6818	1

Heat, Work, or Energy

	Ft-lb =	Kw-hr =	Hp-hr =	Btu =	Calories =
Ft-lb	1	2,655,000	1,980,000	778.16	3 086
Kw-hr	0 3766 x 10^{-6}	1	0.7455	0.000293	0.1162 x 10^{-5}
Hp-hr	0 505 x 10^{-6}	1.341	1	0.000393	0 1558 x 10^{-5}
Btu	0 001285	3413	2545	1	0 00397
Calories	0.3241	860,565	641,615	252	1

Miscellaneous Conversions

Land Measure

1 rod = 16.5 feet = 5.5 yards
1 mile = 5280 feet = 1760 yards = 320 rods
1 furlong = 10 chains = 40 rods = 660 feet
1 square mile = 1 section = 640 acres = 102,400 square rods
1 acre = 43,560 square feet = $(208.71 \text{ ft})^2$

Nautical Measure

6080.27 feet = 1 nautical mile = 1.15156 statute miles
3 nautical miles = 1 league (U. S.)

Circular Inch

1 circular inch = 0.7854 square inch
= (area of circle 1 inch in diameter)
1 square inch = 1.2732 circular inches

Metric Multiples (Volume)

1 centiliter	= 10 milliliters	= 0.338 fluid ounce
1 deciliter	= 10 centiliters	= 0.845 liquid gill
1 liter	= 10 deciliters	= 1.0567 liquid quarts
1 dekaliter	= 10 liters	= 2.6417 liquid gallons
1 hectoliter	= 10 dekaliters	= 2.8375 U. S. bushels
1 kiloliter (or stere)	= 10 hectoliters	= 28.375 U. S. bushels

Liquid Measure

1 U. S. gallon (liquid) = 0.8327 Imperial gallon
1 Imperial gallon = 1.201 U. S. gallons (liquid)
1 U. S. gallon (liquid) = 0.8594 U. S. gallon (dry)
1 cubic foot = 7 4805 gallons (liquid)
1 U. S. gallon (liquid) = 231 cubic inches
1 U. S. gallon (liquid) = 8.336 lb water @ 62 F

Time

1 day = 24 hours
= 1440 minutes
= 86,400 seconds
1 hour = 0.04167 day
= 60 minutes
= 3600 seconds
1 week = 7 days
= 168 hours
= 10,080 minutes
= 604,800 seconds

Rate of Doing Work

1 Btu = 778 ft-lb per minute
= 12.97 ft-lb per second
= 0 02357 horsepower
= 17.58 watts
1 horsepower = 42.41 Btu per minute
= 33,000 ft-lb per minute
= 550 ft-lb per second
= 745.7 watts
1 kilowatt = 3413 Btu per hour
= 1.341 horsepower
1 boiler horsepower = 33,479 Btu per hour
= 9.804 kilowatts

Temperature Conversions

Absolute Temperature, deg. C = Deg. Centigrade + 273
Temperature in deg. F = (Deg. Centigrade + 17.8) × 1 8
Absolute temperature, deg. F = Deg. Fahrenheit + 460
Temperature in deg. C = (Deg. Fahrenheit — 32) × 5/9

Taken from Section 1, "Natural Gasoline and the Volatile Hydrocarbons," by Brown, Katz, Oberfell and Alden.

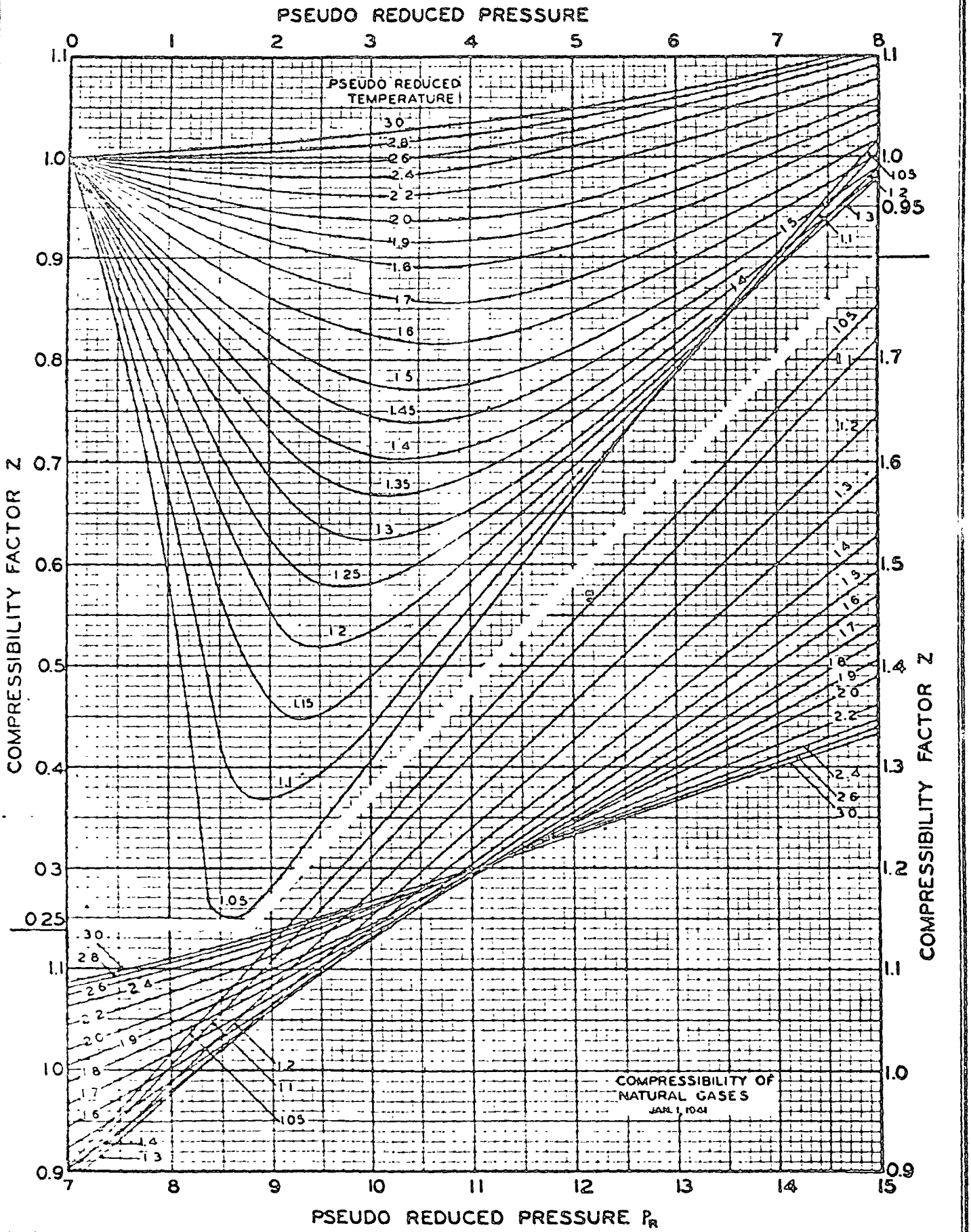


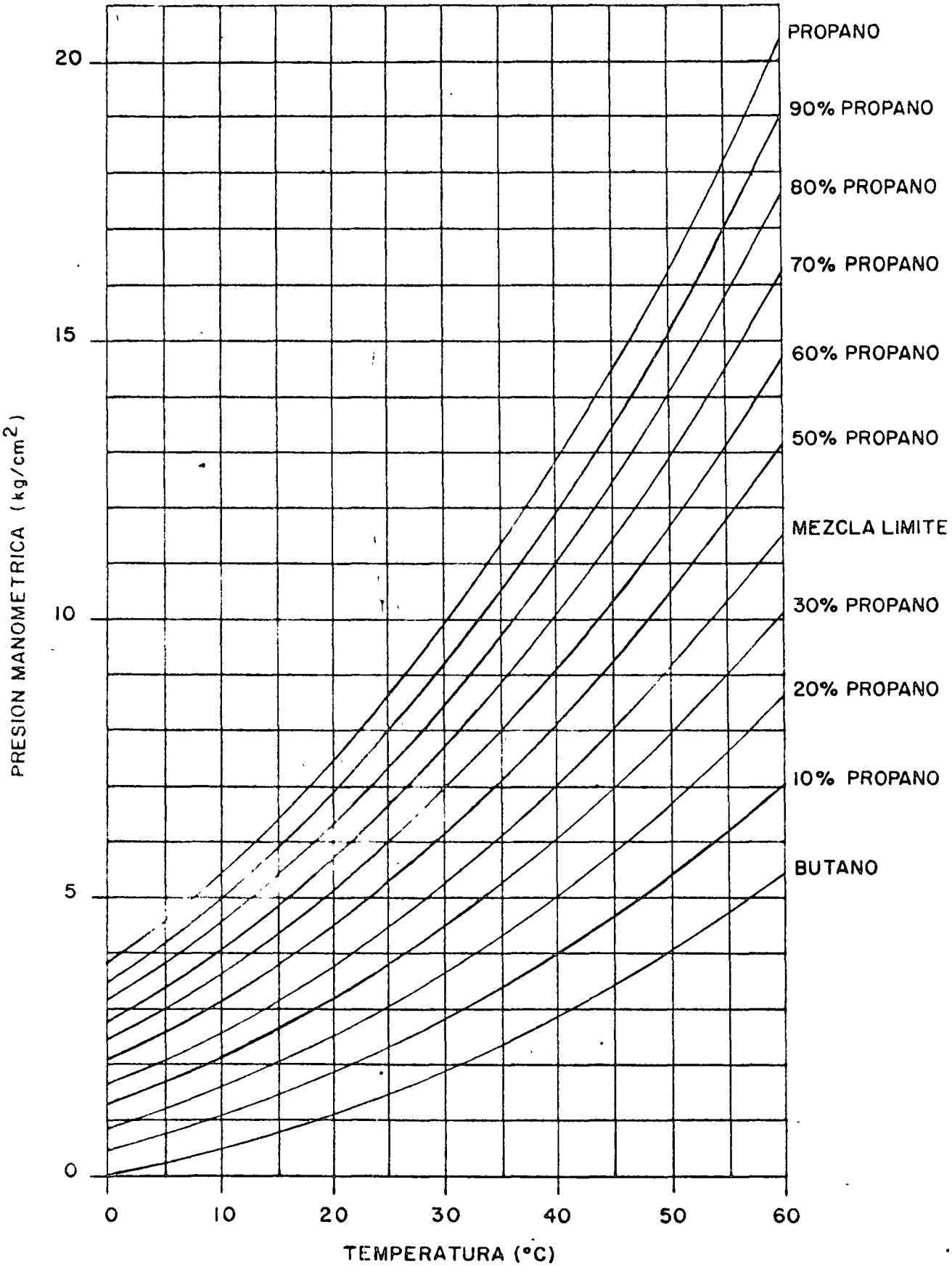
Fig. 3—The compressibility factor for natural gases as a function of pseudo-reduced pressure and temperature.

$$\text{Pseudo-reduced temperature} = \frac{\text{absolute temperature}}{\text{molecular average critical temperature}}$$

$$\text{Pseudo-reduced pressure} = \frac{\text{absolute pressure}}{\text{Molecular average critical pressure}}$$

$P_R = \frac{P}{\quad}$ $T_R = \frac{T}{\quad}$

GRAFICA I-4


PROPANO
90% PROPANO
80% PROPANO
70% PROPANO
60% PROPANO
50% PROPANO
MEZCLA LIMITE
30% PROPANO
20% PROPANO
10% PROPANO
BUTANO
20
15
10
5
0
0
10
20
30
40
50
60
PRESION MANOMETRICA (kg/cm²)
TEMPERATURA (°C)

II.- INSTALACIONES INDUSTRIALES.

TUBERIAS,

a).- Tipos y especificaciones

Ing. Alvaro Garza Peña

Para la conducción de gas licuado o natural se tienen autorizados los siguientes tipo de tubería.

Negra de acero y galvanizada
Cobre
Cloruro de Palivinilo

La tubería negra o galvanizada de acero se fabrica bajo especificaciones que se establecen en la Norma Oficial DGN - B10-1966, en la misma se establecen tres tipos: la normal designada A, que corresponde a la designación de la ASA y ASTM a la cédula 40, la reforzada B que corresponde a la cédula 80 y la extraforzada a la cédula XXS C, y dentro de c ada uno de estos tipos se establecen tres subtipos que corresponden al - método de fabricación, así la A-1, B-1 y C-1 son los tubos de fabricación soldadas a tope, A-2, B-2 y C-2 son los tubos de fabricación soldados a traslave, A-3. B-3 y C-3 son los tubos sin costura.

Sus características de grueso de pared y presión hidrostática máxima de trabajo, se ilustran en la tabla I, II y III, indicadas en la Norma DGN - B10

La norma establece los tipos y especificaciones de tubería de acero para uso de líquidos, vapores y gases sin embargo para gas licuado o natural en usos domésticos, comerciales o industriales se utilizan solo los dos últimos o sea la reforzada y extra-reforzada, la reforzada para conducir gas en baja presión con uniones roscadas, con uniones soldadas se utiliza para líneas conductoras en alta presión y el extrareforzado para conducir gas en alta presión con uniones roscadas.

La tubería de cobre se fabrica bajo especificaciones de norma DGN-B62-1954 y esencialmente establece que serán sin costura flexibles y estiradas en frío, su presión hidrostática de prueba será de 70 kg/cm^2 debiendo quedar después de esta sin fugas ni porosidades.

Los tubos que no sean recocidos tienen una flexibilidad relativa y en el mercado se les llama rígidos, sin embargo los recocidos son bastante flexibles por lo que se - les llama flexibles.

Este tipo de tubo se emplea generalmente en instalaciones comerciales o domésticas, donde los diámetros utilizados son pequeños y su instalación se hace más o - menos protegida a daños mecánicos, en instalaciones industriales o redes no se emplea primero por su costo y luego por que su resistencia mécánica es baja.

La DGN-E43-1973 para polietileno para condución de gas natural y licuado en redes subtérraneas. Su presión de prueba hidráulica es de 56 kg/cm^2.

La tubería de cloruro de palivinilo comunmente llamada P.V.C. se fabrica bajo especificaciones de la norma DGN-E12-1968, la cual limita su uso para redes de distribución de gas licuado y natural.

Su presión de trabajo es de 4.50 kg/cm^2 y la presión de prueba para el tipo - R D -11 que es el de fabricación normal en P.V.C. grado A y B tipo I en un lapso de

prueba de 60 a 90 segundo de 90 kg/cm^2 para el P.V.C. grado A tipo II es de 71 kg/cm^2 prueba que deberá efectuarse a 23°C de temperatura, su resistencia en pruebas de largo periodo 1000 horas a 23°C de temperatura, para el R D-11 Grado A y B tipo I es de 60 kg/cm^2 y el Grado A tipo II de 53 kg/cm^2.

La selección de la tubería para diversos usos se basará primero en el tipo de instalación a desarrollar sea doméstica de tanques portátiles, doméstica de departamentos, comercial, industrial, o red de distribución. Para los primeros donde la distancia entre tanques y aparatos de consumo es cercana se emplea el cobre flexible por ser más manejable y rápido en su instalación.

En los del segundo tipo se emplea más comunmente cobre rigido porque aun cuando es más caro que el fierro galvanizado su instalación es más rápida con lo que se ahorra tiempo y dinero, en casos donde no se consigue el cobre rigido o no se cuenta con personal capacitado se emplea el fierro galvanizado.

En las instalaciones comerciales si no son muy grandes se usa cobre rigido y si son grandes se emplea fierro galvanizado con uniones roscadas en caso de ser muy grandes se recomienda el fierro negro con uniones soldadas.

En las instalaciones industriales, es aconsejable el fierro negro soldado ya que representa la mayor seguridad.

Finalmente en las redes de distribución se emplea fierro negro con uniones soldadas en los diámetros de $2\frac{1}{2}$" o más y en las 2" o menos se recomienda el P.V.C.

Los accesorios empleados en líneas de gas son para tubo de acero en baja presión conecciones roscadas de 300 lbs., para tubo de cobre las conecciones especiales de latón tipo soldable, para instalaciones de gas en alta presión se recomiendan las conecciones roscadas 2000 ó 3000 lbs., si estas van a ser soldadas se utilizarán las de ced. 40 u 80 según corresponda a la cédula del tubo empleado.

El corte para tubería de fierro se hace mediante segueta o corta-tubo hasta un diámetro de $2\frac{1}{2}$" en diámetros mayores se hace con soplete oxi-acetileno, las tuberías de cobre se cortan con corta-tubo, y las de P.V.C. con segueta.

El soldado de tubo de cobre se hace con soplete de gasolina y soldadura de 50-50 de estaño y plomo, teniendo cuidado de limpiar bien previamente los puntos a soldar antes de introducirlas a la conección.

La soldadura de tubo de fierro conviene que se haga desde diámetros pequeños y como máximo 1" con soplete oxi-acetileno, en diámetros mayores con soldadura de arco eléctrico, no conviene hacer los diámetros pequeños con arco eléctrico debido al poco espesor de la pared no permite una buena soldadura eléctrica pudiendo dejar perforaciones en el tubo a los lados de la soldadura. Para efectual la soldadura eléctrica se requiere que los tubos a unirse entre si o con conecciones esten propiamente biselados, además estos deben estar limpios de tierra, aceite, pintura, oxido, etc., se deberán alinear con precisión, entonces se aplica el primer cordón de soldadura que se denomina rondeo, enseguida viene el segundo denominado paso caliente, luego según el diámetro y por consiguiente el espesor de la pared vienen los pasos de relleno y un último denominado de vista, la soldadura terminada se cepilla, se limpia bien y queda concluida, esta debe presentar una apariencia uniforma y libre de escorias. En algunas ocasiones se requiere para una mayor seguridad de que las soldaduras estan bien hechas

que estas se radiografien para conocer si la soldadura en sus diversos pasos y secciones no tiene defectos los cuales pueden ser falta de penetración, quemado, línea de escoria, desalineamiento, corona baja, penetración excesiva, rotura longitudinal, rotura en la placa y socavado.

El roscado se emplea en tuberias de diámetros pequeños y medianos hasta 3" y yo creo que no debe pasarse del de 2", esta operación se hace mediante tarrajas que pueden ser manuales o mecánicas, que ya tienen el número de cuerdas standard que también tienen las conecciones, no debe cortarse mucho porque se adelgasa la pared del tubo y la conección al colocarse no llegan a tener un ajuste apropiado, tampoco debe hacerse poco corte porque el número de hilos que penetran en la conección son muy pocos y entonces la unión es débil.

El tendido de la tubería debe hacerse con cuidado de no maltratar las roscas o los biseles según el caso, una vez unida se maneja en lingados sea para instalación áerea o subtérranea, en el caso segundo la tubería debe protegerse contra la corrosión, para este propósito se recubre: En fábrica medinte cubierta de plástico, dejando los extremos sin recubrir para hacerlo después de la unión. Recubierto en bodega, se hace mediante proceso en que se aplica el material en caliente, el proceso consiste:

Primero limpiar bien la superficie del tubo para quitar tierra, aceite, pintura, grasa, oxidación, polvo, etc., enseguida se aplica una pintura primaria, después una capa de esmalte, luego una envoltura de fibra de vidtio yluego impregnación de la fibra de vidrio con productos asfálticos.

Recubrimiento en el campo este se hace después de tendido y unido el tubo por el método que se desee emplear, limpianddo bien como en el caso de recubrimiento en bodega, enseguida se aplica una cinta adherente de polietileno impregnado de material adherente por una de sus caras el cual se va enrrollando sobre el tubo, manualmente o mediante aplicador de acción manual, sobre esta cinta se pone otra de papel asfáltico que sirve para proteger la primera del deterioro.

Cuando la tubería se instala áerea, se debe limpiar también y luego pintarse, con base anticorrosiva y después el color reglamentario.

Las capacidades de conducción que se calculan son:

Para gas licuado { Baja presión / Alta presión

Para gas natural { Baja presión / Alta presión

Es conveniente definir la baja y la alta presión, hay quienes además mencionan presión intermedia, nosotros consideramos baja presión la que utilizan los aparatos tipo doméstico, la cual es para el gas licuado 11" de columna de agua y para el natural 7"C a las presiones superiores no importando que tan superiores sean, las denominemos alta.

Así que para el cálculo de tuberías de baja presión se utiliza la fórmula simplificada de la de Pole y con los constantes establecidos que tiene la Sria. de Ind. y Comercio, Dir. Gra. de Gas y es:

$$\% \text{ de Caída } P = C^2 F L$$

Donde
C = al consumo
F = Factor de fricción del tubo
L = Longitud

Los valores de F. estan tabulados en función al diámetro del tubo y del tipo de este ya que el diámetro interno de unamisma medida de uno a otro no es igual así como tampoco es igual su superficie interna.

Existe un nomograma editado por CMS y formulado por el compañero Técnico en Gas F. Blumenkron que nos da el valor de C^2 por F y solo se múltiplica por la longitud para obtener el % de caída de presión.

Para calcúlar las capacidades de conducción de la tuberías que conducen gas natural en baja presión se emplea generalmente la fórmula del Dr. Pole que expresa:

$$Q = 876 \sqrt{\frac{d^5 h}{g l}}$$

Donde:

Q = Flujo en pies cúbicos por hora a 60°F
d = Diámetro interno de la tubería
h = Caída de presión
g = Gravedad especificada del gas (tomando el aire = 1)
l = Longitud de la tubería en pies

Esta fórmula se encuentra graficada en un nomograma editado por la American Gas Journal en el cual tenemos todos los variables y constantes por lo que mediante su uso podemos calcular el gasto, el diámetro o la cáída de presión según se requiere.

Es muy comun el uso de la fórmula de Spitzglass para el calculo de líneas en baja presión, el manual del American Gas Journal considera baja presión a los que son menores de 1 lb. menométrica esta expresión se representa.

$$Q = 3550\, k \left(\frac{h}{SL}\right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

Q = Flujo por hora en pies cúbicos a 14.73 psi a y 60°F
H = Caída de presión en pulgadas de columna de agua
S = Gravedad especifica del gas (Aire = 1)
L = Longitud del tubo en pies
d = Diámetro interno del tubo en pulgadas

$$K = \left[\frac{d^5}{1 + 3.6 + 0.03d}\right]^{\frac{1}{2}}$$

Para calcular las tuberias que conducen gas licuado o natural a alta presión se emplean más comunmente las siguientes fórmulas:

Para diámetros de 3" en adelante de Weymouth

$$Q = 433.45 \frac{To}{Po} \left[\frac{d^{16/3}}{GTL} \right]^{\frac{1}{2}} (P_1^2 - P_2^2)^{\frac{1}{2}}$$

Y en diámetros de 3" de Cox

$$Q = 33.3 \left[\frac{(P_1^2 - P_2^2 \times d^5}{GL} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

Q = Flujo de gas por 24 horas reducido a condiciones normales ($60^{o}F$ y 30" plg. mercurio)

To = Es la temperatura obsoluta a la cual $Q_{,}$ se reduce ($519.6^{o}F$)

Po = Presión absoluta a la cual Q se reduce (14.74 Psi)

P_1 = Presión inicial o de entrada absoluta en psi

P_2 = Presión final o de salida absoluta en psi

d = Diámetro interno de la tubería en pulgadas

G = Gravedad especifica del gas (aire = 1)

T = Temperatura del flujo absoluta ($519.6^{o}F$)

L = Longitud del tubo en millas.

Estas fórmulas tambíen estan graficadas en un nomograma editado por la American Gas Journal.

Esta fórmula de Weymouth es ampliamente usada ya que propociona datos muy cercanos a la realidad comparados a los establecidos por medición directa, cuando las presiones son medianas o sea no exedentes a las 50 ó 100 lbs., cuando las presiones se elevan la fórmula produce errores debido a que en estas condiciones los gases se alejan de la ley de los gases ideales. Para compensar este factor de compresibilidad se añade un factr expresado:

$$(1 + J\ Pm)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

$$Pm = 2/3 \left(P_1 + P_2 - \frac{P_1\ P_2}{P_1 + P_2} \right)$$

J = Factor determinado por la relación $(1+J\ P) = \frac{1}{2}$

En estas condiciones la fórmula modificada por compresibilidad se expresa:

$$Q = 433.45 \frac{To}{Po} \left(\frac{d\,16/3}{GTL}\right)^{\frac{1}{2}} (P_1^2 - P_2^2)^{\frac{1}{2}} (1 + J\,Pm)^{\frac{1}{2}}$$

También expresada como:

$$Q = 433.45 \frac{To}{Po} \left(\frac{d^{16/3}}{GTL}\right)^{\frac{1}{2}} \left[P_1^2(+2/3\,J\,P_1) - P_2^2\,(1+ 2/3\,JP_2)\right]^{\frac{1}{2}}$$

Simplificación de la fórmula se logra conociendo las condiciones estandar de sus sistemas de las variables de presión, temperatura, temperatura de flujo y las características fisicas del gas transpordado englobandolos en una constante K y sus valores constantes de las presiones variables en un factor de compresibilidad Z.

Considerando variable solamente la presión en la fórmula y modificandola por compresibilidad se tiene:

$$\left(\frac{Q}{C}\right)^2 = (P_1^2 - P_2^2)\,(1 + J\,Pm)$$

Donde:

$$C = 433.45 \frac{To}{Po}\left(\frac{d^{16/3}}{GTL}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\left(\frac{Q}{C}\right)^2 = (P_1^2 - P_2^2)\left[1+ 2/3\,J\left(P_1 + P_2 - \frac{P_1 P_2}{P_1+P_2}\right)\right]$$

$$= (P_1^2 - 2/3\,J\,P_1^2) - (P_2^2 + 2/3\,J\,P_2^2)$$

Haciendo $(P^2 + 2/3\,J\,P^2) = P^2\,(1 + 2/3\,J\,P) = f\,P$

Entonces $\left(\frac{Q}{2}\right)^2 = f\,P_1 - f\,P_2$

$$Q = C(fP_1 - fP_2)^{\frac{1}{2}}$$

Los valores de fP se dan en la tabla, 1 donde P (para ambos P_1 y P_2) se da como presión en psig y los valores fP se basan en presiones absolutas (P + 14.73) usando J = 0.00018 como valor promedio en tubería conduciendo gas natural.

Una simplificación mayor es posible si se establece K como constante usando P_o = 14.73 psia, To = 520 (460 + 60), T = 520 (460 + 60) y S = 0.60

$$K = 443.45 \frac{To}{Po}\left(\frac{1}{GT}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= 443.45 \frac{520}{14.73}\left(\frac{1}{06 \times 520}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= 866.67$$

Si el valor de K se computa en pies cúbicos por hora

$$K = 36.11$$

Entonces la fórmula se reduce a:

$$Q = 866.67 \left(\frac{d^{16/3}}{L}\right)^{\frac{1}{2}} \times (fP_1 - fP_2)^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = 866.67 \frac{d^{8/3}}{L^{\frac{1}{2}}} (fP_1 - fP_2)^{\frac{1}{2}}$$

Los valores de $d^{16/3}$ ó $d^{8/3}$, $\frac{1}{L^{\frac{1}{2}}}$ y fP se muestran en las tablas, 1, 2 y 6

La fórmula de Panhandale se emplea ampliamente por compañías que requieren el uso de grandes diámetros en líneas de conducción (12 pulgadas o mayores)

$$Q = 435.87\, e \left(\frac{To}{Po}\right)^{1.07881} \left(\frac{P_1^2 - P_2^2}{G\ 0.8539\ TfL}\right)^{0.5394} d^{2.6182}$$

Substituyendo:

To = Temperatura base = (60° 460°) = 520° Absoluta
Po = Presión base = 14.73 psia
Tf = Temperatura de flujo 50° 460° = 510° Absoluta
G = Gravedad del gas = 0.686 (Gas Panhandale)

y donde:

P_1 = presión inicial — psia

P_2 = Presión final — psia

L = Longitud de la línea en millas

d = Diámetro del tubo en pulgadas

e = Factor de la experiencia

La ecuación puede tomarse

$$\frac{Q}{d^{2.6182}} = 839.51\, e \left(\frac{P_1^2 - P_2^2}{L}\right)^{0.5394}$$

Esta fórmula se verifica recientemente, y se le modifico, resultando la fórmula Panhandle modificada, introduciendole correcciones por la elevación y compresibilidad, Cuando se requiere hacer calculos que no sean muy precisos se usa la versión simplificada de la fórmula modificada:

$$Q = 737 \left(\frac{To}{Po}\right)^{1.02} E \left(\frac{P_1^2 - P_2^2}{T f LG^{0.961}}\right)^{0.510} X D^{2.53}$$

Donde:

Q = Pies cúbicos por día a To y Po
To= Temperatura Base, °F abs.
Po= Presión base psia
E = Factor de eficiencia
P_1 = Presión corriente arriba
P_2 =Presión corriente abajo
Tf = Temperatura del flujo, °F abs.
L = Longitud de la línea en millas
G = Gravedad del gas referida al aire
D = Diámetro interior del tubo en pulgadas

Esta ecuación puede ser separada en dos componentes según se indica.

$$Q = 737 \left(\frac{To}{Po}\right)^{1.02} x \left(\frac{1}{Tf}\right)^{0.510} x \left(\frac{1}{G}\right)^{4901} x \left(\frac{1}{L}\right)^{0.510} x D^{2.53} x E x$$

$$P_1^{1.02} \left(\frac{r^2-1}{r^2}\right)^{0.510}$$

Normalmente To, Po y G permanecen constantes para un problema determinado, entonces los componentes se pueden agrupar juntos en una tabla.

Las siguientes tablas se pueden preparar.

a) FGTf = Función - Temperatura - Gravedad —— Tabla I

$$FGTf = 737 \left(\frac{To}{Po}\right)^{1.02} x \left(\frac{1}{TL}\right)^{0.510} x \left(\frac{1}{G}\right)^{0.4901}$$

b) Fp = Función de la presión Tabla II

$$Fp = (P_1)^{1.02}$$

c) FL = Función de la longitud del tubo Tabla III

$$FL = \left(\frac{1}{L}\right)^{0.510}$$

d) F_D = Función del diámetro de la tuberia Tabla IV

$$F_D = D^{2.53}$$

e) Fr = Función del radio Tabla V

$$r = \frac{P_1}{P_2}$$

$$Fr = \left(\frac{r^2 - 1}{r^2}\right)^{0.510}$$

Entonces la ecuación se simplifica a una expresión muy manejable

$$C = F_{GT} \times F_b \times F_L \times F_D \times F_r \times E$$

Pruebas, la tubería una vez instalada se debe probar en su hermeticidad tapando sus salidas y levantando la presión interna hasta por lo menos el doble de su presión de trabajo y por un periodo de 12 horas, comunmente se emplea aire o un gas inerte, no se recomienda mucho el agua aun cuando se puede hacer, por la humedad que queda oxida y afecta los mecanismos de las válvulas, los reguladores y los medidores, y en los lugares donde hace mucho frio esta ocasiona congelación en los espreas de los reguladores tapandolas.

También es necesario probar el recubrimiento cuando estas van subtérraneas, sea este aplicado en caliente o frio, para evitar fugas de la corriente que se aplica a la tubería para protección catodica, esta prueba se hace con un detector eléctrico de alto voltaje y su operación es un electrodo en forma de resorte anular se hace correr por todo el tubo el otro electrodo va a tierra y donde el recubrimiento tiene una falla slata un arco eléctrico indicando la falla.

C.1 40

T A B L A I

Diámetro nominal	Diámetro externo	Grueso de la pared	PESO Kg/m. Extremos lisos	PESO Kg/m. Extremos roscados y copla	PRESION HIDROSTATICA Kg/cm2. A-1 Soldados a tope	A-2 Soldados a traslapo	A-3 Sin costura.	No. hilos por 25.4 mm
mm	mm	mm						
3	10.3	1.73	---	0.37	49	49	49	27
6	13.7	2.24	---	0.64	49	49	49	18
10	17.1	2.31	---	0.85	49	49	49	18
13	21.3	2.77	---	1.27	49	49	49	14
19	26.7	2.87	---	1.68	49	49	49	14
25	33.4	3.38	---	2.50	49	49	49	11.5
32	42.2	3.56	---	3.39	56	70	77	11.5
38	48.3	3.68	---	4.16	56	70	77	11.5
50	60.3	3.91	---	5.48	56	70	77	11.5
64	73.0	5.16	---	8.66	56	70	77	8
76	88.9	5.49	---	11.34	56	70	77	8
89	101.6	5.74	---	13.69	84	84	91	8
102	114.3	6.02	---	16.21	84	84	91	8
125	141.3	6.55	---	22.04	--	84	91	8
152	168.3	7.11	---	28.56	--	84	91	8
203	219.1	7.03	36.76	38.02	--	84	91	8
203	219.1	8.18	42.49	43.68	--	91	112	8
254	273.0	7.08	46.43	48.74	--	70	84	8
254	273.0	7.79	50.94	53.19	--	70	84	8
254	273.0	9.27	60.24	62.28	--	84	98	8
305	323.9	8.38	65.14	47.64	--	70	84	8
305	323.9	9.52	73.75	76.12	--	77	84	8

T A B L A II

PRESIÓN HIDROSTATICA

Diámetro nominal mm.	Diámetro externo mm.	Grueso de la pared mm.	Peso con extremos lisos Kg/m	B-1 Soldados a tope	B-2 Soldados a traslape	B-3 Sin costura	No. hilos por 25.4 mm.
3	10.3	2.42	0.46	59.5	59.5	59.5	27
6	13.7	3.03	0.80	59.5	59.5	59.5	18
10	17.1	3.21	1.10	59.5	59.5	59.5	18
13	21.3	3.74	1.61	59.5	59.5	59.5	14
19	26.7	3.92	2.18	59.5	59.5	59.5	14
25	33.4	4.55	3.21	59.5	59.5	59.5	11.5
32	42.2	4.86	4.44	77.0	105.0	112.0	11.5
38	48.3	5.09	5.37	77.0	105.0	112.0	11.5
50	60.3	5.55	7.43	77.0	105.0	112.0	11.5
64	73.0	7.02	11.34	77.0	105.0	112.0	8
76	88.9	7.63	15.15	77.0	105.0	112.0	8
89	101.6	8.09	18.51	119.0	119.0	126.0	8
102	114.3	8.53	22.17	119.0	119.0	126.0	8
125	141.3	9.54	30.75	---	119.0	126.0	8
152	168.3	10.99	42.28	---	119.0	126.0	8
203	219.1	12.7	61.29	---	119.0	168.0	8
254	273.0	12.7	81.46	---	112.0	133.0	8
305	323.9	12.7	97.35	---	112.0	133.0	8

T A B L A III

Diámetro nominal mm.	Diámetro externo mm.	Grueso de la pared mm.	Peso con extremos lisos	C-1 Soldados a tope	C-2 Soldados a traslape	C-3 Sin costura	No. hilos por 25.4 mm.
13	21.3	7.48	2.53	70	70	70	14
19	26.7	7.84	3.61	70	70	70	14
25	33.4	9.11	5.41	70	70	70	11.5
32	42.2	9.72	7.71	84	126	133	11.5
38	48.3	10.18	9.49	84	126	133	11.5
50	60.3	11.09	13.56	84	126	133	11.5
64	73.0	14.04	20.38	84	126	133	8
76	88.9	15.26	27.50	---	126	133	8
89	101.6	16.18	33.82	---	140	147	8
102	114.3	17.15	40.76	---	140	147	8
125	141.3	19.08	57.05	---	140	147	8
152	168.3	21.98	78.68	---	197	197	8
203	219.1	22.22	107.77	---	197	197	8

TABLE 1. Values of fP in thousands

Pressure psi-Gage (P_1 or P_2)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	20771	23750	26948	30338	33930	37722	41716	45912	50309	54907
10	59707	64709	69913	75319	80926	86736	92748	98961	1 0538	1 1200
20	1 1882	1 2584	1 3306	1 4049	1 4812	1 5596	1 6399	1 7223	1 8068	1 8932
30	1 9817	2 0722	2 1648	2 2593	2 3559	2 4546	2 5553	2 6580	2 7627	2 8695
40	2 9784	3 0892	3 2021	3 3171	3 4341	3 5531	3 6742	3 7973	3 9224	4 0496
50	4 1789	4 3102	4 4435	4 5789	4 7163	4 8558	4 9973	5 1409	5 2865	5 4342
60	5 5840	5 7357	5 8896	6 0455	6 2034	6 3634	6 5255	6 6896	6 8558	7 0240
70	7 1943	7 3666	7 5410	7 7175	7 8961	8 0767	8 2593	8 4441	8 6308	8 8197
80	9 0106	9 2031	9 3987	9 5958	9 7950	10 000	10 200	10 405	10 612	10 822
90	11 034	11 247	11 464	11 681	11 901	12 123	12 347	12,573	12 801	13 032
100	13 264	13 498	13 735	13 974	14 214	14 457	14 702	14 949	15 198	15 449
110	15 702	15 958	16 215	16 475	16 738	17 000	17 266	17 534	17 804	18 076
120	18 350	18 626	18 904	19 185	19 467	19 752	20 039	20 328	20 618	20 912
130	21 207	21 504	21 803	22 105	22 408	22 714	23 022	23 331	23 643	23 958
140	24 274	24 592	24 912	25 235	25 560	25 886	26 215	26 546	26 879	27 214
150	27 552	27 891	28 233	28 576	28 922	29 270	29 620	29 9 2	30 326	30 683
160	31 041	31 402	31 765	32 130	32 496	32 866	33 237	33 610	33 986	34 363
170	34 743	35 125	35 509	35 895	36 286	36 674	37 067	37 461	37 858	38 257
180	38 658	39 062	39 467	39 874	40 274	40 696	41 110	41 526	41 944	42 364
190	42 787	43 212	43 638	44 067	44 498	44 932	45 367	45 805	46 244	46 686
200	47 130	47 576	48 025	48 475	48 928	49 382	49 839	50 298	50 760	51 223
210	51 689	52 156	52 626	53 098	53 572	54 049	54 527	55 008	55 491	55 976
220	56 463	56 952	57 444	57 938	58 433	58 931	59 432	59 934	60 438	60 945
230	61 454	61 965	62 478	62 994	63 511	64 031	64 553	65 077	65 603	66 132
240	66 662	67 195	67 730	68 267	68 806	69 348	69 892	70 438	70 986	71 536
250	72 088	72 643	73 200	73 759	74 320	74 884	75 449	76 017	76 587	77 159
260	77 733	78 310	78 889	79 470	80 053	80 638	81 226	81 815	82 407	83 001
270	83 598	84 196	84 797	85 400	86 005	86 612	87 221	87 834	88 448	89 064
280	89 682	90 303	90 926	91 550	92 178	92 807	93 439	94 073	94 709	95 347
290	95 988	96 630	97 275	97 922	98 572	99 223	99 877	100 53	101 19	101 85
300	102 51	103 18	103 85	104 52	105 19	105 86	106 54	107 22	107 90	108 58
310	109 26	109 95	110 64	111 33	112 02	112 72	113 42	114 12	114 82	115 53
320	116 24	116 94	117 66	118 37	119 09	119 80	120 53	121 25	121 97	122 70
330	123 43	124 16	124 90	125 63	126 37	127 11	127 86	128 60	129 35	130 10
340	130 85	131 61	132 36	133 12	133 88	134 65	135 41	136 18	136 95	137 72
350	138 50	139 27	140 05	140 83	141 62	142 40	143 19	143 98	144 78	145 57
360	146 37	147 17	147 97	148 77	149 58	150 39	151 20	152 01	152 83	153 64
370	154 46	155 29	156 11	156 94	157 77	158 60	159 43	160 27	161 11	161 95
380	162 79	163 64	164 48	165 33	166 18	167 04	167 89	168 75	169 61	170 48
390	171 34	172 21	173 08	173 95	174 83	175 70	176 58	177 47	178 35	179 24
400	180 12	181 01	181 91	182 80	183 70	184 60	185 50	186 41	187 31	188 22
410	189 14	190 05	190 96	191 88	192 80	193 73	194 65	195 58	196 51	197 44
420	198 37	199 31	200 25	201 19	202 14	203 08	204 03	204 98	205 93	206 89
430	207 85	208 81	209 77	210 73	211 70	212 67	213 64	214 62	215 60	216 57
440	217 55	218 53	219 52	220 51	221 50	222 49	223 48	224 48	225 48	226 48
450	227 48	228 49	229 50	230 51	231 52	232 54	233 56	234 58	235 60	236 63
460	237 65	238 68	239 72	240 75	241 79	242 82	243 87	244 91	245 96	247 00
470	248 06	249 11	250 16	251 22	252 28	253 34	254 41	255 48	256 54	257 62
480	258 69	259 77	260 85	261 93	263 01	264 10	265 18	266 28	267 37	268 46
490	269 56	270 66	271 76	272 87	273 95	275 09	276 20	277 31	278 43	279 55
500	280 67	281 79	282 92	284 05	285 18	286 31	287 45	288 58	289 72	290 87
510	292 01	293 16	294 31	295 46	296 62	297 76	298 93	300 09	301 26	302 42
520	303 59	304 76	305 94	307 11	308 29	309 47	310 65	311 84	313 03	314 22
530	315 41	316 60	317 80	319 00	320 20	321 41	322 62	323 82	325 04	326 25
540	327 47	328 68	329 91	331 13	332 36	333 58	334 82	336 05	337 28	338 52
550	339 76	341 00	342 25	343 50	344 75	346 00	347 25	348 51	349 80	351 03
560	352 30	353 56	354 83	356 10	357 38	358 66	359 94	361 22	362 50	363 79
570	365 07	366 36	367 66	368 95	370 25	371 55	372 86	374 16	375 47	376 78
580	378 09	379 41	380 72	382 04	383 37	384 69	386 02	387 35	388 68	390 01
590	391 35	392 69	394 03	395 38	396 72	398 07	399 42	400 78	402 13	403 49
600	404 85	406 22	407 58	408 95	410 32	411 70	413 07	414 45	415 83	417 21
610	418 60	419 99	421 38	422 77	424 17	425 56	426 96	428 37	429 77	431 18
620	432 59	434 00	435 42	436 84	438 26	439 68	441 10	442 53	443 96	445 39
630	446 83	448 26	449 70	451 14	452 59	454 04	455 48	456 94	458 39	459 85
640	461 31	462 77	464 23	465 70	467 17	468 64	470 11	471 59	473 07	474 55
650	476 03	477 52	479 01	480 50	481 99	483 49	484 99	486 49	487 99	489 50
660	491 01	492 52	494 03	495 55	497 07	498 59	500 11	501 64	503 17	504 70
670	506 24	507 77	509 30	510 85	512 39	513 94	515 48	517 03	518 59	520 14
680	521 70	523 26	524 82	526 39	527 96	529 53	531 10	532 68	534 26	535 84
690	537 42	539 01	540 60	542 18	543 78	545 37	546 97	548 57	550 18	551 78
700	553 39	555 00	556 61	558 23	559 85	561 47	563 09	564 72	566 35	567 98
710	569 61	571 25	572 88	574 53	576 17	577 82	579 46	581 11	582 77	584 42
720	586 08	587 74	589 41	591 07	592 74	594 41	596 09	597 76	599 44	601 12
730	602 80	604 49	606 18	607 87	609 56	611 26	612 96	614 66	616 37	618 07
740	619 78	621 49	623 21	624 92	626 64	628 36	630 09	631 82	633 54	635 28
750	637 01	638 75	640 49	642 23	643 97	645 72	647 47	649 22	650 98	652 74
760	654 49	656 26	658 02	659 79	661 56	663 33	665 11	666 88	668 66	670 45
770	672 24	674 02	675 81	677 60	679 40	681 20	683 00	684 80	686 61	688 42
780	690 23	692 04	693 86	695 68	697 50	699 32	701 15	702,98	704 81	706 64
790	708 48	710 32	712 16	714 00	715 85	717 70	719 55	721 40	723 26	725 12
800	726 98	728 85	730 72	732 59	734 46	736 34	738 21	740 09	741 98	743 86
810	745 75	747 64	749 53	751 43	753 33	755 23	757 13	759 04	760 95	762 86
820	764 77	766 69	768 61	770 53	772 45	774 38	776 31	778 24	780 18	782 12
830	784 06	786 00	787 94	789 89	791 84	793 79	795 75	797 71	799 67	801 63
840	803 60	805 56	807 54	809 51	811 49	813 46	815 45	817 43	819 42	821 41
850	823 40	825 39	827 39	829 39	831 39	833 40	835 41	837 42	839 43	841 44
860	843 46	845 48	847 51	849 54	851 56	853 59	855 63	857 66	859 70	861 74
870	863 79	865 84	867 88	869 93	871 99	874 05	876 11	878 17	880 24	882 31
880	884 38	886 45	888 53	890 60	892 69	894 77	896 86	898 95	901 04	903 13
890	905 23	907 33	909 43	911 54	913 64	915 75	917 87	919 99	922 10	924 22
900	926 34	928 47	930 60	932 73	934 86	937 00	939 14	941 28	943 43	945 58
910	947 73	949 88	952 04	954 19	956 35	958 51	960 68	962 85	965 02	967 19
920	969 37	971 55	973 73	975 92	978 10	980 29	982 49	984 68	986 88	989 08
930	991 28	993 49	995 70	997 91	1000 1	1002 3	1004 6	1006 8	1009 0	1011 2
940	1013 5	1015 7	1017 9	1020 2	1022 4	1024 6	1026 9	1029 1	1031 4	1033 6
950	1035 9	1038 2	1040 4	1042 7	1045 0	1047 2	1049 5	1051 8	1054 0	1056 3
960	1058 6	1060 9	1063 2	1065 5	1067 8	1070 1	1072 4	1074 7	1077 0	1079 3
970	1081 6	1083 9	1086 2	1088 6	1090 9	1093 2	1095 5	1097 8	1100 2	1102 5
980	1104 9	1107 2	1109 5	1111 9	1114 2	1116 6	1118 9	1121 3	1123 6	1126 0
990	1128 4	1130 8	1133 1	1135 5	1137 9	1140 2	1142 6	1145 0	1147 4	1149 8

TABLE 1. (continued) Values of fP in thousands

Pressure psiGage (P_1 or P_2)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1000	1152 2	1154 6	1157 0	1159 1	1161 8	1161 2	1166 6	1160 0	1171 4	1173 8
1010	1176 2	1178 7	1181 1	1183 5	1185 9	1188 4	1190 8	1193 2	1195 7	1198 1
1020	1200 6	1203 0	1205 5	1207 9	1210 4	1212 8	1215 3	1217 8	1220 2	1222 7
1030	1225 2	1227 7	1230 2	1232 6	1235 1	1237 6	1240 1	1242 6	1245 1	1247 6
1040	1250 1	1252 6	1255 1	1257 6	1260 1	1262 6	1265 1	1267 7	1270 2	1272 7
1050	1275 2	1277 8	1280 3	1282 8	1285 4	1287 9	1290 5	1293 0	1295 6	1298 1
1060	1300 7	1303 2	1305 8	1308 4	1310 9	1313 5	1316 1	1318 6	1321 2	1323 8
1070	1326 4	1329 0	1331 6	1334 2	1336 8	1339 4	1342 0	1344 6	1347 2	1349 8
1080	1352 4	1355 0	1357 6	1360 2	1362 8	1365 5	1368 1	1370 7	1373 4	1376 0
1090	1378 6	1381 3	1383 9	1386 6	1389 2	1391 9	1394 5	1397 2	1399 9	1402 5
1100	1405 2	1407 8	1410 5	1413 2	1415 9	1418 6	1421 2	1423 9	1426 6	1429 3
1110	1432 0	1434 7	1437 4	1440 1	1442 8	1445 5	1448 2	1451 0	1453 7	1456 4
1120	1459 1	1461 8	1464 6	1467 3	1470 0	1472 8	1475 5	1478 3	1481 0	1483 8
1130	1486 5	1489 2	1492 0	1494 8	1497 5	1500 3	1503 1	1505 8	1508 6	1511 4
1140	1514 2	1517 0	1519 7	1522 5	1525 3	1528 1	1530 9	1533 7	1536 5	1539 3
1150	1542 1	1544 9	1547 7	1550 6	1553 4	1556 2	1559 0	1561 8	1564 7	1567 5
1160	1570 3	1573 2	1576 0	1578 9	1581 7	1584 6	1587 4	1590 3	1593 1	1596 0
1170	1598 8	1601 7	1604 6	1607 5	1610 3	1613 2	1616 1	1619 0	1621 9	1624 8
1180	1627 6	1630 5	1633 4	1636 3	1639 2	1642 2	1645 1	1648 0	1650 9	1653 8
1190	1656 7	1659 6	1662 6	1665 5	1668 4	1671 4	1674 3	1677 3	1680 2	1683 2
1200	1686 1	1689 1	1692 0	1695 0	1697 9	1700 9	1703 8	1706 8	1709 8	1712 8
1210	1715 8	1718 7	1721 7	1724 7	1727 7	1730 7	1733 7	1736 7	1739 7	1742 7
1220	1745 7	1748 7	1751 7	1754 7	1757 7	1760 8	1763 8	1766 8	1769 8	1772 8
1230	1775 9	1779 0	1782 0	1785 0	1788 1	1791 1	1794 2	1797 2	1800 3	1803 3
1240	1806 4	1809 5	1812 6	1815 6	1818 7	1821 8	1824 9	1828 0	1831 0	1834 1
1250	1837 2	1840 3	1843 4	1846 5	1849 6	1852 7	1855 8	1859 0	1862 1	1865 2
1260	1868 3	1871 4	1874 6	1877 7	1880 8	1884 0	1887 1	1890 3	1893 4	1896 6
1270	1899 7	1902 8	1906 0	1909 2	1912 3	1915 5	1918 7	1921 8	1925 0	1928 2
1280	1931 4	1934 6	1937 8	1940 9	1944 1	1947 3	1950 5	1953 7	1956 9	1960 1
1290	1963 3	1966 6	1969 8	1973 0	1976 2	1979 4	1982 7	1985 9	1989 1	1992 4
1300	1995 6	1998 8	2002 1	2005 3	2008 6	2011 8	2015 1	2018 4	2021 6	2024 9
1310	2028 1	2031 4	2034 7	2038 0	2041 2	2044 5	2047 8	2051 1	2054 4	2057 7
1320	2061 0	2064 3	2067 6	2070 9	2074 2	2077 5	2080 8	2084 2	2087 5	2090 8
1330	2094 1	2097 5	2100 8	2104 1	2107 5	2110 8	2114 2	2117 5	2120 9	2124 2
1340	2127 5	2130 9	2134 3	2137 6	2141 0	2144 4	2147 8	2151 2	2154 5	2157 9
1350	2161 3	2164 7	2168 1	2171 5	2174 9	2178 3	2181 7	2185 1	2188 5	2191 9
1360	2195 3	2198 7	2202 2	2205 6	2209 0	2212 4	2215 9	2219 3	2222 8	2226 2
1370	2229 6	2233 1	2236 6	2240 0	2243 5	2246 9	2250 4	2253 8	2257 3	2260 8
1380	2264 3	2267 8	2271 2	2274 7	2278 2	2281 7	2285 2	2288 7	2292 2	2295 7
1390	2299 2	2302 7	2306 2	2309 7	2313 2	2316 8	2320 3	2323 8	2327 3	2330 9
1400	2334 4	2338 0	2341 5	2345 0	2348 6	2352 1	2355 7	2359 2	2362 8	2366 4
1410	2369 9	2373 5	2377 1	2380 6	2384 2	2387 8	2391 4	2395 0	2398 6	2402 2
1420	2405 8	2409 4	2413 0	2416 6	2420 2	2423 8	2427 4	2431 0	2434 6	2438 2
1430	2441 9	2445 5	2449 1	2452 8	2456 4	2460 0	2463 7	2467 3	2471 0	2474 6
1440	2478 3	2482 0	2485 6	2489 3	2493 0	2496 6	2500 3	2504 0	2507 6	2511 3
1450	2515 0	2518 7	2522 4	2526 1	2529 8	2533 5	2537 2	2540 9	2544 6	2548 3
1460	2552 1	2555 8	2559 5	2563 2	2567 0	2570 7	2574 4	2578 2	2581 9	2585 6
1470	2589 4	2593 1	2596 9	2600 6	2604 4	2608 2	2611 9	2615 7	2619 5	2623 2
1480	2627 0	2630 8	2634 6	2638 4	2642 2	2646 0	2649 8	2653 6	2657 4	2661 2
1490	2665 0	2668 8	2672 6	2676 4	2680 2	2684 1	2687 9	2691 7	2695 6	2699 4

TABLE 2. Values of $\frac{1}{L^{\frac{1}{2}}}$

Miles	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		1 0000	0 7071	0 5773	0 5000	0 4472	0 4082	0 3780	0 3536	0 3333
10	0 3162	3015	2887	2773	2673	2582	2500	2425	2357	2294
20	2236	2182	2132	2085	2041	2000	1961	1924	1890	1857
30	1826	1796	1768	1741	1715	1690	1667	1644	1622	1601
40	1581	1562	1543	1525	1508	1491	1474	1459	1443	1429
50	1414	1400	1387	1374	1361	1348	1336	1325	1313	1302
60	1291	1280	1270	1260	1250	1240	1231	1222	1213	1204
70	1195	1187	1179	1170	1162	1155	1147	1140	1132	1125
80	1118	1111	1104	1098	1091	1085	1078	1072	1066	1060
90	1054	1048	1043	1037	1031	1026	1021	1015	1010	1005

Miles	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	0 1000	0 0953	0 0913	0 0877	0 0845	0 0816	0 0791	0 0767	0 0745	0 0725
200	0707	0690	0674	0659	0645	0632	0620	0609	0598	0587
300	0577	0568	0559	0550	0542	0535	0527	0520	0513	0506
400	0500	0494	0488	0482	0477	0471	0466	0461	0456	0452
500	0447	—	—	—	—	—	—	—	—	—

TABLE 3. Values of $\frac{1}{G^{\frac{1}{2}}}$

G	$1/G^{\frac{1}{2}}$	G	$1/G^{\frac{1}{2}}$	G	$1/G^{\frac{1}{2}}$
0 600	1 2910	0 607	1 2835	0.614	1 2762
0 601	1 2899	0 608	1 2825	0 615	1 2752
0 602	1 2888	0 609	1 2814	0 616	1 2741
0 603	1 2878	0 610	1 2804	0 617	1 2731
0 604	1 2867	0 611	1 2793	0 618	1 2721
0 605	1 2857	0 612	1 2782	0 619	1 2710
0.606	1 2846	0 613	1 2772	0 620	1 2700

TABLE 4. Values of $\frac{1}{P_o}$

P_o	$\frac{1}{P_o}$	P_o	$\frac{1}{P_o}$	P_o	$\frac{1}{P_o}$
14 525	0 068847	15 400	0 064935	16 525	0 060511
14 650	0 068259	15 525	0 064412	16 650	0 060060
14 730	0 067899	15 650	0 063898	16 775	0 059612
14 775	0 067682	15 775	0 063391	16 900	0 059172
14 900	0 067111	15 900	0 062893	17 025	0 058737
15 025	0 066556	16 025	0 062403	17 150	0 058309
15 150	0 066007	16 275	0 061441	17 275	0 057887
15 275	0 065466	16 400	0 060976	17 400	0 057471

TABLE 5. Values of $\frac{1}{T^{\frac{1}{2}}}$ for various values of T (where T = 460 + t)

t	$1/T^{\frac{1}{2}}$	t	$1/T^{\frac{1}{2}}$	t	$1/T^{\frac{1}{2}}$	t	$1/T^{\frac{1}{2}}$
40	0 044721	50	0 044281	60	0 043853	70	0 043437
41	0 044676	51	0 044237	61	0 043811	71	0 043396
42	0 044632	52	0 044194	62	0 043769	72	0 043356
43	0 044588	53	0 044151	63	0 043727	73	0 043315
44	0 044544	54	0 044108	64	0 043685	74	0 043274
45	0 044499	55	0 044065	65	0 043644	75	0 043234
46	0 044455	56	0 044023	66	0 043602	76	0 043193
47	0 044412	57	0 043980	67	0 043561	77	0 043153
48	0 044368	58	0 043938	68	0 043519	78	0 043113
49	0 044324	59	0 043896	69	0 043478	79	0 043073
						80	0 043033

TABLE 6. Values of d and other data for API pipe

Diameters		Weight per foot plain ends	Wall thickness			
Outside D Ins	Inside d Ins	Lbs	t Ins.	d^3	$d^{3/2}$	$d^{10/3}$
3 500	3 250	4 51	125	363×10^3	2.32×10^2	537×10^3
3 500	3 188	5 58	156	329	220	485
3 500	3 124	6 63	188	299	209	435
3 500	3 068	7 58	216	272	199	398
3 500	3 000	8 68	250	243	187	350
3 500	2 938	9 67	281	219	177	314
4 000	3 750	5 17	125	742	339	1 152
4 000	3 688	6 41	156	692	325	1 054
4 000	3 624	7 61	188	625	310	960
4 000	3 500	10 01	250	525	292	797
4 000	3 438	11 17	281	480	269	725
4 500	4 250	5 84	125	1 387	474	2 246
4 500	4 188	7 25	156	1 289	456	2 077
4 500	4 124	8 61	188	1 193	417	1 913
4 500	4 062	10 00	219	1 106	120	1 764
4 500	4 026	10 79	237	1 058	410	1 683
4 500	4 000	11 35	250	1 024	403	1 626
4 500	3 938	12 67	281	947	387	1 496
4 500	3 876	13 98	312	875	371	1 374
5 563	5 251	9 02	156	3 092	833	6 939
5 563	5 187	10 76	188	3 755	806	6 500
5 563	5 125	12 49	219	3 516	781	6 096
5 563	5 047	14 62	258	3 275	749	5 617
5 563	5 001	15 87	281	3 128	731	5 349
5 563	4 939	17 52	312	2 999	707	5 005
5 563	4 875	19 16	344	2 753	683	4 669
6 625	6 249	12 89	188	9 529	1 325	$1 755 \times 10^4$
6 625	6 187	14 97	219	9 066	1 290	1 664
6 625	6 125	17 02	250	8 620	1 256	1 577
6 625	6 065	18 97	280	8 206	1 223	1 497
6 625	6 001	21 07	312	7 782	1 189	1 414
6 625	5 937	23 06	344	7 376	1 156	1 336
6 625	5 875	25 03	375	6 999	1 124	1 263
8 625	8 249	16 90	188	$.382 \times 10^5$	278×10^3	772×10^4
8 625	8 187	19 61	219	368	272	741
8 625	8 125	22 36	250	351	267	712
8 625	8 071	24 70	277	342	262	687
8 625	8 001	27 74	312	328	256	656
8 625	7 981	28 55	322	324	254	647
8 625	7 937	30 10	344	315	251	628
8 625	7 875	33 04	375	304	245	604
8 625	7 749	38 26	438	279	245	553
10 750	10 374	21 15	188	$1 202 \times 10^5$	512×10^3	$2 620 \times 10^4$
10 750	10 312	24 60	219	1 166	504	2 539
10 750	10 250	28 04	250	1 131	496	2 459
10 750	10 192	31 20	279	1 100	488	2 384
10 750	10 136	34 24	307	1 070	481	2 315
10 750	10 062	38 20	344	1 031	472	2 227
10 750	10 020	40 48	365	1 010	467	2 178
10 750	9 874	48 19	438	939	449	2 011
12 750	12 312	29 25	219	2 529	809	6 544
12 750	12 250	33 38	250	2 759	797	6 359
12 750	12 188	37 45	281	2 689	787	6 189
12 750	12 126	41 51	312	2 622	776	6 023
12 750	12 090	43 77	330	2 585	770	5 928
12 750	12 062	45 55	344	2 553	765	5 856
12 750	12 000	49 56	375	2 488	755	5 697
12 750	11 874	57 53	438	2 360	734	5 385
14 000	13 500	36 71	250	4 181	1 030	$1 066 \times 10^5$
14 000	13 438	41 21	281	4 052	1 021	1 042
14 000	13 376	45 68	312	4 242	1 008	1 016
14 000	13 312	50 11	341	4 181	995	991
14 000	13 250	54 57	375	4 084	984	966
14 000	13 124	63 37	438	3 890	958	918
14 000	13 000	72 09	500	3 713	931	873
16 000	15 500	42 05	250	805×10^3	1 494	223×10^3
16 000	15 438	47 22	281	877	1 478	218
16 000	15 376	52 36	312	859	1 462	214
16 000	15 312	57 48	344	842	1 446	209
16 000	15 250	62 58	378	825	1 430	204
16 000	15 124	72 72	438	701	1 399	196
16 000	15 000	82 77	500	759	1 368	187
18 000	17 500	47 39	250	1 641	2 064	426
18 000	17 438	53 22	281	1 612	2 045	418
18 000	17 376	59 03	312	1 584	2 026	410
18 000	17 312	64 82	344	1 555	2 006	402
18 000	17 250	70 59	375	1 527	1 987	395
18 000	17 124	82 06	438	1 473	1 948	380
18 000	17 000	93 45	500	1 420	1 911	365
20 000	19 500	52 73	250	2 920	2 755	759
20 000	19 438	59 23	281	2 775	2 732	746
20 000	19 376	65 71	312	2 741	2 708	734
20 000	19 312	72 16	344	2 686	2 684	721
20 000	19 250	78 60	375	2 643	2 662	708
20 000	19 124	91 41	438	2 558	2 615	684
20 000	19 000	104 13	500	2 476	2 570	661
22 000	21 376	72 38	312	$4 483 \times 10^3$	$3 519 \times 10^3$	$1 239 \times 10^3$
22 000	21 312	79 51	344	4 397	3 491	1 219
22 000	21 250	86 61	375	4 333	3 464	1 200
22 000	21 124	100 75	438	4 206	3 410	1 163
22 000	21 000	114 81	500	4 084	3 357	1 127
24 000	23 376	79 06	312	6 980	4 467	1 996
24 000	23 312	86 85	344	6 885	4 435	1 967
24 000	23 250	94 62	375	6 794	4 403	1 939
24 000	23 124	110 10	438	6 612	4 340	1 884
24 000	23 000	125 49	500	6 436	4 278	1 830
26 000	25 376	85 73	312	10 522	5 560	3 092
26 000	25 250	102 63	375	10 264	5 487	3 011
26 000	25 124	119 44	438	10 010	5 415	2 932
26 000	25 000	136 17	500	9 766	5 344	2 856
28 000	27 376	92 41	312	$1 538 \times 10^4$	681×10^3	463×10^3
28 000	27 250	110 64	375	1 503	672	452
28 000	27 124	128 79	438	1 468	664	441
28 000	27 000	146 85	500	1 435	656	430
28 000	26 874	164 83	563	1 402	648	420
30 000	29 376	99 08	312	2 198	822	675
30 000	29 250	118 65	375	2 141	812	660
30 000	29 124	138 13	438	2 095	803	645
30 000	29 000	157 53	500	2 051	794	630
30 000	28 874	176 85	563	2 007	786	616
32 000	31 376	105 76	312	3 041	979	959
32 000	31 250	126 66	375	2 980	969	939
32 000	31 124	147 48	438	2 921	958	919
32 000	31 000	168 21	500	2 863	948	899
32 000	30 874	188 86	563	2 805	938	880
34 000	33 376	112 43	312	4 142	1 165	1 334
34 000	33 250	134 67	375	4 061	1 144	1 307
34 000	33 124	156 82	438	3 988	1 132	1 281
34 000	33 000	178 89	500	3 914	1 120	1 255
34 000	32 874	200 88	563	3 839	1 109	1 230
36 000	35 376	119 11	312	5 540	1 349	1 819
36 000	35 250	142 68	375	5 442	1 336	1 784
36 000	35 124	166 17	438	5 346	1 323	1 751
36 000	35 000	189 57	500	5 252	1 311	1 718
36 000	31 874	212 89	563	5 158	1 298	1 685

TABLE I. $F_{GT} = \text{gravity-temperature function} = 737.0 \left(\frac{T_s}{P_s}\right)^{1.02} \left(\frac{1}{G}\right)^{1.0961} \left(\frac{1}{T_f}\right)^{0.510}$

Temperature, F	Gravity 0.600	0.610	0.620	0.630	0.640	0.650	0.660	0.670	0.680	0.690	0.700
35	1515.9	1503.7	1491.8	1480.1	1468.7	1457.6	1446.7	1436.1	1425.7	1415.6	1405.6
40	1508.3	1496.1	1484.2	1472.6	1461.3	1450.3	1439.4	1428.9	1418.5	1408.4	1398.5
45	1500.5	1488.4	1476.6	1465.1	1453.8	1442.8	1432.1	1421.6	1411.3	1401.2	1391.4
50	1492.8	1480.8	1469.0	1457.6	1446.4	1435.4	1424.7	1414.2	1404.0	1394.0	1384.2
55	1485.4	1473.4	1461.7	1450.3	1439.2	1428.3	1417.6	1407.2	1397.0	1387.1	1377.3
60	1478.4	1466.4	1454.8	1443.4	1432.3	1421.5	1410.9	1400.5	1390.4	1380.5	1370.8
65	1470.9	1459.1	1447.5	1436.2	1425.1	1414.3	1403.8	1393.5	1383.4	1373.5	1363.9
70	1463.8	1452.0	1440.5	1429.2	1418.2	1407.5	1397.0	1386.7	1376.7	1366.9	1357.3
75	1457.1	1445.3	1433.8	1422.6	1411.7	1401.0	1390.6	1380.4	1370.4	1360.6	1351.0
80	1449.9	1438.2	1426.8	1415.6	1404.7	1394.1	1383.7	1373.5	1363.6	1353.9	1344.4
85	1443.1	1431.4	1420.1	1409.0	1398.2	1387.6	1377.2	1367.1	1357.2	1347.5	1338.1
90	1436.7	1425.1	1413.7	1402.7	1391.9	1381.4	1371.1	1361.0	1351.2	1341.5	1332.1
95	1429.8	1418.3	1407.0	1396.0	1385.3	1374.8	1364.5	1354.5	1344.7	1335.1	1325.7
100	1423.3	1411.8	1400.6	1389.7	1379.0	1368.5	1358.3	1348.4	1338.6	1329.1	1319.7
105	1416.8	1405.3	1394.2	1383.3	1372.7	1362.3	1352.1	1342.2	1332.5	1323.0	1313.7
110	1410.6	1399.2	1388.1	1377.3	1366.7	1356.4	1346.2	1336.4	1326.7	1317.2	1308.0
115	1404.5	1393.1	1382.1	1371.3	1360.7	1350.4	1340.4	1330.5	1320.9	1311.5	1302.3
120	1398.3	1387.0	1376.0	1365.2	1354.7	1344.5	1334.5	1324.7	1315.1	1305.7	1296.5
125	1392.0	1380.8	1369.8	1359.1	1348.7	1338.5	1328.5	1318.8	1309.2	1299.9	1290.7
130	1385.8	1374.6	1363.7	1353.0	1342.7	1332.5	1322.6	1312.8	1303.4	1294.1	1285.0
135	1379.9	1368.8	1357.9	1347.3	1337.0	1326.9	1317.0	1307.3	1297.8	1288.6	1279.5
140	1374.1	1363.0	1352.2	1341.6	1331.3	1321.2	1311.4	1301.7	1292.3	1283.1	1274.1
145	1368.2	1357.1	1346.4	1335.8	1325.6	1315.5	1305.7	1296.1	1286.8	1277.6	1268.6
150	1362.7	1351.7	1341.0	1330.5	1320.2	1310.3	1300.5	1290.9	1281.6	1272.5	1263.5

TABLE II. Pressure function = $(P_t)^{1.02}$ (Discharge pressure, psia)

	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
200	222.36	233.70	245.06	256.43	267.80	279.18	290.58	301.99	313.40	324.82	336.25
300	336.25	347.68	359.13	370.58	382.03	393.50	404.97	416.45	427.93	439.42	450.92
400	450.92	462.41	473.92	485.43	496.96	508.47	520.01	531.53	543.07	554.62	566.16
500	566.16	577.72	589.28	600.84	612.41	623.96	635.55	647.13	658.70	670.29	681.88
600	681.88	693.47	705.07	716.67	728.28	739.90	751.50	763.12	774.73	786.36	798.00
700	798.00	809.62	821.24	832.88	844.52	856.17	867.80	879.47	891.11	902.76	914.43
800	914.43	926.08	937.76	949.40	961.08	972.75	984.42	996.09	1007.8	1019.5	1031.1
900	1031.1	1042.8	1054.5	1066.2	1077.9	1089.6	1101.3	1113.0	1124.7	1136.4	1148.2

TABLE III. Station spacing function = $\left(\frac{I}{L}\right)^{.501}$ L = Miles between stations

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	—	1.00000	0.70223	0.57102	0.49312	0.44008	0.40092	0.37061	0.34628	0.32608	0.30903
10	0.30903	0.29436	0.28159	0.27033	0.26029	0.25129	0.24316	0.23575	0.22898	0.22276	0.21701
20	0.21701	0.21166	0.20670	0.20206	0.19772	0.19367	0.18983	0.18620	0.18278	0.179540	0.17646
30	0.17646	0.17352	0.17076	0.16809	0.16555	0.16312	0.16078	0.15855	0.15641	0.15436	0.15239
40	0.15239	0.15048	0.14861	0.14685	0.14513	0.14350	0.14188	0.14034	0.13885	0.13738	0.13600
50	0.13600	0.13460	0.13330	0.13199	0.13073	0.12954	0.12833	0.12719	0.12608	0.12495	0.12390
60	0.12390	0.12287	0.12183	0.12087	0.11989	0.11895	0.11804	0.11712	0.11624	0.11539	0.11453
70	0.11453	0.11371	0.11288	0.11209	0.11134	0.11058	0.10981	0.10909	0.10840	0.10766	0.10701
80	0.10701	0.10631	0.10565	0.10498	0.10436	0.10373	0.10310	0.10251	0.10192	0.10132	0.10077
90	0.10077	0.10016	0.099604	0.099087	0.098523	0.098001	0.097476	0.096950	0.096469	0.095986	0.095499
100	0.095499	0.095017	0.094537	0.094068	0.093607	0.093149	0.092704	0.092257	0.091823	0.091393	0.090964
110	0.090964	0.090551	0.090134	0.089727	0.089323	0.088926	0.088534	0.088152	0.087767	0.087392	0.087018
120	0.087018	0.086651	0.086286	0.085931	0.085576	0.085228	0.084879	0.084540	0.084200	0.083865	0.083539
130	0.083589	0.083211	0.082888	0.082670	0.082255	0.081945	0.081634	0.081334	0.081033	0.080735	0.080436
140	0.080436	0.080149	0.079860	0.079576	0.079292	0.079012	0.078736	0.078461	0.078190	0.077924	0.077657
150	0.077657	0.077395	0.077131	0.076874	0.076622	0.076368	0.076120	0.075872	0.075629	0.075384	0.075145
160	0.075145	0.074907	0.074666	0.074437	0.074201	0.073973	0.073748	0.073523	0.073296	0.073077	0.072855
170	0.072855	0.072641	0.072425	0.072209	0.071998	0.071786	0.071575	0.071369	0.071169	0.070963	0.070760
180	0.070760	0.070559	0.070364	0.070168	0.069971	0.069780	0.069589	0.069397	0.069212	0.069026	0.068838
190	0.068838	0.068652	0.068472	0.068290	0.068108	0.067933	0.067756	0.067580	0.067403	0.067233	0.067063

TABLE V. F_r = Ratio Function $\left(\frac{r^2 - 1}{r^2}\right)^{0.510}$

r	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
1.20	0.54621	0.55652	0.56646	0.57598	0.58510	0.59391	0.60235	0.61043	0.61833	0.62589	0.63321
1.30	0.63321	0.64029	0.64714	0.65378	0.66019	0.66647	0.67247	0.67834	0.68402	0.68951	0.69482
1.40	0.69482	0.70008	0.70508	0.71000	0.71479	0.71943	0.72397	0.72840	0.73269	0.73687	0.74095
1.50	0.74095	0.74496	0.74881	0.75265	0.75631	0.75991	0.76342	0.76692	0.77027	0.77354	0.77673
1.60	0.77673	0.77990	0.78294	0.78598	0.78886	0.79174	0.79461	0.79734	0.80000	0.80264	0.80523
1.70	0.80523	0.80780	0.81024	0.81266	0.81509	0.81738	0.81967	0.82194	0.82410	0.82625	0.82838
1.80	0.82838	0.83047	0.83253	0.83449	0.83649	0.83842	0.84029	0.84215	0.84396	0.84575	0.84748
1.90	0.84748	0.84922	0.85094	0.85261	0.85422	0.85588	0.85742	0.85902	0.86054	0.86203	0.86356
2.00	0.86356	0.86495	0.86643	0.86782	0.86922	0.87056	0.87191	0.87326	0.87452	0.87579	0.87706
2.10	0.87706	0.87828	0.87955	0.88071	0.88192	0.88306	0.88422	0.88536	0.88644	0.88755	0.88863

E = efficiency factor,
P_1 = upstream pressure, psia,
P_2 = downstream pressure, psia,
T_f = flowing temperature, F abs,
L = length of pipe line, miles,
G = gas gravity referred to air,
D = inside diameter of pipe, in.

The equation can be separated into its components as follows:

$$Q = 737 \times \left(\frac{T_0}{P_0}\right)^{1.02} \times \left(\frac{1}{T_f}\right)^{0.510} \times \left(\frac{1}{G}\right)^{.4901} \times \left(\frac{1}{L}\right)^{.510} \times D^{2.53} \times E \times P_1^{1.02} \left(\frac{r^2-1}{r^2}\right)^{.510}$$

Normally T_0, P_0, T_f, and G will remain constant for a design problem, therefore, these components can be grouped together in one table. The following tables can be prepared:

(a) F_{GT_f} = Temperature-gravity function . . Table 1

$$F_{GT_f} = 737 \left(\frac{T_0}{P_0}\right)^{1.02} \times \left(\frac{1}{T_f}\right)^{.510} \times \left(\frac{1}{G}\right)^{.4901}$$

(b) F_p = Pressure function . . . . Table II
$F_p = (P_1)^{1.02}$

(c) F_L = Pipe line length function . Table III
$F_L = \left(\frac{1}{L}\right)^{.510}$

(d) F_D = Pipe line diameter function . . . . Table IV
$F_D = D^{2.53}$

(e) F_r = Ratio function . . Table V
$r = \frac{P_1}{P_2}$
$F_r = \left(\frac{r^2-1}{r^2}\right)^{.510}$

The flow equation then simplifies to the very workable form of:

$Q = F_{GT} \times F_p \times F_L \times F_D \times F_r \times E$

Several examples will illustrate the use of the tables.

Example No. 1

Find the volume that can be carried in a pipe line 80 miles in length and with an inside diameter of 25.375 in. (26 in. OD).

Given:

$P_0 = 14.73$ psia
$T_0 = 60$ F or 520°R
$T_f = 60$ F or 520°R
$G = 0.650$
$E = 92$ per cent
$P_1 = 900$ psia
$P_2 = 550$ psia

Then:

$$r = \frac{P_1}{P_2} = \frac{900}{550} = 1.64$$

$Q = F_{GT} \times F_p \times F_L \times F_D \times F_r \times E$

$F_{GT} = 1421.57$ . . . . . Table I
$F_p = 1031.2$ . . . . . Table II
$F_L = 0.10701$ . . . . . Table III
$F_D = 3574.8$ . . . . . Table IV
$F_r = 0.78892$ . . . . . Table V

$Q = 1421.57 \times 1031.2 \times 0.10701 \times 3574.8 \times 0.78892 \times 0.92 = 407{,}000$ MCF/Day.

Example No. 2

Find the downstream pressure, P_2

Given:

$P_0 = 14.73$
$T_0 = 60$ F
$P_1 = 1000$ psia
$T_f = 80$ F
$G = 0.600$
$D = 35.250$ in. ID (36 in. OD)
$L = 100$ miles
$Q = 900$ MMCF/Day
$E = 95$ per cent

$$F_r = \frac{Q}{F_{GT} \times F_p \times F_L \times F_D \times E}$$

$F_{GT} = 1450.03$ . . . . . Table I
$F_p = 1148.2$ . . . . . Table II
$F_L = 0.09550$ . . . . . Table III
$F_D = 8209.4$ . . . . . Table IV

$$F_r = \frac{900{,}000{,}000}{1450.03 \times 1148.2 \times 0.09550 \times 8209.4 \times .95}$$

$F_r = 0.72579$
$r = 1.46$ . . . . . Table V

$$P_2 = \frac{1000}{1.46} = 685 \text{ psia}$$

TABLE IV. Pipe diameter function — F_D

OD, in.	Wall thickness, in.	I.D., in.	F_D $(ID)^{2.53}$	OD, in.	Wall thickness, in.	I.D., in.	F_D $(ID)^{2.53}$
2⅜	0 154	2.067	6 2778	16	0 219	15 562	1037 4
3½	0 216	3 068	17 051		0.250	15 500	1026.9
	0 300	2 900	14.786		0 281	15.438	1016 6
4½	0 237	4 026	33 910		0 312	15 375	1006.1
	0 337	3 926	31 819		0 344	15 312	995.71
6⅝	0 250	6 125	98 032		0 375	15 250	985 53
	0 280	6 065	95 622		0.438	15 125	965 23
	0 432	5 761	83 956	18	0.250	17.500	1396 0
8⅝	0 187	8 250	208.27		0 281	17 438	1383 5
	0 203	8 219	206 30		0 312	17 375	1370 9
	0 219	8 187	204 27		0 344	17 312	1358 4
	0 250	8 125	200 38		0 375	17 250	1346.1
	0 277	8 071	197 02		0.409	17.182	1332 7
	0 322	7 981	191 51		0.438	17.125	1321 6
10¾	0 203	10 344	369.12	20	0 250	19 500	1835 6
	0 219	10 312	366 23		0 281	19 438	1820 9
	0 250	10 250	360 69		0 312	19 375	1806 0
	0 279	10 192	355.55		0 344	19 312	1791.2
	0 307	10 136	350 62		0 375	19 250	1776 6
	0 344	10 062	344 18		0 409	19.182	1760 8
	0 365	10 020	340 56		0 438	19 125	1747 6
12¾	0 203	12 344	577 28	22	0 250	21 500	2350 0
	0 219	12 312	573 50		0 281	21 438	2332 9
	0 250	12 250	566 22		0 312	21 375	2315 6
	0 281	12 188	559 00		0 344	21 312	2298 4
	0 312	12 125	551 72		0 375	21 250	2281 4
	0 330	12 090	547 68		0 438	21.125	2247 7
	0 344	12 062	544 49		0 500	21 000	2214 2
	0 375	12 000	537 43	24	0 250	23 500	2043 1
	0 438	11 875	523 39		0 281	23 438	2923 5
14	0 210	13 580	734.90		0 312	23.375	2903 6
	0 219	13 562	732 44		0 344	23.312	2883 9
	0 250	13 500	724 00		0 375	23.250	2864 5
	0 281	13 438	715 63		0 438	23 125	2825 7
	0 312	13 375	706 57		0 500	23 000	2787.2
	0 344	13 312	698 77				
	0 375	13 250	690 56				

INSTALACIONES DE GAS.

BIBLIOGRAFIA.

(DEL CAPITULO 1, LOS COMBUSTIBLES Y SUSTITUTOS FUTUROS).

1).- COMBUSTION ENGINEERING.-OTTO DE LORENZI, M.E.,-COMBUSTION ENGINEERING-SUPERHATER, INC.' NUW YORK.

2).- THEORY AND PRACTICE OF HEAT ENGINES.-V.M. FEAIRES.-THE MACMILLAN COMPANY. NEW YORK.

3).- GAS ENGINEERS HANDBOOK.- THE INDUSTRIAL PRESS. NEW YORK.

4).- CHEMICAL ENGINEERS'HANDBOOK.-JOHNL H. PERRY.- McGRAW-HILL BOOK COMPANY. INC. NEW YORK.

5).- APUNTES DE MATERIAS PRIMAS.- ING. QUIMICO PABLO HOPE Y HOPE, DE LA FACULTAD DE QUIMICA, UNAM.

6).- ARTICULO: CAN WE HARNESS NUCLEAR FUSION IN THE'705.2.- EDWARD TELLER.- MAGAZINE POPULAR SCIENCE.- MAYO 1972. (NEW YORK).

7).- ARTICULO: HOT NEW PROSPECTS FOR POWER FROM THE EARTH.- C.P. GILMORE.-MUGAZINE POPULAR SCIENCE.-AGOSTO 1972. (NEW YORK).

8).- ARTICULO: ELECTIC POWER FROM WINDMILLS?.-STEPHEN KIDD AND DOUG GARR: MAGAZINE POPULAR SCIENCE.-NOVIEMBRE 1972. (NEW YORK).

9).- ARTICULO: ON THE WAY: PLENTIFUL ENERGY FROM THE SUN.- C.P. GILMORE: MAGAZINE POPULAR SCIENCE.- DICIEMBRE 1972. (NEW YORK).

10).- ARTICULO: FOR THAT NEEDED ENERGY: POUR ON THE COAL!.- M.F. HOLBEIN.- MAGAZINE P.M.- DICIEMBRE 1973. (NEW YORK).

SECRETARIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

INSTRUCTIVO para la proyección y ejecución de obras e instalaciones relativas a plantas de almacenamiento de gas licuado de petróleo (Artículo 8o. Fracción I, del Reglamento de la Distribución de Gas).

Al margen un sello que dice: Poder Ejecutivo Federal.- Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Industria y Comercio.

La Secretaría de Industria y Comercio, en uso de las facultades que le conceden los artículos 4o., 27, 57 y demás relativos del Reglamento de la Distribución de Gas, publicado en el "Diario Oficial" de la Federación del 29 de marzo de 1960, expide el presente Instructivo para la Proyección y Ejecución de Obras e Instalaciones Relativas a Plantas de Almacenamiento.

Las personas que hayan presentado solicitudes de autorización para almacenamiento, transporte y suministro y quienes tengan interés en obtenerla, además de cumplir con los requisitos fijados en el Reglamento correspondiente, deberán satisfacer los señalados en el presente Instructivo y los que fije la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

C A P I T U L O I

Generalidades

1.- De acuerdo con el artículo 6o., inciso a) del Reglamento de la Distribución de Gas, se entiende por planta de almacenamiento un sistema fijo y permanente para almacenar gas L.P., que mediante instalaciones apropiadas haya el trasiego de éste utilizando recipientes adecuados.

2.- En toda planta almacenadora de gas L.P. que se diseñe o se construya a partir de la fecha en que entre en vigor este Instructivo, ya sea que se trate de planta nueva o de planta cuya ubicación se cambie, deberá darse cumplimiento íntegramente a las disposiciones aquí contenidas.

3.- Las modificaciones de instalaciones en plantas almacenadoras de gas L.P. construídas, con sujeción al Instructivo expedido con anterioridad por la Secretaría de Industria y Comercio, que a la fecha estén operando, se ajustarán a las disposiciones del presente Instructivo en los plazos y fechas que en cada caso fije la propia Secretaría.

4.- La Secretaría establecerá el programa de cumplimiento que deba darse a las disposiciones de este Instructivo, por las plantas almacenadoras de gas L.P. que estén operando legalmente en la fecha en que entre vigor, en los aspectos relativos a equipo de prevención y combate de incendio, sistema eléctrico, circulación y estacionamiento de vehículos.

5.- Además, la Secretaría señalará a los interesados la obligación de substituir el elemento ó elementos de su planta almacenadora-

cuya operación represente peligro latente para la vida o propiedad, - o no llene los requisitos exigidos anteriormente por la Secretaría de Industria y Comercio, señalándoles plazo que no será mayor de 180 - - días para el debido cumplimiento, y que se fijará tomando en cuenta - el grado de peligrosidad que signifique la continuación del uso de -- los que deba substituirse y las circunstancias que medien para efec-- tuar el cambio.

6.- Este Instructivo será revisado, con objeto de actualizar su contenido por los cambios que se presenten en los equipos y artefac-- tos, o por los adelantos de la técnica, de acuerdo con las necesida-- des.

7.- Las especificaciones, pruebas y características de construcción del equipo que se utilice para el almacenamiento y manejo del -- gas L.P., en las plantas almacenadoras, deberán obedecer a las Normas aprobadas por la Secretaría de Industria y Comercio.

Se considerarán incluídos en dicho equipo los recipientes para- almacenar el gas L.P. y sus accesorios, la maquinaria para moverlo -- por tuberías, las tuberías y las mangueras, las conexiones y los acce sorios manuales y automáticos de control, medición y seguridad.

8.- En ausencia de Normas Oficiales, o de disposiciones específicas sobre algún aspecto de éllas, la Dirección General de Gas, aprobará el uso de equipo de fabricación nacional o extranjera cuyas especificaciones y características acepte y dictará las disposiciones que sean necesarias para pruebas periódicas de resistencia.

9.- Cuando no sea posible cumplir alguna de las disposiciones - de este Instructivo, porque a juicio del interesado medie un obstáculo imposible de salvar, el propio interesado someterá el caso a la -- Secretaría, proponiendo las medidas y sistemas adicionales, cuyos resultados en seguridad sean equivalentes a los previstos por la disposición de que se trate. La Secretaría, si coincide en la opinión del- interesado, podrá aceptar la solución propuesta por éste ó señalarle- otras medidas complementarias.

10.- La Secretaría también podrá aprobar otro tipo de diseño para plantas almacenadoras de gas L.P., si a su juicio, el proyecto que se le someta se justifica técnicamente y garantiza la seguridad de -- vidas y bienes.

Proyecto y Diseño

1.- De conformidad con el artículo 41 del Reglamento de la Distribución de Gas, sólo podrán encargarse de proyectar y ejecutar - -- obras e instalaciones relativas a plantas de almacenamiento, Ingenieros con título legalmente registrado, que acrediten su capacidad para ese encargo.

2.- Sólo podrán iniciarse los trabajos si se cuenta con la previa aprobación del proyecto, otorgada por la Secretaría de Industria y Comercio. El Ingeniero encargado de su ejecución, dará aviso por -- escrito a la Dirección General de Gas inmediatamente que inicie los - trabajos; vigilará que la obra se ejecute con apego al proyecto apro-

bado, que la mano de obra sea de calidad requerida y los materiales de las especificaciones reglamentarias y de norma.

3.- La Secretaría de Industria y Comercio, en cualquier tiempo, durante la ejecución de los trabajos podrá inspeccionar la obra y en su caso, hacer por escrito las observaciones pertinentes al Ingeniero bajo cuya responsabilidad se lleve a cabo y al titular de la autorización.

4.- Una vez terminada la obra, el Ingeniero encargado de la ejecución, en los términos del punto 1, dará aviso e informará a la Secretaría de Industria y Comercio de las condiciones en que ejecutó y supervisó los trabajos y el propietario pedirá a la misma que se ordene la inspección y se hagan las pruebas correspondientes; los resultados se consignarán en acta permenorizada.

Planos y Memorias

5.- La presentación de planos y memorias descriptivas ante la Secretaría de Industria y Comercio se hará por triplicado. La Secretaría acusará recibo al técnico y al interesado.

6.- En los planos se incluirán los siguientes datos, empleando los signos convencionales aprobados, que se encuentran al final de este Instructivo:

A.- Un pequeño plano esquemático de la localización señalando la orientación del terreno y su ubicación relativa con la población o las poblaciones más cercanas.

a). La ubicación precisa de la planta, señalada también en la memoria descriptiva con los datos suficientes para su fácil localización, indicando además Municipio y Entidad Federativa.

b) Los medios utilizados para la delimitación del predio indicando los materiales empleados.

c) Los nombres de los propietarios de los terrenos colindantes, así como las actividades que en éllos se desarrollen en la fecha de la presentación.

d) En forma precisa, la localización de las partes integrantes de la planta, tales como zonas de almacenamiento, de trasiego y de circulación y estacionamiento para vehículos.

C.- Planta, elevación y cortes, con acotaciones generales, especificando los datos sobre materiales usados en las construcciones, en la consolidación del terreno, en las zonas pavimentadas y en los servicios sanitarios. No se requerirá corte y oficinas.

D.- En su caso, localización del escape o de la espuela ferrocarrilera.

E.- Un diagrama en planta de la instalación de trasiego de gas.

gas L.P. a escala, que podrá o nó formar parte del plano general.

F.- Un diagrama isométrico de la instalación, sin escala, detallando todos sus componentes y un diagrama isométrico, sin escala, para cada una de las operaciones diferentes de flujo, con indicación de la condición que debe guardar cada válvula (cerrada o abierta). Los diagramas de flujo se harán representando las tuberías con doble línea y entintando con los colores aprobados, los tramos que conduzcan al fluido en la operación que se está ilustrando.

G.- Una lista del equipo por instalar (tanques o tanques de almacenamiento, bombas, compresoras, válvulas, etc) con los datos técnicos generales, sin especificación de marcas.

H.- La tabla de signos convencionales, que deberán ser los aprobados por la Dirección General de Gas.

I.- Corte y elevación de las bases de sustentación, con los datos técnicos esenciales obtenidos de los cálculos especificados en la memoria.

J.- Localización del equipo contra incendio indicando su clase y capacidad.

K.- Diagrama en planta del sistema eléctrico.

L.- Escalas empleadas.

M.- Nombre y firma autógrafa del Ingeniero proyectista en cada una de las hojas de todos los ejemplares.

N.- Número de Cédula de registro de la Dirección General de Profesiones.

O.- Número del registro que ostenta como Técnico Responsable en la Secretaría de Industria y Comercio.

P.- Fecha.

7.- Las memorias técnico descriptivas de las plantas de almacenamiento, consistirán en la descripción de los siguientes elementos:

A.- UBICACION, LINDEROS Y COLINDANCIAS.

B.- URBANIZACION.

C.- TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

D.- MAQUINARIA.

E.- TUBERIA, CONEXIONES Y MANGUERAS.

F.- CONTROLES MANUALES Y AUTOMATICOS.

G.- MUELLE DE LLENADO, LLENADERAS Y BASCULAS.

H.- TOMAS DE RECEPCION Y DE SUMINISTRO.

I.- SISTEMA ELECTRICO.

J.- VIAS Y ESPUELAS FERROCARRILERAS.

L.- EDIFICIOS Y COBERTIZOS.

M.- ESTACIONAMIENTO Y TALLERES PARA REPARACION DE VEHICULOS.

N.- FOTULOS DE PREVENCION, PINTURA DE PROTECCION Y COLORES -- DISTINTOS.

O.- SERVICIOS SANITARIOS.

P.- RELACION DE DISTANCIAS REQUERIDAS.

Q.- JUSTIFICACION DEL DISEÑO DE LA PLANTA.

8.- Al describir cada uno de los elementos, el proyectista precisará y justificará la forma en que se dará cumplimiento a los requisitos que deben satisfacerse señalados en el siguiente capítulo.

C A P I T U L O III

Requisitos

UBICACION, LINDEROS Y COLINDANCIAS

1.- Las plantas de almacenamiento se ubicarán fuera de las zonas residenciales y lugares densamente poblados o construídos. Su ubicación requerirá aprobación previa de la Secretaría de Salubridad y Asistencia. Las construcciones y los predios colindantes deberán estar libres de riesgos probables para la seguridad de las plantas y no se permitirá que en éllos se establezcan esos riesgos.

Para la ubicación de plantas de almacenamiento al margen de carreteras federales se necesitará cumplir con las disposiciones de las Secretarías de Comunicaciones y Transportes y de Obras Públicas.

2.- Cuando por la conformación o localización del predio, se manifieste un riesgo probable en determinada dirección, deberán construirse diques o bardas o recurrir a otros medios efectivos para encausar la ventilación hacia zonas no peligrosas, evitando la acumulación de gas.

Igualmente se preverán riesgos naturales como deslaves del terreno, quemazón de plantíos, inundaciones, etc. proveyéndose lo necesario para evitar siniestros o accidentes.

3.- Todo el perímetro del terreno de la planta de almacenamiento deberá delimitarse con muros, bardas o como mínimo con una cerca de alambre y postes.

4.- Si la ubicación de la planta de almacenamiento está dentro-

de los límites urbanos, se especificará claramente el número, la calle y la población. Si está sobre carretera se indicará el número oficial de la carretera señalando las poblaciones inmediatas entre las cuales se ubicará la planta, y el kilometro y fracción oficial que corresponda al centro del frente del predio en la fecha de solicitud. Se entiende por número oficial de carretera y kilometraje oficial, los establecidos por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Si el predio donde se instale la planta de almacenamiento no está sobre una carretera federal, se darán los datos exactos para su identificación.

En todos los casos se expresará la jurisdicción municipal y entidad federativa correspondientes. Para el Estado de Oaxaca se indicará además el ex-Distrito respectivo.

Urbanización

5.- Todos los estacionamientos, circulaciones y zonas de protección del almacenamiento de las plantas deben despejarse y mantenerse libres de pasto, plantas, basura y cualquier otro material fácilmente combustible. La vegetación de ornato que exista fuera de las zonas mencionadas y de las de trasiego, deberá mantenerse siempre verde.

6.- Se darán las pendientes necesarias al terreno y se construirán los sistemas adecuados para desalojar las aguas pluviales.

7.- Se deberá contar con accesos de tamaño suficiente para permitir la fácil entrada y salida de vehículos, de modo que los movimientos de los mismos no entorpezcan el tránsito en la calle o la carretera.

8.- Las zonas de circulación tendrán amplitud suficiente para asegurar el fácil movimiento de vehículos y personas; se les dará como mínimo una terminación superficial de consolidación.

9.- El espacio circundante a la zona de protección de almacenamiento deberá ser objeto como mínimo de consolidación superficial, hasta una distancia no menor de tres metros de la delimitación de dicha zona de protección.

Tanques de Almacenamiento

10.- Los recipientes para almacenar gas L.P., ya sean del tipo intemperie o del tipo subterráneo, se instalarán fuera de las construcciones y a las distancias mínimas especificadas en este Instructivo. Deberán tener conexión a tierra y los subterráneos además, protección catódica.

11.- Deberán colocarse dentro de una zona de protección con pavimento impermeable, delimitada por medios adecuados como cercas, guardas o topes cuyo diseño y materiales protejan tanques, accesorios, maquinaria y tuberías contra daños mecánicos que pudiera causar algún vehículo. Estos medios, deberán permitir amplia ventilación natural y acceso fácil a los controles.

Se colocarán letreros en cada lado de la zona de seguridad prohibiendo el acceso a ella a personas ajenas al servicio.

12.- Se instalarán sobre bases de concreto, de mampostería o -- acero estructural, de manera que puedan desarrollar libremente sus movimientos de contracción y dilatación. Tanto las bases como las zapatas que las reciban deberán ser capaces de resistir satisfactoriamente el peso del tanque lleno de agua.

13.- La altura a que deben instalarse los del tipo intemperie - no será menor de 1.5 metros desde el nivel del suelo al nivel inferior del recipiente, excepto cuando se trate de equipos integrales en que el tanque y la bomba formen una unidad ensamblada de fábrica.

Tratándose de aumentos de capacidad, la Dirección General de -- Gas podrá aprobar la reducción de la altura mencionada en él o los -- tanques nuevos para que sean no menor de un metro, si el diámetro de ellos es mayor que el de los anteriores, a fin de que los domos queden a un mismo nivel.

14.- Los tanques subterráneos se localizarán a una distancia -- mínima de 0.6 metros bajo el nivel del piso, medida desde la parte superior del tanque, de modo que los accesorios y su cubierta sean fácilmente accesibles.

15.- Los recipientes de tipo intemperie se podrán proteger contra la acción directa de los rayos solares mediante cobertizos de material aislante e incombustible, que para su más amplia ventilación - estén situados a una altura de un metro como mínimo desde el parte -- superior del recipiente: sostenidos por medio de estructuras, también de material incombustible.

16.- Todos los recipientes fijos usados en las plantas de almacenamiento, deberán sujetarse a pruebas periódicas de resistencia, -- según las especificaciones de la Norma y disposiciones respectivas. - El uso de recipientes de origen extranjero se sujetará a lo previsto en el Párrafo Tercero del artículo 55 del Reglamento de la Materia.

17.- A las válvulas de relevo de presión instaladas en tanques de almacenamiento, deberá acoplárseles firmemente un tubo de descarga vertical, de diámetro no menor al roscado de la válvula que lo reciba o al diámetro exterior de la misma y de una longitud no menor de dos metros que permita su descarga al ambiente libre y por lo tanto si -- hay cobertizo deberá atravesarlo. El punto de fractura del tubo de -- descarga deberá coincidir con el punto de fractura de la válvula o el del copla que en éste se utilice; de carecer válvula y copla de punto de fractura, el del tubo de descarga deberá respetar el mecanismo de la válvula. El extremo superior del tubo deberá protegerse con capuchón fácilmente desprendible.

18.- Si el manómetro está colocado en la parte superior del tanque, deberá contar con una carátula de dimensión no menor de quince - centímetros de diámetro para permitir su fácil lectura.

19.- Para facilitar la lectura de los medidores de nivel, deberá contarse con una escalerilla fija, metálica o de material incombus

tible que no debe representar obstáculo al fácil acceso a las válvu-- las.

20.- Deberá contarse con escalera metálica instalada permanente mente para el fácil y seguro acceso a la parte superior de los tan--- ques tipo intemperie; si se utilizan dos o más recipientes deberá haber una escalera en cada extremo de la bateria de tanques y deberá -- además contarse con una pasarela metálica que permita con seguridad - el tránsito entre ellos por la parte superior.

Maquinaria

21.- Las bombas y compresoras para hacer el trasiego del gas se instalarán en el lugar más conveniente y a las distancias mínimas especificadas en este Instructivo, con objeto de facilitar los servi--- cios a que estén destinadas y es obligatorio protegerlas contra los - deterioros accidentales causados por vehículos o personas mediante -- zonas de protección, siendo optativo el protegerlas contra la acción- de la intemperie mediante cobertizos de material incombustible, que - permita trabajar libremente en su mantenimiento.

22.- Los motores eléctricos acoplados a bombas o compresoras -- deberán ser adecuados para atmósfera de vapores combustibles y tener- interruptor automático de sobrecarga.

23.- Las bombas, compresoras y sus motores deberán instalarse -- sobre bases de concreto de dimensiones apropiadas (se exceptua el caso de bombas directamente acoplados a recipientes, como en el caso de equipos integrales). Deberán tener conexión a tierra.

24.- Se protegerá a esta maquinaria contra daños mecánicos, mediante una zona de seguridad circundada por medios efectivos tales -- como guardas, postes o topes de concreto, que eviten el acercamiento- de vehículos, o se colocarán dentro de la zona de seguridad de tan--- ques de almacenamiento.

25.- Será optativo contar con equipo de bombeo de gas L.P., de- emergencia.

26.- Se podrán utilizar motores de combustión interna, cuando - no se disponga de energía eléctrica o en casos de emergencia.

27.- El tubo de escape de los motores de combustión interna, -- utilizados para accionar bombas o compresoras no tendrá fugas y termi nará a una altura de 3.0 metros sobre el nivel del piso, como mínimo, en una caja de expansión protegida con dos telas de alambre de malla- número 20 a una distancia de cinco centímetros una de otra, orientando hacia el exterior de la zona de protección de los recipientes. Las bujías y cables serán blindadas y deberán estar permanentemente pro-- tegidas por el cubrebujías.

28.- Si el motor consume gas L.P., deberá abastecerse del tán-- que de almacenamiento o de las tuberías del mismo. La conexión deberá contar con una válvula de cierre manual, cercana al motor y de fácil- acceso.

29.- Cualquier motor eléctrico que esté dentro de la zona de -- trasiego o almacenamiento o a una distancia menor de 15.0 mtros de -- sus límites, deberá ser para atmósfera de vapores combustibles.

30.- Aquellos que lo ameriten por su colocación o condiciones - de uso deberán ser además a prueba de humedad.

31.- Los motores utilizados como unidad motriz de bandas transportadoras en el muelle de llenado podrán estar colocados a diferente nivel del piso del muelle, en cuyo caso deben contar con ventilación, desagüe y espacio para el mantenimiento adecuado.

Tuberías, Conexiones y Mangueras

32.- Las tuberías usadas en el trasiego de gas serán de fierro-cédula 80, sus conexiones para 140 kg/cm². o más. Pueden usarse tuberías cédula 40 sin costura, cuando las uniones sean soldadas en vez - de roscadas.

33.- En el tendido de tuberías se tomarán en cuenta los movimientos mecánicos y los originales por contracción o dilatación por - temperatura.

34.- El empaque de las tuberías roscadas se deberá hacer con -- litargirio y glicerina u otro producto sellador que garantice su hermeticidad e inafectabilidad por el gas. En las bridas se usarán empaques adecuados que den las mismas características.

35.- Cuando se instalen tuberías subterráneas, la profundidad - mínima será de 0.6 metros bajo el nivel del piso; contarán con recubrimiento anticorrosivo y protección catódica de acuerdo con la resistividad eléctrica del subsuelo. La tubería tendida en ductos de concreto sellados o encamisada, no requerirá protección catódica.

36.- Todas las aberturas de los tanques de almacenamiento destinadas a la entrada o salida de líquido o vapor excepto las correspondientes a medidores de nivel, a válvulas de relevo de presión y a manómetro, deberán estar controladas mediante válvulas automáticas de - exceso de gasto o de no retroceso. Si se utilizan válvulas automáticas de exceso de gasto deberán cerrar cuando la línea individual del recipiente sufra fractura total.

La Dirección General de Gas podrá aprobar el uso de válvulas de cierre rápido, de posición normal cerrada, actuadas hidráulica, neumática o eléctricamente en sustitución de las válvulas de exceso de flujo requeridas por la Norma DGN-X-1? o equivalente, para uso de aberturas de tanque, si el punto de cierre se localiza en el interior del - recipiente; asimismo, las válvulas de cierre rápido, podrán ser aprobadas para sustituir a las válvulas de exceso de flujo requeridas por este Instructivo para las tomas de suministro y de recepción y también para instalarse en puntos críticos de las tuberías.

Para tal propósito, el Ingeniero proyectista tratándose de plantas nuevas, o bien el técnico responsable encargado de la supervisión

de una planta en operación, someterán a la aprobación de la Dirección General de Gas el proyecto correspondiente, en diagrama isométrico -- sin escala, señalando las características de las válvulas a usarse, - sus condiciones de instalación y el sistema para actuarlas, descri---- biendo los fusibles y accesorios adicionales que garanticen la seguri dad.

37.- Las mangueras usadas en el trasiego de gas deberán ser resistentes a la flama y a la acción del gas L.P., y su presión de ruptura deberá ser de 140 kg/cm² ó más.

38.- Los acoplamientos y conexiones de las mangueras deberán -- resistir una presión igual o mayor que la que resistan éstas.

39.- Se instalará una válvula de alivio hidrostático de capacidad de descarga adecuada, presión máxima de abertura de 3⁰ kg/cm², en los tramos de tubería o tubería-manguera, en que pueda quedar atrapado el gas líquido entre dos válvulas de cierre.

Controles Manuales y Automáticos

40.- Será obligatorio el uso de válvulas automáticas de retorno en las tuberías de líquido abastecidas por bomba.

41.- Será optativo instalar retornos manuales.

42.- La Dirección General de Gas, en uso de las facultades que le concede el Reglamento de la Materia, podrá exigir la instalación - de medidores de control en las plantas que determine, señalándoles -- las condiciones en que deberán utilizarse.

43.- Es optativo el uso de medidores de líquido, para el con---- trol interno de la planta.

Muelles de Llenado, Llenaderas y Básculas

44.- El muelle de llenado de recipientes portátiles deberá te-- ner amplia y natural ventilación.

45.- Se situará a las distancias mínimas que se señalan en este Instructivo.

46.- El muelle será sólido, sin espacios abiertos o huecos, con las salvedades del punto 31 de este capítulo, y su piso deberá ser de concreto, u otros materiales apropiados para la seguridad, eficiencia y limpieza.

47.- La altura del piso del muelle, sobre el nivel general de - la planta deberá ser la apropiada para facilitar las operaciones que- en él se lleven a cabo.

48.- Las llenaderas o múltiples de llenado deberán construirse con tuberías, conexiones, válvulas, mangueras y manómetros para alta- presión.

49.- Las llenaderas deberán instalarse en forma segura y rígida ya sea con anclajes al suelo, suspendidas o montadas en plataforma -- rotatoria de llenado automático.

50.- Cada salida útil del múltiple de llenado de cilindros portátiles, debe contar con los accesorios de control que permitan la -- operación segura y eficiente.

En las plantas en que sea muy frecuente el llenado de cilindros portátiles nuevos, será optativo contar con los medios adecuados para purgar el aire de los mismos durante la maniobra de llenado.

51.- Todo el sistema de llenado deberá tener una conexión permanente a tierra.

52.- Para controlar el peso del gas L.P., inyectado a los cilindros, deberán utilizarse básculas de plataforma, aceptadas por la Dirección General de Normas.

53.- Para repeso es conveniente usar una báscula de plataforma de carátula, del tipo aprobado por la Dirección General de Normas.

54.- Los bordes del muelle de llenado, en los sitios de carga y descarga, deberán protegerse con material que impida la producción de chispas por impacto, al acercamiento de los vehículos repartidores. - Para este propósito podrán aceptarse protectores de madera o de hule.

55.- Podrán instalarse sobre el muelle los sistemas para vaciado, limpieza y pintura de los recipientes portátiles y sustitución de sus válvulas. Estos sistemas se diseñarán en forma tal que sean mínimos los riesgos.

Tomas de Recepción y de Suministro

56.- Las tomas de recepción para carros-tanque deberán ubicarse a un lado de la espuela a las distancias mínimas especificadas en es- Instructivo, instaladas en una estructura de material incombustible - de escalera fija de material incombustible a la altura equivalente -- del domo del carro-tanque y estar provistas de escalera fija de material incombustible, que permita fácil acceso.

57.- Todas las tomas se protegerán contra posibles golpes de -- manera que se garantice en forma efectiva su integridad.

58.- El extremo de las tomas estará provisto de una válvula de exceso de gasto o de no retroceso, según proceda, y otra de cierre de acción manual. Opcionalmente podrán sustituirse las válvulas mencionadas por válvulas de cierre rápido de posición normal cerrada, descritas en el punto 36 de este Capítulo.

59.- El extremo fijo de la toma deberá cumplir con los siguientes requisitos:

A) La ubicación de la boca de toma y su distancia a tanque almacenador deberán ser tales que cualquier punto del vehículo -

que se conecte a ella guarde una distancia no menor de 6.0 metros al propio tanque almacenador.

B) El diseño del sistema de tubería, conexiones y válvulas, deberá ser tal que las tuberías estén firmemente sujetas y que en caso de esfuerzo indebido se cuente con un punto de fractura con el cual la válvula automática de protección permanezca en su sitio y en posibilidad de funcionar.

C) La conexión de manguera para toma y el vehículo que se cargue o descargue deberá ser proyectada para que la manguera siempre esté libre de dobleces bruscos.

D) Durante el tiempo en que las roscas de tomas y mangueras no estén en servicio, deberán protegerse con tapón o capuchón adecuados.

E) Durante el tiempo en que las mangueras no estén en servicio deberán protegerse contra daños mecánicos y dobleces bruscos.

F) La altura de las bocas de toma sobre el nivel del piso será la apropiada para las necesidades de la planta.

60.- La manguera que permanentemente esté conectada a la toma, deberá contar con válvula de acción manual en su extremo libre.

Sistema Eléctrico

61.- Todos los elementos de los Sistemas Eléctricos, en las zonas de trasiego y almacenamiento y los que se encuentran instalados en un perímetro de 15.0 metros de ellas (en las partes de dicho perímetro que dentro de los límites del predio de la planta), deben ser diseñados satisfaciendo las Normas y Especificaciones de las Direcciones Generales de Electricidad y de Normas, para atmósferas que contengan vapores inflamables. Los aspectos no cubiertos por estas Normas y Especificaciones se diseñarán de acuerdo con las Reglas NEMA, Clase I Grupo D. En zonas ajenas a las mencionadas seguirán los lineamientos generales vigentes establecidos por la Dirección General de Electricidad.

62.- Las líneas de conducción de energía eléctrica deberán ser ocultas o subterráneas, protegidas con un tubo apropiado para evitar humedad, resistente a la corrosión y a prueba de roedores.

63.- Dentro de los límites de la planta no se permitirá la existencia de líneas de conducción eléctrica, ajenas al servicio.

64.- Será obligatoria contar con medios para la iluminación eléctrica de las plantas en los lugares en que se cuente con el servicio público de electricidad.

65.- Se instalarán apartarrayos o pararrayos cuando sean necesarios a juicio del Ingeniero encargado del diseño, los cuales se localizan en sitios apropiados.

66.- Las instalaciones telefónicas o de intercomunicación en -- las zonas de trasiego y de almacenamiento satisfarán los requisitos - señalados en el punto 61 de este capítulo.

67.- La planta generadora de energía eléctrica ya sea de emer-- gencia o permanente, se ubicará a una distancia mínima de 15.0 metros de las zonas de almacenamiento y de trasiego. El motor de combustión- interna y su tubo de escape deberán cumplir con los requisitos señala dos en los puntos 27 y 28 de este Capítulo.

68.- Se colocará un interruptor general, en lugar fácilmente -- accesible y fuera de las zonas de almacenamiento y de trasiego a una- distancia mayor de 15.0 metros de éstas.

Vías y Espuelas Ferrocarrileras

69.- Si una de las colindancias de la planta de almacenamiento- está ocupada por una vía ferrocarrilera de tránsito libre o espuela - comun, será obligatoria la construcción de un muro en ese lindero, cu ya altura justificará el proyectista.

70.- Las espuelas y los escapes del servicio de la planta de al- macenamiento deberán proyectarse en forma tal que la máquina no pueda acercarse a una distancia menor de 15.0 metros de las zonas de trasie go y de almacenamiento.

71.- La parte final de la espuela, tendrá los topes adecuados.

Edificios y Cobertizos

72.- Los edificios y cobertizos se construirán con materiales - incombustibles, se ubicarán fuera de las zonas de almacenamiento y de trasiego, (salvo los destinados a tanques almacenadores y maquinaria) a las distancias especificadas en este Instructivo.

73.- Unicamente cuando las construcciones estén a una distancia de 15.0 metros o más de las zonas de almacenamiento y de trasiego, se permitirá el uso de mobiliario, puertas y ventanas interiores, de -- madera. Las puertas y ventanas exteriores que den a la planta serán - metálicas.

74.- En la instalación de aparatos que produzcan fuego, cuyo - uso se considere indispensable por el proyectista para el servicio -- del personal de la planta almacenadora, tales como estufas, calentado res de agua, parrillas y calefactores, se cumplirán los siguientes - requisitos:

A) La ubicación de los aparatos estará en lugar tan lejano como sea posible de las zonas de trasiego y de almacenamiento, a- una distancia que nunca podrá ser menor de 15.0 metros de -- ellas;

B) Para tal propósito se escogerá preferentemente uno de los -- frentes de la planta;

C) La construcción en que se instalen estos aparatos deberá estar permanentemente cerrada en los costados que den al interior de la planta, pudiéndose permitir el uso en ellos de -- tragaluces o ventadas fijas y selladas;

D) Los calentadores de agua instalados a la intemperie deberán localizarse en azotehuela o patio no comunicado directamente con la planta; los instalados en el interior de cocinas deberán tener chimenea al exterior más alejado de las zonas de almacenamiento y de trasiego.

Estacionamientos y Talleres para Reparación de Vehículos

75.- Los lugares destinados a estacionamientos de vehículos, -- así como zonas de circulación de los mismos deberán despejarse y mantenerse libres de basura, materiales combustibles o inflamables y de cualquiera otro objeto que constituya estorbo para la circulación y - estacionamiento.

76.- El piso tendrá pendientes o drenes adecuados para eliminar agua de lluvia y consolidación apropiada.

77.- Cualquiera que sea el número de vehículos al servicio de - la planta que se encuentren estacionados en el interior de ella, deberá contarse siempre con áreas libres para su fácil circulación, en -- forma tal que sea posible sacar de la planta cualquier vehículo sin - hacer movimiento de ningún otro.

Se prohibe el estacionamiento de vehículos obstruyendo el fá-- cil acceso a los artefactos de control de tanques almacenadores, equipo contra incendio e interruptor eléctrico general.

Cuando el número de vehículos de la planta no permita proceder en la forma apuntada en los dos párrafos anteriores, el distribuidor deberá solicitar a la Secretaría permiso para establecer estaciona-- miento en un predio independiente de la misma.

78.- Es objetivo cubrir los lugares destinados a estacionamientos de vehículos mediante cobertizos que deberán ser incombustibles.

79.- En caso de que en la planta haya necesidad de instalar taller mecánico anexo para reparación de los vehículos se observarán -- los siguientes requisitos:

A) Se prohibe construir fosas y en su lugar se usarán rampas.

B) Se prohibe el uso de soldadura y llevar a cabo otras operaciones que requieran fuego en los estacionamientos y talleres para reparación de vehículos; a menos que el taller se - localice en uno de los frentes de la planta, en forma tal -- que el acceso a él se lleve a cabo directamente desde la calle sin necesidad de entrar a la planta y que los costados - de dicho taller queden a la planta, sean herméticos.

Rótulos de Prevención, Pintura de Protección y Colores Distintivos

80.- Los tanques de almacenamiento se pintarán en su totalidad de colores aluminio o blanco brillantes. Se pintará de rojo brillante en cada uno de los casquetes, un círculo que tendrá un diámetro de aproximadamente la tercera parte del diámetro del recipiente, así como los capuchones protectores.

Los rótulos que expresen el contenido, la capacidad y la razón social de la planta, deberán pintarse con caracteres de color distintivo no menores de 0.1 metros.

81.- Las tuberías se pintarán como sigue: rojo las de gas líquido; amarillo, las de gas en estado de vapor; verde, las de retorno de gas líquido; blanco, las de aire; azul, las de agua y negro, los ductos eléctricos.

82.- Para todas las demás instalaciones y dependencias de la planta de gas, se deberá usar la pintura de protección adecuada.

83.- Los topes, postes y cercas de la zona de almacenamiento, deberán pintarse alternadamente de amarillo y negro en franjas diagonales.

84.- En el recinto de las plantas de almacenamiento, se fijarán letreros alusivos visibles, que con la redacción adecuada expresen las siguientes prevenciones.

A) PELIGRO, GAS INFLAMABLE (varios).

B) SE PROHIBE FUMAR (varios).

C) SE PROHIBE ENCENDER CUALQUIER CLASE DE FUEGO EN EL INTERIOR DE LA PLANTA (varios).

D) SE PROHIBE EL PASO A VEHICULOS O PERSONAS NO AUTORIZADOS (a la entrada de la planta).

E) SE PROHIBE EL PASO A ESTA ZONA A PERSONAL NO AUTORIZADO (en cada lado de la zona de almacenamiento).

F) SE PROHIBE REPARAR VEHICULOS EN ESTA ZONA (muelle de llenado y tomas).

85.- En el exterior de la entrada de carros-tanque al escape de la planta, cuando haya alguno conectado a la toma, se colocará un letrero bien visible, indicando situación de peligro por esta condición

Servicios Sanitarios

86.- Las plantas de almacenamiento dispondrán de los servicios sanitarios adecuados, los cuales deberán ser aprobados por la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

Relación de Distáncias Requeridas

87.- Distancias mínimas requeridas entre los elementos de una planta de almacenamiento, que en todos los casos se medirán en la proyección de su plano horizontal:

A) De tanque fijo a:

a) Linderos 15.0 metros.

b) Edificios 15.0 metros.

c) Almacenamientos de materiales no combustibles 7.5 metros.

d) Bombas o compresoras accionadas por motores eléctricos blindados, no se requiere distancia.

e) Bombas o compresoras accionadas por motores de combustión -- interna: 6.0 metros.

f) Límite de su zona de protección: 1.5 metros.

g) Vías de ferrocarril: 15.0 metros (medidos al riel más próximo).

h) Tomas de recepción de carros-tanque: 12.0 metros.

i) Tomas de recepción de autos-tanque: 6.0 metros.

j) Otro tanque fijo: la cuarta parte de la suma de sus diáme--- tros. Si la suma de los diámetros es menor de 6.0 metros, la separación entre tanques será como mínimo de 1.5 metros.

k) Muelle de llenado: 3.0 metros.

l) Llenaderas: 6.0 metros. (Medidos a la boca de la válvula fija del múltiple, que está más proxima).

m) Planta generadora de energía eléctrica: 15.0 metros.

B) De bomba o compresora accionadas por motor eléctrico al límite de su zona de protección: 1.5 metros.

C) De bomba o compresora accionado por motor de combustión interna a:

a) Toma de carga o descarga de autos-tanque: 6.0 metros.

b) Torres de descarga de carros-tanque: 6.0 metros.

c) Muelle de llenado y llenaderas: 6.0 metros.

D) De boca de descarga de los gases de motores de combustión --

interna a zonas de almacenamiento y trasiego: 6.0 metros.

E) De muelle de llenado a:

a) Edificios: 7.5 metros.

b) Linderos: 7.5 metros.

88.- Deberá haber una distancia mínima de 100.0 metros a escuelas, iglesias, salas de espectáculos, o centros de reunión similares y estaciones de gasolina, medidos desde el centro geométrico de la zona de almacenamiento y trasiego.

89.- Las distancias anteriores se podrán reducir, cuando a juicio de la Dirección General de Gas, no existan riesgos probables, -- (v. gr., que el predio colinde con río, barranca, predios, baldíos - no cultivados y de construcción no probable, caminos vecinales o calles de muy escaso tránsito y similares).

Justificación del Diseño de la Planta

90.- Además el proyectista justificará el diseño de la planta- en los siguientes aspectos:

A) Capacidad de almacenamiento en función de la probable ope-- ración..

B) Capacidad de llenado o gasto en función de la probable operación..

C) Cálculo del flujo en líneas de alimentación y de descarga - del sistema de bombeo, así como del retorno de líquido..

D) Cálculo de la cimentación y sustentación de recipientes.

E) Los elementos constitutivos del sistema de prevención con-- tra incendio.

C A P I T U L O IV

MEDIDAS CONTRA INCENDIO

1.- Se prohibe el uso de lo siguiente, en la planta:

A) Fuego, con las salvedades y en las condiciones señaladas - por este Instructivo;

B) Para el personal con acceso a las Zonas de Almacenamiento- y Trasiego:

a) Protectores metálicos en las suelas y tacones de los zapatos;

b) Peines, excepto los de aluminio;

c) Ropa de rayón, seda y materiales semejantes que puedan producir chispas;

C) Todo clase de lámparas de mano a base de combustibles, y -- las eléctricas que no sean apropiadas para atmósferas de -- gas inflamable.

D) Tubos de escape de toda clase de vehículos con motor de combustión interno, desprovistos de matachispas. Para tal objeto, se localizará a la entrada a la planta, un anaquel o- estante con el número suficiente de matachispas de diferentes diámetros, para que se proporcionen a los vehículos antes de su ingreso a ella.

2.- Es obligatorio contar con equipo contra incendio, adecuado- por cuanto a su tipo y capacidad para su uso en cada una de las zonas de trabajo, localizado en todos los casos en el punto en que el proyectista o el Técnico Responsable juzguen como de fácil acceso, con - el mínimo riesgo al acercamiento.

3.- Se dispondrá de extinguidores manuales tipo B-C, con carga- no menor de 9.0 Kgs. de polvo químico seco o CO_2 en el número que en- cada caso se señala:

A) Zona de almacenamiento: dos unidades si la capacidad de almacenamiento es menor de 68,000 litros agua; una unidad por cada tanque almacenador si el almacenamiento es mayor de -- 68,000 litros agua;

B) Tomas de recepción y suministro: una unidad para cada torre de descarga de carros-tanque y una unidad para cada toma o- para cada grupo de dos tomas si están adyacentes, de las -- destinadas a recepción o suministro de transportes y autos- tanque.

C) Zona de bomba y compresora: una unidad;

D) Zona de estacionamiento de vehículos: una unidad por cada - diez vehículos, además de los utilizados en ellos.

4.- En la planta se dispondrá, además, como mínimo, de una unidad móvil, de carretilla, tipo B-C, de polvo químico seco, o CO_2.

5.- En la zona destinada a la Planta Generadora de energía eléctrica o al tablero de controles eléctricos, una unidad manual adecuada para fuegos, de tipo C.

6.- En cada una de las oficinas o edificios destinados a Administración, si están separados, dos unidades manuales para fuegos de- tipo ABC.

7.- En los talleres de reparación de vehículos, una unidad para fuegos tipo ABC, de 9.0 Kgs., de polvo químico seco o de CO_2.

8.- En las plantas de almacenamiento cuya capacidad sea mayor de 500,000 litros agua, o el número de tanques almacenadores sea superior a 6, se dispondrá, en lugar accesible, de equipo de protección para el personal encargado del manejo de los principales medios contra incendio, que consistirá en cuando menos dos trajes de amianto, de asbesto aluminizado o similares.

9.- En todos los casos es recomendable instalar en la parte superior de cada tanque almacenador, un sistema fijo de agua por aspersión o por cortina, abastecido por agua corriente del servicio municipal, o por tanque elevado o cisterna. En este último caso, el agua se inyectará al sistema mediante bomba eléctrica, moto-bomba o equipo hidro-neumático, cuyo sistema eléctrico deberá ser independiente del sistema destinado a las demás actividades de la planta.

10.- Será obligatorio lo señalado en el punto anterior, en los siguientes casos:

A) Si se dispone de servicio de agua municipal o de pozo, cualquiera que sea el número de tanques almacenadores de la planta y su capacidad total.

B) Aún cuando no se disponga de agua del servicio municipal, si el número de tanques almacenadores en la planta es mayor de 8.

C) En el mismo caso, si la capacidad total de la planta es mayor de 500,000 litros agua.

11.- Si la capacidad de almacenamiento de la planta es superior a 1,000,000 litros agua, el sistema de enfriamiento a que se refieren los dos puntos anteriores deberá contar con generador eléctrico o moto-bomba, para que el sistema funcione aún en el caso de suspensión del servicio de energía eléctrica destinado a las demás actividades de la planta.

12.- Se instalará, además, sistema de lanzas fijas de riego y/o mangueras contra incendio, cuando la capacidad de almacenamiento de la planta exceda de 1,000,000 litros agua, o el número de tanques almacenadores, sea mayor de 10, y en los casos que lo ameriten a juicio del proyectista. En estos casos deberá contarse con dos equipos de ropa de bombero por cada lanza o manguera.

13.- En todos los casos la capacidad de agua del depósito fijo será calculada y justificada por el proyectista para las eventuales necesidades de la planta.

14.- Toda planta deberá contar con sistema de alarma para caso de incendio, mediante el cual se avise en forma efectiva y oportuna a todo el personal, de la iniciación de una emergencia.

15.- El proyectista propondrá los sitios en que deberán llevarse a cabo las conferencias y simulacros para adiestrar periódicamente al personal de la planta en el manejo del equipo contra incendio.

16.- El Proyectista y el Técnico Responsable de la Planta, determinarán los letreros fijos que deben colocarse en los sitios adecuados, conteniendo instrucciones específicas para el personal sobre diversos aspectos de seguridad.

T R A N S I T O R I O

UNICO.- El presente Instructivo entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el "Diario Oficial" de la Federación.

México, D.F., a 23 de noviembre de 1970.- El Oficial Mayor, - - Francisco Rodríguez Gómez.- Rúbrica.

México, D.F., a 23 de noviembre de 1970.- Por Acuerdo del C. Secretario.- El Oficial Mayor, Francisco Rodríguez Gómez.- Rúbrica.

atc.

3.- Las tuberías de llenado de líquido deberán contar con los siguientes accesorios:

a).- Válvula de control manual para una presión de trabajo de 28 kg/cm2, inmediatamente después del acoplador con cuerda ACME al recipiente.

b).- En la boca de toma una válvula de acción manual para una presión de trabajo de 28 kg/cm2 y una válvula automática de no retroceso, sencilla ó doble, con cuerda ACME para recibir acoplador.

c).- Válvula de seguridad localizada entre las dos válvulas de cierre manual, en la zona más alta de esta tubería, cuyo ajuste de apertura deberá ser de 17.58 kg/cm2.

d).- Tubería de purga, controlada con válvula de control manual, que terminará hasta sobresalir en lugar bien ventilado y orientada en forma tal que sean mínimos los riesgos por el gas purgado.

4.- Las tuberías de llenado deberán ostentar el color rojo cuando estén destinadas a conducir gas LP en estado líquido y amarillo las que se utilicen para el retorno de vapores. La Dirección General de Gas podrá autorizar el uso de otros colores, si lo justifican razones de estética y no hay posibilidad de confusiones.

5.- Las tuberías de retorno de vapor deberán estar dotadas de los siguientes accesorios:

a).- Inmediatamente después del acoplador, dotado de opresor con cuerda ACME al recipiente, una válvula de cierre a mano de presión de trabajo de 28 kg/cm2.

b).- En la boca de la toma una válvula de cierre a mano para una presión de trabajo de 28 kg/cm2 y una válvula automática combinada de exceso de flujo y de no retroceso.

E.- <u>TUBERIAS, MOTORES DE COMBUSTION INTERNA</u>.

1.- La tubería de alimentación en instalaciones de aprovechamiento de gas LP en motores de combustión interna deberá ser:

a).- Para vehículos, de cobre flexible del tipo "L", protegida con material de color vivo de hule ó plástico resistentes al calor y a la combustión.

b).- Para motores estacionarios, de cobre flexible "L" ó rígido de norma para la presión de trabajo correspondiente, ó acero negro ó galvanizado, cédula 80.

2.- Deberá localizarse alejado al máximo posible del escape del vehículo ó lugares de calentamiento directo ó por radiación.

3.- Deberán localizarse a una distancia mínima de 15 centímetros del acumulador, para evitar que los ácidos la dañen.

4.- Deberá estar bien sujeta con grapas y protegida contra golpes.

5.- Deberá estar libre de estrangulamiento ó deformaciones.

6.- En el extremo inicial de la tubería se instalará una interconexión que haga posible el uso de vapor cuando sea necesario.

F.- PRUEBAS DE HERMETICIDAD.

1.- Toda tubería que conduzca gas deberá ser objeto de prueba de hermeticidad antes de ponerla en servicio.

2.- Las tuberías ocultas ó subterráneas deberán probarse antes de cubrirlas.

3.- Para efectuar las pruebas a baja presión, se utilizarán exclusivamente gas LP, aire ó gas inerte. Para las pruebas a mayores presiones se usarán sólo aire ó gas inerte, tales como anhídrido carbónico y nitrógeno. No se permitirá ningún otro fluído; jamás se utilizará oxígeno en cualquiera de estas pruebas.

4.- Las tuberías que conduzcan gas a baja presión se probarán como sigue:

a).- Antes de conectar los aparatos de consumo, las tuberías deberán soportar una presión manométrica de 500 gr/cm2, registrada por manómetro adecuado, durante un período no menor de 10 minutos, sin que el manómetro registre caída de presión alguna.

b).- Se efectuará una segunda prueba, con los aparatos de consumo conectados a las tuberías, en la que tuberías y accesorios de control de los aparatos de consumo, deberán soportar una presión manométrica de 26.36 gr/cm2, durante un período no menor de 10 minutos, sin registrarse caída de presión alguna.

5.- Las tuberías que conduzcan gas en alta presión regulada, en la prueba deberán soportar una presión manométrica no menor de dos veces la presión de trabajo, durante un período mínimo de 24 horas, sin mostrar caída de presión alguna. Se utilizará manómetro adecuado.

6.- Pruebas de hermeticidad en tuberías de llenado (líquido y vapor) y de vaporizadores (alta presión no regulada):

a).- Esta prueba se efectuará en la tubería con todos sus accesorios instalados, con excepción de la válvula de seguridad de la tubería de llenado, en cuyo lugar se pondrá el manómetro adecuado, debiendo soportar una presión de 21 kg/cm2, durante un período no menor de 24 horas, sin acusar caída de presión alguna.

b).- La válvula de seguridad para la tubería de líquido tendrá un ajuste de 17.58 kg/cm2.

7.- En todos los casos, una vez que el manómetro registre la presión requerida, la fuente de presión deberá desconectarse del sistema, antes de llevar a cabo las pruebas.

8.- Después de haber efectuado las pruebas de hermeticidad, cuando se haya utilizado aire ó gas inerte, se purgarán adecuadamente las tuberías antes de ponerlas en servicio. Una vez hecho lo anterior se hará el encendido de pilotos y quemadores, asegurándose de que éstos y sus motores funcionen correctamente y se verificará mediante jabonadura que no haya fugas en parte alguna de los aparatos estando en funcionamiento, es decir, encendidos.

9.- El Técnico Responsable informará a la Secretaría de Industria y Comercio sobre la ejecución de la prueba de hermeticidad, en escrito que contenga la firma del constructor, dueño ó usuario con las especificaciones completas de presión, tiempo y resultado, adjuntando por triplicado el documento a la solicitud de autorización de uso y funcionamiento.

:::::::::::::::: ::::::::::::::::
::::::::::::::::::

CAPITULO IV

DE LOS MEDIDORES VOLUMETRICOS DE VAPOR.

1.- Se instalarán en lugares bien ventilados, de manera que los trabajos de mantonimiento se puedan hacer con facilidad.

2.- Se instalarán precedidos por una válvula de control con orejas para candado. Se instalará una tuerca unión tanto en la entrada como a la salida, ó una sola si la entrada y salida están combinadas.

3.- Se instalarán fuera de los departamentos, agrupados en sitios de libre acceso (azoteas, patios bien ventilados ó lugares similares), y deberá marcarse cada uno con el número del departamento correspondiente.

4.- Para compensar la pérdida de presión que sufre el gas a su paso por medidores, cuando se utilicen tales artefactos se autoriza elevar la presión de ajuste del regulador de baja presión en 1.3 gr/cm2.

5.- Se observarán las Reglas A1 y A2 del Capítulo II, relativas a recipientes.

:::::::::::: ::::::::::::::
::::::::::::

CAPITULO V

DE LOS REGULADORES

1.- Toda instalación de aprovechamiento deberá contar con regulador de presión.

2.- Cuando se utilice vaporizador, el regulador de presión deberá estar instalado tan cerca de éste como lo permita la colocación de accesorios adicionales de control.

3.- Cuando se use regulador de una sola entrada, en instalaciones de aprovechamiento que desde el tanque sean abastecidas con vapor, dicho regulador podrá conectarse a la válvula de servicio mediante punta pol ó pictail.

4.- En tanque estacionario el tubo de cobre flexible a que se refiere el inciso anterior, deberá ser tipo "L", con longitud no mayor de 50 centímetros; en los tanques portátiles sus características se ajustarán a la Norma vigente (pigtel).

5.- Si se utilizan dos recipientes portátiles, la conexión de sus respectivas válvulas a regulador doble deberá hacerse mediante conexión flexible (pigtel), con las características que señale la Norma vigente.

Si se utiliza sólo un recipiente portátil conectado a regulador doble, la abertura no utilizada de éste deberá obturarse con tapón roscado apropiado.

6.- Si se utiliza más de un recipiente portátil a cada lado del regulador de presión, la conexión deberá hacerse mediante múltiple de fierro negro ó galvanizado que será cédula 80 si las conexiones son roscadas ó soldadas y cédula 40 si son soldadas ó cobre rígido K, firmemente sujeto a la pared ó con el soporte que garantice su estabilidad; dicho múltiple recibirá en válvulas de servicio las conexiones flexibles (pigtel de doble punta pol) de Norma que partan de las válvulas de los tanques. A su vez el extremo del múltiple estará dotado de válvulas de servicio para conectar al regulador, mediante conexión flexible (pigtel) de Norma ó punta pol.

7.- Los reguladores de presión de segunda etapa ó secundarios en instalaciones industriales y comerciales se localizarán de manera preferente a la intemperie; pero cuando sea indispensable instalarlos en recintos cerrados, deberán estar dotados de un tubo que conecte el escape de seguridad con el exterior ventilado. En todos los casos el regulador se instalará precedido de una válvula de cierre de acción manual.

8.- La capacidad y ajuste de los reguladores serán los apropiados al servicio que vayan a suministrar.

9.- La presión máxima de salida de los reguladores de primera etapa ó primarios, será de 1.5 kg/cm2, para instalaciones domésticas y comerciales. Deberán estar provistos de manómetro adecuado conectado al propio regulador ó en la tubería inmediata a ésta. En caso de que las necesidades del aprovechamiento requieran una presión

mayor en las tuberías de servicio, el Técnico Responsable lo justificará en la solicitud de autorización de uso y funcionamiento correspondiente.

10.- Se entenderá por alta presión regulada, cualquier presión controlada por regulador, que sea superior a 26.36 gr/cm2. En instalaciones destinadas a usos domésticos podrán utilizarse tuberías que conduzcan el gas a alta presión regulada, siempre y cuando el regulador de segunda etapa ó secundario se localice a la intemperie, siguiendo el criterio establecido para la localización de recipientes portátiles en cuanto a riesgos previsibles.

REGULADORES Y VAPORIZADORES PARA MOTORES DE COMBUSTION INTERNA.

1.- El uso de estos aparatos será obligatorio para el aprovechamiento de gas LP, como carburante en estado líquido en motores de combustión interna; en su instalación se seguirán las siguientes reglas y todas las recomendaciones del fabricante que no se opongan:

a).- Deberán estar colocados entre el tanque de combustible y el mezclador de gas-aire adaptado al carburador,

b).- Se sujetarán firmemente con soportes que reduzcan al mínimo la posibilidad de desprendimiento.

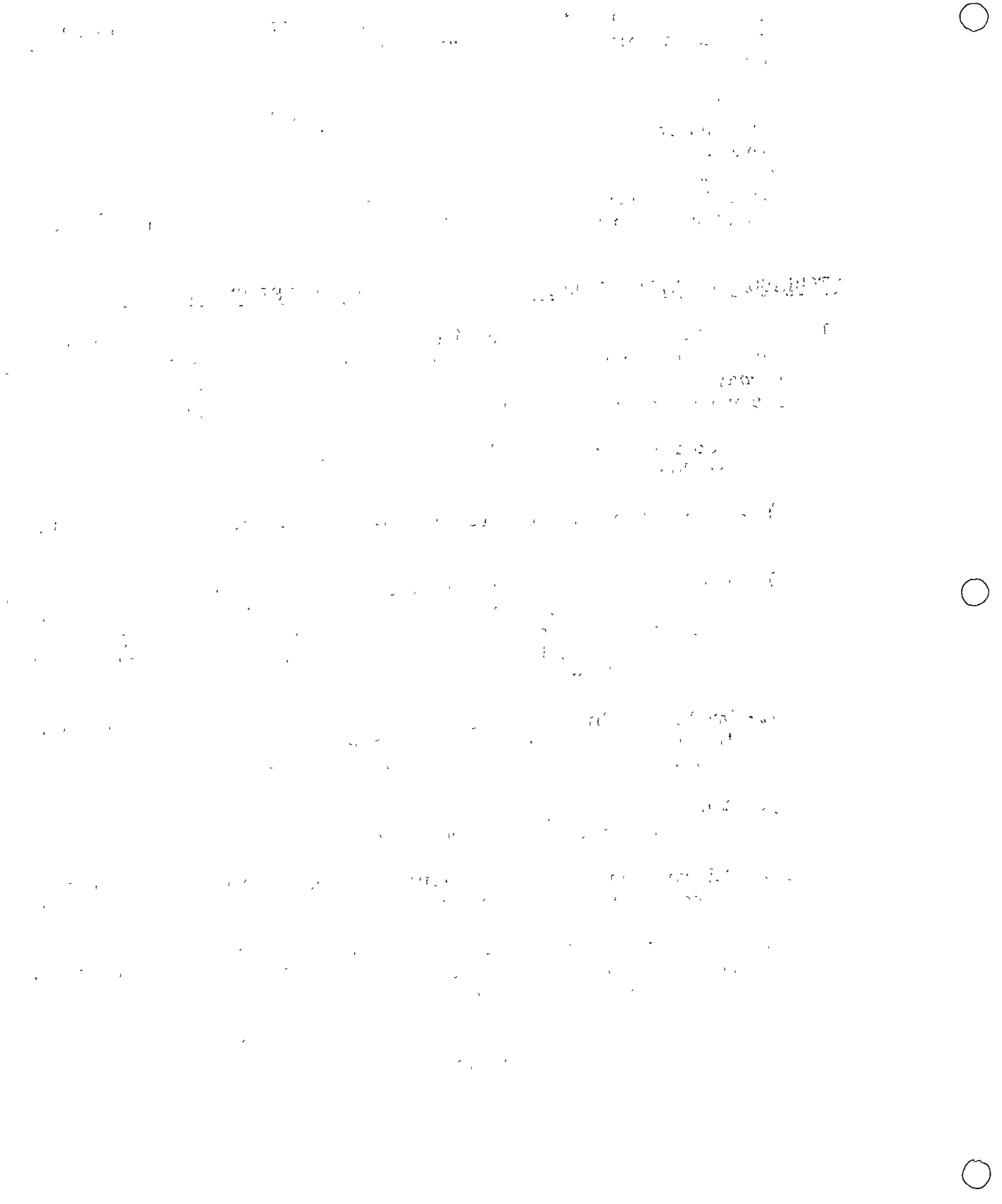
c).- Deberá instalarse una válvula de cierre automático, apropiada, en el sistema de combustible, en algún punto antes de la entrada al mezclador de gas-aire, diseñada para evitar el flujo del combustible al mezclador, cuando la ignición esté cerrada y el motor no esté trabajando.

d).- Queda prohibido utilizar el calor de los gases del escape del motor como medio para vaporizar el gas, prohibiéndose igualmente el uso de fusibles en los reguladores y vaporizadores.

e).- Deberán estar separados de lugares de alta temperatura, tales como el múltiple, silenciador, etc.

f).- Deberán contar con una válvula ó tapón adecuado que permita el drene completo del regulador, localizado en la parte inferior.

g).- El abastecimiento de aire fresco ó acondicionado, destinado a la zona de pasajeros, deberá no ser afectado por el consumo de aire del sistema de carburación.



CAPITULO VI

DE LOS APARATOS DE CONSUMO.

1.- La presión de gas en los orificios de salida de las espreas de aparatos domésticos será de 26.36 gr/cm2, con una tolerancia máxima de 5%. Esta presión se denominará Baja Presión Regulada. Los cálculos de caída de presión para las instalaciones de las Clases A, B y D, se regirán por la fórmula del Dr. Pole; en las instalaciones de las Clases C y F podrán utilizarse otras que deberán especificarse en el reporte.

2.- La presión del gas en los orificios de salida de las espreas de los aparatos comerciales ó industriales será la adecuada, según las especificaciones de diseño y de fabricación de los quemadores, autorizados por la Secretaría de Industria y Comercio.

3.- El gasto por aparato se determinará, siempre que sea posible, directamente por las especificaciones señaladas por el fabricante ó bien basándose en el calibre de la espreа.

CONSUMO DE PROPANO EN ESPREAS.

M3/H al nivel del mar.

Condiciones:

Propano = 88,456 BTU/M3 = 22,291 kg cal/m3

Presión en la espreа = 25.04 Gm/cm2.

S = 1.522

Espreа	M3/H	Espreа	M3/H	Espreа	M3/H
.008	.004778	62	.108450	39	.743045
.009	.00612	61	.113819	38	.772110
.010	.007548	60	.119939	37	.809692
.011	.009073	59	.126167	36	.851495
.012	.010791	58	.132073	35	.907330
80	.013637	57	.138838	34	.925585
79	.015784	56	.162138	33	.964240
78	.019120	55	.202404	32	1.009338
77	.024267	54	.227638	31	1.080207
76	.029958	53	.265220	30	1.238050

Esprea	M3/H	Esprea	M3/H	Esprea	M3/H
75	.033072	52	.302811	29	1.390624
74	.038011	51	.337162	28	1.476525
73	.043165	50	.367227	27	1.557058
72	.046923	49	.399440	26	1.632484
71	.050789	48	.433800	25	1.686172
70	.058950	47	.461718	24	1.745229
69	.063996	46	.491784	23	1.793538
68	.072157	45	.504669	22	1.857964
67	.076774	44	.554062	21	1.906283
66	.081606	43	.593791	20	1.955676
65	.091914	42	.656069	19	2.083454
64	.097176	41	.691504	18	2.152896
63	.102759	40	.719422		

Consumo típico de aparatos de gas L.P.

Condiciones:

Nivel del Mar.

Propano= 2,500 BTU/Ft3 = 88,267.5 BTU/m3 = 22,243.41 Cal/m3

Presión en la esprea = 11" Col. Agua = 27.94 Gm/Cm2

Coeficiente de la esprea = .8

Peso Específico S = 1.53

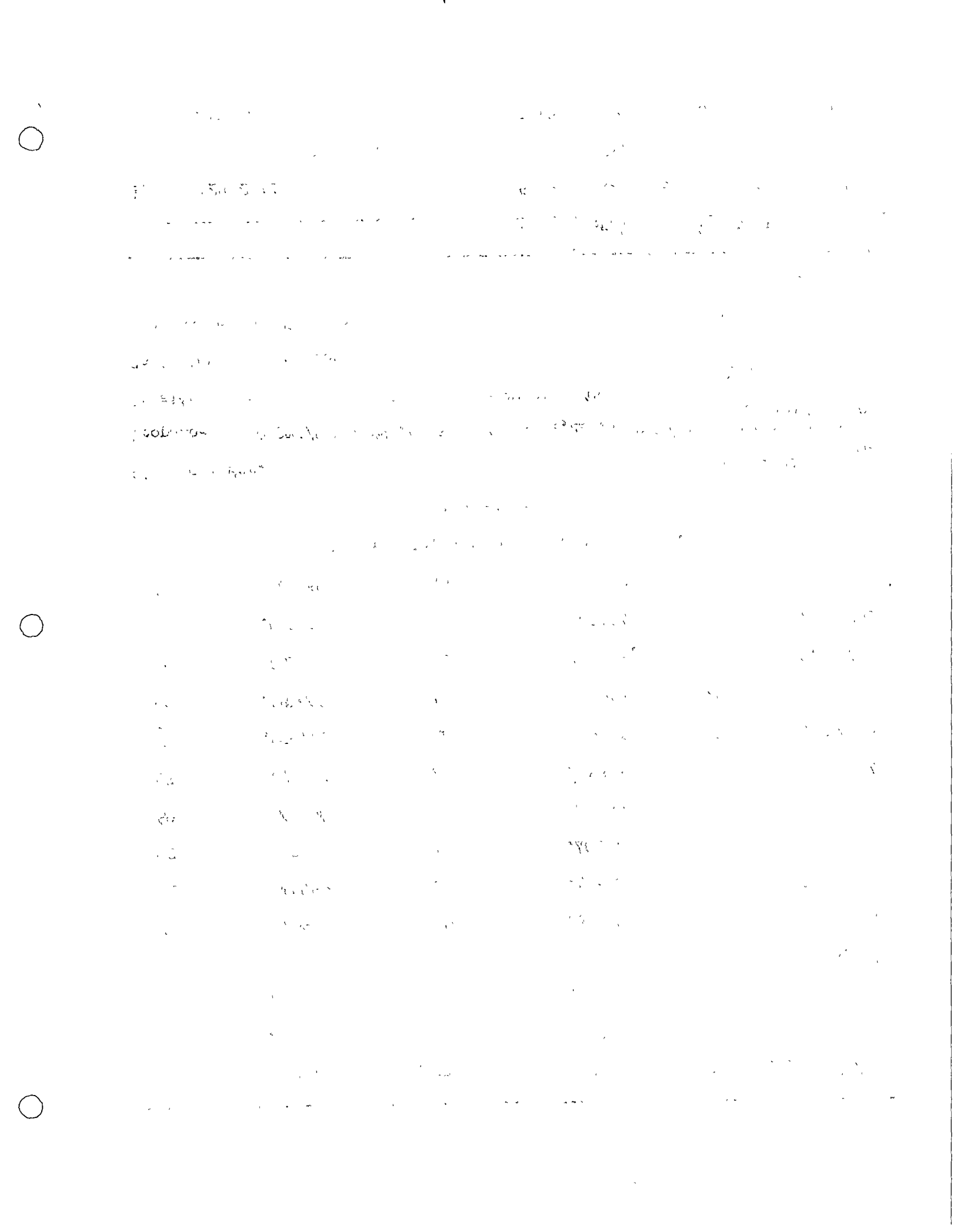
Nivel del mar
Propano = 88,456 BTU/m3 (.998) = 22,290.912 Cal/M3

Presión en la Esprc 25.04 Gm/Cm2

Factor combinado(.9

S = 1.522

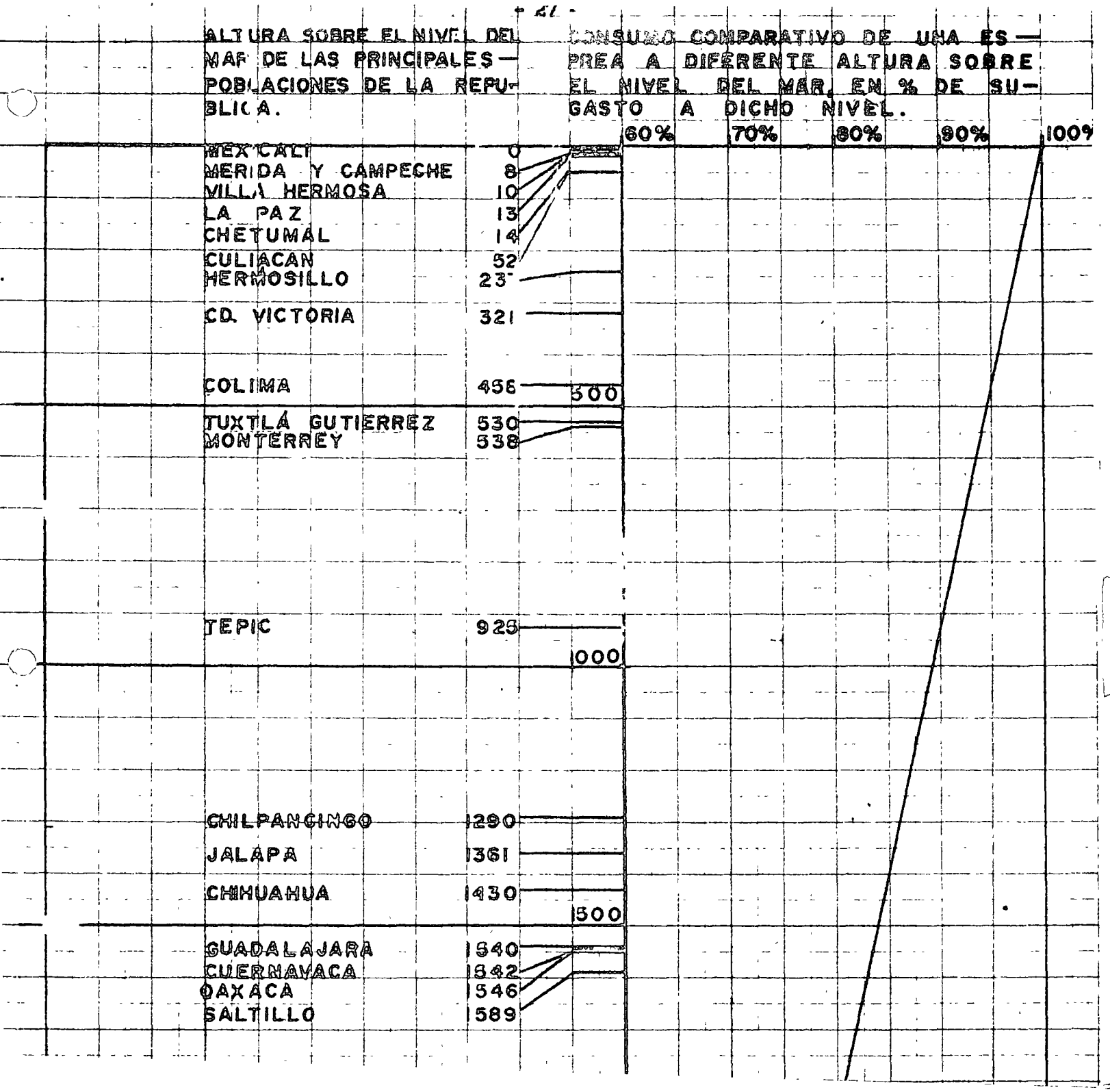
	Esprea	BTU/h	M3/H	BTU/h	M3/H	C.L/H
Estufa doméstica comal	70	5,490	.062	5,210	.0589	1,313
cada quemador	70	5,490	.062	5,210	.0589	1,313
Horno, Asador ó Rosticero	56	15,100	.170	14,330	.162	3,611



Estufa Restaurante cada quemador	66	7,600	.086	7,218	.0816	1,819
Plancha ó Asador	56	15,100	.170	14,330	.162	3,611
Cada Horno	50	34,200	.388	32,463	.367	8,180
Parrillas ó Cafeteras	70	5,490	.062	5,210	.0589	1,313
Conservador de alimentos calientes por Quemador	74	3,540	.040	3,361	.038	,847
Calefactor para 120 M3	64	9,050	.102	8,589	.0971	2,164
240 M3	56	15,100	.170	14,330	.162	3,611
360 M3	52	28,200	.318	26,784	.3028	6,750
Calentador H_2O Almacenamiento						
Hasta 110 lts.	54	21,200	.239	20,079	.227	5,060
Hasta 240 lts.	47	43,000	.479	40,778	.461	10,276
Infrarrojo por Quemador	59	11,750	.135	11,454	.126	2,809
Refrigerador doméstico	79	1,470	.0166	1,396	.01578	,352
Incinerador	56	15,100	.170	14,330	.162	3,611
Estufas domésticas E4QH			.418	35,196	.3979	8,892
E4QHC			.480	44,407	.4568	10,182
E4QHCA ó E4QHCR			.650	54,754	.616	13,798
Calentador H_2O de Paso Sencillo			.930	77,930	.881	19,638
Doble			1.500	126,784	1.422	31,697
Triple			2.100	176,116	1.991	44,381
Mechero Bunsen			.023	1,928	.0218	486
Máquina Tortilladora			2.200	184,430	2.085	46,476

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LAS PRINCIPALES POBLACIONES DE LA REPUBLICA.

CONSUMO COMPARATIVO DE UNA ESPREA A DIFERENTE ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR, EN % DE SU GASTO A DICHO NIVEL.



4.- Además de las válvulas de control que se instalen para comodidad de los usuarios, serán obligatorias las siguientes:

a).- Una llave de corte con maneral de cierre a mano, antes de cada aparato de consumo, instalada en la tubería rígida. Cuando la totalidad de la instalación sea de cobre flexible, se podrá instalar la llave de paso en la tubería flexible, debiendo quedar firmemente sujeta al muro con abrazaderas ó grapas a ambos lados de la llave.

Tratándose de aparatos de consumo permanentemente fijos (tales como hornos empotrados, calentadores de agua, cocinas integrales, etc.); también se podrá instalar la llave de corte en tubería flexible sin engrapar si el tramo de ésta tiene una longitud no mayor de 50 centímetros.

Cuando las condiciones de instalación y aparatos no permitan la colocación de una llave de corte accesible para cada aparato, se instalarán una ó más llaves de corte mediante la cual ó las cuales se cuente con el medio para controlar la totalidad de los aparatos.

b).- En locales comerciales ó industriales, una válvula de cierre general, de acción manual, localizada bien visible, en el interior, en sitio libre y de fácil acceso.

Cuando no sea posible cumplir estos requisitos de localización en el interior, se colocará al exterior en las condiciones señaladas. Pero en este caso se proveerá el medio adecuado para evitar que manejen esta válvula personas ajenas al servicio del usuario.

c).- Cuando los aparatos de consumo sean de uso colectivo (escuelas, laboratorios, sanatorios, etc.), se instalará una válvula general de cierre a mano en lugar adecuado, bien visible y de fácil acceso, para que sea operada exclusivamente por personal docente ó administrativo.

d).- En las instalaciones domésticas múltiples abastecidas por tanque fijo en que no se usen medidores deberá instalarse una válvula de cierre manual en lugar accesible en un punto antes de la entrada individual de la tubería a cada departamento ó casa.

5.- Todo aparato de consumo se localizará en forma tal que se tenga fácil acceso al mismo y a sus llaves de control.

6.- Cuando los aparatos sean instalados en el interior de construcciones, el sitio elegido para localizarlos deberá permitir una ventilación satisfactoria, que impida que el ambiente se vicie con los gases de combustión y sin corrientes de aire excesivas que puedan apagar los pilotos ó quemadores.

7.- Cuando los aparatos de consumo se instalen en recintos cerrados (clósets, nichos, cuarto de máquinas, etc.), será obligatorio instalar chimenea ó tiro directo hasta el exterior para desalojar los gases de la combustión, así como proveer el medio adecuado para permitir la entrada permanente de aire del exterior en cantidad suficiente para que el funcionamiento del quemador sea eficiente.



8.- Se prohibe instalar calentadores de agua en cuartos de baño, recámaras y dormitorios; la localización de estos aparatos deberá llenar los siguientes requisitos:

a).- Preferiblemente se instalarán a la intemperie ó en sitios al aire libre, permanentemente ventilados, con soportes adecuados que impidan esfuerzo a las tuberías de agua y de gas, debiendo observarse para su instalación, las recomendaciones del fabricante que no se opongan a este instructivo.

b).- Si se instalan en lugares cerrados (cocinas, closets, nichos interiores ó cuartos de lavado ó planchado, etc.), será obligatorio instalar tiro ó chimenea que desaloje libremente al exterior los gases de combustión. Estos tiros deberán tener un diámetro no menor al de la salida del difusor (el cual deberá no ser removido del propio aparato), y deberán tener pendiente ascendente en toda su trayectoria hacia la salida. En caso de que varios calentadores desalojen a una sola chimenea, ésta deberá tener el diámetro adecuado para su funcionamiento satisfactorio.

c).- Cuando la instalación de agua esté alimentada por tinacos elevados, los calentadores de almacenamiento deberán estar provistos de jarro de aire cuyo extremo final rebase el borde superior del tinaco; ó bien de válvula de relevo de presión si se trata de un sistema cerrado de tubería de agua.

En este último caso, si el calentador queda localizado a la intemperie, debe vigilarse que el escape de la válvula quede orientado hacia donde no represente peligro; si el calentador queda instalado en el interior de la construcción, debe vigilarse que la válvula de presión esté dotada de tubería que desaloje agua y vapor a la intemperie.

9.- La localización de los calefactores deberá reunir los siguientes requisitos:

Los que se instalen en recámaras y dormitorios, deberán ser de "tipo ventilado", cuyo diseño permita desalojar al exterior los gases de combustión.

Los movibles se conectarán a la tubería fija con rizo de cobre flexible de 1.20 a 1.50 m. de longitud. Podrán conectarse con manguera adecuada para conducir gas LP en estado de vapor, cuya longitud no será mayor de 1.5 m.

10.- Tratándose de estufas domésticas no fijas, será obligatoria la instalación de un rizo de tubo de cobre flexible cuya longitud mínima será de 1.5 m.

11.- Si las condiciones de la habitación de tipo popular hacen indispensable que la estufa tipo doméstico se instale en recámara, será obligatorio proveer ventilas permanentes abiertas hacia el exterior, a nivel de piso y a nivel superior al de la cubierta de la estufa.

12.- En la instalación de aparatos de consumo se atenderán las instrucciones del fabricante que no se opongan a este instructivo y en defecto de ellas, se adoptarán las medidas de seguridad que aconseje la técnica aceptada como buena para estos trabajos, a juicio del Técnico Responsable.

CAPITULO VII

DE LOS VAPORIZADORES

1.- Los vaporizadores se instalarán sobre base firme de concreto ó metálica, adecuadamente sustentados, debiendo observarse las recomendaciones del fabricante que no se opongan a este instructivo y a las distancias mínimas siguientes:

a).- A 3.0 m., del tanque cuando la capacidad del vaporizador sea hasta de 115 lts./hora. (30 gal/hora), y a 6.0 m., cuando la capacidad del vaporizador sea mayor. Podrán reducirse estas distancias si se adoptan otras medidas de seguridad equivalentes.

b).- A 6.0 m., de la boca de toma de la línea de llenado.

c).- Las distancias mencionadas en los incisos anteriores se medirán, alejándose del tanque desde el extremo de éste opuesto a aquel en que estén instaladas sus válvulas de control; si éstas están instaladas en la parte media del tanque, las distancias se medirán desde cualquiera de los extremos del mismo alejándose de sus válvulas de control.

2.- Las tuberías que se usen para conectar las zonas de líquido y de vapor del tanque fijo, a las correspondientes del vaporizador, deberán ser de fierro negro, Cédula 80 ó Cédula 40 soldada y sus conexiones para una presión de 140 kg/cm2.

3.- En la tubería de líquido que parte del tanque fijo, en sitio inmediato a la válvula de exceso de flujo del tanque, se instalará una válvula de cierre para 28 kg/cm2., como mínimo y otra de igual tipo en un punto inmediato antes del vaporizador. En el tramo de esta tubería en que el líquido pueda quedar atrapado por las válvulas mencionadas, deberá instalarse un colador y una válvula de seguridad calibrada a 17.58 kg/cm2. La localización y orientación de la válvula deberá ser tal que al producir se relevo de presión por la misma, la descarga se haga al ambiente libre, sin bañar directamente al recipiente ó al vaporizador.

4.- Los diámetros de las tuberías deberán ser apropiados a la capacidad del vaporizador.

5.- En la tubería de vapor se instalarán válvulas de cierre para 28 kg/cm2, una en sitio inmediato a la válvula de exceso de flujo y otra en un punto inmediato antes del vaporizador ó bien en un punto inmediato a la entrada del regulador, según corresponda por las especificaciones del aparato.

6.- Después del vaporizador y tan cercanos a éste como sea práctico, se instalarán los siguientes accesorios: En primer término una válvula de cierre para 28 kg/cm2, seguida por un regulador de presión apropiado para el servicio de abastecimiento y un manómetro que registre las presiones en el rango adecuado.

7.- Será obligatorio contar con equipo contra incendio (extinguidores), en número, tipo y capacidad adecuados, como medida de protección destinada exclusivamente al sistema tanque-vaporizador.

Si se utilizan extinguidores se localizarán en lugar bien visible, en sitio de fácil acceso que se elegirá tomando en cuenta el trayecto que habrá de seguir el personal que deba atender una emergencia y a una distancia del sistema mencionado en que, razonablemente se estime pueda efectuarse el acercamiento sin riesgo excesivo.

CAPITULO VIII

DE LAS AUTORIZACIONES DE USO Y FUNCIONAMIENTO

1.- De conformidad con los artículos 27, 36 y relativos del Reglamento de la Distribución de Gas, el uso y funcionamiento de las instalaciones destinadas al aprovechamiento de gas LP como combustible para necesidades domésticas, comerciales, industriales y para motores de combustión interna, requiere autorización de la Secretaría de Industria y Comercio.

2.- Para el efecto del trámite de las autorizaciones, el uso de las instalaciones de aprovechamiento se clasifica como sigue:

CLASE A.- Doméstico, con recipientes fijos ó portátiles, que abastecen casa habitación.

CLASE B.- Doméstico, la parte de la instalación que se encuentra en el interior de cada departamento ó casa, abastecida por una instalación de la clase "D".

CLASE C.- Comercial, con recipientes fijos ó portátiles.

CLASE D.- Doméstico múltiple; la parte de la instalación exterior a los departamentos ó casas, en edificio ó conjunto de edificios de departamentos, ó de casas unifamiliares, cuando no atraviesen vía pública de circulación.

CLASE E.- Carburación (para motores de combustión interna).

CLASE F.- Industrial.

NOTA: Las redes de distribución de gas LP son materia de instructivo diverso; sin embargo a partir de la acometida las instalaciones correspondientes se clasifican de acuerdo con el criterio anterior y se rigen por este instructivo. Se entiende por red de distribución de gas LP toda instalación que implique el tendido de tuberías por vía pública de circulación.

NOTA: Las instalaciones para usos agrícolas se regirán en todo lo aplicable por los criterios técnicos que se establecen en este instructivo. Los aspectos no previstos se justificarán técnicamente.

DE LAS INSTALACIONES CLASES A, B, C y E.

1.- Para obtener la autorización de uso y funcionamiento de las instalaciones Clase A, B, C y E, el Técnico Responsable encargado del diseño y supervisión presentará simultáneamente el reporte requerido y la solicitud firmada por el usuario, ambos con el mismo folio, a la Dirección General de Gas ó a la Delegación Federal con jurisdicción, utilizando el modelo correspondiente de los que se ilustran en las páginas siguientes.

2.- Una vez recibidos la solicitud del usuario y el reporte del Técnico, la Dirección General de Gas ó la Delegación Federal respectiva, según el caso, llevará a cabo la inspección inicial correspondiente y de resultar correcta la instalación, expedirá la autorización de uso y funcionamiento.

3.- La vigilancia sobre el estado de las instalaciones de la Clase "A" y su mantenimiento cuando estén localizadas en edificios de departamentos, quedará a cargo del inquilino que los habite, incluyendo recipientes, tuberías, accesorios y aparatos, si son de su propiedad. Si son propiedad del dueño del inmueble, éste tendrá a su cargo dicha vigilancia y mantenimiento, por lo que respecta a los elementos de las instalaciones que se encuentren fuera del departamento; y la vigilancia y mantenimiento de los elementos que se encuentren en el interior del departamento quedarán a cargo del inquilino que lo habite.

La vigilancia del estado y mantenimiento de las instalaciones de la clase "A" localizadas en casas-habitación unifamiliares quedarán a cargo del inquilino que las habite.

4.- Las instalaciones de gas LP de la clase "A" localizadas en departamentos ó casas habitación ocupadas en arrendamiento y cuyas instalaciones sean propiedad del

dueño del inmueble, sólo podrán modificarse por éste, en las condiciones que dispone este instructivo, bajo la supervisión de Técnico Responsable, previa solicitud que a tal propósito le haga el inquilino.

Si dichas instalaciones son propiedad del inquilino, toda modificación que requieran las mismas, deberá ser ejecutada como lo previene este Instructivo, bajo la supervisión del Técnico Responsable.

5.- La vigilancia sobre el estado de las instalaciones de la clase "B" quedará a cargo del inquilino que habite el departamento ó casa respectiva; el mantenimiento quedará a cargo del propietario del inmueble y sólo podrán modificarse por éste en las condiciones que dispone este instructivo, bajo la supervisión de Técnico Responsable, previa solicitud que a tal propósito le haga el inquilino.

6.- El mantenimiento de las instalaciones de la clase "C" será a cargo de su propietario; y la vigilancia sobre su estado, por lo que toca a los elementos que queden localizados en el local ocupado por el usuario, estará a cargo de éste. En el caso de que la instalación sea propiedad del dueño de la finca, la vigilancia sobre el estado de estas instalaciones, por lo que respecta a los elementos que se encuentren fuera del local ocupado por el usuario, será a cargo del dueño de la finca.

7.- La vigilancia sobre el estado de las instalaciones de la clase "E" y su mantenimiento serán de la exclusiva responsabilidad del propietario del vehículo ó del motor estacionario que abastezcan.

DE LAS INSTALACIONES DE LA CLASE D.

1.- El otorgamiento de las Autorizaciones de uso y funcionamiento para las instalaciones de la clase "D", requerirá la aprobación previa de la Secretaría de Industria y Comercio, del proyecto correspondiente. Será presentado a la Dirección General de Gas ó a la Delegación Federal que corresponda, debiendo contener los siguientes datos:

a).- Nombre del propietario del edificio.
b).- Domicilio (calle, número, colonia, zona postal, población y entidad federativa), donde estará ubicada la instalación.
c).- Nombre y número de registro del Técnico Responsable encargado del diseño de la instalación.

2.- Las solicitudes para obtener la aprobación previa del proyecto, deberán ser suscritas por el Técnico Responsable que lo haya formulado.

3.- Con las solicitudes que se presentarán por duplicado, se acompañará el plano isométrico de la instalación proyectada, que deberá contener los siguientes datos:

a).- Localización del recipiente.
b).- Capacidad del recipiente que se proyecta instalar.
c).- Capacidad y presión de salida del ó los reguladores que se intente usar.
d).- Explicación técnica del sistema de alta presión regulada, si se usa ésta.
e).- Datos sobre los aditamentos de medición, control y seguridad de la instalación.
f).- Datos sobre las tuberías: - De llenado,
- De vapor y
- De servicio.

Con indicación de tipos, diámetros y longitudes de tuberías.

g).- Datos sobre el tendido de las tuberías:
- Visibles,
- Ocultas en muros ó
- Subterráneas.

h).- Cuando requieran protección especial, indicar cómo estarán sujetas y protegidas las tuberías.
i).- Datos sobre los aparatos de consumo, tipo, gasto y localización.
j).- Resultado del cálculo por tramos, de la línea de máxima caída de presión.

4.- Sólo podrá llevarse a cabo la ejecución del proyecto, una vez que lo haya aprobado la Secretaría de Industria y Comercio, a través de la Dirección General de Gas.

Los trabajos se efectuarán por instaladores registrados en la propia Secretaría, bajo la supervisión de un Técnico Responsable.

5.- Una vez terminada la instalación y efectuada la prueba de hermeticidad, todas las terminales para conexión de aparatos de consumo deberán quedar herméticamente taponadas, usando para ello tapones roscados ó soldados, conforme lo requiera la tubería de que se trate.

El retiro de estos tapones y la conexión de los aparatos de consumo, sólo podrá realizarlo personal de la empresa abastecedora de gas, bajo la responsabilidad de ésta.

A tal efecto, en cada uno de los tanques mencionados, ó en sitio bien visible inmediato a éllos, se colocará etiqueta roja metálica ó de otro material que garantice permanencia con la siguiente leyenda:

> "Se prohibe retirar este tapón a persona ajena a la empresa que abastece de gas esta instalación. Quien contravenga esta prevención se hará acreedor a las responsabilidades penales que origine cualquier accidente que se cause".

6.- En cada medidor utilizado en la instalación se colocará empaque ciego que impida el paso del gas, en lugar del empaque propio del aparato. La substitución de empaques, para poner en servicio la instalación, sólo la podrá realizar personal de la empresa abastecedora, bajo la responsabilidad de ésta.

7.- Una vez efectuada la prueba de hermeticidad y la colocación de las etiquetas, tapones y empaques ciegos a que se refieren los puntos anteriores, se formulará constancia de todo ello y de la entrega de la instalación por el Técnico Responsable, a quien corresponda.

Dicha constancia deberá ser firmada por el Técnico Responsable, por la persona que haya presenciado las pruebas de hermeticidad (que podrá ser el constructor del edificio, ó el propietario ó su representante), por la persona que reciba la instalación (que podrá ser el propietario ó su representante) y dos testigos.

En dicha constancia se incluirá, en todos los casos, cláusula que diga lo siguiente:

> "Esta instalación ha quedado debidamente probada y sin fugas; todas las terminales para conexión de aparatos de consumo han quedado debidamente taponadas herméticamente; el tanque se encuentra conectado a la instalación y su válvula de servicio está cerrada y las llaves que controlan los ramales están cerradas también. La conexión de las terminales a los aparatos de consumo, sólo podrá ser realizada por personal de la empresa abastecedora; y también únicamente personal de dicha empresa abastecedora, podrá abrir la llave de servicio del tanque y de cada uno de los ramales y poner en servicio las instalaciones. Queda bajo la responsabilidad del propietario del inmueble y de la persona que en su nombre firma esta constancia, el cumplimiento estricto de estas prevenciones".

8.- Cumplido lo anterior, el Técnico Responsable presentará la solicitud de autorización de uso y funcionamiento del propietario y el reporte correspondiente a la Secretaría de Industria y Comercio, acompañando la constancia mencionada en el punto anterior y el plano definitivo correspondiente, en el cual constarán todos los datos específicos de la instalación, con justificación de los cambios fundamentales que presente la misma en relación con el plano aprobado del proyecto.

9.- La Secretaría de Industria y Comercio comisionará a un inspector para que verifique que la instalación se ejecutó conforme a las disposiciones reglamentarias y según el reporte del Técnico. Si hay variaciones deberá anotarlas y dar cuenta a la Dirección General de Gas ó a la Delegación Federal correspondiente. Si la inspección resultara satisfactoria, así lo hará constar en el acta.

Cumplidos estos requisitos, la Secretaría de Industria y Comercio, si así procede, extenderá de inmediato la autorización de uso y funcionamiento correspondiente.

10.- Sólo que se cumplan los requisitos anteriores, la empresa abastecedora de gas LP, podrá llenar con gas el tanque estacionario, cerciorándose de que la válvula de servicio permanezca cerrada.

11.- La Dirección General de Gas ó el Delegado Federal correspondiente, autorizará provisionalmente a la empresa abastecedora de gas para que le proporcione servicio al usuario, tanto de casas particulares como de departamento, bajo la responsabilidad de la empresa y solamente para la primera entrega de gas LP, siempre y cuando ésta tenga presente y exhiba en un plazo no mayor de ocho días de haber iniciado el servicio, la copia sellada por Oficialía de Partes de la solicitud firmada por el usuario y el reporte del Técnico Responsable correspondiente. Tendrá obligación de verificar que el gasto de los aparatos sea el adecuado.

12.- La vigilancia sobre el estado de las instalaciones y el mantenimiento de éstas, quedará a cargo del propietario ó administrador del inmueble, por lo que se refiere a los elementos de las mismas que se encuentren fuera de los departamentos ó casas, así como los que se encuentren en el interior de dichas viviendas, cuando estén desocupadas.

13.- La parte correspondiente a los elementos que se encuentran en el interior de los departamentos ó casas, al ser ocupados éstos, quedarán a cargo del inquilino que los habite.

14.- Asímismo será obligatorio para el dueño ó administrador del edificio, notificar con toda oportunidad a la empresa abastecedora de gas, de la desocupación de un departamento ó casa por un usuario, para que la empresa cancele el servicio y tome las medidas de seguridad que correspondan. De originarse un accidente por la omisión ó inoportunidad en efectuar esa notificación, podrá atribuírse a dichas personas la responsabilidad que corresponda.

Una vez que se ponga en servicio cada departamento ó casa, deberá entregarse a la Secretaría de Industria y Comercio, el reporte del Técnico Responsable, correspondiente a la instalación Clase "B" de que se trate, en el que se señale el nombre del usuario. Esto se hará en plazo que no excederá de 8 días contados a partir de la fecha en que se inicie el servicio al departamento ó casa de que se trate.

El mismo trámite se requerirá cada vez que un departamento ó una casa sean ocupadas por un nuevo inquilino.

DE LAS INSTALACIONES CLASE "F"

1.- El otorgamiento de las autorizaciones de uso y funcionamiento para las instalaciones de la clase F (para servicio industrial), requerirán aprobación previa de la Secretaría de Industria y Comercio, del proyecto correspondiente.

2.- Las solicitudes para obtener la aprobación previa del proyecto deberán ser suscritas por el Técnico Responsable que lo haya formulado, y presentadas a la Dirección General de Gas, debiendo proporcionar los datos siguientes:

a).- Nombre del usuario.
b).- Domicilio (calle, número, colonia, zona postal, población y entidad federativa) de la fábrica ó taller.
c).- Tipo de la industria.
d).- Nombre y número de registro del Técnico Responsable encargado del diseño de la instalación.

3.- Con las solicitudes a que se refiere el punto anterior, se presentarán tres tantos de planos y memorias técnicas descriptivas de la instalación de aprovechamiento de gas, que deberán contener los datos y requisitos que se señalan en los siguientes puntos:

4.- Las memorias técnicas descriptivas, contendrán los datos siguientes:

a).- Ubicación de la industria.
b).- Uso del Gas LP.
c).- Especificaciones de diseño de la instalación y resultado del cálculo del diámetro de las tuberías.
d).- Localización y capacidad del ó los tanques que se proyecte instalar, indicando sus accesorios, zona de protección, distancias, etc. Iguales datos del vaporizador, si se proyecta su uso.
e).- Descripción de la trayectoria de la tubería, a partir del tanque de almacenamiento, indicando si estará enterrada ó suspendida, clase y dimensiones, protección con que cuente y color de pintura, justificando éste en caso de ser diferente al reglamentario.
f).- Presión de salida y capacidad de los reguladores y presiones a las que deberán funcionar los aparatos de consumo.
g).- Descripción de los aparatos de consumo, tipo y gasto.
h).- Descripción de los aparatos y accesorios de control de seguridad para los aparatos de consumo.
i).- Descripción del sistema empleado para desalojar los gases de la combustión de Gas LP.
j).- Descripción del equipo contra incendio proyectado.
k).- Si se emplea combustible substituto, mencionar el tipo y depósitos del mismo y la localización de éstos.
l).- Existencia ó no de fluídos que puedan reaccionar peligrosamente con el gas LP.

5.- En los planos se representará:

a).- La localización de la industria en un croquis pequeño.
b).- Un plano en planta, a escala, indicando la localización de los re

cipientes, vaporizador, aparatos de consumo, equipos contra incendio, tendido de tuberías; y depósitos de combustible substituto, en su caso, y depósitos de otras materias inflamables ó explosivas que se encuentren a distancia menor de 15.0 m. del tanque estacionario.

c).- Diagrama isométrico de la instalación; recipientes, tuberías, accesorios y aparatos de consumo.

6.- Si estudiados los documentos (memoria y plano), la Secretaría de Industria y Comercio, a través de su Dirección General de Gas, determina que cumplen con los requisitos técnicos señalados, los aprobará y devolverá copia con la anotación correspondiente, al Técnico Responsable.

7.- Al terminar la construcción de la instalación, el Técnico Responsable avisará a la Dirección General de Gas a fin de que se proceda a la inspección reglamentaria, acompañando acta de recepción de trabajo y la solicitud del usuario, para que se le otorgue la autorización de uso y funcionamiento. En la solicitud deberá indicarse el programa de mantenimiento a que estará sujeta la instalación y señalarse el nombre de la persona encargada del mismo.

El acta contendrá en todos los casos cláusula en los siguientes términos:

> "Esta instalación ha quedado debidamente probada y sin fugas; los aparatos de uso inmediato han quedado debidamente conectados y sus válvulas cerradas; todas las terminales para conexión de aparatos de consumo no disponibles de inmediato han quedado taponadas herméticamente; el tanque se encuentra conectado a la instalación y su válvula de servicio está cerrada y las llaves que controlan los ramales están cerradas también. La conexión de los aparatos pendientes solo podrá ser realizada por personal de la empresa abastecedora de gas; y también únicamente personal de dicha empresa abastecedora podrá abrir la llave de servicio del tanque y cada uno de los ramales y poner en servicio las instalaciones. Queda bajo la responsabilidad del propietario de la industria y de la persona que en su nombre firma esta constancia, el cumplimiento estricto de estas prevenciones."

8.- Si lo amerita el resultado de la inspección que se practicará por la Dirección General de Gas, se otorgará la autorización de uso y funcionamiento de la instalación.

9.- Cuando se requiera modificar ó ampliar la instalación en cualquier forma, es obligación del usuario contar previamente con proyecto formulado por Técnico Responsable, quien deberá encargarse de supervisar la ejecución del trabajo y de reportarlo a la Dirección General de Gas con los detalles necesarios.

Se prohibe que personal no autorizado por la Dirección General de Gas lleve a cabo los trabajos mencionados.

10.- Dentro del área marcada en los planos como zona de seguridad para los tanques estacionarios y vaporizadores, no se podrán instalar depósitos de combustible, ni de materias inflamables ó explosivas; ni tampoco se podrán establecer fuentes de combustión, ni crear riesgo alguno que afecte la seguridad de la instalación en cualquiera de sus componentes.

:::::::::: :::::::::: ::::::::::

NUMERO DE FOLIO.

SOLICITUD PARA INSPECCION DE INSTALACION DE APROVECHAMIENTO DE GAS.-

SECRETARIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO.

_____

(Dirección General de Gas ó Delegación Federal)

_____

(Domicilio)

_____

(Población)

En cumplimiento de lo dispuesto por los artículos 27, 36, 100 y relativos del Reglamento de la Distribución de Gas, solicito la inspección de la instalación de gas LP [ ] Natural [ ], ubicada en el domicilio que adelante se indica, para que se me otorgue la correspondiente autorización de uso y funcionamiento. Me permito proporcionar los datos siguientes:

Nombre del solicitante: _____

_____

Domicilio: _____

_____

Población: _____ Estado: _____

Uso: Doméstico [ ] Comercial [ ] Industrial [ ]

Acompaño a la presente el reporte técnico cuyo número se menciona arriba, de la instalación, formulado y suscrito por el C. _____

_____

Técnico Responsable autorizado por esa Secretaría y registrado con el Número _____.

Lugar y fecha: _____

_____

Firma del usuario.

NOTA: El número de folio debe corresponder al mismo número de folio del reporte del Técnico.

Número de folio.

SOLICITUD PARA INSPECCION DE INSTALACION DE GAS LP., CLASE B, PARA MOTORES DE COMBUSTION INTERNA.

SECRETARIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO.

_____

(Dirección General de Gas ó Delegación Federal)

_____

(Domicilio)

_____

(Población)

En cumplimiento de lo dispuesto por los artículos 27, 36, 100 y relativos del Reglamento de la Distribución de Gas, solicito la inspección de la instalación de gas LP., usado como carburante en el motor que adelante se indica, para que se me otorgue la correspondiente autorización de uso y funcionamiento. Me permito proporcionar los datos siguientes:

Nombre del propietario:_____

Domicilio:_____

_____

Población:_____ Estado:_____

Marca del vehículo:_____ Modelo (año):_____

No. de Placas:_____ No. Económico:_____

No. de Motor:_____ Tipo:_____

Uso (Transporta):_____ Capacidad:_____

Acompaño a la presente el reporte técnico cuyo número se menciona arriba, de la instalación de carburación formulado y suscrito por el C._____

Técnico Responsable autorizado por esa Secretaría y registrado con el Número _____.

Lugar y fecha:_____

_____

Firma del usuario ó de su representante.

NOTA: El número de folio debe corresponder al mismo número de folio del-reporte del Técnico.

TRANSITORIOS

1o.-Este instructivo se aplicará a las instalaciones de aprovechamiento de gas L.P. que carezcan de autorización de uso y funcionamiento.

2o.-Los Técnicos Responsables entregarán a la Dirección General de Gas o a la Delegación Federal correspondiente, la lista de las instalaciones que tengan por iniciar o en proceso, las cuales se juzgarán con los criterios en vigor con anterioridad a esta fecha.

México, D. F., Marzo de 1970.

El Oficial Mayor
Lic. Francisco Rodríguez Gómez.

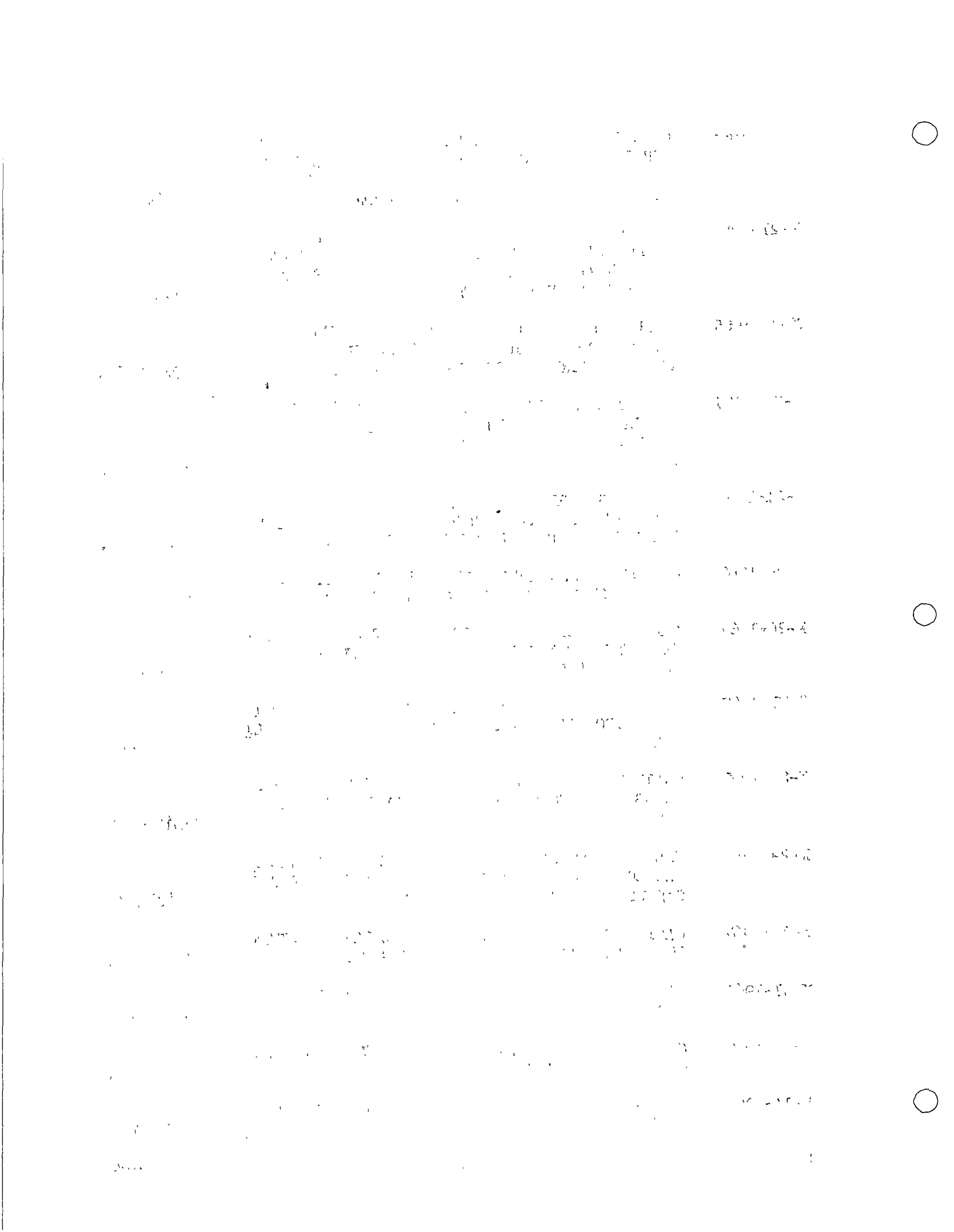
El Director General de Gas
Ing. Francisco A. Sáenz y S.

APENDICE I

LISTA DE NORMAS RELATIVA A ESTA MATERIA, VIGENTES EN LA FECHA DE PUBLICACION DE ESTE INSTRUCTIVO.

		Fecha Publicación:
X-1-1969	CALIDAD Y FUNCIONAMIENTO PARA CONEXIONES DENOMINADAS "COLA DE COCHINO" PARA RECIPIENTES PORTATILES USO GAS LP.	4/JUN/69.
X-5-1968	CALIDAD PARA RECIPIENTES PORTATILES PARA GAS LP. CANCELA B-5-1964.	24/JUL/68.
X-9-1964	CALIDAD Y FUNCIONAMIENTO DE ESTUFAS DOMESTICAS A GAS. CANCELA B-30-1960.	4/JUN/64.
X-10-1967	CALIDAD Y FUNCIONAMIENTO PARA VALVULAS PARA RECIPIENTES PORTATILES PARA GAS LP. CANCELA B-58-1953, B-58-1962 y B-58-1964.	22/MAR/68.
X-11-1965	FUNCIONAMIENTO DE REGULADORES DE BAJA PRESION PARA GAS LP.	/NOV/65.
X-12-1969	CALIDAD PARA RECIPIENTES PARA GAS LP. TIPO NO PORTATIL.	11/AGO/69.
X-13-1965	CALIDAD PARA VALVULAS DE RETENCION PARA USO EN RECIPIENTES NO PORTATILES PARA GAS LP.	27/MAY/65.
X-14-1964	METODO DE PRUEBA DE HERMETICIDAD DE RECIPIENTES PORTATILES PARA GAS LP.	25/JUL/64. FE ERRATAS 6/OCT/64.
X-15-1964	METODO DE PRUEBA DE ELASTICIDAD DE RECIPIENTES PORTATILES PARA GAS LP.	25/JUL/64. FE ERRATAS 6/OCT/64.
X-16-1964	CALIDAD Y FUNCIONAMIENTO DE CALENTADORES TIPO ALMACENAMIENTO PARA AGUA A BASE DE GAS NATURAL Y GASES LICUADOS DE PETROLEO.	12/SEP/64.
X-17-1964	CALIDAD Y FUNCIONAMIENTO DE CALENTADORES INSTANTANEOS PARA AGUA A BASE DE GAS NATURAL Y GASES LICUADOS DE PETROLEO.	12/SEP/64.
X-18-1964	METODO DE PRUEBA PARA LA DETERMINACION DE LAS TEMPERATURAS DE OPERACION EN CALENTADORES INSTANTANEOS PARA AGUA A BASE DE GAS NATURAL Y GASES LICUADOS DE PETROLEO.	29/DIC/64.
X-19-1964	METODO DE PRUEBA PARA LA DETERMINACION DE LA EFICIENCIA TERMICA EN CALENTADORES INSTANTANEOS PARA AGUA A BASE DE GAS NATURAL Y GASES LICUADOS DE PETROLEO.	29/DIC/64.

X-20-1965	METODO DE PRUEBA PARA LA DETERMINACION DE LAS PERDIDAS DE CALOR EN EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE CALENTADORES PARA H_2O A BASE DE GAS NATURAL Y GASES LICUADOS DE PETROLEO.	4/NOV/65.
X-21-1965	METODO DE PRUEBA PARA LA DETERMINACION DE LAS TEMPERATURAS DE OPERACION DE CALENTADORES TIPO ALMACENAMIENTO PARA AGUA A BASE DE GAS NATURAL Y GASES LICUADOS DE PETROLEO.	11/JUN/65.
X-22-1965	CALIDAD PARA REGULADORES-VAPORIZADORES PARA GAS LP. O GAS NATURAL EMPLEADOS COMO COMBUSTIBLE EN MOTORES DE COMBUSTION INTERNA.	9/OCT/65.
X-23-1965	METODO DE PRUEBA PARA LA DETERMINACION DE LA EFICIENCIA TERMICA EN CALENTADORES TIPO ALMACENAMIENTO PARA AGUA, A BASE DE GAS NATURAL O GAS LP.	25/JUN/65.
X-24-1965	METODO DE PRUEBA PARA LA VERIFICACION DE LA RESISTENCIA A LA PRESION HIDROSTATICA DE RECIPIENTES PARA GAS LP. TIPO NO PORTATIL.	11/MAY/66.
X-25-1967	CALIDAD PARA VALVULAS DE LLENADO PARA USO EN RECIPIENTES DE TIPO NO PORTATIL PARA GAS LP.	16/MAR/67.
X-26-1967	CALIDAD Y FUNCIONAMIENTO DE REGULADORES DE BAJA PRESION CON VALVULA DE ACOPLAMIENTO INTEGRAL PARA USO EN GAS LP.	16/MAR/67.
X-27-1967	CALIDAD PARA MEDIDORES DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO TIPO DIAFRAGMA, PARA GAS NATURAL O GAS LICUADO DE PETROLEO.	2/AGO/68.
X-28-1967	CALIDAD PARA VALVULAS DE RETORNO DE VAPORES PARA USO EN RECIPIENTES TIPO NO PORTATIL PARA GAS LP.	16/MAR/67.
X-29-1967	CALIDAD Y FUNCIONAMIENTO PARA MANGUERAS EMPLEADAS EN LA CONDUCCION Y MANEJO DE GAS NATURAL Y GAS LP. CON REFUERZO DE ALAMBRE.	2/AGO/68.
X-30-1967	CALIDAD PARA MANGUERAS CON REFUERZO TRENZADO DE FIBRAS TEXTILES PARA MANEJO GAS LP.	2/AGO/68.
X-31-1967	CALIDAD PARA VALVULAS DE PASO PARA INSTALACIONES DE GAS NATURAL Y GAS LP.	2/AGO/68.
X-50-1967	CALIDAD Y FUNCIONAMIENTO DE MANOMETROS PARA GAS LP. Y GAS NATURAL.	2/AGO/68.
L-34-1968	METODO DE PRUEBA PARA DETERMINACION DE AZUFRE TOTAL EN GAS LP.	14/OCT/68.
L-I-1964	CALIDAD PARA GAS LICUADO DE PETROLEO.	12/SEP/64. FE ERRATAS



L-7-1964	METODO DE PRUEBA PARA LA DETERMINACION DE LA PRESION DE VAPOR DE GAS L.P.	11/JUL/64 FE ERRATAS 12/SEP/64
L-8-1964	METODO DE PRUEBA PARA LA DETERMINACION DEL PUNTO DE EBULLICION DE MEZCLA DE HIDROCARBUROS LICUABLES.	6/OCT/64 FE ERRATAS 29/DIC/64
L-20-1967	METODO DE PRUEBA DE CORROSION EN EL GAS L.P.	2/AGO/68
B-345-1967	CALIDAD Y FUNCIONAMIENTO DE REGULADORES DE BAJA PRESION PARA GAS NATURAL PARA SERVICIO DOMESTICO.	2/AGO/68
B-361-1967	CALIDAD PARA BOMBAS EMPLEADAS EN GAS L.P.	2/AGO/68
B-368-1967	CALIDAD PARA PLACA DE ACERO ALEADO AL CROMO MANGANESO SILICIO PARA LA FABRICACION DE RECIPIENTES DE GAS L.P.	3/OCT/68
B-402-1967	CALIDAD Y FUNCIONAMIENTO PARA CONEXIONES UTILIZADAS EN MANGUERAS PARA LA CONDUCCION DE GAS NATURAL Y GAS L.P.	20/FEB/68
B-405-1967	CALIDAD Y FUNCIONAMIENTO DE MANOMETROS PARA GAS L.P. Y GAS NATURAL.	2/AGO/68
B-42-1967	CALIDAD PARA LAMINA EMPLEADA EN LA FABRICACION DE RECIPIENTES PORTATILES PARA GAS L.P.	22/MARZO/68
B-93-1967	CALIDAD PARA PLACAS DE ACERO PARA LA FABRICACION DE RECIPIENTES NO PORTATILES PARA GAS L.P.	2/AGO/68
W-36-1966	TUBOS FLEXIBLES DE COBRE USADOS EN LA CONDUCCION DOMICILIARIA DE GASES DERIVADOS DEL PETROLEO.	25/OCT/66
W-18-1954	TUBERIA DE COBRE USADA EN LA CONDUCCION DE GAS L.P.	28/JUN/54
X-2-1969	CALIDAD PARA CONECTORES DE LATON Y COBRE FORJADO, EMPLEADOS EN INSTALACIONES DE GAS L.P. Y NATURAL.	27/AGO/69

Para los efectos de este instructivo se aplicarán las normas que estén en vigor en la fecha de ejecución del trabajo de que se trate.

APENDICE NO. II

RELACION DE NORMAS EN PROCESO DE ELABORACION.

X-6-1968 CALIDAD PARA MEDIDORES DE NIVEL DE GAS LP. EN RECIPIENTES TIPO NO PORTATIL Y DE TRANSPORTE.

X-7-1968 FUNCIONAMIENTO DE ELECTRODOS PARA SOLDAR RECIPIENTES A PRESION.

X-33-1968 CALIDAD Y FUNCIONAMIENTO PARA. TERMOSTATOS.

X-34-1968 CALIDAD PARA MIRILLAS INDICADORAS DE NIVEL EN RECIPIENTES PORTATILES PARA GAS LP.

X-35-1968 CALIDAD Y FUNCIONAMIENTO DE ROSTICEROS A GAS LP. O GAS NATURAL.

X-36-1968 CALIDAD PARA CONEXIONES DE ACERO ROSCADOS.

X-37-1969 CALIDAD PARA CONEXIONES SOLDABLES DE ACERO.

X-38-1968 CALIDAD PARA QUEMADORES.

X-39-1968 CALIDAD PARA HORNOS.

X-40-1968 CALIDAD PARA CONEXIONES PARA MANGUERA.

X-41-1968 CALIDAD PARA REFRIGERADORES DE GAS.

X-42-1968 CALIDAD PARA TERMOMETROS INDUSTRIALES PARA GAS LP.

X-43-1968 CALIDAD PARA VALVULAS DE METAL FERROSO Y NO FERROSO PARA GAS LP.

X-44-1968 CALIDAD PARA VALVULAS DE SEGURIDAD DE ACCION POR RESORTE INTERNO DE GAS LP.

X-45-1968 CALIDAD PARA RECIPIENTES DE ALUMINIO GAS BUTANO PARA ENCENDEDO-- RES.

X-46-1968 CALIDAD Y FUNCIONAMIENTO PARA TERMOMETROS BIMETALICOS DE CARATU- LA USO GAS LP. Y NATURAL Y OTROS USOS INDUSTRIALES.

X-47-1968 METODOS DE APLICACION DE SOLDADURA EN RECIPIENTES A PRESION PARA GAS LP. Y GAS NATURAL.

X-48-1969 NORMA DE SISTEMA DE LLENADO, TOLERANCIAS Y METODOS DE COMPROBA-- CION, EN RECIPIENTES PORTATILES PARA GAS LP.

X-49-1969 CALIDAD Y FUNCIONAMIENTO PARA. INCINERADORES.

X-51-1961 CALIDAD Y FUNCIONAMIENTO PARA VALVULAS DE SERVICIO CON LIQUIDOS- O VAPORES CON MEDIDOR DE NIVEL DE MAXIMO LLENADO DE RECIPIENTES- ESTACIONARIOS EN PLANTAS DE DISTRIBUCION DE GAS LP.

L-39-1968 METODO DE PRUEBA DE HUMEDAD DE GAS LP.

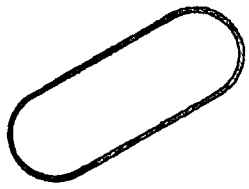
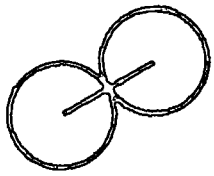
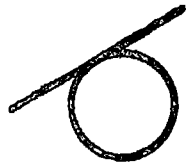
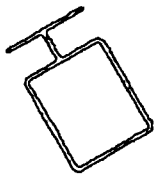
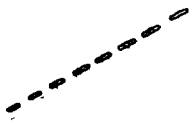
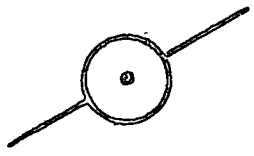
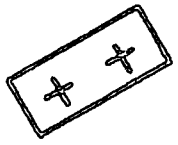
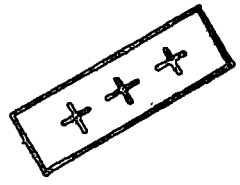
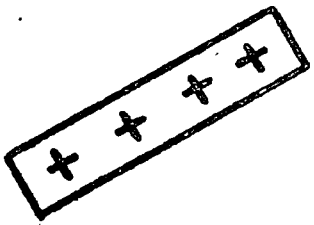
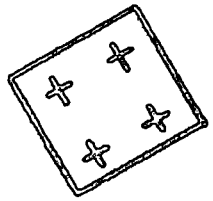
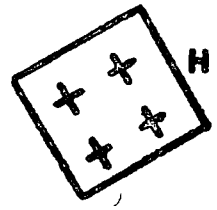
T-22-1968 NORMA OFICIAL PARA PIEZAS DE HULE USADAS EN VALVULAS PARA MANEJO DE GAS LP.

S/N NORMA DE NOMENCLATURA.

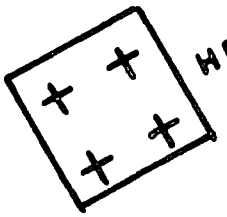
APENDICE III.

S I M B O L O G I A

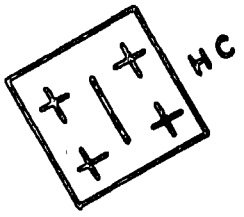
SIMBOLOS ①

 TANQUE FIJO	 EQUIPO PORTATIL	 RIZO
 OMEGA	 MEDIDOR DE VAPOR	 TUBERIA VISIBLE
 TUBERIA OCULTA	 REGULADOR BAJA	 REGULADOR ALTA
 PARRILLA 1 QUEMADOR	 PARRILLA 2 QUEMADORES	 PARRILLA 3 QUEMADORES
 PARRILLA 4 QUEMADORES	 ESTUFA 4 QUEMADORES	 ESTUFA 4 QUEMADORES Y HORNO

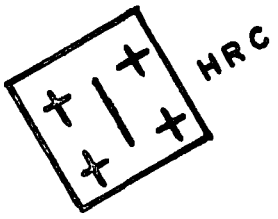
SIMBOLOS ②



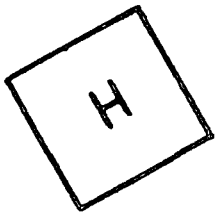
ESTUFA 4 QUEMADORES Y ROSTICERO



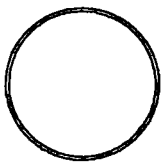
ESTUFA 4 QUEMADORES HORNO Y COMAL



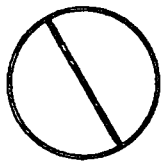
ESTUFA 4 QUEMADORES HORNO, ROSTICERO Y COMAL



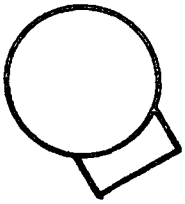
H O R N O



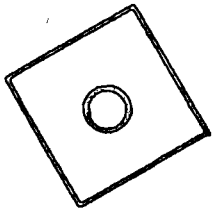
CALENTADOR ALMACENAMIENTO MENOS DE 110 LTS. S/A.



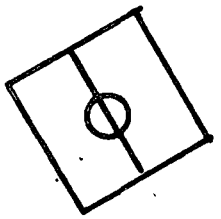
CALENTADOR ALMACENAMIENTO MAYOR DE 110 LTS. S/A.



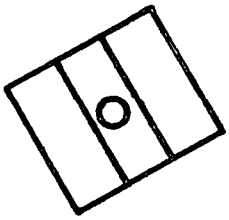
CALENTADOR ALMACENAMIENTO AUTOMATICO



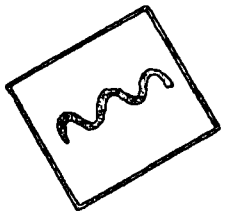
CALENTADOR DE AGUA AL PASO



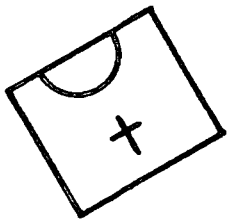
CALENTADOR DOBLE AL PASO



CALENTADOR TRIPLE AL PASO



C A L E F A C T O R



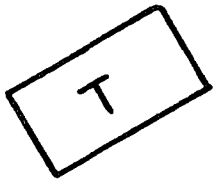
VAPORERA O BAÑO MARIA



C A F E T E R A

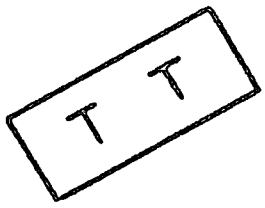


I N C I N E R A D O R

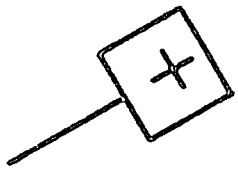


TORTILLADORA SENCILLA

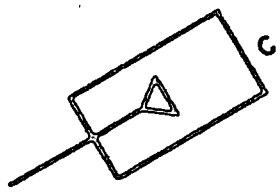
SIMBOLOS



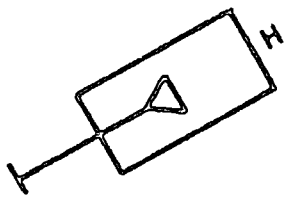
TORTILLADORA DOBLE



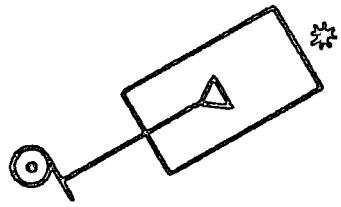
QUEMADOR BUNSEN



CALDERA CON QUEMADOR ATMOSFERICO



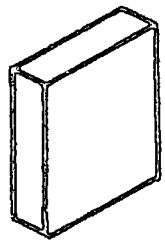
HORNO INDUSTRIAL CON QUEMADOR ATMOSFERICO



APARATO INDUSTRIAL CON QUEMADOR AIRE-GAS



Q U E M A D O R



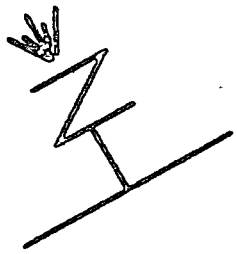
VAPORIZADOR



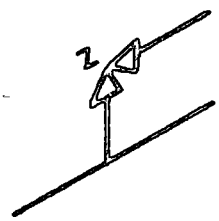
VALVULA DE GLOBO



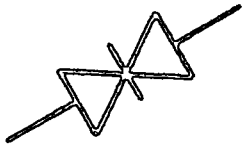
VALVULA DE ANGULO



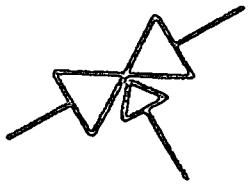
VALVULA DE SEGURIDAD O RELEVO DE PRESION



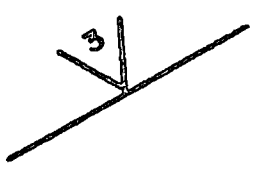
RETORNO AUTOMATICO



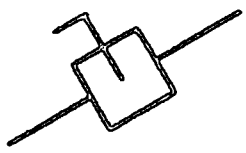
VALVULA DE AGUJA



VALVULA DE TRES VIAS

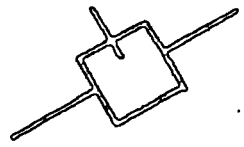


VALVULA DE TRES USOS

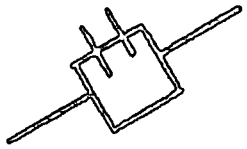


LLAVE DE PASO

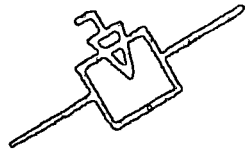
SIMBOLOS



LLAVE DE CUADRO



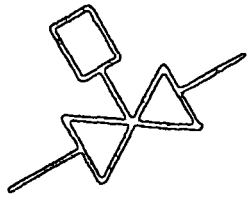
LLAVE DE CUADRO CON OREJAS



VALVULA MACHO LUBRICADA



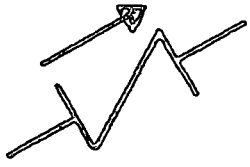
VALVULA CON BRIDAS



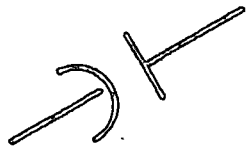
VALVULA SOLENOIDE



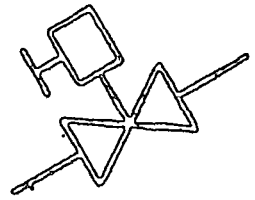
VALVULA DE CIERRE RAPIDO



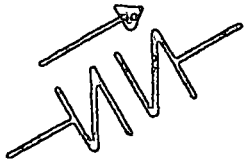
VALVULA DE NO RETROCESO SENCILLA



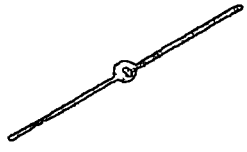
VALVULA DE EXCESO DE FLUJO



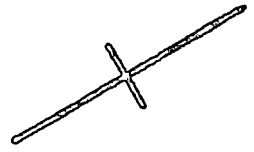
VALVULA DE CORTE AUTOMATICA Y MANUAL



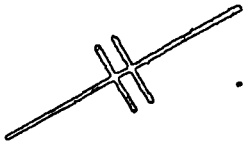
VALVULA DE NO RETROCESO DOBLE (CHEEK)



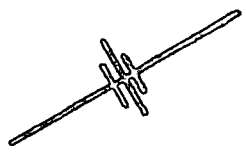
UNION SOLDADA



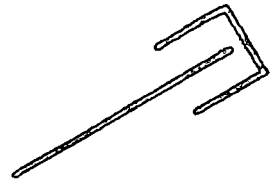
UNION ROSCADA



UNION , BRIDADA

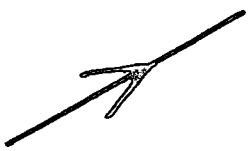


TUERCA UNION



PUNTA TAPONADA

S I M B O L O S ⑤



REDUCCION



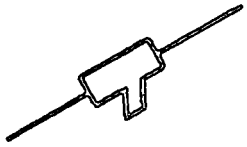
MEDIDOR VENTURI



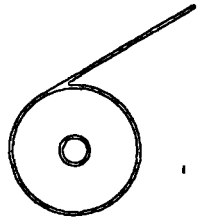
MEDIDOR DE ORIFICIO



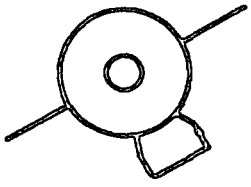
MANOMETRO



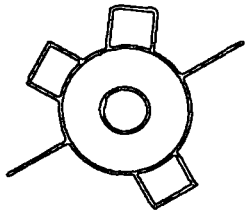
FILTRO



VENTILADOR



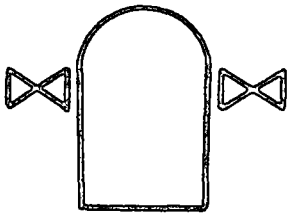
BOMBA



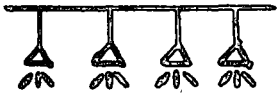
COMPRESORA



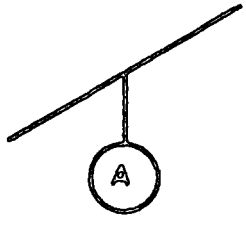
EXTINGUIDOR



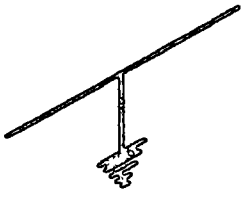
HIDRANTE



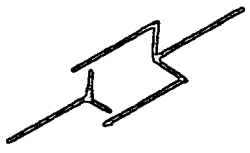
LLOVIZNA CONTRA IN-CENDIO



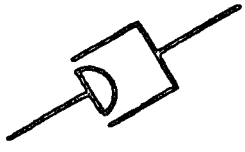
ANODO



TIERRA

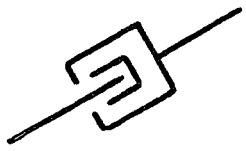


CONEXION FLAURE

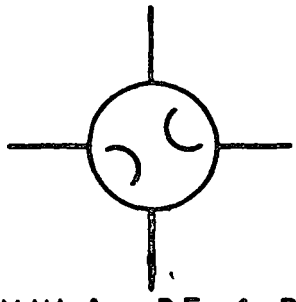


CONEXION POL

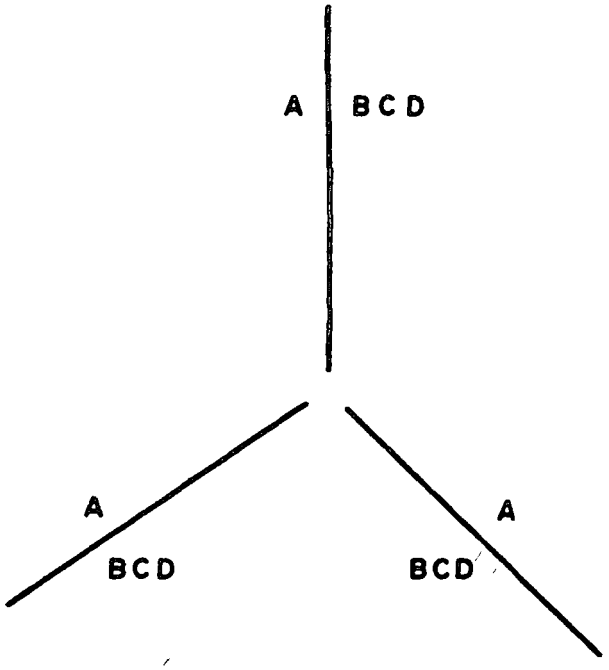
S I M B O L O S ⑥



CONEXION ACME



VALVULA DE 4 PASOS



A-DISTANCIA EN METROS

B-DIAMETRO NOMINAL

C-MATERIAL CR. COBRE RIGIDO
CF. COBRE FLEXIBLE
FN. FIERRO NEGRO
FG. FIERRO GALVANIZADO

D-TIPO L
K
CED. 40
CED. 80

APENDICE IV

FOLIO.

REPORTE A LA SECRETARIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO DE LA INSTALACION DE APROVECHAMIENTO DE GAS L.P. ☐ NATURAL ☐ DE LAS CLASES A, B, C y D.

El suscrito _____
Técnico Responsable Autorizado por esa Secretaría con núm. de Reg. _____, por medio del presente se permite reportar a esa Dependencia, la instalación de aprovechamiento de gas LP ☐ Natural ☐ , cuyos datos son los siguientes:

Nombre del Usuario: _____

Domicilio: _____
Calle Número Colonia

Población: _____ Estado: _____

Uso: Doméstico ☐ Comercial ☐

DIAGRAMA ISOMETRICO DE LA INSTALACION

RECIPIENTES.

	Portátiles	Fijos
Cantidad	_____	_____
Capacidad	_____	_____
Norma	_____	_____
Año de fabricación	_____	_____
Serie	_____	_____

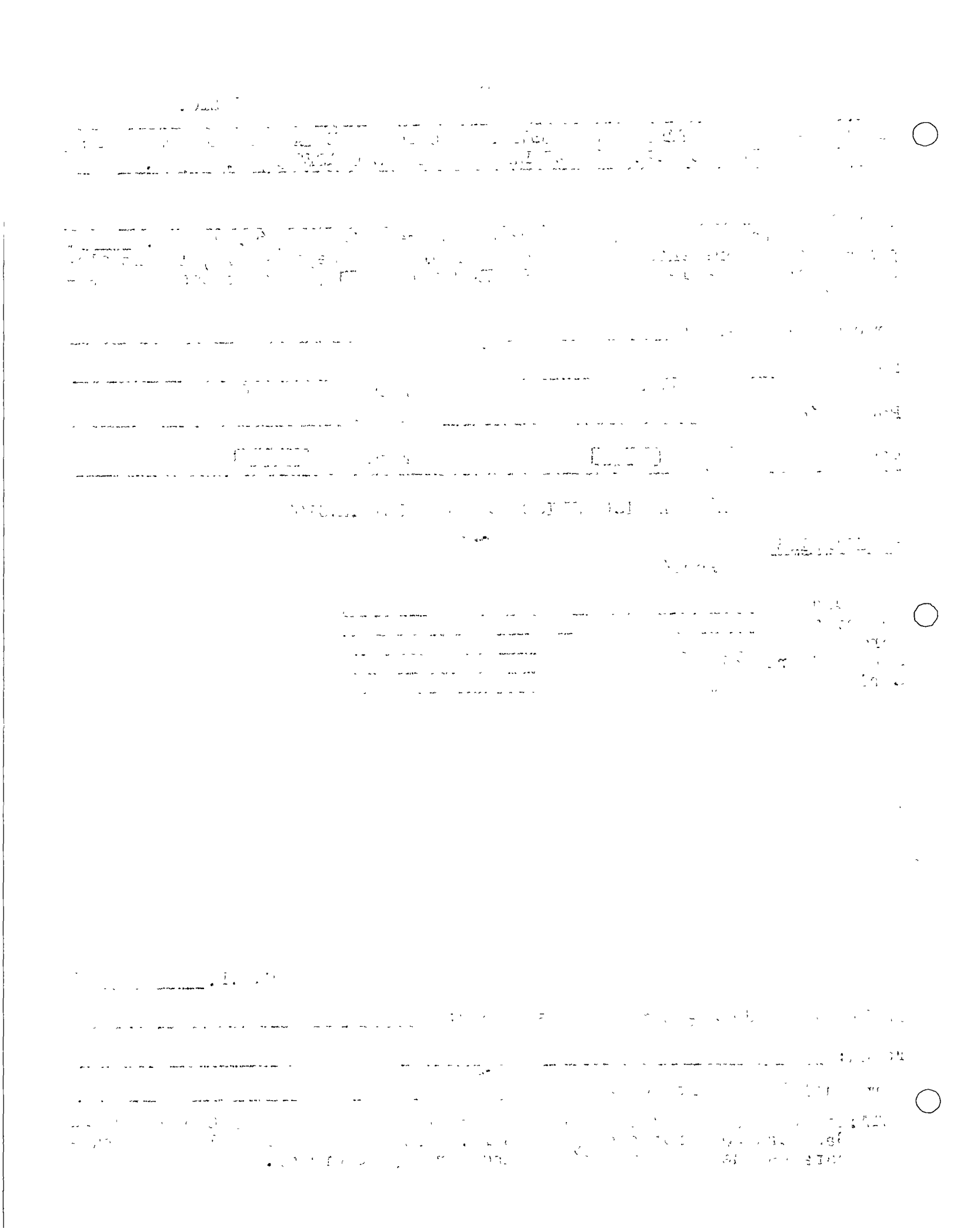
C.M.P._____ %

Nombre y No. de Registro del Instalador: _____

Fecha: _____

Firma del Técnico Responsable: _____

NOTA: Los blocks foliados deberán presentarse a la Dirección General de Gas para su aprobación y registro. (Original y copia foliadas serán para uso de la Secretaría de Industria y Comercio).



REPORTE A LA SECRETARIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO DE LA INSTALACION DE APROVECHAMIENTO DE GAS L.P. COMO CARBURANTE.

EL SUSCRITO _____ _____

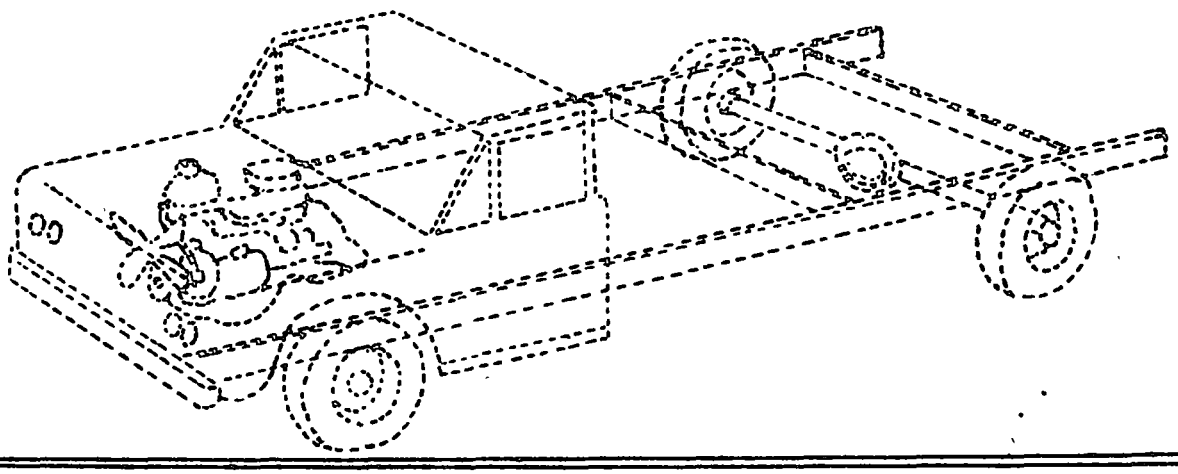
TECNICO RESPONSABLE AUTORIZADO POR ESA SECRETARIA CON NUMERO DE REGISTRO _____ POR MEDIO DEL PRESENTE SE PERMITE REPORTAR A ESA DEPENDENCIA LA INSTALACION DE APROVECHAMIENTO DE GAS L.P. COMO CARBURANTE, CUYOS DATOS SON LOS SIGUIENTES:

NOMBRE DEL USUARIO _____ _____

DOMICILIO _____

POBLACION _____ ESTADO _____

DIAGRAMA DE LA INSTALACION



DATOS DEL VEHICULO

MARCA _____ MODELO (AÑO) _____

Nº DE PLACAS _____ Nº ECONOMICO _____

Nº DE MOTOR _____ TIPO _____

USO (TRANSPORTA) _____ CAPACIDAD DE CARGA _____

DATOS DE LA INSTALACION

RECIPIENTE	TUBO DESCARGA DE V. DE SEG.	DISTANCIA A BATERIA
CAPACIDAD		
NORMA	TUBERIA	MEDIO DE SUJECION
UBICACION	LONGITUD	
DISTANCIA A ESCAPE	TIPO Y CLASE	ACCESORIOS DE CONTROL
DIST. A MOTOR.	DIAMETRO	
DIST. A EJES	PROTECCION.	DRENE
MEDIO DE FIJACION		OTROS ELEMENTOS
	MEDIO DE SUJECION	
PROTECCION MECANICA		PROTECCION BUJIAS
	DIST. A BATERIA	
OTRAS PROTECCIONES	REGULADOR VAPORIZADOR	AISLAMIENTO DE CABLES
PROTEC. ACCESORIOS		
	UBICACION	EXTINGUIDORES
VENTILACION		

FECHA _____

FIRMA DEL TECNICO RESPONSABLE _____

NOTA- LOS _____OGUES FOLIADOS DEBERAN PRESENTARSE A LA DIRECCION GENERAL DE GA PARA SU APROBACION Y REGISTRO (ORIGINAL Y COPIA FOLIADOS SERAN PARA USO DE LA SECRETARIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO)

RECOMENDACIONES.

1a.- Conserve este documento y muéstrelo a inspectores de la Secretaría de Industria y Comercio y personas autorizadas que lo soliciten.

2a.- Evite daños a su instalación y aparatos de consumo.

3a.- El uso de la instalación y aparatos debe hacerse con las precauciones que su naturaleza amerita; en caso necesario, ordene oportunamente las reparaciones que requieran, a persona autorizada para ello. (Técnico Responsable autorizado por la Secretaría de Industria y Comercio).

4a.- REGLAS DE SEGURIDAD:

a) Al recibir una entrega de gas, compruebe que no haya fugas en el tanque ni en la válvula.

b) Exija la nota de remisión correspondiente a la entrega, la cual deberá contener: el nombre del proveedor, la carga neta en kilogramos y el precio por kilogramo.

c) Antes de abrir la llave del quemador, compruebe que el piloto esté encendido. Si no tiene piloto, verifique que todas las llaves de los quemadores estén cerradas; luego encienda el cerillo, acérquelo al quemador que vaya a usar y abra la llave correspondiente.

d) Si sospecha de la existencia de una fuga de gas, cierre la válvula del tanque y pida inmediatamente revisión de la instalación a su proveedor de gas (el gas de una fuga huele "a rata muerta").

e) Si nota que el ambiente está viciado ó pesado, apague el calentador de agua (que puede producir ese efecto por tener obstruída la chimenea ó que el aparato está trabajando defectuosamente); pida revisión inmediata de su instalación a su proveedor de gas ó a persona autorizada por la Secretaría de Industria y Comercio para estos trabajos (Técnico Responsable autorizado).

RECOMENDACIONES.

1a.- Conserve este documento y muéstrelo a inspectores de la Secretaría de Industria y Comercio y personas autorizadas que lo soliciten.

2a.- El usuario está obligado a evitar daños a su instalación y aparatos de consumo.

3a.- El uso de la instalación y aparatos debe hacerse con las precauciones que su naturaleza amerita; en caso necesario, ordene oportunamente las reparaciones que requieran, a persona autorizada para ello. (Técnico Responsable autorizado por la Secretaría de Industria y Comercio).

4a.- REGLAS DE SEGURIDAD:

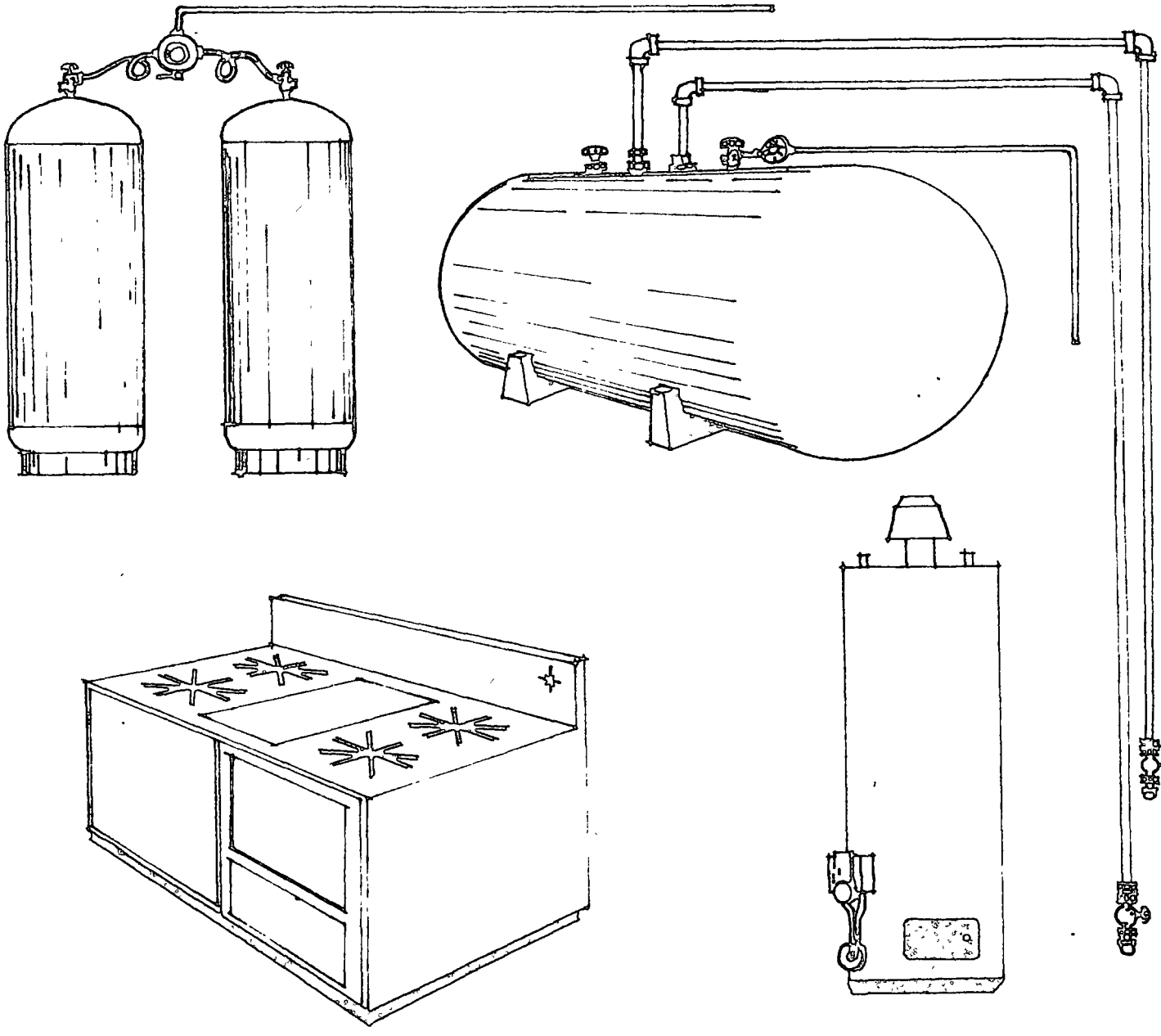
a) Apague el motor del vehículo antes de cargar gas.
b) No CARGUE combustible con personas a bordo.
c) El llenado máximo permisible del recipiente es del 90%.
d) Revise periódicamente que no haya fugas en su instalación (tanque, tuberías, válvulas, etc.)
e) Verifique frecuentemente el correcto funcionamiento de su extinguidor.

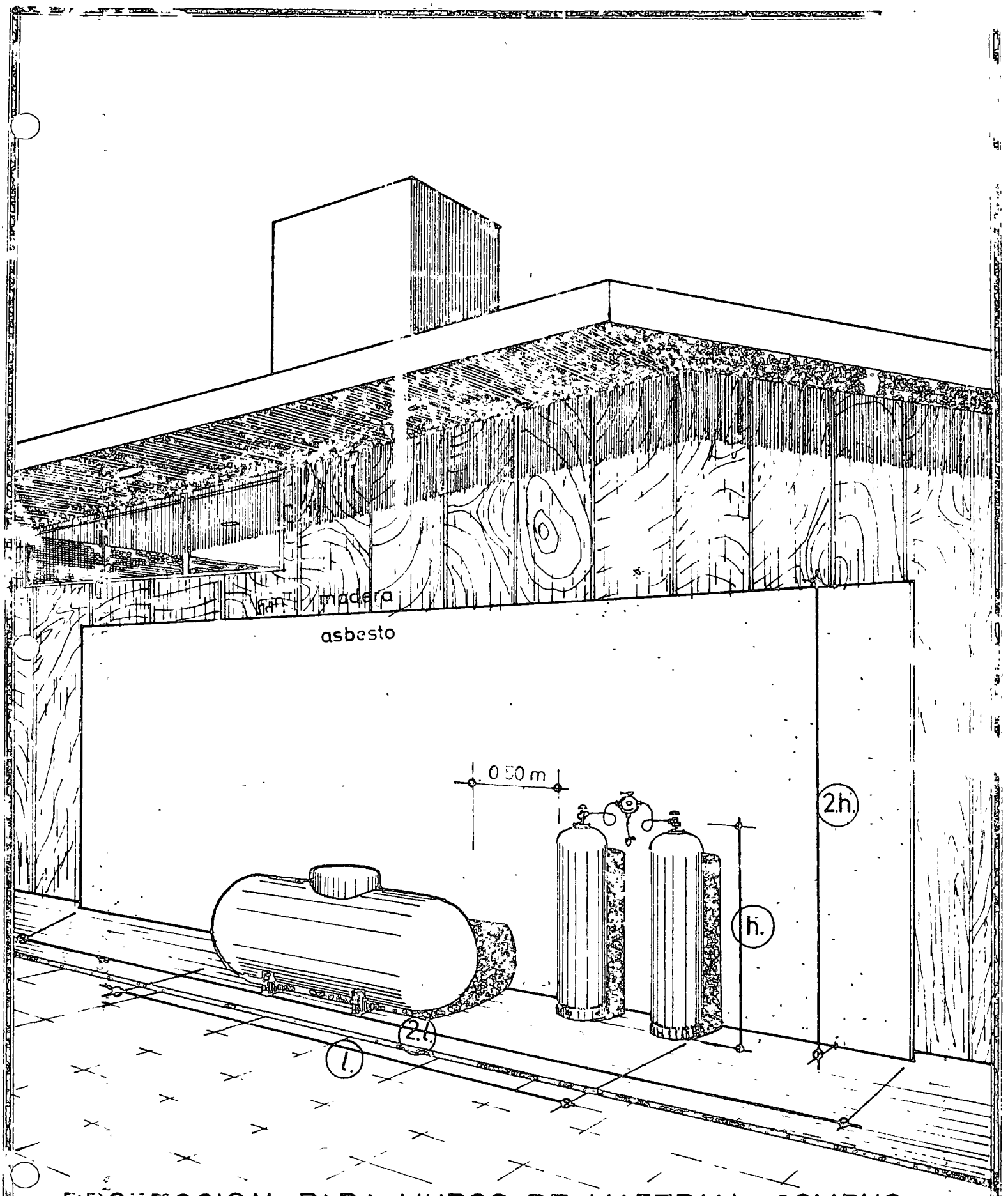
SECRETARIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

DIRECCION GENERAL DE GAS

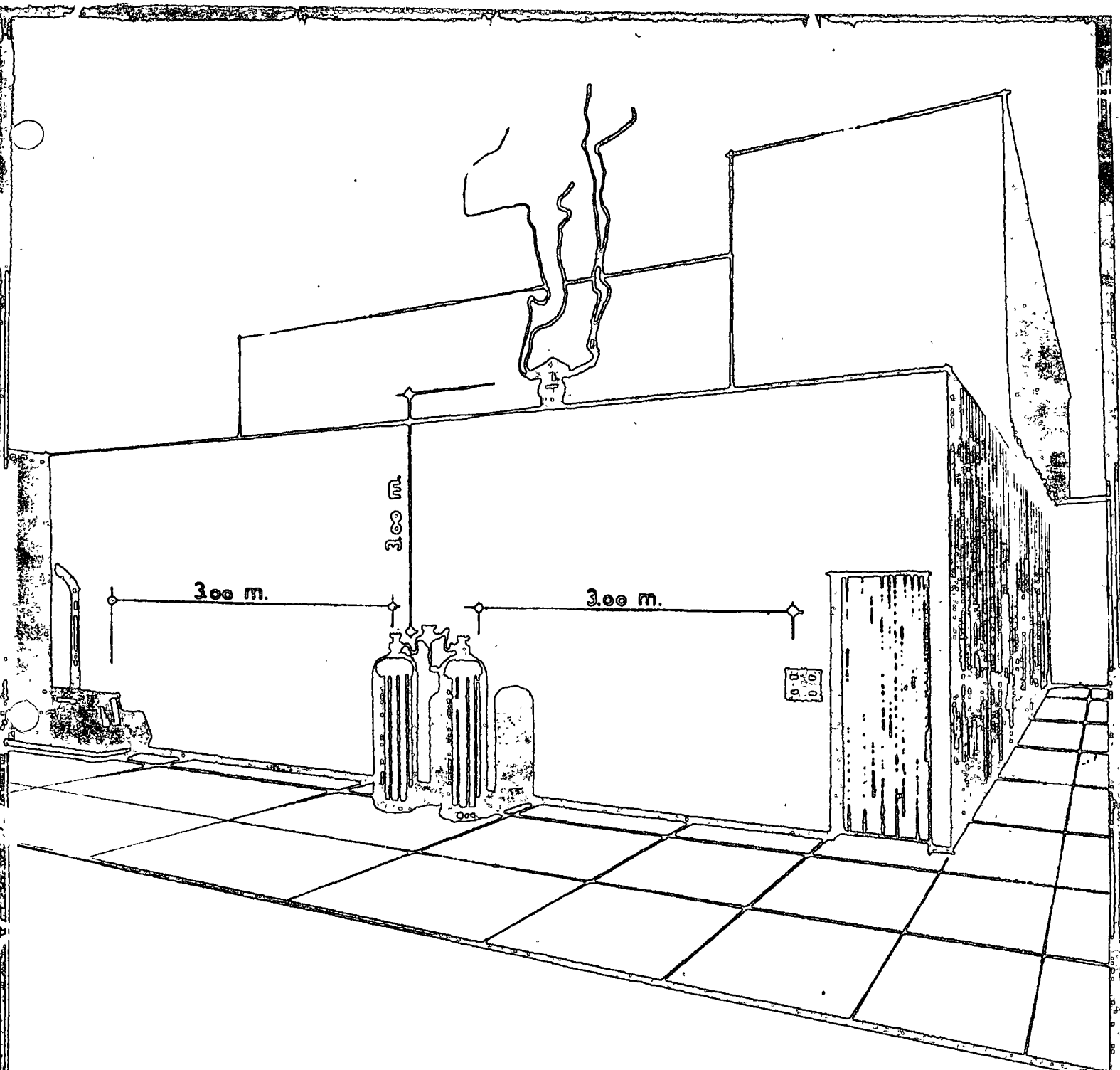
DEPARTAMENTO TECNICO

INSTRUCTIVO PARA EL DISEÑO Y EJECUCION DE INSTALACIONES DE APROVECHAMIENTO DE GAS LICUADO DE PETROLEO

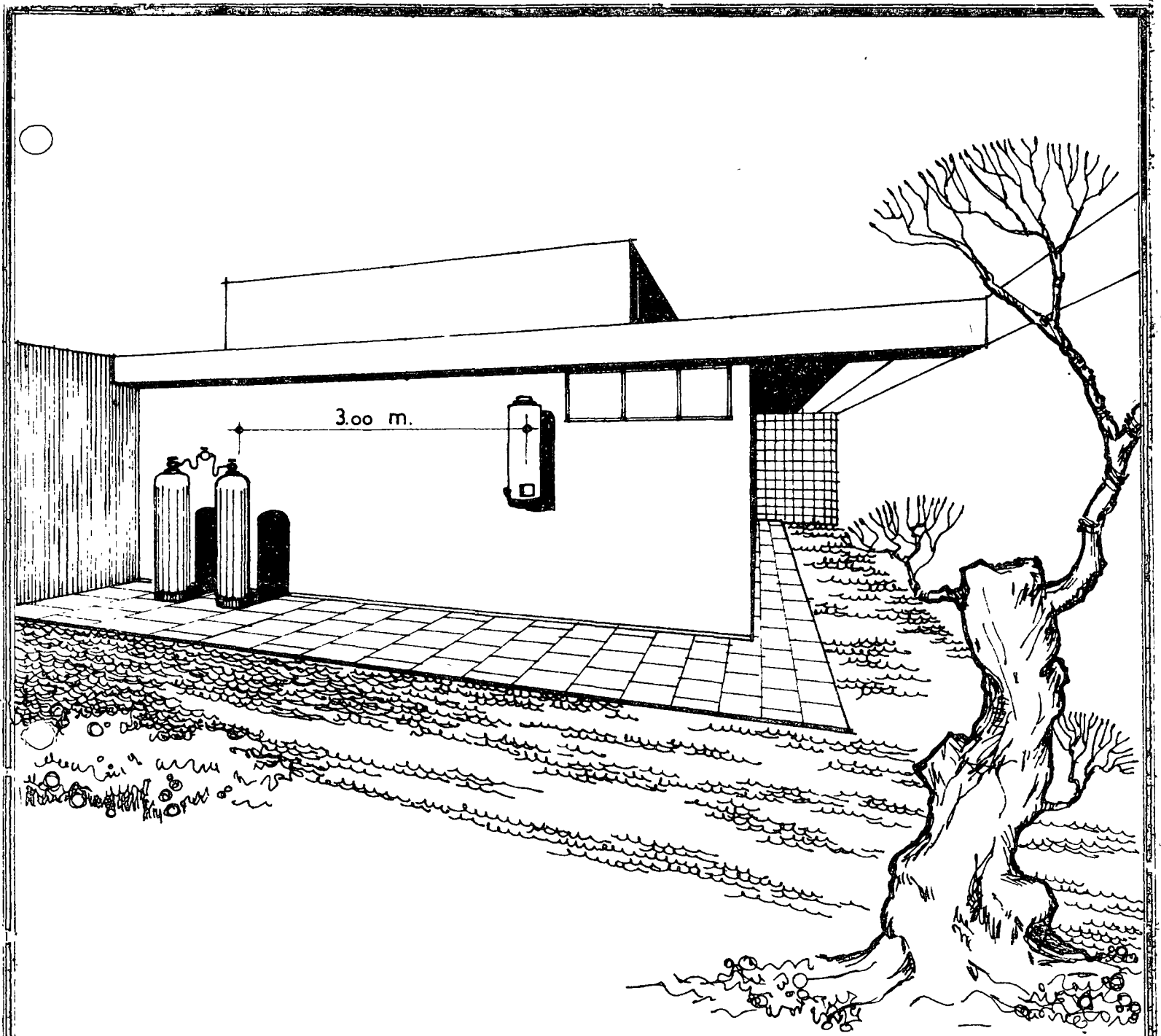




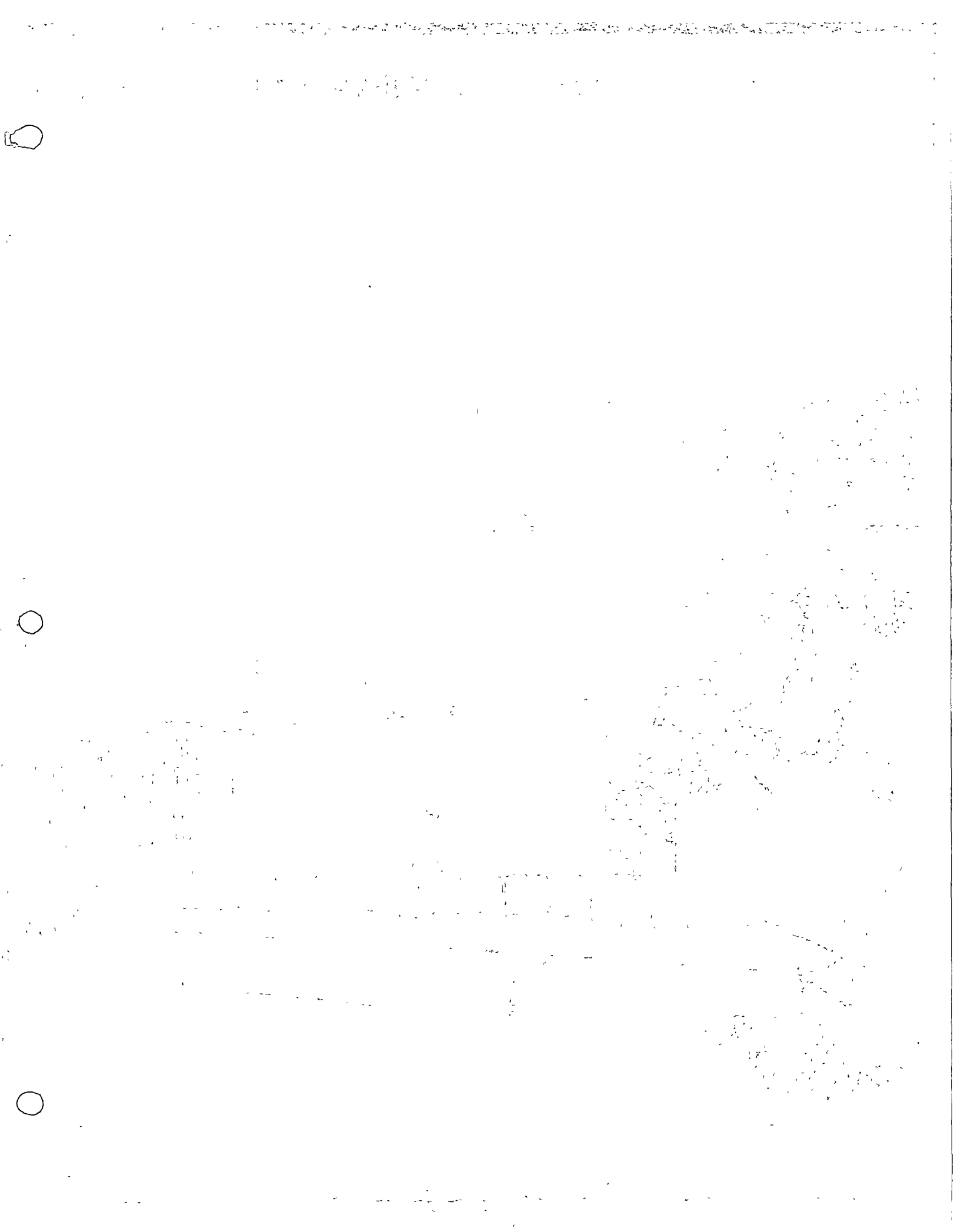
PROTECCION PARA MUROS DE MATERIAL COMBUSTIBLE, JUNTO A RECIPIENTES DE GAS L.P.

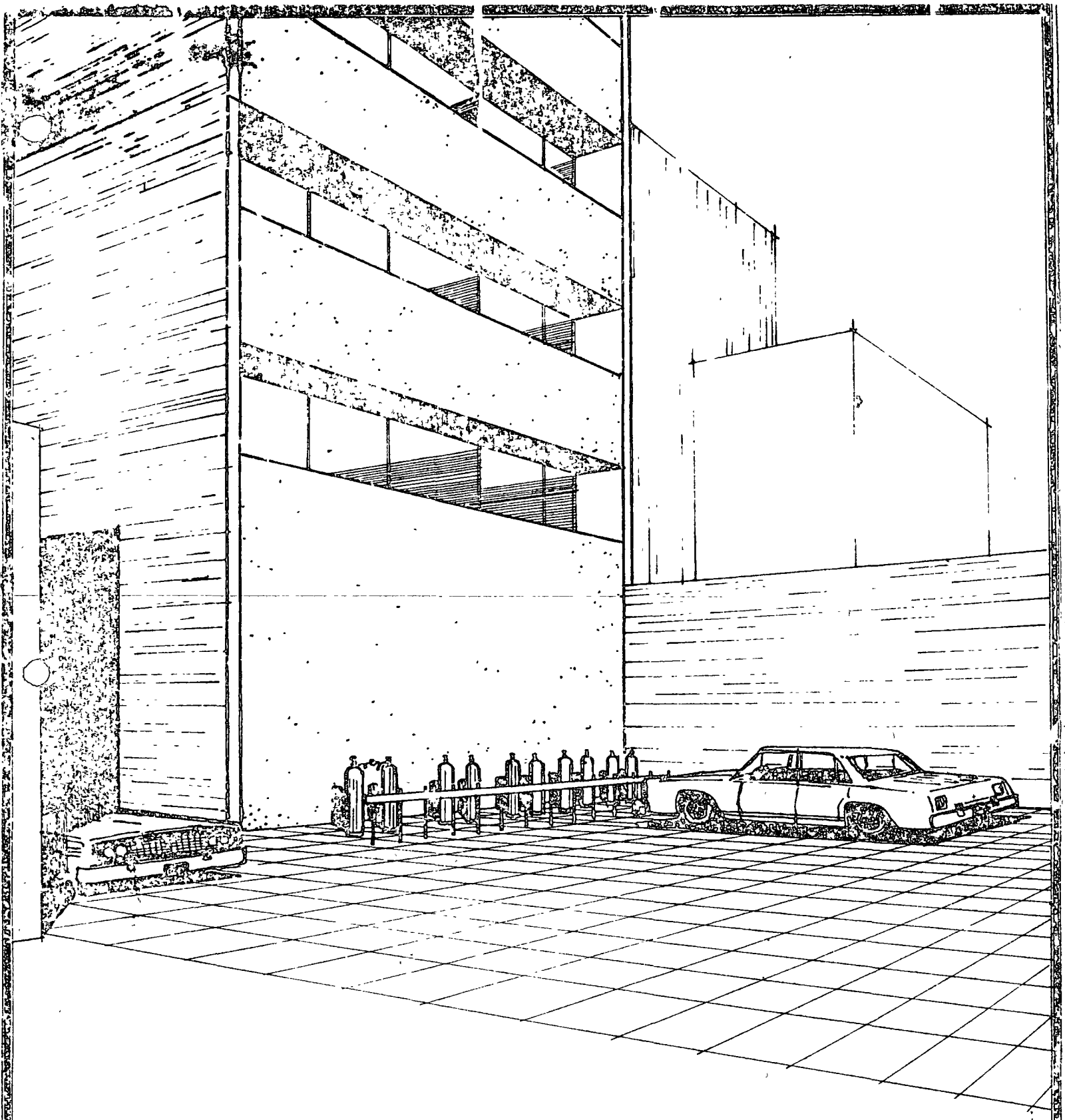


DISTANCIAS REGLAMENTARIAS DE
TANQUES A
CONTACTOS, INTERRUPTORES, MOTORES Y CHIMENEAS



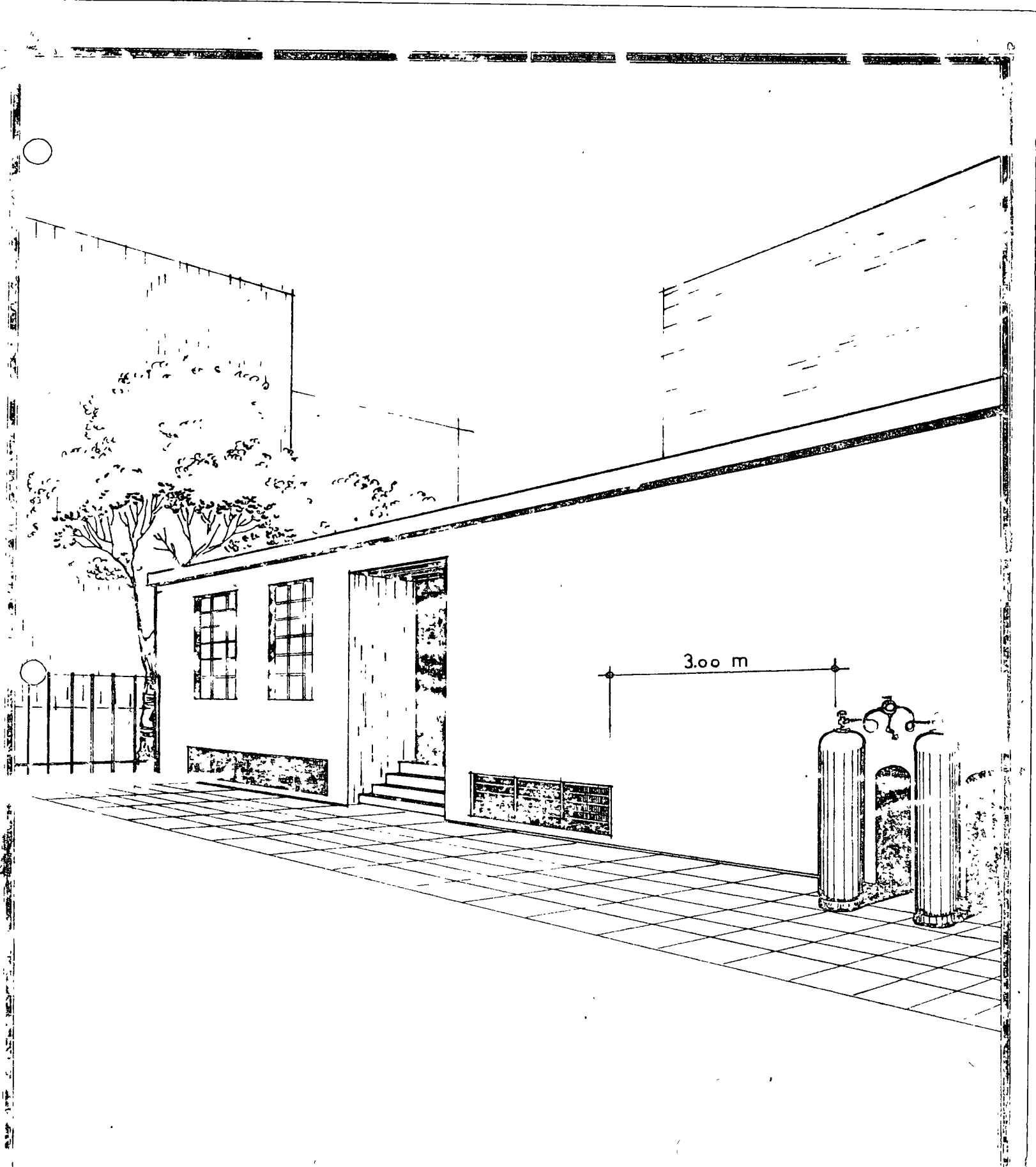
DISTANCIA REGLAMENTARIA DE TANQUES A FLAMA



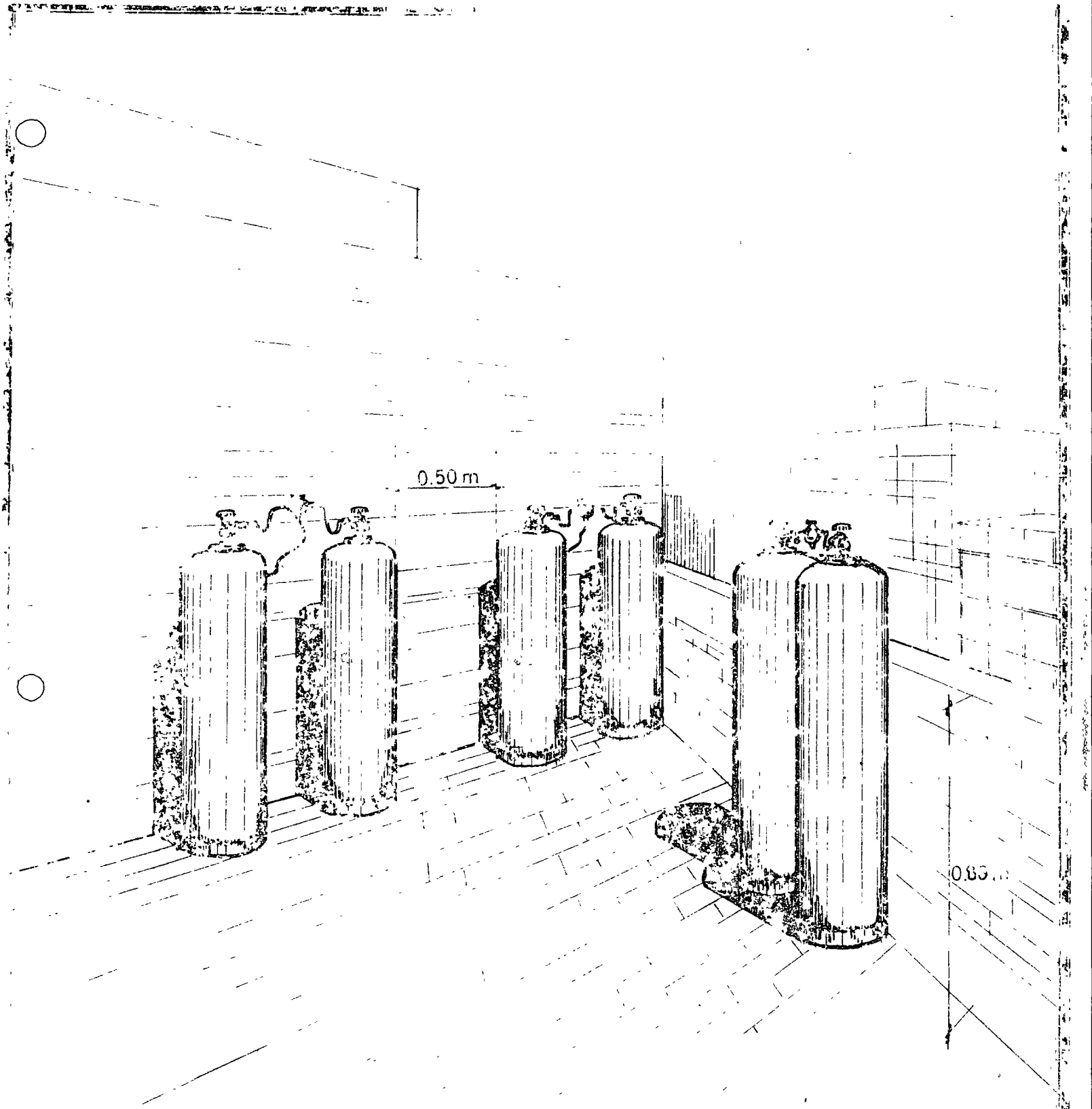


PROTECCION PARA TANQUES EN PATIOS DE ESTACIONAMIENTO

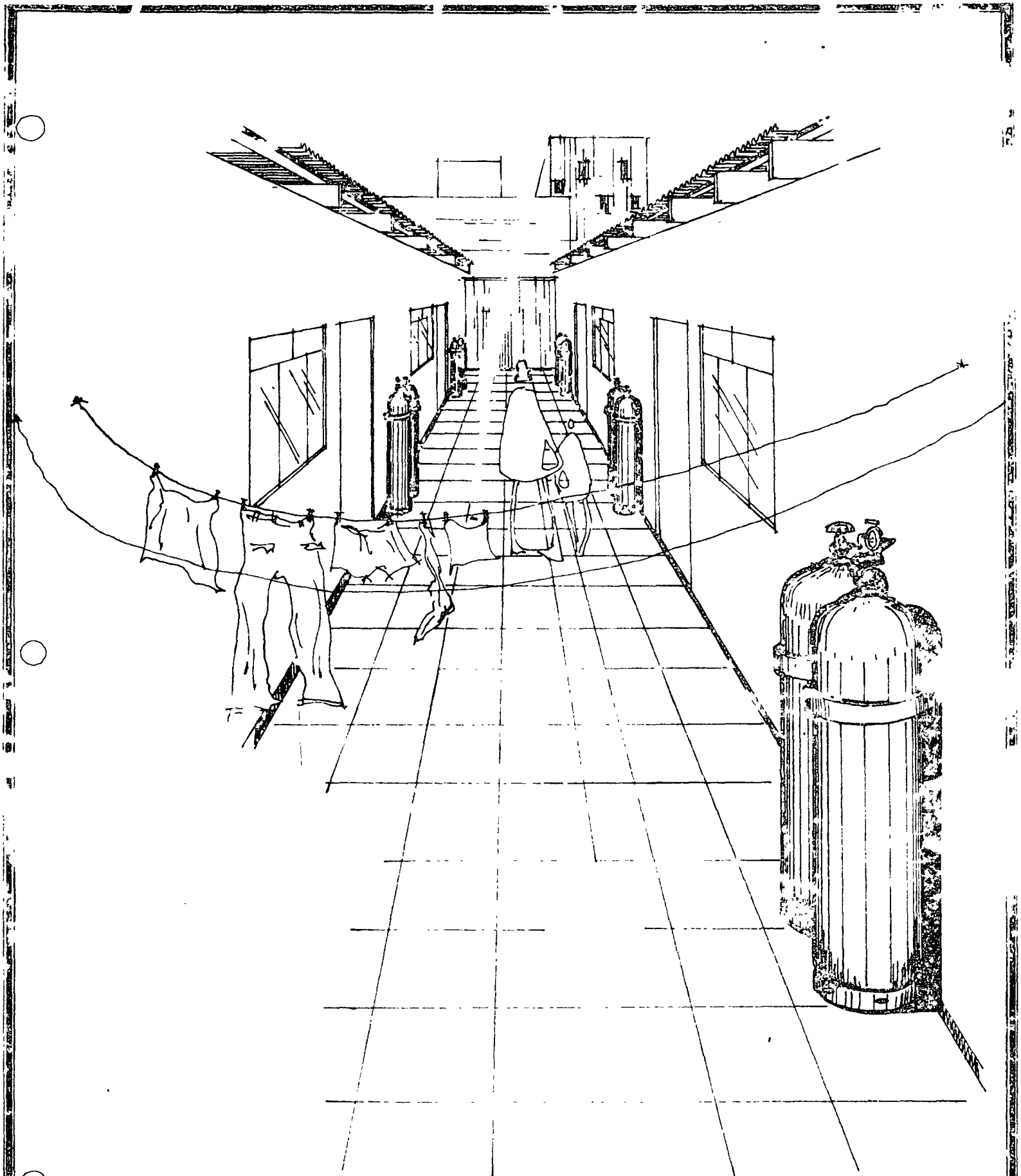
amm 67



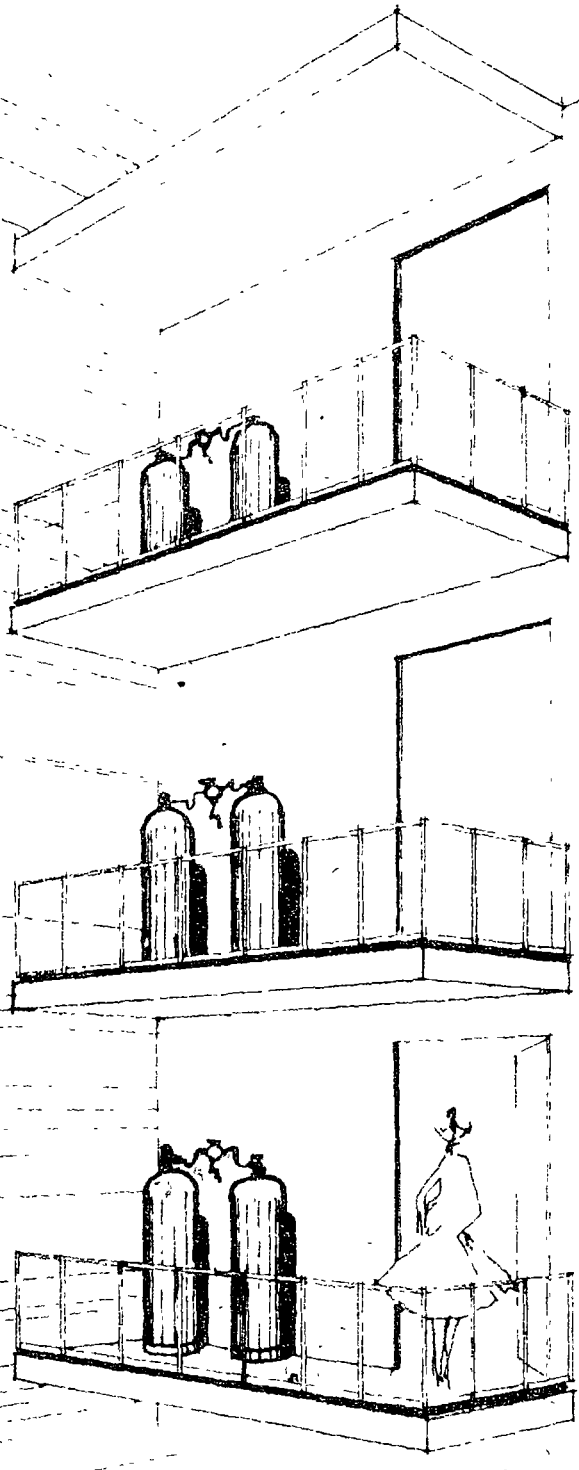
DISTANCIA REGLAMENTARIA DE TANQUES A VENTANA DE SOTANO



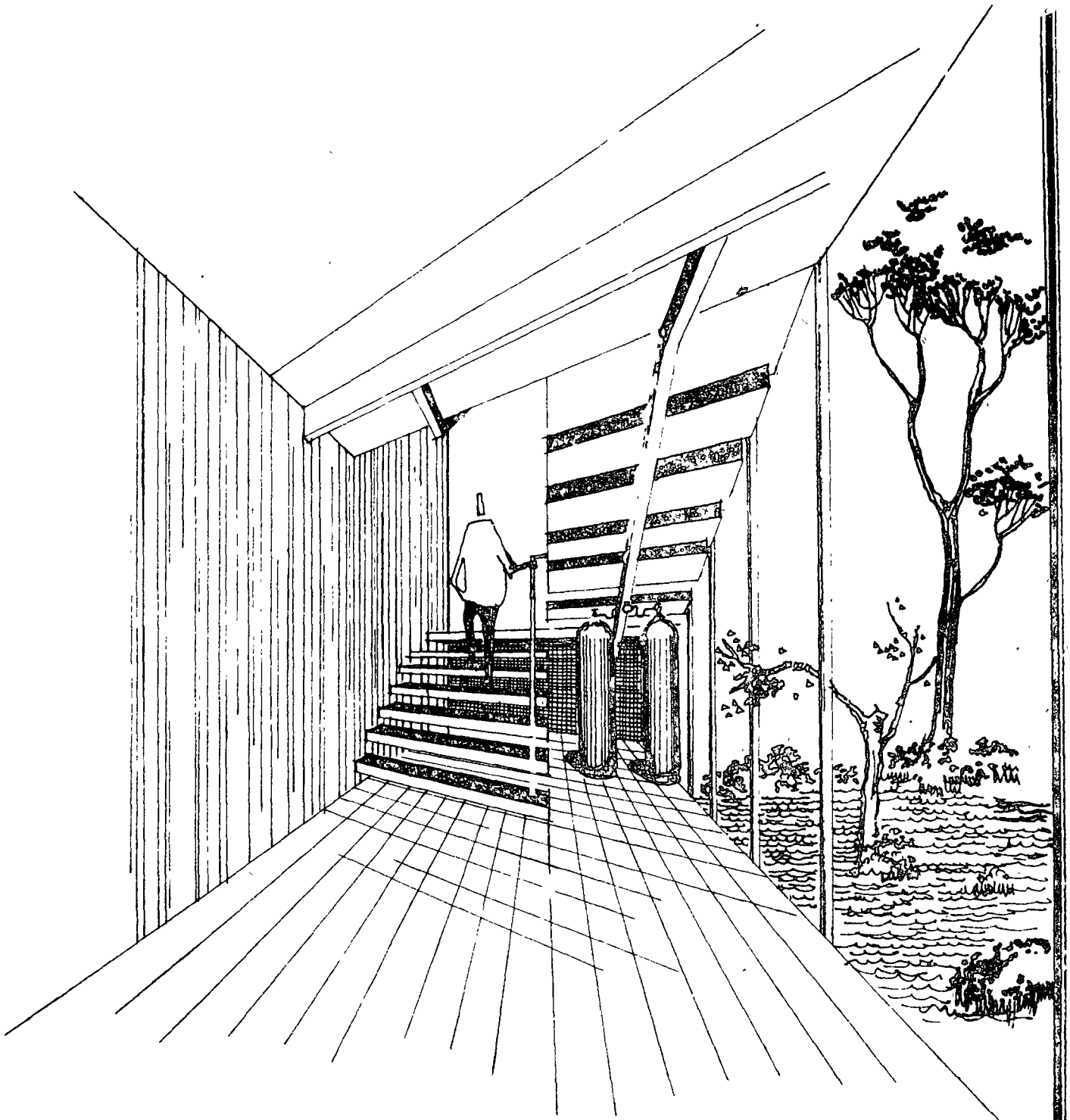
TANQUES EN AZOTEA



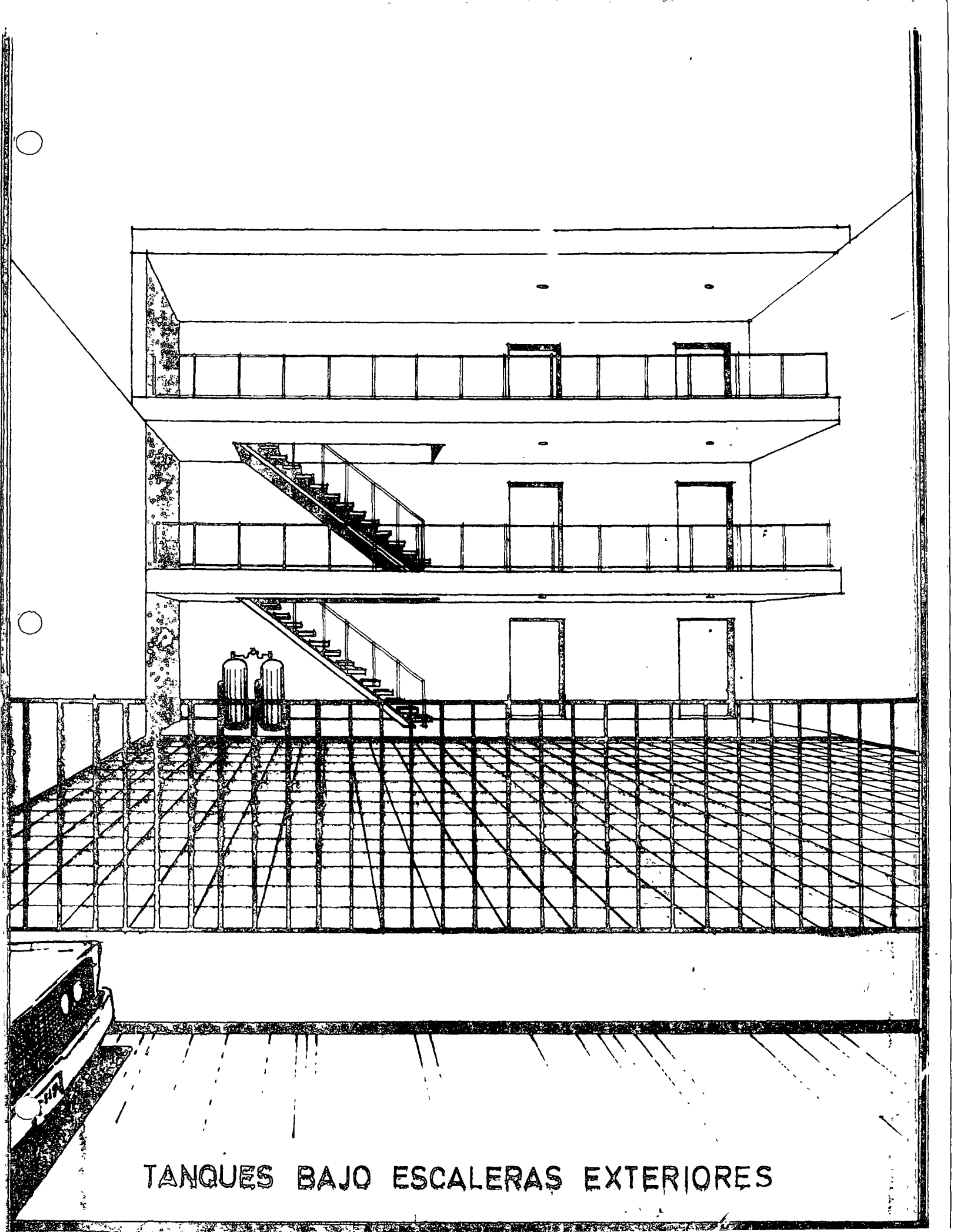
TANQUES EN VECINDADES



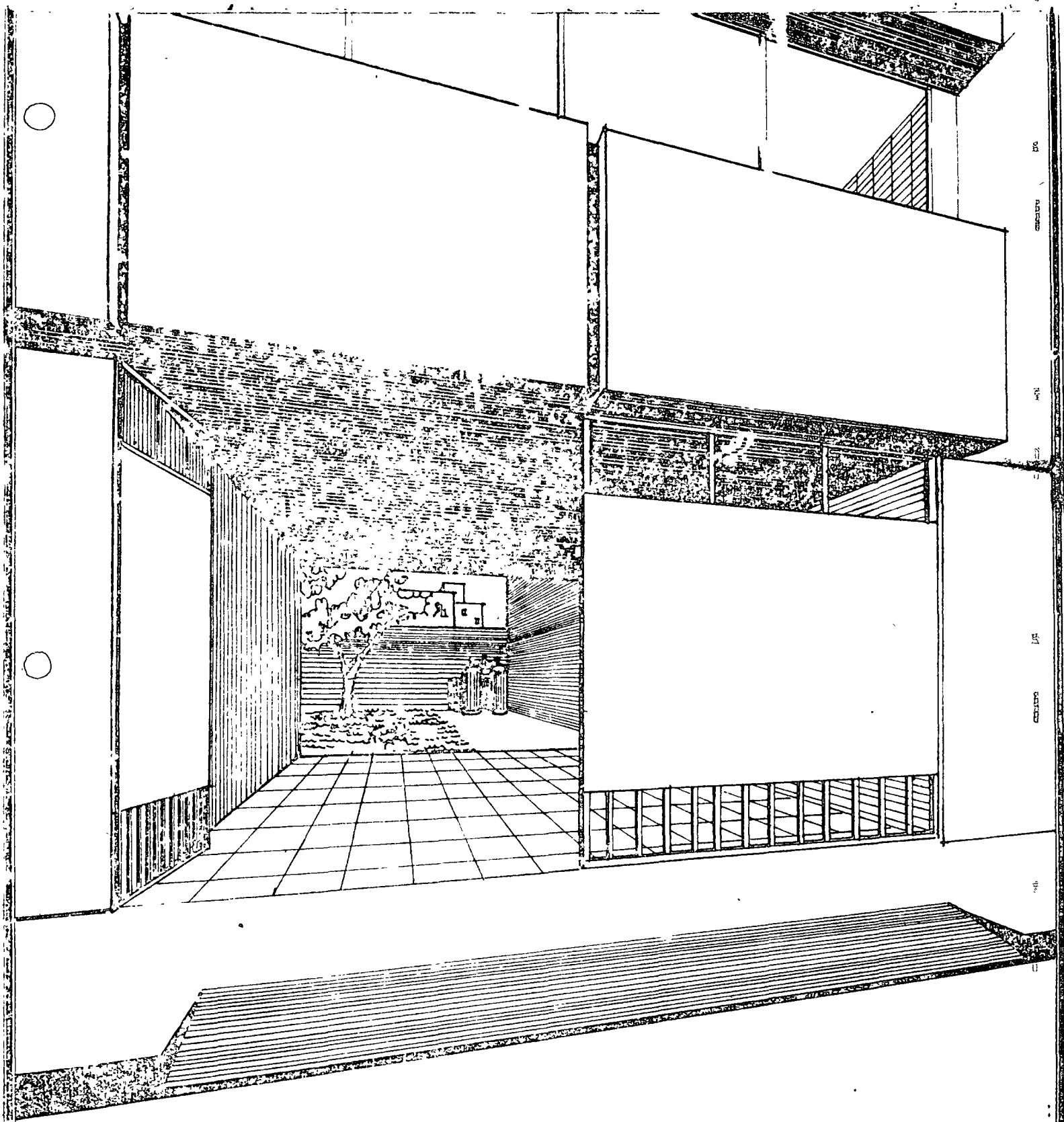
TANQUES EN BALCONES



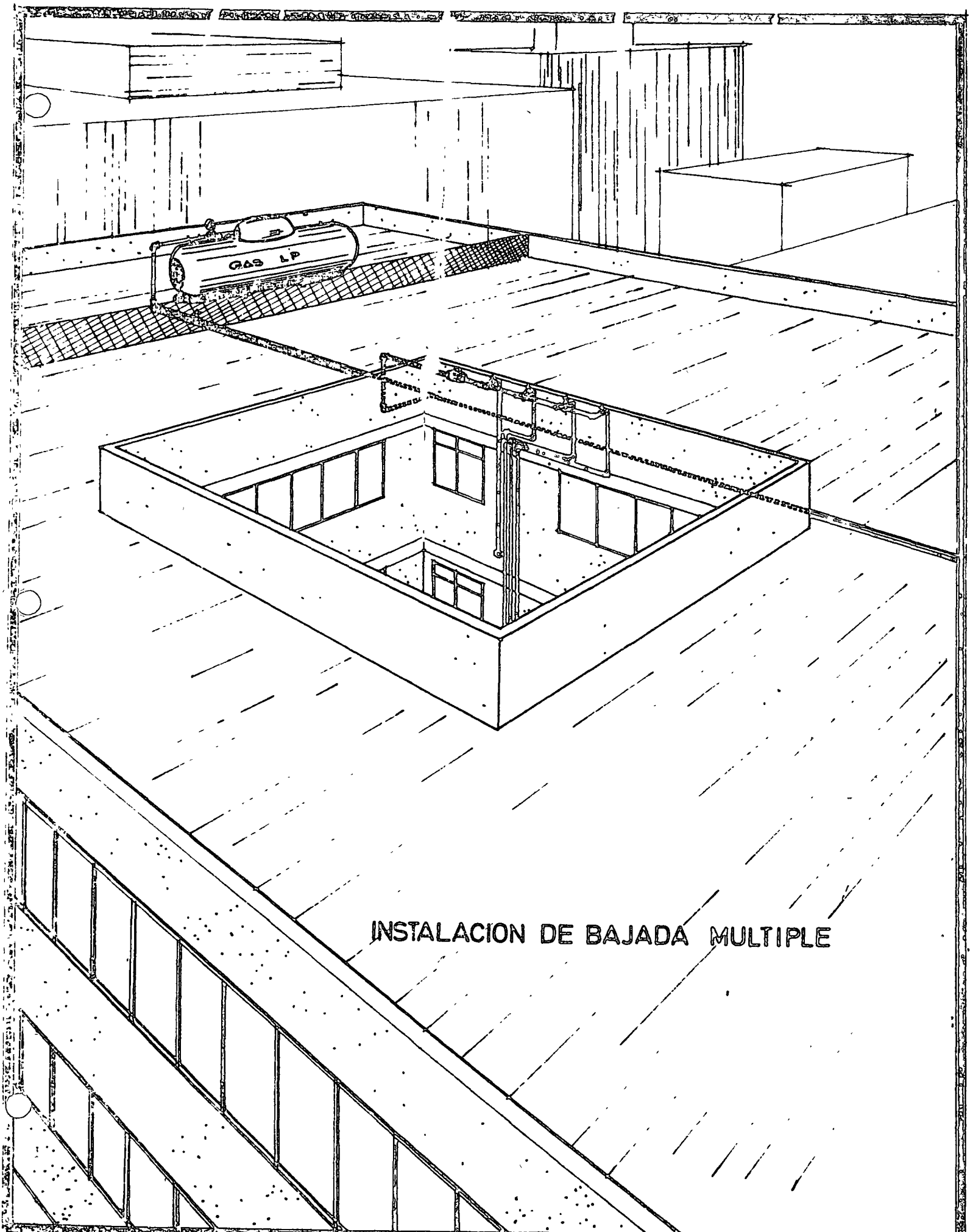
TANQUES BAJO ESCALERAS
AL EXTERIOR



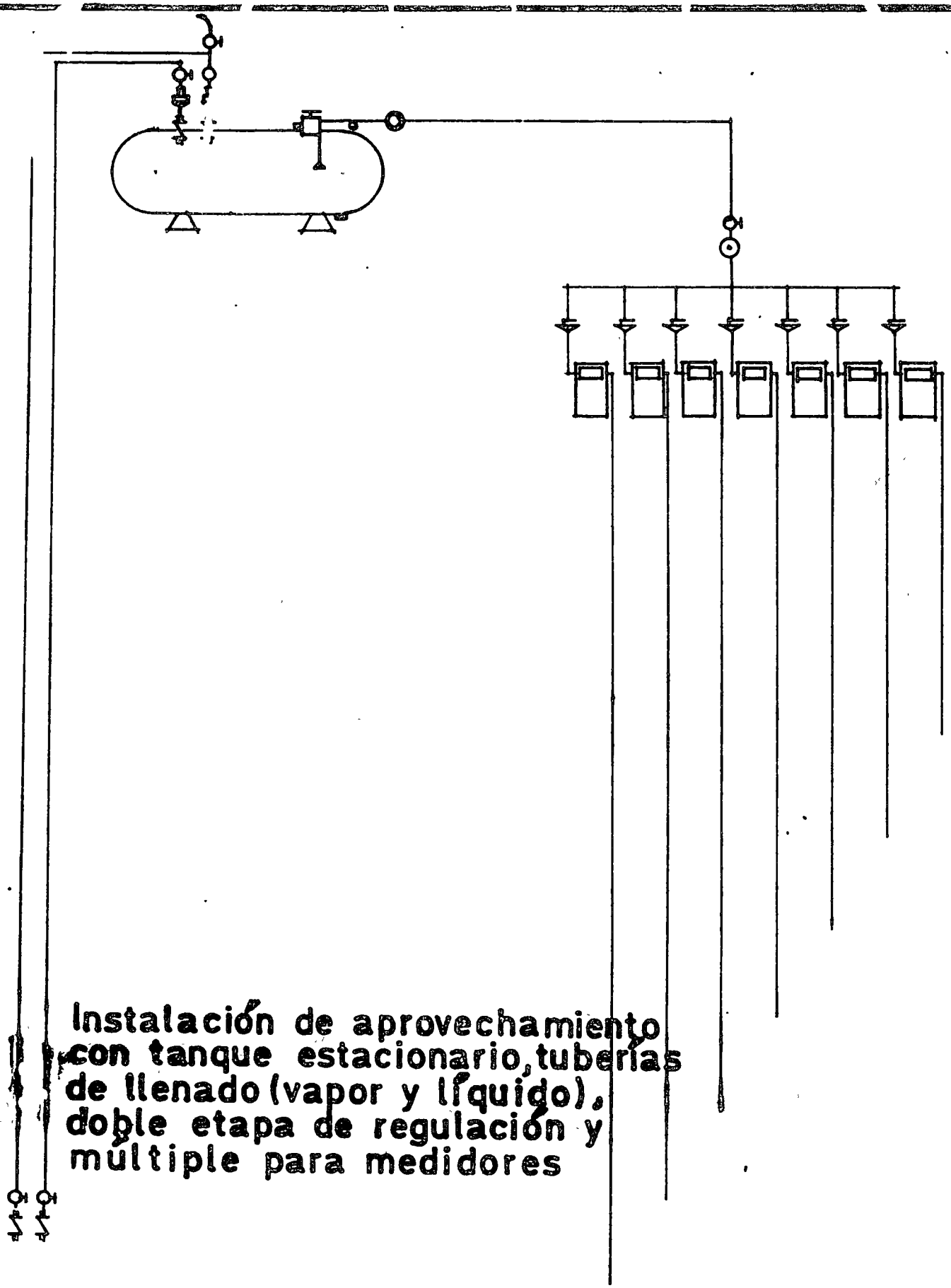
TANQUES BAJO ESCALERAS EXTERIORES



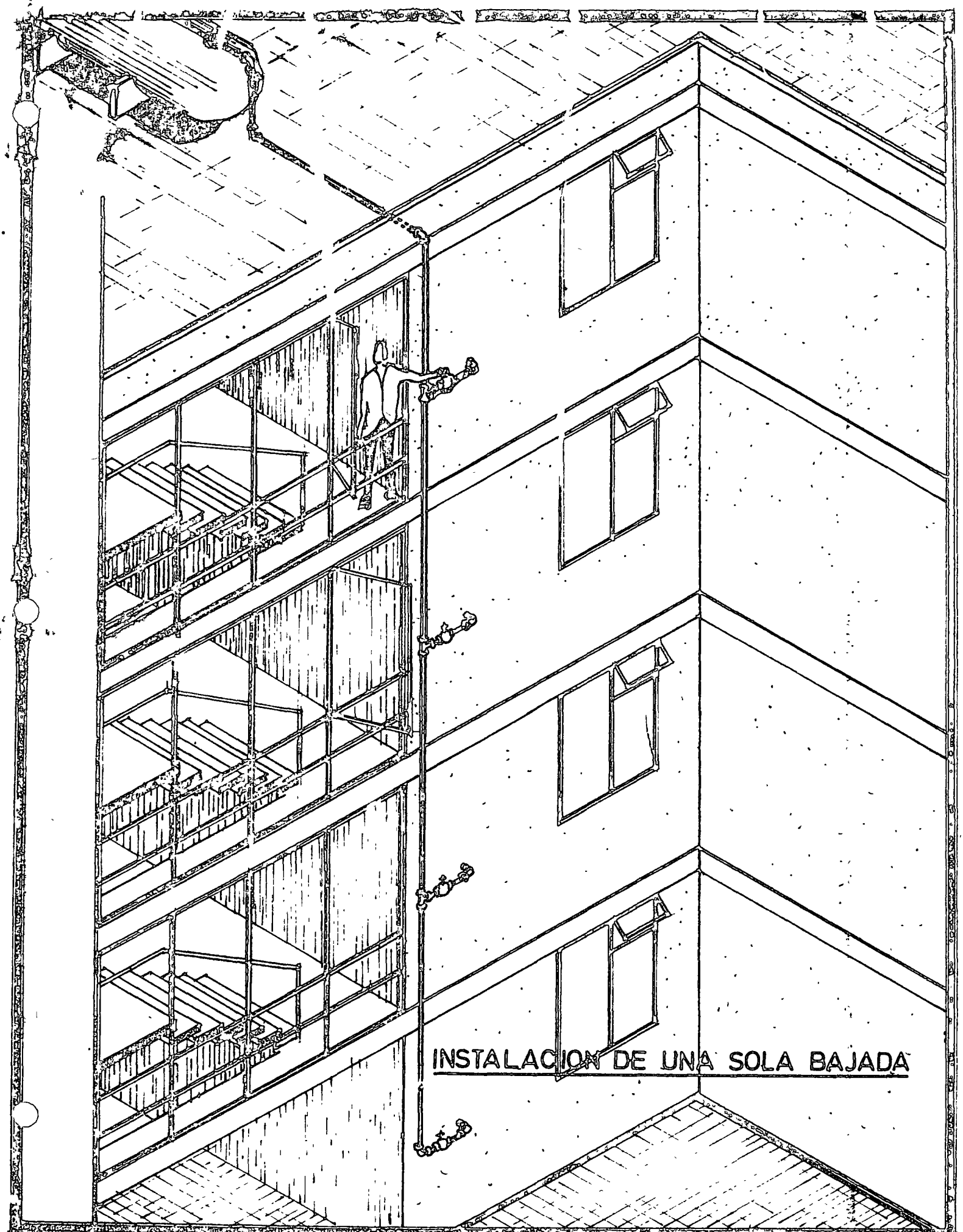
TANQUES EN PATIOS COMUNICADOS A LA CALLE



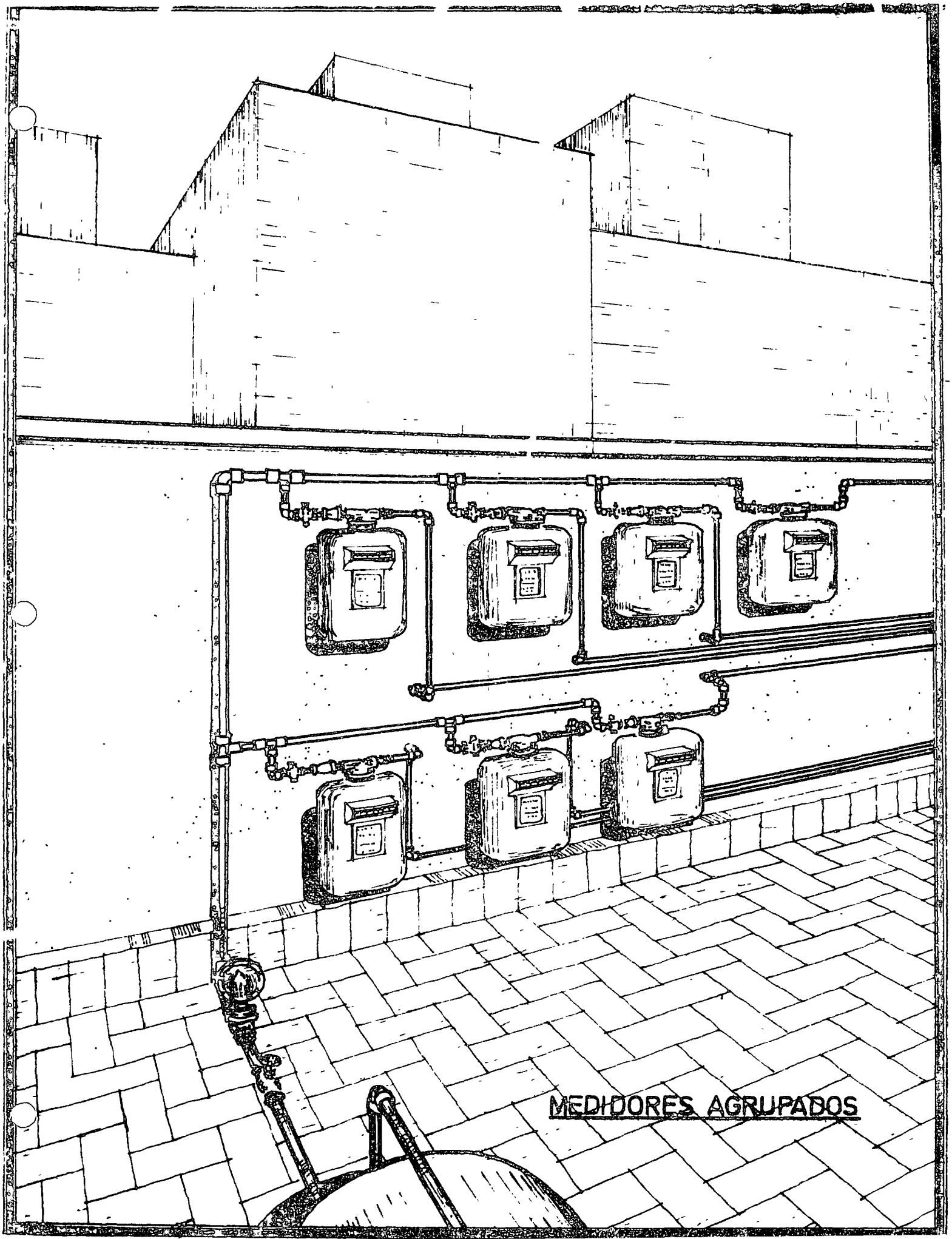
INSTALACION DE BAJADA MULTIPLE



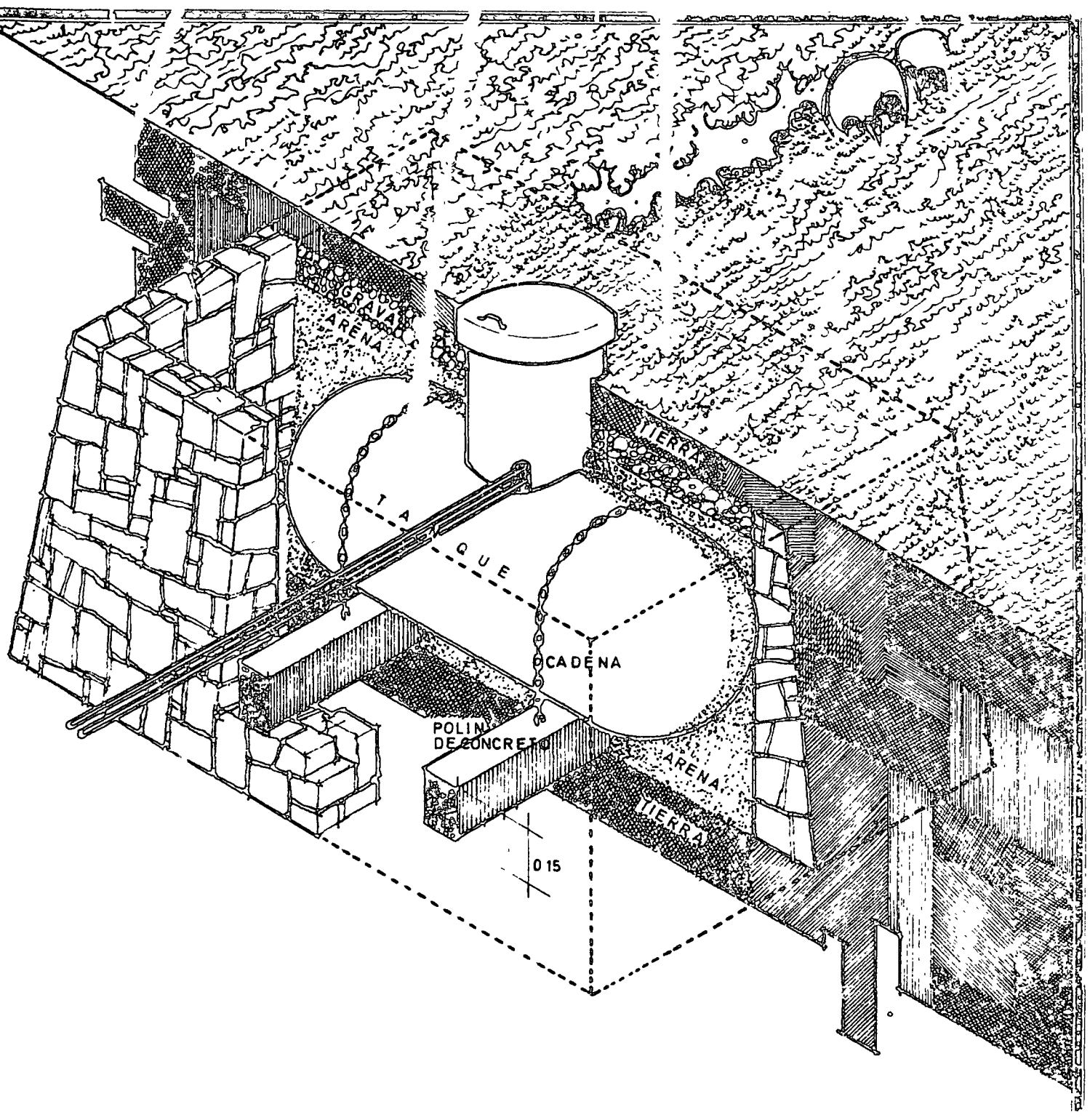
Instalación de aprovechamiento con tanque estacionario, tuberías de llenado (vapor y líquido), doble etapa de regulación y múltiple para medidores



INSTALACION DE UNA SOLA BAJADA

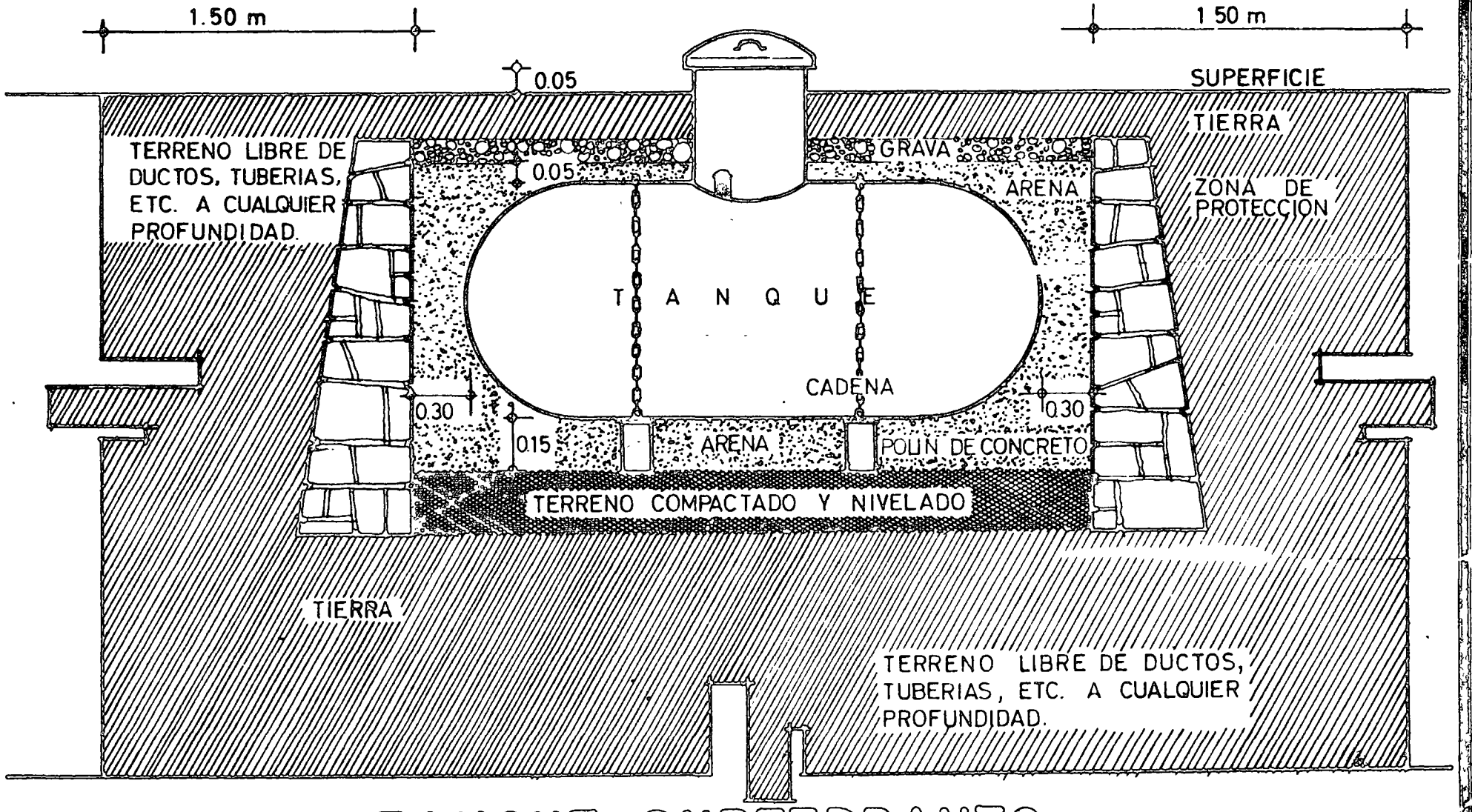


MEDIDORES AGRUPADOS



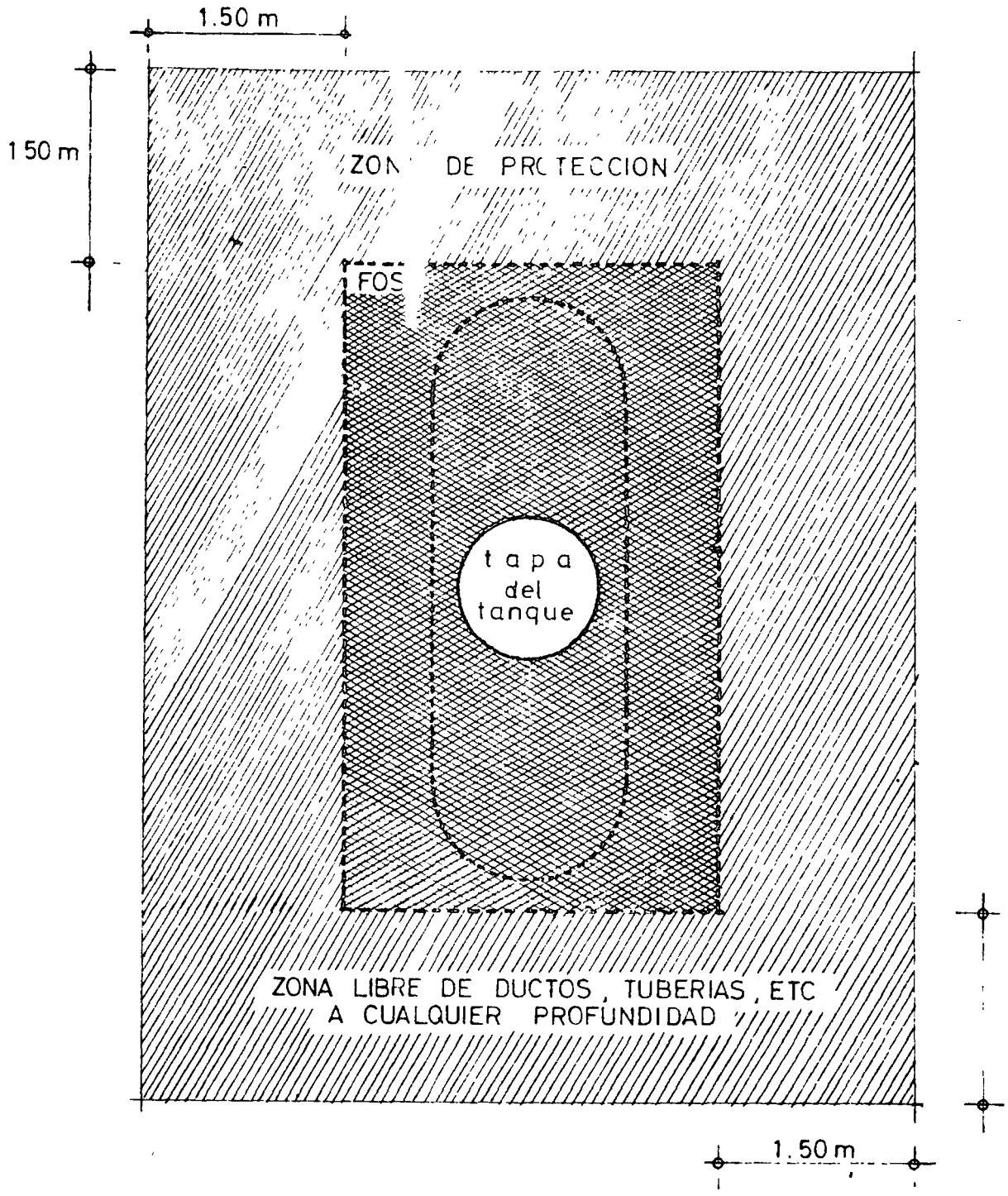
TANQUE SUBTERRANEO

DIAGRAMA ISOMETRICO



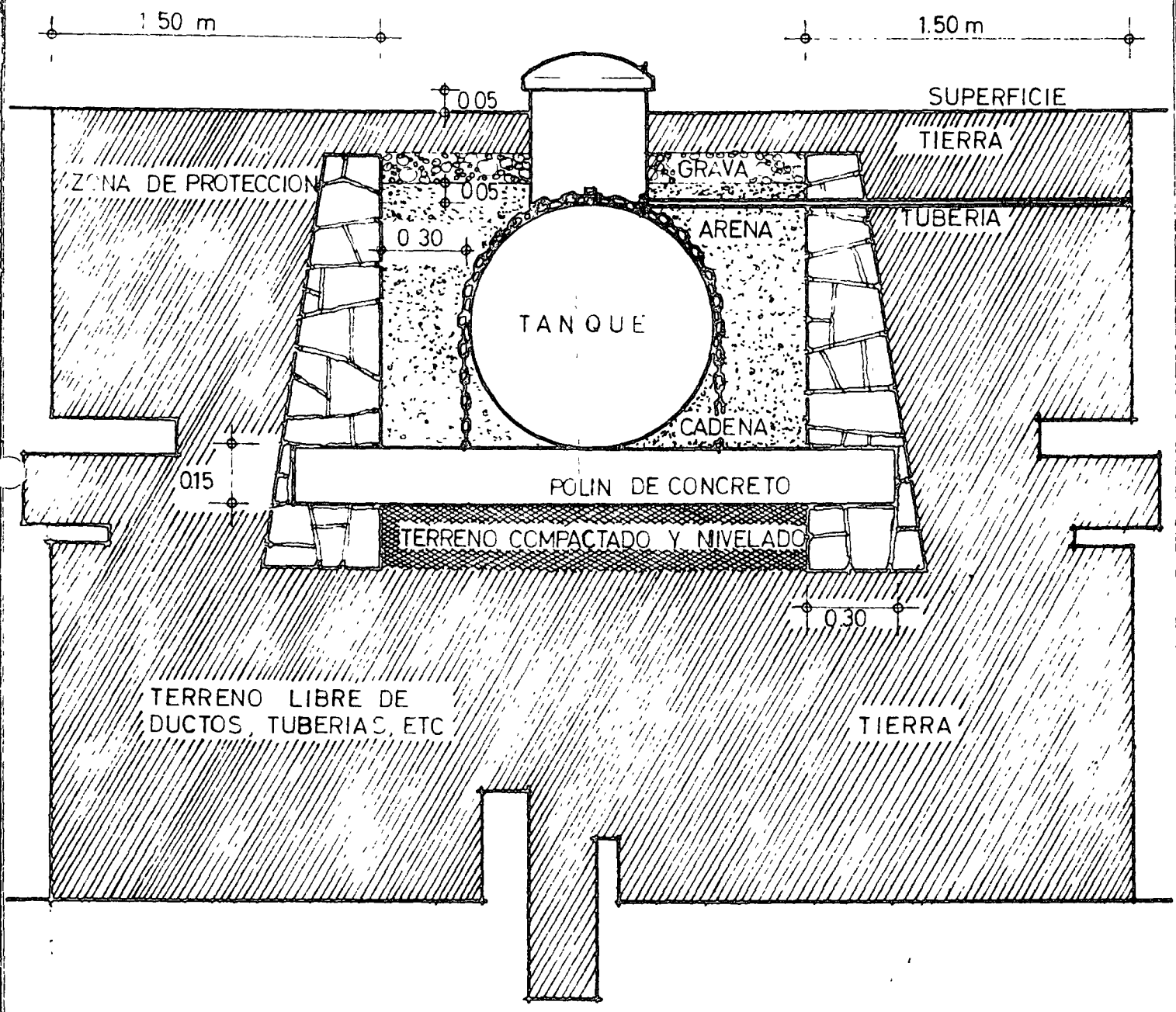
TANQUE SUBTERRANEO

CORTE LONGITUDINAL



TANQUE SUBTERRANEO

P L A N T A



TANQUE SUBTERRANEO

CORTE TRASVERSAL

TABLE 1

Reduction of Volume to 60F—Against Specific Gravity 60/60F—For Liquefied Petroleum Gases
(Abridgement of A.S.T.M. Table 24-LPG)

Observed Temperature, °F.	SPECIFIC GRAVITY 60/60°F															
	0.495 TO 0.504	0.505 TO 0.514	0.515 TO 0.524	0.525 TO 0.534	0.535 TO 0.544	0.546 TO 0.554	0.555 TO 0.564	0.565 TO 0.574	0.575 TO 0.584	0.585 TO 0.594	0.595 TO 0.604	0.605 TO 0.614	0.615 TO 0.624	0.625 TO 0.634	0.635 TO 0.644	0.645 TO 0.654
	FACTOR FOR REDUCING VOLUME TO 60°F															
−20	1.120	1.114	1.109	1.104	1.099	1.095	1.090	1.086	1.082	1.079	1.076	—	—	—	—	—
−19	1.118	1.113	1.108	1.103	1.098	1.094	1.089	1.085	1.081	1.078	1.075	—	—	—	—	—
−18	1.117	1.111	1.106	1.101	1.097	1.093	1.088	1.084	1.080	1.077	1.074	—	—	—	—	—
−17	1.115	1.110	1.105	1.100	1.095	1.091	1.088	1.082	1.079	1.076	1.073	—	—	—	—	—
−16	1.114	1.108	1.103	1.098	1.094	1.090	1.085	1.081	1.078	1.075	1.072	—	—	—	—	—
−15	1.112	1.107	1.102	1.097	1.093	1.089	1.084	1.080	1.077	1.074	1.071	—	—	—	—	—
−14	1.111	1.106	1.101	1.096	1.092	1.088	1.083	1.079	1.076	1.073	1.070	—	—	—	—	—
−13	1.109	1.104	1.099	1.095	1.091	1.087	1.082	1.078	1.075	1.072	1.069	—	—	—	—	—
−12	1.108	1.103	1.098	1.093	1.089	1.085	1.081	1.077	1.074	1.071	1.068	—	—	—	—	—
−11	1.106	1.101	1.096	1.092	1.088	1.084	1.080	1.076	1.073	1.070	1.067	—	—	—	—	—
−10	1.105	1.100	1.095	1.091	1.087	1.083	1.079	1.075	1.072	1.069	1.066	—	—	—	—	—
− 9	1.104	1.099	1.094	1.090	1.086	1.082	1.078	1.074	1.071	1.068	1.065	—	—	—	—	—
− 8	1.102	1.098	1.093	1.089	1.085	1.081	1.077	1.073	1.070	1.067	1.064	—	—	—	—	—
− 7	1.101	1.096	1.091	1.087	1.083	1.080	1.076	1.072	1.069	1.067	1.063	—	—	—	—	—
− 6	1.099	1.095	1.090	1.086	1.082	1.079	1.075	1.071	1.068	1.066	1.062	—	—	—	—	—
− 5	1.098	1.094	1.089	1.085	1.081	1.078	1.074	1.070	1.067	1.065	1.061	—	—	—	—	—
− 4	1.097	1.093	1.088	1.084	1.080	1.077	1.073	1.069	1.066	1.064	1.060	—	—	—	—	—
− 3	1.096	1.092	1.087	1.083	1.079	1.076	1.072	1.068	1.065	1.063	1.059	—	—	—	—	—
− 2	1.094	1.090	1.086	1.082	1.078	1.075	1.071	1.068	1.065	1.063	1.059	—	—	—	—	—
− 1	1.093	1.089	1.085	1.081	1.077	1.074	1.070	1.067	1.064	1.062	1.058	—	—	—	—	—
0	1.092	1.088	1.084	1.080	1.076	1.073	1.069	1.066	1.063	1.061	1.057	1.055	1.053	1.051	1.049	1.048
1	1.090	1.086	1.083	1.079	1.075	1.072	1.068	1.065	1.062	1.060	1.056	1.054	1.052	1.050	1.049	1.047
2	1.089	1.085	1.081	1.077	1.074	1.070	1.067	1.064	1.061	1.059	1.055	1.053	1.051	1.050	1.048	1.046
3	1.088	1.084	1.080	1.076	1.073	1.069	1.066	1.063	1.060	1.058	1.054	1.052	1.050	1.049	1.047	1.045
4	1.086	1.082	1.079	1.075	1.071	1.068	1.065	1.062	1.059	1.057	1.054	1.052	1.050	1.048	1.046	1.045
5	1.085	1.081	1.077	1.074	1.070	1.067	1.063	1.061	1.058	1.055	1.053	1.051	1.049	1.047	1.045	1.044
6	1.084	1.080	1.076	1.072	1.069	1.065	1.062	1.059	1.057	1.054	1.052	1.050	1.048	1.046	1.045	1.043
7	1.082	1.078	1.075	1.071	1.068	1.064	1.061	1.058	1.056	1.053	1.051	1.049	1.047	1.045	1.044	1.042
8	1.081	1.077	1.074	1.070	1.066	1.063	1.060	1.057	1.055	1.052	1.050	1.048	1.046	1.044	1.043	1.042
9	1.079	1.076	1.072	1.069	1.065	1.062	1.059	1.056	1.054	1.051	1.049	1.047	1.045	1.044	1.042	1.041
10	1.078	1.074	1.071	1.067	1.064	1.061	1.058	1.055	1.053	1.050	1.048	1.046	1.044	1.043	1.041	1.040
11	1.077	1.073	1.070	1.066	1.063	1.060	1.057	1.054	1.052	1.049	1.047	1.045	1.043	1.042	1.040	1.039
12	1.075	1.071	1.068	1.064	1.061	1.059	1.056	1.053	1.051	1.048	1.046	1.044	1.043	1.041	1.040	1.038
13	1.074	1.070	1.067	1.063	1.060	1.057	1.054	1.052	1.050	1.047	1.045	1.043	1.042	1.040	1.039	1.038
14	1.072	1.069	1.066	1.062	1.059	1.056	1.053	1.051	1.049	1.046	1.044	1.042	1.041	1.039	1.038	1.037
15	1.071	1.068	1.064	1.061	1.058	1.055	1.052	1.050	1.047	1.045	1.043	1.042	1.040	1.039	1.037	1.036
16	1.070	1.066	1.063	1.060	1.056	1.054	1.051	1.048	1.046	1.044	1.042	1.041	1.039	1.038	1.036	1.035
17	1.069	1.065	1.062	1.058	1.055	1.052	1.050	1.047	1.045	1.043	1.041	1.040	1.038	1.037	1.036	1.034
18	1.067	1.064	1.061	1.057	1.054	1.051	1.049	1.046	1.044	1.042	1.040	1.039	1.037	1.036	1.035	1.034
19	1.066	1.062	1.059	1.056	1.053	1.050	1.047	1.045	1.043	1.041	1.039	1.038	1.036	1.035	1.034	1.033
20	1.064	1.061	1.058	1.054	1.051	1.049	1.046	1.044	1.042	1.040	1.038	1.037	1.036	1.034	1.033	1.032
21	1.063	1.060	1.056	1.053	1.050	1.048	1.045	1.043	1.041	1.039	1.037	1.036	1.035	1.033	1.032	1.031
22	1.061	1.058	1.055	1.052	1.049	1.046	1.044	1.042	1.040	1.038	1.037	1.035	1.034	1.033	1.031	1.030
23	1.060	1.057	1.053	1.051	1.048	1.045	1.043	1.041	1.039	1.037	1.036	1.034	1.033	1.032	1.031	1.030
24	1.058	1.055	1.052	1.049	1.046	1.044	1.042	1.040	1.038	1.036	1.035	1.033	1.032	1.031	1.030	1.029
25	1.057	1.054	1.050	1.048	1.045	1.043	1.041	1.039	1.037	1.035	1.034	1.032	1.031	1.030	1.029	1.028
26	1.055	1.052	1.049	1.047	1.044	1.042	1.039	1.037	1.036	1.034	1.033	1.031	1.030	1.029	1.028	1.027
27	1.054	1.051	1.048	1.045	1.043	1.041	1.038	1.036	1.035	1.033	1.032	1.031	1.029	1.028	1.027	1.027
28	1.052	1.049	1.047	1.044	1.041	1.039	1.037	1.035	1.034	1.032	1.031	1.030	1.029	1.028	1.027	1.026
29	1.051	1.048	1.045	1.043	1.040	1.038	1.036	1.034	1.033	1.031	1.030	1.029	1.028	1.027	1.026	1.025
30	1.049	1.046	1.044	1.041	1.039	1.037	1.035	1.033	1.032	1.030	1.029	1.028	1.027	1.026	1.025	1.024
31	1.047	1.045	1.042	1.040	1.038	1.036	1.034	1.032	1.031	1.029	1.028	1.027	1.026	1.025	1.024	1.023
32	1.046	1.043	1.041	1.038	1.036	1.035	1.033	1.031	1.030	1.028	1.027	1.026	1.025	1.024	1.023	1.023
33	1.044	1.042	1.040	1.037	1.035	1.034	1.032	1.030	1.029	1.027	1.026	1.025	1.024	1.023	1.022	1.022
34	1.043	1.040	1.038	1.036	1.034	1.032	1.031	1.029	1.028	1.026	1.025	1.024	1.023	1.022	1.022	1.021
35	1.041	1.039	1.037	1.035	1.033	1.031	1.029	1.028	1.027	1.025	1.024	1.023	1.022	1.022	1.021	1.020
36	1.039	1.037	1.035	1.033	1.031	1.030	1.028	1.027	1.025	1.024	1.023	1.022	1.021	1.021	1.020	1.019
37	1.038	1.036	1.033	1.032	1.030	1.029	1.027	1.026	1.024	1.023	1.022	1.021	1.021	1.020	1.019	1.019
38	1.036	1.034	1.032	1.031	1.029	1.027	1.026	1.025	1.023	1.022	1.021	1.020	1.020	1.019	1.018	1.018
39	1.035	1.033	1.031	1.029	1.028	1.026	1.025	1.024	1.022	1.021	1.020	1.020	1.019	1.018	1.017	1.017
40	1.033	1.031	1.029	1.028	1.026	1.025	1.024	1.023	1.021	1.020	1.019	1.019	1.018	1.017	1.017	1.016
41	1.031	1.030	1.028	1.027	1.025	1.024	1.023	1.022	1.020	1.019	1.018	1.018	1.017	1.016	1.016	1.015
42	1.030	1.028	1.027	1.025	1.024	1.023	1.022	1.021	1.019	1.018	1.017	1.017	1.016	1.016	1.015	1.015
43	1.028	1.027	1.025	1.024	1.022	1.021	1.020	1.019	1.018	1.017	1.016	1.016	1.015	1.015	1.014	1.014
44	1.027	1.025	1.023	1.022	1.021	1.020	1.019	1.018	1.017	1.016	1.015	1.015	1.014	1.014	1.013	1.013
45	1.025	1.024	1.022	1.021	1.020	1.019	1.018	1.017	1.016	1.015	1.015	1.014	1.013	1.013	1.013	1.012
46	1.024	1.022	1.021	1.020	1.018	1.018	1.017	1.016	1.015	1.014	1.014	1.013	1.013	1.012	1.012	1.011
47	1.022	1.021	1.019	1.018	1.017	1.016	1.015	1.015	1.014	1.013	1.013	1.012	1.012	1.011	1.011	1.011
48	1.020	1.019	1.018	1.017	1.016	1.015	1.014	1.013	1.013	1.012	1.012	1.011	1.011	1.010	1.010	1.010
49	1.019	1.018	1.017	1.015	1.015	1.014	1.013.	1.012	1.012	1.011	1.011	1.010	1.010	1.010	1.009	1.009
50	1.017	1.016	1.015	1.014	1.013	1.013	1.012	1.011	1.011	1.010	1.010	1.009	1.009	1.009	1.008	1.008

ing temperature to a corrected volume at 60 deg. F.: Determine the gravity at 60 deg. F. by weighing a known volume, by hydrometer, or by reference to shipping papers. Refer to the column in *Table 1* corresponding to this gravity and read the volume conversion factor opposite the observed temperature. Multiply the measured volume by this factor to obtain the volume at 60 deg. F.

(2) To convert from the observed specific gravity at an observed temperature to specific gravity at 60 deg. F.: Using *Table 2*, find the column for the observed specific gravity and read the corrected specific gravity at 60 deg. F. opposite the observed temperature listed in the extreme left column.

TABLE 1 (CONTINUED)

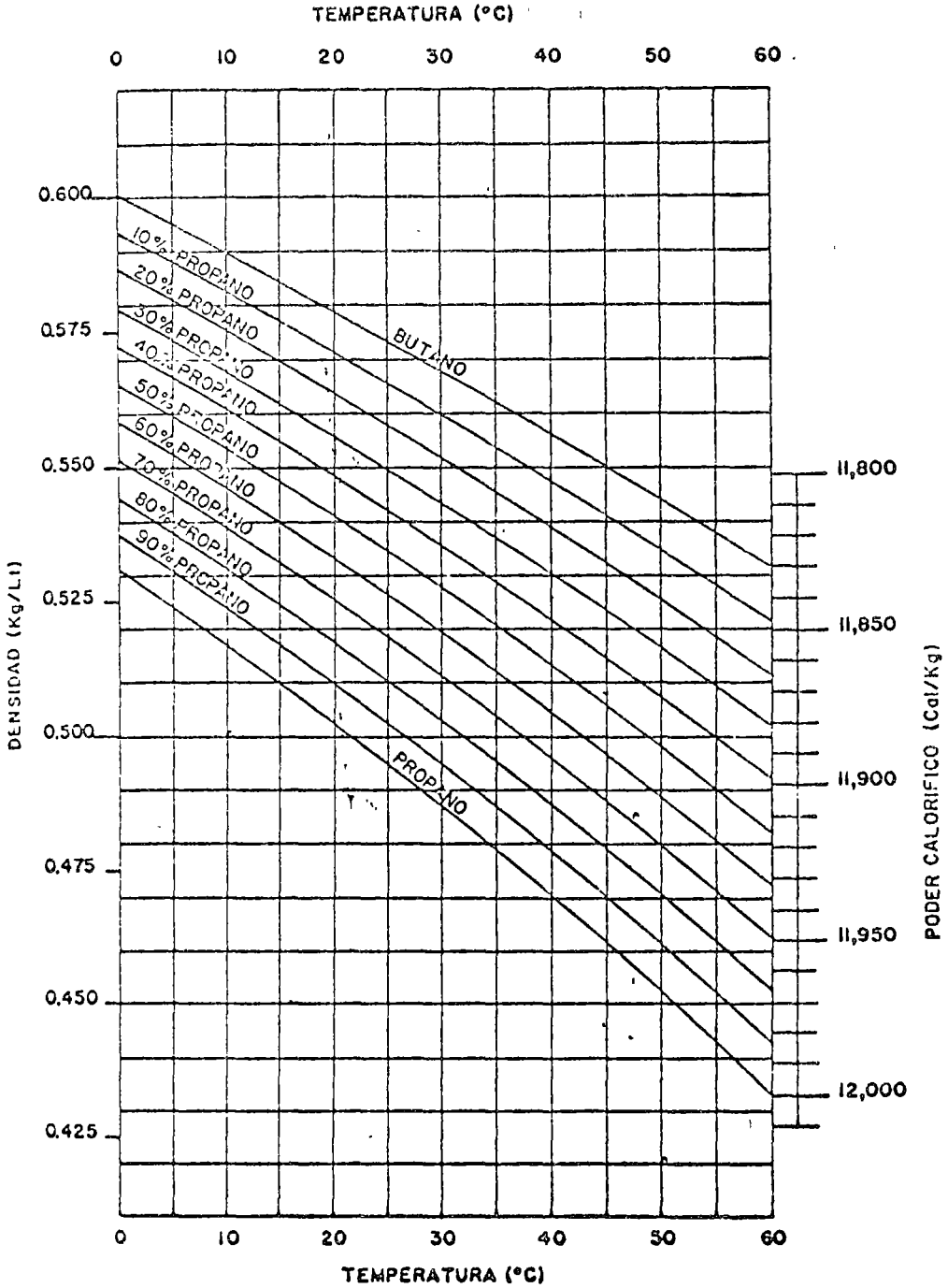
Observed Temperature, °F.	SPECIFIC GRAVITY 60/60F															
	0.495 TO 0.504	0.505 TO 0.514	0.515 TO 0.524	0.525 TO 0.534	0.535 TO 0.544	0.545 TO 0.554	0.555 TO 0.564	0.565 TO 0.574	0.575 TO 0.584	0.585 TO 0.594	0.595 TO 0.604	0.605 TO 0.614	0.615 TO 0.624	0.625 TO 0.634	0.635 TO 0.644	0.645 TO 0.654
	FACTOR FOR REDUCING VOLUME TO 60F															
50	1.017	1.016	1.015	1.014	1.013	1.013	1.012	1.011	1.011	1.010	1.010	1.009	1.009	1.009	1.008	1.008
51	1.015	1.014	1.013	1.013	1.012	1.011	1.011	1.010	1.010	1.009	1.009	1.008	1.008	1.008	1.007	1.008
52	1.014	1.012	1.012	1.011	1.010	1.010	1.009	1.009	1.009	1.008	1.008	1.007	1.007	1.007	1.006	1.007
53	1.012	1.011	1.011	1.010	1.009	1.009	1.008	1.008	1.008	1.007	1.007	1.007	1.006	1.006	1.006	1.006
54	1.010	1.009	1.009	1.008	1.008	1.007	1.007	1.007	1.007	1.006	1.006	1.006	1.005	1.005	1.005	1.005
55	1.009	1.008	1.008	1.007	1.007	1.006	1.006	1.006	1.006	1.005	1.005	1.005	1.005	1.004	1.004	1.004
56	1.007	1.006	1.006	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.003	1.003
57	1.005	1.005	1.005	1.004	1.004	1.004	1.004	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.002	1.003
58	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002
59	1.002	1.002	1.002	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001
60	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
61	0.998	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
62	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998
63	0.995	0.995	0.995	0.996	0.996	0.996	0.996	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.998	0.998
64	0.993	0.994	0.994	0.994	0.994	0.995	0.995	0.995	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.997	0.997	0.997
65	0.991	0.992	0.992	0.993	0.993	0.993	0.994	0.994	0.994	0.995	0.995	0.995	0.996	0.996	0.996	0.996
66	0.990	0.990	0.990	0.991	0.992	0.992	0.993	0.993	0.993	0.993	0.994	0.994	0.995	0.995	0.995	0.995
67	0.988	0.989	0.989	0.990	0.990	0.991	0.991	0.992	0.992	0.992	0.993	0.994	0.994	0.994	0.994	0.994
68	0.986	0.987	0.987	0.988	0.989	0.990	0.990	0.990	0.991	0.991	0.992	0.993	0.993	0.993	0.994	0.993
69	0.985	0.985	0.986	0.987	0.987	0.988	0.989	0.989	0.990	0.990	0.991	0.992	0.992	0.992	0.993	0.993
70	0.983	0.984	0.984	0.985	0.986	0.987	0.988	0.988	0.989	0.989	0.990	0.991	0.991	0.991	0.992	0.992
71	0.981	0.982	0.983	0.984	0.984	0.986	0.986	0.987	0.988	0.988	0.989	0.990	0.990	0.991	0.991	0.991
72	0.979	0.981	0.981	0.982	0.983	0.984	0.985	0.986	0.987	0.987	0.988	1.989	0.989	0.990	0.990	0.990
73	0.978	0.979	0.980	0.981	0.982	0.983	0.984	0.985	0.986	0.986	0.987	0.988	0.988	0.989	0.989	0.990
74	0.976	0.977	0.978	0.980	0.980	0.982	0.983	0.984	0.985	0.985	0.986	0.987	0.987	0.988	0.988	0.989
75	0.974	0.976	0.977	0.978	0.979	0.980	0.981	0.983	0.983	0.984	0.985	0.986	0.987	0.988	0.988	0.988
76	0.972	0.974	0.975	0.977	0.978	0.979	0.980	0.981	0.982	0.983	0.984	0.985	0.986	0.986	0.987	0.987
77	0.970	0.972	0.973	0.975	0.976	0.978	0.979	0.980	0.981	0.982	0.983	0.984	0.985	0.985	0.986	0.986
78	0.969	0.970	0.972	0.974	0.975	0.977	0.978	0.979	0.980	0.981	0.982	0.983	0.984	0.984	0.985	0.985
79	0.967	0.969	0.970	0.972	0.974	0.975	0.977	0.978	0.979	0.980	0.981	0.982	0.983	0.984	0.984	0.985
80	0.965	0.967	0.969	0.971	0.972	0.974	0.975	0.977	0.978	0.979	0.981	0.981	0.982	0.983	0.983	0.984
81	0.963	0.965	0.967	0.969	0.971	0.973	0.974	0.975	0.977	0.978	0.980	0.980	0.981	0.982	0.982	0.983
82	0.961	0.963	0.966	0.968	0.969	0.971	0.972	0.974	0.976	0.977	0.979	0.979	0.980	0.981	0.982	0.982
83	0.959	0.962	0.964	0.966	0.968	0.970	0.971	0.973	0.975	0.976	0.978	0.979	0.979	0.980	0.981	0.981
84	0.957	0.960	0.962	0.965	0.966	0.968	0.970	0.972	0.974	0.975	0.977	0.978	0.978	0.979	0.980	0.981
85	0.956	0.958	0.960	0.963	0.965	0.967	0.969	0.971	0.972	0.974	0.976	0.977	0.978	0.978	0.979	0.980
86	0.954	0.956	0.959	0.961	0.964	0.966	0.967	0.969	0.971	0.973	0.975	0.976	0.977	0.977	0.978	0.979
87	0.952	0.955	0.957	0.960	0.962	0.964	0.966	0.968	0.970	0.972	0.974	0.975	0.976	0.977	0.977	0.978
88	0.950	0.953	0.955	0.958	0.961	0.963	0.965	0.967	0.969	0.971	0.973	0.974	0.975	0.976	0.977	0.977
89	0.948	0.951	0.954	0.957	0.959	0.962	0.964	0.966	0.968	0.970	0.972	0.973	0.974	0.975	0.976	0.977
90	0.946	0.949	0.952	0.955	0.958	0.960	0.962	0.964	0.967	0.968	0.971	0.972	0.973	0.974	0.975	0.976
91	0.944	0.947	0.951	0.954	0.956	0.959	0.961	0.963	0.965	0.967	0.970	0.971	0.972	0.973	0.974	0.975
92	0.942	0.946	0.949	0.952	0.955	0.957	0.959	0.962	0.964	0.966	0.969	0.970	0.971	0.972	0.973	0.974
93	0.940	0.944	0.947	0.950	0.953	0.956	0.958	0.961	0.963	0.965	0.968	0.969	0.970	0.971	0.972	0.973
94	0.938	0.942	0.946	0.949	0.952	0.954	0.957	0.959	0.962	0.964	0.967	0.968	0.969	0.970	0.972	0.972
95	0.937	0.940	0.944	0.947	0.950	0.953	0.956	0.958	0.961	0.963	0.966	0.967	0.968	0.970	0.971	0.972
96	0.935	0.939	0.942	0.946	0.949	0.952	0.954	0.957	0.959	0.962	0.965	0.966	0.968	0.969	0.970	0.971
97	0.933	0.937	0.941	0.944	0.947	0.950	0.953	0.956	0.958	0.961	0.964	0.965	0.967	0.968	0.969	0.970
98	0.931	0.935	0.939	0.943	0.946	0.949	0.952	0.954	0.957	0.960	0.963	0.964	0.966	0.967	0.968	0.969
99	0.929	0.933	0.937	0.941	0.945	0.948	0.950	0.953	0.956	0.959	0.962	0.963	0.965	0.966	0.967	0.968
100	0.927	0.932	0.936	0.940	0.943	0.946	0.949	0.952	0.954	0.958	0.961	0.962	0.964	0.965	0.966	0.968
101	0.925	0.930	0.934	0.938	0.941	0.945	0.948	0.951	0.953	0.957	0.960	0.962	0.963	0.964	0.966	0.967
102	0.923	0.928	0.932	0.936	0.940	0.943	0.947	0.950	0.952	0.956	0.959	0.961	0.962	0.963	0.965	0.966
103	0.921	0.927	0.931	0.935	0.938	0.942	0.945	0.948	0.951	0.954	0.958	0.960	0.961	0.963	0.964	0.965
104	0.919	0.925	0.929	0.933	0.937	0.940	0.944	0.947	0.950	0.953	0.957	0.959	0.960	0.962	0.963	0.964
105	0.917	0.923	0.927	0.931	0.935	0.939	0.943	0.946	0.949	0.952	0.956	0.958	0.959	0.961	0.962	0.963
106	0.915	0.921	0.925	0.929	0.933	0.938	0.942	0.945	0.948	0.951	0.955	0.957	0.958	0.960	0.961	0.963
107	0.913	0.919	0.923	0.928	0.932	0.936	0.940	0.943	0.947	0.950	0.954	0.956	0.958	0.960	0.961	0.962
108	0.911	0.917	0.922	0.926	0.930	0.935	0.939	0.942	0.945	0.949	0.953	0.955	0.957	0.958	0.960	0.961
109	0.909	0.915	0.920	0.925	0.929	0.933	0.937	0.940	0.944	0.948	0.952	0.954	0.956	0.957	0.949	0.960
110	0.907	0.913	0.918	0.923	0.927	0.932	0.936	0.939	0.943	0.947	0.951	0.953	0.955	0.956	0.958	0.959
111	0.905	0.911	0.916	0.921	0.926	0.931	0.935	0.938	0.942	0.946	0.950	0.952	0.954	0.955	0.956	0.958
112	0.903	0.909	0.914	0.920	0.924	0.929	0.934	0.937	0.941	0.945	0.949	0.951	0.953	0.955	0.956	0.958
113	0.901	0.908	0.913	0.918	0.923	0.928	0.932	0.935	0.939	0.943	0.948	0.950	0.952	0.954	0.955	0.957
114	0.899	0.906	0.911	0.917	0.921	0.926	0.931	0.934	0.938	0.942	0.947	0.949	0.951	0.953	0.954	0.956
115	0.897	0.904	0.909	0.915	0.920	0.925	0.930	0.933	0.937	0.941	0.946	0.948	0.950	0.952	0.954	0.955
116	0.895	0.902	0.907	0.913	0.918	0.924	0.929	0.932	0.936	0.940	0.945	0.947	0.949	0.951	0.953	0.954
117	0.893	0.900	0.905	0.912	0.917	0.922	0.927	0.931	0.935	0.939	0.944	0.946	0.948	0.950	0.952	0.954
118	0.891	0.898	0.904	0.910	0.915	0.921	0.926	0.929	0.933	0.938	0.943	0.945	0.947	0.949	0.951	0.953
119	0.889	0.896	0.902	0.909	0.914	0.919	0.924	0.928	0.932	0.937	0.942	0.944	0.947	0.948	0.950	0.952
120	0.887	0.894	0.900	0.907	0.912	0.918	0.923	0.927	0.931	0.936	0.941	0.943	0.946	0.948	0.949	0.951

(3) To convert from specific gravity to degrees API: Refer to *Table 3*. Conversions may be read direct from this table.

(4) To convert from degrees API to specific gravity: Refer to *Table 4*. Again, conversions may be read direct from this table. In the absence of one of these tables, the other may be used for conversion in either direction by means of interpolation or application of the formulas set forth in the table headings.

(5) To convert from degrees API at 60 deg. F. to degrees API at any other temperature: First use *Table 4* to convert the degrees API to specific gravity, then convert this to the specific gravity at

GRAFICA I-2


TEMPERATURA (°C)
0
10
20
30
40
50
60
0.600
0.575
0.550
0.525
0.500
0.475
0.450
0.425
DENSIDAD (Kg/Lt)
10% PROPANO
20% PROPANO
30% PROPANO
40% PROPANO
50% PROPANO
60% PROPANO
70% PROPANO
80% PROPANO
90% PROPANO
BUTANO
PROPANO
11,800
11,850
11,900
11,950
12,000
PODER CALORIFICO (Cal/Kg)
TEMPERATURA (°C)

2.- REGULACION. POR: ING. JUAN MANUEL ZAPIAINN LECHUGA

a) Definicion de alta y baja presión

El reglamento de la distribución de gas define como " gas de alta presión" las mezclas de hidrocarburos que a 54.5°C alcancen una presion comprendida entre 10.2 y 18.0 Kg/cm^2. Por lo tanto, debe entenderse por gas de baja presión las mezclas que alcancen una presión no superior a 10.2 Kg/cm^2 a la citada temperatura. Esto en cuanto al tipo de gas.

El propio reglamento establece que, salvo cuando las necesidades del servicio requieran una distinta, en las tuberías de distribución para los aparatos de consumo la presión sera de 26.36 cm de col. de agua (26.36 gr/cm^2) y la costumbre ha hecho que cuando esa sea la que se utilice, se entiende que la instalación de uso es de baja presión.

Por otra parte, en la práctica norteamericana, que por razones naturales hemos adoptado con pocas excepciones, tratandose de reguladores, se entiende por alta presión cualquiera que no sea menor que una libra por pg.^{2}. (0.070306 Kg/cm^2), y por baja presión toda aquella que no alcance dicho valor.

En terminos generales, puede decirse que practicamente todos los aparatos domesticos y comerciales (asi como algunos industriales) estan diseñados para operar con gas a la baja presión establecida por el reglamento, que les es abastecido mediante reguladores también de baja presión.

El gas a alta presión se utiliza exclusivamente en quemadores industriales y algunos comerciales; el valor de la presión a usarse se determina al diseñar el quemador.

En la práctica Norteamericana, los quemadores a baja presión se diseñan para operar a 11" C.A. (27.94 gr/cm^2). Por nuestra parte, en nuestro Relamento se fijó una presión de 26.36 cm. col. agua (26,36 gr/cm^2), con una tolerancia m'axima del 5%. Se entiende que la Autoridad intentó que en ningún caso se excediera el valor de 11" C.A. en condiciones normales, pues cuando las necesidades especiales del servicio requieran una presión distinta a la indicada, el Técnico responsable recabará la conformidad de la SIC.

b) Función y Operación.

Para poder abordar este tema, es necesario definir lo que es un regulador de presión, sus componentes principales y las bases generales para su diseño.

Definición: Un regulador de presión o control automático, conforme lo define la Asociación Norteamericana de Ingenieros Mecánicos, es un mecanismo que mide el valor de una cantidad o condición variable y funciona para corregir o delimitar la desviación de este valor medido de un punto de referencia elegido, e incluye tanto los medios medidores corro los reguladores.

Para los que no estan muy interiorizados en esta materia, los reguladores automáticos presentan de cuando en cuando la idea de que un regulador de presión es un mecanismo muy complicado. Por el contrario, todos los reguladores de presión constituyen una adaptación de principios mecánicos conocidos, utilizandose la fuerza desarrollada por la presión que actua sobre un diafragma flexible para accionar vario tipos de reguladores y estructuras valvulares, y controlar así la presión. Un regulador de presión puede compararse muy bien con una balanza ó el columpio en su principio fundamental de funcionamiento. En el columpio tenemos fuerzas equilibrados a ambos lados del fulcro. En un regulador de presión encontramos que lo que se hace es equilibrar fuerzas contrarias.

Los componentes principales de un regulador de presión son:
El diafragma ó medios medidores, la palanca y peso ó resorte ó carga a presión como fuerza antagonista del diafragma, y tercera el cuerpo de válvula con su válvula interior, ó medios reguladores.

Estudiemos ahora por un momento los diafragmas y su material de composición. En la actualidad se construyen la mayoria de ellos partiendo de una de las gomas sintéticas, comunmente se emplea el neopreno, pero un producto que cada día gana más terreno es la buna N con alma de nylon. El alma de este último ha demostrado ser más satisfactoria en que da mayor flexibilidad y duración que el tejido de lona de algodón que se empleaba anteriormente.

La raxón por que se emplean productos sinteticos es que son resistentes a la acción de hidrocarburos y aceites y también son mas convenientes para temperaturas altas, tanto para fluidos que entran en contacto con el diafragma y las temperaturas del ambiente.

En lo referente á los sistemas usados como fuerzas antagonistas de los diafragmas en los reguladores de presión, la carga a base de resorte es la mas usual. La carga con resorte tiene una ventaja definitiva en - que, debido a las caracteristicas inherentes de los resortes , se pueden amortiguar las pulsaciones de las presiones controladas. También se recomienda la carga con resorte para usarse con reguladores accionados por un piloto, por cuanto la angularidad de la palanca prohibe el empleo de una construcción de palanca y carga de peso de los reguladores accionados por piloto.

Hablemos un poco de las válvulas ó medios reguladores, que son las que forman parte importante de los reguladores de presión, puesto que son las que realmente abren o cierran el paso al fluido manejado por el regulador. El funcionamiento de estas válvulas es relativamente sencillo, y depende de la finalidad para la que se utilice el sistema. Vamos a describir a continuación, como funciona un regulador de presión de los mas comunmente utilizados. Antes de admitir gas a la camara del regulador formada por el diafragma y la tapa inferior, (ver esquema) el diafragma está siendo forzado hacia abajo por la acción del resorte que se encuentra en su parte superior, y que sirve para ajustar la presión de salida .

En esas condiciones, la válvula de admisión se encuentra abierta. Si abrimos el recipiente que abastece al regulador, el gas fluirá através del orificio de entrada (válvula de admisión) hacia elm interior de dicha cámara. Tan pronto como esto sucede, existo presión dentro del cuerpo del regulador y se ejerce contra la cara inferior del diafragma.

Esa presión continuará subiendo hasta llegar a ser lo suficiente - mente alta como para vencer la presión o fuerza del resorte mencionado, y al suceder ésto el diafragma se desplaza hacia arriba, forzando con éste movimiento a que el disco de cierre que tiene en su extremo el brazo de la palanca, cierre la válvula de admisión, la cual se mantendrá cerrada durante todo el tiempo que esten cerradas las válvulas que abastezcan a-

paratos en la tubería de servicio.

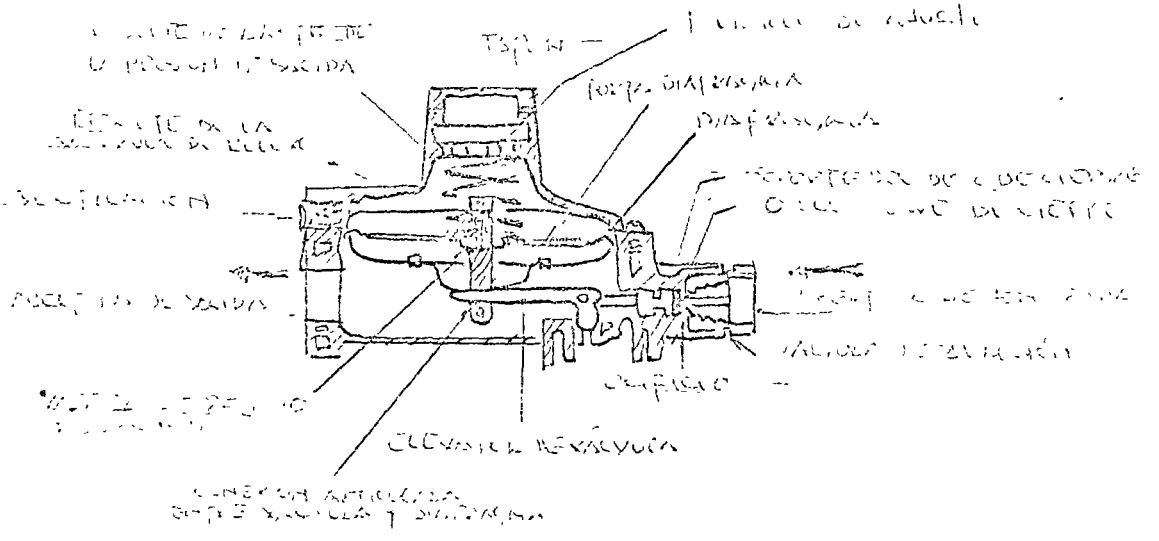
Al abrir cualquier válvula de esos aparatos, el gas fluirá desde el cuerpo del regulador hacia la tubería, y esto hará que se disminuya la presión que se está ejerciendo contra la cara inferior del diafragma.

Al llegar a ser menor esa presión que la fuerza delm resorte, este empujará al diafragma hacia abajo. El diafragma, al bajar, accionará el brazo de la palanca que a su vez abrirá la válvula de admisión, permitiendo nuevamente el paso del gas del recipiente hacia el interio de la cámara del regulador.

En las condiciones descritas, en la salida del regulador se contará con la presión ya reducida, prácticamente constante; y solo se tendran variaciones correspondiendo a las fluctuaciones qu e se presenten en la presión de entrada.

Si llega a tenerse un flujo parejo a través del regulador, el diafragma se mantendrá en una posición mas o menos estacionaria, con la válvula de admisión abierta ligeramente solo lo suficiente para dejar pasar el volumen que se esté utilizando, manteniendose así la presión deseada.

En cambio, si existen intermitencias en el flujo, el diafragma estará moviendose hacia arriba y hacia abajo sugún se requira, para mantener una presión constante de salida.



c) Tipos de Reguladores de Presión.

En cuanto a los principios básicos que rigen su diseño, los reguladores de presión son muy similares; pero existe una gran variedad de modelos y tipos, destinados a proporcionar cada uno de los servicios que exigen las diversas necesidades de los usuarios. Los mas usuales en la industria del gas, son los reguladores de "alta", "baja" y "de aparato". (Los reguladores de aparato generalmente son conectados para abastecer un solo aparato ó consumo determinado, con objeto de eliminar fluctuaciones en la presión de la tubería, y para abastecer los quemadores con una presión de operación mas exacta.). Dentro de cada una de esas clasificaciones, hay diversos tipos, atendiendo a los valores de presión, capacidades, mecanismos automáticos o manuales, etc.; características todas ellas que es indispensable conocer, para proporcionar al usuario precisamente el artefacto que necesita. Un error en éste aspecto, tal como utilizar un regulador de alta cuando el indicado es uno de baja, o servirse de uno de capacidad insuficiente, puede ocacionar graves riesgos o cuando menos resultar en un servicio deficiente para el usuario. Es conveniente, para evitar esos errores, contar con los catálogos de los fabricantes y estudiar cuidadosamente las especificaciones de cada regulador.

En general, puede decirse que los tipos de reguladores varían en cuanto a la relación que existe entre las presiones que reciben en su entrada y las que entregan a su salida, y en cuanto a su capacidad.

d) Selección de los reguladores de Presión.

Para poder hacer una buena selección de un regulador de presión, es necesario tener en cuenta ciertas características importantes dependiendo del servicio para el que se quiera. Deben precisarse cuál es la presión de operación que va a utilizarse y cuál es el consumo de los aparatos que van a abastecerse, previendo además la posibilidad de que posteriormente se agregue uno omas quemadores adicionales al sistema original; el gas o

mezcla que vaya a utilizarse y el sistema de reducción que vaya a usarse, dependiendo de las etapas en que se quiera llevar a cabo.

Una vez determinados esos datos, se elige el regulador ó reguladores que los satisfagan; para ello se acude a los catálogos de los fabricantes, en que se proporcionan todas las características de cada regulador, señalandose sus dimensiones, los diámetro de los orificios de entraday salida, las variaciones que sufre la presión de entrada, su propia capacidad en rolación con la presión de entrada y salida del gas, etc.

Al proyectar una instalación, hay que tomar muy en cuenta éstos aspectos, y debe dedicarsele el mayor cuidado posible. Una elección incorrecta de un regulador dará lugar cuando menos a deficiencias en el servicio, o de plano no se logrará éste, o inclusive pueden crearse peligros mayores indebidamento.

e) Desfogues.

Para pode explicar lo que se conoce como desfogue en un regulador, es importante mencionar lo referente a lo que podría suceder si la válvula de admisión de un regulador no cerrara herméticamente. En este caso, si la válvula no funcionara, es de suponerse que la presión existente en el recipiente o en la linea de abastecimiento, pasaría a través del regulador e iría hasta los aparatos de consumo, los cuales no están diseñados para opera a éstas presiones. Para evitar ésto, los fabricantes de reguladores idearon un sistema de válvula de relevo de presión, integral a los reguladores. Ésta válvula, está ajustada normalmente para abrir a no menos de dos veces y no mas de tres veces el valor de la presión de salida para la que fueron diseñados.

El funcionamiento de la válvula de relevo de presión, tiene un funcionamiento muy similar al del regulador mismo. Es a base de un resorte calibrado a cierta presión (la de diseño de la válvula dependiendo de la presión de salida del regulador) , que se encuentra colocado generalmente

en el espacio interior del resorte regulador de presión, que al desplazarse hacia arriba por el movimiento del diafragma, deja abierto un conducto entre la cámara y la parte superior, consistente en una perforación en el propio diafragma. Cuando el diafragma es elevadom por la presión del gas, la válvula de admisión cierran y el soporte de la válvula de relevo, cuya parte superior actúa como asiento de válvula, se mueve hacia arriba hasta donde topa. Si la presión del gas continua elevandose en el interior del regulador, se aplicará presión adicional al diafragma. Si se ejerce la suficiente, vencerá la resistencia de la válvula de relevo, y el diafragma se elevará arriba del asiento de dicha válvula. Cuando esto suceda, el gas fluirá a través de la abertura que se encuentra en el centro del diafragma hacia la cámara superior y luego por las aberturas de ventilación hacias el exterior, y así se relevará la presión excesiva.

Debido a que la mayoría de los reguladores de presión cuentan con válvulas de relevo, es conveniente que su instalación sea al exterior, pero como sabemos, en muchos casos no es posible hacerlo por las dificultades que presentaría a ciertos procesos y equipos en particular, Lo que se debe hacer en estos casos, es llevar una tubería desde el orificio de salida del gas aliviado por la válvula de relevo hasta el exterior, dandosele por llamar Desfogues a todo este sistema. Es conveniente que la tubería usada para este fin no sea de menor diámetro que el del orificio de salida del regulador.

g) Instalación.

Para poder llevar a cabo una buena instalación en lo que se refiere a reguladores, es importante el haberlo seleccionado adecuadamente, tomando en cuenta todas las indicaciones que anteriormente se han tratado en estos apuntes.

Los tipos mas usuales de reguladores, en cuanto a la forma en que se colocarán en la línea de gas, son los roscados y los bridados. El hecho

de que un regulador se coloque en la línea de gas mediante bridas o roscas, dependo exclusivamente del sistema muy particular para el que se vaya a utilizar. Queremos decir con ésto, que no existen reglas estrictas en lo que se refiere a instalación de reguladores. Mas bien, es una cuestión de criterio el poder instalar correctamente un regulador, siempre y cuando se respeten las normas establecidas por las autoridades.

Es importante al instalar un regulador de presión, que se cuente con los accesorios necesarios para poder saber si dicho regulador está trabajando correctamente ó de lo contrario corregir las fallas. En este punto mencionaremos los manómetros que es conveniente instalar antes y después del regulador para conocer las presiones de entrada y salida del mismo; las válvulas de seccionamiento que se requieran según el sistema, para poder dar mayor seguridad y flexibilidad al sistema; equipos de protección contra excesos de presión en las líneas, pero ésto punto será tratado con mayor detenimiento en otros capítulos de éste curso.

Capacity

The following tables show "99" capacities recorded under actual operating conditions in the Fisher research department.

The capacities given are for 0 6 specific gravity gas at standard conditions. To determine the capacity of other gases having a different specific gravity, multiply the capacity for the given pressure conditions by the square root of 0.6 and divide by the square root of the specific gravity of the gas being considered. An alternate method is to multiply the figures in the following tables by these factors to determine equivalent capacity: Air—.775, Propane—.628, Butane—.548.

NOTE: When checking regulator capacity, always use the lowest inlet pressure, the highest outlet pressure, and the maximum capacity desired. For recommended outlet pipe sizes see Page 10.

CAPACITY OF SERIES 99 GAS REGULATOR WITH 7/8" ORIFICE

Outlet Pressure—Pounds Per Square Inch

Inlet Pressure P.S.I.	.25	.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	75	100
5	7 2	7 2	6.6	6 0																			
6	7.8	7 8	7.8	7 2	6 6																		
7	9 0	8 4	8 4	7 8	7.2	6.6																	
8	9 6	9 6	9 0	8.4	7.8	7.2	6 6																
9	10 0	10.0	10 0	9 6	9 0	8 4	7.2	6.6															
10	11 4	11.4	10 8	10 0	9.6	9.0	8 4	7 8	7 2														
15	14 4	14 4	14.4	14 4	14 4	13.8	13.2	13.2	12.0	12 0	11.4	7.8											
20	18 6	18.6	18 6	18 6	18 6	18 6	18.0	16 8	16 2	15.6	15 0	14.4	10.8										
25	21 0	21.0	21 0	21.0	21.0	21 0	21 0	21 0	21 0	19.8	19.8	19.2	16 2	12									
30	23 0	23.0	23 0	23 0	23.0	23 0	23.0	23 0	23 0	23.0	23.0	23 0	20.0	17	12.5								
35	26 0	26.0	26 0	26 0	26.0	26.0	26.0	26.0	26 0	26 0	26 0	26 0	24.0	21	18.0	13							
40	28 0	28.0	28 0	28 0	28.0	28 0	28.0	28 0	28.0	28.0	28 0	28 0	28 0	26	23 0	19	14 5						
50	34 0	34.0	34.0	34.0	34 0	34 0	34.0	34 0	34.0	34.0	34 0	34.0	34 0	34	31.0	28	25.0	21	15.5				
60	42.0	42.0	42 0	42 0	42.0	42 0	42.0	42.0	42.0	42 0	42.0	42.0	42.0	42	42.0	37	35.0	30	27 0	23			
75	47.0	47.0	47.0	47 0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47 0	47.0	47.0	47	47 0	47	47.0	45	41 0	37	30		
100	59.0	59.0	59 0	59.0	59.0	59 0	59 0	59 0	59.0	59.0	59.0	59.0	59 0	59	59.0	59	59.0	59	59.0	59	53	44	
125	73 0	73 0	73 0	73 0	73 0	73 0	73 0	73.0	73 0	73.0	73.0	73.0	73.0	73	/3.0	73	73.0	73	73 0	73	73	66	48
150	86.0	86 0	86 0	86.0	86 0	06.0	86 0	86.0	86 0	86.0	86.0	86.0	86 0	86	86 0	86	86.0	86	86 0	86	86	86	72
175	96.0	96 0	96 0	96 0	96.0	96 0	96 0	96.0	96.0	96.0	96.0	96 0	96.0	96	96 0	96	96.0	96	96 0	96	96	96	93
200	108.0	108 0	108.0	108.0	108 0	108 0	108 0	108 0	108 0	108 0	108.0	108.0	108.0	108	108.0	108	108 0	108	108.0	108	108	108	108
225	123.0	123 0	123.0	123 0	123 0	123 0	123.0	123 0	123.0	123.0	123 0	123.0	123 0	123	123.0	123	123 0	123	123.0	123	123	123	123
250	132 0	132.0	132 0	132.0	132 0	132 0	132 0	132.0	132 0	132.0	132 0	132.0	132.0	132	132.0	132	132.0	132	132.0	132	132	132	132
300	162	162	162	162	162	162	162	162	162	162	162	162	162	162	162	162	162	162	162	162	162	162	162
350	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188
400	215	215	215	215	215	215 .	215	215	215	215	215	215	215	216	215	215	215	215	215	215	215	215	215

Figures in table are 1000 C.F.H.

Note: Capacities are for regulator with 7/8" orifice only.

LOW PRESSURE PILOT

EXTRA HIGH PRESSURE PILOT

HIGH PRESSURE PILOT

Note: Cg factor=408 for Standard Body with 7/8" Orifice

CAPACITY OF SERIES 99 GAS REGULATOR WITH 1⅛" ORIFICE

Outlet Pressure—Pounds Per Square Inch

Inlet Pressure P.S.I.	.25	.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	75	100
1	5.0*																						
2	7.5*	7*	6.0*																				
3	9 0	9	8.5*																				
4	10 0	10	9.0	8 5*																			
5	12.0	12	11.0	10 0	9*																		
6	13 0	13	13.0	12.0	10	9*																	
7	15 0	14	14.0	13.0	12	10	9.5*																
8	16 0	16	15.0	14.0	13	12	11 0	9.5*															
9	17 0	17	17.0	16 0	15	14	12 0	11.0	10*														
10	19 0	19	18.0	17.0	16	15	14.0	13.0	12	10*													
15	24.0	24	24 0	24 0	24	23	22.0	22 0	20	20	19	13											
20	31.0	31	31.0	31.0	31	31	30.0	28 0	27	26	25	24	18										
25	35 0	35	35.0	35.0	35	35	35.0	35.0	35	33	33	32	27	20									
30	39.0	39	39 0	39.0	39	39	39 0	39 0	39	39	39	39	34	28	21								
35	44.0	44	44 0	44.0	44	44	44.0	44.0	44	44	44	44	40	35	30	22							
40	47.0	47	47.0	47.0	47	47	47.0	47.0	47	47	47	47	47	43	38	32	24						
50	57.0	57	57.0	57 0	57	57	57.0	57.0	57	57	57	57	57	57	52	47	42	35	26				
60	65.0	65	65.0	65 0	65	65	65.0	65.0	65	65	65	65	65	65	65	62	58	50	45	38			
75	78 0	78	78 0	78 0	78	78	78.0	78.0	78	78	78	78	78	78	78	78	78	74	68	62	50		
100	99.0	99	99.0	99.0	99	99	99.0	99.0	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	88	74	
125	122 0	122	122.0	122 0	122	122	122.0	122.0	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	110	80
150	143.0	143	143 0	143.0	143	143	143.0	143.0	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	120
175	160 0	160	160 0	160 0	160	160	160.0	160 0	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	155
200	180 0	180	180.0	180.0	180	180	180 0	180.0	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
225	205.0	205	205 0	205 0	205	205	205 0	205 0	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205
250	220.0	220	220.0	220.0	220	220	220 0	220.0	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220
300	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265

Figures in table are 1000 C.F.H.

Note: Capacities are for regulator with 1⅛" orifice only.

LOW PRESSURE PILOT

EXTRA HIGH PRESSURE PILOT

HIGH PRESSURE PILOT

*Special Series 99 for Low Differential (Minimum differential ¾ P.S.I.)

Note: Cg factor=680 for standard body with 1⅛" orifice

TYPES 620 AND 621 FIELD REGULATORS

Reduced Pressure Ranges

Spring Dwg. No.	Reduced Pressure Range, Psi[1]	Spring Color
1D8923	10 - 15	Red
1D7515	10 - 25	Cadmium
1D6659	20 - 35	Blue
1D7455	25 - 60	Green
1E5436	40 - 100	Yellow
1P9013[2]	80 - 150	Brown
1P9013[3]	130 - 200	Brown

[1] For inlet pressures less than 100 psi, minimum setting for each range is reduced by 5 psi.

[2] With standard diaphragm head.

[3] With small diaphragm head.

Maximum Inlet Pressure and Pressure Drop

(For Malleable Iron and Steel Bodies)[1]

Orifice Size, In.	3/32	1/8	1/4	3/8	1/2
Maximum Inlet Pressure, Psi	1000[2]	750[3]	700[4]	500[4]	300[4]
Maximum Pressure Drop, Psi	1000	750	500	300	100

[1] Cast iron body is limited to 150 psi inlet pressure, and full pressure drop is allowed for all orifices except 1/2" where drop is limited to 100 psi.

[2] Maximum pressure rating of malleable iron and steel bodies

[3] Limited to 750 psi for stability reasons

[4] Sum of maximum pressure drop and maximum reduced pressure setting of 200 psi. Maximum inlet pressure is less for lower settings. For example, with a 100 psi setting, maximum inlet for 1/4" orifice regulator is 600 psi

Wide Open Capacity

Capacities shown in the tables on Pages 5 and 6 are regulating capacities based on 20% offset in outlet pressure. They do not reflect the total amount of gas that could flow through these regulators in the wide open position. Wide open capacities are important for sizing relief valves, and they can be determined using the Cg values from the following table.

Orifice Size, In.	3/32	1/8	1/4	3/8	1/2
Wide Open Cg	6.85	12.8	49.0	107	185

To convert these Cg values into capacities expressed in scfh, proceed as follows:

a) For Critical Pressure Drop — Multiply the *absolute* inlet pressure times the Cg value times 1.29 to obtain scfh of 0.6 specific gravity gas.

b) For Non-Critical Pressure Drop — Use Fisher sizing nomograph in Catalog 10 or the Universal Valve Sizing Rule.

Note: Critical pressure drop exists when the absolute outlet pressure is equal to or less than 1/2 the absolute inlet pressure.

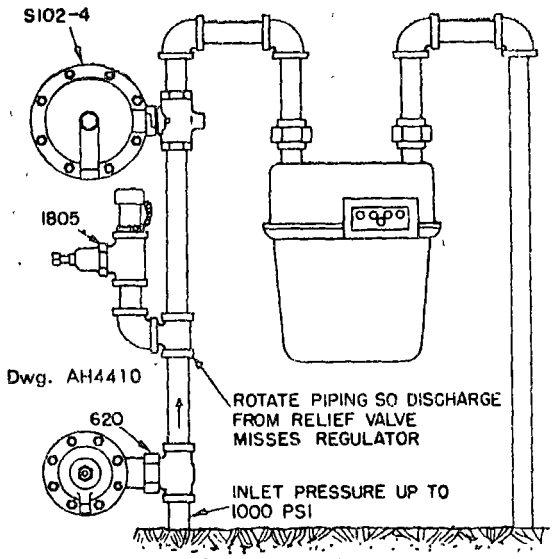


Figure 3. Typical farm tap installation using Type 620 field regulator, Type 1805 relief valve and Type S102-4 service regulator

Dimensions

Dimension	3/4" & 1" Cast Iron Body	1 1/4" Cast Iron Body	3/4" & 1" Malleable Iron Body	3/4", 1" & 1 1/4" Steel Body
A	4 5/8	4 13/16	4 5/8	4 13/16
B	1	1 1/4	1 3/8	1 1/4
C	8 1/8	8 3/16	8 1/4	8 3/16
D	3 3/8	3 3/4	3 7/8	4 1/4
E	7 11/16	8 1/8	7 3/4	8 1/8

Dwg BE8744

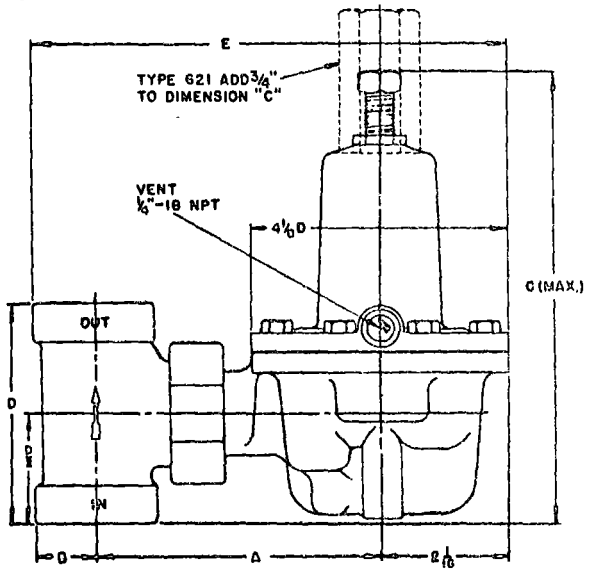


Figure 4. Dimensional drawing for Types 620 and 621.

TYPES 620 AND 621 FIELD REGULATORS

Capacity Data (All Body Sizes)

Capacity in scfh of 0.6 specific gravity gas. Based on 20% offset in outlet pressure below setting.

Spring Dwg. and Outlet Pressure Range	Inlet Pressure, Psi	Outlet Pressure, Psi	Orifice Size, In.				
			3/32	1/8	1/4	3/8	1/2
1D8923 10-15 Psi Red	7	5	130	230	680	1060	1540
	10		180	320	1040	1480	2140
	15		250	450	1400	2100	2940
	20		300	540	1900	2500	3610
	30		390	690	2240	3470	5230
	50		560	1000	3140	5230	11700
	75		780	1400	4250	10300	18000
	100		1010	1800	5230	14200	24700
1D8923 10-15 Psi Red	12	10	170	300	1090	2000	3130
	15		220	400	1420	2660	4180
	20		290	510	1900	3420	5500
	30		380	680	2660	4940	8260
	50		550	990	3800	7600	13400
	75		780	1400	5220	10800	19200
	100		1010	1810	6930	13800	25200
	150		1460	2600	9780	20200	
	200		1820	3250	12900	26600	
	300		2670	4770	18800	37600	
	500		4370	7800	30300		
	750		6500	11600			
	850		7100				
	1000		8100				
1D8923 10-15 Psi Red	17	15	190	340	1230	2470	3990
	20		240	420	1560	3040	5130
	30		340	600	2370	4560	7880
	50		520	930	3510	7120	12500
	75		740	1330	4940	10300	18400
	115		1100	1960	7510	15140	26700
	150		1420	2530	9500	19800	
	200		1790	3200	12600	26000	
	315		2760	4920	19200	38600	
	515		4520	8070	30800		
	750		6380	11400			
	850		7100				
	1000		8100				
1D7515 10-25 Psi Cadmium	22	20	240	420	1520	2750	3990
	25		270	490	1800	3320	5030
	30		330	590	2180	4080	6360
	50		460	830	3420	6740	11600
	75		530	950	4940	10100	17600
	100		970	1740	6360	13400	23700
	120		1150	2050	7650	16000	27900
	150		1410	2520	9500	19400	
	200		1840	3290	12400	25700	
	300		2640	4710	18400	37700	
	320		2850	5090	19000	39600	
	500		4320	7720	29800		
	520		4550	8130	30400		
	750		6380	11400			
	850		7100				
	1000		8100				
1D7515 10-25 Psi Cadmium	27	25	250	440	1610	3040	4750
	30		280	500	1900	3610	5700
	35		320	580	2180	4180	6930
	50		460	830	3230	6270	10900
	75		690	1230	4650	9690	16900
	100		920	1650	6170	12700	22600
	125		1140	2030	7630	15700	27900
	150		1370	2440	9120	18800	
	200		1800	3210	12100	25000	
	300		2590	4630	18100	37200	
	325		2760	4930	19000	40100	
	500		4240	7570	29200		
	525		4390	7830	30500		
	750		6270	11200			
	850		7100				
	1000		8100				
1D6659 20-35 Psi Blue	32	30	320	570	1900	3040	4370
	35		360	650	2180	3610	5320
	40		430	760	2560	4370	6460
	50		510	910	3320	5700	8070
	75		730	1310	4940	8740	13700
	100		980	1750	6360	12500	20900
	130		1240	2220	8360	16600	26900
	150		1420	2530	9310	19000	
	200		1810	3230	12500	25600	
	300		2590	4630	18000	37000	
	330		2850	5090	19800	39600	
	500		4240	7570	29000		
	530		4500	8040	31300		
	750		6270	11200			
	850		7100				
	1000		8100				
1D6659 20-35 Psi Blue	37	35	330	590	2180	3610	5320
	40		370	660	2320	4080	6090
	45		430	760	2750	4940	7410
	50		460	830	3040	5510	8360
	75		690	1230	4560	8930	14200
	100		910	1630	6170	12000	20500
	135		1220	2180	8160	16200	27700
	150		1370	2450	9120	18400	
	200		1800	3210	12200	25100	
	300		2600	4650	18200	36500	
	325		2890	5160	20200	40700	
	500		4270	7620	29700		
	525		4550	8120	31700		
	750		6330	11300			
	850		7100				
	1000		8100				

MEDIDORES.- POR: ING. ALVARO GARZA PEÑA

a).- Tipo de medidores

1) Desplazamiento positivo
2) de orificio
3) de turbina
4) de lobulos o rotatorios
5) de flúometros o rotametros

b).- Función y operación.

La función de los medidores es la de control, o sea saber la cantidad consumida en un tiempo determinado para su cobro por parte de la vendedora y por la compradora para determinar que la cantidad cobrada corresponde a lo consumido y así conocer sus costos por el renglón de combustible.

La operación de los medidores de desplazamiento positivo consiste en una caja sellada dividida por un plano vertical en dos cámaras que contienen los diafragmas de medición y en dos más en un plano horizontal que divide las cámaras de medición y la de los mecanismos y el equipo contador. Las cajas selladas divididas por el plano vertical contienen cada una dos diafragmas de medición los cuales se alimentan y descargan mediante un juego de válvulas, con las cuales se logra que uno admita y el otro descargue y en la otra cámara se hace el mismo movimiento, trabajando alternadamente o sea; los diafragmas 1, 2, 3 y 4, actuan primero el 1 luego el 3, después el 2 y finalmente el 4, repitiéndose el ciclo como en los motores de combustión, lo cual produce un flujo continuo en la descarga y un movimiento también continuo en el mecanismo de conteo. Su capacidad máxima es de 10,000 pie^3/h. a una presión de 100 lb/plg^2 o sean -- 285 m^3 a 7.03 kg/cm^2.

La operación de los medidores de orificio se basa en la medición de la caída de presión que se causa al paso del flúido através de una abertura restringida dentro de la línea. Cuando el flúido pasa através de la restricción necesariamente se incrementa la velocidad y también la energía cinética, con este incremento de la energía cinética del flúido al pasar de la sección de entrada del medidor a la restricción, resulta una disminución de la presión estática en la salida. La medición se registra en una gráfica circular y la lectura se logra al integrar la gráfica. Su capacidad varía según el diámetro de la tubería y puede lograrse lecturas hasta de 5,000.000 pie^3/h. o más y las presiones pueden llegar a las 1,000 lb/plg^2, o más sean 142,000 m^3/h. a 70 kg/plg^2.

Los medidores de turbina operan al pasar el flujo de gas por el cuerpo del medidor este hace girar la turbina la cual actua sobre el mecanismo de conteo, su capacidad máxima es de 30,000 pie^3/h. a 125 lb/plg^2 o sea 855 m^3/h a 8.8 kg/cm^2.

En el medidor de lobulos la medición se logra al pasar el flujo por la caja que contiene los lobulos haciéndolos girar, actuando una de las flechas de los extremos del lobulo sobre el mecanismo de conteo su capacidad máxima es de 965,000 pie^2/h. a 125 lb/plg^2 o sea 27300 m^3/h. a 8.8 kg/cm^2.

El fluometro es un aparato que se conecta a la línea donde fluye el gas el cual tiene un pequeño pistón muy ligero que al paso del gas se levanta proporcionalmente al gasto indicando su lectura sobre las marcas que gravan sobre - el costado del mismo, indicando el gasto en pies cúbicos por minuto, su capacidad es pequeña de unos 5,000 $pie^3/h.$, a una presión de unas 200 lb/plg^2, - solamente indica la lectura pero no tiene ningún registro de la misma.

La lectura de los medidores es variable en los de diafragma la lectura seda mediante digitos o relojes donde cada relojito representa una unidad, o mediante un registro de gráfica el cual puede tener un corrector de temp. y/o presión para reducir el gasto leído a las condiciones normales de presión y temperatura.

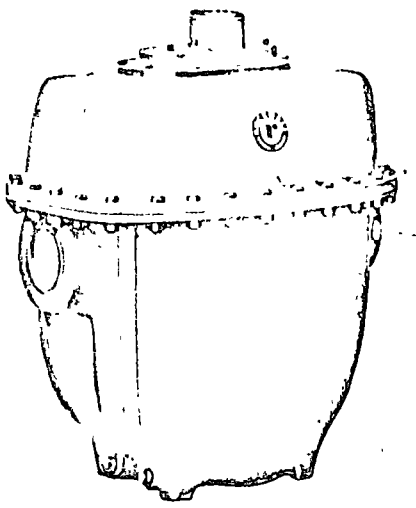
El de orificio su lectura es por un graficador el cual también puede tener - corrector de presión y/o presión.

El de turbina y el de lobulos dan la lectura sobre un contador de digitos y sus lecturas también pueden lograrse corregidas por presión y temp. o sea a - las condiciones standard.

El fluometro solo indica el flujo en el momento en que esta fluyendo el -- gas pero no registra ningún dato.

La prueba de los medidores se hace cuando se fabrican como última etapa de su fabricación, para verificarse en el campo se hace mediante un pequeño- equipo con enderesador de vena, un orificio y manómetro de Burdon el cual - - tiene registradas las cantidades que fluyen en un momento dado.

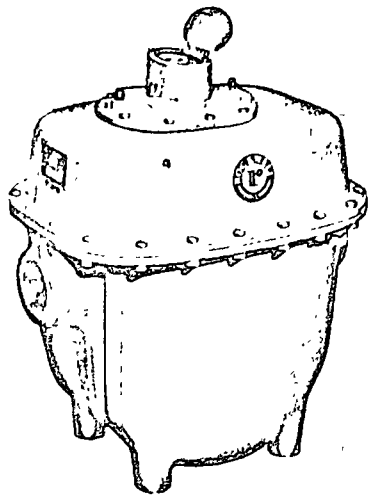
can choose the right meter for the job!



5000 METER

Design and performance-wise, this meter is similar to the No. 4 Cast Iron meter and all internal parts are interchangeable. The great weight reduction, made possible by the use of aluminum alloy for the cover, body, valve plate and index box, results in substantial savings in shipping costs as well as greater ease in handling.

Its compact design and lightweight make this meter an ideal replacement for large tin meters still in service, and for downtown basement installations where a large capacity, yet easy-to-handle, meter is required.



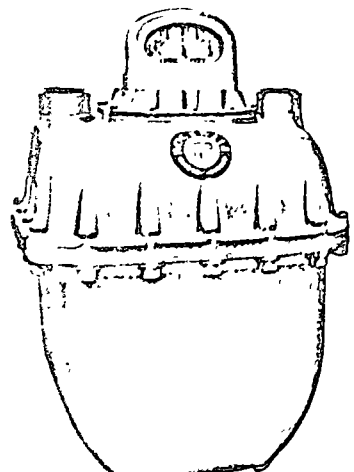
3000 METER

The sturdy design, internally and externally, of the Rockwell 3000 meter makes it ideal for commercial and industrial operations where large volume loads at high pressure, up to 100 psi, are necessary.

Single joint construction and "O" ring type gasket insure a positive seal against leakage.

Aluminum alloy construction of the cover, body, valve plate and index box accounts for its lightweight durability and economy in shipping costs.

Compact, 28-3/16" x 16" wide, and weighing approximately 100 pounds, the 3000 meter eliminates many of the service and installation problems encountered with the heavier cast iron meters.

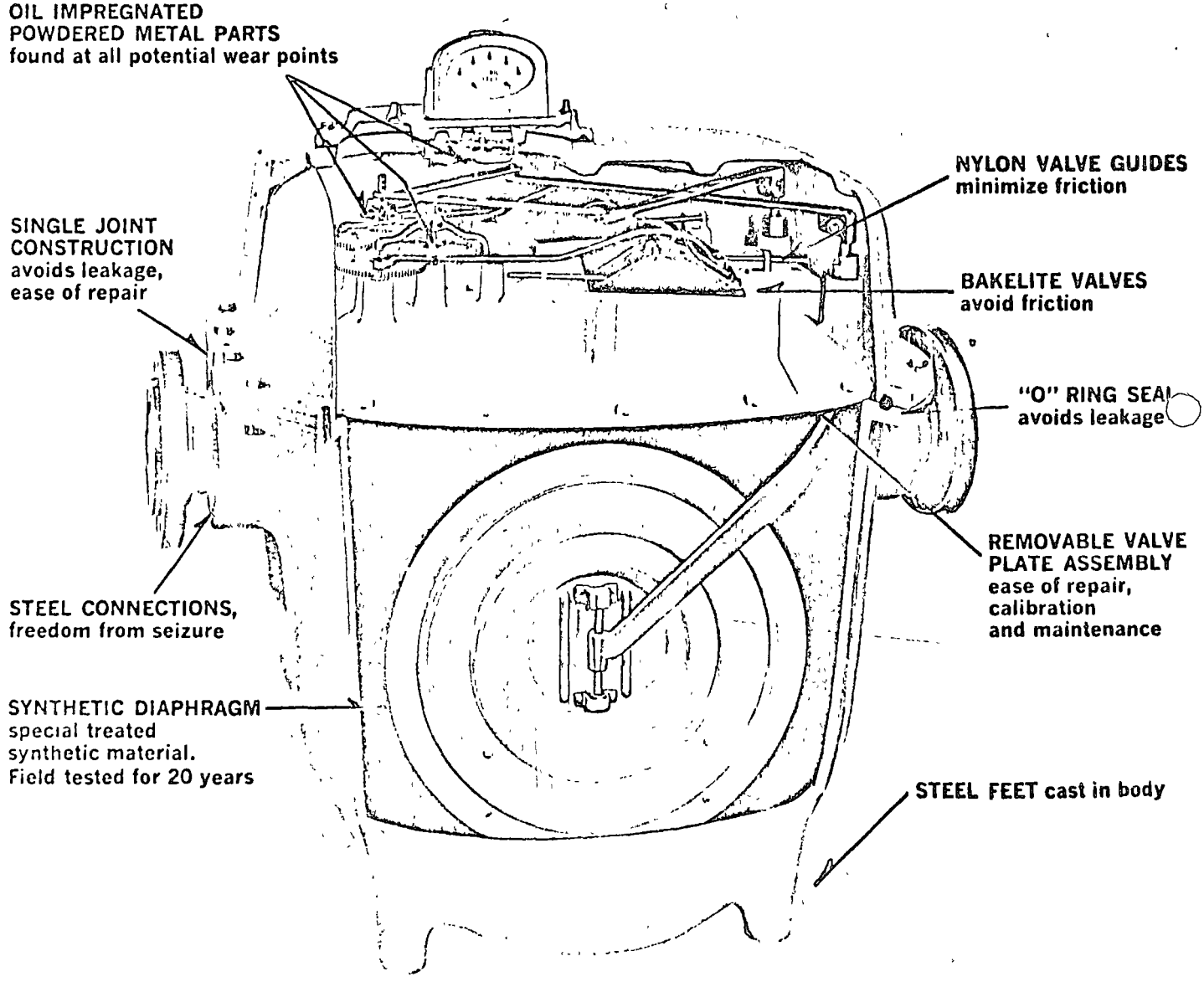


750 AND 1600 METERS

The #750 and #1600 meters, like all Rockwell single joint lightweight meters, are extremely versatile because repair and space problems are reduced to a minimum. Due to advanced design and engineering features, both of these meters have all of the inherent simplicity and accuracy of the well-known Rockwell single joint meters.

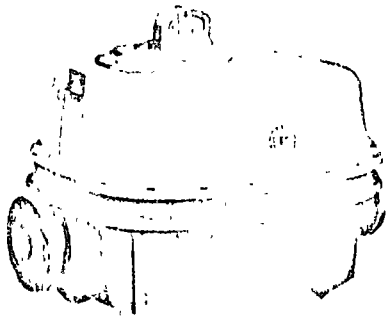
Like the #750, the #1600 is constructed of sturdy aluminum alloy castings . . . especially suited to small industrial and commercial operations where large capacities at high pressures are needed.

Feature by Feature see Why Rockwell Single Joint Meters Lead in Accuracy, Dependability and Economy



Temperature compensation available on all single joint ALUMINUM meters

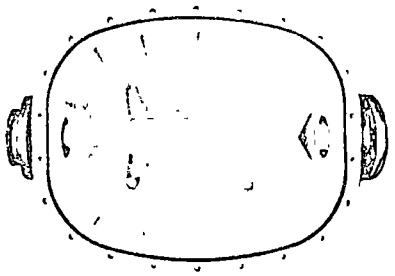
Relief Valves are available on all Rockwell large capacity meters, but are *standard* on meters having a working pressure of 200 and 500 psi.



SINGLE JOINT CONSTRUCTION

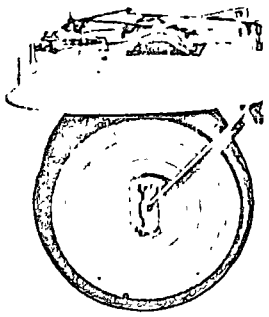
Single joint construction—cover to body—is an exclusive feature found only in Rockwell lightweight meters and offers the advantage of having only one main gasket joint to seal . . . competitive meters have as many as *six* external gasket joints!

The simple design of Rockwell single joint gas meters provides an easier and quicker accessibility to the internal mechanism of the meter when maintenance and repair are necessary.



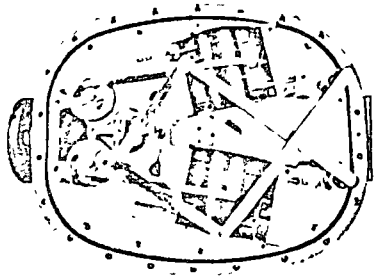
"O" RING SEAL

One of the most prominent features of the 3000 and 10,000 large capacity meters is the use of the new "O" ring type gasket. This Buna-N gasket fits snugly into a groove cast on the top of the meter body, thereby insuring a positive seal against leakage between the cover and body.



INTERCHANGEABLE VALVE PLATE ASSEMBLY

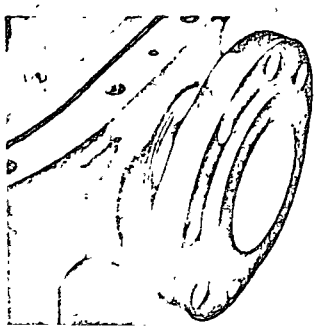
All Rockwell aluminum case meters are designed with all moving and working parts located on a single aluminum alloy valve plate casting. This gives two important advantages: (1) Proper alignment of the working parts is insured with resultant maintenance of accuracy; (2) The working parts of the meter can be removed for inspection, repair and calibration without taking the meter body out of the line.



POWDERED METAL PARTS

The use of oil impregnated powdered metal bushings and bearings at all potential wear points and the use of powdered metal timing gears for maintaining the relationship between the valves, are instrumental in keeping friction to a minimum and assuring a smooth glide to the Bakelite valves used in all Rockwell single joint meters.

These self-lubricated powdered metal parts, are made from a precision molding process which provides constant lubrication, and longer efficient life for all moving parts.



INSERTED STEEL CONNECTIONS

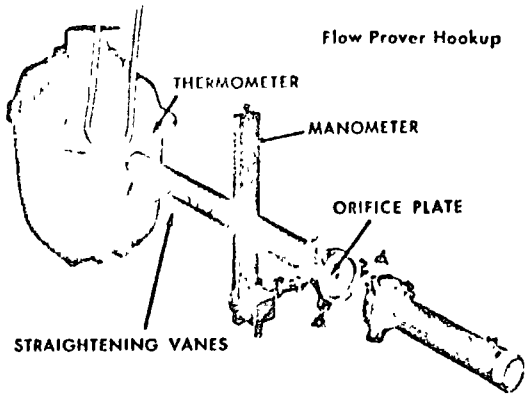
The 3000, 5000 and 10,000 large capacity meters have threaded steel inserts in the inlet and outlet connections as a permanent part of the body casting. These steel inserts furnish extremely strong corrosion resistant connections which afford a minimum of friction and complete freedom from seizure.

Heavy duty steel flanges are also available on all Rockwell large capacity meters.

LOW PRESSURE FLOW PROVER

With the Rockwell Low Pressure Flow Prover, large capacity meters can be tested with either air or gas under a wide range of flows up to the full capacity of the meter. The flow prover is accepted as the standard method of testing meters in the field, because it can easily be connected without removing the meter from the line.

The flow prover can also be used for shop testing, especially when there is no large capacity bell prover available.



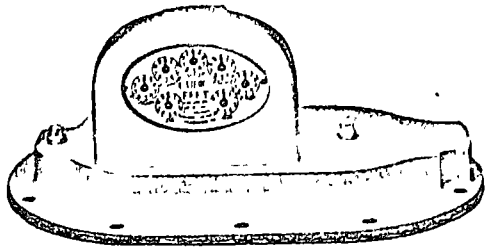
Indexes for Rockwell Large Capacity Meters

INDEXES

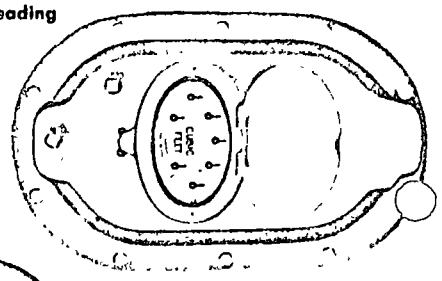
Indexes for Rockwell gas meters were designed to give the most dependable and accurate measurement at all rates of flow.

The three types of indexes shown are available on all Rockwell large capacity gas meters. It is suggested that a vertical index be used wherever the meter can be conveniently read at eye level—Horizontal indexes are best suited for installations where meters can be read from above—Horizontal direct reading (cyclometer type) indexes with a large proving hand employ the advantages of the standard horizontal index and are available on request.

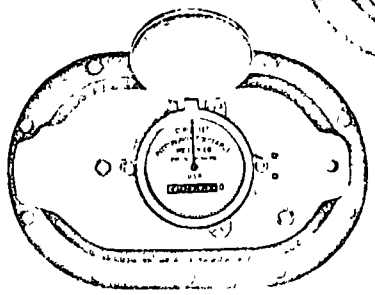
All indexes are protected from the elements by a sturdy index glass which is sealed by a resilient cork gasket. Both gasket and glass are held in place by metal clips, making glass replacement much easier when necessary.



Vertical, Circular Reading

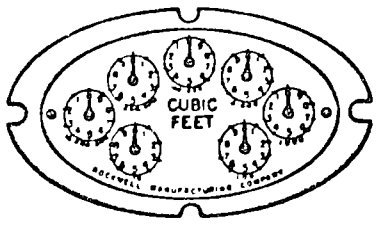


Horizontal, Circular Reading

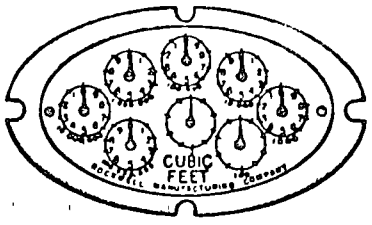


Horizontal, Direct Reading

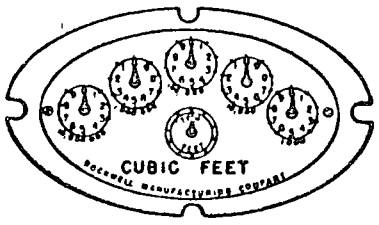
DIAL FACES AVAILABLE FOR LARGE CAPACITY INDEXES



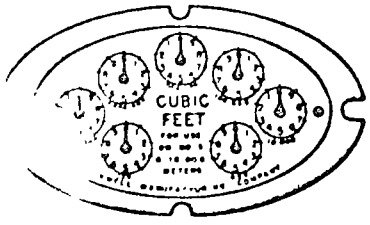
HORIZONTAL
VERTICAL



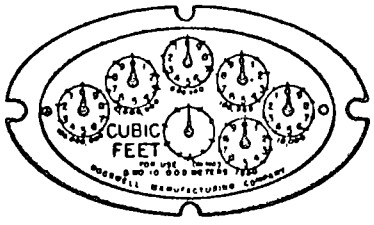
HORIZONTAL
VERTICAL



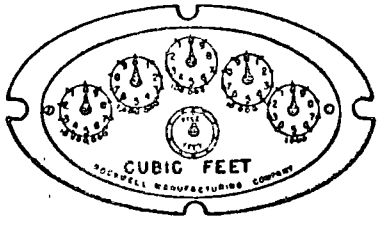
HORIZONTAL (CLOCKWISE)
VERTICAL (1000 FT. CIRCLE)



VERTICAL

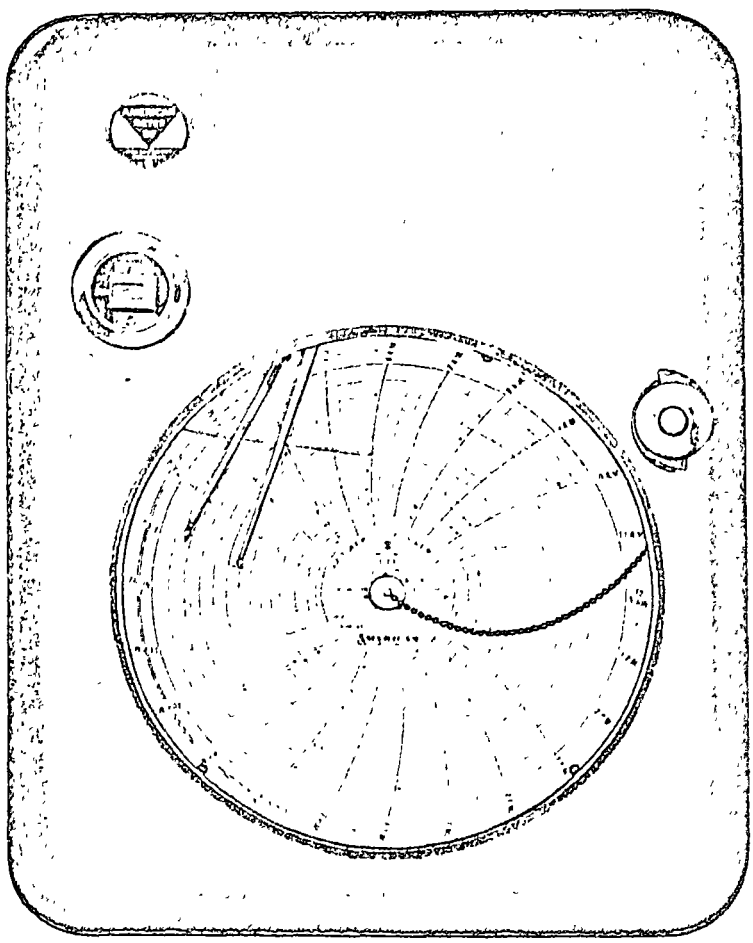


VERTICAL
HORIZONTAL

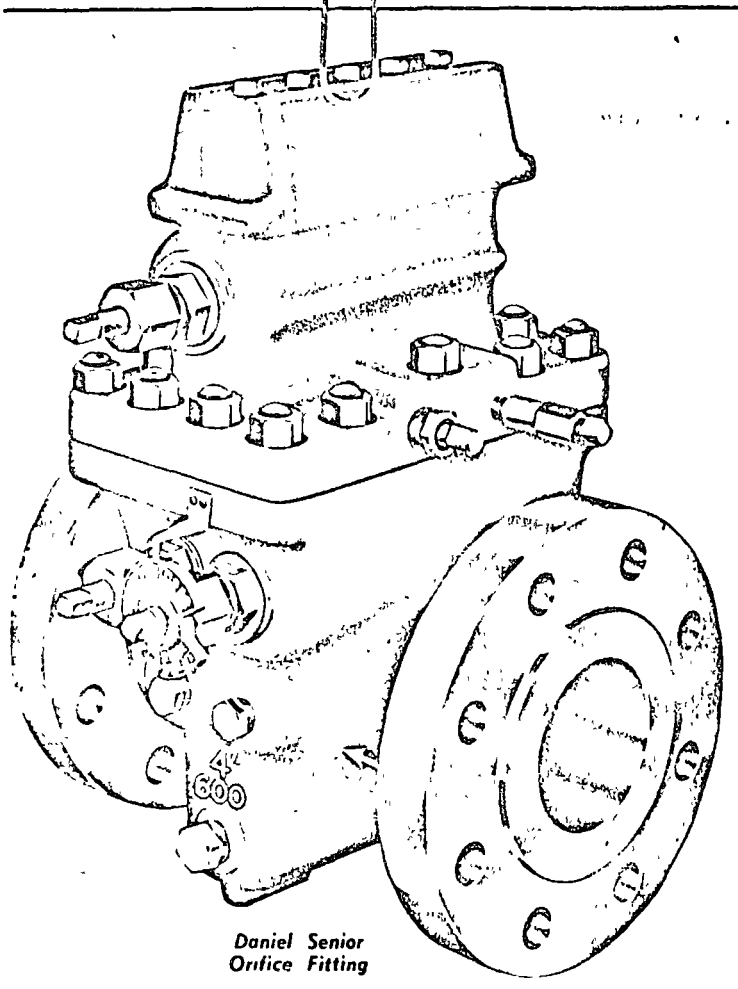


VERTICAL
HORIZONTAL

American Integrating Office Meters
single, double and duplex types



DANIEL ORIFICE FITTING COMPANY

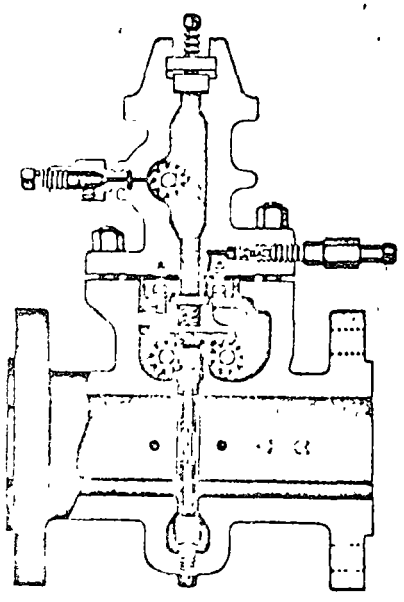


Daniel Senior Orifice Fitting

SENIOR ORIFICE FITTINGS

Daniel Senior Orifice Fittings are designed to meet future as well as current exacting needs in orifice meter measurement. The many exclusive and outstanding features found only in Daniel Senior Orifice Fittings are the result of years of experience and research in flow measurement. The term SENIOR applied to an orifice fitting denotes the DANIEL-designed Double-Chamber Orifice Fitting, which provides a fast, safe and extremely simple method of changing orifice plates under pressure without interrupting the flow. Daniel Senior Orifice Fittings eliminate costly by-passes, valves and other fittings necessary with conventional orifice flange installations.

Daniel "Flangnek" Senior Orifice Fittings have a welding neck inlet and a flanged outlet. These patented Daniel units meet the most rigid A.G.A. and A.S.M.E. code requirements. They are always furnished complete with Daniel Meter Tubes. These tubes are attached, using a specially designed, expandable internal welding fixture which assures perfect alignment. This provides the best possible conditions for accurate orifice metering and eliminates inaccuracies in measurement caused by faulty field installations.



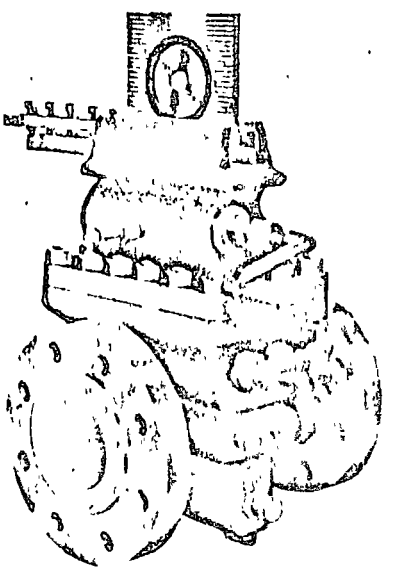
STANDARD SPECIFICATIONS FOR DANIEL SENIOR ORIFICE FITTINGS

Meter Taps: All Daniel Orifice Fittings are provided with two sets of "Flange Taps," located in accordance with latest A.G.A. recommendations.

Flange Tap Specifications: Flange tap meter connections are ½" N.P.T. Internal tap hole sizes follow latest A.G.A. recommendations. Internal edges of tap holes are free from burrs and slightly rounded.

Line Bore Tolerances: 2-inch and 3-inch sizes, plus or minus .003", 4-, 6-, 8- and 10-inch sizes, plus or minus .004"; 12-inch and larger sizes, plus or minus .005". **Unless otherwise specified, all fittings are furnished with standard internal line bore as listed in dimensional tables.**

Operating Shafts: On sizes 2-inch to 14-inch inclusive, single operating shafts are standard on left side of fitting when looking downstream. On sizes 16-inch and larger, operating shafts on both sides of fitting are standard.



The Senior Orifice Fitting is composed of two independent compartments separated by a hardened stainless steel slide valve. Side sectional view on left shows the slide valve in closed position and orifice plate concentric in line of flow. Slide valve cannot be closed unless orifice is concentric to bore of fitting.

Photo, above right, shows the exclusive Daniel patented top closure in opened position with plate carrier in place for change or inspection of orifice plate. Only a few turns of the wrench are required to remove or replace clamping and sealing bars. Set screws always remain in clamping bar. This feature adds greatly to speed and ease of operation.

Plate carrier is raised and lowered by double rack and pinion mechanism with power applied through speed wrench. This method provides the quickest means of operation with the least amount of effort and assures positive control of plate carrier at all times.

All parts, including the essential slide valve assembly, may be replaced or repaired without removing fitting from line

ROCKWELL SERIES "G" 6" GAS TURBO-METER

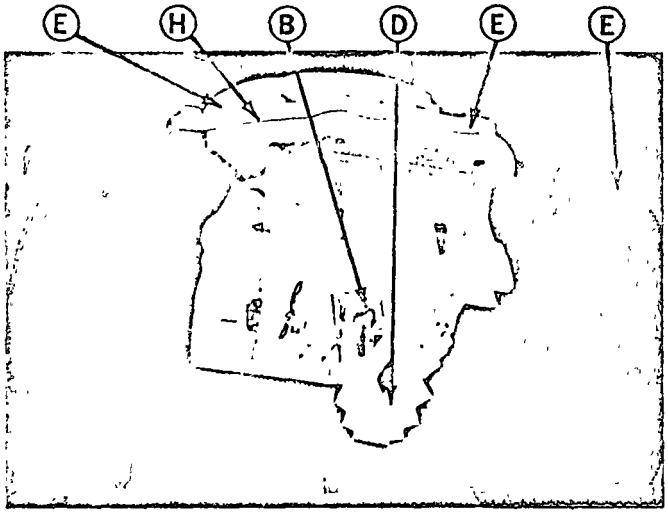
DESIGN FEATURES:

Applications:

- Town Border Stations
- Transmission Metering
- Power Plants
- Steel Mills
- Schools
- Office Buildings
- Well Head Measurement
- L.A.C.T. Units

. . . and many other large volume load applications that are within the rangeability of the meter.

- **A** Magnetic coupling drive to index or instrument.
- **B** Magnetic suspension of complete rotor-and-shaft assembly.
- **C** Flat, twisted turbine blades.
- **D** One-piece, precision molded Delrin turbine blade and rotor unit.
- **E** Three-piece body construction.
- **F** Removable metering assembly.
- **G** Shear pin in magnetic coupling drive train.
- **H** "O" Ring seals protect metering mechanism.



INTRODUCTION

The Rockwell Series "G" (gas) Turbo-Meter is a compact lightweight alloy meter that utilizes the basic principle of a turbine as the means to measure large volume gas flows.

Previously the use of the turbine principle for metering has been applied almost exclusively to the measurement of liquids. Gas measurement is a totally new area.

The compact design of the meter permits it to be installed in a relatively small area. The dimensions of the meter are shown on page 5.

The maximum working pressure of the meter is 125 psi. Its accuracy is within ± 1.0 per cent over a 13 to 1 flow range or 2300 cfh to 30,000 cfh of 0.6 sp. gr. gas at 4-oz. gauge. A performance curve is shown on page 3.

Designed primarily for natural gas the Rockwell Series "G" Turbo-Meter can also meter, with comparable rangeabilities, other gases. A change in gas density does not affect the meter's accuracy.

FEATURES

The Rockwell Series "G" Turbo-Meter, being a lightweight compact unit, is relatively easy to handle and install. Its weight is approximately 55 pounds—less than one-twelfth the weight of a rotary type gas meter having a comparable flow range. The light weight of the Series "G" (gas) Turbo-Meter permits it to be entirely supported by the pipeline. There is no need for a support structure such as a concrete slab or steel cradle. For ease of installation, the horizontal mounting of the meter is not critical. A variation of 5° would not hamper the meter's performance. Suggested installation and operating data is shown on page 4.

Unlike conventional meters, the Series "G" Turbo-Meter will not shut off service to a customer. Should an object such as a cork or a stone become lodged in the rotor blade, stopping the metering mechanism, gas would continue to flow through the meter without an appreciable increase in pressure loss.

To conveniently service or inspect the metering mechanism, it is only necessary to remove eight cover bolts since both the index plate and metering mechanism are attached directly to the cover. The meter body is permitted to remain in the line.

As a safety factor, a small shear pin protects against long periods of intermittent registration should a bind occur in the recording instrument or index. Shear pin failure occurs when the normal driving torque of either the instrument or index is exceeded by a ratio of 30 to 1. This actually means that shear pin failure would occur when the torque load exceeds 75 inch ounces.

In order to assure accuracy while operating at low flow rates, total operating friction is kept consistently low. This is accomplished by (1) replacing the conventional stuffing box with a magnetic coupling drive unit, (2) magnetically suspending the entire shaft of the metering mechanism for balance and relative weightlessness and, (3) by increasing the velocity of the gas before it passes over the rotor blades.

The 13 to 1 flow range of the Rockwell Series "G" Turbo-Meter is considerably greater than the 3 to 1 flow rate of a single, standard orifice meter.

The metering mechanism can be quickly checked for freedom from binds by simply rotating the metering assembly until the blades rotate at a good rate of speed. The length of time the rotor coasts is an accurate check on the meter's performance. Without a gauge or index mounted, the coasting time should not be less than 70 seconds. This method of checking assures that the meter is accurate within its recommended flow range.

The main rotor bearings are protected from line gas and the possible presence of foreign substances, such as pipe scale or sand particles, by a Teflon shield. Lubricating the main rotor bearings is done from the outside of the meter without stopping the gas flow.

O-rings are used as a pressure seal between the body and metering mechanism and to prevent condensation in the enclosed area housing the gear reduction train. The rotor and blades of the turbine are a precision molded Delrin one piece unit. The blades are flat and twisted to minimize deviations from straight line accuracy.

SPECIAL GASES

The Turbo Meter can be used to measure not only natural gas, but many other non-corrosive gases. When these special gases are encountered, particular care must be used in sizing the meter. These special applications should be referred to the factory.

Representantes Exclusivos
EQUIPOS Y SERVICIOS INDUSTRIALES, S. A.
EDIF. "LAS AMERICAS" TEL. 11-9[illegible]-80
APARTADO No. 20105 MEXICO, D. F.

SPECIFICATIONS

RANGEABILITY:
2300 to 30,000 cfh of 0.6 specific gravity gas.

ACCURACY:
Better than ±1.0 per cent within 13-to-1 flow range.*

FLANGES:
Designed to meet the Requirements of the American 125 lb. Standard (ASA B16.1) for cast iron flanges.

MAXIMUM WORKING PRESSURE:
125 psi.

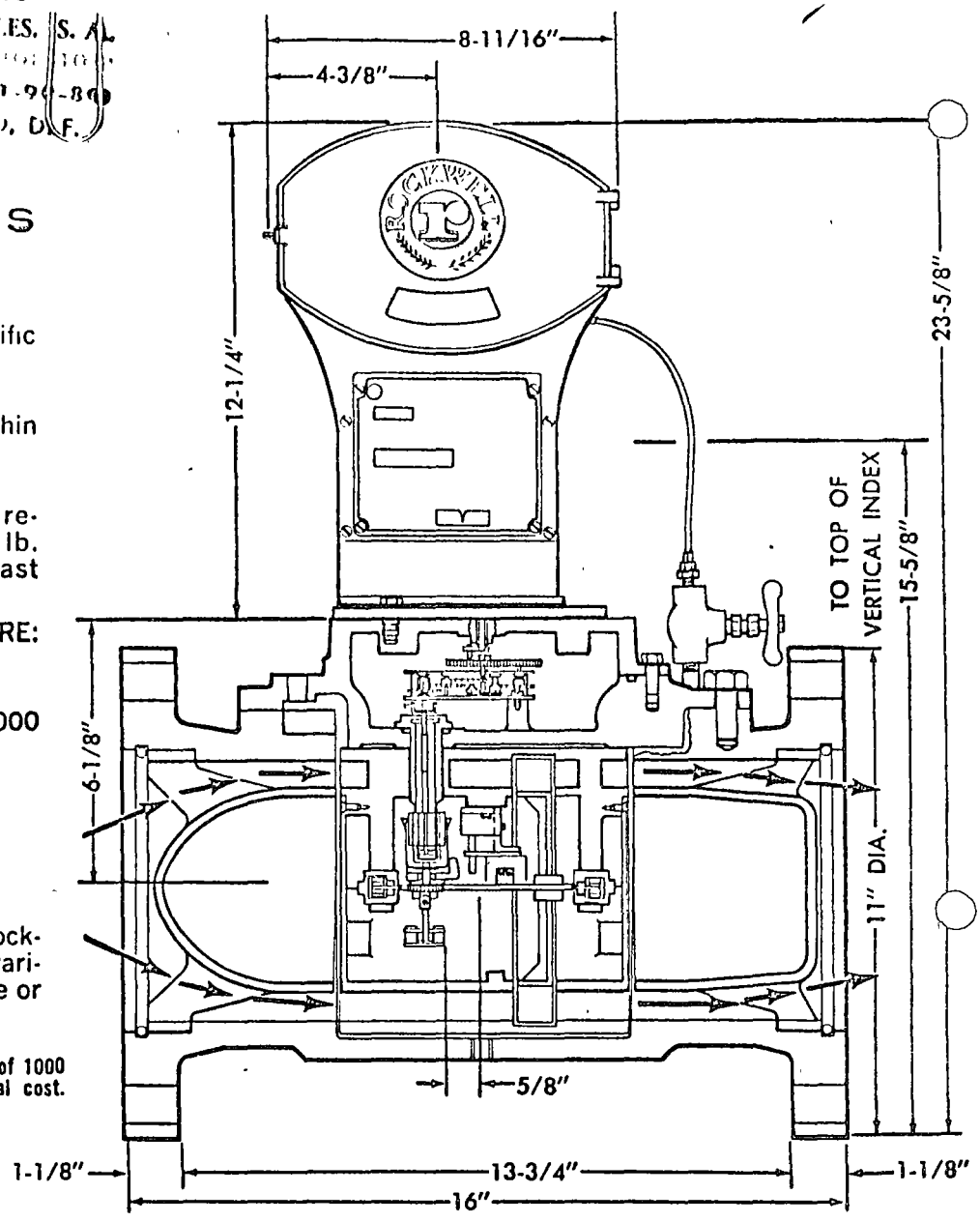
PRESSURE DROP:
2 in. WC across meter at 30,000 cfh.

LENGTH:
16 in. flange-to-flange faces.

WEIGHT:
Approximately 55 lb.

ACCESSORIES:
Meter is compatible with any Rockwell Instrument to correct for variations in pressure, temperature or both or with a standard index.

*A calibrated curve marked in increments of 1000 cubic feet can be supplied at additional cost.



When a Series "G" Turbo Meter is used in a cycling or on and off service, particular attention should be given to the frequency of the cycling condition. See Table, below, for recommended application under cycling loads.

A braking device to prevent over registration is our ultimate intention and when it becomes available, will be offered as optional equipment.

CYCLING LOAD DATA

SERIES "G" 6" TURBO-METER

Flow Rate (Dial Speed)	Operating Time	Percentage Error	Operating Time	Percentage Error	Operating Time	Percentage Error
30,000 cfh	12 min.	+1%	6 min.	+2%	3 min.	+3%
20,000 cfh	15 min.	+1%	7.5 min.	+2%	4 min.	+3%
15,000 cfh	17 min.	+1%	8.5 min.	+2%	4.5 min.	+3%
10,000 cfh	21 min.	+1%	10.5 min.	+2%	5.5 min.	+3%
5,000 cfh	27 min.	+1%	13.5 min.	+2%	7 min.	+3%
000 cfh	37 min.	+1%	18.5 min.	+2%	9.5 min.	+3%

EXAMPLE: Meter is operating at 10,000 cfh and flow cycles on and off every 10.5 min. You would expect an over

Accuracy is maintained within ±1% over 10 to 1 range load

A typical accuracy curve and the corresponding differential curve are shown in Figures 2 and 3. Regardless of meter size, all accuracy curves follow the same general characteristic, and the meter accuracy is maintained within plus or minus one percent from approximately 10% to 100% of rated capacity. The Rootsmeter is the only gas meter available for which a full range accuracy curve is offered.

A typical example of the effect of Rootsmeter accuracy for a 100 to 1 range load might be as follows: Assume a low pressure (4 oz.) gas load of 20,000 cfh for 8 hours/day, and an off-rate of 200 cfh for 16 hours/day.

Hours		cfh	= Actual cf	x Accuracy	= Measured cf
8	x	20,000	= 160,000	x 100%	= 160,000 cf
16	x	200	= 3,200	x 90%	= 2,880 cf

Daily Total = 163,200 cf consumed, 162,880 cf measured.

This means the total daily measurement, even with a 100 to 1 turndown load, is within 0.2% accuracy.

Meter curves based on air Sp Gr. 1.00 at atmospheric pressure and ambient temperature.

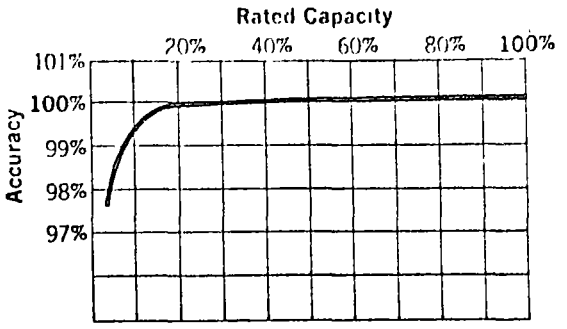


Figure 2—Typical accuracy curve—Rootsmeter.

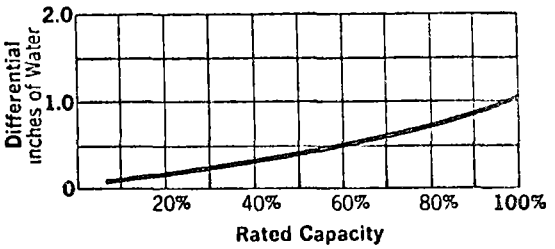


Figure 3—Typical differential curve—Rootsmeter.

ROOTSMETERS not restricted by pressure differential limit

The maximum capacity of a Rootsmeter, unlike a diaphragm meter, is not subject to differential pressure limitations.

In a diaphragm meter, the operating differential must be controlled to prevent rapid valve wear and stretching of diaphragms. Differential pressure will increase with increases in gas density and meter speed. In rating a diaphragm meter for elevated pressures, it then becomes necessary for the manufacturer to derate the meter speed or dial rate capacity to offset the effect of increased gas density and still remain within the differential pressure limitations. Likewise, for gases of specific gravities in excess of that used to prepare the standard rating tables, factors must be applied to further derate the meter's dial rate capacity.

The Rootsmeter capacities are based on maximum allowable impeller and gear speeds, which are translated to maximum displaced gas or dial ratings. The cast iron measuring chamber is not sensitive to whatever differential pressure exists. There are no points in the meter where wear would be accented by a high differential. Therefore, the maximum dial rate capacity is constant regardless of the flowing gas conditions. This results in the distinct advantage that a Rootsmeter is capable of handling proportionately larger volumes of gas than a diaphragm meter as pressure or specific gravity increases.

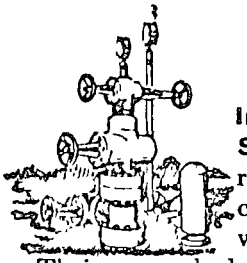


-tsmeter with instrument drive arrangement and base pressure
-tional load metering application. Unit demonstrates custom-

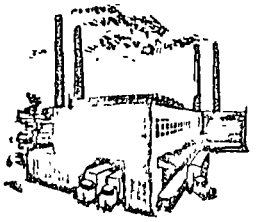
Rootsmeter Versatility

ON THE INDUSTRIAL, COMMERCIAL, INSTITUTIONAL AND

The unvarying accuracy and dependability of Rootsmeters, coupled with their new low cost, light weight, compactness and adaptability to almost any kind of instrumentation have helped to reduce costs in all types of applications.



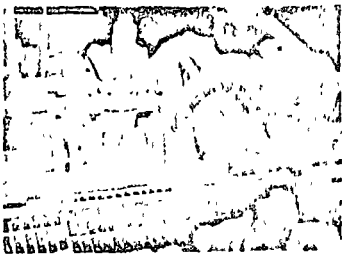
In Pipeline And Gas Distribution Systems, Rootsmeter accuracy reduces fractional errors which can develop into large amounts when big volumes are measured. Their rugged design and construction permits them to be frequently installed out of doors with no protection whatever.



For Industrial Plants Or Commercial Buildings, Rootsmeters provide the accuracy of measurement essential to good accounting practice and dependable cost figures. In industrial processing where exact measuring and proportioning is often vital, Rootsmeters with their virtual freedom from maintenance, reduce shutdowns to an absolute minimum and assure uninterrupted production.



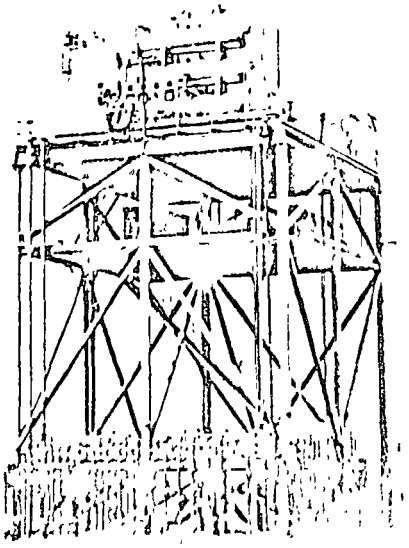
Two 3M125 Rootsmeters are used by Ohio Fuel Gas Company to measure locally produced gas.



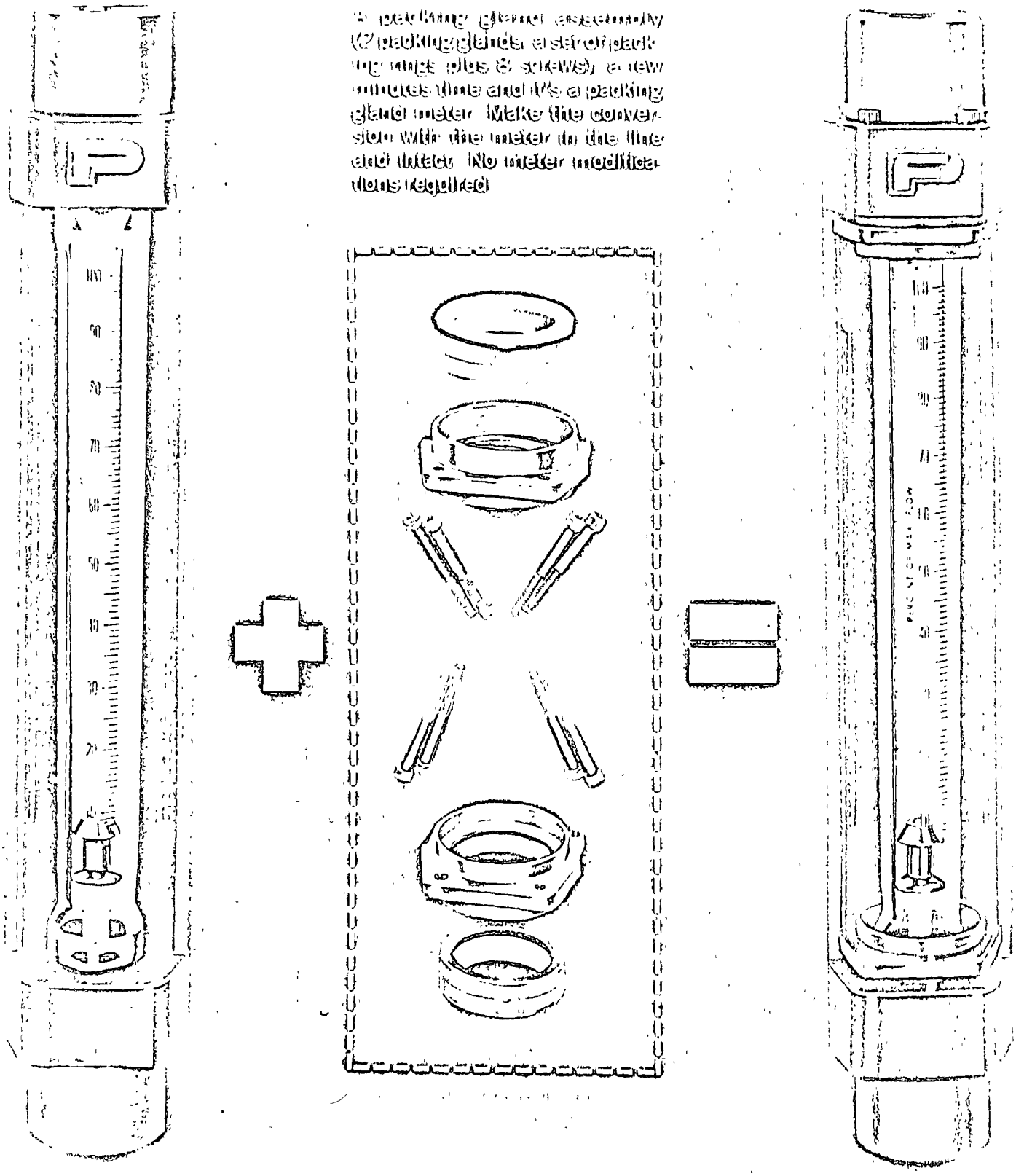
Model 3M125 meter i
stalled in well test servi
by Shell Oil Co at an o
shore Louisiana location.



Compactness and light weight led Southern California Gas Company to select a Line Mounted Rootsmeter for this limited access location in its field test program.

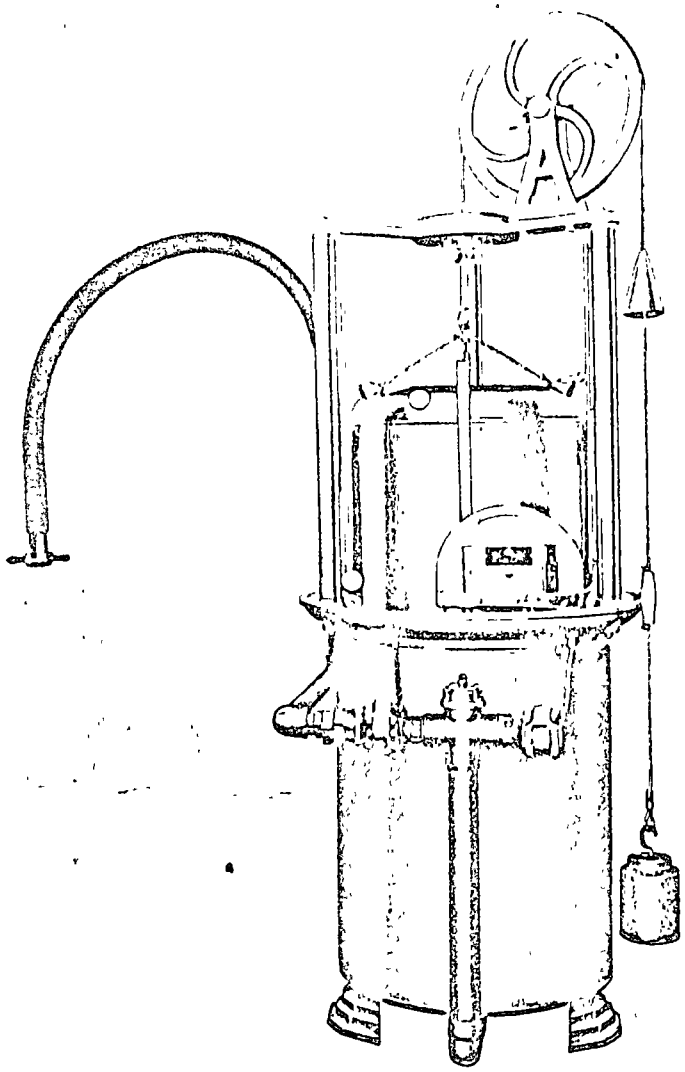


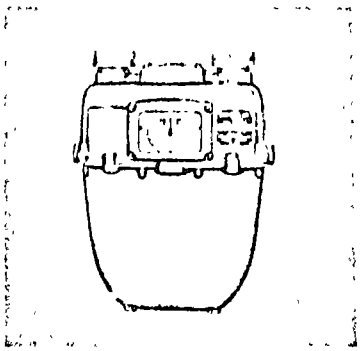
The basic meter easily converts from O-ring to packing gland seals



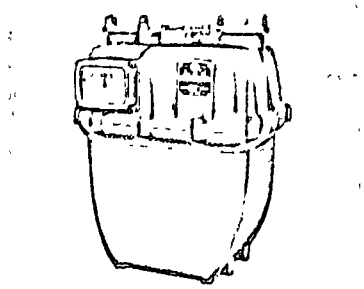
14

G 1003



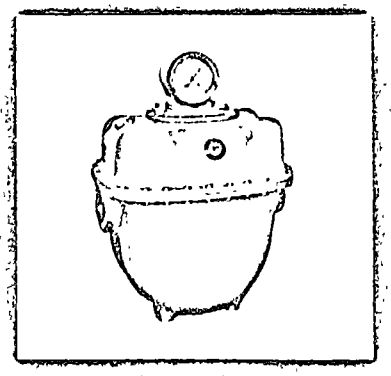


No. 250



No. 415

Rockwell GAS TESTING Equipment



No. 5000

BELL PROVERS

FLOW PROVERS

TEST METERS

ROCKWELL MANUFACTURING COMPANY

PITTSBURGH 8
PENNSYLVANIA

system pressure. This is the reason why wide volume turndown ratios are sometimes difficult to achieve.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{A_1}{A_2} \qquad (3)$$

The capacity of an orifice with a fixed pressure drop across it will vary directly as the change in area. Doubling the area of an orifice will increase the capacity exactly two times its original flow. Wider variations in heat input rates can be achieved by changing the area than by changing the pressure conditions, but this becomes a more difficult problem mechanically.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}} \qquad (4)$$

With a fixed area and a given pressure drop, a change in density of the gas flowing through the orifice will cause a change in capacity through the orifice inversely as the square root of the density change. An orifice with a capacity of 100 CFH of natural gas will have a flow through it under the same pressure drop conditions of only 65 CFH when supplied with propane.

Orifice size selection tables are based upon an average coefficient of discharge (K factor) of 0.85 and the capacities are given at various pressures and areas for 1.0 specific gravity gas. Correction factors for different specific gravities are usually listed. When two of the three variables of capacity, orifice area and pressure drop are known, it is a simple matter to determine the third from standard orifice tables.

AIR-GAS RATIOS

One of the principal design criteria for all industrial combustion systems is that a constant ratio of air and gas be maintained at the mixer outlet at all fuel input rates. The air to gas ratio is normally stated as a percentage of the theoretical air required for the gas. A 100% aerated mixture of natural gas would have approximately 10 cubic feet of air in the mixture for each cubic foot of gas. Likewise, an air to gas ratio of 100% for propane would include 25 cubic feet of air for each cubic foot of propane.

All mixers for industrial combustion systems are designed so that the percentage aeration will remain constant over the entire capacity range of the system. With a burner mixer system set for 80% mix on high fire, the system will hold the same 80% mix in a reduced quantity at low fire. Should the air to gas ratio not hold constant over the turndown range, the flame characteristics produced by the burner would obviously change. This condition is undesirable, except in a few specialized cases.

ORIFICES TO MEASURE FLOW

Since the capacity of a given size orifice is dependent upon the pressure drop across that orifice, controlling this pressure is the obvious means of controlling the capacity. On all mixer-burner systems there are a minimum of three orifices to produce satisfactory operation. These are an orifice to measure air flow, an orifice to measure gas flow, and an orifice to measure the flow of the mixture of the two.

Fig. 2 shows two separate orifices, each having a different flow and pressure drop, or $\triangle P$, across them. The linkage is shown to simplify the study of mixers. Its form and shape are of little importance here.

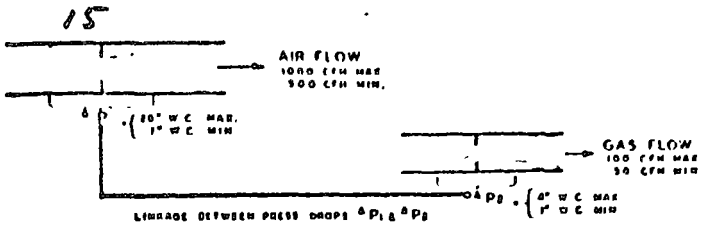


Fig. 2

The areas of the two orifices are sized to permit the flows and the pressure drops indicated. The function of the linkage is to force the pressure drop on the gas orifice ($\triangle P_2$) to change in direct proportion to the changes in the pressure drop across the air orifice ($\triangle P_1$). A reduction in the air pressure drop ($\triangle P_1$) from 28" to 7" w.c. (a 4 to 1 pressure change) will result in a reduction of air capacity of exactly 50%. The mechanical linkage automatically forces the pressure drop across the gas orifice ($\triangle P_2$) to change from 4" to 1" w.c. at the same time. This results in a change of gas flow of precisely 50%.

The range over which the linkage between the two pressure drops will hold true determines the range of true proportionality of flows. Under proper operating conditions the capacity range may exceed a 20 to 1 basis.

It is this change in the flow of one gas in direct proportion to the other that maintains a constant air to gas ratio over the turndown range of the combustion system. In like manner, with the mechanical linkage reversed, controlling the gas flow would automatically control the air flow in exactly the same proportions and would sustain the constancy of the aeration percentage.

Gas and air mixers on industrial combustion systems utilize the double orifice with linkage, to hold a constant air to gas ratio at all heat inputs.

It is obvious that a system could be constructed with constant pressure drops across both the gas and air orifices and the mechanical linkage arranged to change the areas of the two orifices in direct proportion. The flows of air and gas would be maintained in the correct relationship over the turndown range of the system, according to Formula #3. There are several gas-air mixing devices which utilize this principle of a change in area on both the gas and air orifices. On these systems, it is necessary to maintain a uniform pressure drop across both orifices to hold a constant aeration percentage.

VENTURI PRINCIPLES

The mechanical linkage requirement is the basis of the internal design characteristics of air-gas mixers. The linkage itself is actually stationary and is shown here as a movable piece only for purposes of explanation. It is part of the internal design of the mixer.

The flow through the orifice in Fig. 1 is indicated approximately by the dotted lines. To reduce the eddy currents at the approaches to the orifice and on the discharge side, the internal shape of gas-air mixers is set to conform with the normal flow pattern. This results in the best possible operating conditions.

The principles of operation of the mixing venturi apply to atmospheric systems, where the gas passes through the orifice at A_1 and entrains air and also in blast systems where air under pressure flows through the orifice and entrains gas. The operation of the venturi is most easily explained on a basis of the three principal pressures involved, ie: P_1, P_2 and P_3.

As noted earlier, with a flow through orifice A_1, there will be a pressure drop experienced from P_1 to P_3 and the pressure indicated at P_2 will always be less

QUEMADORES POR ING. ALVARO GARZA PEÑA

CONTENIDO

CAPITULO 1

FUNDAMENTOS DE LA COMBUSTION
Combustión - Definición - Capacidad de Aire
Aire Primario - Mecánica de Combustión - Temblores de la
Templamiento por Flama - Velocidades de Flama

CAPITULO 2

ORIFICIO Y OPERACION DE VENTURI
Principios del Orificio - Proporción Aire - Gas
Orificios para medir el flujo - Principios
Venturi

CAPITULO 3

MEZCLADORES ATMOSFERICOS
Mezcladores de Baja Presión - Tiro o aspiración y
Operación de Mezcladores Atmósfericos
Operación a Presión Media
Mezcladores de alta presión - Rango

CAPITULO 4

MEZCLADORES PROPORCIONALES
Sistemas de combustión de aire a baja presión
Reguladores Cero o atmósfericos - Instalaciones
Cámaras de combustión a presión - Otros
Mezcladores Proporcionales

CAPITULO 5

QUEMADORES, BOQUILLAS Y TOBERAS
Boquillas de Quemador y Combustión
Quemadores de Bocas Múltiples - Retención de Flama
Boquillas de sopletes - Baja Presión - Amplia
Variedad de Quemadores de soplete - Boquillas de soplete
Alta Presión - Quemadores de Tunel completamente cerrados

CAPITULO 6

QUEMADORES DE BOQUILLA MEZCLADORA
Quemadores de Flama Luminosa - Control

de Quemadores de Boquilla Mezcladora - Control del Balance de Presión - Quemadores duales de gas y diesel

CAPITULO 7

AIRE DE COMBUSTION

Turbo - Ventiladores - Inyectores de Aire Máquinas Mezcladores.

CAPITULO 1

FUNDAMENTOS DE COMBUSTION

Definición de Combustión

La combustión es la rápida oxidación de un combustible, de donde resulta escape de calor usable y una flama luminosa.

El carbón se une con el oxígeno para expedir calor y formar bioxido-carbono, un gas inerte.

$$C \quad O_2 = CO_2 \quad \text{Calor}$$

De la misma forma, el hidrógeno se une con el oxígeno para expedir calor y formar vapor de agua.

$$2\ H_2 \quad O_2 = 2\ H_2O \quad \text{calor}$$

Es importante notar que el combustible y el oxígeno se unen en proporciones fijas y muy definidas. Si juntamos exactamente las proporciones para combustión completa, decimos que tenemos una mezcla perfecta. Si no se proporciona suficiente combustible o suficiente oxígeno, la mezcla es rica y el fuego se reduce. Esto resulta en una flama que tiende a ser larga, amarilla y probablemente humosa. Se conoce como combustión incompleta porque aunque algunas de las partículas de combustible proporcionan suficiente oxígeno y otras partículas no, ocurre una combustión parcial formando monoxido de carbón.

$$2\ C \quad O_2 = 2\ H_2O \quad \text{Calor}$$

La cantidad de calor es menos cuando esta reacción ocurre y forma el monoxido de carbono (CO) que es toxico, en vez de bioxido-carbono que no es dañino (CO^2)
La combustión incompleta o reducida algunas veces se requiere para tratamiento de calor industrial, pero debe evitarse en cualquier otro caso.

Si se abastece mucho oxígeno, la mezcla es pobre y el fuego es oxidante. Esto resulta en una llama corta-clara. El exceso de oxígeno y todo el nitrogeno no - toman parte en la reacción de la combustión, simplemente la acompañasn.. - Ellos absorben algo de calor, sin embargo, de esta forma la energía del calor se

gía del calor se diluye más a través de un mayor volumen de gases.

GASES COMBUSTIBLES COMERCIALES

Estos gases tienen características variables, dependiendo de la composición individual de las mezclas. Dentro de los límites prácticos del diseño de equipo de combustión industrial, los valores promedios mostrados en la tabla se usan para fines de cálculos.

El gas natural variará en valor BTU de 950 BTU/CUFT a 1100 BTU/CUFT, dependiendo del campo de gas determinado del cual proviene.

QUIMICA DE LA COMBUSTION

Para simplificación en la siguiente discusión, se asume que el gas natural contiene solamente metano. El metano se quema como sigue:

$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O + Calor$$

Metano + Oxígeno = Bioxido de carbono + Vapor de Agua + Calor

Puesto que los reaccionantes y los productos están en estado de vapor podría manifestarse que un pie cúbico de metano (gas natural) requiere dos pies cúbicos de oxígeno para la combustión completa y producirá un pie cúbico de bioxido de carbono y dos pies cúbicos de vapor de agua en los productos de la combustión.

Reacciones de oxígeno puro y metano puro se utilizan en algunas aplicaciones de calentamiento extremadamente alto, tales como corte por flama. Sin embargo, la mayoría de las instalaciones industriales de combustión usan el aire como medio para introducir el oxígeno. Dentro de los límites prácticos de diseño, podemos considerar que el aire esté compuesto de: 20% oxígeno y 80% nitrogeno. Por lo tanto para los dos pies cúbicos de oxígeno requeridos por cada pie cúbico de metano, se deben abastecer diez pies cúbicos de aire.

$$10\ AIR = 2O_2 + 8N_2$$

La reacción de combustión para metano y aire puede describirse:

$$CH_4 + 2O_2 + 8N_2 = CO_2 + 2H_2O + 8N_2 + Calor$$

Las moléculas de nitrogeno son inertes y no tienen función en la reacción química, sin embargo absorben algo del calor producido.

Se observa entonces que se requieren diez pies cúbicos de aire para quemar completamente un pie cúbico de gas natural.

El examen de la reacción de combustión para propano es:

$$C_3H_8 + 5O_2 + 20N_2 = 3CO_2 + 4H_2O + 20N_2 + Calor$$

Esto expresa que un pie cúbico de propano requiere veinticinco pies cúbicos de aire para la combustión completa.

De las reacciones químicas de metano y propano arriba mencionadas, se ve que 1000 BTU, o un pie cúbico de gas natural requiere diez pies cúbicos de aire y un pie cúbico de propano, ó 2500 BTU requiere veinticinco pies cúbicos de aire.

Este requerimiento de diez pies cúbicos de aire para cada 1000 BTU se entiende como correcto para todos los gases de combustible comercial. Dentro de los límites razonables, hay un requerimiento de diez pies cúbicos de aire por cada 1000 BTU de casi todos los combustibles, ya sean sólidos, líquidos o gas.

CAPACIDAD DE AIRE DE SISTEMAS DE COMBUSTION

Todos los sistemas de combustión y particularmente los sistemas industriales, están diseñados sobre su capacidad de manejo de aire. El límite de consumo de combustible es límitado básicamente por el aire que puede añadirse a un sistema. Mientras que las capacidades de catálogo son generalmente listadas en miles de BTU por hora, la consideración del diseño del mezclador o quemador está basada en que tanto aire manejará.

Con un requerimiento de cantidad de aire de diez pies cúbicos por cada 1000 BTU/hora, no importando la clase de gas, los sistemas de combustión industrial están fácilmente diseñados como unidades universales.

Una vez que el sistema ha sido establecido con la cantidad correcta de aire, ninguno de los gases comerciales combustibles producirá la misma expedición total de calor bajo condiciones perfectas de combustión, cuando el instrumento de calibración de gas esté acondicionado para el flujo propio. El único cambio requerido al cambiar de un tipo de combustible a otro sobre un sistema diseñado propiamente, es un cambio en el flujo de gas para acomodar los diferentes valores BTU (por pie cúbico) de los diversos gases.

Por ejemplo, con un sistema cuyo requerimiento sea 1,000,000 BTU/hora, su consumo total de combustible, deberá proveerse ese sistema con 10,000 pies cúbicos por hora de aire. Si el aire es insuficiente se tendrá reducción de flama.

Consideremos un sistema operando con 10,000 pies cúbicos en una hora de aire y 1,000 pies cúbicos en una hora de consumo de combustible gas natural, trabajando satisfactoriamente. Por medio de un cambio en el proceso, el requerimiento de consumo de combustible aumenta a 1,200 pies cúbicos en una hora de gas natural. Este cambio puede fácilmente hacerse en casi cualquier sistema aumentando el flujo de gas. Sin embargo, si el flujo de gas es aumentado sin alguna previsión de aire adicional, los adicionales 200 pies cúbicos por hora se desperdiciarán ya que no pueden quemarse. La única forma de aumentar el consumo de combustible al proceso es aumentar el aire y el gas al mismo tiempo.

AIRE PRIMARIO

Muchos sistemas de combustión mezclan menos que la cantidad teórica de aire requerido con el gas antes de que se empiece la combustión. El saldo del aire requerido sobre el sistema es mezclado después del punto de ignición. La cantidad de aire mezclado con el gas antes de la ignición se conoce como aire primario. El aire mezclado después que empieza la ignición es conocido como aire secundario.

La cantidad de aire primario en la mezcla es normalmente expresado como un porcentaje del aire total teórico requerido (aeración). Por ejemplo, una mezcla del aire primario de 80% con gas natural tendría ocho pies cúbicos de aire mezclado con cada pie cúbico de gas natural antes de la ignición. Como se expresó anteriormente, el saldo o dos pies cúbicos de aire por pie cúbico de gas natural serían mezclados con la flama como aire secundario.

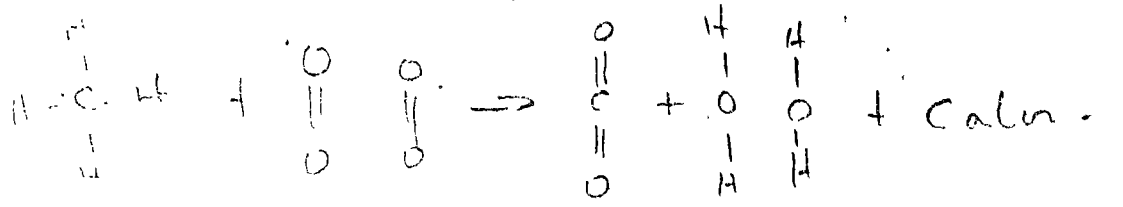
Como regla general, el porcentaje de aeración primario determinará muchas de las características de flama producida. Tan menor sea el porcentaje de aire primario tan larga y suave será la flama.

MECANICAS DE COMBUSTION

Las ecuaciones químicas indicadas para gas natural y aire expresan las cantidades de reacciones sucedidas y productos de combustión obtenidos, pero no indican como proceden las reacciones.

Las moléculas gaseosas están siempre en un estado de movimiento constante. La velocidad de movimiento de moléculas individuales depende directamente de la temperatura de la molécula. Entre más alta sea la temperatura, más rápido se mueve cada molécula contrariamente, entre más baja sea la temperatura se mueven más despacio.

En una mezcla perfecta de oxígeno y gas natural o metano, habrá dos moléculas de oxígeno para cada molécula de metano presentes. El metano contiene los cuatro átomos de hidrogeno ligados por una conexión química al átomo de carbono.



Las moléculas de oxígeno están doblemente conectadas, conteniendo dos átomos de oxígeno por molécula. Si la combustión sucede, es obviamente necesario para los átomos de hidrogeno que sean desligados de los átomos de carbono y oxígeno para que sean separados y re-arreglados.

La ruptura de los átomos de metano y oxígeno ocurre como resultado de las colisiones entre estas moléculas. A temperatura ambiente, las colisiones entre las moléculas de metano y oxígeno no tienen la fuerza suficiente para que cau sen esta rotura.

Como la temperatura de una mezcla de oxígeno-metano aumenta lentamente, el calentamiento agregado imparte más energía a las moléculas y aumenta la velocidad de su movimiento. Cuando se ha llegado a una temperatura aproximada de 1200°, se ha impartido suficiente energía a las moléculas de modo que cuando sea el choque, la rotura de las moléculas empieza. Bajo esta temperatura la oxidación de las moléculas es imposible. Después de que se ha llegado al punto de 1200°, los átomos están liberados para unirse al oxígeno, iniciándo

se la combustión. La reacción química de unir oxígeno al carbono e hidrogeno produce flama y calor aprovechable.

Una vez que la temperatura de un grupo de moléculas de oxígeno y metano ha alcanzado el punto de 1200° y ha empezado la reacción de combustión, el calentamiento de esta reacción es radiado uniformemente en todas las direcciones. Este calentamiento aumentará rápidamente la temperatura de las moléculas adyacentes muy arriba del punto de encendido (combustión) y ellas a su vez pueden reaccionar y generar calor utilizable. La reacción de la combustión es una reacción en cadena de pasos prudentes de un grupo de moléculas a la siguiente, cada una a su vez aumentando la temperatura de moléculas adyacentes arriba del punto de combustión. La velocidad a la cual esto ocurre determina la velocidad de flama de una mezcla.

La cantidad de calor producido en una reacción de combustiónde gas natural es suficiente para producir temperaturas de flama de apróximadamente 5150°F.

Excepto algunas instalaciones especializadas, el origen del oxígeno, como se expresó anteriormente, es normalmente el aire. El nitrogeno contenido en el aire absorberá el calor durante la reacción de combustión. Esta absorción de calor por el nitrogeno disminuye el porcentaje de calentamiento de las moléculas de combustible adyacentes y consecuentemente disminuye la velocidad de la combustión. El nitrogeno es un diluyente de la reacción de combustión.

La máxima temperatura de la flama teórica obtenible, con gas natural y aire es aproximadamente 3500°F. Las máximas temperaturas actuales de operación en hornos prácticos están limitadas a apróximadamente 3300°F. La radiación de las flamas y otras pérdidas impide la llegada a las temperaturas teóricas de la flama.

Se pueden producir flamas de temperatura mayor por el enriquecimiento del aire con oxígeno. Esto tiene el efecto de reducir el porcentaje de nitrogeno y consecuentemente el efecto diluyente.

Se pueden obtener también mayores temperaturas de la flama por el pre-calentamiento del aire ó el aire y gas de modo que la menor parte de la energía de calentamiento de la combustión se utilice para elevar la temperatura de moléculas adyacentes. Por ejemplo, el precalentamiento del aire de una mezcla natural de gas-aire 500°, elevará las temperaturas de la flama apróximadamente a 200°F.

DISMINUCION O APAGAMIENTO DE FLAMA

La investigación científica de las mecánicas de combustión indica que la reacción pasa a través de diversas etapas intermedias antes de llegar a la final de los productos de combustión de bioxido de carbono y vapor de agua. Algunas de las etapas intermedias son aldehídos de alto orden y monoxido de carbono. Durante el choque molecular reacción en cadena - oxidación - expedición de calor, estos intermediarios son producidos y rápidamente consumidos con moléculas de oxígeno que se combinan con las moléculas de gas combustible.

Una vez que se ha iniciado, la reacción de la combustión debe mantenerse

mente 1200°F. Si en cualquier tiempo la flama del frente se quema a través de una mezcla y su temperatura se reduce bajo el punto de combustión, la flama se extinguirá.

Si inadvertidamente se admitiera un medio refrigerante o enfriante a una flama, este medio absorberá algo del calentamiento de la reacción. Si el refrigerador absorbiera el calentamiento bastante rápido de modo que las moléculas adyacentes no lleguen al punto de 1200°, la llama se extinguirá. Esto ocurrirá aun cuando esté presente una mezcla perfecta de gas y aire.

En la práctica actual, el enfriamiento por inmersión o interrupción de flama es una posibilidad en los procesos industriales de baja temperatura. En una instalación donde se usan los quemadores para calentar aire directamente mezclando los productos de combustión caliente con el aire re-circulado, el aire en si podría ser el medio enfriador. Las flamas largas, sin protección de un quemador, encendiéndose a una alta velocidad de corriente de aire, permitirá al aire atacar las orillas de la flama y enfriar esta área de la flama aun cuando la combustión a una distancia muy corta esta progresando a temperatura de 2,000°a 3,000°.

La interrupción o enfriamiento por inmersión por medio de enfriamiento puede detener la combustión en cualquier etapa de la reacción. Bajo estas condiciones se forman típicos olores aldehídos. Cuando ocurran estas condiciones anormales, inmediatamente se debe tomar una acción correctiva para determinar la causa del enfriamiento por inmersión y asegurar su prevensión.

VELOCIDADES DE LA FLAMA

En mezclas 100% aereadas, todo el oxígeno requerido para la combustión está íntimamente mezclado con el combustible de gas y la mezcla está completamente lista para quemarse tan pronto como se presente un medio de encendido. Esta mezcla tendrá la velocidad de flama más rápida posible y consecuentemente la más corta longitud de flama. Las mezclas ricas que requieran aire secundario deben tener necesariamente longitudes más largas de flama ya que requiere tiempo el aire secundario para mezclarse con los gases encendidos.

Entre más rica sea la mezcla (aeración primaria más baja) más aire debe mezclarse como secundario y más larga será la longitud de las flamas, se tendrán velocidades más lentas de combustión. Bajo condiciones dadas, entre más rápida sea la admisión del aire secundario se mezcla a mayor velocidad con los gases quemantes y mayor será la velocidad de la flama.

CAPITULO 2

OPERACION, ORIFICIO Y VENTURI

Quemador.- Es un aparato que forma una mezcla aire, gas u oxígeno, gas que separadamente introduce gas y aire en el lugar de combustión, transformando esta mezcla en calor aproximable para una determinada necesidad. Todos los sistemas industriales de combustión de gas está compuestos de tres partes principales. El mezclador en esa sección del sistema que mezcla el gas y el aire en las proporciones requeridas y entrega la mezcla a alguna presión al sistema de quemador. Los quemadores son aquella porción del sistema en la cual el encendido de la flama comienza y del cual procede la flama

La tercera fase de un sistema de combustión son los controles. En este grupo están incluídos, equipo de detección de flama, así como todas las clases de controles de consumo de combustible manuales ó automáticos.

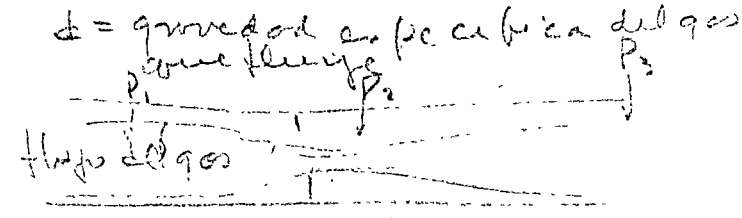
OPERACION DEL ORIFICIO

El diseño de todos los mezcladores y quemadores está basado en las características fundamentales de flujo por medio de un orificio. Un orificio es una restricción que causa una baja de presión cuando un gas fluye a través de él. Esta definición está manifestada en términos generales. No se necesita que el orificio sea redondo, en lo que pensaríamos normalmente, pero puede ser de cualquier medida o forma.

Para efectos prácticos en sistemas de combustión a baja presión a través de presiones de 5 psig, el flujo a través del orificio puede expresarse simplemente como sigue:

$$Q = 1650 \cdot K \cdot A \sqrt{\frac{\Delta P}{d}} \qquad -(1)$$

Q = flujo en pies³/h
K = coeficiente de descarga
A = área en pulgadas en plg²
ΔP = caída de presión en plg de agua
d = gravedad específica del gas



La baja de presión a través del orificio es la diferencia de presión entre P1 y P3, indicada en la figura 1. El factor K es una medida de la eficiencia del orificio al compararse con una unidad teórica sin fricción.

Tendrá valores que varían de .4 a 1.3 dependiendo de los ángulos de la forma y aproximación. Los orificios de gas bien diseñados sobre mezcladores atmósfericos tendrán valores de .8 a .85

El flujo a través de un orificio de clase dada depende del área de restricción del orificio, la caída de presión para las presiones localizadas en P1 y P3 y la gravedad específica del gas. Es evidente que en el flujo, P3 será siempre menor que P1. La presión indicada como P2 es en el diámetro más angosto de la corriente de gas, conocida como la vena contracta. Bajo condiciones de flujo, esta presión siempre será menor que P1 o P3.

Hay varias relaciones importantes que se derivan de la fórmula del orificio.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{\Delta P_1}{\Delta P_2}} \qquad -(2)$$

El flujo a través de un orificio de una medida dada varía como la raíz cuadrada del cambio de la caída de presión. Esto significa que un cambio en la caída de presión de 25 pulgadas a 1 pulgada de columna de agua resultará en una capacidad de 1/5 de la capacidad original a la más alta presión. Un rango de capacidad de 10 a 1 en un sistema de combustión, requiere un cambio de 100 a 1 en un sistema de presión. Esta es la razón por la cual las proporciones del rango de amplio volumen son a veces difíciles de obtener.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{A_1}{A_2} \qquad \text{---- (3)}$$

La capacidad de un orificio con una caída de presión fija a través variará directamente como el cambio en el área. Doblando el área de un orificio aumentará la capacidad exactamente dos veces de su flujo original. Mayores variaciones en la capacidad calorífica pueden obtenerse cambiando mejor el área, que cambiando las condiciones de presión, pero esto viene a ser un problema mecánicamente más difícil. $\frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}}$ ---- (4)

Con una área fija y una baja de presión dada, un cambio en la densidad del gas que fluye a través del orificio causará un cambio en la capacidad a través del orificio inversamente como la raíz cuadrada del cambio de densidad. Un orificio con una capacidad de 100 CFH de gas natural tendrá un flujo a través de él bajo las mismas condiciones de baja de presión de solamente 65 CFH cuando se use con propano.

Las tablas de selección de medidas de orificios están basadas en el coeficiente promedio de descarga (factor K) de 0.85 y se dan las capacidades a diversas presiones y áreas para gravedad de gas específica de 1.0 Los facotres de corección para diferentes gravedades específicas se listan usualmente. Cuando dos de las variables de capacidad, área del orificio y caída de presión se conozcan, es un asunto simple determinar el tercero de las tablas de orificio-tipo.

PROPORCIONES AIRE-GAS

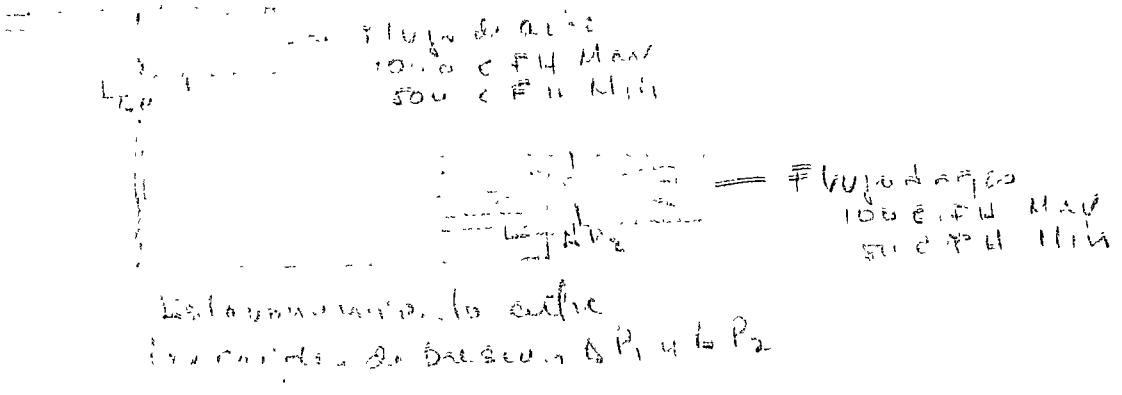
Uno de los principales criterios de diseño para todos los sistemas de combustión industrial es que una proporción constante de aire y gas deben mantenerse a la salida del mezclador en todas las proporciones de consumo de combustible. La proporción aire-gas se expresa normalmente como un porcentaje del aire teórico requerido para el gas. Una mezcla 100% aereada de gas natural tendrá aproximadamente 10 pies cúbicos de aire en la mezcla para cada pie cúbico de gas. En la misma forma, una proporción de aire-gas de 100% para propano incluiría 25 pies cúbicos de aire para cada pie cúbico de propano.

Todos los mezcladores para sistemas de combustión industrial están diseñados de modo que el porcentaje de aeración permanecerá constante sobre los límites completos de capacidad del sistema. Con un sistema de mezclador-quemador establecido para mezcla de 80% sobre fuego alto, el sistema sostendrá la misma mezcla de 80% en una cantidad reducida a fuego bajo. Si la proporción aire-gas no se sostiene constante sobre el rango límite, las características de la flama producida por el quemador obviamente cambiarían. Esta condición es indeseable, excepto en algunos casos especializados.

ORIFICIOS PARA MEDIR EL FLUJO

Puesto que la capacidad de un orificio de medida dada depende de la baja de presión a través de ese orificio, controlando esta presión es el medio obvio de controlar la capacidad. En todos los sistemas mezclador-quemador hay un mínimo de 3 orificios para que produzcan la operación satisfactoriamente. Hay un orificio para medir el flujo de aire, un orificio para medir el flujo de gas, y un orificio para medir el flujo de la mezcla de los dos.

La figura 2 muestra dos orificios separados, cada uno teniendo un flujo diferente y una baja de presión, o P, a través de ellos. La unión se muestra para simplificar el estudio de los mezcladores. Su forma y medida son de poca importancia aquí.



La áreas de los dos orificios son medidas para permitir los flujos y las caídas de presión indicadas. La función de la unión es para forzar la baja de presión sobre el orificio de gas (P2) para cambiar en proporción directa a los cambios en la baja de presión a través del orificio de aire (P1). Una reducción en la de presión de aire (P1) de 28" a 7" W.C. (un cambio en presión de 4" a 1") resultará en una reducción de capacidad de aire de exactamente 50%. La unión mecánica automáticamente forza la baja de presión a través del orificio de gas (P2) para cambiar de 4" a 1" W.C. al mismo tiempo. Esto resulta en un cambio de flujo de gas precisamente 50%.

El rango sobre el cual el eslabonamiento entre las dos caídas de presión se mantenga alineado, determina el rango de la correcta proporcionalidad de los flujos. Bajo condiciones propias de operación el rango de capacidad puede exceder la base de 20 a 1

Este es el cambio en el flujo de un gas en proporción directa al otro que mantiene una relación constante aire-gas sobre el rango del sistema de combustión. En la misma manera, con la unión mecánica inversa controlando el flujo de gas automáticamente controlaría el flujo de aire en exactamente las mismas proporciones y sostendría la constancia del porcentaje de aeración.

Los mezcladores de gas y aire en sistemas de combustión industrial usan el principio doble con unión, para sostener una constante proporción aire-gas a todas las salidas de calor.

Se sabe que un sistema podría ser construido con caídas constantes de presión a través de los orificios de gas y aire y la unión mecánica arreglada para cambiar las áreas de los dos orificios en proporción directa. Los flujos de aire y gas serán mantenidos en la relación correcta en el rango del sistema de acuerdo a la fórmula 3. Hay varios instrumentos de mezcla gas-aire que usan este principio de un cambio en área en los dos orificios de gas y aire. En estos casos, es necesario mantener una caída de presión uniforme a través de ambos orificios para sostener un porcentaje constante de aeración.

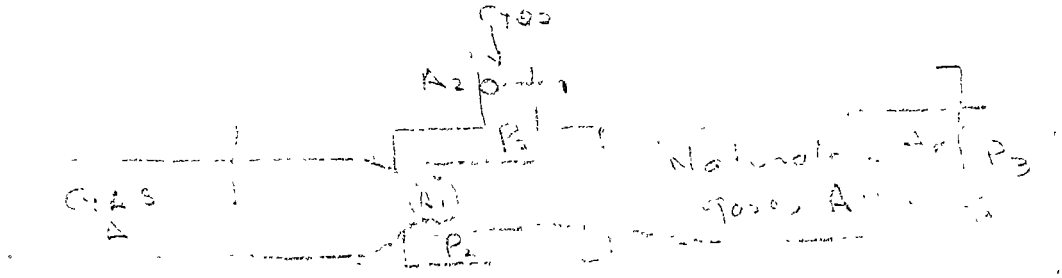
PRINCIPIOS VENTURI

El requerimiento mecánico de elaboramiento es la base de las características internas de diseño de mezcladores de aire-gas. La unión en sí es actualmente estacionario y se muestra aquí una pieza movible solamente para propósitos de explicación. Es parte del diseño interno del mezclador.

El flujo a través del orificio en la figura 1 está indicada aproximadamente por las líneas punteadas. Para reducir las turbulencias en las aproximaciones al orificio y sobre el lado de descarga la forma interna de mezcladores aire-gas está establecida para asemejar el patrón de flujo normal. Esto resultará las mejores condiciones posibles de operación.

Los principios de operación del mezclador venturi se aplican a sistemas atmosféricos, donde el gas pasa a través del orificio en A1 e introduce el aire y también en sistemas de ráfaga donde el aire bajo presión fluye a través del orificio introduciendo gas. La operación del venturi es explicada más sencillamente sobre la base de las tres principales presiones relacionadas, P1, P2 y P3.

Como se observó anteriormente, con un flujo a través del orificio A1, habrá una baja de presión experimentada de P1 a P3 y la presión indicada en P2 será siempre menor que cualquiera de éstas. La forma del venturi y la baja de presión de P1 a P3 determina la presión a P2. Para mezcladores de gas-aire, estas condiciones están establecidas de modo que la presión en P2 sea siempre negativa, esto es siempre menor que la atmosférica. Los cambios en las tres presiones del sistema gobiernan su operación. NOTA: La válvula mostrada en la salida de la mezcla es para fines de explicación y no está permitida en la mayoría de los sistemas normales de mezcladores.



Con una área fija A3 y la válvula de "Gas A" entrada totalmente abierta, habrá un flujo máximo a través del orificio A1, que resultará en alguna presión en P3 y una presión negativa en P2. La tabla lista los cambios en estas tres presiones cuando la válvula, en Gas A está extrangulada. Se notará que las tres presiones cambian en proporción directa a los cambios en P1.

TABLA 1

P_1	P_2	P_3
28" w. c.	-4" w. c.	10" w. c.
14" w. c.	-2" w. c.	5" w. c.
7" w. c.	-1" w. c.	2.5" w. c.
3.5" w. c.	-.5" w. c.	1.25" w. c.

Con la presión interior de Gas B en el orificio A2, la presión manómetrica precisamente en zero o presión atmósferica, la caída de presión a través del orificio A2 es la presión negativa en P2. En la tabulación mostrada arriba, la caída de presión a través de A2 a una presión P1 de 28" es 4" w. c. Los dos orificios en A1 y A2 así experimentaran bajas de presión directamente proporcionales con cambios solamente en la presión P1. Los cambios en estas dos bajas de presión con cambios en la presión P1 están tabulados en la Tabla II.

Tabla II

Con la caída de presión a través de los dos orificios directamente proporcionales el uno al otro, la fórmula del orificio demanda que los flujos a través de estos dos orificios también sean proporcionales. (fórmula 2) Con los flujos originalmente establecidos, como se indica de 1000 a 100 para gases A y B respectivamente, la reducción de flujos con cambios en la presión P1 solamente, indican que la proporción 10 a 1 se mantiene.

La unión mecánica, discutida arriba, está evidenciada aquí. Esta unión está establecida por la forma y diseño internos del mezclador y la posición correcta de los dos orificios A1 y A2.

En sistemas de combustión usuales, la presión de Gas B a la entrada al orificio A2 se mantiene en atmosférica por dos medios. En sistemas de combustión a baja presión ó ráfaga, se usa un regulador Zero o atmosférico para reducir la presión de gas entrante a una presión manometrica de cero y en sistemas de quemador atmosférico con flujo de gas a través del orificio A1 y el estrangulador de aire primario del Inspirador siendo el orificio en A2, el aire que sobra al mezclador está obviamente a presión atmosférica.

Una investigación de posibles condiciones de presión sin balancear a P1, P2 y P3 mostrará más adelante los principios del venturi. Los cambios en el área en A3,

bajo condiciones fijas de la presión en P1 y las áreas en A1 y A2 originará cambios en la presión P3. Cualquier cambio en la presión P3 que no resulte de un cambio de presión P1 modificará la caída de presión de P1 a P3. Como se expresó anteriormente, ésta es la caída de presión que establece la condición negativa en P2. Reduciendo la baja de presión de P1 a P3 reducirá la presión negativa en P2 y recíprocamente aumentando la caída de presión de P1 a P3 aumentará la magnitud de la presión negativa en P2. La tabla III indica los cambios que ocurrirán en las presiones, en P2 y P3, cuando la válvula en P3 esté cerrándose lentamente para reducir el área total efectiva en A3. Los cambios en presión mostrados no son exáctamente aquellos que podrían encontrarse en un sistema práctico de mezclador. La importancia de la tabla es un reconocimiento de la tendencia del cambio en presiones que pueden efectuar el cambio recíprocamente. Debe notarse que los cambios de presión de P2 con presiones variables P3 no son proporcionales a los cambios en P3.

Tabla III

Cuando la presión P3 ha aumentado arriba del punto crítico, la presión en P2 oscilará positivo. Bajo estas condiciones, el gas fluyendo originalmente a través del orificio A1 actualmente se le forzara a salir a través del orificio A2.

En sistemas de ráfaga ó premezcla donde el aire está fluyendo a través del orificio A1, esta condición podría originar que el aire entrará en la línea de gas hasta el regulador de presión atmosférica o Zero. Estos reguladores pasan flujo en una sola dirección y esta presión inversa en P2 causará que el regulador se cierre e impida el flujo de aire, al sistema de distribución. Prevendrá también el flujo de cualquier gas al mezclador.

Estando abierta la válvula en A3 la presión en P3 bajará y aumentará la presión negativa en P2. Lo anterior se muestra en la tabla IV

Tabla IV

P1 P2 P3 A3 Area

Aquí otra vez la magnitud de los cambios de presión es aproximada y el fenómeno importante es la tendencia de estos cambios en presión.

Se experimentará un cambio similar en condiciones de presión de un venturí con cambios en el área A1. Con condiciones fijas de presión interior de Gas A en P1 y presiones atmosféricas a la entrada de Gas B y un área fija en A3, aumentando el área del orificio A1, la presión P3 aumentará automáticamente. El flujo aumentado a través del orificio, trabajando contra el área constante en A3, causa este aumento. Cualquier cambio en la presión P3 se refleja inmediatamente en la presión negativa en P2.

Si el área A1 se abre lo suficiente para aumentar la presión P3 abajo de los límites prácticos, la presión en P2 oscilará en una dirección positiva. Las condiciones de operación serían exactamente las mismas como las del área A3 fueran cerradas las condiciones fijas del área A1. De la misma forma reduciendo el área a A1 bajo su condición inicial bajará la presión P3 y aumentará automáticamente la magnitud de la presión negativa a P2.

Hay un orificio de medida óptima en A1, para un área dada en A3 que producirá las mayores presiones P3 posibles, consiste de condiciones de presión satisfactorias negativas en P2. Operando en las condiciones de presión más cercanas al máximo de P3 con las mínimas negativas en P2, presenta problemas, sin embargo, ya que un cambio mínimo en el área en A3 debido a una posible acumulación de basura afectaría contrariamente el flujo de gas a través del orificio A2 y se experimentarían cambios rápidos en la proporción aire a gas.

Los fabricantes de mezcladores de aire a baja presión estipulan una presión máxima de mezcla en P3 para una presión dada interior P1. Estas presiones máximas en P3 han sido determinadas para dar presiones negativas razonables en P2 por largos períodos de tiempo y estas presiones máximas listadas no deben excederse. Los sistemas atmosféricos de mezcladores están invariablemente medidas por el fabricante para que coincidan con una área dada de quemador (que es equivalente al área A3, y se venden generalmente en juegos completos).
Los quemadores de anillo, quemadores de tubo y quemadores de soplete de una boquilla son muestras de este tipo.

Las áreas del quemador están premedidas sobre estos sistemas para proporcionar las óptimas condiciones de operación.

CAPITULO 3

MEZCLADORES ATMOSFERICOS

MEZCLADORES ATMOSFERICOS A BAJA PRESION

Los mezcladores atmosféricos o inyectores utilizan la energía a una presión P1 del gas combustible atomizándolo a través del orificio A1 para arrastre de aire atmosférico a través de la abertura de aire. La mezcla se entrega a la cabeza del quemador a presiones extremadamente bajas. Casi toda la energía de la corriente en P1 es utilizada para producir la presión negativa en P2 e inspirar aire atmosférico. Muy poca presión inicial esté disponible para producir presión de mezcla en P3. Mientras que los niveles de presión sean bastante di-

ferentes de aquellos expresados bajo el párrafo de la operación Venturi, la teoría de la operación es idéntica.

Con la presión de admisión de gas de 6" W.C. en P1, las presiones P3 serán menores que 0.10" y la presión negativa en P2 considerablemente menor que ésta. Aunque estos bajos niveles de presión son difíciles de medir, la observación de los flujos de aire a través del orificio cilíndrico en A2 prueban que hay un punto de presión negativa aquí. Los inyectores de baja presión son operados con aire primario a proporciones de aire-gas en la mezcla en A3 de 20% a 60%. Esto significa que, para gas natural habrá cuatro pies cúbicos de promedio de aire para pie cúbico de gas natural abastecido.

El área indicada como A_t es el área de la proporción más angosta del venturi ó la sección del cuello (garganta) y esto viene a ser uno de los factores limitantes en la operación de un mezclador atmosférico de este tipo. Para una proporción dada de aire-gas en la mezcla, hay una relación ideal entre el área en A1, A_t y A3. Esta condición es acercada cuando el chiflón del orificio A1 casi toca sobre una tangente el área mínima en A_t y continua extendiéndose el área completa de la sección de descarga del venturi. Un aumento en el área en A1 para aumentar el consumo de combustible a un proceso hacia esta condición máxima recomendada causará condiciones adversas en el mezclador.

Cuando se aumenta el área en A1, la presión en P3 debe aumentar con una reducción consecuente en la presión negativa en P2. Al mismo tiempo que se admite más gas a través de esta área mayor en A1 menos aire se arrastra por la presión negativa en P2 con el consiguiente desplazamiento en la proporción aire a gas en la mezcla. Es por esta razón que todos los fabricantes manifiestan una capacidad máxima bajo un conjunto dado de condiciones de operación.

Intentar aumentar el flujo de gas sobre un sistema de esta clase, abriendo el orificio principal de gas en A1, puede solamente resultar en una reducción en la relación primaria del aire al gas, produciendo llamas más largas, más suaves y amarillas e inclinadas. Las características de operación serían bastante parecidas a las obtenidas cerrando la venta de aire primario y el área en A2. Los únicos medios satisfactorios de aumentar la capacidad de gas sobre este mezclador sería aumentar la presión de entrada en P1 arriba su valor original. Como se muestra bajo la sección operación venturi esto automáticamente aumentará el negativo P2 así como las presiones P3 en proporción directa. El aumento en el flujo de gas aumentará automáticamente el flujo de aire y la proporción aire a gas se sostendrá en la proporción correcta.

OPERACION DE MEZCLADOR ATMOSFERICO Y DE ASPIRACION

Cuando los mezcladores atmosféricos están acoplados a tubos de aberturas múltiples, quemadores de anillo ó cinta deben operarse en ambiente de cámaras de combustión que están a presiones atmosféricas. Con cabezas de quemadores de una sola boquilla de soplete, equipados con pilotos, las combinaciones mezclador-quemador pueden operarse bajo condiciones de tiro. Una presión negativa del lado de descarga del área del quemador en A3 se transmite automáticamente a través del mezclador y se agrega a la presión negativa P2 causada por

el flujo de gas a través de A1. Esta presión negativa adicional arrastrará - - cantidades adicionales de aire atmosférico. Por ejemplo, un tiro de solamente menos .2" inspirará suficiente aire adicional de modo que la capacidad de gas del mezclador pueda aumentarse a 250% sobre de las condiciones de operación en una cámara de combustión de presión balanceada. Aún las condiciones menores de presión negativa en la cámara de combustión de solamente algunos centimos de una magnitud de columna de pulgada de agua son considerablemente mayores que la presión negativa producida por el flujo de gas a través del orificio.

El tiro disponible para quemadores de tipo de soplete atmosférico es el factor más importante en la determinación de la capacidad de estos quemadores.

OPERACION A PRESION MEDIA

Los inyectores atmosféricos del tipo de baja presión son fácilmente usados en presiones de gas hasta 10 o 15 psig. Con las altas presiones de entrada de gas en P1, el área de A1 es más pequeña de modo que se experimente una mayor presión negativa en P2 con el consiguiente aumento en el porcentaje de aeración. A una presión de entrada de gas de 5 a 10 lbs., la calidad de la mezcla es generalmente 40% a 60%. Con estas presiones de entrada mayores y mezclas más pobres, las presiones P3 aumentan considerablemente. Con presiones de 10 lbs. en P1, la mezcla de la presión en la boquilla del quemador (P3) sería 1" a 2" W.C. Con las mayores presiones negativas en P2, el tiro es menos importante que los sistemas de baja presión, pero aún es necesario para desarrollar la capacidad - máxima. La capacidad de una operación de mezclador en presión de gas a 10 psig. y 0.2" W.C. de tiro, tendría una capacidad de 1.65 veces la condición de presión balanceada dela cámara de combustión (no tiro).

MEZCLADORES ATMOSFERICOS A ALTA PRESION

Cuando las presiones de gas están disponibles a más de 15 psig, la construcción interna del mezclador venturi se modifica para tomar ventaja de los diferentes - trayectorias del flujo de la corriente de gas. Se tien disponible suficiente energía en 25 psig para arrastrar facilmente suficiente aire para producir mezclas --- 100% aereadas.

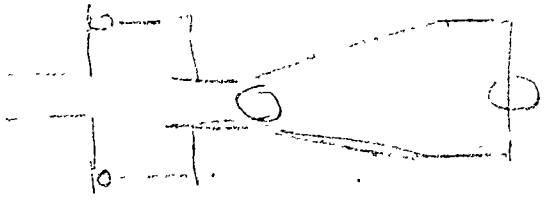


fig 5

Mientras que la construcción del mezclador se modifica ligeramente, se aplicarán los mismos principios cubiertos anteriormente. El flujo de gas de alta presión a través del orificio A1 produce una presión negativa en P2 cuando el área

A2 es correcta en esta presión negativa arrastrará aire atmosférico circundante a través del orificio de aire A2, entregando la mezcla en A3. El ángulo del orificio se modifica para igualar la sección recta en la boca del mezclador a fin de usar los mayores niveles de energía desponibles. El orificio de aire primario, diseñado como A2, es de nuevo una forma cilíndrica y puede ajustarse colocando manualmente la compuerta de aire.

Usando gas natural con presión de entrada de 25 P.S.I.G. en P1, y una mezcla 60% aireada, las presiones P3 serán del orden de 2" a 3" w.c. Con calidades 80% de mezcla se requieren algunas pequeñas cantidades de aire secundario para la combustión completa, pero el tiro no es un factor determinante al establecer la capacidad de estos mezcladores. Parecidos a los quemadores de presión baja y media, los inyectores de alta presión están sujetos a condiciones adversas de operación si el área del orificio en A1, se agranda más de los límites del fabricante.

Estos rangos están estipulados normalmente como una capa máxima ó una área - máxima del orificio A1, para una área dada del quemador en A3. Las capacidades del rango de estos mezcladores son generalmente bastante buenas y están limitadas por las condiciones de operación de los quemadores instalados como el área A3.

RANGO

CONTROL DE UNA VALVULA

Debe ser evidente de las consideraciones anteriores y la discusión de características de operación de los mezcladores, que el consumo de combustible a inspiradores automáticos pueden ser gobernados simplemente controlando la presión de entrada de gas P1, puesto que la presión negativa en P2 será siempre en proporción directa a la baja de presión a través del área del orificio A1, la unión mecánica se construye en el diseño de los aspiradores. Como se recordará, esta - unión mecánica forza el flujo de un gas para que sea en proporción directa al flujo del segundo en todos los tipos de flujo del segundo gas. Reduciendo el flujo de gas a través del orificio A1, por lo tanto, automáticamente reducirá el flujo - de aire a través del orificio A2 en la contraventana de aire y mantendrá una proporción constante sobre la capacidad total del mezclador.

El equipo de control automático de temperatura puede acoplarse a una válvula única en la línea de gas de modo que las relaciones de consumo de combustible variarán automáticamente en proporción directa a las demandas del sistema. Esta operación de una válvula de control, simplifica grandemente los requerimientos - de automotización de muchos procesos industriales.

CAPITULO 4

MEZCLADORES PROPORCIONALES

SISTEMAS DE COMBUSTION DE AIRE A BAJA PRESION

Muchas operaciones de procesamiento industrial requieren amplios límites de consumos de combustible y quemadores que sean capaces de operar bajo condiciones

de aire de varias libras en las cámaras de combustión.

Estos requerimientos producen una mezcla considerablemente elevada con proporciones aire a gas de calidad de 75% a 100%. Desarrollandose estas condiciones, especialmente cuando solamente se dispone de gas de baja presión pueden mejorarse con el uso de aire forzado de combustión.

En una mezcla 100% derecha de gas natural y aire, hay 10 pies cúbicos de aire por cada pie cúbico de gas natural. Con las cantidades mucho mayores de aire que pasan a través del orificio de inyección en un mezclador, podemos desarrollar la elevada presión de mezcla requerida y aún producir la succión de gas requerida.

El mezclador de tipo proporcionar o de ráfaga utiliza la energía en una corriente de aire en presiones hasta de varias libras, pasando a través del orificio en A1 para entregar la mezcla al sistema de quemador. Estos mezcladores funcionan exactamente sobre los mismos principios como el venturí básico cubierto en el Capítulo 2.

Con la presión de combustión de aire de 16 oz., las presiones de mezcla (P3) en las boquillas de los quemadores tienen un rango de 8 a 12 w.c. y las presiones negativas en P2 son 1" o mayores. El gas debe introducirse a una presión manométrica de cero ó presión atmosférica a la entrada al orificio A2 para que estos mezcladores den una proporción apropiada. Esto requiere un regulador - capaz de mantener su presión de salida en la atmósfera y gobernar un flujo de acuerdo con las demandas del mezclador. Las tres presiones y las tres áreas deben estar en el balance correcto de relaciones para mantener la proporción correcta.

El número y medida de los quemadores conectadores a la salida del mezclador están normalmente dictados por los requerimientos del proceso. La selección de un mezclador, viene a ser un problema de igualar el área de A1 correctamente. La medición del orificio A1 en mezcladores proporcionales se hace sobre base de capacidades equivalentes de mezcladores y quemadores, ó sobre un por

centaje del área del quemador A3. La igualación sobre base de capacidad se realiza midiendo la presión de mezcla del mezclador para que concuerde con las presiones de entrada requeridas por los quemadores. La selección de un mezclador de aire a chorro se hace sobre la base de área, puede presentar algunos problemas si el coeficiente de descarga del orificio del quemador no se reconoce precisamente. El coeficiente de descarga, como se menciona en el Capítulo 2 sobre operación de orificio, es una medida de la eficiencia del orificio y en efecto modifica el área equivalente del orificio. Las boquillas del quemador operan como un orificio, ya que dan una caída de presión bajo condiciones de flujo. Todos los fabricantes muestran en sus literaturas los métodos recomendados de seleccionar los mezcladores de chorro de aire correspondientes a los quemadores. Estas recomendaciones deben seguirse estrechamente.

Los mezcladores proporcionales o de tipo de soplete operan como verdaderas válvulas unitarias de control. Una válvula de mariposa o compuerta de soplete se instala normalmente en la línea de aire al mezclador para controlar la presión de entrada de aire al orificio de aire. Una válvula del mismo tipo se instala entre el regulador balanceado ó atmosférico y el mezclador para establecer el área A2 del mezclador. Esta válvula se proporciona normalmente con un mecanismo de seguridad. Una vez que el ajuste de relación se ha hecho para la proporción de gas al aire, no necesita ser cambiado dentro del rango completo del mezclador. Las unidades de este tipo generalmente mantendrán la proporcionalidad en presiones entre P1 y P2 sobre rangos extremadamente amplios. El ciclo del rango, empezando con una presión inicial de aire de 16 oz, puede ser tan alto como 16 a 1 con base en la capacidad.

REGULADORES ZERO O ATMOSFERICOS

Los reguladores atmosféricos ó zero están diseñados para entregar una presión de salida equivalente a atmosférica. Son normalmente unidades de doble diafragma, equipadas con un sello o diafragma de balanceo para separar las presiones de entrada de gas del diafragma sensitivo de control principal

El resorte de estos reguladores solo equilibra el peso de las partes internas y proporciona tensión suficiente adicional, para escasamente cerrar la válvula. El diafragma de sello se coloca de modo que su área iguale el área efectiva de disco de la válvula. Las fluctuaciones en la presión de entrada son equilibradas por estas dos áreas iguales.

La cámara superior del diafragma está normalmente abierta a la atmósfera, mientras que la cámara inferior por medio de un agujero de impulso, está sujeta a los requerimientos del sistema mezclador-quemador. Con presiones iguales en ambas cámaras principales del diafragma, la válvula permanece cerrada. Cuando el mezclador empieza a operar, la succión que resulta del mezclador disminuya la presión en la cámara inferior del diafragma. La diferencia de presión a través del diafragma principal mueve la válvula hacia abajo, permitiendo que el gas iguale la presión en la cámara superior del diafragma. Un ligero aumento en la presión negativa a la salida del regulador causará una condición adicional de desbalanceo a través del diafragma principal, el cual originará que la válvula sea abierta hasta que se satisfaga esta presión.

Con el resorte equilibrando solamente las partes internas, la presión de salida del regulador se mantendrá siempre en la misma presión aplicada al lado superior del diafragma principal. Si se aplica una presión positiva o negativa a la cámara superior del diafragma, la presión de salida sería llevada hasta igualar esta presión aplicada. Es por esta razón, que los reguladores Zero o atmosféricos nunca deben ser ventilados a una chimenea, como se recomienda normalmente para reguladores reductores de presión.

Los reguladores atmosféricos o equilibrados a cero son unidades de precisión. Están construidos a tolerancias extremadamente estrechas y las colocaciones de las posiciones de los diafragmas, la flojedad del diafragma y la tensión del resorte son bastante críticas. Es difícil reparar estos ensambles en el campo. Todos los fabricantes recomiendan que los reguladores dañados sean devueltos a las fabricas para repararse. Las reparaciones de campo son casi siempre insatisfactorias, se insiste en no cambiar el ajuste de la tensión del resorte a menos que la literatura de los fabricantes dé instrucciones específicas de su operación.

Una inspección estrecha de la figura 7 mostrará que aún las presiones positivas momentáneas en el lado de salida del regulador forzará la válvula a una posición aproada del cierre. Una presión de solamente más 0.1 w.c. en la salida del regulador es suficiente para apretarlo.

INSTALACIONES DE MEZCLADORES PROPORCIONALES Y GOBERNADOR ZERO

Cuando el ahorro de aire de un mezclador proporcional ha sido apropiadamente ajustado a las áreas del quemador que se va a usar con este sistema, habrá siempre presiones negativas adecuadas en P2 a largo plazo, satisfactorias, para una operación estable del sistema. Si la presión P3 de un mezclador se aumenta cerca del punto crítico, una mezcla positiva estará presente en P2 en el mezclador y el regulador a Zero no funcionará.

Nunca debe instalarse una válvula entre la salida del mezclador y las boquillas del quemador. El manejo de una válvula instalada en este punto siempre variará las presiones P2 y causará reflejos adversos en el mezclador.

Cualquier pérdida de presión entre la salida del mezclador y las boquillas del quemador también originará un aumento correspondiente en la presión P3 del mezclador. La tubería de la salida del mezclador al quemador debe ser de diámetro adecuado, con el menor número de codos y otros accesorios de tubería. Las tuberías de la mezcla deben ser de tal modo que las pérdidas en presión total en la tubería no excederán 1" w.c.

En la instalación inicial de estos sistemas se recomienda enfáticamente que las tres principales presiones relacionadas (P1, P2 y P3) se midan y registren. El análisis de estas tres presiones de acuerdo con los principios de la operación - venturi (empresado en una sección anterior) establecerá las condiciones propias de operación para el mezclador. Si ocurrierá una falla en el sistema después de algún tiempo de uso, una revisión de estas tres presiones proporcionará los medios más simples y mas rápidos de determinar el problema.

CAMARA DE COMBUSTION DE PRESION

La aplicación de reguladores Zero balanceados y mezcladores proporcionales cubiertos se basan en la operación de quemadores en cámaras de combustión con - presión atmosférica. Cuando van a operarse los quemadores bajo condiciones de cámara de combustión de presión positiva ó negativa, estas presiones se reflejarán en el mezclador y cambiarán el equilibrio en la presión negativa P2. Esta presión en la cámara de combustión puede facilmente equilibrarse en el sistema - regulador-mezclador conectando línea de presión de referencia de la cámara de - combustión a la cámara superior del diafragma del regulador.

Fig 7

Con la presión de la cámara de combustión aplicada directamente al diafragma -- superior del regulador, la presión de la cámara de combustión aparece en ambos lados del orificio A2 y así se equilibran ó eliminan. Esta línea de referencia de la presión del horno debe estar siempre instalada a los reguladores Zero, siempre que la cámara de combustión este bajo presiones positivas ó negativas sobre 0.1" w.c. La conexión de referencia debe hacerse de tubo de acero 1/8" ó tubería de cobre de 3/8" a la conexión de ventilación del diafragma. Sin esta línea de referencia, el mezclador tendrá un cambio en la proporción aire a gas dentro del rango

Al operar estos sistemas en las cámaras de combustión arriba de la presión positiva 1" o 2", las presiones de entrada de gas a los reguladores Zero deben ser lo - suficientemente altos para proporcionar una baja de presión mínima a través del - regulador Zero de 4" w.c. Por ejemplo, si los quemadores van a funcionar en una cámara de combustión de presión positiva de 6" w.c., las presiones mínimas satisfactorias de entrada de gas al regulador balanceado deben ser 10" w.c. ó mayores.

OTROS MEZCLADORES TIPO PROPORCIONAL

Los mezcladores proporcionales presentados hasta este punto han utilizado orificios de chorro de aire en A1 de forma circular con el flujo de entrada de aire y salida de la mezcla a la misma línea de centro. Para cambiar la capacidad de un mezclador a una medida dada de tubo y coincidir con un cambio en el área del quemador, requiere que el diámetro del orificio de aire sea modificado para mantener las relaciones correctas entre las áreas en A1 y las áreas del quemador en A3. Hay algunos mezcladores construidos con medidas que acomodarán con un cambio sencillo en el orificio de aire. La figura 10a. muestra un mezclador en el cual los cambios de capacidad (cambios en el área A1) se hacen substituyéndo la varilla de diámetro diferente. El chorro de aire en este caso es en forma anular.

fig 10A

fig 10B

fig 10C

fig 10D.

La figura 10b muestra un mezclador con un ajustador en forma de aguja para - variar el área efectiva del orificio de chorro de aire.

Cuando los cambios en el área A1 de un mezclador proporcional se hacen sin - los cambios en el área correspondiente en la sección de la garganta inmedia-- tamente después, no se realizarán las óptimas condiciones de operación. Hay solamente una relación ideal entre el área del orificio de aire A1 y el área de la garganta del mezclador A_t.

Algunos mezcladores han sido diseñados recientemente para mantener esta re- lación propia y aún proporcionan una capacidad de aire variable. La figura 10c muestra un mezclador con una área rectangular en A1 y A_t, en la cual la parte superior y los dos lados verticales se fija, pero los lados de abajo son movibles y están conectados a través de los pivotes del ajustador. Al cam-- biar la posición del ajustador, el área del chorro de aire y el área de la gar— ganta del mezclador varian al mismo tiempo y en la proporción correcta para mantener relaciones correctas.

Una de las últimas adiciones a la creciente familia de mezcladores de tipo pro porcional se muestra en la figura 10d. Este mezclador incorpora un área fija en las secciones de chorro y de garganta. El tubo en la mitad es hueco desde la sección roscada al final de descarga. Los hoyos en el tubo permiten el flu

jo de aire a través del tubo. La función del tubo ajustador es para que varie la presión en P3. Acomodando el tubo de modo que los hoyos estén más cerca al chorro disminuirá la presión P3 y retirando los hoyos hacia la cámara de presión P3. Cambiando la presión P3, como se mencionó anteriormente, cambiará automáticamente la presión negativa en P2. Al mismo tiempo, efectivamente cambiará la capacidad del mezclador, aún cuando las relaciones del área permanezcan constantes. Los mezcladores de tipo de dos variables (figuras 10c y 10d) son unidades flexibles que pueden compensar pérdidas adversas en la tubería de mezcla y pueden usarse en instalaciones donde las válvulas deben instalarse en las líneas de mezcla a los quemadores individuales. Tienen la capacidad de hacer coincidir las áreas del quemador en amplios rangos. Todas estas unidades usarán reguladores Zero ó del tipo atmosférico para proporcionar gas al orificio en A2 a presión atmosférica. Una vez que la capacidad del área A1 se establece, el sistema del quemador-mezclador puede apagarse por las válvulas de control de aire. Esta operación es idéntica con los mezcladores de capacidad fija mencionados anteriormente.

CAPITULO 5

QUEMADORES, BOQUILLAS Y TOBERAS

COMBUSTION Y BOQUILLAS DE QUEMADOR

Una mezcla de gas y aire descargando de un tubo se expandera y perderá su velocidad lentamente. Cuando una fuente de encendido, tal como un piloto se aplica a la orilla exterior de la corriente, el encendido ocurre en esta orilla y se lleva a cabo de manera uniforme a través de la mezcla no es instántaneo si no depende de la clase de gas y del porcentaje de aeración de la mezcla.

Fig 11a

Fig 11b.

Al momento del encendido, las moléculas en el centro están en el punto 1, mostrado en la figura 11a. Al tiempo que la llama se ha quemado a través de la mezcla, el centro de la mezcla se ha movido de lugar 1 al lugar 2.

La llama frontal actual se moverá sobre la línea punteada desde el punto de encendido al punto 2. La llama no solamente se quema a través de la mezcla, pero si alrededor de sus lados exteriores a la misma velocidad. Por esta razón observamos la mayoría de llamas de gas que se queman en forma cónica. Una vez que se ha establecido la llama, se quema hacia la fuente de la mezcla gas-aire. La llama frontal se equilibrará exactamente al final del tubo de descarga cuando la velocidad de la mezcla gas-aire (V d) esté casi equilibrada por la velocidad de la propagación de la llama (V f). (Ver figura 11 b). Si la velocidad de la mezcla que se descarga del tubo excede la relación de encendido, la flama se escapará de la puerta y continuará en algún punto distante del puerto donde la velocidad de la corriente de descarga ha sido reducida para igualar la velocidad de la flama.

Si la mezcla gas-aire se está descargando lentamente del tubo, la velocidad de la flama excederá la velocidad de descarga y la flama se quemará en el tubo hacia la fuente de la mezcla gas-aire. Esta condición se conoce comunmente como retroceso.

El equilibrio entre las dos velocidades en una boca abierta grande es bastante crítico y un quemador de este tipo practicamente no tiene capacidad de rango. Una boquilla de quemador de esta construcción es generalmente insatisfactorio para aplicaciones de procesos industriales.

QUEMADORES DE BOCAS MULTIPLES
(Atmosféricos)

La tendencia al retroceso puede minimizarse haciendo bastante pequeña de diámetro la boca de descarga. La masa de metal relativamente fría alrededor de la boca absorberá calor a una relación rápida. Cuando la velocidad de descarga (V d) se reduce al punto en que normalmente ocurriría el retroceso, el metal frío alrededor de la boca absorbe suficiente calor para prevenir que la mezcla alcance la temperatura de ignición de aproximadamente 1200°F. Así la flama se previene a retroceder atras de la boca del quemador. La medida individual de la esprea no debe exceder del número 30 de perforación para relaciones en el rango de 5 a 1. La profundidad de la boca debe ser por lo menos igual al diámetro de la misma. Cada puerto de esta medida tendrá una capacidad de solamente 390 BTU con gas natural. Las cantidades de calor requeridas para aplicaciones industriales se obtienen mediante muchas bocas estrechamente espaciadas, todas de la misma medida. La flama tomará efecto entre las bocas individuales si la distancia entre las bocas no sobrepasan cuatro veces su diámetro. Las bocas pueden ser en forma circular como quemadores de anillo ó en líneas rectas, como quemadores de tubo. La calidad de la mezcla para quemadores de este tipo es generalmente casi 30%. El 70% del aire requerido para combustión debe admitirse como aire secundario. Cada flama individual requiere aire adecuado alrededor. Es por esta razón que los quemadores de tubo perforados de tres hileras no son tan satisfactorios. La fila del centro no consigue aire adecuado y la flama se eleva de esta hilera de puertas. La construcción de quemadores con puertos pequeños, reduce la posibilidad de retroceso como se expresó anteriormente. El equilibrio entre la velocidad de descarga y la velocidad de la flama son mucho menos críticas. Sin embargo, al aumentar la velocidad de descarga en exceso sobre la velocidad de la

flama resultará inevitablemente que la flama se alejará de las bocas del quemador. Las bocas de este tipo están generalmente limitadas en gas natural a 30,000 BTU/hora por pulgada^2 del área efectiva de la boca. El operar sobre las capacidades de este límite causarán el fenómeno de apagamiento.

RETENCION DE LA FLAMA

El suministro de calor necesario para procesos industriales, generalmente requieren mucho más consumo de calor por pulgada^2 del área de la boca que son practicamente los quemadores de boca abierta que se mencionaron arriba. Si un anillo de flamas de pilotos individuales fueran establecidos alrededor de la base de una boquilla de quemador, ellas prenderian continuamente la base de la flama principal. Esto eliminaría efectivamente las condiciones de levantamiento ó volado aún en tipos de consumo cien veces mayor.

Fig 12

Estas flamas individuales piloteadas podráin ser abastecidas por un mezclador separado de aire-gas externo. En algunos quemadores especializados industriales la mezcla de pilotos abastécese de una fuente externa. Esto resulta en aumento de complejidad al sistema de mezcla con la necesidad de doz mezcladores, uno para la flama principal y uno para las flamas del piloto.

Una boquilla de quemador operada por si misma es la que la construcción permite que la mezcla principal del quemador proporcione las flamas de piloto así como las flamas principales del quemador. En esta forma se requiere solamente un mezclador para que proporcione ambas flamas y grupos de boquillas de quemadores pueden ser en forma multiple a un mezclador único. Las presiones de la cabeza del quemador para las condiciones equilibradas usadas en quemadores de anillo tipo atmosférico y de tubo, son del orden de 0.03" a 0.03" w.c. Los quemadores de mayor capacidad industrial del tipo soplete trabajarán con mezclas de presión tan altas como 60" w.c. Este nivel es 1,000 veces en exceso que el punto de volado. Las flamas de piloteo individual deben proporcionar algunos medios de estabilidad satisfactoria para prender continuamente la flama principal en estos niveles superiores.

Todos los métodos de quemadores del tipo de boquilla piloto propio usan un orificio que de alguna forma causará una reducción en la presión del caudal principal de la mezcla a las bocas del piloto. El tipo y posición de estos orificios de medición de gas dependen de los niveles de presión y de la mezcla aire-gas suministrada.

BOQUILLAS DE SOPLETE — BAJA PRESION

Para presiones de mezcla hasta 2.5" w.c. y proporciones aire-gas hasta 60% de aire primario, puede utilizarse una construcción similar a la del tipo mostrada en la figura 13. Parte del abastecimiento principal de la mezcla aire-gas pasa a través de las bocas de piloto que funcionan como orificios de medición para reducir la presión de la mezcla. Estas bocas de piloto producen flama en anillo alrededor de la base de la flama principal y la mantienen constantemente encendida. La reducción de la presión a través de las puertas de piloto es suficiente para proporcionar flamas de baja velocidad en estas bocas bastante parecidas a las del quemador de anillo o tubo. El borde de la boquilla se extiende de bastante lejos para proteger las flamas del piloto del flujo cruzado y lo mantiene en contacto con la flama principal.

fig 13

El límite de 2" a 3" w.c. de presión de mezcla se aplica a la baja total de presión a través de la boquilla del quemador. El tiro de la cámara de combustión deberá agregarse a la presión de la mezcla del quemador para determinar la caida total a través de la boquilla.

Puesto que estas unidades operan normalmente a proporciones bajas de aire-gas del 20% a 60% de aeración, requerirán cantidades considerables de aire secundario alrededor de la boquilla del quemador. Estas unidades están normalmente acopladas a inyectores atmosféricos que proporcionarán las calidades de mezcla requeridas. Las indicaciones relativas a la operación del tiro para los mezcladores de presión baja y media se aplican a estos quemadores. Obviamente con las necesidades de aire secundario y las presiones relativamente bajas requeridas en la cabeza del quemador, estas unidades no funcionaran en las cámaras de combustión bajo presiones positivas aún ligeras.

La boquilla de retención de flama pilotada por si misma a baja presión, tiene una boca única grande. Con gases de presión normal de 4" a 6" w. c., el rango de estas unidades se restringe severamente. Las tendencias de retroceso aumentan, particularmente bajo condiciones de operación de tiro mediano a alto. El control de operación se limita normalmente a operación de encendido y apagado puesto que el rango es menor que 2 a 1.

QUEMADORES DE SOPLETE DE AMPLIO RANGO (BAJA PRESION)

La gran boca abierta de la nariz de quemadores de baja presión, permite que el retroceso ocurra al bajar la intensidad de la flama. Un mejoramiento reciente en quemadores de soplete atmosféricos usa un disco de acero inoxidable, el cual es adaptado y colocado para reducir el área total de la boca del quemador en 80% bajo condiciones de disminución de flama. El disco se acopla a una varilla operada de modo que al consumo máximo el disco se mueva lejos del frente de la boca del quemador y permita la operación a toda capacidad.

El disco y la varilla operadora se acoplan a un diafragma en la parte trasera del quemador. Se instala un resorte en la caja del diafragma de modo que el disco esté normalmente en una posición completamente retraida, cerrando la mayor parte del área de la boca del quemador. La presión de gas P1 de entrada al orificio primario en el mezclador se acopla del lado opuesto del diafragma. El resorte se coloca para sostener el disco en la posición retractil hasta que la presión de gas alcance aproximadamente $1\frac{1}{2}$" w. c.

Bajo operación normal en relaciones máximas de encendido, el disco en la boca del quemador se aleja de esta aproximadamente $1\frac{1}{2}$". Cuando la presión de gas es reducida hasta el punto en que el retroceso de flama podría ocurrir normalmente, el resorte vence la presión de gas aplicada a la caja del diafragma y empieza a retraer el disco. Las reducciones posteriores en capacidad reduciendo la presión de gas interior ocasionan que el disco se retracte aún más. Bajo condiciones de fuego bajo, se retrae completamente el disco y el retroceso de flama no puede ocurrir normalmente.

Con un equipo de este tipo, los rangos son con exceso de 10 a 1 en base a la capacidad, se logran facilmente para sistemas atmosféricos funcionando bajo algún tiro con presiones máximas iniciales de gas de 6" w. c. Mayores presiones de entrada de gas proporcionarán más amplias relaciones de rangos.

BOQUILLAS DE SOPLETE - ALTA PRESION

Para operar en presiones de mezcla que exceden de 2" w. c. y las mezclas pobres de 65% a 95% de aire primario, las boquillas de retención de flama del piloto deben ser reajustados. Es difícil lograr suficiente caida de presión a través de los orificios de piloto solo para hacer que las flamas sean estables. La figura 15a muestra un sistema de caída de presión a través de los orificios localizados corriente arriba de la boca principal del quemador y descargándose en una cámara de expansión. En este caso la combinación de la caída de presión a través de los orificios de medición y la expansión en la cámara contigua a él, proporcionc la reducción en la velocidad requerida para la estabilización de la flama del piloto. Las unidades de este tipo se construyen fácilmente en tubo de medida pequeña. Para unidades de mayor medida el anillo de la flama piloteada debe espaciarse también bastante lejos de la boca principal para un encendido satisfactorio.

fig 15a fig 15b fig 15c

Los quemadores de mayor capacidad usan la medición de gas piloteado a través de las bocas de retención de flama y salpican esta corriente contra el interior del borde de la boquilla. (Ver figura 15b). La combinación de la caida de presión a través de los orificios de retención y el salpicamiento de la mezcla contra el borde de la boquilla resulta en la velocidad de las flamas del piloto siendo reducidas a niveles satisfactorios para condiciones propias de la flama. Las flamas de piloto son salpicadas hacia la flama principal y este cambio radical en dirección contribuye a la estabilización de la flama principal.

La baja de presión a través del orificio principal normalmente resulta en condiciones de ligera presión negativa en todos los tres tipos de quemador presentados. Esta condición de presión negativa actualmente arrastrará el aire alrededor del borde de la boquilla para aerear la base de la flama del piloto. Si esta aeración secundaria de la boquilla se limita en cualquier forma, las flamas del piloto se extinguirán y se pierde toda la retención de flama en la boquilla. Por esta razón, debe haber un abastecimiento adecuado de aire a lo largo de los lados de la boquilla, así como el aire secundario requerido para la combustión de la flama principal.

La necesidad de aeración secundaria de la flama del piloto, se encuentra fácilmente en la construcción mostrada en la figura 15c. Las líneas de retención de flama están deliberadamente espaciadas del lado de la cabeza del quemador para permitir que el aire pase entre el riel y la cabeza. La combinación de la reducción de presión a través de los orificios del piloto, con el salpicamiento contra el carril vertical y la aeración de atrás, estabilizan las flamas de pilotaje sin atraparlas. El principio ranura-orientada generalmente resultará en menores temperaturas en la cabeza del quemador y es especialmente adaptable a los quemadores del tipo lineal. La operación con las altas presiones en la cabeza del quemador, usuables con los quemadores mostrados en la figura 15 resultarán con rangos mayores para estos quemadores. Con una presión de - mezcla máxima en los quemadores de 8" a 10" w. c. las proporciones de apagamiento de 4" ó 5" a uno se obtienen fácilmente.

QUEMADORES DE TUNEL

TOTALMENTE ENCERRADOS

Las boquillas de quemadores diseñados para operación en 100% de aire primario, se construyen generalmente con un tunel de combustión refractario, con las partes de metal adecuadamente protegidas en mayores temperaturas de horno. Estas unidades están diseñadas para operar sin aire secundario de modo que se pueda obtener el control de atmósferas de horno. A menudo se usan en procesos industriales que trabajan arriba de 100°F y hasta 3,200°F.

Sin provisión para aire secundario, debe emplearse un tipo diferente de mecanismo de retención de flama.

La mezcla que se descarga del tubo al bloque refractario se extiende a través de la sección ahusada ó cónica del bloque.

El extremo de descarga del tubo de mezcla y el bloque cónico (ahusado) del quemador funcionan sobre bases similares al venturi. La presión de la mezcla a la puerta del quemador equivale a la presión P1 del venturi y la presión P3 del venturi es igual a la atmósfera y el extremo de descarga del bloque del quemador, (ver figura 16). Bajo estas condiciones se desarrolla una presión negativa P2 en cada uno de los paso en el bloque del quemador. Esta ligera presión negativa opera para reducir la velocidad de la mezcla en los bordes y tiende a mantener la mezcla en condiciones de combustión.

La flama del piloto está casi siempre introducida a esta zona de baja presión para un encendido más fácil de la flama principal.

Fig 16

Las corrientes de remolino y las velocidades reducidas producidas en cada paso en el bloque actuan como un anillo de pilotaje de flama a fin de mantener prendida la mezcla de alta velocidad. Quemadores con tuneles desapropiadamente diseñados deberan encenderse a fuego bajo y sostenerse en estas condiciones de operación hasta que el refractario este incandescente. El refractario caliente entonces proporciona la estabilización de la flama y la capacidad puede aumentarse a capacidad total. Los bloques de quemadores construidos con los pasos correctos pueden ser encendido y llevados a su capacidad de fuego alto de inmediato. Las mezclas completamente aereadas se queman a velocidades máximas de flama. Las posibilidades de retroceso en la mezcla de distribución bajo condiciones bajas de consumo se aumentan con estas mezclas completas. La posibilidad de retroceso pueden ser virtualmente eliminados con una modificación al tunel del quemador (ver figura 17). La adición de un aditamento de metal y una pieza de boquilla refractaria en la apertura de la mezcla resulta la descarga de una mezcla de forma anular. La anchura del anillo por medio del cual se descarga la mezcla, se mantiene pequeña.

Cuando el consumo del quemador se reduce al punto en que normalmente ocurriría el retroceso, la flama intenta deslizarse a través de esta anulación. Sin embargo, el calor se absorbe inmediatamente y la mezcla de gas-aire en la anulación se conserva a menos de 1200°. Bajo estas condiciones la flama no se devolverá. Los rangos de capacidad que excedan de 10 a 1 se obtienen facilmente con presiones iniciales de mezcla máxima de 9" w. c.

La construcción del quemador mostrado en la figura 17 requiere solamente un paso pequeño en el bloque para retención excelente de flama. Una zona alta de presión negativa está presente debido a la acción modificada del venturi atrás del tapón de nariz refractaria. Esta presión negativa relativamente alta, en conjunción con el paso en el bloque, produce excelente retención de flama y combustión altamente turbulenta. Las longitudes de flama de estos quemadores son bastante cortas.

CAPITULO 6

QUEMADORES DE NARIZ - MEZCLADORA

Los mezcladores y narices de quemadores considerados hasta este punto están operadas con la proporción correcta de gas y aire mezclados antes del encendido y combustión. Los quemadores nariz - mezcladora como su nombre lo dice, mantienen el gas-aire separados hasta el punto de encendido. Bajo estas condiciones, es imposible que ocurra el retroceso. La forma en que se admiten el gas y aire a la puerta del quemador y la dirección de los flujos determinará el tipo de flama producida por los quemadores nariz - mezcladora. Cubren el total de condiciones desde largas, suaves, altamente luminosas para operación de flama difícil, uniforme y azul.

QUEMADORES DE FLAMA LUMINOSA

La operación de flama luminosa se lleva a cabo con el gas admitido en el centro y el aire en forma anular alrededor de él en condiciones controladas del flujo. Siendo iguales las velocidades del gas y el aire y sin exceder de 20 pies por segundo en flujo de ambas distribuciones gas y aire en manifolds son de condición laminar. Al descargarse en la boca del quemador en el punto de encendido, éstos se extienden lentamente. La flama puede ocurrir solamente donde estos dos gases se mezclan (ver figura 18). El calentamiento de combustión estando radiando uniformemente en todas direcciones aumenta la temperatura de la zona de gas a un punto donde tiene lugar la descomposición térmica del gas. En estas temperaturas, el carbón libre producido viene a ser incandescente y resultan flamas amarillo brillante altamente luminosas.

La combustión lenta de la mezcla gas - aire entre uno y otro resulta en flamas bastante largas. Para máxima intensidad de calor en la flama, la capacidad calorífica no debe exceder de 40,000 BTU/hora por pie cúbico del volumen de la cámara de combustión. Operar a altos niveles de capacidad en un volumen dado de cámara de combustión resultará en mayor turbulencia en la flama y mezclado más rápido, que reducirá la luminosidad. Las longitudes de flama pueden acortarse, usando la construcción en la figura 18 aumentando las velocidades del gas y aire a modo que se descarguen en condiciones turbulentas. La luminosidad no se presentará. La mayoría de los quemadores de flama luminosa son capaces de funcionar como quemadores de flama azul en gastos al doble que la capacidad de la flama luminosa. A estos niveles de capacidad, las flamas serán de longitud mediana, ya que el aire y gas no estarán mezclados completamente según se descarguen del quemador.

Fig 19

Los quemadores de nariz - mezcladora de flama más corta están generalmente construidos con el aire en el tubo del centro y el gas en anillo alrededor de ellos. La construcción se muestra en la figura 19. El anillo de gas siendo solamente 1/10 del área del tubo de aire, proporciona mezcla más rápida de la corriente de gas y aire, resultando longitudes de flama más cortas y combustión más turbulenta. Las longitudes de flama generalmente no serán más largas, sin embargo los quemadores de túnel de mezcla aereada 100%, puesto que la mezcla debe ocurrir antes de que se complete la combustión.

CONTROL DE QUEMADORES DE BOQUILLA - MEZCLADORA

Mantenido el gas y aire en canales separados hasta el encendido, el control del flujo de gas y aire bajo variantes de consumo de calor no puede usar los principios - venturi anotados anteriormente. Sin embargo utilizan el arreglo unión orificio dual para mantener las proporciones correctas de gas y aire.

En todos los sitemas de quemadores de boquilla mezcladora hay un orificio en ambas distribuciones de gas y aire. En algunos diseños las bajas de presión a través de estos dos orificios se mantienen a nivel constante y el área de estos orificios es variable por una unión recta mecánica de modo que el cambio en el área del orificio de aire es siempre en proporción directa al cambio en el área del orificio de gas.

Los orificios variables, mostrados esquematicamente en la figura 20 en la práctica actual son válvulas con provisión generalmente hechos en la válvula de gas de modo que su característica pueda ser ajustada para igualar la válvula de aire para mantener proporciones constantes aire - gas en el quemador. Con el sistema de unión mecánica propiamente ajustada, un actuador de control de proceso automático puede ser aplicado a una válvula para controlar el sistema.

CONTROL DE EQUILIBRIO DE PRESION DE QUEMADORES BOQUILLA - MEZCLADORA

Otro método de controlar los quemadores boquilla - mezcladora que utilicen un orificio fijo en ambas líneas de gas y aire y medios de controlar la baja de presión a través de ambos orificios para variar en proporción directa el uno con el otro. El orificio de aire se construye generalmente al cuerpo del quemador y el orificio de gas se diseña con un ajuste de modo que la proporción correcta aire - gas pueda establecerse sobre marcha inicial. Una vez que este ajuste se establece puede cerrarse y operarse como un orificio fijo.

Un regulador atmosférico o a cero proporcionará una presión de salida exactamente igual a la presión del lado superior del diafragma principal. Cuando esta unidad se instala en la línea de gas adelante del orificio de gas y su cámara, del diafragma superior se conecta a la presión de control de aire del arroyo, la presión de gas será exactamente igual a la presión de aire en todos los tipos de flujo. La figura 21 muestra esquemáticamente el sistema de control usado.

La caída de presión a través de ambos orificios de gas y aire, será igual con la línea de carga de presión de aire conectada como se muestra. Esto será verdad en todos los rangos de flujo y el actuador de control de proceso automático necesita ser acoplado solamente a una válvula en la línea de aire. Con igual baja de presión a través de los orificios de aire y gas en todos los tipos de flujo, las capacidades aire y gas deben sostenerse en proporción directa el uno con el otro, como anteriormente se mostró en la figura 2.

Para operación satisfactoria, la presión interior de gas debe ser por lo menos igual a la presión máxima del aire de combustión. Si la presión de gas disponible es menor se incorpora un orificio especial de purga a la línea de aire para reducir las altas presiones de carga del aire controlado. Este sistema de orificio de purga en la línea de carga permitirá el control exacto de las proporciones aire - gas en todos los tipos de flujo.

QUEMADORES DUALES DE DIESEL - GAS

Donde los consumos de gas requieren el uso de un combustible de reserva durante períodos de máxima demanda de gas, quemadores capaces de usar ya sea gas o aceite, se instalarán algunas veces.

Estas unidades son generalmente del estilo de boquilla - mezcladora con el gas en el centro y el aire en el espacio anular de alrededor. La línea de aceite se instala a través del centro del tubo de gas con el diseño arreglado de modo que ya sea atomizando aire ó gas pase a través de este tubo. Los quemadores están normalmente graduados para un consumo equivalente de capacidad calorífica sobre cualquier combustible de modo que la misma cantidad total de combustión de aire se requiera.

Los rangos de control del flujo de aceite se mantienen con un regulador de aceite - aire especial que opera sobre un principio similar a los reguladores de gas a cero. Con este tipo de sistema de control, los actuadores automáticos de proceso de control instalados sobre las líneas de combustión de aire son convenientes para cualquier combustible.

El cambio de un combustible a otro es sencillamente un asunto de cerrar un juego de válvulas y abrir otro. En ciertos diseños, esto puede realizarse automáticamente con el sistema eléctrico de control conectado para proporcionar cambios de combustible seguros.

Para ciertas aplicaciones de calentamiento, están disponibles algunos quemadores que son capaces de quemar simultáneamente gas y aceite. Estas son unidades altamente especializadas y los fabricantes de este tipo de equipo deben consultarse, acerca de sus recomendaciones e información sobre aplicaciones.

CAPITULO 7

AIRE DE COMBUSTION

El aire requerido por los sistemas de combustión usando aire bajo presión pueden - fácilmente determinarse por el consumo total BTU/hora y el porcentaje primario de combustión para el sistema. Para cada 1,000 BTU/hora de capacidad del quemador, debe proporcionarse 10 CFH de aire sobre el sistema total. La fuente de combus-

tión de aire de baja presión debe proporcionar solamente la presión requerida, como aire primario para mezclarse con el gas antes del encendido. Por ejemplo, un sistema de quemador que requiere 1,000,000 BTU/hora y que opera al 80% de aire primario requerirá 8,000 CFH de aire primario a la presión requerida por el sistema. Los 2,000 CFH de aire secundario requeridos deben proporcionarse, pero necesitan abastecerse por la fuente de combustión de aire.

Las necesidades de presión de combustión de aire para procesos industriales, generalmente trabajan de 4 oz. a 32 oz. Para ciertas aplicaciones especializadas, particularmente de equipo de generación de atmósfera, los requerimientos de combustión de aire pueden ser tan altos como 10 psig.

TURBO - SOPLADORES

Los sopladores de tipo centrífugo, que operan a velocidades impulsadas de 3600 RPM, pueden desarrollar fácilmente presiones arriba de 3 psig. Sobre de este nivel se emplean generalmente aletas rotativas ó compresores del tipo pistón. La impulsión rotativa de los sopladores centrífugos aumenta el nivel de energía de aire atmosférico a la máxima presión de diseño. El aire empujado hacia el interior acelera rapidamente su velocidad según se desliza a lo largo del impulsor hacia la punta de las aspas. La alta velocidad del aire al dejar la punta de las aspas se convierte a energía de presión estática en el espiral ó caja del soplador.

Las aspas impulsoras de sopladores centrífugos deben mantenerse límpias. Se obtendrá una fricción excesiva de aire con menos acumulaciones de polvo y tierra en las aspas. Estas condiciones sobre el funcionamiento dan una baja de la presión de descarga y un rápido aumento en la carga del motor. Se recomienda un filtro en la admisión del aire, en la mayoría de las instalaciones.

INYECTORES DE AIRE

El principio venturi puede usarse para desarrollar cantidades pequeñas a medianas de combustión presurizada de aire donde las economías de la instalación, no justificarán un sopiador de tipo centrífugo. Con una construcción venturi bastante parecida a la usada para gas de alta presión, se introduce aire a presión de 40 a 150 psig al orificio de inyección A_1 de este venturi, la presión negativa producida en el venturi inspirará aire atmosférico. Con la dimensión apropiada del orificio primario A_1, aproximadamente 30% del requerimiento total de aire, será aire a alta presión y el resto aire atmosférico inspirado. La mezcla de los dos se entregará a la salida del mezclador aproximadamente a 16 oz. de presión. Una presión mayor usará cantidades superiores de aire comprimido.

Un inyector de aire de este tipo se usa muchas veces para pequeñas operaciones de calentamiento ocasional. La salida del inyector de aire se conecta directamente al interior de un sistema mezclador proporcional. No se requiere una válvula de control de aire en el interior del mezclador proporcional puesto que las presiones del sistema pueden fácilmente ajustarse con una válvula de aguja de alta presión.

MAQUINAS MEZCLADORAS

Se dispone de diversos tipos de mezcladores, que mezclan el gas y aire en la entrada de un soplador centrífugo ó compresor de aspas rotativas y entregan la mezcla a presiones elevadas a los distribuidores de los quemadores. Estas unidades están casi siempre equipadas con orificios de aire y gas en las entradas de los mezcladores y se proporcionan los medios para mantener una proporción constante de aire a gas sobre el rango de apagamiento del mezclador.

El mezclado en la admisión de un compresor ó soplador centrífugo permite el uso de un equipo de soplador de más baja presión que el que normalmente se usaría con los sistemas de mezcladores de tipo proporcional. Sin embargo, la caja del soplador y el tubo de distribución contienen una mezcla explosiva de gas y aire y un retroceso de flama en la boquilla del quemador puede tener serias consecuencias. Por esta razón, debe instalarse un cierre de fuego en la distribución de la mezcla entre la máquina mezcladora y las boquillas del quemador.

CONCLUSION

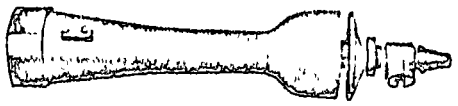
El material presentado en las secciones anteriores es un intento para indicar las características de operación y límites de diseño de la mayoría de los tipos de equipo de quemadores de gas industrial. La aplicación de quemadores de gas industrial a un proceso específico depende del proceso en sí, las condiciones bajo las

cuales los quemadores deben operar, las características que requiere el proceso y las presiones disponibles de aire y gas. Una evaluación detallada de estas condiciones casi siempre indicarán el tipo del sistema de combustión requerido.

Cuando estas condiciones indiquen una posible selección entre dos sistemas, el más flexible, particularmente desde el punto de vista de control inevitablemente probará ser el más satisfactorio.

LOJECTORS (ATMOSPHERIC GAS INJECTORS)

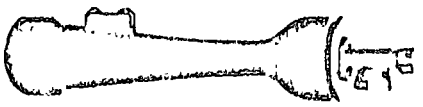
ADJUSTABLE ORIFICE SERIES



16LA8



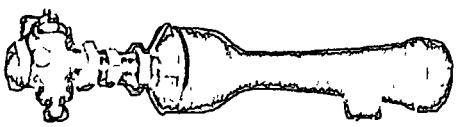
6LA3C
8LA3C



10LA4
12LA4

CATALOG NUMBERS		Outlet Pipe Size	Inlet Pipe Size	CAPACITIES - 1000's Btu/hr Various Gases - (See Note)		
With Gas Cock	Without Gas Cock			Mfd. 500Btu 3" w.c.	Nat. 1000Btu 6" w.c.	LP 2500-3200Btu 10" w.c.
6LA3C	---	3/4"	3/8"	35	22	16
8LA3C	---	1"	3/8"	57	38	25
10LA4C	10LA4	1-1/4"	1/2"	82	55	40
12LA4C	12LA4	1-1/2"	1/2"	105	70	52
16LA8C	16LA8	2"	1"	165	110	87
20LA8C	20LA8	2-1/2"	1"	250	175	125
24LA8C	24LA8	3"	1"	375	250	185

FIXED ORIFICE SERIES



16L8C

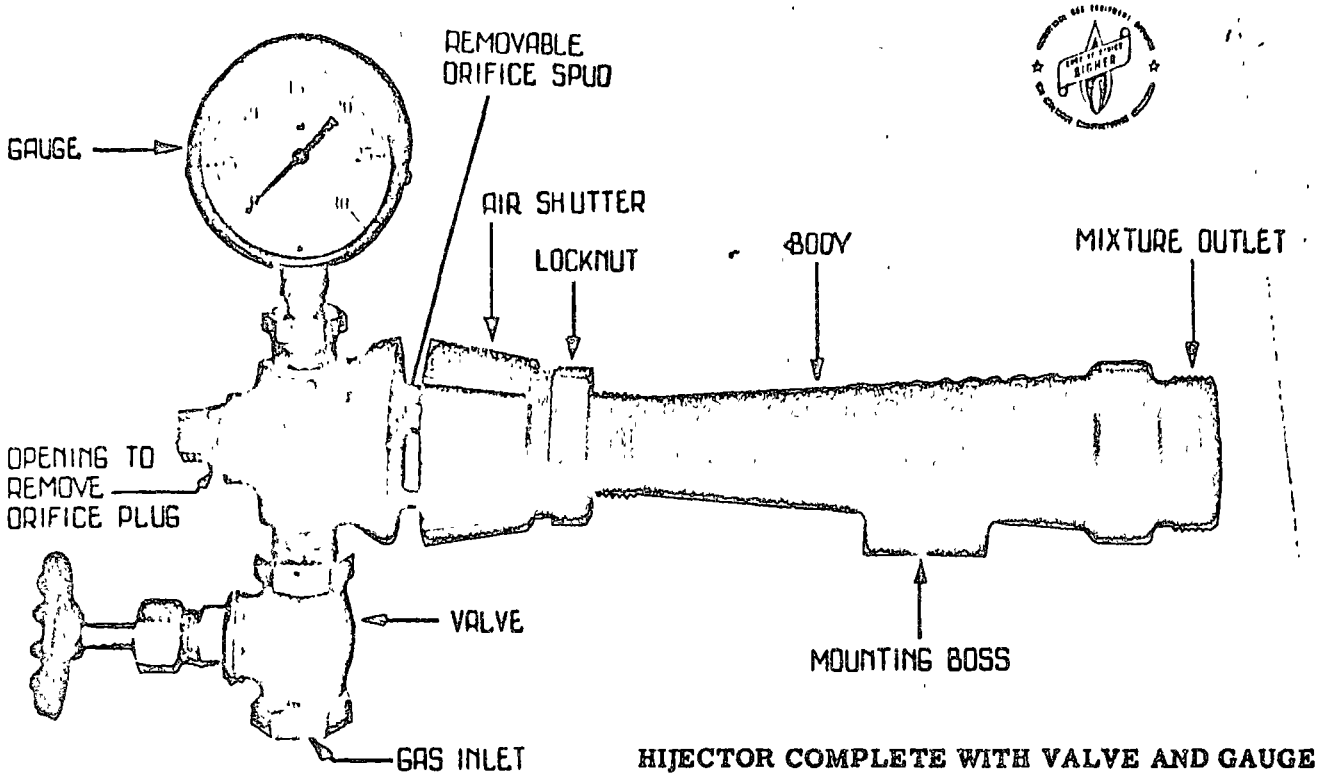
CATALOG NUMBERS		Outlet Pipe Size	Inlet Pipe Size	CAPACITIES - 1000's Btu/hr Various Gases - (See Note)		
With Gas Cock	Without Gas Cock			Mfd. 500 Btu 3" w.c.	Nat. 1000 Btu 6" w.c.	LP 2500-3200 Btu 10" w.c.
16 L8C	16L8	2"	1"	165	110	87
20 L8C	20L8	2-1/2"	1"	250	175	125
24 L8C	24L8	3"	1"	375	250	185
32L10C	32L10	4"	1-1/4"	750	500	375
48L12C	48L12	6"	1-1/2"	1550	1020	760

NOTE: Capacities are based on the following:

1. Burners will be supplied with ample secondary air.
2. There is no appreciable friction loss between the mixer and burner due to excessive length, bends or reduction of pipe sizes.
3. Burners used must be properly sized to handle required capacity based
   on 50,000 Btu/hr/square inch port area for Manufactured Gases
   on 30,000 Btu/hr/square inch port area for Natural Gases
   on 20,000 Btu/hr/square inch port area for L.P. Gases
4. Capacity ratings may be more than doubled for applications using A.N. type nozzles and drafts of 0.2" w.c. and higher.

pyronics inc.
COMBUSTION FOR INDUSTRY

HIJECTORS
VENTURI MIXERS FOR HIGH PRESSURE GASES



HIJECTOR COMPLETE WITH VALVE AND GAUGE

GENERAL DESCRIPTION

Bryant Hijectors are designed to use high pressure gas (up to 35#) to entrain all the air needed to make a complete combustible mixture and to deliver it to the burners at the highest possible pressure.

Hijectors are designed along thoroughly proved lines but the external arrangement of the parts has been changed to permit incorporating a number of refinements. These refinements are of particular advantage to the installation and maintenance engineer. By reversing the usual operation of the air shutter and locating it on the body, the following advantages develop:

(a) Orifice spud may be removed easily without disconnecting piping.
(b) Overall length of unit is materially cut down.
(c) Orifice and air entrainment space easily accessible for cleaning or inspection.
(d) Air entrainment noises reduced.
(e) Shutter cannot get lost even though backed entirely out of the way.

A mounting boss with tapped holes simplifies mounting the Hijector solidly on a furnace or appliance.

APPLICATION

To secure the best all around operation when using high pressure gas, it is necessary that the relation between burner area and orifice area be correct and that the right sized Hijector be used. Also, piping between Hijector and burners should be large enough and straight enough to prevent undue loss of mixture pressure. See next two pages for complete selection data.

Where high pressure gas is available, Hijectors eliminate the requirement of air blowers or pressure air for combustion jobs, and are simple to install, inexpensive to use and easy to operate.

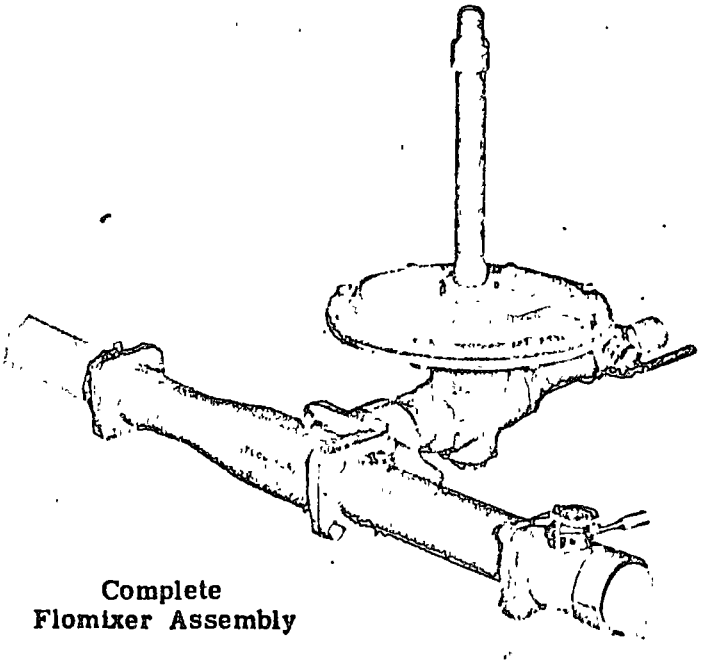


pyronics inc.
COMBUSTION FOR INDUSTRY

BRYANT FLOMIXERS are proportional mixing devices that utilize the energy of a stream of air at pressures up to several pounds to (1) entrain a combustible gas, and (2) to deliver the mixture at unusually high pressure to the burners.

Some advantages incorporated in the design of the Bryant Flomixer are:

(a) Use of Flange connections eliminating unions in gas and air lines.
(b) Easy accessibility of entrainment insert for inspection, cleaning or changing capacity without disconnecting gas or air lines.
(c) Universal type Gas Adjuster - good for any kind of gas. Can be sealed if desired.
(d) Ample pressure test plugs to facilitate checking air pressure, gas suction, and mixture pressure.
(e) Complete flexibility of right and left - up or down installation without special parts.
(f) By replacing the combination butterfly flange with pipe flange existing air control valve or gate may be utilized.

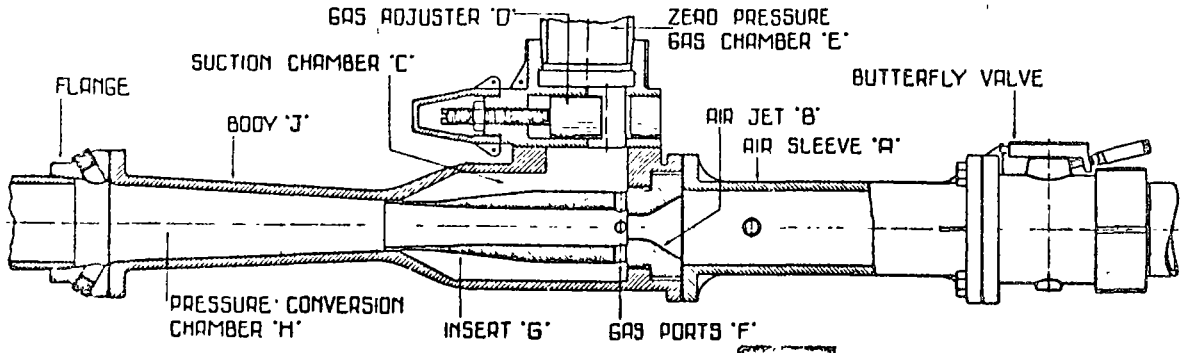


Complete Flomixer Assembly

FLOMIXER OPERATION. Referring to the sketch below, Flomixer operation may be described as follows: Air at any available pressure up to 3#, controlled by the Butterfly Valve, passes through the Air Sleeve "A" into the Air Jet "B", where it develops the maximum possible velocity. This stream of air moving at high speed creates a suction around it in the Insert "G". This strong suction draws gas from the zero pressure chamber "E" through the Gas Adjuster "D", chamber "C" and Gas Ports "F" into the space around the air stream in Insert "G". The quantity of gas flowing is dependent on the amount of suction which varies with the air pressure. Once adjustment "D" is set the Flomixer is controlled by using only the Butterfly Valve. The mixture flows into the pressure conversion chamber "H" and is delivered from the outlet flange to the manifold piping and burners.

Complete Flomixer Assemblies consist of the following parts: Butterfly Air Valve, Air Sleeve, Body, Insert, Pipe Flange, Gas Adjuster, Balanced Regulator, Gas Cock, and fittings.

The device is truly a Flow Mixer and, because of refinements in design, will develop higher mixture pressures than usually attainable, and will also maintain accurate gas-air proportions at all air flows if supplied with zero pressure gas. This high capacity characteristic gives the entire combustion system a wider range of operation without requiring higher initial air pressure and reduces sensitivity with regard to burner flow characteristics.

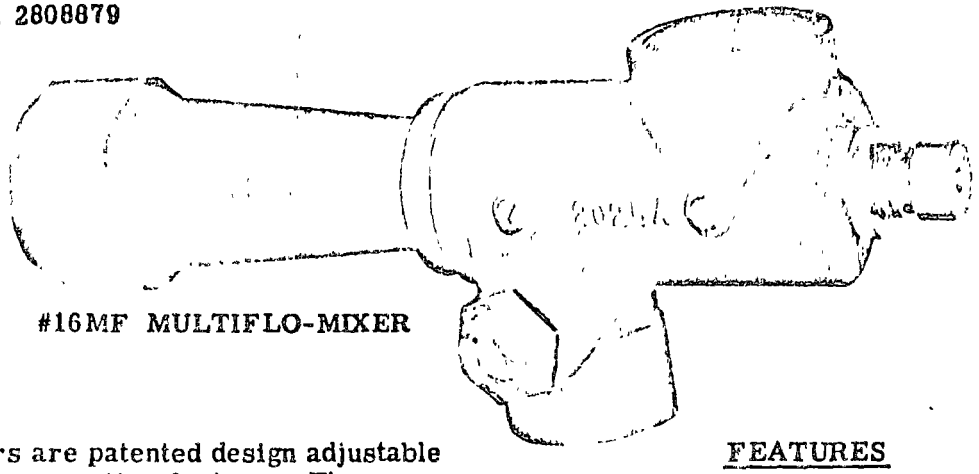


pyronics inc.
COMBUSTION FOR INDUSTRY
17799 MILES AVENUE • CLEVELAND 28, OHIO
PHONE: 663-8800
Litho. in U.S.A.

MULTIFLO-MIXERS

1" to 3" SIZE

U.S. Pat. No. 2808879



#16MF MULTIFLO-MIXER

Multiflo Mixers are patented design adjustable high efficiency proportional mixers. The energy of the air passing through the jet produces a suction to entrain a combustible gas and deliver the mixture to the burners.

The patented Air Adjuster provides wide capacity ranges in the same size mixer. A simple hand adjustment changes the air capacity and matches the mixer to the burners.

The Multiflo Mixer uses a Zero Regulator (See data sheet 13C-1) to regulate the gas flow in correct ratio to air flow. A butterfly air valve (see data sheet 13A-1) in the air lines is used to vary air flow and heat output of the mixer. This valve may be operated by automatic control devices.

FEATURES

1 - Patented Air Adjuster matches any burner area within its range - over 2-1/2 to 1 change.
2 - Individual burner adjustments on common mixer now possible.
3 - Optimum shape factors in air jet and entraining throat are fixed - no jets, sleeves, rods, etc., to change.
4 - Compact, rugged, heavy duty construction.
5 - Constant high entrainment efficiency in all ranges.
6 - Axial adjustment of air tube balances the mixture pressure to the burners.
7 - Air to gas ratio easily set and held.
8 - Single valve control of heat input.

- CAPACITY TABLE -

CATALOG NUMBER	MIXER PIPE SIZE	CAPACITY RANGES (1000 BTU/HR) AT VARIOUS AIR PRESSURES AT 100% AERATION.					
		4 OZ	8 OZ	12 OZ	16 OZ	24 OZ	32 OZ
			MINIMUM MIXTURE PRESSURES				
		2"WC	4"WC	6"WC	8"WC	12" WC	16"WC
		35	45	55	65	80	90
8 MF	1"	80	110	140	160	195	220
		70	100	120	140	170	200
12 MF	1-1/2"	150	210	260	300	365	420
		130	185	225	260	315	370
16 MF	2"	280	400	485	560	685	800
		250	350	435	500	510	700
24 MF	3"	750	925	1130	1300	1585	1825

CAPACITY MULTIPLIER TABLE

PERCENT AERATION (Primary Air)	50%	60%	70%	80%	90%	100%	110%	120%
CAPACITY MULTIPLIER	2.0	1.67	1.43	1.25	1.1	1.0	.91	.83

Copyright 1958

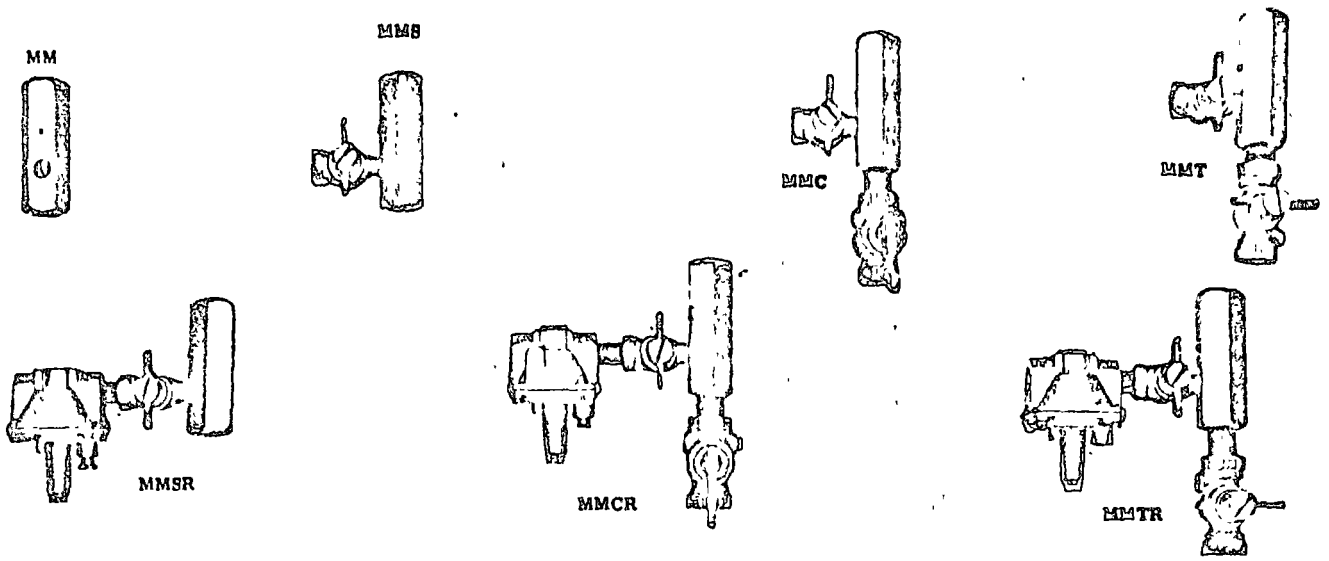
Litho. in U.S.A.

pyronics inc.
COMBUSTION FOR INDUSTRY

MIDGET MIXERS

PROPORTIONAL MIXERS

44



MIDGET MIXERS

Bryant Midget Mixers are small size suction type proportional air-gas mixers. Air passing through the jet produces a suction in the throat section to entrain a fuel gas.

The quantity of gas entrained is easily set by the adjuster plug in the gas cock. Once set the fuel to air ratio remains constant over a wide range of air flows.

A Zero Governor (see data sheet 13C-1) can be used to regulate the gas flow in correct proportion to the air flow. Zero Governors maintain their outlet pressure at precisely atmospheric at all gas flows.

Total heat input of the mixture delivered to the burner system is controlled by a single valve in the combustion air line. This valve may be motor operated for automatic process control.

The MMCR and MMSR assemblies include a correctly sized midget Zero Governor. The accuracy of these units permits turndown ranges up to 3 to 1 on a capacity basis. Where wide turndown ranges are required or where a number of mixers are connected to a single governor, the Bryant "BZR" or "G. P. A." series Zero Governors (see data sheet 13C-1) are recommended.

CAPACITY TABLE

CATALOG NUMBER	OUTLET PIPE SIZE	MINIMUM BURNER PORT AREA*	CAPACITIES IN 1000 BTU/HR FOR VARIOUS AIR PRESSURES BASED ON 100% PRIMARY AIR			
			4 oz.	8 oz.	16 oz.	24 oz.
			MIXTURE PRESSURE INCHES W.C.			
			2"	4"	8"	12"
1 MM	1/8"	.0264	3.5	5	7	8.5
2 MM	1/4"	.0515	7	10	14	17
3 MM	3/8"	.0671	9	12	18	22
4 MM	1/2"	.0971	14	19	27	33
6 MM	3/4"	.1820	25	35	50	61

*Based on 90% coefficient of discharge.

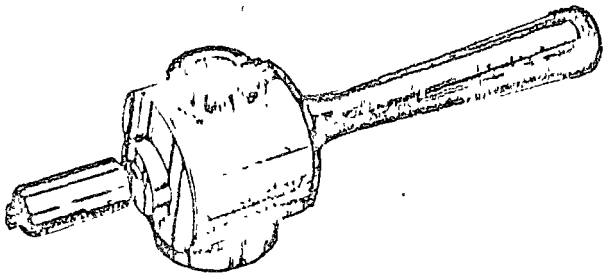
pyronics inc.
COMBUSTION FOR INDUSTRY
17700 MILES AVENUE • CLEVELAND 28, OHIO
PHONE: 662-0800

Litho in U.S.A.

45

DUO-MIXERS
(WESTERN-PYRONICS)

DATA SHEET
NO. B-5
PAGE NO. 1

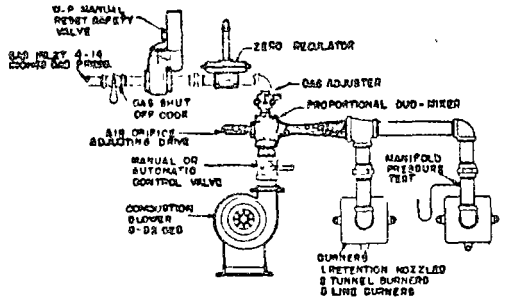


FEATURES

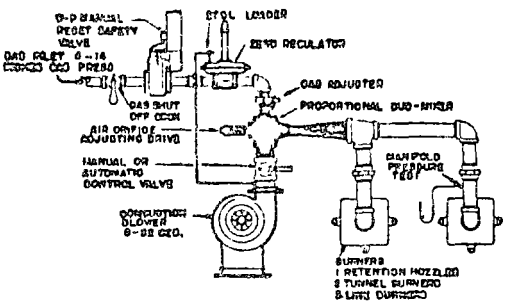
THE CARBURETOR OF THE COMBUSTION SYSTEM

- FOR USE WITH ANY COMMERCIAL GAS.
- SWITCH FROM ONE KIND OF GAS TO ANOTHER WITHOUT ORIFICE CHANGE.
- USED AS A LOW PRESSURE MIXER (MIXING TEE) OR AS A PROPORTIONAL MIXER.
- PRECISE AND VERSATILE.

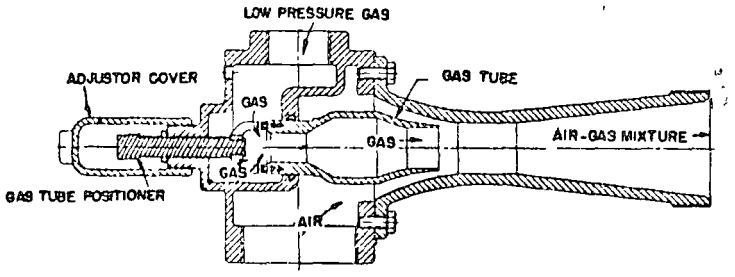
TYPICAL DUO-MIXER *(PROPORTIONAL)* LAYOUT



TYPICAL DUO-MIXER *(MIXING TEE)* LAYOUT



DUO-MIXER ADJUSTMENT



DUO-MIXERS *(PROPORTIONAL)* ADJUSTMENT

1. Power Combustion Air Blower (check that blower impeller rotation is correct) and Open Air Butterfly Valve to full open position.
2. Remove Adjustor Cover on Duo-Mixer and adjust for desired manifold pressure (cw decreases flow and manifold pressure, ccw increases flow and manifold pressure).
3. Remove pressure tap on Gas Adjuster, or at some point between gas shut off Valve and Mixer to check for suction. If no suction, screw mixer air adjuster ccw until suction is evident.
4. Using Air Butterfly Valve, reduce manifold pressure to .5" W.C. and slowly open Gas Valve until Burner ignites.
5. Adjust Gas Adjuster to obtain desired air/gas ratio and tighten lock nut of Gas Adjustor and replace cap.
6. Tighten Lock Nut on Air Adjustor on Mixer and replace cover.

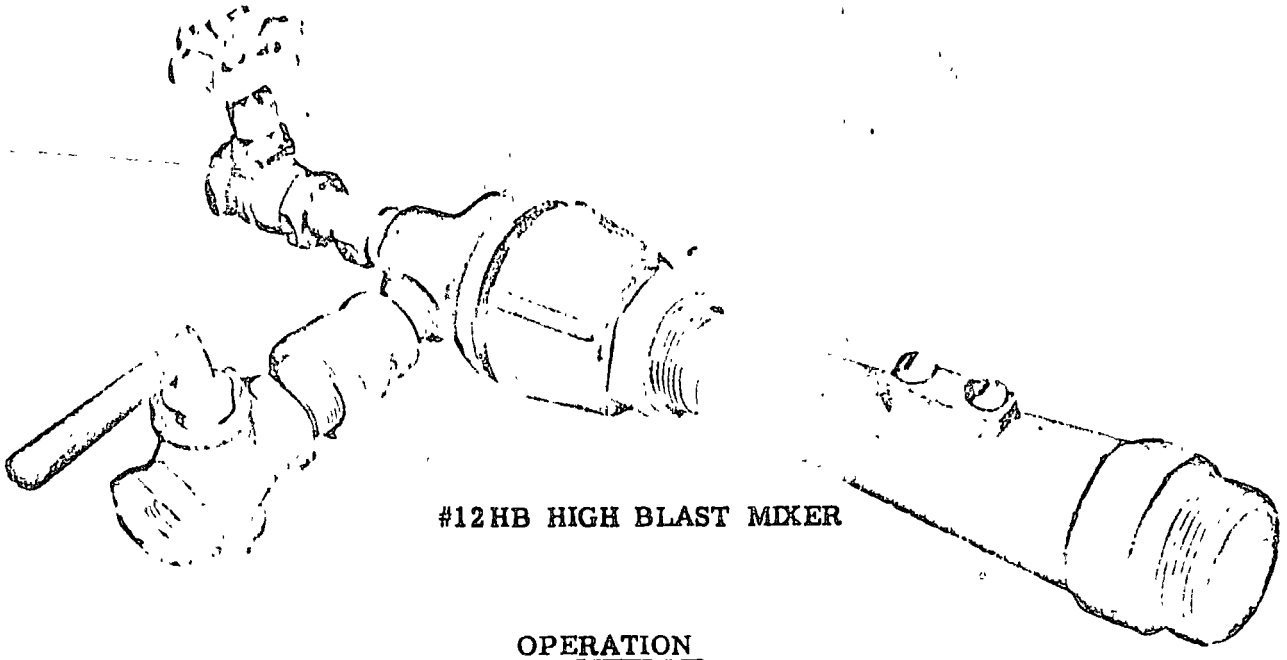
DUO-MIXERS *(MIXING TEE)* ADJUSTMENT

1. Powe. Combustion Air Blower (check that blower rotation is correct) and open Air Butterfly Valve to full open position).
2. Remove Adjustor Cover on Duo-Mixer and turn ccw to full open position, lock in position and replace cover.
3. Determine minimum Gas Pressure, remove Pipe Plug on 2TDL Loader Assembly and install low pressure gauge in tap with Air Butterfly Valve full open, loosen lock nut on Needle Valve and turn Adjusting Screw until Pressure Gauge is approximately 1" W.C. less than minimum Gas Pressure, tighten lock nut.
4. Using Air Butterfly Valve, reduce manifold pressure to .5" W.C. and slowly open Gas Valve until Burner ignited.
5. Adjust Gas Adjuster to obtain desired air/gas ratio and tighten lock nut on Gas Adjuster and replace cap.

pyronics inc.
COMBUSTION FOR INDUSTRY
17700 MILES AVENUE • CLEVELAND 28, OHIO
PHONE

Litho. in U.S.A.

HIGH BLAST MIXERS



#12HB HIGH BLAST MIXER

OPERATION

Bryant High Blast Mixers are compact air/gas mixers used in installations where high pressure air is available. These economical units are ideally suited to manual control operation for a wide range of heating applications where low pressure air is not available.

High Blast Mixers use small amounts of high pressure air (approximately 10%) to pickup incoming gas at the mixer.

Air at 20 to 100 p.s.i. is passed through a primary modified venturi which inspirates an equal amount of gas and elevates its pressure. The resultant mixture of one part air and one part gas is delivered to the main orifice at approximately 40% of the inlet air pressure.

The Bryant Hijector (the main venturi of the High Blast Mixer) efficiently entrains large quantities of combustion air and delivers the mixture to the burner system. The mixture produces a hard, sharp, clear blue, typical blast flame. The high pressure air valve and primary air shutter provide for wide ranges of adjustment.

Injector type design of high pressure stage prevents air feed back into the gas line. Capacities listed in the table are for 90% primary air and may be increased where adequate secondary is available.

CAPACITY TABLE

GAS IN 1000's BTU/hr. AND AIR IN CFM

CATALOG NUMBER	MINIMUM BURNER AREA SQ. INCHES	AIR PRESSURE IN P.S.I. 20		40		60		80		100		120	
		AVERAGE MIXTURE PRESSURES INCHES W.C. 2.5"		5"		7.5"		10"		12.5"		15"	
		GAS	AIR	GAS	AIR	GAS	AIR	GAS	AIR	GAS	AIR	GAS	AIR
6 HB	.19	40	.8	55	1.2	68	1.5	80	1.7	87	1.9	95	2.1
8 HB	.30	65	1.8	90	2.4	110	3.0	125	3.4	140	3.8	156	4.2
10 HB	.67	145	3.9	205	5.5	250	6.8	290	7.8	325	8.7	355	9.5
12 HB	1.06	230	5.3	320	7.3	395	9.0	450	10.4	500	11.5	555	12.6
16 HB	1.85	400	7.1	565	10.0	700	12.3	800	14.2	880	15.8	980	17.3
20 HB	2.49	550	9.8	770	13.8	950	17.0	1100	19.6	1220	21.8	1330	24.0
24 HB	3.25	680	12.3	960	17.3	1180	21.4	1360	24.6	1520	27.4	1660	30.0
32 HB	5.54	1200	20.5	1690	28.8	2080	35.6	2400	41.0	2680	45.5	2920	49.8

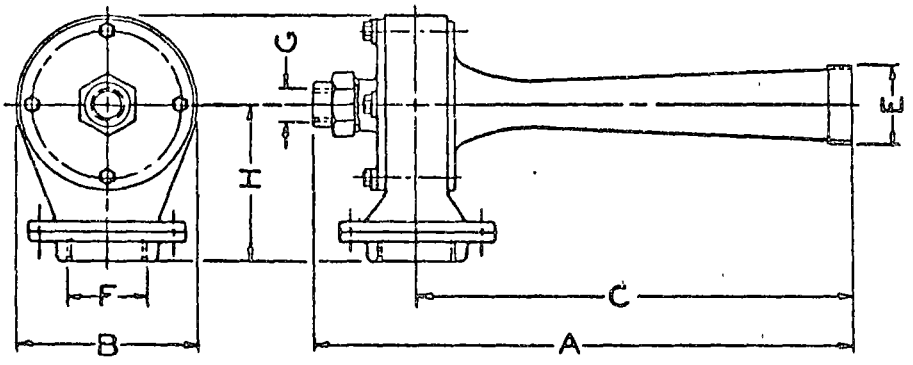
High Pressure Duo-Mixer

APPLICATION ENGINEERING DATA

Thoroughly premixes air and gas for delivery to Western Multiport Line Burners, Flame Retention Nozzles and other premix flame retention devices. The fuel-air ratio and firing rate are controlled automatically by the Western Duotrol Valve.

Generally recommended where high pressure gas is available from 3 to 20 psig. Supply pressure must be at least 16 ozs. higher than the combustion air pressure. The mixers unique design takes advantage of the kenetic energy in the fuel and promotes a higher mixture pressure for a given combustion air pressure.

Maximum capacities are shown on the reverse side. The spur orifice size is obtained by knowing the maximum gas flow required and the supply pressure that will be at the spud at this flow rate and then referring to the High Pressure Inspirator spud tables.

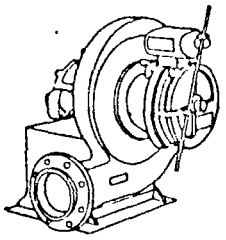


SIZE		1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	4"	5"	6"	8"
A Inches	Short Tube		9-7/8	10-7/8	12-7/8	14-5/8	17-1/8	21-3/4	25-7/8	38-5/8
	Long Tube	12	14-1/4	15-15/16	19-3/8	22-3/8	26-5/8	30-1/2	34-3/4	50-5/8
B Inches		4-3/4	4-3/4	4-3/4	6-1/2	6-1/2	6-1/2	9-1/8	9-1/8	10-3/4
C Inches	Short Tube		6-5/8	7-9/16	9-3/8	11-1/4	13-5/8	17-3/8	21-1/2	30-1/4
	Long Tube	9-1/4	11	12-11/16	15-7/8	18-7/8	23-1/8	26-1/8	30-3/8	42-1/4
D Inches		2-3/4	3-1/4	3-1/4	3-1/2	3-1/2	3-1/2	4-3/8	4-3/8	8-3/8
E Inches		1-1/4	1-1/2	2	2-1/2	3	4	5	6	8
F Air Inlet		1-1/4	1-1/2	2	2-1/2	3	4	5	6	8
G Gas Inlet		1/2	3/4	3/4	1	1	1	1-1/4	1-1/4	1-1/2
H Inches		4-1/8	5	5	5-11/16	5-11/16	6-1/2	8-5/16	8-5/8	9-3/8
Wt., Lbs.		10	12	14	27	32	43	85	95	115

MOTOR MIXERS
(WESTERN-PYRONICS)

THE MOTOR-MIXER IS OFFERED IN THREE MODELS, EACH WITH ITS OWN DISTINCT ADVANTAGE.....

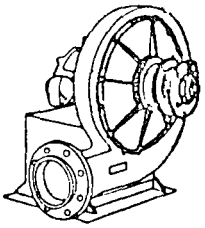
MT SERIES
FOR MODULATING CONTROL



The Model MT Motor-Mixer is equipped with the WPI "Mixtrol" Air-Gas proportioning and regulating valve. A simple field-adjustment adapts the Motor-Mixer to individual characteristics of any commerical gas. The Mixtrol Valve has no springs or sliding parts which are subject to wear and operational failures.

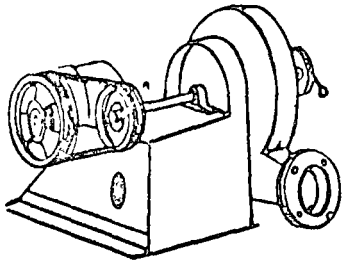
The Model MT Motor-Mixer is used where application requires frequent adjustments in firing rate for accurate temperature control.

MS SERIES
FOR ON-OFF CONTROL



The Model MS Motor-Mixer is recommended for applications which require only a fixed and steady firing rate. The model "S" valve provides for separate adjustment of air and gas supply. The simplicity of design makes possible a very low initial cost.

MTB SERIES
BELT DRIVEN MODELS



The Model MTB Motor-Mixer is available for use with 25 cycle or 50 cycle power supply. Prices and specifications will be furnished on request.

Motor-Mixer...

all in one rugged, compact, easy-to-use unit

- COMBUSTION AIR BLOWER
- AIR-GAS MIXER
- PROPORTIONING VALVE
- FIRING RATE CONTROL
  Manual or Automatic

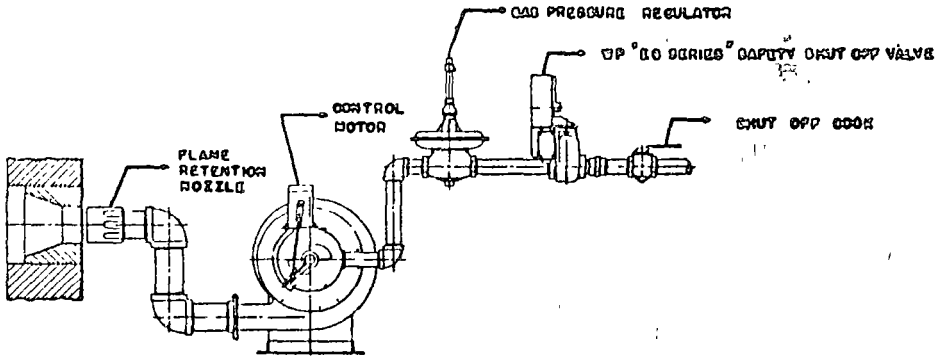
READILY ADAPTABLE TO ANY GAS FUEL
At 2 To 8 Oz./Square Inch or Higher

For Firing...

OVENS	TANKS
FURNACES	DRYERS

There's nothing to get out of order . . . nothing to wear or require maintenance. . .in the new patented design of the Western-Pyronics Motor-Mixer. Its only moving part, the gas nozzle, moves easily. Only a small control motor is needed to regulate the Motor-Mixer. The design eliminates sticking or binding -- even a dirty atmosphere.

TYPICAL INSTALLATION

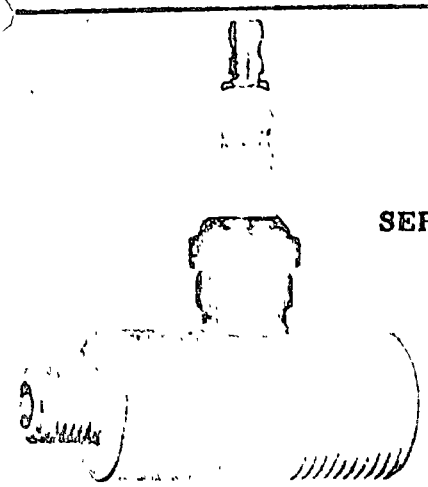


The above illustrates simplicity of piping arrangement for Motor-Mixer installation. A gas regulator is recommended to supply a uniform gas pressure. A WP Safety Shut-Off Valve should be used to immediately cut the fuel supply in event of power or flame failure.

Motor-Mixer nozzle or burner systems can range from the simple single nozzle (illustrated above) to a more complex manifold system feeding several burners. They can be used to feed Pyrolins, Multiport Burners, Tunnel Burners, etc.

BLAST TIPS
STEEL OR ALLOY

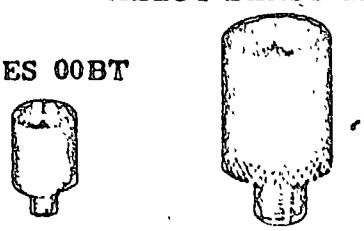
49

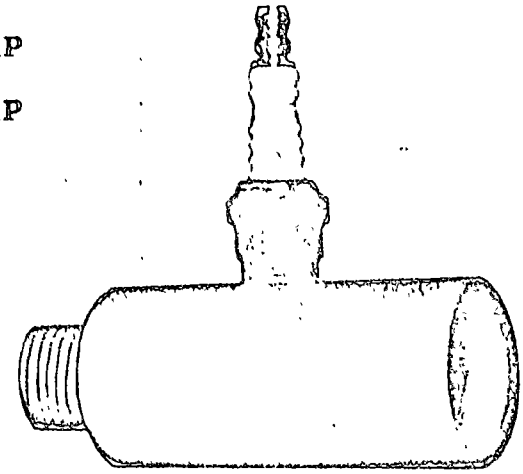


SERIES BTSA
SPARK IGNITED ALLOY
TIP WITH EXTERNALLY
THREADED SHELL

SERIES BT
STEEL BLAST TIP
SERIES BTA
ALLOY BLAST TIP

SERIES 00BT





SERIES BTS
SPARK IGNITED
STEEL BLAST TIP

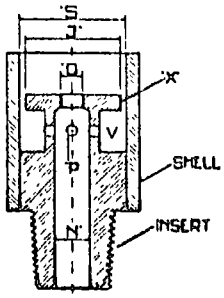
NOMINAL CAPACITIES - ALL SERIES TIPS

Catalog Number Series	Inlet Pipe Size	1000 Btu/Hour at Various Mixture Pressures - Inches W. C.							
		3	6	9	12	18	24	30	36
#1 BT, BTA, BTS, & #41 BTSA	1/8"	5.5	7.7	9.5	11.0	13.5	15.4	17.4	19.0
#2 " " " " #62 "	1/4"	10.6	15.0	18.4	21.2	26.0	30.0	34.0	37.0
#3 " " " " ---	3/8"	14.0	20.0	23.0	28.0	34.0	40.0	44.0	48.0
#4 " " " " #84 "	1/2"	20.0	29.0	35.0	40.0	50.0	58.0	64.0	70.0
#00 BT - 46	1/4-28 NF	2.8	4.0	4.9	5.6	6.5	8.0	9.0	9.8
#00 BT - 55	1/4-28 NF	2.1	2.9	3.6	4.2	4.8	5.9	6.7	7.3

DESCRIPTION

Bryant Blast Tips are accurately machined and assembled to close specifications. Their design has been proved by long use and extreme tests. Series BT Tips made from cold rolled steel are suggested for most applications. Where the tips may be subjected to a great deal of radiant heat or considerable back pressure, the Series BTA made of heat resisting alloy is recommended.

Both series are identical in design and tested to operate satisfactorily at high mixture pressures where most tips lose the flame entirely. They are simple to install and will operate with a wide range of mixture quality. If used with rich mixtures, ample secondary air must, of course, be supplied to complete combustion.



These tips, arranged on suitable pipe manifolds, or heads, may be used for roll heating, flame hardening, annealing, preheating, soldering, or other localized heating. Also for firing tin pots, varnish kettles, tanks, ovens, furnaces and numerous other types of equipment.

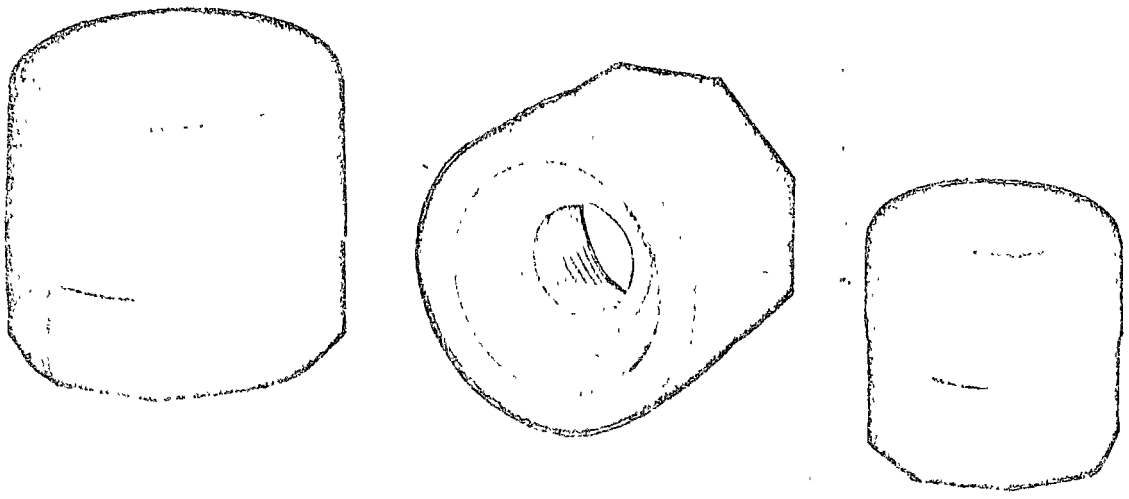


pyronics inc.
COMBUSTION FOR INDUSTRY

Copyright 1955

FLAME RETAINING GAS BURNER NOZZLES-FR SERIES

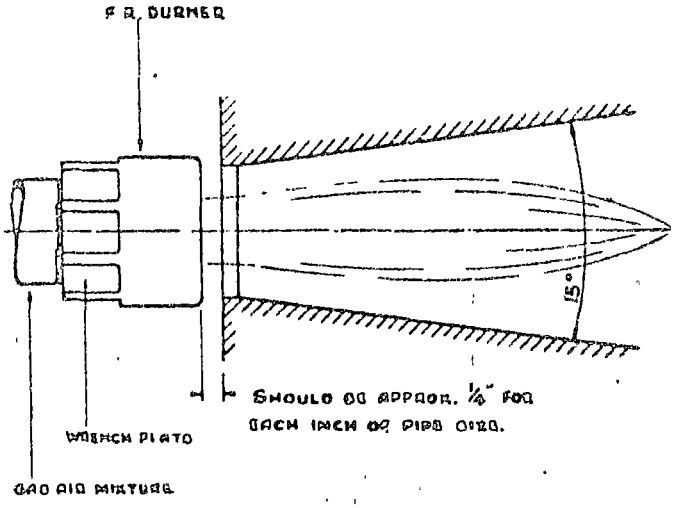
5-0



CAPACITY TABLE *

Catalog Number	Pipe Size	1000 BTU per hour at various mixture pressures Inches W.C.					
		3	6	9	12	18	24
6FR	3/4"	45	60	75	85	110	125
8FR	1"	70	100	125	140	175	200
10FR	1-1/4"	160	225	280	315	390	450
12FR	1-1/2"	250	360	440	500	620	720
16FR	2"	440	620	760	875	1075	1240
20FR	2-1/2"	590	840	1025	1175	1450	1675
24FR	3"	750	1050	1300	1480	1825	2100
32FR	4"	1300	1850	2280	2600	3225	3720
48FR	6"	2650	3720	4560	5250	6450	7450

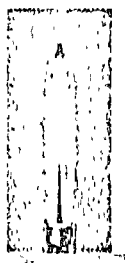
* Based on 80% of Combustion air as primary.



DESCRIPTION

Bryant F.R. Tips are cast iron gas burner nozzles designed specifically to use higher mixture pressures than usual with tips of this type. They have been tested up to 25" with various gases and maintain steady flames at all pressures. They can be used with a wide range of air-gas ratios and have excellent turn-down characteristics.

Special burner blocks are not required as suitable combustion tunnels can be made from any of the high temperature ramming cements. Care should be taken to conform to tunnel dimensions shown and center the burner exactly in the opening, although always allowing room for secondary air entrainment to keep the lip of the burner cool.

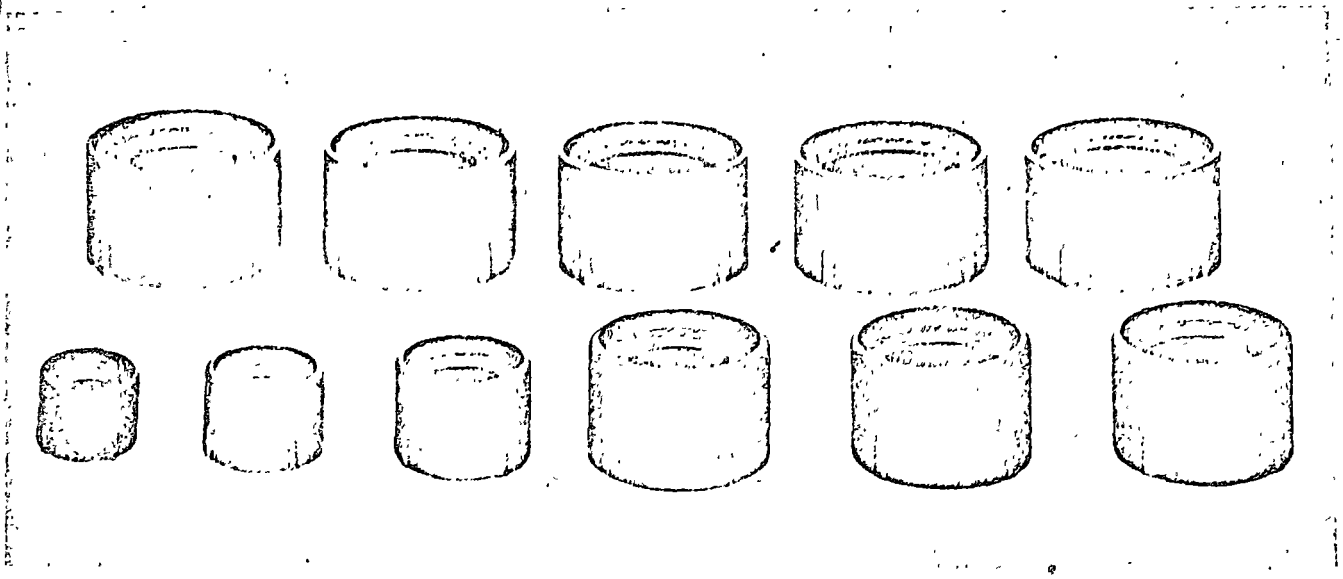


Litho In U. S. A.

pyronics inc.
COMBUSTION FOR INDUSTRY
17700 MILES AVENUE CLEVELAND 28, OHIO
Copr. 1957

"AN" BURNER NOZZLES
ATMOSPHERIC TYPE

51



BRYANT "AN" BURNER NOZZLES
2" Thru 6" Sizes

DESCRIPTION

Bryant AN Nozzles are open type burners designed for high capacities with good flame retention characteristics. High capacities are made possible by the large burner area in relation to the supply pipe size. AN Nozzles are scientifically designed to handle rich gas-air mixtures in high drafts using relatively low mixture pressures as normally developed by gas injectors.

Drilled pilot holes around the main burner opening keep the main burner flame from "blowing off" the burner nozzle. The sizes and location of the pilot holes in the AN Nozzles are accurately worked out so that each pilot flame stool is surrounded by secondary air. Increased draft actually improves the piloting effect as evidenced by installations which are operating as high as 0.5" W.C. draft.

AN Nozzles operate with a bushy rich flame handling mixtures carrying 20 to 60% of total combustion air in the mixture. Adequate draft must, of course, be available to supply the additional air as secondary air around the burner nozzle to complete combustion. Because of large port area and rich mixtures, AN Nozzles must be operated at relatively low mixture pressures. Where lean mixtures at higher pressures are required, use Bryant FR Nozzles (Data Sheet 1B-2a).

Because AN Burner capacities will vary with type of gas, gas pressure, air-gas mixture, and available draft, no burner capacities are shown in this data sheet. For capacities of Bryant Gas Torches which include AN Nozzles, see Data Sheet 1A-5b. These capacities can be used as a guide in AN Nozzle applications.

Continued on Page 2.

EFFECTIVE BURNER AREA

Catalog Number	Pipe Size	Port Area Sq. In.	Catalog Number	Pipe Size	Port Area Sq. In.	Catalog Number	Pipe Size	Port Area Sq. In.
6 AN	3/4"	0.55	20 AN	2-1/2"	4.20	481 AN	6"	14.16
8 AN	1"	0.80	24 AN	3"	6.20	482 AN	6"	16.90
10 AN	1-1/4"	1.35	321 AN	4"	6.38	483 AN	6"	20.03
12 AN	1-1/2"	1.75	322 AN	4"	10.72	484 AN	6"	23.19
16 AN	2"	2.90	323 AN	4"	12.19	485 AN	6"	25.35

Litho in

CAGE BLAST BURNERS

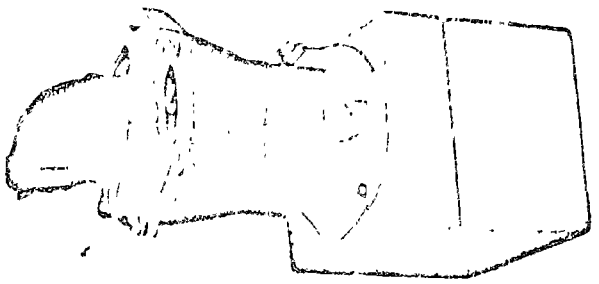
SERIES CB AND CBR FOR BURNING
GAS/AIR MIXTURES AT HIGH MIXTURE PRESSURES

52

Data Sheet
No. 2A-1
Page No. 1



SERIES CB - CAGE BURNER



SERIES CBR - CAGE BURNER

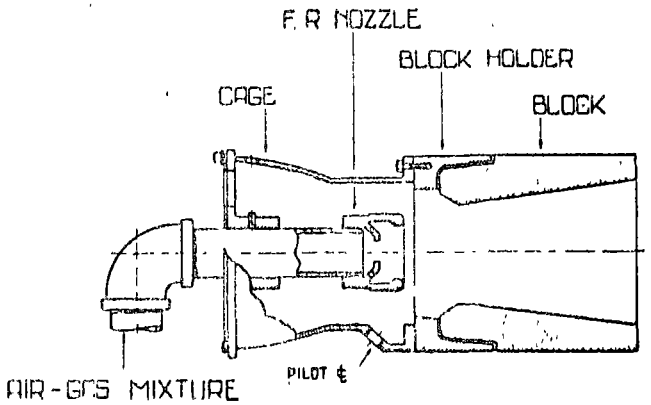
DESCRIPTION

Bryant Series "CBR" Cage Burners are complete assemblies including flame retaining burner nozzle enclosed in mounting cage which is attached to a combustion block cemented into a cast iron holder. The nozzle is held in place by a nipple passing through the back of the cage and supplied with an elbow to simplify attaching to the mixture manifold.

The nipple is held in place by a set screw in the cage which can be tightened after the piping has been completed and the nozzle is properly located to give the best operation. When a pilot is used, the main nozzle location may have to be adjusted to obtain prompt ignition from the pilot.

Bryant "FR" Nozzles will hold flame at unusually high mixture pressures and develop a straight torch like flame producing high temperatures.

Where a suitable firing opening already exists in the furnace wall, the burner and cage may be purchased without the block and holder and the cage mounted directly on the furnace shell. This assembly is called Series "CB".



CAPACITY * TABLE - IN 1000 BTU/HOUR AT VARIOUS MIXTURE PRESSURES

Catalog Number	Mixture Pressure in Inches of Water								Effective Burner** Area - Sq. In.	Approximate Sec. Air Area - Sq. In.
	1"	2"	3"	6"	9"	12"	18"	24"		
6 CB or CBR	26	37	45	60	75	85	110	125	0.182	5.0
8 " " "	41	57	70	100	125	140	175	200	0.294	4.3
10 " " "	92	130	160	225	280	315	390	450	0.666	6.6
12 " " "	146	205	250	360	440	500	620	720	1.059	5.6
16 " " "	255	360	440	620	760	875	1075	1240	1.848	5.9
20 " " "	345	480	590	840	1025	1175	1450	1675	2.486	16.5
24 " " "	440	615	750	1050	1300	1480	1825	2100	3.045	12.4
32 " " "	750	1060	1300	1850	2280	2600	3225	3720	5.533	22.0
48 " " "	1550	2160	2650	3720	4560	5250	6450	7450	11.191	18.0

*Capacities shown are based on gas/air mixtures carrying 80% of total air required for combustion and firing into furnace with practically balanced draft. When heavy drafts are available and long rich flames are permissable, capacities may be increased as much as 50%.

**Burner nozzle coefficient of discharge approximately 75%.

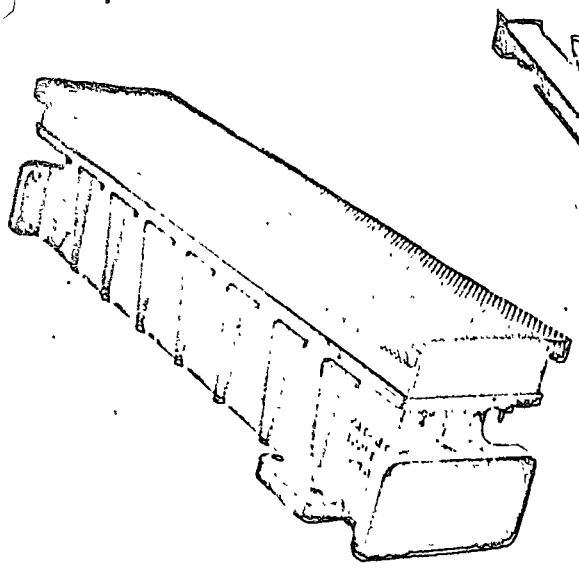


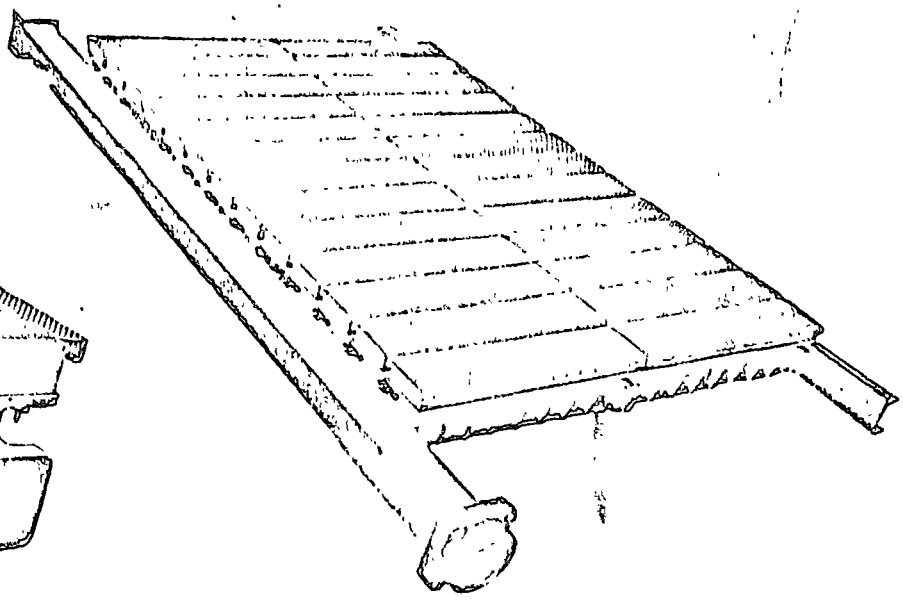
ID-271

Litho In U. S. A.

pyronics inc.
COMBUSTION FOR INDUSTRY

INFRA-RED BURNERS





DESCRIPTION

The Infra-Red Burner is designed primarily for low temperature industrial process heating where heat transfer in the Infra-Red range is highly effective.

The entire top surface of each burner is an Infra-Red generator. Sections are easily coupled together to form continuous lines of radiating surface. Lines of burners may be grouped to form radiating panels of various sizes and shapes.

Flame travel from section to section and between lines is instantaneous so that single point ignition and flame failure protection may be applied.

Infra-Red Burners are designed to operate with completely aerated mixtures at pressures of 1/2" w.c. or higher.

Each section of Infra-Red Burner has two compartments. The lower chamber is the gas-air mixture feed manifold. Mixture pressures may range from 1/2" w.c. to 20" w.c.

The upper section of the Infra-Red generator has an expansion chamber, special burner-diffuser screen and radiating screen. Inconel wire is used in both screens for higher heat releases and long life. The two screens are fabricated into one easily removable assembly for cleaning or replacement.

The gas and air mixture burns between the two Inconel screens with the heat of combustion raising the temperature of the screens to the most effective radiating point.

Between the two chambers of each Infra-Red Burner is a simple, unique design metering orifice and mixture distributor. The adjustable distributor permits profile or contour heat patterns in any burner grouping.

USES

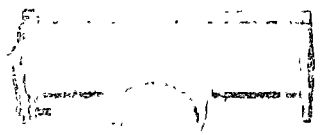
INFRA-RED BURNERS ARE APPLIED TO:

1. Paint and enamel drying.
2. Ink drying.
3. Drying porcelain frits on metals.
4. Over-glaze drying on bisque ware.
5. Core baking - particularly with resin binders.
6. Drying coatings on paper.
7. Railroad car thawing.
8. Die preheating.
9. Preheating of some metals.
10. Drying moving metal strips or sheets.
11. Textile drying, both yarn and woven cloth.
12. Heating plastics for lamination or forming.
13. Curing plastic and plastisole on metals.
14. Skin drying of foundry molds.
15. Other processes requiring temperatures up to 800°F.
16. Area heating.

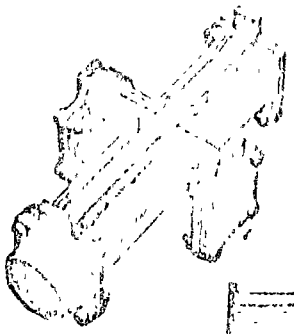


Copyright 1960

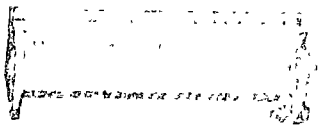
17300 MILES AVENUE • CLEVELAND 28, OHIO
PHONE: 662-8800



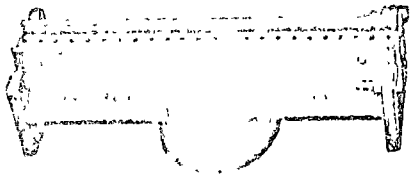
12LS



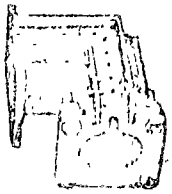
126LX



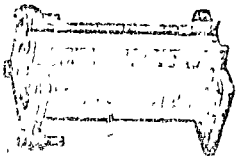
12L



12LB



6LE



6L

DESCRIPTION

Bryant PYRO-LINE Burners are cast iron, drilled port continuous line burners with steel or alloy side rails. Unique mounting of side rails improves flame retention and allows cooler burner operation under higher ambient temperature.

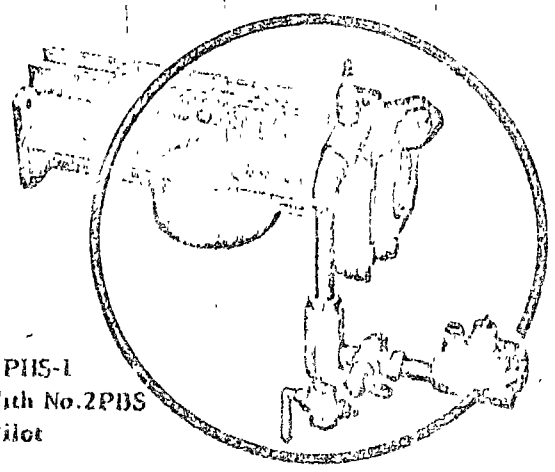
Burners are available in 12" and 6" Straights and 12" Bottom or Side Inlets. The 12" x 6" Cross and 3" x 3" 90° Elbow make possible almost any arrangement of Burner assemblies.

PYRO-LINE Burners will operate at mixture pressures up to 40" w. c., and perform best with 70% to 80% aeration, but other air-gas ratios can be used.

At normal mixture pressures Burner flames are very stable in air stream velocities up to 5000 f. p. m. Where Burner must be operated below 1" w. c. mixture pressure, limit air velocity to 1200 f. p. m.

Flame travel is instantaneous from section to section, without the necessity of crossover strips.

The Universal Pilot Mounting Bracket bolts to any flange on either side of the burner. Provides location for single point spark ignition and flame protection.



LPHS-1
With No. 2PHS
Pilot

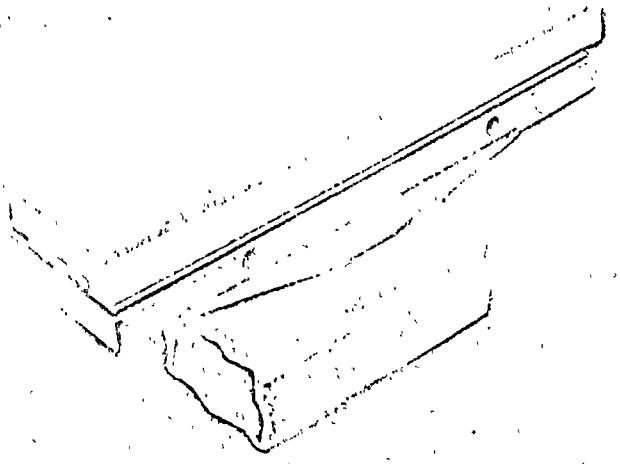
Data Sheet L-6

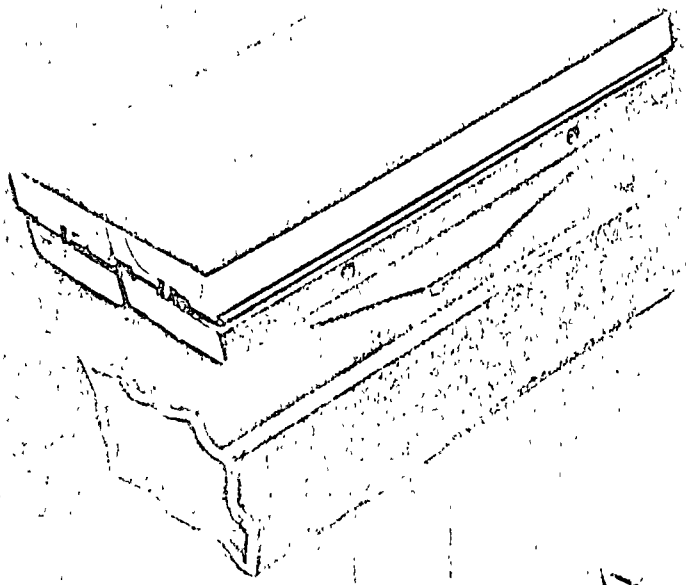
55

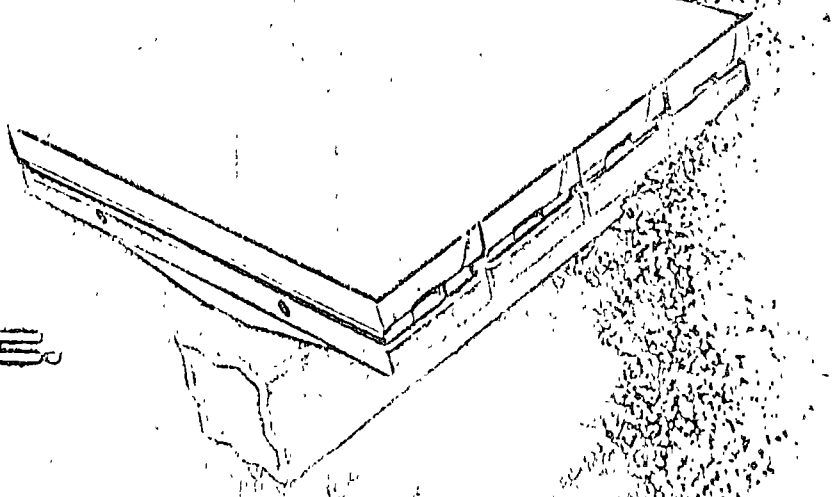
pyronics

RL-130
RADIANT LINE BURNERS

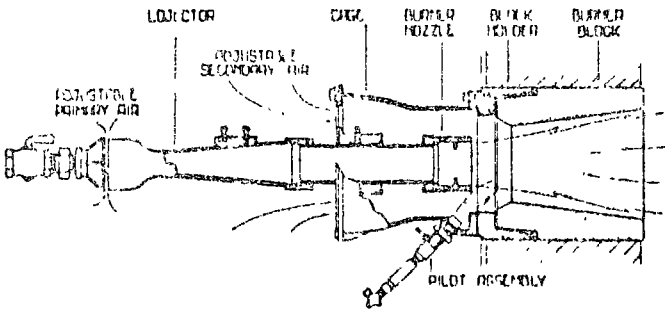
- Refractory Combustion Head
- 100% Radiating Ceramic Surface
- Stable Combustion from 0.1" to 30" wc mix. press.
- Functionally Superior Modular Design
- Surface Temp. Range 1600° to 2200° F.
- Single Socket-Screw Mounting
- Withstands High Air Velocities







PYRONICS INC.
17700 MILES AVENUE
CLEVELAND 28, OHIO



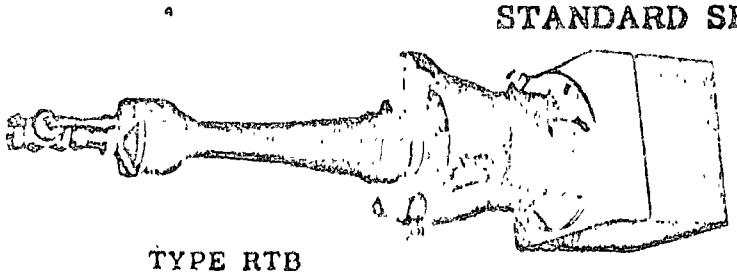
Bryant Torches are now made up in three series - Standard, Medium-Pressure and Hi-Pressure. The chief differences in construction and operation are based on gas pressure requirements and primary air-gas ratios as described below. These factors affect capacity, flame lengths and in fact all operating characteristics. All series are made up in various assemblies, including mounting cages, combustion blocks and pilots, (See page 8) to fit almost any job requirement.



#185 MEDIUM PRESSURE TORCHES APPLIED TO 125 HP BOILER

The charts on the following pages cover the important operating characteristics of the three Bryant Torch Series and show the important physical features of each. For detailed description of each series and for capacity tables see Pages 3 and 4.

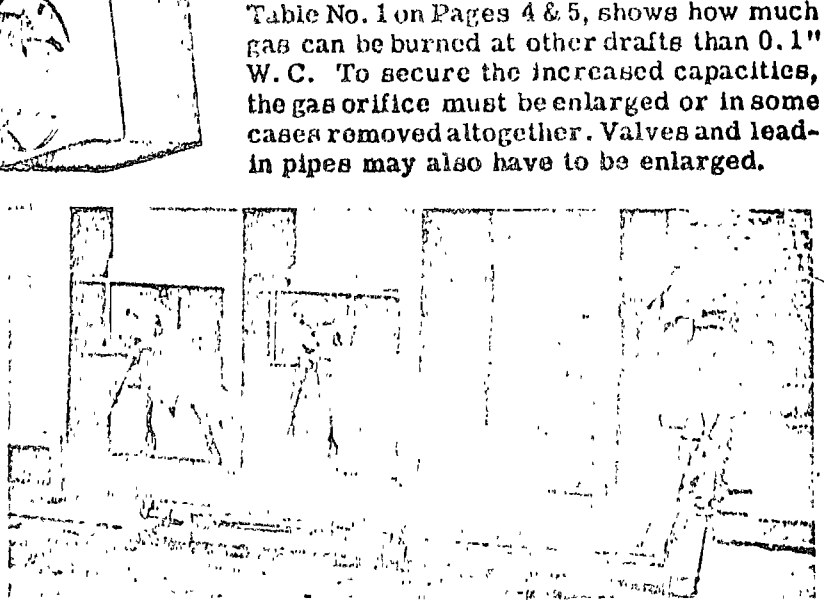
STANDARD SERIES



TYPE RTB

The Multiplier Table at right of Capacity Table No. 1 on Pages 4 & 5, shows how much gas can be burned at other drafts than 0.1" W.C. To secure the increased capacities, the gas orifice must be enlarged or in some cases removed altogether. Valves and lead-in pipes may also have to be enlarged.

STANDARD SERIES TORCH BURNERS are made up of Bryant Lojectors, lever-handled gas cocks, AN Burner nozzles, mounting cages, pilots and blocks in cast iron holders, assembled as required. They are designed for low pressure gas at normal city pressures. Because they depend mainly on draft for most of the combustion air required, their capacity can only be increased by increasing the draft through the burners.



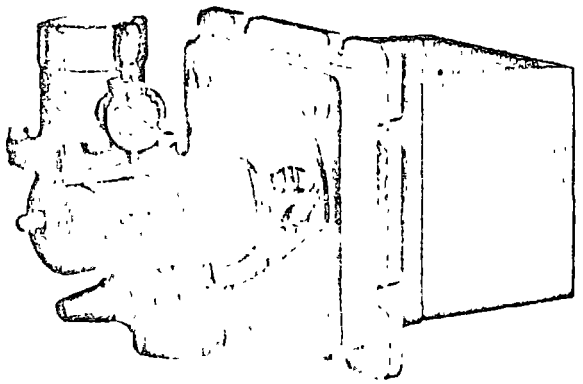
STANDARD TORCH BURNERS ON SAND DRYER

Litho in U.S.A.

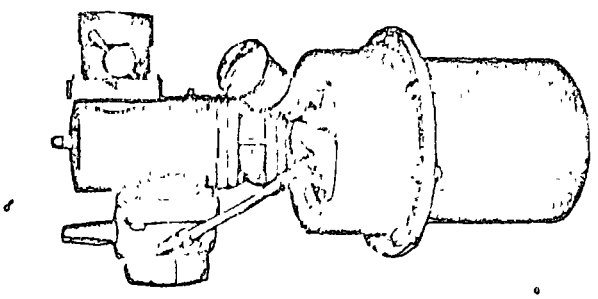
ID-331

pyronics inc.
COMBUSTION FOR INDUSTRY
Copr. 1957

NOZZLE-MIX BURNERS
TOTALLY ENCLOSED

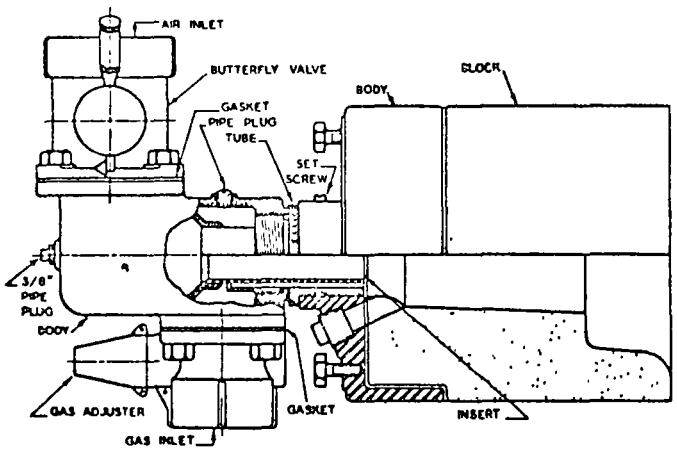


#512NM-B
NOZZLE MIXJECTOR BURNER



#532NM
NOZZLE MIXJECTOR BURNER

Bryant Nozzle Mix Burners are short flame high capacity units designed for extremely wide turn-down ranges. Since gas and air are mixed only at the point of discharge, flashback is prevented.



Nozzle Mix Burners have high internal velocities and maximum turbulence in the burner block, resulting in short stable flames.

These burners develop maximum capacity rating at low air pressures. Economical four ounce blowers are adequate. Minimum gas pressure for all standard fuel gases is 4" w.c. at the burner.

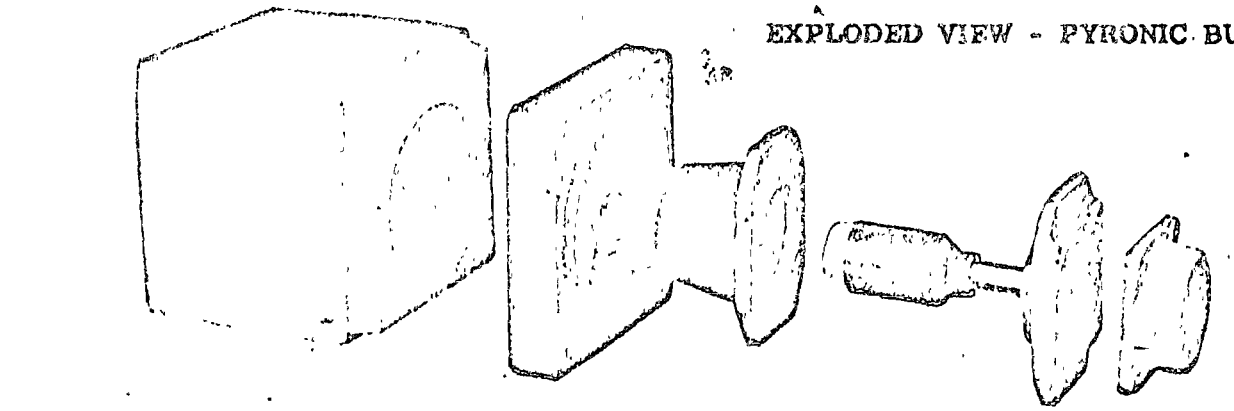
Automatic control of heat input is easily obtained using a Motorized Butterfly Valve (see Data Sheets #13A-1 and #13A-4). The gas input will be automatically proportioned by a Balanced Gas Regulator and #2TDL Loader (see Data Sheet #13C-1, page 3). Multiple burner systems use a master air control valve and gas regulator for each burner group.

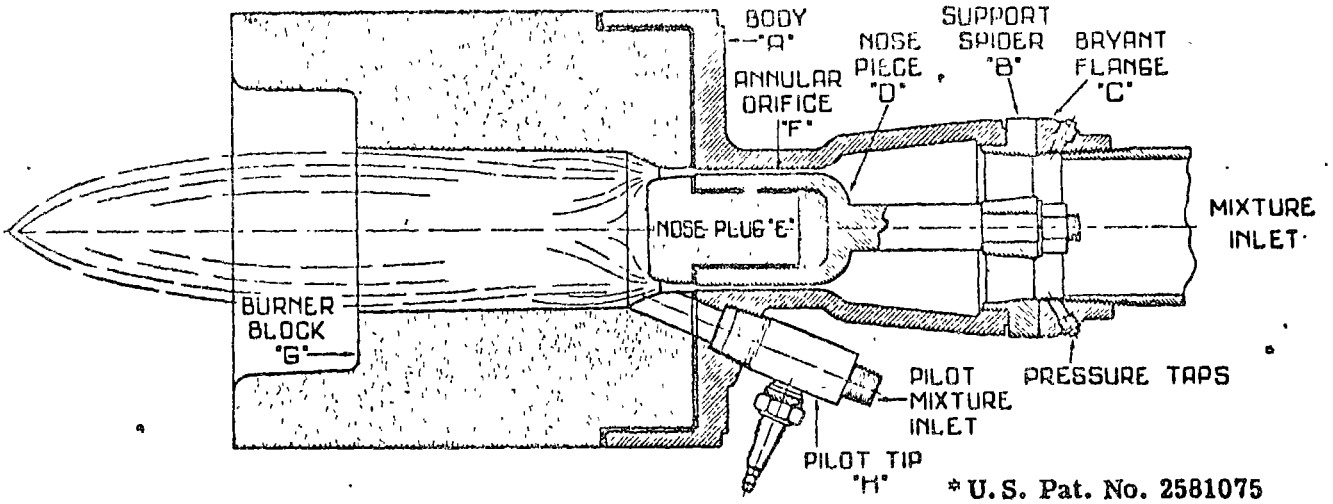
CAPACITY TABLE

BURNER CATALOG NUMBER	AIR PIPE SIZE	GAS PIPE SIZE	MAX.GAS CAPACITIES IN 1000's BTU/hr. AT VARIOUS AIR PRESSURES AT THE BURNER				
			1/2 oz.	1 oz.	2 oz.	3 oz.	4 oz.
8NM	1-1/4"	3/4"	56	100	140	175	200
12NM	2"	1-1/4"	140	250	350	435	500
20NM	3"	2"	280	500	700	865	1000
32NM	4"	3"	700	1000	1400	1730	2000
48NM	6"	3"	1700	3000	4250	5200	6000

Capacities listed are for 100, 400, or 500 series.
For 700 series capacity is reached at double air pressure listed.

EXPLODED VIEW - PYRONIC BURNER





* U.S. Pat. No. 2581075

PYRONIC TUNNEL BURNERS

Pyronic Tunnel Burners will burn any standard fuel gas at mixture pressures ranging from 0.1" to 60" W.C. Exclusive, patented design of refractory plug "E" and combustion tunnel insures smooth stable operation. The long annular orifice "F" eliminates back firing even at very low mixture pressures.

Turbulence created by the nose plug and the stepped burner block "G" provides positive flame retention at high mixture pressures with shorter flame length and higher heat release.

Pyronic Tunnel Burners are easily lighted at any mixture pressure. The pilot tip "H" is screwed into the body to insure permanent and correct location of the pilot flame. A second threaded hole is provided for accurate location of flame electrodes at the junction of the pilot and main flame.

Integral flanged units are available for pressurized furnaces. (See Page 2).

Flange connection of nose piece "D" and support spider "B" with flange "C" provides:

1. Capacity changes without removing burner from furnace.
2. Simplified piping . . . no unions required.
3. Mixture pressure test tapping at each burner.
4. Combustion tunnel inspection without removing burner from furnace.



pyronics inc.
COMBUSTION FOR INDUSTRY
17700 MILES AVENUE • CLEVELAND 28, OHIO
PHONE: 663-2800

Copyright 1956

INCINO-FLAME BURNERS

PACKAGED BLAST BURNERS

DESCRIPTION

Bryant Incino-Flame Burners are compact blast type inshot burners, especially designed for incinerators, furnaces and other miscellaneous heating applications.

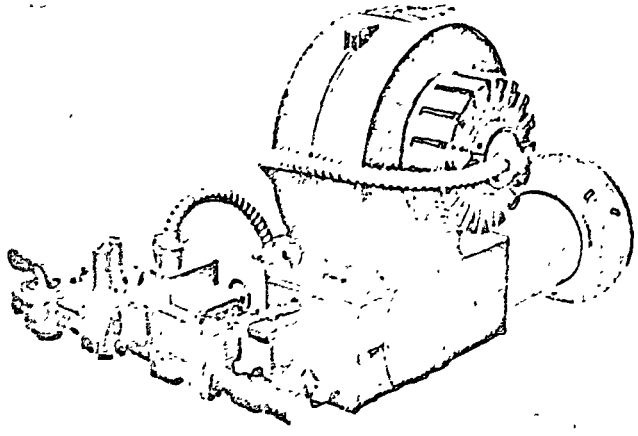
Incino-Flame Burners are available in two capacity ranges and three types of control options. The burners will develop maximum rating with 3" w.c. pressure on all standard fuel gases.

The Model IF 450 has a capacity range from 50,000 BTU/hr. to 450,000 BTU/hr. and the Model IF 600 has a range of 50,000 BTU/hr. to 600,000 BTU/hr.

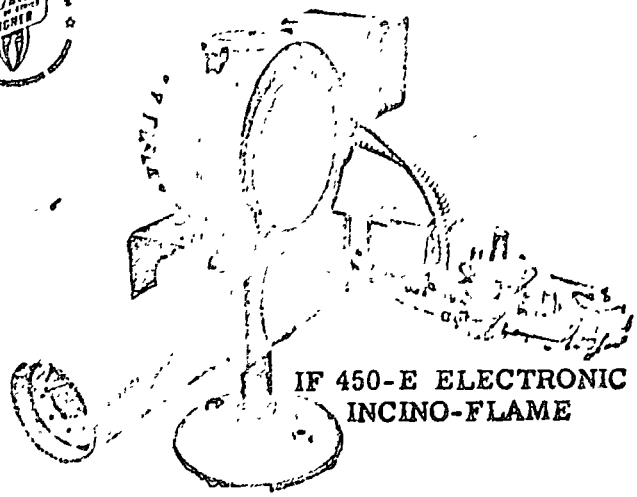
All air for complete combustion is furnished through the fan. Higher capacities are obtainable at higher gas pressure when ample secondary air is available.

Models are available for manual or full automatic control.

All models include the burner, blower and motor, air control shutter, pilot, pressure regulator for pilot gas, main gas adjustable orifice, and main and pilot manual gas shut-off valves.



IF 450-S THERMO-ELECTRIC INCINO-FLAME



IF 450-E ELECTRONIC INCINO-FLAME

SPECIFICATIONS

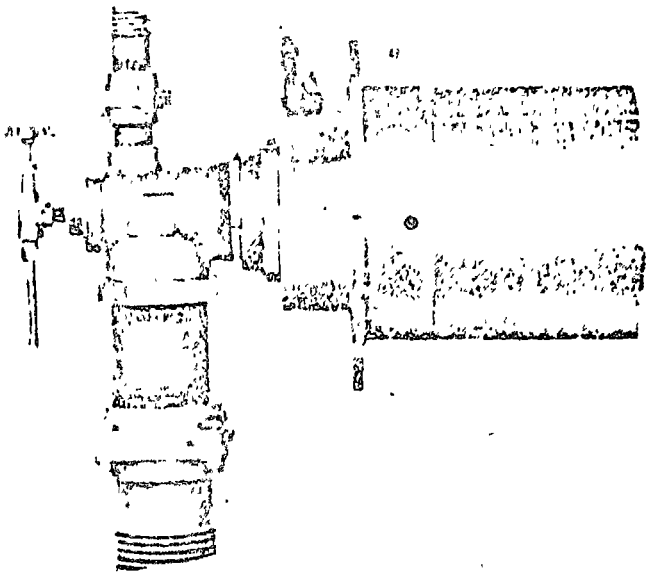
1. Completely assembled and wired.
2. Burner available with fan scroll either up or down.
3. Blower Motors:
   IF 450 - 1/30 H.P., 1600 RPM, 115 Volt, 60 Cycle
   IF 600 - 1/10 H.P., 1600 RPM, 115 Volt, 60 Cycle
4. Manual and Thermo-Electric Control models use trouble-free flash tube ignitor and constant burning pilots. No hot wire coils to burn out.
5. Electronic Flame Safety Control models include spark ignition of cycling pilots.
6. Blast type pilot burner is stabilized for high and low draft operating conditions. No baffles or air shields are used.
7. Complete burner head and pilot assembly easily removed for cleaning or inspection.
8. Air flow control has positive locking device, maintains correct combustion indefinitely.
9. Unique flame retaining nozzle-mix design for stable combustion without flashback. Does not require refractory combustion tunnels.
10. Main and pilot manual gas valves and pilot pressure regulators are standard equipment.

DUAL FUEL (OIL or GAS)

60

FEATURES

- Burns any fuel gas or oil
- Sealed or Open Firing
- Pilot Flame Rod and Flame Cell Mountings in tapped holes.
- Patented Nebulizing Atomization
- Turndown up to 10 to 1 with single Air Valve Control
- No moving parts
- Predictable flame geometry
- Accurate fuel-air ratio control at all firing rates
- Pressure balanced control system
- Back pressure firing---up to 10 PSIG on sealed models
- Stable flames on either fuel
- Fast Simple change from oil to gas
- Rugged cast iron construction



V. P. BURNERS

Viscosity Recommended Saybolt Universal at 38°C 40
Viscosity Combustible Saybolt Furol at 50.°C 450 Recommended
Y 550. Maximum.

DESCRIPTION

Pyronics VP or SVP Dual Fuel burners are nozzle mixing oil or gas fuel units. All types are designed for high turndown up to 10 to 1 ranges with 16 oz. combustion air. Pressure balancing of gas Zero Governors and Oil-Air Ratio Regulators provides constant fuel to air ratio over the turndown range.

Open firing type "VP" models are equipped with secondary air control. Totally enclosed "SVP" models are sealed for firing into positive combustion pressures up to 10 PSIG.

OIL FIRING

Atomizing air at 16 oz./sqin or higher efficiently nebulizes oil flow for perfect combustion. Oil delivered to the control system at 40 to 50 PSIG and a viscosity of 100 SSU or less is accurately proportioned to heat input requirements. Conditioning (pre-heating) may be required on #4 and heavier fuel oils to keep viscosity at required levels.

High velocity spin oil nozzles, accurately machined air deflectors and caps are fitted to correctly proportioned burner tuyere blocks. Flame retention is excellent with or without standing pilots.

Combustion is complete without soot or carbon build up in normal operation.

Litho. in U. S. A.

pyronics inc.
COMBUSTION FOR INDUSTRY
17700 MILES AVENUE • CLEVELAND 28, OHIO PHONE 662 0800

GAS FIRING

Gas delivered to the Balanced Zero Governor at 4" W.C. or higher is introduced thru an adjustable metering orifice valve to the burner. The spinning gas stream mixes at the nozzle with the combustion air to produce medium length blue flames.

DUAL FUEL OPERATIONS

Dual-fuel firing systems should be piped with required valves as indicated in Figure 2. The burners are operated on oil with the oil lances full forward and the nozzle seated in the atomizing deflector. The 3 way valves are positioned to admit atomizing air.

Change over to gas firing requires only oil system shut off, retracting oil lances to the stops, and positioning the 3 way valve to admit gas.

FLAME GEOMETRY

The VP short flame atomizer produces bushy flame lengths of 2 feet for the first one million BTU/HR. input and 1 foot for each additional one million BTU/HR input. These flame lengths are especially desirable for limited combustion chamber space. High heat releases per unit furnace volume will produce higher furnace temperatures.

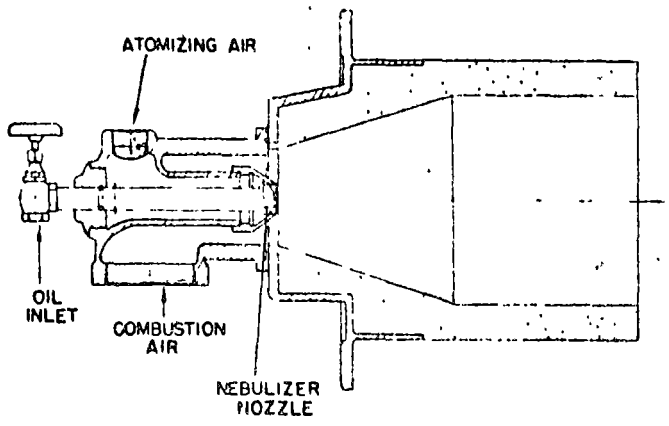
Stepped burner blocks increase flame turbulence and heat release rates.

OIL OPERATION

Oil is delivered by the pumping system thru shutoff valves to the inlet of the Oil-Air Ratio Regulator at 40 to 50 PSIG. With combustion air full on the 16 oz. air impulse pressure sets the Oil-Air Ratio Regulator at 32 PSIG outlet pressure. Oil adjuster valve sets the oil to air ratio for proper combustion.

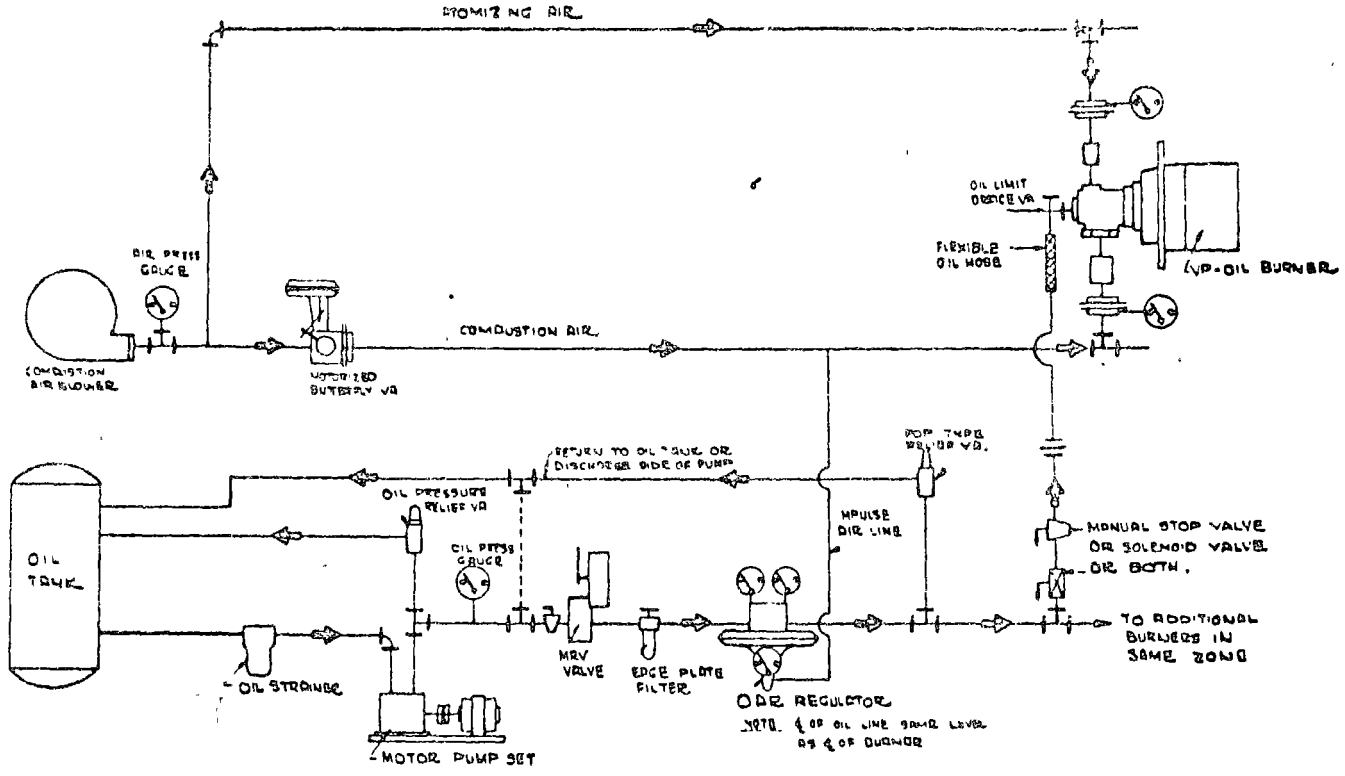
Oil flows tangentially thru the patented nebulizer nozzle spinning into the atomizing chamber. Atomizing air at 1 PSIG minimum, enters this chamber tangetially converted the oil stream into an extremely fine mist. Combustion begins in the expansion section of the refractory block and is rapidly completed with the highly turbulent main combustion air.

Modulating the combustion air valve reduces air flow thru the burner and the impulse pressure to the Oil-Air Ratio Regulator reducing the oil pressure delivered to the burner. Accurate proportioning of both oil and air over a capacity turndown range up to 10 to 1 results. At low fire the main air is complete shut off with the atomizing air flow supplying combustion requirements.

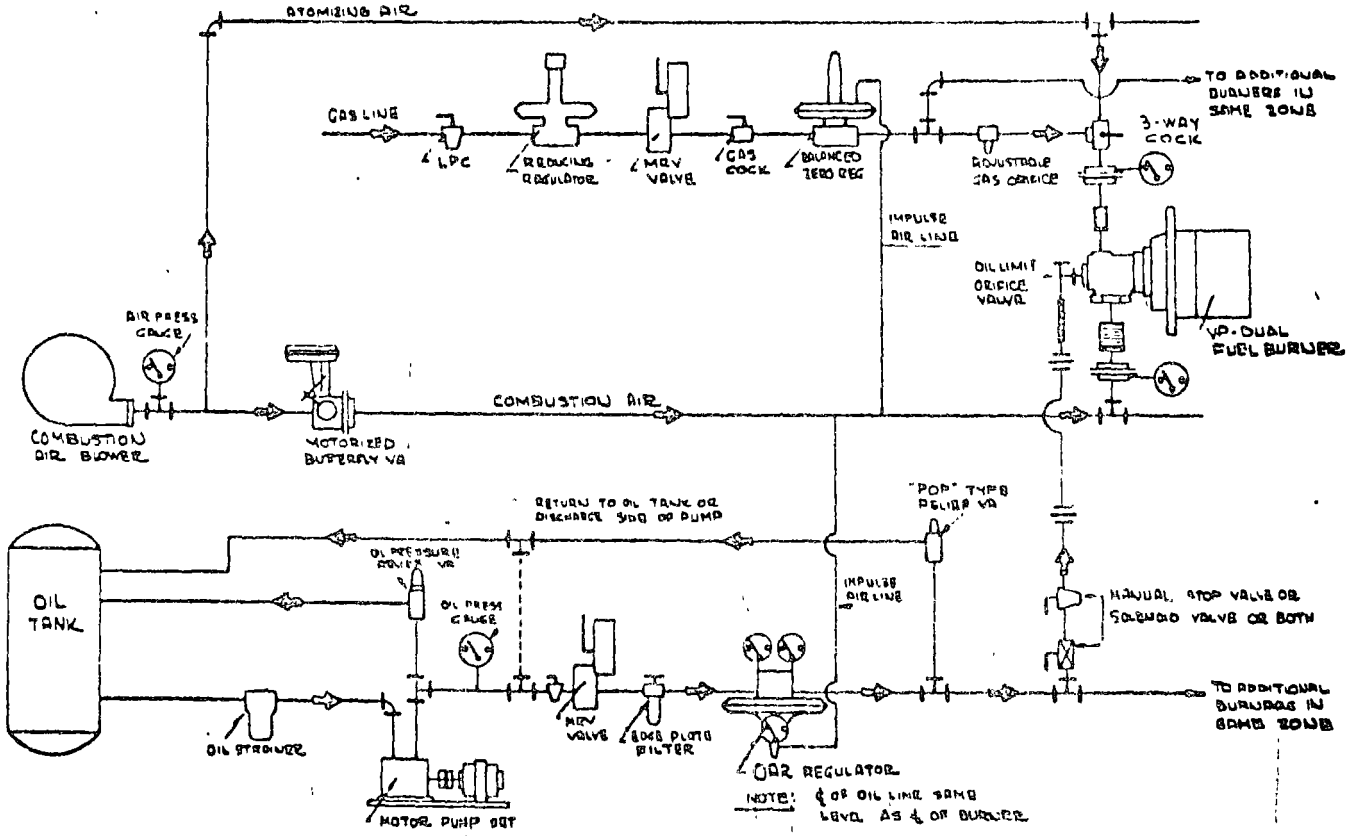


CROSS SECTION V. P. BURNER

TYPICAL OIL SYSTEM



TYPICAL DUAL FUEL SYSTEM

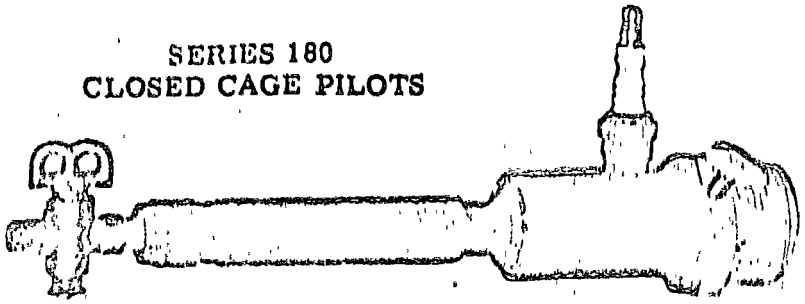


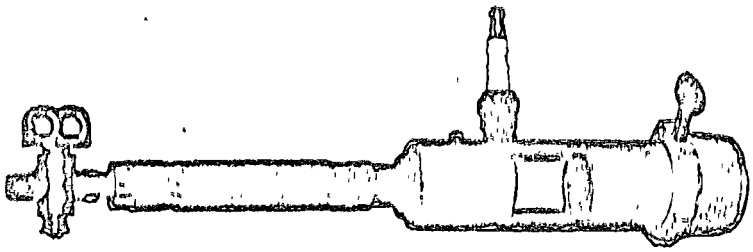
DRAFT-LITE PILOTS

FOR HIGH DRAFT APPLICATIONS

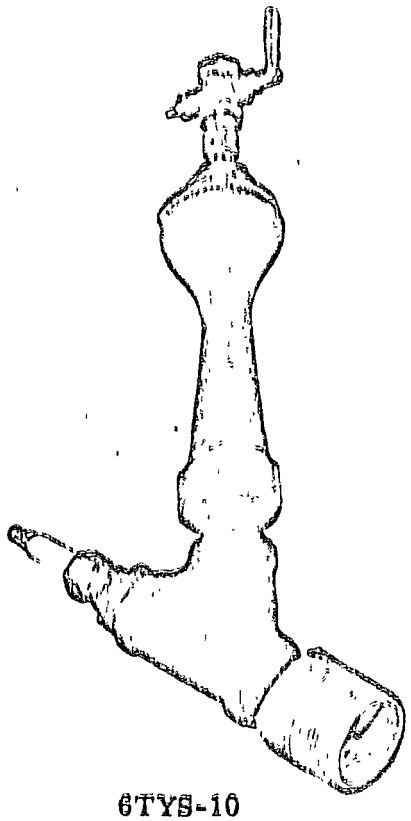
ALL GASES

SERIES 180
CLOSED CAGE PILOTS

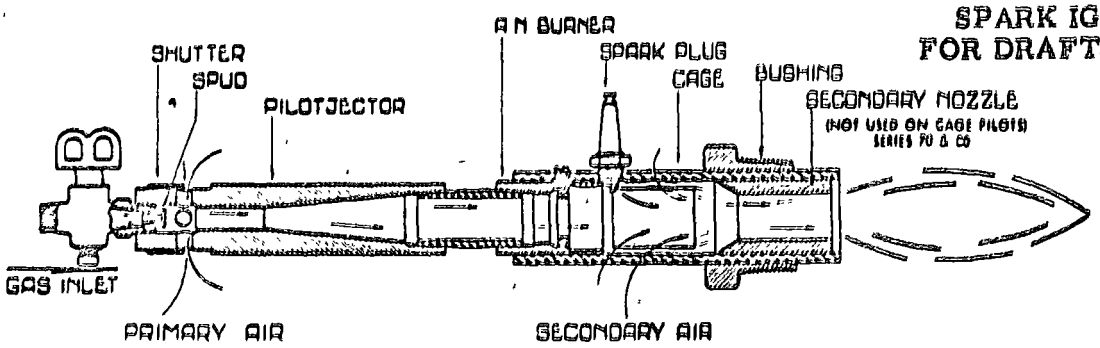




SERIES 60 DRAFT-LITE PILOTS
SERIES 80 CAGE PILOT



6TYS-10
SPARK IGNITED PILOT
FOR DRAFTS OVER 1" W.C.



Bryant Draft-Lite Pilots are designed to operate over a wide range of draft conditions. All are fitted with threaded outlet connections for secure mounting to burner cages.

The 180 Series with the enclosed cage is recommended for low pulsating drafts (0.01" to 0.1" w.c.). Secondary air enters between the AN Burner and the Pilot Cage.

Under higher drafts (0.1" w.c. to 1.0" w.c.) using the 50, 60, 70 or 80 Series Pilots, secondary air is drawn into the Pilot Cage. Draft variations affect this secondary air and not the primary pilot flame. If momentary back drafts occur the flame will spill out the secondary air opening and will resume normal operation when draft is re-established.

With the reasonably constant draft conditions in the range of 0.1" to 0.5" w.c., the 70 or 80 Series Cage Pilots should be used. The smaller secondary nozzle of the 50 and 60 Series Pilots dampens the effect of rapid changes and permits operation with drafts up to 1.0" w.c.

Where draft and larger burner size require a heavier pilot flame, the 6TYS-10 Pilot should be used. The larger flame of this pilot is very stable under negative pressures up to 2.5" w.c.

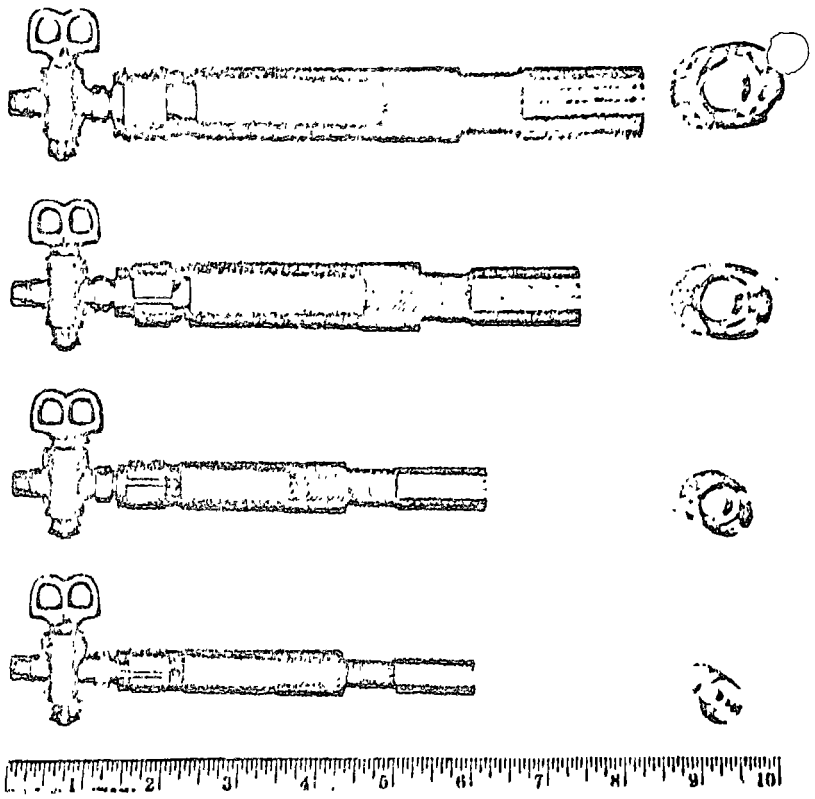
Copyright 1965

PILOTJECTORS AND NOZZLES - 64
FOR LOW PRESSURE GAS (UP TO 15")

PILOT TORCHES

Bryant Atmospheric Pilot Torches are made in four sizes and consist of a Pilotjector with cock, Burner Nozzle, and Nipple. Elbow and two nipples may be used where desired. They are designed for general use where a long pencil-like pilot flame is desirable and are very stable even under considerable draft. As they require secondary air, they can only be used with atmospheric burners.

As torch units they are used on small immersion heating applications, small soft metal furnaces, dental laboratory furnaces, as singers, and hand torches for lighting other burners.

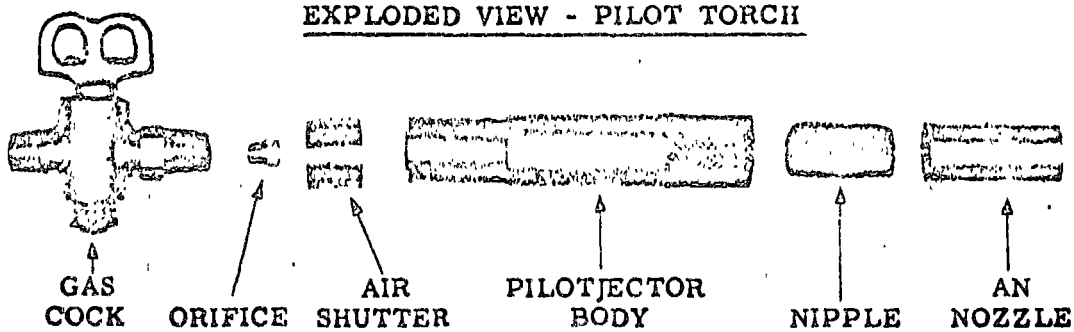


CAPACITY TABLE FOR PILOT TORCHES

Catalog Number	Nominal Capacities in BTU per hour for various gases				Net Weight
	550 BTU 3" Press.	800 BTU 4" Press.	1000 BTU 6" Press.	2500-3200 BTU 10" Press.	
41 AP	3,000	3,000	2,000	2,000	7 oz.
42 AP	6,000	6,000	4,000	4,000	8 oz.
43 AP	10,000	10,000	7,000	7,000	14 oz.
44 AP	15,000	15,000	12,000	12,000	18 oz.

Note: 1/8" Male Gas connection all sizes. Type of gas to be specified on order.

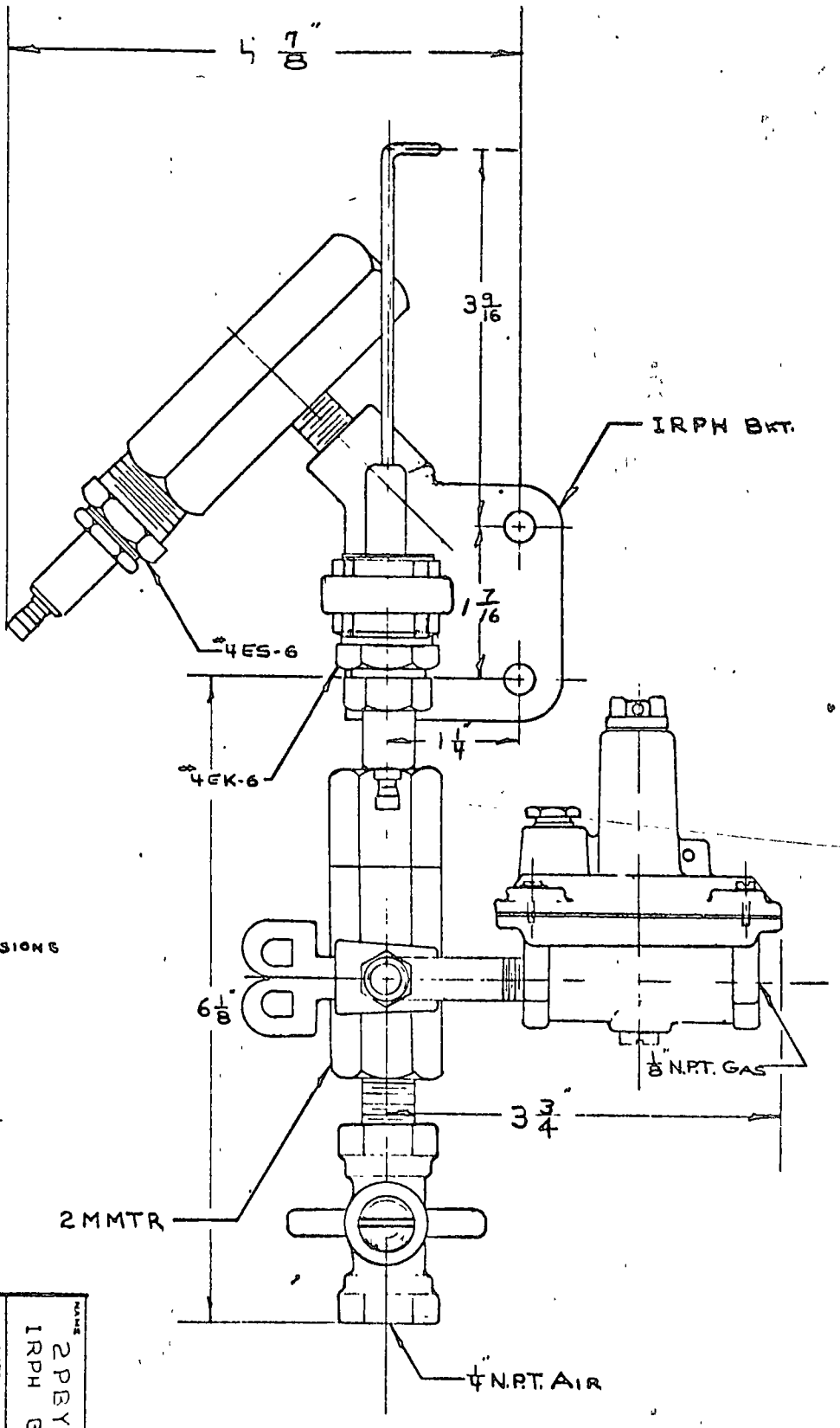
EXPLODED VIEW - PILOT TORCH



See reverse side for Pilotjectors and AN Nozzles.

Litho in U.S.A.

pyronics inc.
COMBUSTION FOR INDUSTRY
12700 MILES AVENUE • CLEVELAND 26, OHIO PHONE: 662-0800



NAME: 2PBYS WITH IRPH BKT	MATERIAL	DRAWN HORNER
	FINISH	DATE 6-26-61
DO NOT SCALE DWG	SCALE	DATE 6/26/61
		NO. T-128-C

CONTROL DE TEMPERATURA
T i p o s
a).- indicadores
b).- registradores

Compuestos de cuatro elementos que son:
1 bulbo sensor
1 conductor
1 control que puede ser ciego, con indicador, o registrador
1 actuador

Los más sencillos son los termómetros, donde en una sola unidad se tienen los cuatro elementos mencionados arriba, el bulbo puede ser de acero galvanizado, de acero inoxidable, de cobre o niquel, su longitud también es variable, vienen en diferentes rangos, la carátula puede ser redonda con ahuja indicadora, o alargada de tubo capilar con mercurio, se pueden fijar mediante rosca de diversas medidas o sin rosca, para fijarse por presión, o soldados.

Existen otros que tienen un bulbo sensor lleno de mercurio, un capilar de conductor y un control que puede ser ciego, su actuación es mecánica, porque el bulbo que puede ser metálico hidráulico o con gas (el más usual es el segundo) actua sobre un mecánismo que permite el paso del cumbustible, a este tipo de controles corresponden los termostatos y los actuadores ciegos, como el Patlow, se les llama ciegas porque se desconocen las variaciones en aumento o disminución de la temperatura solamente se sabe cual es la temperatura máxima mediante la fijación que previa se establece, además su acción controladora es de encendido y apagado (on-off) y su tiempo de respuesta desde el momento en que se ordena el corte hasta que este se logra es relativamente lento de 6 a 8 segundos y en los termostatos de acción lenta el cierre de inicio en este tiempo pero el logro completo se hace en un plazo del doble. Estos sistemas son sencillos y económicos y se recomiendan solo en aquellos casos en que la cantidad de calor liberado es relativamente pequeño y el control que se requiere no es muy prociso, no es recomendable para quemadores de gran capacidad porque las variaciones en la temperatura son grandes y el control resulta muy inexacto.

En seguida vienen los controles que cuentan con un termopar como bulbo sensor estos tienen una gran variedad de tamaño y forma de materiales que lo constituyen, tales como Cromo, Niquel, Fierro constantano, Cobre constantano, etc. Su cubierta protectora también es variable y puede ser de acero, acero vidriado, o esmaltado, acero de alta temperatura, deramica, acero inoxidable, latón, niquel, etc., también varian de acuerdo a la temperatura máxima de operación y el medio en donde se va a instalar, si este es gas, liquido, si es inocuo, o conosivo, etc. De la cabeza de este se conecta el conductor que es de un material especial para transmitir corrientes eléctricas muy pequeñas con voltajes infimos para conectar con controlador sea indicador o registrador.

Los controles tipo pirom tro con indicación o registro cuentan con un amplificador de corriente y su operación puede ser del tipo galvanométrico o pantesiométrico, el más preciso y de acción más rápida es el segundo con un tiempo de respuesta de 1 segundo y el primero de 3 segundos, el indicador solamente muestra las variaciones de temperatura sobre una escala y el de registro cuenta con una grafica que puede ser circular o de rollo en la cual imprime las variaciones de temperatura que se realizan durante un tiempo deteminado usualmente de 24 h. La actuación en estos sistemas es eléctrico y accionan sobre una válvula de operación eléctrica que puede ser una solenoide de apertura y cierre rápido, o una válvula motorizada que puede ser de cierre rápido y apertura lenta o de cierre lento y apertura lenta, o inclusive puede ser una

válvula modulante que cierra lentamente y sin llegar a cortar el paso del combustible solo lo disminuye hasta que se vuelve a obtener una temperatura legeramente más baja que la deseada, momento en que vuelve a empezar a abrirse de nuevo hasta llegar al limite deseado.

Estas mismas condiciones de actuación se pueden obtener cuando se tiene un cotrolador registrador tipo neúmatico que en lugar de actuar electricamente actua con aire sobre una válvula motorizada consiguiéndose una operación semejante a la eléctrica. Los controladores neúmaticos son más costosos pero su operación es más duradera por lo que su mantenimiento y dependebilidad es mejor, su tiempo de actuación es de 2 segundos.

PNEUMATIC CONSOTROL CONTROL STATIONS

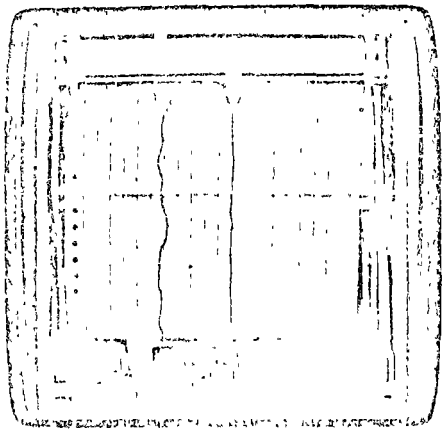


Fig. B5013 Two-pen pneumatic CONSOTROL Recording Control Station.

For total supervision from central control panel. Station consists of M/53 or M/54 receiver incorporating a set-point transmitter (or receiver when control point is set from another instrument) for setting control point of M/58 universal controller or M/59 valve-mounted flow controller, an automatic-to-manual transfer switch; and a valve-position indicator permitting remote manual operation of the valve or operator. M/58 controller may be field or rack mounted, or integrally mounted on rear of receiver as in B5016 and B5017. Available as 1 or 2-pen recording control station (B5013), single or dual horizontal scale indicating control station (B5014), or concentric scale indicating control station (B5015). Requires 20 psi air supply.

RAPID-ACTION SET-POINT ADJUSTMENT Set-point mechanism is a lever-operated, position sensing transmitter—not merely a pressure regulator. Pointer on lever indicates setting on 4-inch scale. Lever slides to desired setting in one quick motion—transmitter produces desired output pressure instantly. Ideal for fast routine settings, abrupt emergency changes. This action cannot be duplicated with knob-set regulator. Lever is also equipped with vernier wheel for fine-tuning adjustments.

BUMPLESS AUTO-MANUAL TRANSFER Auto-manual switch, a self-lubricating leaded bronze precision casting, is lever-operated. Switching is accomplished by simple, 3-step transfer sequence—smoothly, without upsetting process. Valve position is continuously indicated; controller is always in readiness.

EASIEST SUPERVISION All scales are horizontal and, with set-point adjustor and valve position indicator, are concentrated at upper part of station. Note high ratio of effective chart area to over-all panel size.

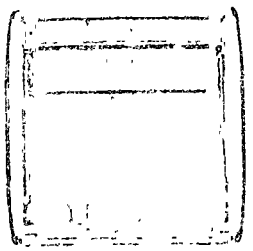


Fig. B5014

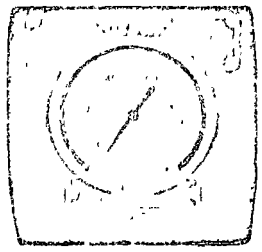


Fig. B5015

Indicating Control Stations.

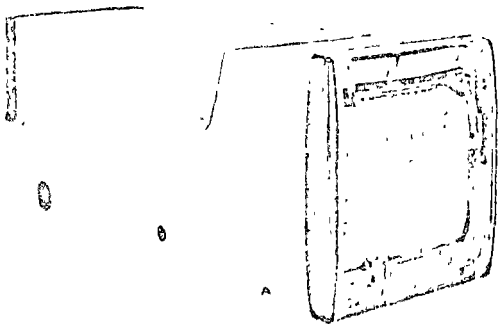


Fig. B5016 M/53 Recording Control Station with integrally-mounted M/58 controller.

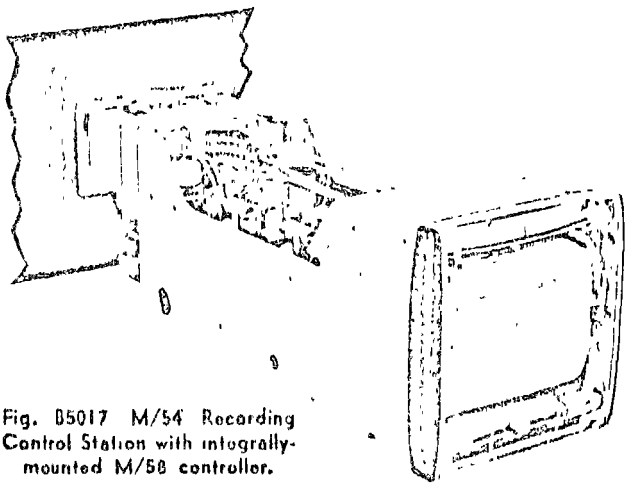


Fig. B5017 M/54 Recording Control Station with integrally-mounted M/58 controller.

FOR RELATED INFORMATION—SEE

			Page
special purpose control stations			A4
M/57 pneumatic auxiliary control stations			A4
M/58 universal controller			A5
M/59 flow controller			A7
pneumatic transmitters for:			
pressure	B4, B5, B7	speed	B40
flow	B14, B16, B17, B22	position	B42
liquid level	B28, B29	density	B44, B45
temperature	B34, B35, B39	humidity	B47, B48
differential vapor pressure			B55
"Consotrol Remote Control Stations"			Bulletin 13–18
"Scanfold Strip Charts"			Bulletin 21–14

M/67 AUXILIARY STATIONS

Flush-mounting panel units for selective switching, remote setting of controller set points, manual loading of final operators. When combined with controllers (see page A11), these compact pull-out stations provide all operational variations necessary for fully integrated systems including ratio control, cascade control, auto-selector control, and similar functions.

Up to three individual stations can be mounted in one common panel housing for maximum supervisory convenience. These sheet steel housings, available in three sizes, permit flexibility in panel layout; save panel space. Even when sharing a common 2- or 3-station housing, slide-out chassis of individual stations can be withdrawn from front of panel for servicing or inspection.

SPECIFICATIONS

Accuracy "T" ±0.5 percent of span; "R" ±2 percent of span (R-6-c to B5051, above).

Repeatability 0.1 percent of span (for M/672G).

Ambient Temperature Limits 40 to 120 F.

Input Signal 10-50 ma d-c.

Output Signal 10-50 ma d-c.

Output Load Limits 600 ±60 ohms.

Connections Panel housings have integral conduit box with knockouts for 1/2- and 3/4-inch conduit fittings, and terminal strip with 8-32 screw terminals. Detachable terminal cover is gasketed.

Power Supply 115 volts ±2 percent, 50/60 cycles.

Hazardous Area Classification General purpose or Division 2.

Dimensions (inches) *Single-station* 3-1/2 W x 6-3/4 H x 22-1/2 inches D. *Ratio station* 6-5/8 W x 6-3/4 H x 22-1/2 D.

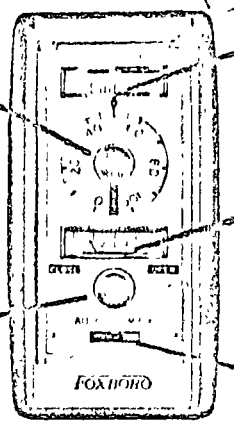


Fig. B5051 Nomenclature and code designation for M/67 auxiliary station components. Standard components can be combined to provide the stations illustrated below.

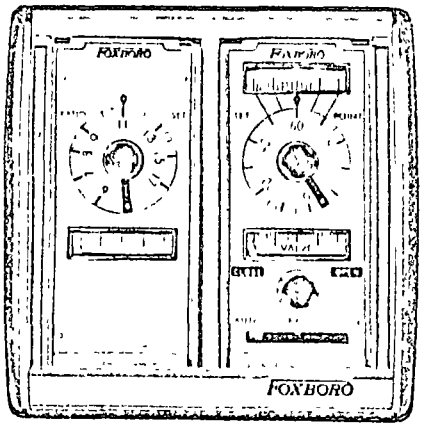


Fig. B5054 Ratio control station in 6 x 6-inch panel housing. M/67ZG Ratio Set unit (left) adjusts set point of controller (right).

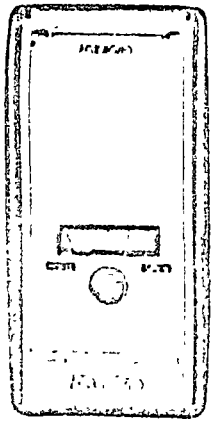


Fig. B5052 M/67RG manual station, in 3 x 6 inch panel housing, for remote loading.

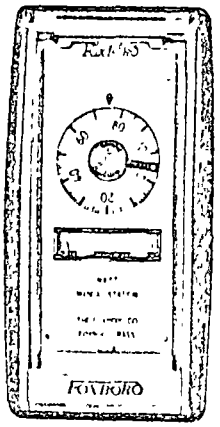


Fig. B5033 M/67TG manual station for remote setting of set point.

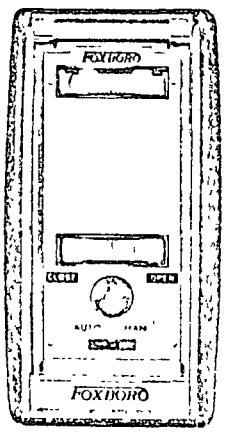


Fig. B5053 M/67SR-G2 (numeral "2" signifies use of 2 meters) manual station with manual-automatic switching.

EAGLE SIGNAL

70

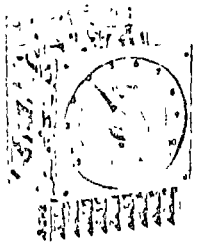
CONTROLES DE TIEMPO, CONTEO Y SECUENCIA EN LA INDUSTRIA.

AHORRE AUTOMATIZANDO A BAJO COSTO MAQUINAS Y PROCESOS.

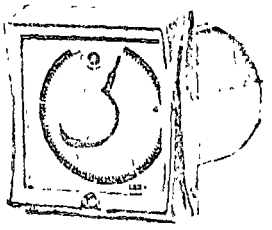
A



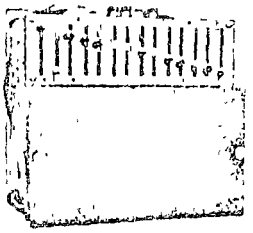
HA - MICROFEX



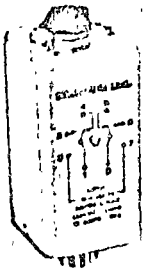
CE - ELECTROFLEX



HP - CYCL FLEX

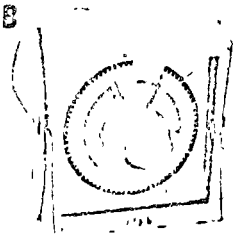


HM - MULTIFLEX

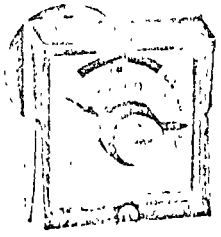


CG - TRANSISTORIZADO

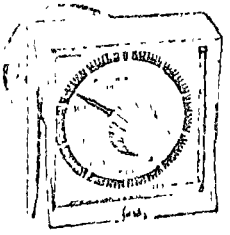
B



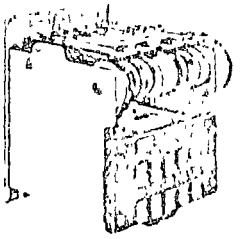
HG FLEXOPULSO



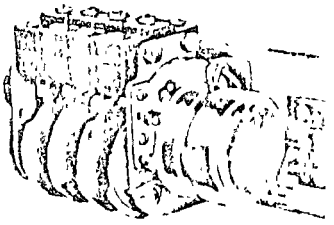
CA - SOLID - STATE



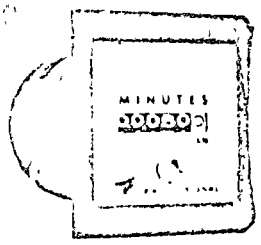
HQ8 - DE PORCENTAJE



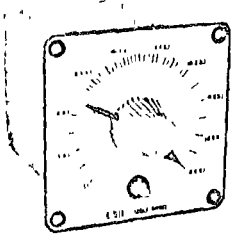
HF - POLIPULSO



MP - MULTIPULSO

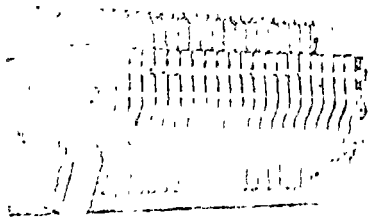


HK - TOTALIZADORES

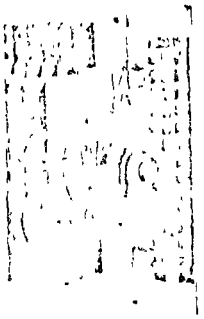


CONTADOR INTERRUPTOR

D



MT - PROGRAMADOR



INTERRUPTOR ROTATORIO

EAGLE SIGNAL es una linea de CONTROLES DE TIEMPO que consta desde el más simple Relevador de Tiempo hasta el más complejo Contador de Alta Velocidad o el detallado Circuito de Secuencia para procesos.

EAGLE SIGNAL le ofrece, a mínimo costo, una alta confiabilidad sólo comparable a la de un control de cinta o computadora.

Los Controles de Tiempo EAGLE SIGNAL están divididos en cuatro grandes categorias:

A - CONTROLES DE TIEMPO CON RESTABLECIMIENTO.

B.- CONTROLES DE TIEMPO DE REPETICION DE CICLO.

C - CONTADORES Y TOTALIZADORES.

D.- PROGRAMADORES DE SECUENCIA.

Todos los Controles de Tiempo EAGLE-SIGNAL estan diseñados para una aplicación universal en la industria. Por lo cual, con EAGLE-SIGNAL su problema de automatización tiene diversas alternativas de solución para ahorrarle dinero y mejorar su producto final.

CONSULTE NUESTRO DEPTO. DE INGENIERIA sin compromiso alguno, con la seguridad de que le ayudará a resolver su problema de automatizacion, a bajo costo.

Son los controles de una sola unidad actuada por reflexión coaxial para DETECTAR acumulaciones, CONTAR paquetes, SELECCIONAR materiales, PERCIBIR cambios, SITUAR piezas, CONTROLAR niveles, INICIAR procesos, DETENER transportadores, REPETIR ciclos, ACTUAR alarmas, LIMITAR movimientos, REGULAR tiempos e INSPECCIONAR productos.

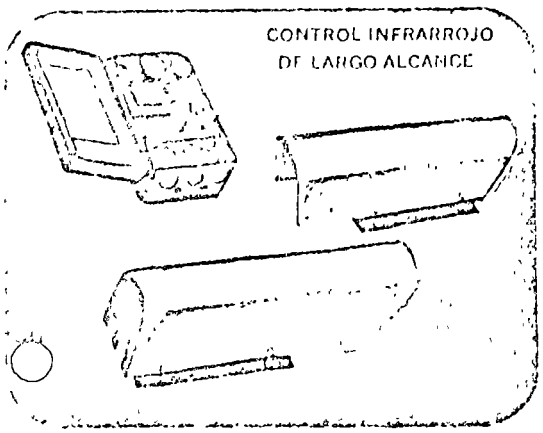
Las unidades tipo Reflex, tienen una variedad de aplicaciones que supera a la de cualquier otra marca de sistemas fotoeléctricos similares.

Los controles PHOTOSWITCH diseñados por expertos... líderes en el campo de la automatización.

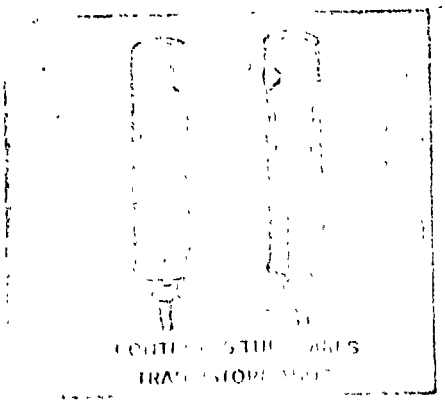
Los controles electrónicos y fotoeléctricos PHOTOSWITCH proporcionan un control completo sobre todo tipo de operaciones; de procesos industriales o problemas de automatización.

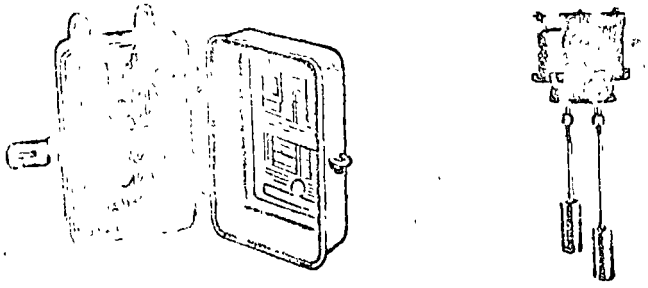
Como consecuencia de las modernas técnicas electrónicas y de miniaturización, ENTERPRISE, S. A, le ofrece ahora más de 100 combinaciones de Sistemas de Control PHOTOSWITCH para automatización industrial.

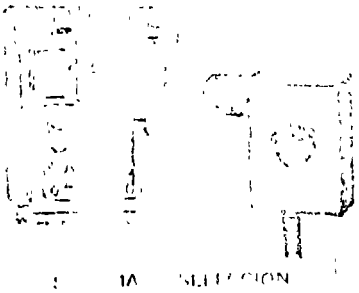
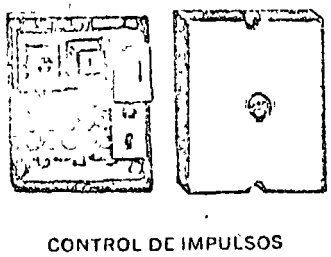
Nuestro DPTO. DE INGENIERIA, dispuesto siempre a servirle, le puede proporcionar la ayuda necesaria para una correcta selección y aplicación.

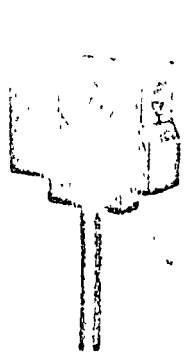

CONTROL INFRARROJO DE LARGO ALCANCE

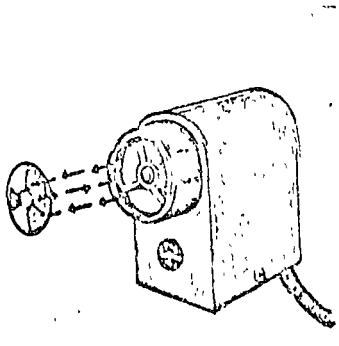
PHOTOSWITCH


CONTROLES FOTOELECTRICOS TRANSISTORIZADOS

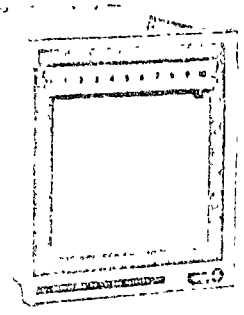

CONTROL DE NIVEL DE LIQUIDOS



CONTROL DE IMPULSOS DE ALTA VELOCIDAD


SCANNER DE ALTA VELOCIDAD


SISTEMA UNITARIO REFLEX

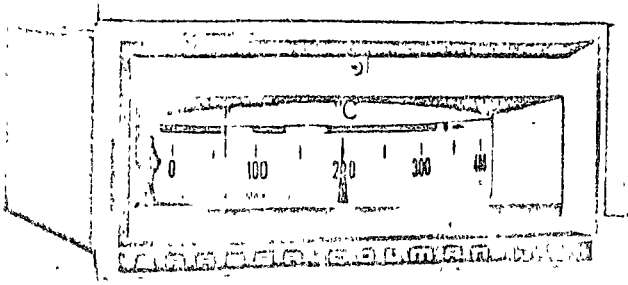
UNA NUEVA GENERACION DE INSTRUMENTOS INDICADORES Y CONTROLADORES DE TEMPERATURA



CONTROLADOR REGISTRADOR SERIE RE

CONSTRUCCION COMPACTA DE LA UNIDAD

Los instrumentos de la serie 170 ocupan un área de sólo 19 cm. x 8.89 cm. del tablero de control. Y por su diseño esbelto reducen el tamaño del tablero y el corte de éste.



CONTROL DE TEMPERATURA

GAMAS DE MEDICION

Son desde -200°C hasta 3000°C Se pueden surtir con escalas marcadas en °C, °F, °R, °K o bien en escalas duales

Código de termopares para varios rangos incluyendo J, Y, K, T, E, R, S y B.

Vienen provistos de mordazas especiales con las que quedan firmemente asegurados sin necesidad de taladrar muchos orificios Sus terminales eléctricas vienen en la parte posterior; para instalarlos no se necesita desarmarlos.

PROTECCION DEL INSTRUMENTO

Todos los modelos vienen con cubiertas de plástico que resisten los impactos. Son a prueba de polvo y humedad. Construcción robusta.

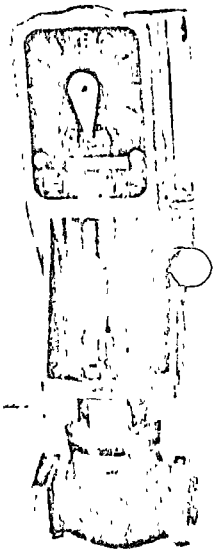
AGUJA INDICADORA DE ALTO PAR

La aguja indicadora no se afecta por impactos ni vibraciones, por lo cual siempre se obtienen lecturas rápidas, fáciles y precisas.

ESCALAS AMPLIAS DE 12.7 cm. (5")

La amplitud de las escalas con números grandes e índices de gran visibilidad permiten una fácil y correcta lectura del punto de control.

Además las escalas están dotadas de un espejo que elimina totalmente los errores de paralaje.

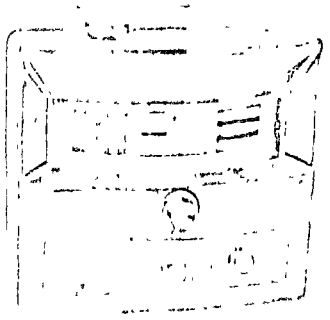


VALVULA MODULANTE

CIRCUITOS DE CONTROL TRANSISTORIZADOS

Los instrumentos de la Serie 170, 270 y 470 tienen circuitos con transistores de silicón, por lo que resultan confiables a variaciones de temperatura, compactos y económicos al aplicarlos a procesos industriales.

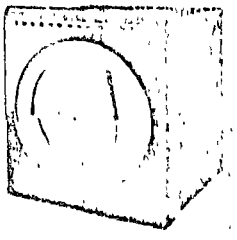
Son de gran estabilidad, aún bajo las más adversas condiciones.



CONTROLADOR DE PRECISION

PROTECCION CONTRA RUPTURA DE TERMOPAR

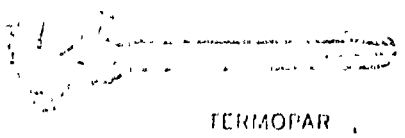
Si como consecuencia de una falla del elemento sensor o en su extensión, se rompiera el circuito, la protección contra ruptura del termopar desenergiza, automáticamente, todo el sistema.



PROGRAMADOR CONTROLADOR

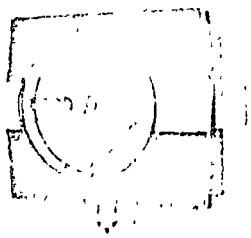
INSTALACION SENCILLA

Para su instalación basta empotrarlos a un tablero de control.

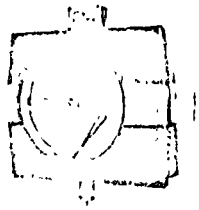


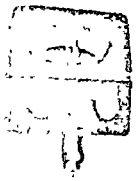
TERMOPAR

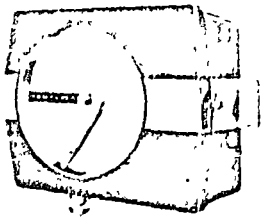
SURTIMOS DESDE EL INSTRUMENTO MAS SIMPLE HASTA EL SISTEMA DE CONTROL MAS COMPLEJO.



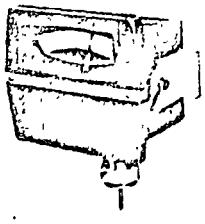


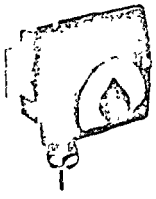


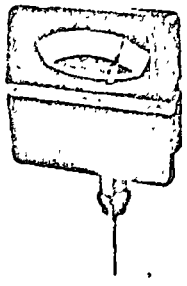




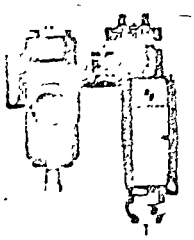






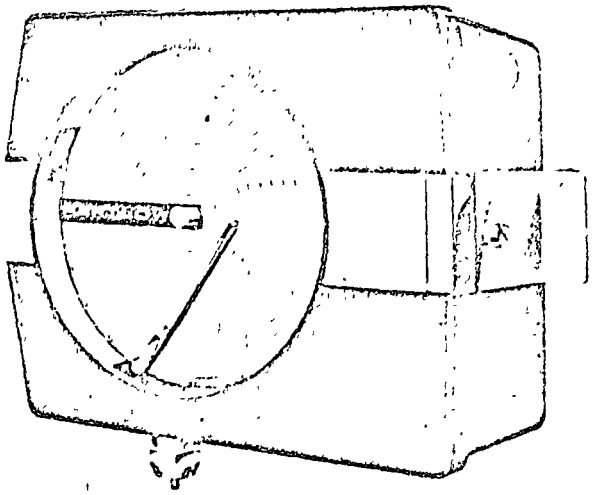






CONTROLES DE TEMPERATURA

PARTLOW



¿PORQUE CONTROLAR TEMPERATURAS AUTOMATICAMENTE?

Hasta hace diez años, esa pregunta requirió de una detallada respuesta técnica y económica.

Hoy en día es casi retórico.

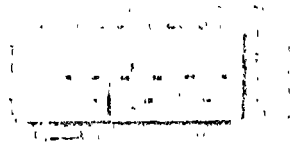
Todo ingeniero con conocimiento en diseño o proceso, reconoce que el control automático es imperativo para una produccion eficiente y económica de alta calidad en procesos que requieren calentamiento, enfriamiento o en donde se requiere mantener cierta temperatura.

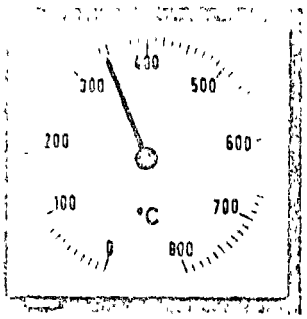
El control automático es vital para la eficiencia porque ahorra tiempo y trabajo, es necesario para economizar, debido a que conserva el combustible así como el equipo.

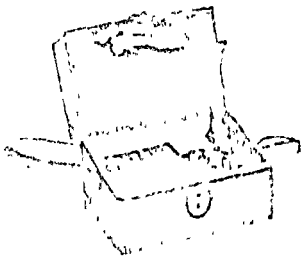
Es inherente al control de calidad porque elimina tanteos y errores humanos.

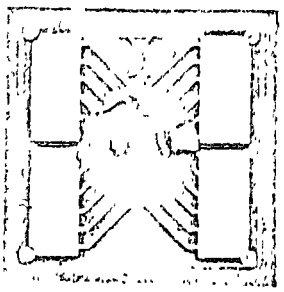
Reduce deshechos, desperdicios y hace posible un mejor proceso de investigación y mejor análisis de operación y producción.

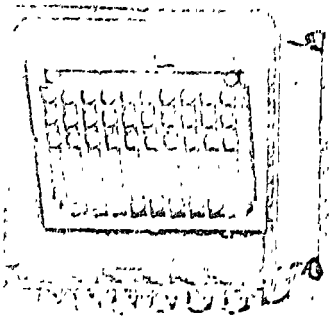
PIROMETROS INDICADORES











Indicador tipo galvanométrico

Modelo: 9404 400 00 .1
Entrada: de termopares, termómetro de resistencia y transmisores.
Exactitud: ± 1% D.T.E.
Velocidad de respuesta: 3 segundos.
Temperatura ambiente: −10... +50°C.
Dimensiones: 192 x 96 mm.
Peso: 3 Kgs

Indicador tipo potenciométrico.

Modelo: 9404 375 10..1
Entrada. de termopares o termómetros de resistencia.
Exactitud: ± 0 5 D.T.E.
Velocidad de respuesta: 1 segundo.
Temperatura ambiente 0... a 50°C
Suministro: 110/120/220/240 V. c.a. 50 - 60 Hz.
Dimensiones: 288 x 288 mm.
Peso: 14 Kg.

Pirómetro patrón.

Modelo: 9404 305 10001
Envía una señal conocida correspondiente a una temperatura, para calibrar pirómetros.
Suministro: 220/240 V. c.a. 48... 60 Hz.
Dimensiones: 210 x 140 x 135 mm
Peso: 3 Kgs.

Selectores de termopares:

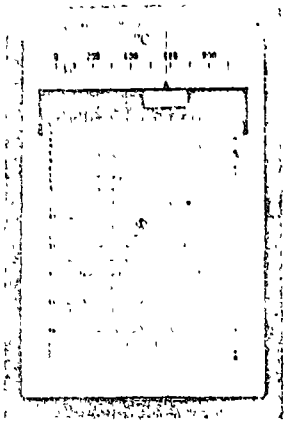
Modelo: 9404 307 10001 6 termopares.
9404 307 40001 12 termopares.
9404 307 70001 24 termopares.
Temperatura ambiente: — 10... + 50°C
Dimensiones: 144 x 144 mm
Peso: 2 Kg.

Unidad de referencia de junta fría para termopares.

Modelo: 9404 201 .0001 Fe-Const.
9404 201 .0001 NiCr.-Ni (Chr.-Alum)
9404 201 .0001 PtRh-Pt
9404 201 .0001 Cualquier combinación.

Capacidad: 10 termopares
Temperatura de referencia: 50°C
Temperatura ambiente: −30... +50°C
Suministro. 110/220 V. c.a. 48... 60 Hz.
Dimensiones: 192 x 192 mm.
Peso: 4 Kg.

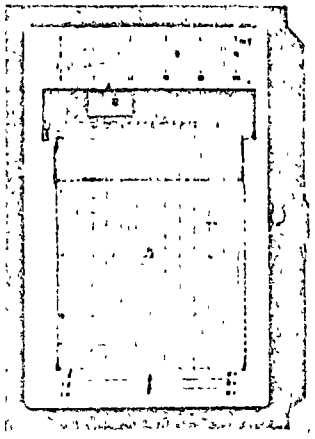
PIROMETROS REGISTRADORES



Registrador potenciométrico de gráfica de rollo.

Modelo: 9404 366 .0..1

Entrada. De termopares, termómetros de resistencia, transmisores.
Exactitud: ± 1% D.T.E.
Reproducibilidad: 0.25% D.T.E.
Velocidad de respuesta: 3 segundos.
Velocidad de la gráfica: 20/1440 mm./hr. ajustable.
Gráfica: ancho 140 mm., ancho calibrado 120 mm., longitud 16 m.m.
Suministro: 110/120/220/240 V. c.a. 50-60 Hz.
Montaje: Embutido.
Temperatura ambiente: −10... +50°C.
Dimensiones: 192 x 288 x 400.
Peso: 13.5 Kg.

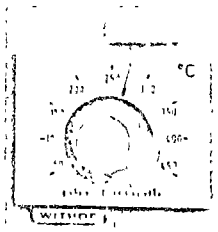


Registrador potenciométrico de gráfica de rollo.

Modelo: 9404 362 .0..1 Registrador de un canal.
9404 360 .0..1 Registrador de seis canales.
9404 361 .0..1 Registrador de seis canales y tres rangos.

Entrada: De termopares, termómetros de resistencia, transmisores.
Exactitud: ± 0.5% D.T.E.
Reproducibilidad: 0.2% D.T.E.
Velocidad de respuesta: 1 segundo.
Velocidad de la gráfica: 20/1440 mm/hr. ajustable.
Gráfica: Ancho 140 mm., ancho calibrado 120 mm., longitud 16 m.m.
Suministro: 110/120/220/240 V. c.a. 50-60 Hz.
Montaje: Embutido.
Temperatura ambiente: −10... +50°C.
Dimensiones: 192 x 288 x 400.
Peso: 15 Kg.

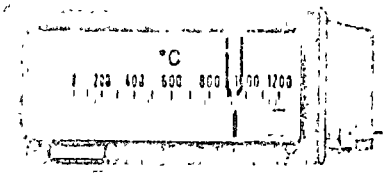
PIROMETROS CONTROLADORES



Pirómetro controlador de estado sólido.

Modelo: 9404 435 .0..1 dos posiciones y anticipante.
9404 439 .0..1 tres posiciones y anticipante.
9404 435 80251 control para tyristor.

Entrada: De termopares, termómetros de resistencia y transmisores.
Salida: Dos posiciones y anticipante: de un revelador PSTS, 150 VA, 1A, 220 V. a.c.
Tres posiciones y anticipamos: de dos relevadores PSTD, 150 VA, 1A, 220 V. a.c.
Control de tirystor: −033 V... +0.33 V.
Rangos de acción de control. Banda proporcional de: 0, 2.5, 5 y 10%.
Señal de salida: Foco rojo.
Sensibilidad: Controlador de dos posiciones: 0.5% D.T.E.
Anticipante: 0.5°C.
Compensación de junta fría: interconstruído.
Protección contra ruptura de termopar: interconstruído.
Escala: 140 mm.
Equipo opcional: Indicador de desviación.
Suministro: 110/220 V. c.a. 48 ... 60 Hz.
Montaje: Embutido.
Temperatura ambiente: −10 a +50°C.
Dimensiones: 96 x 96 x 81 mm.
Peso: 0.5 Kg.



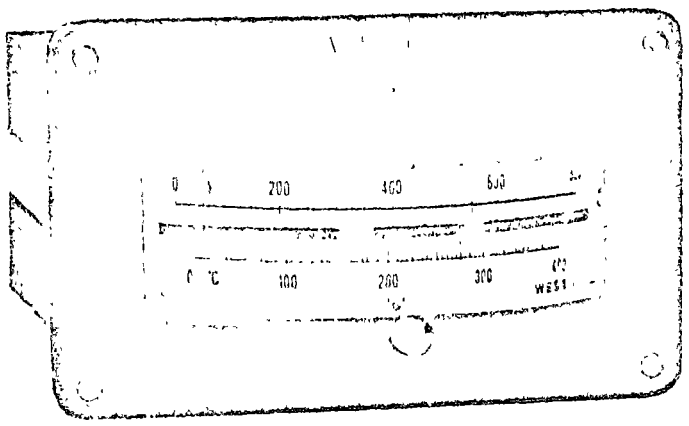
Pirómetro controlador galvanométrico.

Modelo: 9404 401 .0..1 Dos posiciones y anticipante.
9404 402 .0..1 Tres posiciones y anticipante.

Entrada: De termopares, termómetros de resistencia y transmisores.
Salida: De uno o dos relevadores PSTD 1 KW, 8 A, 250 V. c.a.
Rangos de acción de control: Banda proporcional de: 0, 2, 4%.
Sensibilidad: menor que 0.25% D.T.E.
Compensación de junta fría: Opcional.
Protección contra ruptura de termopar: interconstruído.
Escala. 120 mm.
Equipo opcional: 3 ó 4 contactos de control.
Suministro: 110/120/220/240 V. c.a. 48 ... 60 Hz.
Montaje: Embutido.
Temperatura ambiente: −10... +50°C.
Dimensiones: 192 x 96 x 260 mm.
Peso: 3.2 Kg.

WEST INSTRUMENTS DE MEXICO, S. A.

MANUEL MA. CONTRERAS 82 MEXICO 4, D. F. TELS. 535-07-40 546-59-03



PIROMETRO INDICADOR Y CONTROLADOR DE TEMPERATURA. DOS POSICIONES

Para control automático de temperatura

ALIMENTICIOS
FUNDICION
PLASTICOS
CERAMICA
CEMENTO
HORNOS
MUFLAS
LATEX
HULE et

Especificaciones:

Escala: 13.70 cms.
Exactitud de medicion:
1/2% del total de la escala.

Características Eléctricas:

110 - 220 voltios
50 / 60 ciclos

Capacidad de contactos del relevador:

10 Amp. a 110 volts. C. A
5 Amps. a 220 volts C. A.
(Carga no inductiva)

Compensación:

Efectiva para cambios de temperatura de 10 a 54°C.

Altura 119 mm.
Ancho 191 mm.
Profundidad 196 mm.

- Confiable
- Estado Sólido
- Unidad de medición de enchufe.
- Control preciso con mantenimiento nulo.
- Luces piloto indicadores de calentamient y enfriamiento.
- Sin bulbos.
- Protección contra ruptura de termopar, estandar en todos los modelos.
- Conexiones eléctricas posteriores.
- Garantía efectiva de un año contra defec tos de fabricación.
- Servicio especializado.
- Refacciones.

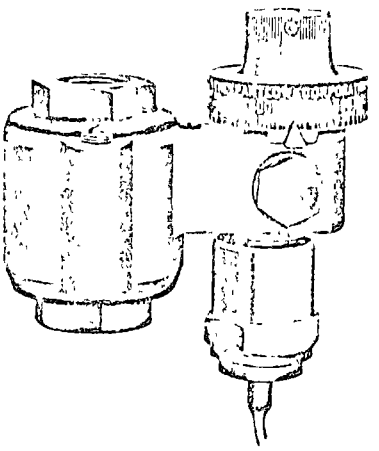
REPRESENTADO POR

78

MODELS 40 & 48

Non-Indicating Temperature Controls

(Mechanical)



MODEL 40

- Vertical inlet and outlet
- Throttling
- Very close sensitivity
- Self-contained valve
- For use with air or gas up to 1 and 5 psi

GENERAL

Self-operating Model 40 throttling gas valves are designed for use in vertical pipelines to maintain critical temperatures in gas-fired appliances of small or medium capacity without the characteristic sawtooth curves of two-position control.

Two sizes of the Model 40 — Models 48⅜ and 48½ — have valve balls and seats sized and constructed to control air or gas up to 5 psi instead of the 1 psi rating of the Model 40.

The controls derive their basic simplicity and efficiency from the unique PISTON-PAK* mercury-filled thermal sensing element, an integral part of every Partlow temperature control instrument

STANDARD CONTROL SPECIFICATIONS

MATERIALS	Body: Heavy-wall cast gray iron Internal Mechanism: Machined brass, aluminum and zinc die-cast parts
COLOR	Red enamel
DIMENSIONS	Varied according to model; see table, page 2
MOUNTING	Vertical only
PIPE CONNECTIONS	Inlets and outlets tapped for standard iron pipe sizes: ⅜, ½, ¾ or 1 inch
MAXIMUM PRESSURE	Model 40: 1 psi Model 48: 5 psi
BY-PASS	Adjustable needle-type to maintain minimum flame

*U. S. Patent No. 3,103,818

REVISED 1-66 BM

OPERATION

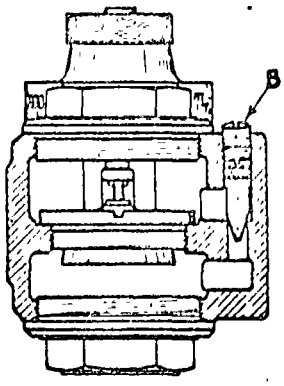
Adjustment is made by turning the setting knob, which advances or retracts the fixed lever fulcrum. A ball valve hangs from the long leg of the lever, while the plunger of the thermal element bears on the short leg.

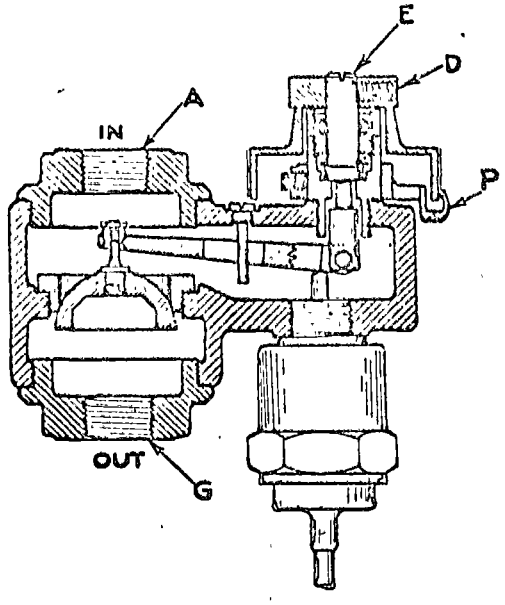
Mercury in the thermal element bulb, expanding and contracting with deviations from appliance set point, advances and retracts the plunger. The valve is thus throttled to decrease or increase the fuel supply to the burners, restoring control temperature at the bulb.

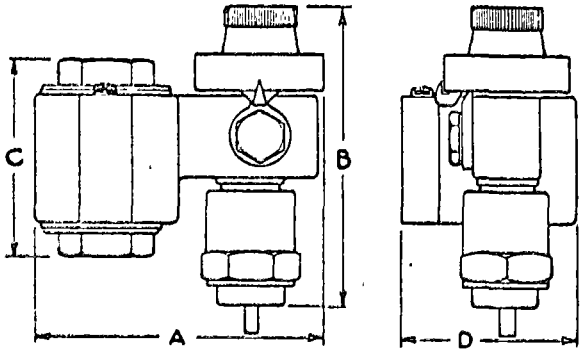
This throttling action leads to a state of balance in which the valve is held at just that position which permits a gas flow sufficient to maintain control temperature under existing appliance load conditions. As load conditions change, a new valve position is sought—and maintained — as soon as equilibrium is established under the new conditions.

An adjustable stop limits the fully-throttled position of the valve. An adjustable needle-type by-pass regulates the gas flow around the valve to supply minimum flame.

DIMENSIONS AND WEIGHTS







CONTROL No. Pipe Size (in inches)	DIMENSIONS (in inches)				WEIGHTS (in pounds)	
	A	B	C	D	Net Wt.	Ship Wt.
40-3/8	5	5 1/4	3 7/16	3 1/8	5	7
40-1/2	5	5 1/4	3 7/16	3 1/8	5	7
40-3/4	5	5 1/4	3 7/16	3 1/8	5	7
40-1	5	5 1/4	3 7/16	3 1/8	5	7

RELATED PARTLOW BULLETINS

This is a single unit in the Partlow line of temperature controls. Many other types of controls, including limit devices, are available to fulfill any requirement. These are described in the complete Partlow Catalog which will be sent upon request.

Listed below are several bulletins which are helpful in the selection, application and maintenance of Partlow equipment. The first of these, "The Partlow Guide," an introduction to the Partlow line, contains a complete description of the mercury-actuated thermal element and information on control applications.

	Bulletin No.
The Partlow Guide	103
Element Selection Guide for Corrosive Applications	110
Thermal Elements and Element Accessories	851
Dials, Scales and Charts	852
Instrument Accessories and Special Parts	860

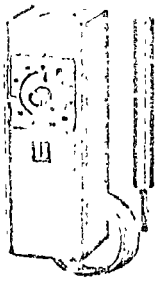
80

INSTRUCTIONS

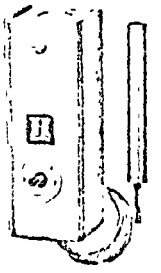
T675A, B AND T678A TEMPERATURE CONTROLLERS

APPLICATION

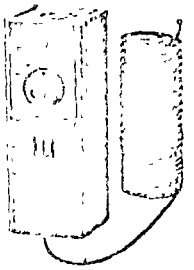
The T675 and T678 Temperature Controllers are used to control the temperature of air or liquids in ducts, pipes, tanks, etc. The T675A provides spdt switching and is used to make or break a circuit on a change in the temperature of the controlled medium. Fast response models of the T675A with adjustable differential only are available for duct installation. These models provide approximately seven times faster response than standard models. The T675B breaks on a temperature fall and must be manually reset. It is designed as a low limit controller. T678A controllers have two spdt switches that switch two independent circuits in sequence.



T675A, T678A



T675B



T675A, T678A
FAST RESPONSE

FEATURES

- Integral mechanism compensates for the difference in ambient temperature between bulb and case to provide greater control accuracy.
- Setting knob is on front cover for convenient adjustment.
- Enclosed MICRO SWITCH snap-acting switches for long trouble free service life.

SPECIFICATIONS

Model	Range	Maximum Temperature	Switching
T675A	0 to 100F/-15 to 35C 55 to 175F/15 to 75C 80 to 180F/30 to 80C 160 to 260F/75 to 125C	125F 200F 200F 280F	spdt
T675B	30 to 50F	125F	spst
T678A	0 to 100F/-15 to 35C 55 to 175F/15 to 75C 80 to 180F/30 to 80C 160 to 260F/75 to 125C	125F 200F 200F 280F	two spdt

T675B scale is marked 30, 40, 50; setpoint is factory set and locked at 37F.

SWITCH DIFFERENTIAL:

T675A-fixed differential models, 1F (.6C); adjustable models, 3 to 10F (1.7 to 5.6C); fast response models, 3.6 to 12F (2 to 6.6C).

T675B-fixed 10F (5.6C).

T678A-fixed 3F per switch (1.7C), 3 to 10F (1.7 to 5.6C) interstage; 55 to 175 models, fixed 3.6F (2C) each switch, interstage adjustable 3.6 to 12F (2 to 6.6C).

ELECTRICAL RATINGS:

T675A Adjustable models and T678A:

	120v ac	240v ac
Full Load	8	5.1
Locked Rotor	48	30.6

T675A Fixed differential models - 62.5 va at 120/208/240v ac.

T675B - 125va at 240v ac pilot duty.

CAPILLARY HOLDER: Honeywell part 131524A included with all fast response models.

MAXIMUM BULB PRESSURE: 50 psig direct immersion.

MAXIMUM AMBIENT OPERATING TEMPERATURE: 125F.

Note: The maximum recommended ambient for the T675B, when used in freeze-up protection applications, is 100F. An ambient of 125F lowers the switch break point about 1.5 F.

DIMENSIONS: See Fig. 1.

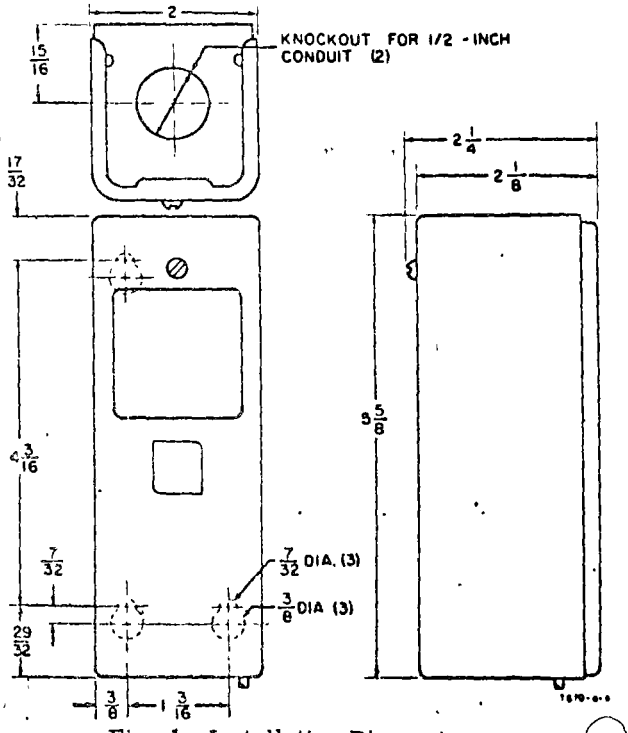
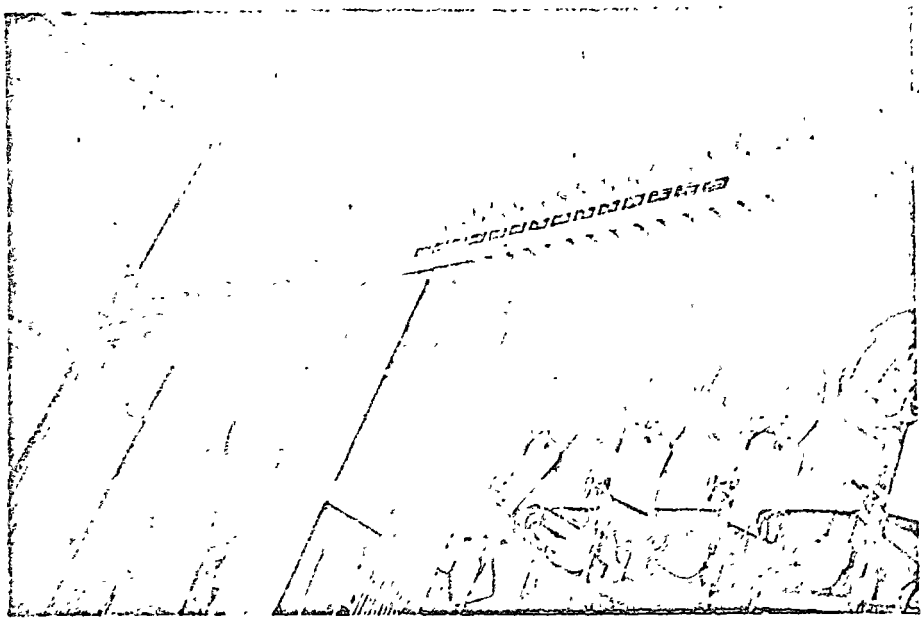
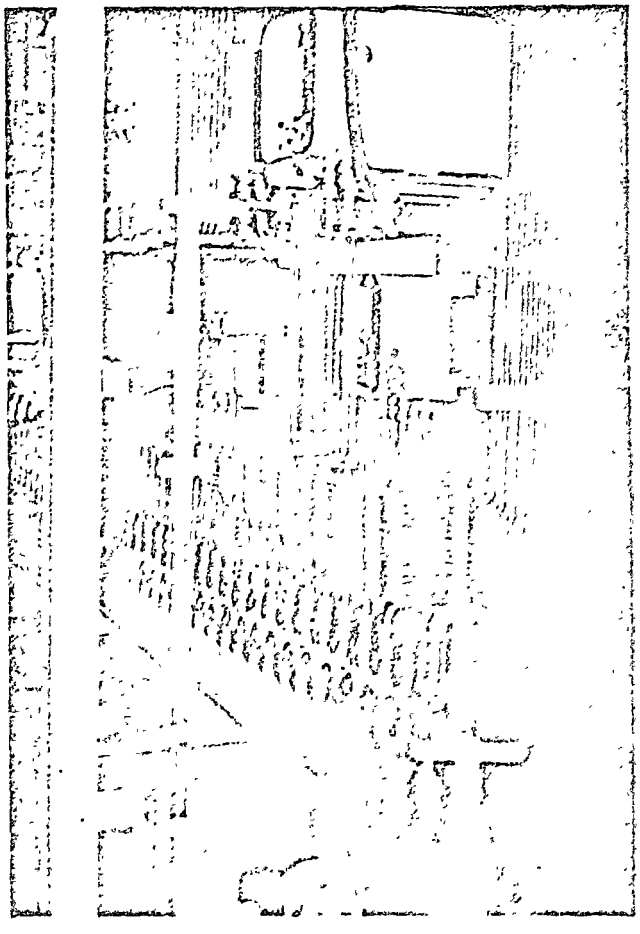


Fig. 1—Installation Dimensions.

Rev. 1-68
L.C./P.E.

Form Number 95-5193
Residential Div.

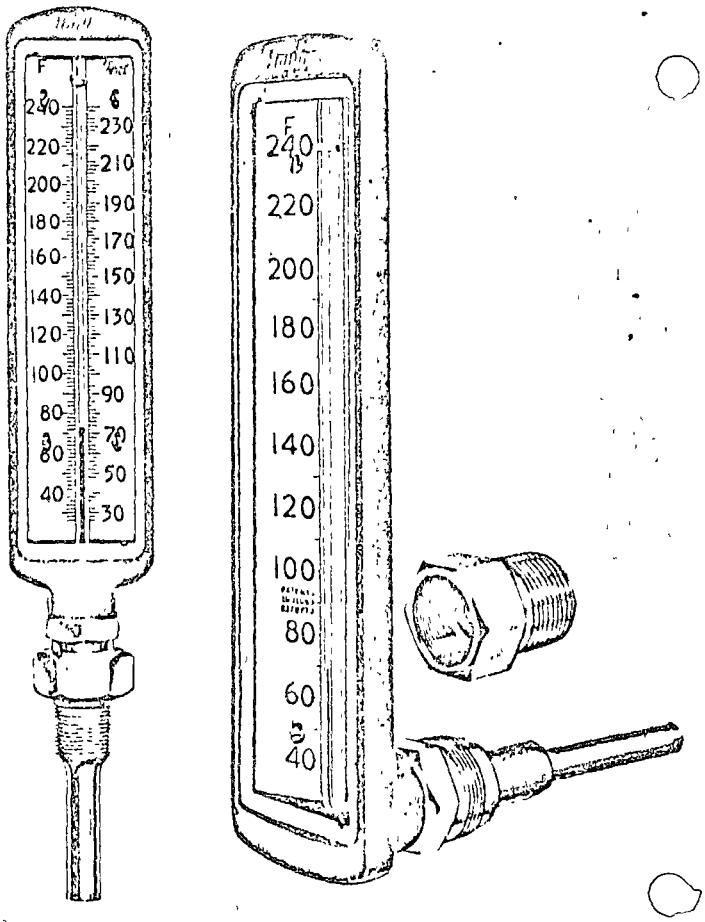


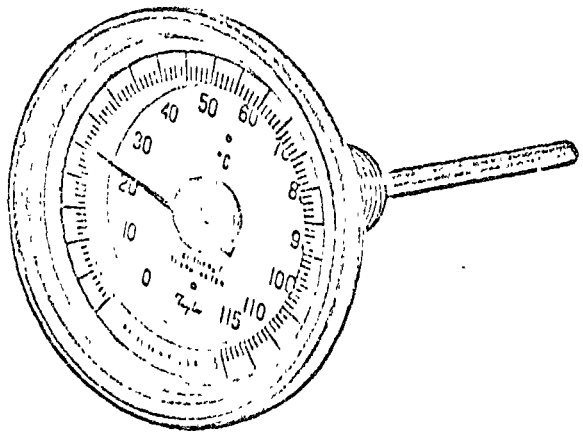


Detalles de la parte trasera de un tablero Taylor mostrando la óptima calidad de la mano de obra en el montaje, entubado y alambrado de estos equipos.

Termómetros Industriales.

Diseñados para dar una gran exactitud y larga duración. La caja es de aluminio, de una sola pieza, pintada con esmalte negro. Existe una gran variedad de rangos que abarcan desde —40°C hasta 650°C. Pueden obtenerse en múltiples formas: Rectos, ángulo de 90° hacia atrás, derecha e izquierda y ángulos de 135°, en tres tamaños diferentes de escala: 18 cm (7"), 23 cm (9"), 30 cm (12"). La actuación de mercurio tridestilado da a estos termómetros una gran rapidez en su respuesta. Existen también otros termómetros similares, compactos, con escala de 13 cm (5").
Para mayor información escriba solicitando nuestro catálogo 98280-E.





Termómetros Bimetálicos Taylor
BI — THERM*

Estos termómetros económicos y confiables pueden obtenerse con escalas de 76 (3") y 127 (5") mm. de diámetro, en rangos suficientes y adecuados para cubrir casi cualquier aplicación industrial.

Los termómetros BI — THERM están fuertemente construidos en acero inoxidable y su exactitud se halla dentro del 1% de la amplitud del rango, se surten con el termopozo desmontable para poderlos quitar sin interrumpir el proceso.

Pueden tenerse las siguientes variantes:

Vástago recto o a 90°.

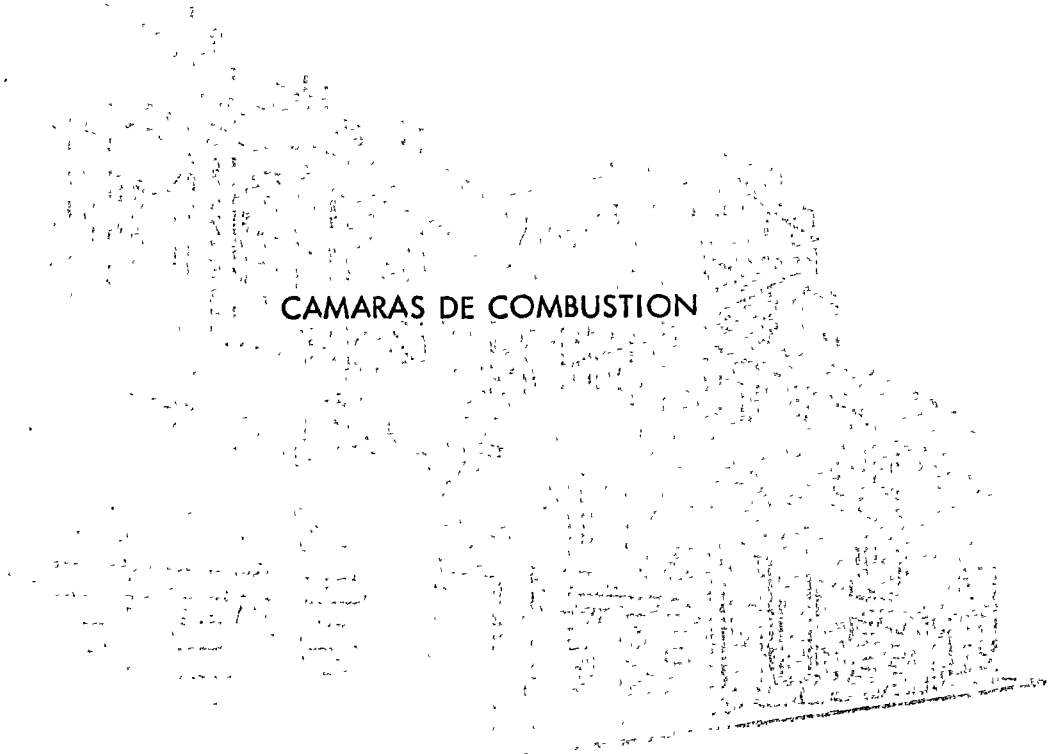
Longitudes de vástago desde 102 mm (4") hasta 1219 mm. (48").

Termopozos de diversos materiales y tamaños para adaptarse eficientemente a la aplicación.

* Marca Registrada

centro de educación continua
facultad de ingeniería, unam

INSTALACIONES DE GAS



CAMARAS DE COMBUSTION

ING. ALVARO GARZA PEÑA

Tacuba 5, primer piso. México 1, D.F.
Teléfonos: 521-30-95 y 513-27-95

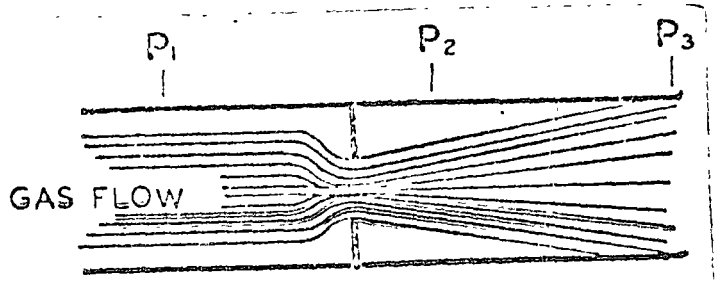


Fig. 1

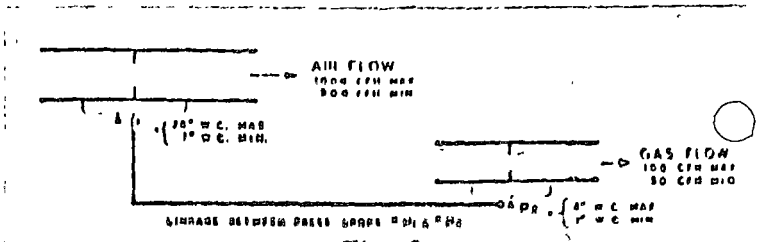


Fig. 2

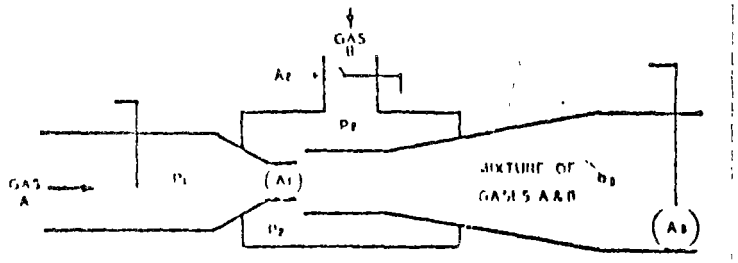


Fig. 3

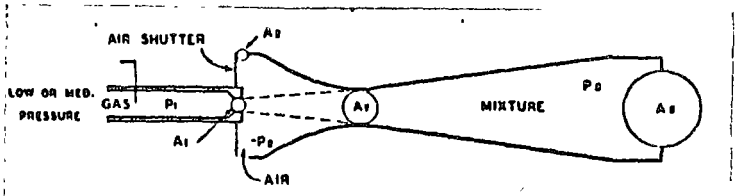


Fig. 4

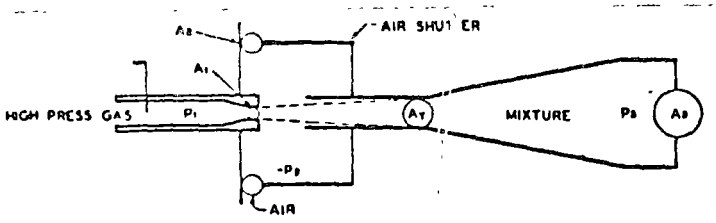


Fig. 5

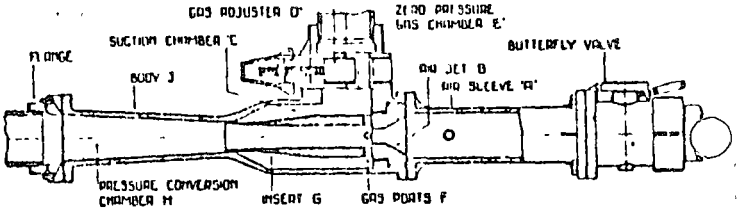
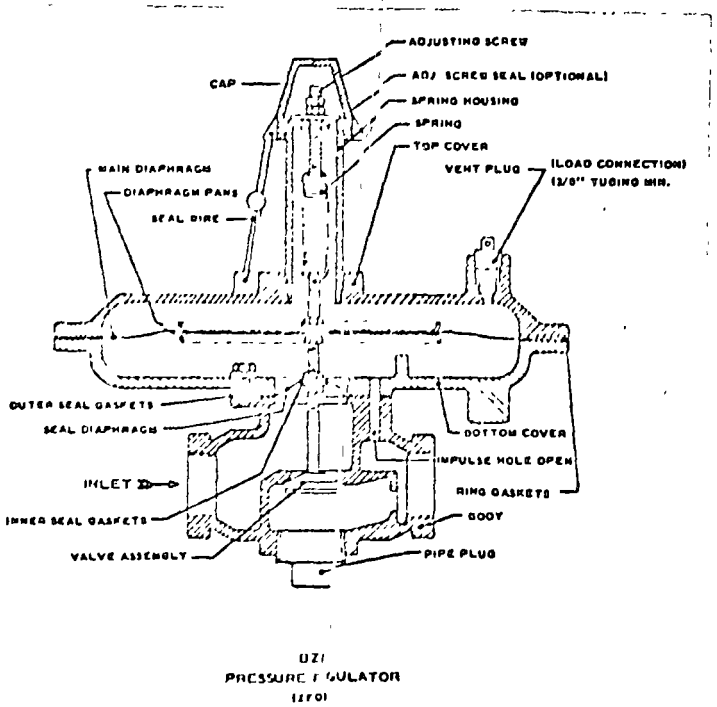


Fig. 6



DZI
PRESSURE REGULATOR

Fig. 7

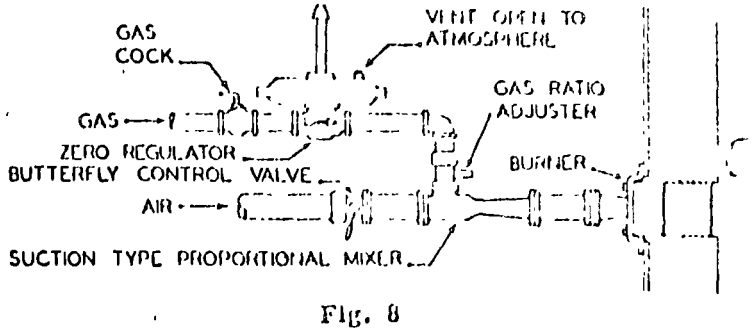


Fig. 8

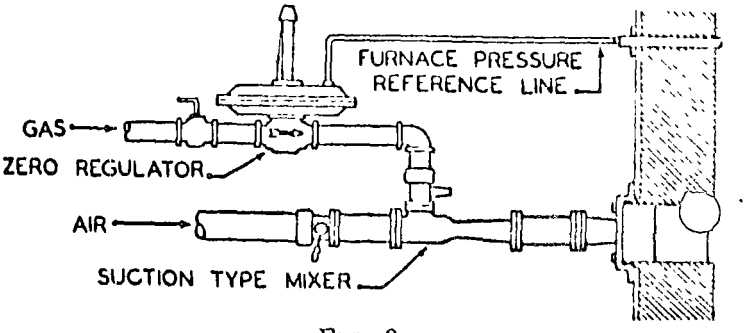
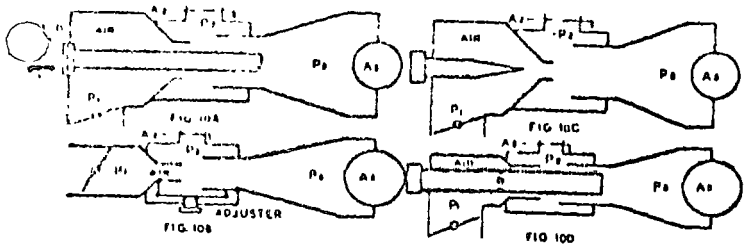


Fig. 9



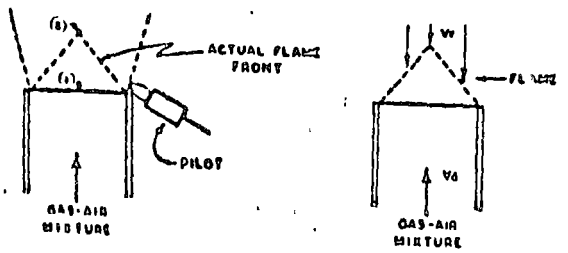


Fig. 11a

Fig. 11b

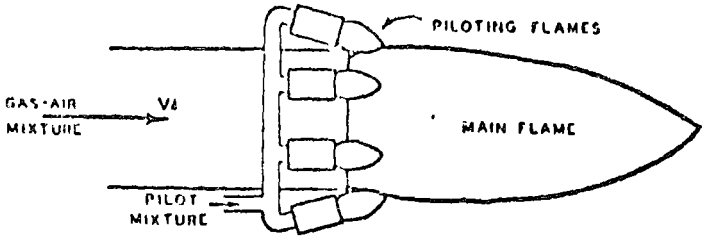


Fig. 12

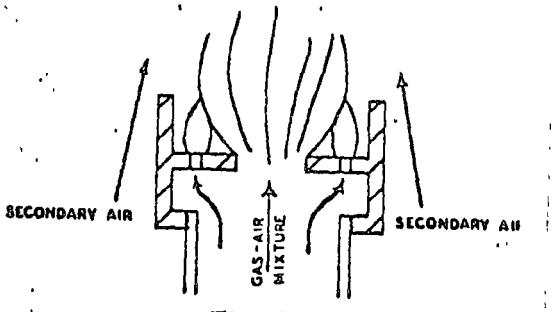


Fig. 13



Fig. 14

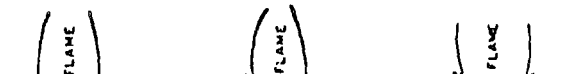


Fig. 15a

Fig. 15b

Fig. 15c

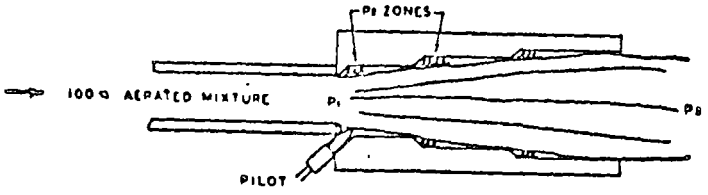


Fig. 16

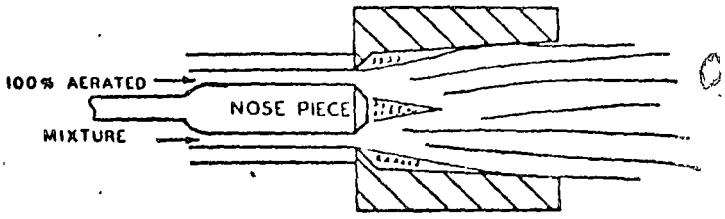


Fig. 17

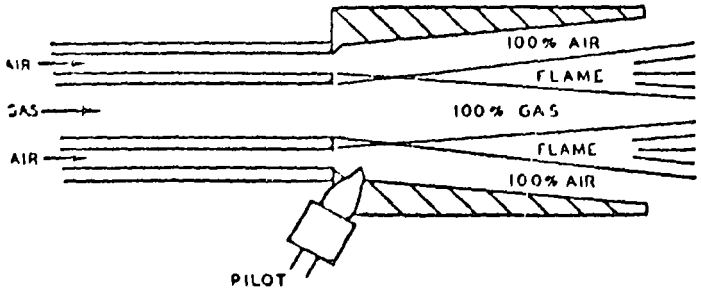


Fig. 18

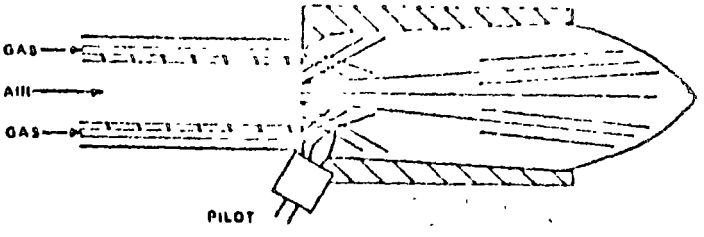


Fig. 19

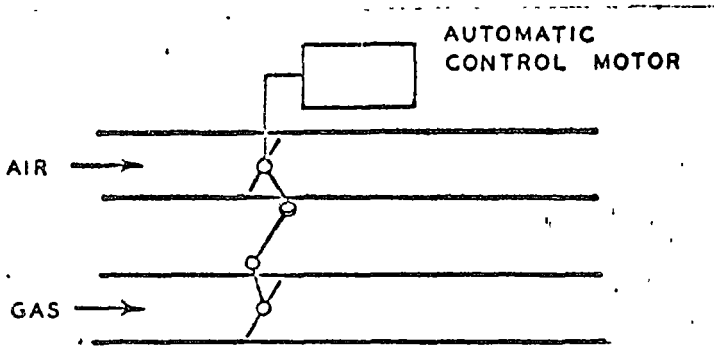


Fig. 20

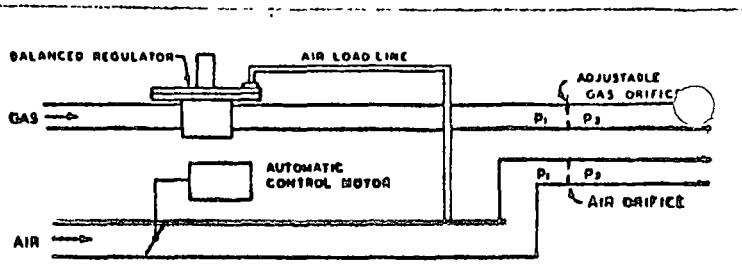


Fig. 21

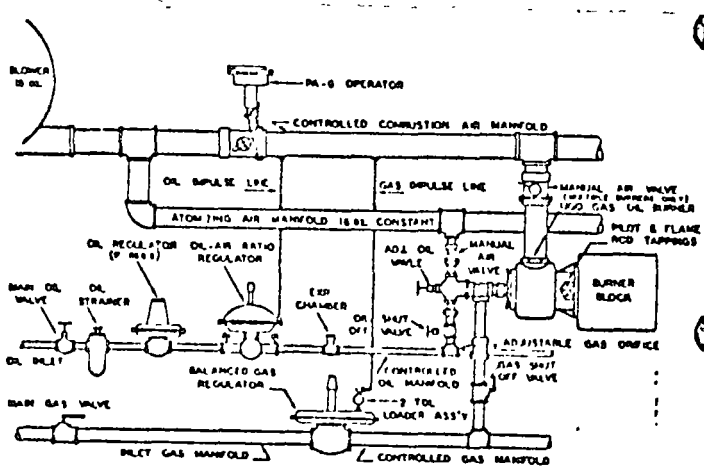


Fig. 22

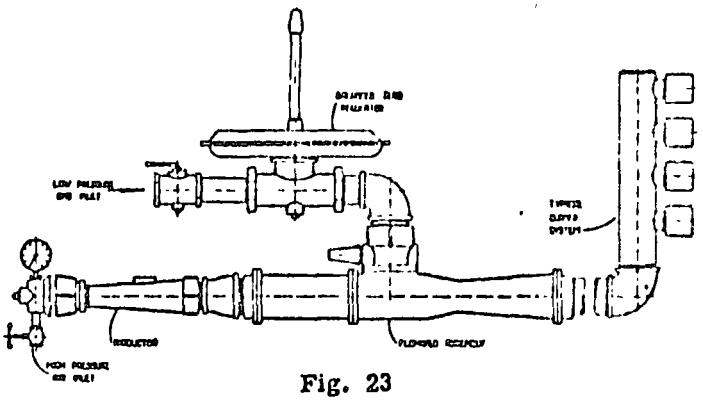


Fig. 23

CONTROLES LIMITE.

Los controles límite son controles que se instalan sobre todo en hornos cuyo material es delicado o peligroso por inflamable por lo que la temperatura no debe pasar de un grado determinado y con este propósito se instala un control que corta al suministro de energía al sistema y el flujo de gas al quemador cuando por alguna falla en el control de temperatura este sube a un grado superior al mínimo aceptable.

DETECCION DE FLAMA.

Los detectores de flama se constituyen de:
Elemento sensor
Conductor
Relevador
Válvula de control

El elemento sensor en los sitemas más simples es un termopar de dos placas de diferente metal que al calentarse y teniendo diferente coeficiente de expansión la que crece más y por estar fija a la obra la dobla y actúa sobre una leva que abre o cierra una compuerta para el paso de gas, este sistema es muy lento en su operación de 6 a 8 segundos, el siguiente sistema se constituye por un termopar con su conductor que llega hasta una válvula electromagnética que se abre al llegar la corriente generada por la flama permitiendo el paso del gas al quemador piloto, se enciende manualmente abierta, una vez establecida la flama en este se suelta y manualmente se abre el paso del gas a la flama principal, como los calefactores de agua automáticos, posteriormente el control de temperatura mantiene la operación de abrir y cerrar el paso del gas al quemador principal mientras se mantenga el piloto encendido, si este se apaga, bloquea la operación de la válvula, su acción de corte una vez que se apaga el piloto toma de 5 a 6 segundos, luego tenemos un sistema semejante con detector de flama de termopar que actua sobre un electromagneto y este sobre un contactor que permite el paso de la corriente a la válvula principal que es una solenoide, cuando se apaga el piloto se abre el contactor cortándose la corriente que va a la válvula principal, para encender se mantiene el circuíto cerrado manualmente a este sistema se le llama pilostato, existen otros tipos detectores pero la operación es equivalente. Estos sistemas se emplean en quemadores de capacidad baja cuando mucho de 250,000 BTU/h. debido a que su respuesta es lenta al cierre y si los quemadores tienen gran capacidad, en este lapso de tiempo se tiraría mucho gas mientras viene el cierre completo.

Un sistema más evolucionado es aquel que tiene un sensor constituído por un electrodo de rectificación de flama orientado a la del piloto, el cual se enciende automáticamente mediante otro eléctrodo de ignición quien recibe una corriente eléctrica de alto voltaje de 5 a 6 mil voltios, formando un arco con el borde del quemador piloto, a la vez que se ha abierto en el mismo momento la válvula solenoide de paso de gas a este si enciende el electrodo rectifica la flama y cierra el circuíto para que pase la corriente y abra la válvula solenoide instalada sobre la línea del quemador principal.

Toda esta secuencia se logra mediante un aparato que se denomina relevador y el cual va haciendo los eslavonamientos automáticamente al completarse el inmediato posterior. Se tienen otros relevadores que dan una secuencia de prepurga y postpurga a la cámara de combustión accionando el ventilador del tiro, antes del encendido y después de apagada la flama, el tiempo de respuesta de estos equipos es 1 a 2 segundos.

Las flamas emiten rayos infrarrojos, característica que se aprovecha para lograr la rectificación de la flama mediante una fotocelda de sulfito de plomo o de cristal de cuarzo, que verifican la presencia de la flama que puede ser la principal, la del - piloto o ambas, estos se emplean para flamas de gas o diesel y este detector es - usual en quemadores duales. El sistema trabaja en forma similar al anterior pero- con más presición, el tiempo de respuesta es de 1 segundo. En algunos casos en- donde la flama que se rectifica esta en una cámara de combustión reducida de tama_ ño y con paredes de refractarios, si no esta bien orientada la fotocelda, puede dar errores debido a las de radiaciones que emite este cuando se ha calentado bastante.

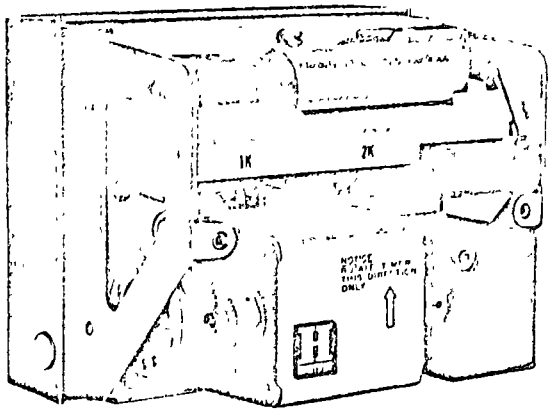
Existe un sistema más de detección, que utiliza los rayos ultravioleta que emiten las flamas de gas o diesel las que al llegar a un bulbo observador que detecta los rayos ultravioleta el cual rectifica la flama y en una forma semejante al anterior actúa sobre un relevador, los fabricantes de este rectificador aducen en su favor que este detector no se vicia por las emisiones infrarrojas del refractario, y desde luego en determina- dos casos su empleo es más seguro que el anterior, sin embargo su costo es superior.

Los detectores descritos y los relevadores que operan conjuntamente con ellos se - emplean en aquellos casos en que el horno o caldera tiene un solo quemador en - - operación, sin embargo existen hornos muy grandes en donde se tienen 20, 40 o más quemadores en estos casos el empleo de detectores del tipo descrito resultarían su- mamente caros como en hornos galleteros, de templado, etc., en donde además las temperaturas son bajas. Para estos casos existen dos alternativas, que se le ponga a cada quemador una bujía de encendido continua o sea que el arco que forma esta con el quemador no se interrumpa mientras el quemador se mantiene en operación, lo - - cual no es muy seguro, ya que los burnes de las bujías se van quemando y su arco- se va debilitando o puede quemarse un transformador y este quemador deja de encen- der dejando que el gas se escape sin quemar.

Existe para este próposito un tipo de relevadores , detectores que pueden controlar desde 2 hasta 220 flamas indicando mediante una alarma y un piloto eléctrico cuando un quemador ha quedado apagadoreciclando de nuevo su encendido.

INSTRUCTIONS

R4150A, B & C FLAME-SAFEGUARD CONTROLS



APPLICATION

The R4150 provides automatic sequencing control of burner motor, pilot valve, ignitor, and main fuel valve on package boilers and commercial burners using gas, oil, or dual fuel. It may be mounted directly on a burner or in an enclosure of 6-inch minimum depth.

A motor-driven timer provides for precise sequencing. See PROGRAMMING below for model differences. Interrupted pilot, intermittent pilot, or direct ignition of the main burner may be used.

Cycling is by a line-voltage controller. A start interlock can be used to prevent abnormal starts. A combustion air switch, if used, proves air flow during prepurge; this switch requires only a 10 VA rating.

The R4150 is listed by Factory Mutual as a combustion safeguard for automatic-lighted gas-fired and/or oil-fired burners. It is listed by Underwriters Laboratories, Inc. for automatic sequencing applications, Groups 4, 6, and 9. The R4150 is also listed by CSA (Canadian Standard Association).

The R4150A is for use with rectifying flame rod assemblies, rectifying photocells, or C7012A, C Ultraviolet Flame Detectors. The R4150B is for use with lead-sulfide cells. The R4150C is for use with C7027A or C7035A Ultraviolet Flame Detectors.

A Q534A Indicator Light Panel with matching finish is available as an accessory. It includes an spst power switch, and lights for main power on, flame on, and alarm. The panel may be mounted directly on the subbase using 1/2 inch nipples.

FEATURES

GENERAL

PLUG-IN SEQUENCING CHASSIS: Mounts on subbase or panel mount equipped with quick-connect contacts.

PLUG-IN AMPLIFIERS: Potted, solid-state, color coded, for use with flame detectors as follows:

Rectification Amplifier (green)
- Rectifying Flame Rod Assemblies
- Rectifying Photocells
- C7012A, C Ultraviolet Flame Detectors

Infrared Amplifier (red)
- Lead-Sulfide Cells

Ultraviolet Amplifier (violet)
- C7027A, C7035A Ultraviolet Flame Detectors

See plug-in Amplifiers under Specifications.

ALARM TERMINAL: Powered to operate an external line-voltage alarm on safety-switch lockout.

FLAME-CURRENT JACK: Located on amplifier, provides convenient means of plugging in a microammeter to measure flame signal.

VOLTAGES: Single-voltage, transformer-powered models for 120 volts 60 cps, or 120 volts 50 cps. 60 cycle model may be used on 50 cycles (multiply timing values by 1.2).

PROGRAMMING

ALL MODELS	PREPURGE: 30 seconds fixed. Provision for low-fire or start interlock switch—must be made to permit start. Provision for combustion air interlock — airflow must be continuously sensed after first 7 seconds or shutdown occurs, followed by recycling. POSTPURGE: 15 seconds INTERLOCK TERMINALS: Provide for connecting separate safe-start and running interlocks. MOTOR-DRIVEN SEQUENCE TIMER: Synchronous motor driven to provide precise program timing. Index shows position in programming sequence at time. The timer provides a 90-second cycle (apart from burner-on time).
	TIMED TRIAL FOR PILOT IGNITION: 10 seconds.
R4150A1007 -A1015 -A1023 -B1005 -B1013 -C1003 -C1011	Spark-Ignited Intermittent Pilot: With flame, ignition shuts off 15 seconds after main fuel valve opens. Spark-Ignited Interrupted Pilot: With flame, ignition shuts off and pilot valve closes 15 seconds after main fuel valve opens.
R4150A1056	Pilot and ignition on for 10 seconds, then pilot only for 5 seconds before main fuel valve is energized.
R4150A1064	Pilot valve and/or ignition spark shut off in 10 seconds unless flame is proven.
	TIMED TRIAL FOR MAIN FLAME:
R4150A1007 -A1015 -A1023	15 seconds, after proof of pilot.
-A1056 -B1005 -B1013 -C1003 -C1011	10 seconds for direct-ignited main flame, oil only. (For -A1056, 15 second trial with ignition interrupted after first 10 seconds.)
R4150A1064	Selectable 15 or 30 seconds by termination of pilot and ignition function. 10 seconds for direct-ignited main flame (oil only).

Rev. 2-67
J.J.

Form Number 95-6255
Residential Div.

FLAME-SAFEGUARD

FLAME SUPERVISION: Pilot and main flame.

SAFE START: If, after the first 10 seconds of prepurge, the flame relay should pull in for any reason, the ignition cycle cannot be started. Instead, the timer will complete its revolution and lock up at start position. A burner start cannot be made if the flame relay holds in for any reason.

CUTOFF OF FUEL AND IGNITION: On loss of flame after trial for pilot ignition period.

SAFETY-SWITCH LOCKOUT: On failure to ignite, or loss of flame; 30-second timing. Manual reset.

RAPID FLAME RESPONSE: On loss of flame, deenergizes fuel valve in 3 seconds (nominal).

SPECIFICATIONS

MODELS:

Model[a]	Amplifier
R4150A1007 120v, 60cps	R7257A1002 Plug-in Amplifier. Rectification-type (green), 2 to 4 sec. flame response. For use with C7004B, C7005A and B, C7008A, or Q179A rectifying flame-rod devices (for gas), C7003A, C7010A, C7013A or C7014A photocell (for oil), or C7012A, -C ultraviolet flame detectors (gas or oil).
R4150A1015 120v, 50cps	
R4150A1023 120v, 60cps	Less amplifier (order separately)
R4150A1056 120v, 60cps	Less amplifier (order separately)
R4150A1064 120v, 60cps	Less amplifier (order separately)
R4150B1005 120v, 60cps	R7258A1001 Plug-in Amplifier. Lead-sulfide-type (red), 2 to 4 sec. flame response. For use with C7015A lead-sulfide photocell (for gas or oil).
R4150B1013 120v, 50cps	
R4150C1003 120v, 60cps	R7259A1000 Plug-in Amplifier. Ultraviolet-type (violet), 2 to 4 sec. flame response. For use with C7027A or C7035A Ultraviolet Flame Detectors (for gas or oil).
R4150C1011 120v, 50cps	

[a] See PROGRAMMING, page 1, for model differences in timed trials.

ELECTRICAL RATINGS OF TERMINALS:

Ignition Transformer (Terminal 5 or 6)	540 va
Pilot Valve (Terminal 6) (pilot duty)	50 va
Main Fuel Valve (Terminal 7)	
10 times inrush	250 va
2.5 times inrush	400 va
Burner Motor (Terminal 8)	
Full Load (amperes at 120 volts)	9.8
Locked Rotor (amperes at 120 volts)	58.8
Alarm (Terminal 9) (pilot duty)	75 va
Total Connected Load	2000 va

POWER CONSUMPTION: 50 cycle, 13.5 watts max; 60 cycle, 11 watts max.

PERMISSIBLE AMBIENT TEMPERATURES:
R4150A, C - Minus 20 F to 125 F
R4150B - 0 F to 125 F

MOUNTING: Q520A base. To be ordered separately. See Fig. 1 for dimensions.

OVERALL DIMENSIONS: See Fig. 1.

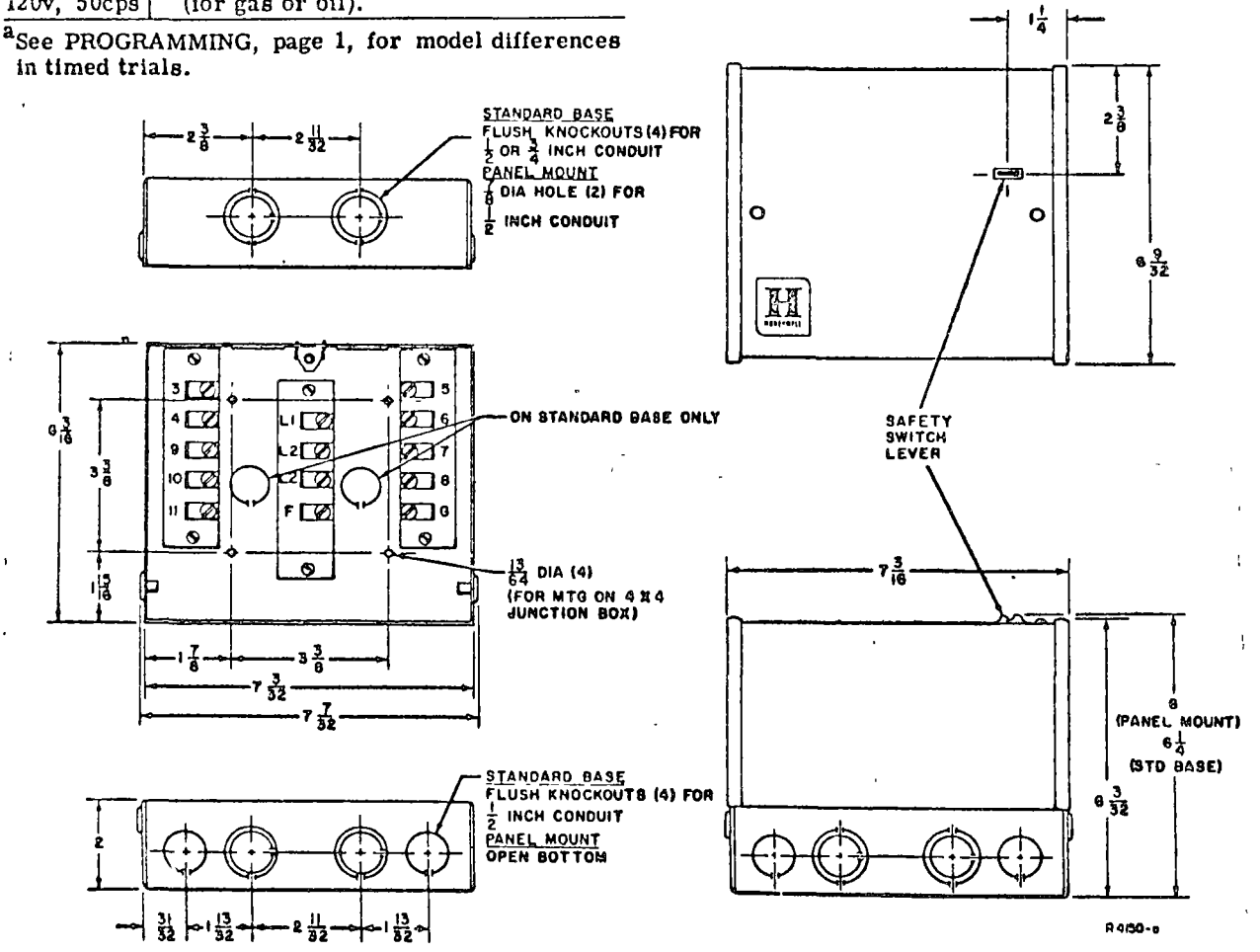


Fig. 1 - Installation dimensions of R4150 chassis and Q520A base.

ACCESSORIES: 123514A Flame Simulator, for use with R7257A Amplifier only. 123514B Flame Simulator, for use with R7259A Amplifier only. Q534A-Field adaptable light panel. Includes power switch, and lights for main power, flame on, and alarm.

ORDERING INFORMATION: Specify—

1. Model number of control.
2. Voltage and frequency.
3. Type of flame detector to be used.
4. Number and quantity of amplifier.
5. Q520A Base; specify standard base or panel mount.
6. Accessories, if required.

Order from - Honeywell

1885 Douglas Drive North.
Minneapolis, Minnesota 55422
(In Canada - Honeywell Controls Limited
Vanderhoof Avenue, Leaside
Toronto 17, Ontario.)

INSTALLATION

Use applicable installation instructions provided by the burner manufacturer in addition to the corresponding instruction given here. Before putting the system into service, check out the installation using the procedures on pages 4 and 5 of this sheet, and any others stipulated by the burner manufacturer.

MOUNTING THE Q520A BASE OR PANEL MOUNT

See Fig. 1 for installation dimensions.

1. Locate the base or panel mount where the surrounding temperatures will remain within the limits of the Permissible Ambient Temperatures given under Specifications.
2. The base or panel can be mounted in any position, however, the standard vertical position is recommended. The Q520 may be mounted on a standard 4 x 4 junction box.
3. Be sure to allow clearances for servicing and for removal of the chassis.

WIRING TO BASE OR PANEL MOUNT

1. All wiring must comply with applicable electrical codes, including use of NEC Class 1 wiring.
2. Refer to Fig. 2 and Fig. 6 for typical wiring diagrams; but follow the burner manufacturer's wiring diagrams if provided.
3. Add required disconnecting means and overload protection to power supply circuit.
4. Check wiring circuits with a bell or lamp before installing the R4150 chassis.

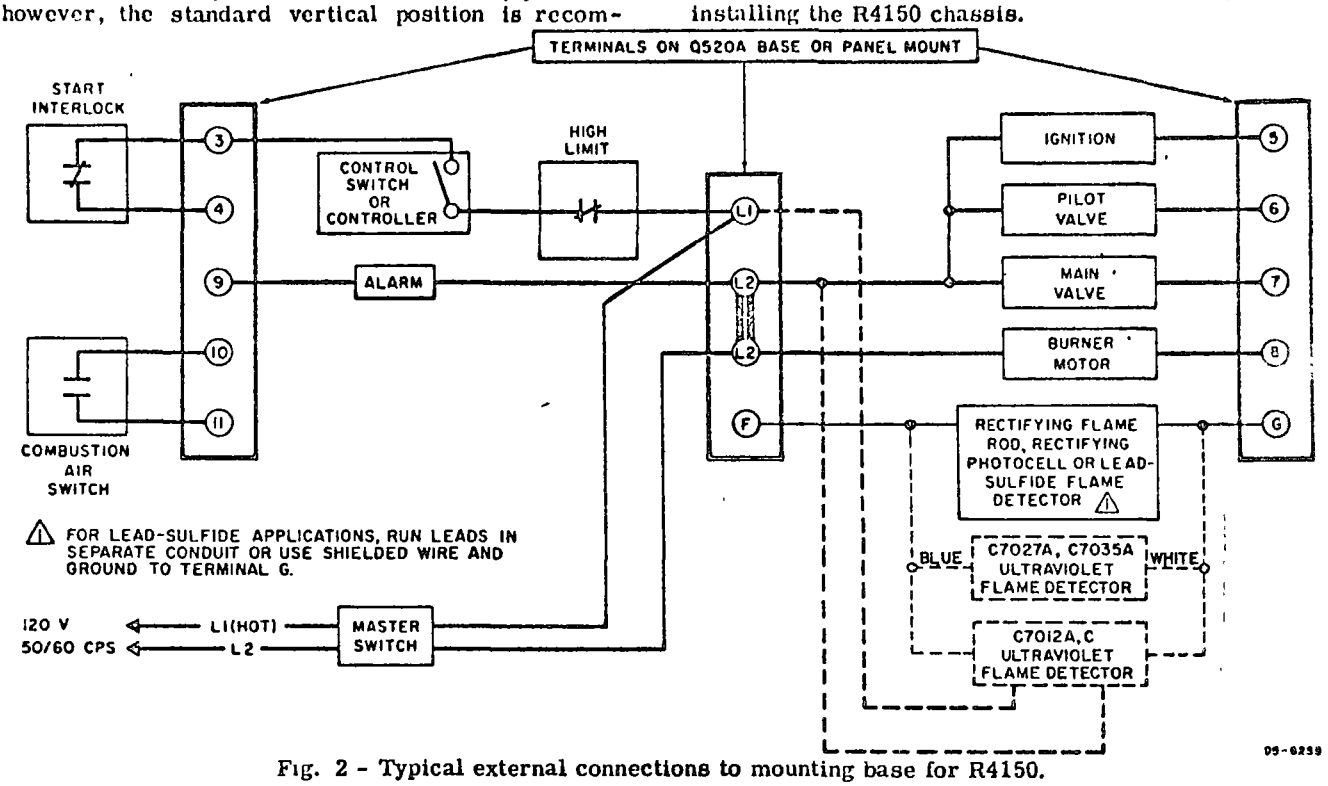


Fig. 2 - Typical external connections to mounting base for R4150.

INSTALLING THE CHASSIS

1. Open the line switch.
2. Grasp the handle of the R4150 chassis, Fig. 3, and engage the two pivot pins on the base with the chassis hinge brackets.
3. Swing the chassis inward until the spring connectors engage the knife-blade contacts. Push in until the contacts are fully engaged.
4. Tighten the chassis retaining screw.

TO REMOVE CHASSIS

1. Open the line switch.
2. Loosen the chassis retaining screw.
3. Pull outward on the handle.
4. Disengage the chassis hinge brackets from the base pivot pins.

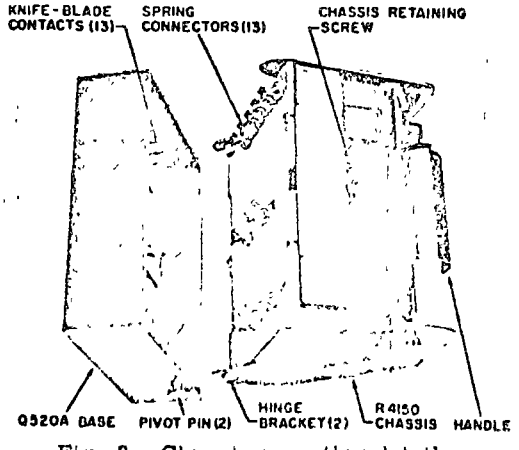


Fig. 3 - Chassis mounting details.

FLAME DETECTOR

Proper flame detector installation is the basis of a good flame-safeguard installation. Refer to the instructions packed with the flame detector and to the burner manufacturer's instructions. Follow instructions carefully to make the best possible application of the flame detector.

CHECKOUT

PRELIMINARY INSPECTION

Make certain that:

1. Wiring connections are correct and all terminal screws are tight.
2. Flame detector installation is completed.
3. Correct combination of amplifier and flame detector is used. Refer to Plug-In Amplifiers under Specifications.
4. Burner is completely installed and ready to fire; fuel lines are purged of air.
5. Combustion chamber and flues are clear of fuel.
6. Power is on at system disconnect switch.

FLAME-DETECTOR CHECKOUT

The checkout procedure depends on the type of flame detector, but all types require measuring the flame signal. This should be done with a Honeywell W136A Microammeter, or equivalent, which has a plug for inserting into the meter jack on the plug-in amplifier. (A 117053 Meter Connecting Plug Assembly may be ordered separately if needed for an older W136A.)

Flame-detector performance is affected by:

1. Position, size, and burning characteristics of the flame.
2. Hot refractory (except flame rod and ultraviolet flame detectors where refractory temperatures are 2500 F or less).
3. Ambient temperature at detector (except flame rod). See detector instruction sheet.

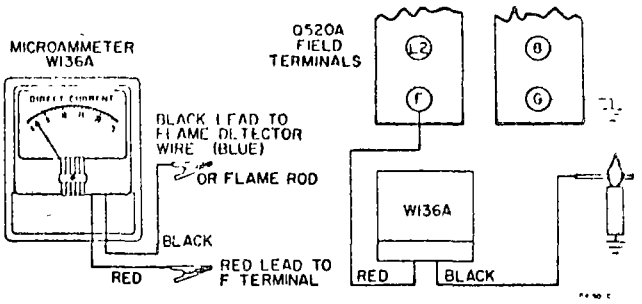


Fig. 4 - Microammeter connections for checking rectifying-flame-detector current if meter leads cannot be plugged into jack on amplifier of R4150.

	FLAME SIGNAL		
Flame Detector	Recommended condition	If less than minimum or unsteady[b], check for:	How to measure
Rectifying Flame Rod	2 microamperes minimum[a]	Sufficient grounding area. Good ground connections. Proper positioning of flame rod in flame.	Use Honeywell W136 Microammeter, or equivalent, at meter jack on plug-in amplifier. or See Fig. 4 if meter is not equipped with plug to use in meter jack. NOTE: This requires removal of chassis from base and disconnecting flame lead from terminal F.
Rectifying Photocell[c]	2 microamperes minimum[a]	Proper sighting. Clean lens and/or filter.	
C7012A, C Ultraviolet (rectifying) C7027, C7035 Ultraviolet	Must be steady. Will be approx. 4 microamperes Must be steady.	Proper sighting. Clean lens and/or filter.	
Lead Sulfide[d]	Must be steady. Will be approx. 4 microamperes	An unsteady signal indicates the detector is viewing an unstable part of flame.	Use Honeywell W136 Microammeter, or equivalent, at meter jack on plug-in amplifier. Lead-sulfide circuits cannot be read as in Fig. 4

[a] This minimum or stronger signal should be easily obtained if detector is correctly installed and positioned to sense flame properly. This condition must be improved before completing checkout.

[b] Indicates a marginal installation, a defect in the circuit, or a defective component.

[c] Avoid a signal current greater than 5 microamperes as it will shorten photocell life.

[d] The lead-sulfide cells are available in three ranges of flame-sensing sensitivity: 104662A (red), lowest; 104662B (yellow), middle; and 104662C (green), highest sensitivity. But production of a flame signal depends not only on cell sensitivity but also on the resistance of the cell when not exposed to light, and this resistance of different cells in the same sensitivity range may vary considerably. If a sufficiently strong signal cannot otherwise be obtained, try a different cell of the same or a different sensitivity range.

PILOT TURNDOWN TEST

If the R4150 is used to prove a pilot flame, perform the following turndown test to make sure that the main burner can be lighted by the smallest pilot flame that will prevent relay 2K from falling out. Proceed as follows:

1. Turn line power off and remove chassis from the base. Connect two leads to terminals 6 and 7 and bring them out to where they may be temporarily connected later in the procedure.

TO PREVENT MOTOR ADVANCEMENT OF TIMER
WARNING: Read WARNING paragraph under CLEANING CONTACTS.
Open the master switch. Remove the timer cover and insert a strip of clean paper between the M8 contacts (see foldout page for contact location).

2. Reinstall the chassis, close the master switch, open the manual fuel valves and start the system on a call for heat. Relay 1K will pull in but the timer motor will not start. Slowly advance the timer manually just enough to establish pilot flame and relay 2K pull in.
3. Turn the pilot down VERY SLOWLY, stopping instantly when relay 2K drops out.
4. Jumper terminal 6 to terminal 7 momentarily to energize the main fuel valve. The main burner should light immediately. If it does not, remove the jumper at once. Then make the necessary change in flame detector to reduce the signal strength so as to require a larger pilot flame to hold in relay 2K. This usually requires resighting the detector, or relocating the flame rod, farther out on the axis of the pilot flame.
5. Remember that any change made to reduce signal strength will require repeating the applicable flame-detector checkout procedure previously described. Make sure the signal strength has not been too greatly reduced. Then proceed to step 6.
6. Repeat the pilot turndown test.
7. If the largest pilot flame that will permit relay 2K to drop out still will not positively light the main burner, repeat this program of adjustment, checkout test, and turndown test until it has been determined that the main burner positively will be lighted with the pilot flame too small to hold in relay 2K. Repeat the lighting several times with the pilot flame at this turndown point to make sure.
8. When the system passes the pilot turndown test, turn pilot up to normal. Then remove the temporary leads from terminals 6 and 7 and the paper strip from the M8 contacts, and replace the timer motor cover.

HOT-REFRACTORY HOLD-IN (photocells only)

Test to make certain that hot refractory will not cause relay 2K to remain in after the end of the normal run; this would indicate inability to detect flame failure, and also prevent a system restart as long as relay 2K remains in.

Operate the burner until the refractory reaches its maximum temperature, then stop the burner by means of the controller. Relay 2K should drop out within 4 seconds; if this does not occur, the photocell is affected by the hot refractory. The condition must be corrected. Try sighting the photocell at a cooler and/or more distant refractory background. If that does not eliminate the trouble, try adding an orifice or filter to the detector. Continue to adjust and test until hot-refractory hold-in is eliminated.

NOTE: Repeat ALL flame-detector and pilot tests after ALL adjustments have been completed. ALL tests must be satisfied at the FINAL flame-detector position.

SAFETY LOCKOUT

Safety lockout should occur upon failure to ignite the pilot, upon failure to light the main flame, and upon loss of flame. Check each of these conditions as follows to make sure that safety lockout will occur.

1. Failure to Ignite Pilot:

1. Shut off the fuel supply to both pilot and main burner manually.
2. Turn on the power.
3. Reset the safety switch if tripped.
4. Start the system.
5. Pilot will not light. Safety switch should trip and lock out about 60 seconds after starting the system.

2. Failure to Light Main Flame:

1. Turn on the fuel supply to the pilot burner only; leave main-burner fuel valve shut off.
2. Reset the safety switch.
3. Start the system.
4. Pilot should light but main burner will not light. Relay 2K should drop out within 4 seconds after main-burner IGNITION TRIAL ends; the safety switch should trip and lock out about 30 seconds after end of the ignition trial.

3. Loss of Flame:

1. Turn on the fuel supply to the main burner; pilot gas supply also must be on.
2. Reset the safety switch.
3. Start the system. Start-up should be normal and the main burner should light normally.
4. After timer stops in normal running position, shut off the main-burner fuel supply to extinguish the main flame.
5. Relay 2K should drop out within 4 seconds later.
6. The safety switch should trip and lock out about 30 seconds later.

NOTE: If the safety switch fails to trip and shut down the system on any of these three tests, replace the R4150 with a new one; then rerun all CHECKOUT tests from the beginning.

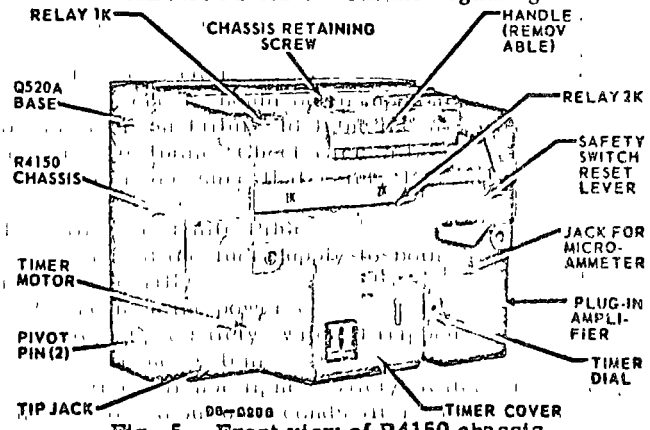


Fig. 5 - Front view of R4150 chassis.

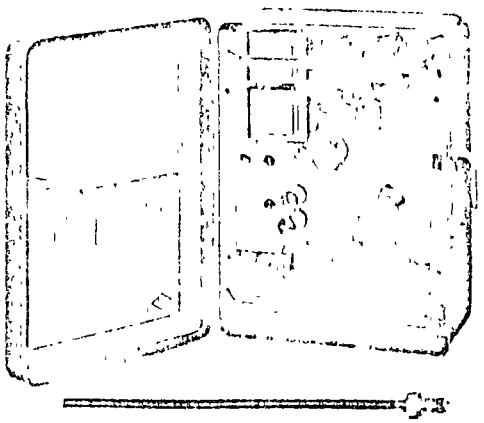
P541163
Supersedes
P540463

Type 26SJ5
Models 6000
and 6052

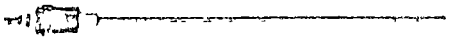
Bulletin CP-54
System FP-4
using Type 26SJ5
Models 6000 and 6052

FLAME SAFEGUARD

for semiautomatic and manually operated burners



Scanner Type 48PT1



Flame Rod Type 69ND1

FEATURES

Fireye System FP-4 provides ignition and flame failure protection for manually or semiautomatically ignited, oil, gas, pulverized fuel, or combination fuel burners. The FP-4 System consists of control Type 26SJ5 Model 6000 or 6052 and Type 48PT1 scanner which uses the "Firetron" cell to supervise oil, gas or pulverized fuel flames. Model 6052 provides for the addition of a flame rod detector, Type 69ND1.

The FP-4 System monitors both pilot and main flames and is designed to de-energize all fuel valves within 4 seconds following loss of flame. Manual restart is required following any shutdown.

The control provides for the direct connection of limit switches, air flow switches, starting interlocks and fuel pressure and temperature switches. The FP-4 System includes a safe start interlock whereby component failure, or the presence of actual or simulated flame prior to startup will prevent burner operation.

This installation bulletin describes FP-4 control systems for single burner installations. Refer to Fireye Bulletin CC-31 for multiple burner control systems.

Control Type 26SJ5 is also available in Models 6000T and 6052T. The suffix (T) denotes that the system is designed to de-energize all fuel valves within 1 sec. following loss of flame.

Required accessories: Fireye pushbutton and pilot light Type 51CP1 or 51CQ1. Specify accessories required when ordering.

SPECIFICATIONS

Fireye System FP-4, consisting of Control Type 26SJ5, Model 6000, and Scanner Type 48PT1, or Type 26SJ5, Model 6052, Scanner Type 48PT1 and Flame Rod Type 69ND1.

SUPPLY VOLTAGE (selectable) at 60 cycles, 1 phase:

120 volts (Min. 102v, Max. 132v)
208 volts (Min. 177v, Max. 229v)
240 volts (Min. 204v, Max. 264v)

VOLT-AMPERE RATINGS:

26SJ5 consumption: 30va
Maximum simultaneous connected load: 1970va (See chart at right and text on pages 3 and 4 for additional rating information.)

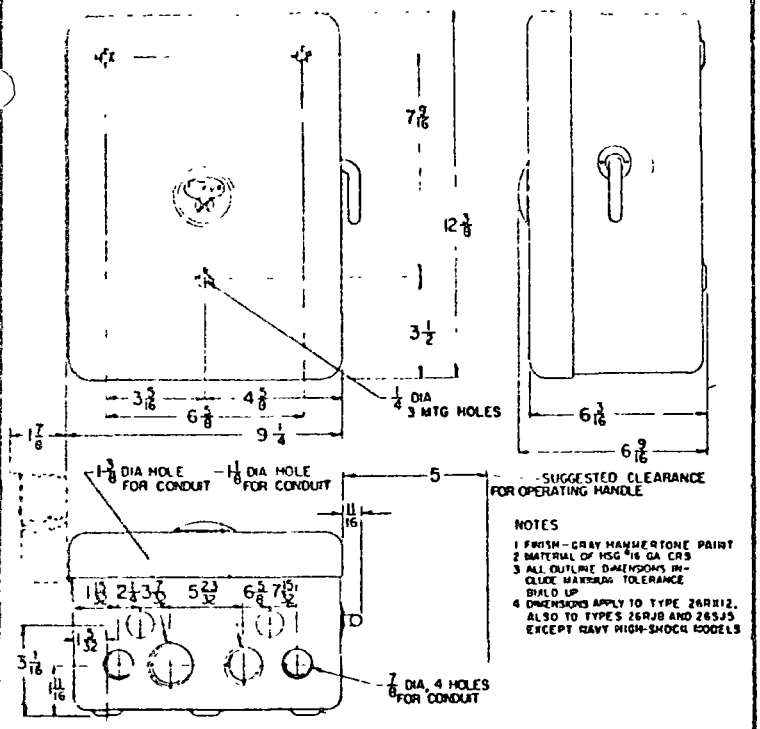
MAXIMUM OPERATING TEMPERATURE:

Scanner Type 48PT1 . . . . . 125°F
Control Type 26SJ5 . . . . . ambient, . 125°F

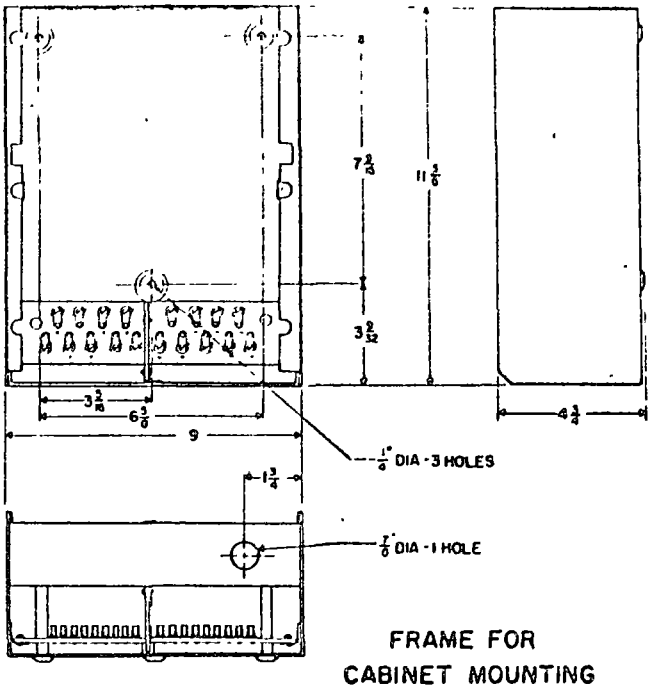
SHIPPING WEIGHT: 20 lbs.

TERMINAL RATINGS (MAXIMUM) FOR TYPE 26SJ5 MODEL 6000 OR 6052

Terminal No.	Ratings at 120/208/240v 60 cy (except as noted.) For 220v 50 cy use same connection and ratings as for 240 v 60 cy			
6	125 va Pilot Duty			
7	250 va Pilot Duty *or* Motor Rating as given Below:			
	Amperes @	120v	208v	240v
	Full Load	9.8	5.65	4.9
	Locked Rotor	58.8	33.9	29.4
	Alternate Rating – 300 va transformer; and 130 va pilot duty; and maximum combined load of not more than 3 motorized valves – Holding – 180 va; Opening – 635 va; Locked Rotor – 730 va			
9	50 va Pilot Duty			
10,11,12	125 va Pilot Duty (Model 6052 only)			

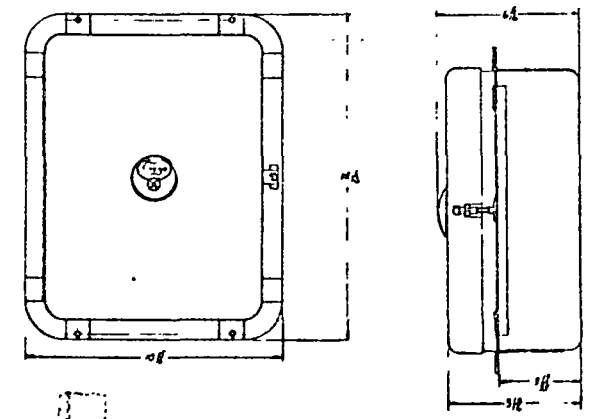


SURFACE MOUNTED ENCLOSURE (STANDARD)



FRAME FOR CABINET MOUNTING

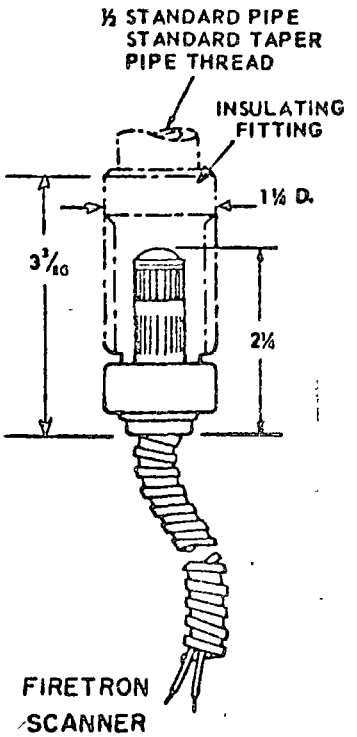
TO SPECIFY, ADD SUFFIX "A" TO MODEL NUMBER



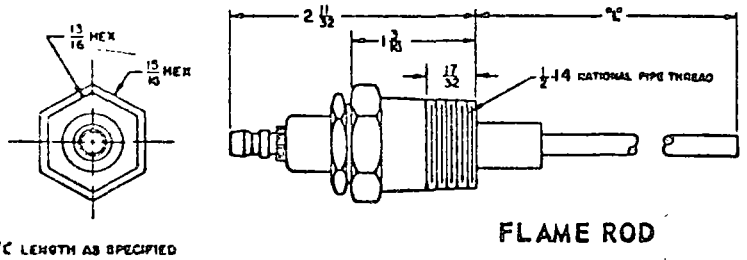
PANEL CUTOUT DIMENSIONS

FLUSH MOUNTED ENCLOSURE

TO SPECIFY, ADD SUFFIX "B" TO MODEL NUMBER



FIRETRON SCANNER



"C" LENGTH AS SPECIFIED

FLAME ROD

Figure 1

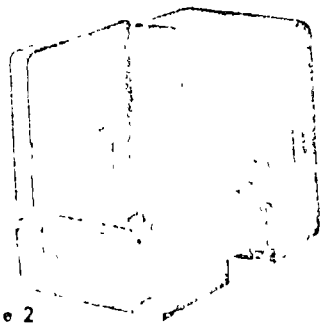


Figure 2

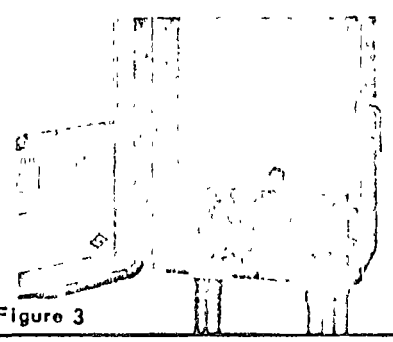


Figure 3

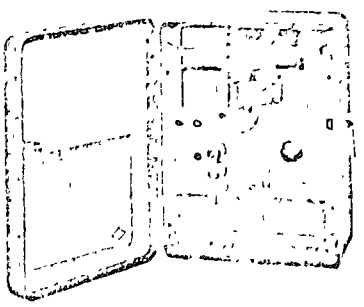


Figure 4

Installing the Type 26SJ5 Control

Loosen thumb screws at front of chassis. Pull out chassis and place on its back plate (Fig. 2). Select control mounting location on panel board or upright surface that is free from excessive vibration. Secure housing with screws or bolts using Figure 1 for drilling dimensions. After the housing is wired (Fig. 3), replace unused knockout plugs. Plug chassis securely into housing (Fig. 4), and tighten captive thumb screws.

Control and Scanner Wiring

Make wiring connections at terminal panel at bottom of housing (Fig. 3). Separate knockouts are provided for conduit connections for line voltage, and scanner circuits. Follow approved wiring diagrams. Connect bare wire directly to screw posts - without lugs.

Use suitable wire enclosed in rigid or flexible conduit for power connections. All wiring must comply with the National Electrical Code and local codes. Splices must be made only in troughs or junction boxes.

It is important that cross-phasing be prevented on multiphase installations. The common of all control components (magnetic starter coil, ignition transformer, pilot and main fuel valves, etc.) powered by the Type 26SJ5 Control, must be connected to the common of the control - Terminal 1 (208-240 volts), Terminal 2 (120 volts).

The control housing must be grounded either by the normal conduit ground or by an added grounding wire. Before applying power, make sure AC Line Plug is in its proper socket.

Attach the cable supplied with the Type 48PT1 scanner to a junction box (Fig. 5). Splice the cable wires to a pair of wires not smaller than #18. Install the complete run in a separate conduit to the knockout directly under Terminal 15 of the Type 26SJ5 Control housing.

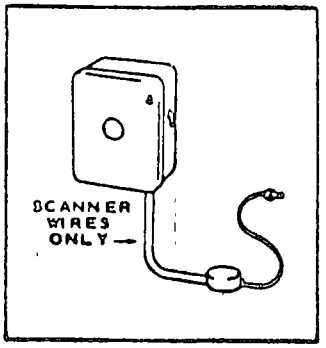


Figure 5

CONNECT BLACK WIRE TO TERMINAL 14; WHITE WIRE TO TERMINAL 15. Continuous conduit bonding between scanner and control is mandatory! Scanner may be located up to 100 feet from control. Do not pass scanner wiring through any junction box containing other wires. Do not run other wires through scanner conduit. This is a UL requirement.

The wire from the flame rod to Terminal 13 on the 26SJ5 Model 6052 may be installed with the power wiring or in a separate conduit. It must not be installed in the conduit containing the wiring to the Type 48PT1 scanner. Single conductor #14 wire with thermoplastic insulation is recommended.

Electrical Rating Considerations

Electrical ratings of Fireye controls, regardless of the terms in which they are stated, are based on normal circuit current in amperes multiplied by nominal circuit voltage, called volt-amperes and abbreviated as VA.

Other electrical rating terms must be converted to VA when computing total connected load. If stated in amperes at a given voltage, multiply volts by amperes to get VA. If stated in horsepower, use the ampere figure specified in the National Electrical Code for that single phase horsepower at the appropriate voltage and convert to VA. If the connected load is rated in watts, convert to approximate VA by dividing the rating in watts by an appropriate factor as follows:

Magnetic coil (relay, solenoid valve, etc.)	.35
Motor	.75
Resistor (electric heater, lamp, etc.)	1.00

(Example: for solenoid valve rated 14 watts, divide 14 by .35; approximate VA is 40.)

The types of load permissible under the various rating terms which may be applied to Fireye controls are as follows:

Electrical Rating Considerations (cont.)

14

Running and Locked Rotor Amperes is a rating intended specifically for motors, but a non-pilot duty load (see below) may be applied if normal and inrush currents do not exceed running current rating. Also an indicator lamp may be combined with a motor load if the total of lamp inrush (figured at 10 times normal current) and motor locked rotor currents does not exceed the locked rotor rating.

VA Pilot Duty rating permits the connection of relays, solenoid valves, small motors, indicator lamps, and other electrical devices under the condition that normal operating VA may not exceed the rating. Inrush (or locked rotor) VA may not exceed ten times the rating.

The term "Inrush" as applied here relates ordinarily to a device wherein a part of the magnetic structure is free to assume two defined positions (such as a solenoid plunger) and signifies the current which flows in the short interval between energization of the coil and seating of the movable structure in its energized position. The term also relates to resistive devices which operate at incandescent temperatures (such as a lamp), where the cold resistance is much less than the hot resistance, and where accordingly the current during the short interval between energization and incandescence is considerably higher than normal operating current.

There is no formula to convert AC ratings of isolated contacts to DC ratings. The use of contacts in DC circuits is not sanctioned unless a DC rating is specified.

Ratings, as they affect the contacts within the Fireye control, are established on the assumption that no contact will be required to carry inrush currents more often than once in fifteen seconds. The use of limit, interlock, or operating control switches that do not make positive contact at closure, and which give rise to "chattering" of relays within the Fireye control or of devices energized through it, may lead to premature failure of switching members in the control. Similarly, the contacts cannot be expected to handle short-circuit currents without possible damage. It is therefore of vital importance to make a "dry run" check of the control system (with manual fuel shut-off valves closed), following the automatic opening of a control system fuse or circuit breaker, or following any known instance of relay or switch chattering!

Scanner Type 48PT1

Install the Type 48PT1 Scanner as recommended by the burner manufacturer. If no instructions are provided, the scanner must be applied to facilitate monitoring of the pilot and main flames. The following description of operation of the Firetron cell will assist in making such an application.

Operation of Firetron Cell

The active element of the Firetron cell is a lead sulfide (PbS) semiconductor whose electrical resistance instantaneously changes in accordance with the amount of infrared and visible radiation it receives from sources within its view. Such radiation originating in a combustion chamber may consist of a steady radiation from hot refractory or metal and an average value of flame radiation which continuously fluctuates in magnitude by an amount and at a rate which are functions of the type of fuel and combustion conditions.

When a DC voltage is impressed across the cell and a series resistor, the fluctuation of cell resistance, corresponding to fluctuation of flame radiation, produces a fluctuating voltage across the cell. This voltage is termed "flame signal" and is fed to an amplifier.

The amplifier responds to a fluctuating voltage but not a steady one. It therefore responds to a fluctuating flame signal but not to a steady refractory signal. Further, it is "tuned" for maximum response at a frequency of 10 cycles per second (a fluctuation rate found in all flames) and has relatively little response at power line (60 cycle) and very low (1 cycle) frequencies. When amplified flame signal exceeds a given magnitude, it causes energization of a flame relay.

Whereas the system does not "detect" hot refractory, excessive steady radiation reduces flame signal. The same effect results from excessive scanner temperature. To avoid nuisance shutdowns, it is important to avoid sighting hot refractory and to keep scanner temperature low (never over 125°F).

Installing the Scanner Type 48PT1

These general instructions apply to installation of a single scanner which monitors both pilot and main flame on a single burner.

1. Locate scanner sight tube point of entry below and close to the burner ignition assembly (Fig. A) and drill a hole through the furnace wall. The sight tube, a 4" to 8" length of black iron pipe will be fixed to the hole when the proper position has been established.

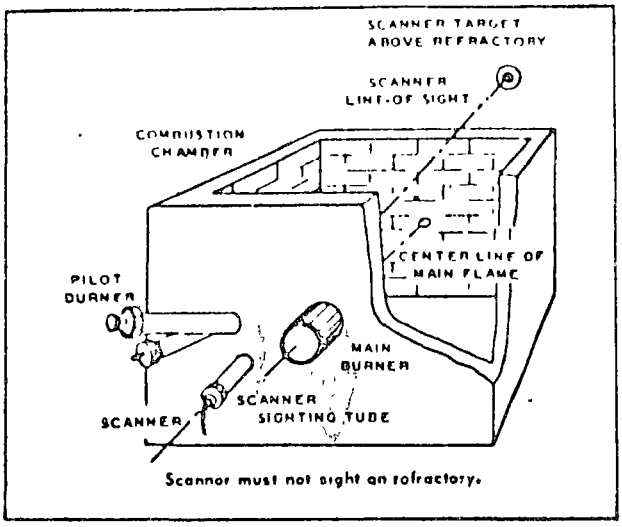


Figure A

2. Tack weld the scanner sight tube so that scanner line of sight will cross the intersection of pilot and main flame (Fig. B). Should it be necessary to remove refractory to obtain the proper viewing, prepare a straight hole, 1-1/4" ID, flared as it enters the combustion chamber.

3. Scanner must have an unobstructed view of both pilot and main flames (Fig. C). Both pilot and main flames must completely cover scanner field of view (Fig. D).

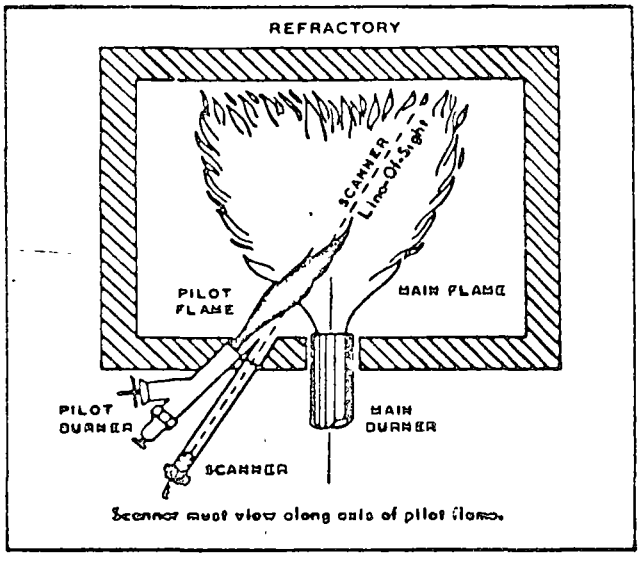


Figure B

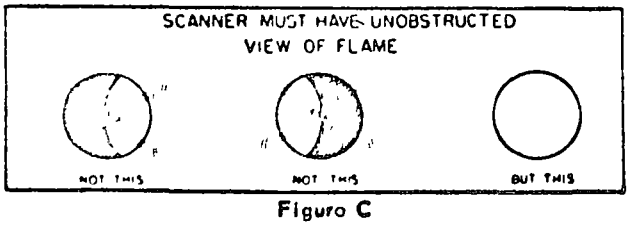


Figure C

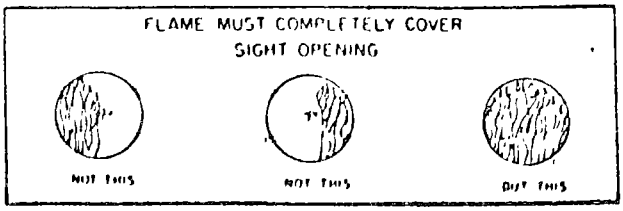


Figure D

4. Scanner must not sight on refractory which will become incandescent during burner operation.

5. Scanner must not be permitted to exceed a temperature of 125°F. Keep the scanner cool by one or more of the following methods (Fig. E).

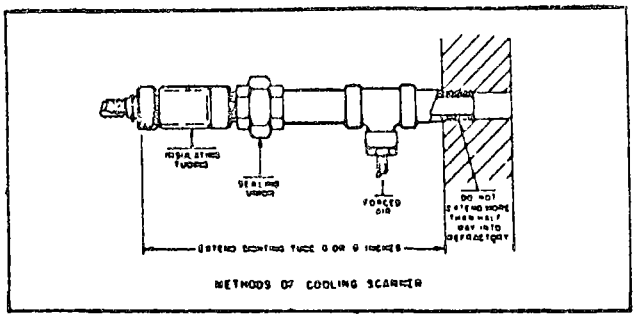


Figure E

a. Use an extended sight tube.

b. Use one or more heat insulators (Part No. 35-69).

c. Force air into sight tube.

d. Sighting tube must not extend more than half way through the refractory.

e. Use Fireye sealing union (Part No. 60-801).

6. For precise adjustment of the scanner viewing angle, Fireye Swivel Mount (Part No. 60-302) is available. If it is necessary to restrict the area the scanner views (to reduce sensitivity or because of unsatisfactory background, use Fireye Orifice Set (Part No. 10-88).

7. Where the windbox air is preheated or where ambient temperatures are high, the insulating tube will usually not provide sufficient protection for the scanner. In such cases, a water cooled scanner mount (Part No. 35-75) must be employed. A small flow of cooling water (4 to 6 gallons per hour) will suffice to maintain a scanner temperature of 100°F or less.

General Description – 69ND1 Flame Rod (Used with Model 6052 only)

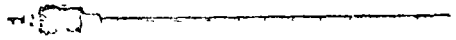


Figure 6

The 69ND1 flame rod assembly is a device designed for proving a gas pilot flame, in conjunction with the Type 26SJ5, Model 6052 flame safeguard control.

The 69ND1 flame rod assembly is a "spark plug" type unit. It consists of 1/2"-14 pipe taper threaded mounting base, a KANTHAL flame rod, a glazed porcelain insulating rod holder and a spark plug connector for making electrical connection. Standard length of the flame rod is 12 inches, but it may be shortened to any desired length.

Installing the Flame Rod

The 69ND1 flame rod assembly is located so as to monitor only the gas pilot flame; however, if desired, the electrode may be located so that it operates from the main gas flame, or from both the pilot and the main gas flame. It is mounted on a 1/2" N.P.T. coupling screwed onto a 1/2" N.P.T. nipple welded on the boiler front plate, the pipe length being 1/2" from the edge of the refractory material around the burner throat.

The following precautions should be noted:

1. Avoid bending the flame rod if at all possible.

2. Keep flame rod as short as possible.

3. Keep flame rod at least 1/2" away from refractory.

4. Flame rod should enter the pilot flame from the side so as to safely prove an adequate pilot flame under all draft conditions.

5. If used to supervise gas pilot on an oil burner, the rod should be far enough from the oil spray to prevent oil impingement and burning on the rod.

6. If the flame is nonluminous (air and gas mixed before burning) the flame electrode tip should extend at least 1/2" into the flame, but not more than half way through.

7. If the flame is partly luminous, the flame electrode tip should extend only to the edge of the flame, or not more than 1/2" into it. It is not necessary to maintain absolutely uninterrupted contact with the flame.

8. Carbon deposits on the flame rod indicate poor combustion and the fuel/air ratio should be adjusted.

9. It is preferable to locate the rod so as to angle downward to minimize the effect of sagging and prevent it from coming in contact with any object. Because of the basic requirements of a rectification system, an adequate ground surface for the pilot flame must be provided. The grounding surface in actual contact with the flame must be at least four times greater than the area of the portion of the flame rod in contact with the flame.

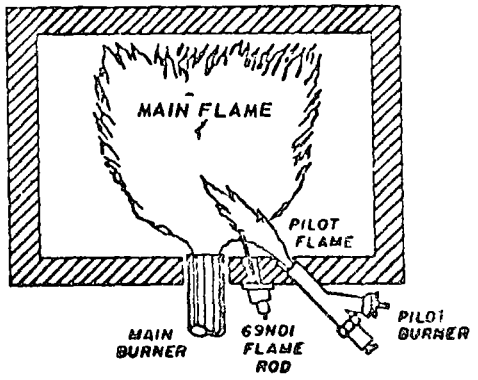


Figure 7

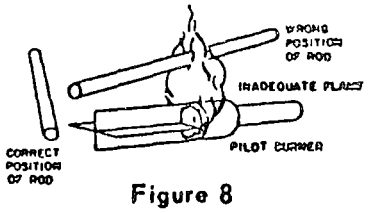


Figure 8

Two proven types of ground adapters are shown in Fig. 6 may be used to provide adequate grounding surface. High temperature stainless steel should be used to minimize the effect of metal oxidation. This assembly may be welded directly over the pilot or main burner nozzle.

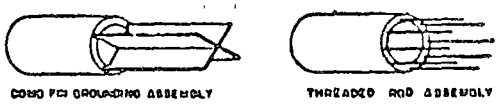
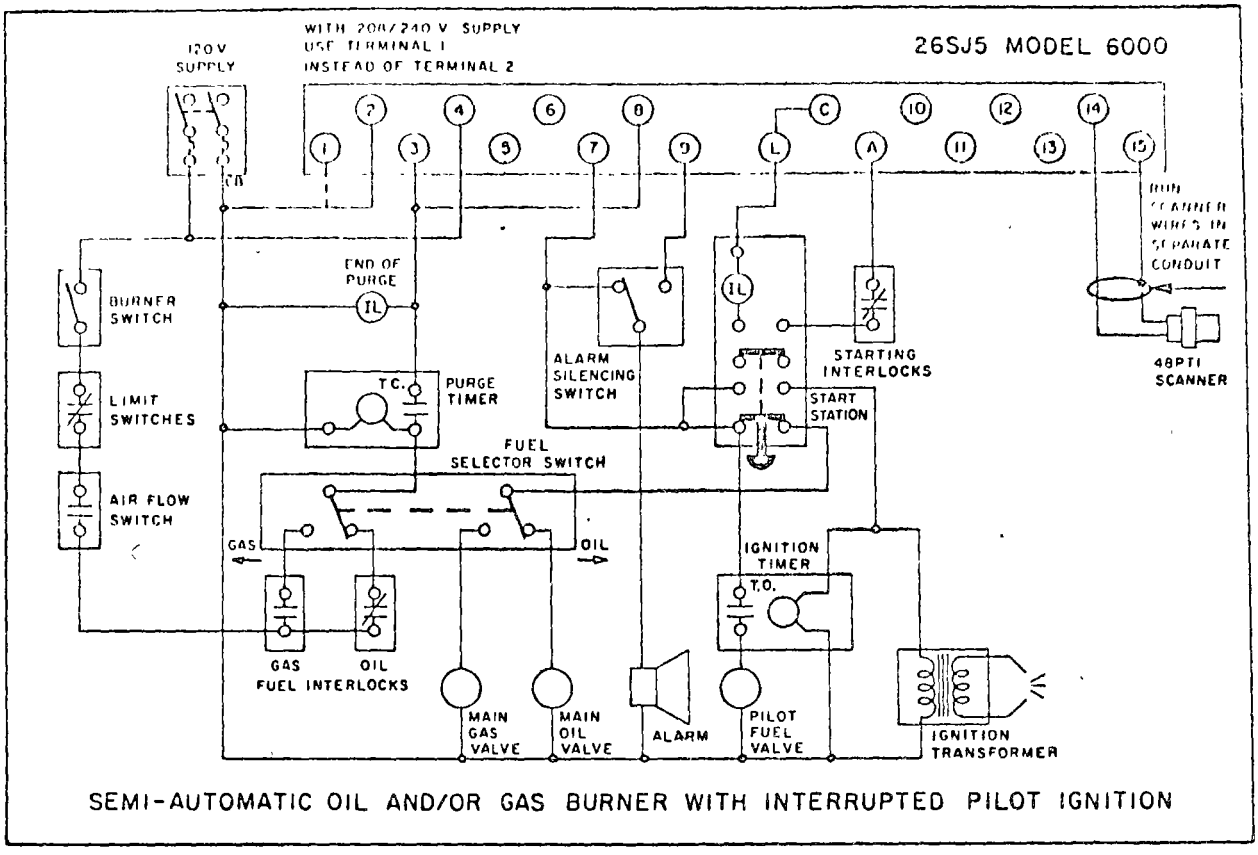
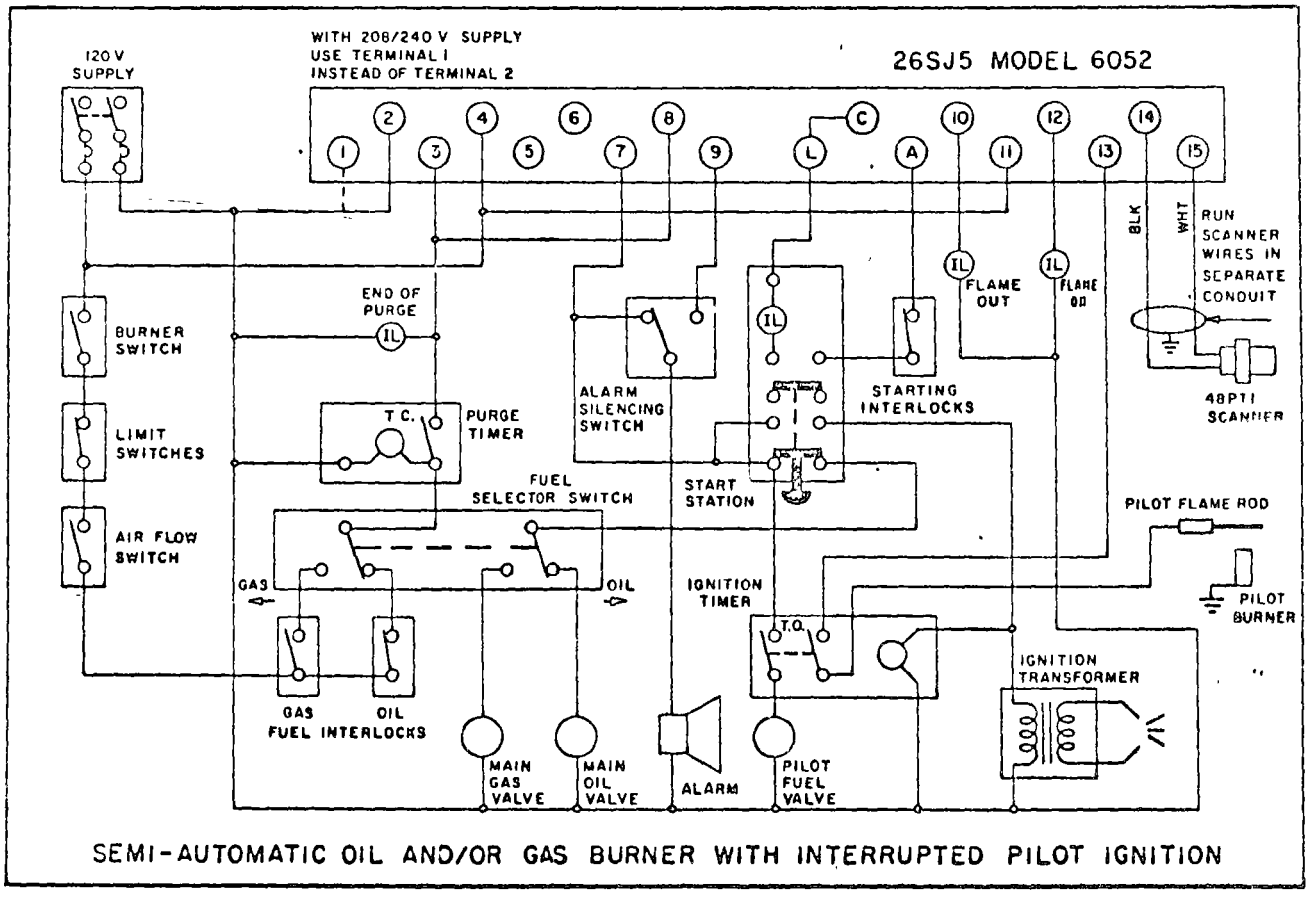


Figure 9

Flame rod installations are generally done on an individual basis and it is essential to adjust the flame rod and ground area ratio to provide a minimum signal strength of 2 microamperes.

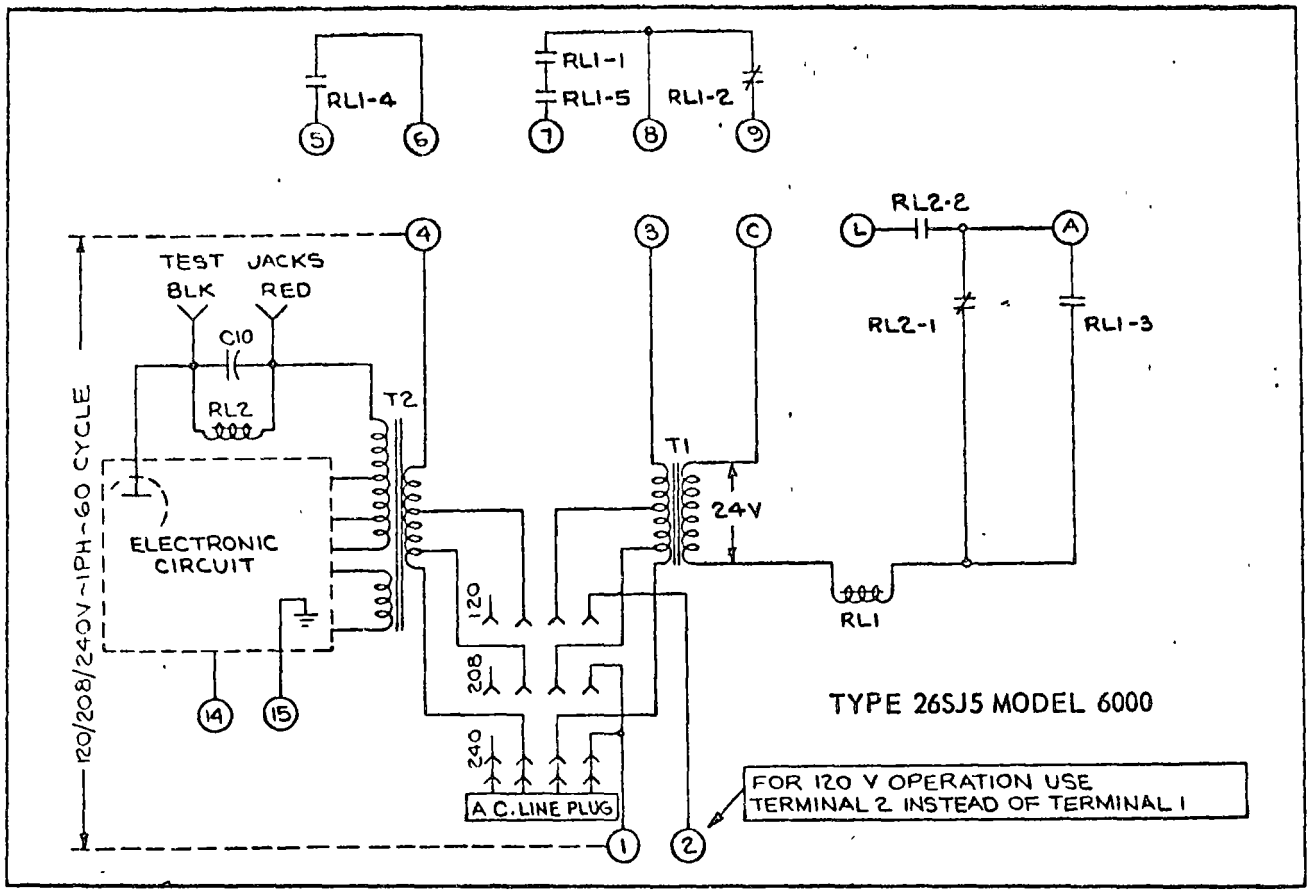


SEMI-AUTOMATIC OIL AND/OR GAS BURNER WITH INTERRUPTED PILOT IGNITION



SEMI-AUTOMATIC OIL AND/OR GAS BURNER WITH INTERRUPTED PILOT IGNITION

Figure 10


RLI-4
RLI-1
RLI-5
RLI-2
RL2-2
RL2-1
RLI-3
TEST JACKS
BLK
RED
C10
RL2
T2
T1
24V
ELECTRONIC CIRCUIT
120/208/240V~1PH-60 CYCLE
120
208
240
A.C. LINE PLUG
RLI
TYPE 26SJ5 MODEL 6000
FOR 120 V OPERATION USE TERMINAL 2 INSTEAD OF TERMINAL 1

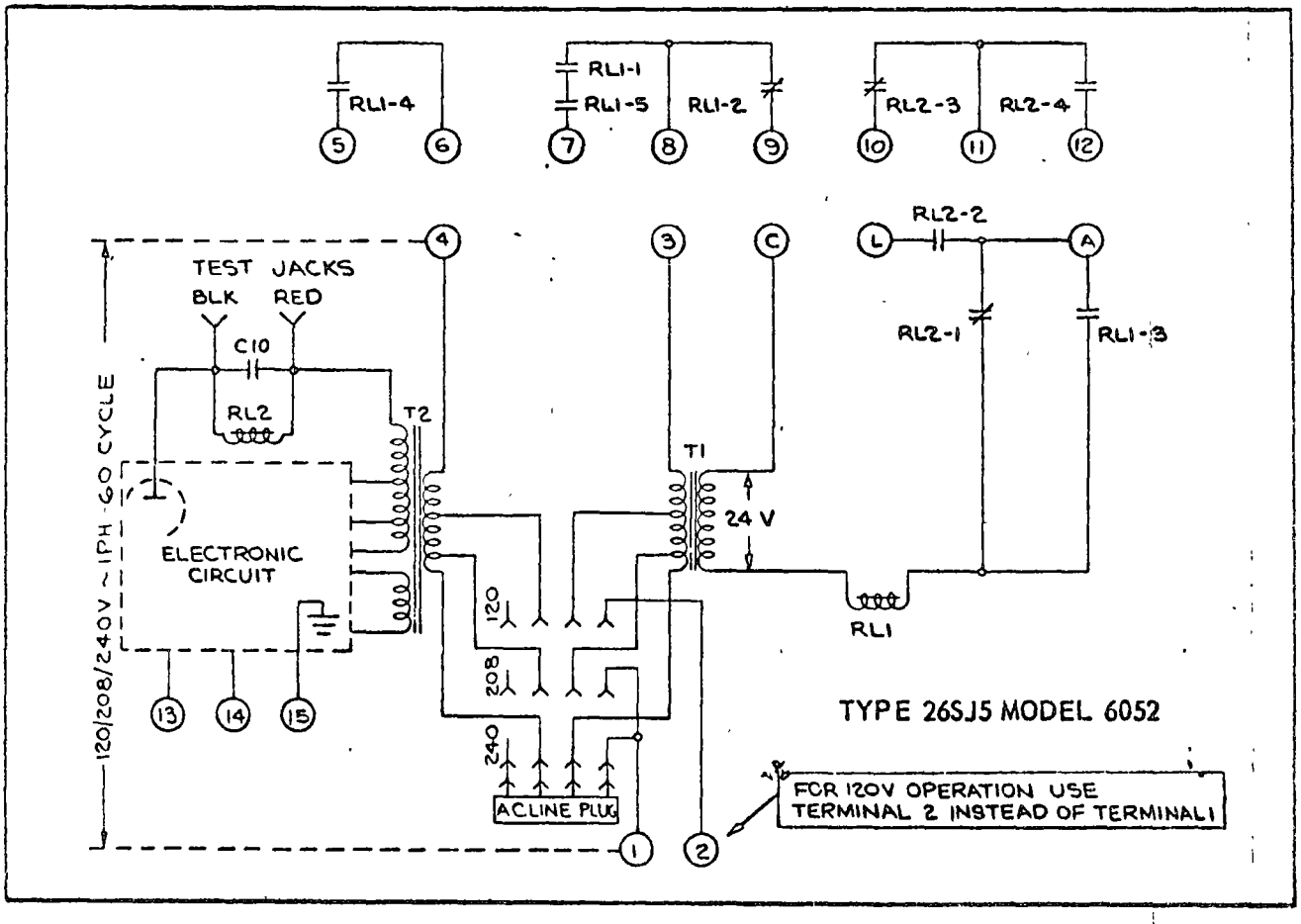
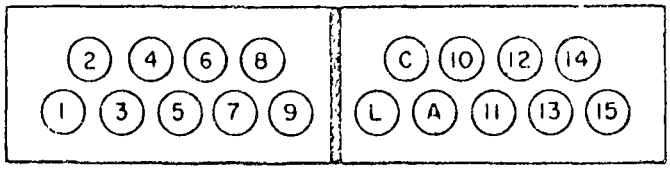

RLI-4
RLI-1
RLI-5
RLI-2
RL2-3
RL2-4
RL2-2
RL2-1
RLI-3
TEST JACKS
BLK
RED
C10
RL2
T2
T1
24 V
ELECTRONIC CIRCUIT
120/208/240V~1PH-60 CYCLE
120
208
240
A.C. LINE PLUG
RLI
TYPE 26SJ5 MODEL 6052
FOR 120V OPERATION USE TERMINAL 2 INSTEAD OF TERMINAL 1

Figure 11

FIREYE ELECTRONIC CONTROL

TYPE 26SJ5



MODEL 6000

US PATENT NO 2,811,711
ALSO FOREIGN PATENTS ISSUED AND PENDING

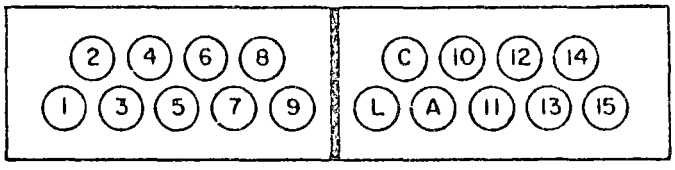
1	← COMMON 208/240 V SUPPLY HOT →	4	L	← PUSHBUTTON SWITCH →	A		
2	← GROUND 120 V SUPPLY HOT →	4	L	← LOW VOLTAGE CONTROL SWITCHES →	C		
3-4	LIMIT SWITCHES	13	NOT USED	14	SCANNER (BLACK)	15	SCANNER (WHITE-GND)
5	HOT SUPPLY FOR 6	7	MAIN LOAD	9	ALARM	11	NOT USED
6	AUXILIARY LOAD	8	HOT SUPPLY FOR 7 AND 9	10	NOT USED	12	NOT USED

TERM	ELECTRICAL RATINGS AT 120/208/240 VOLTS 60 CYCLES			
7	250 VA PILOT DUTY OR MOTOR RATING = AMPS @	120V	208V	240V
6	125 VA PILOT DUTY	FULL LOAD	9.8	5.65	4 9
9	50 VA PILOT DUTY	LOCKED ROTOR	58 8	33 9	29.4

NOTE = FOR 220 VOLTS 50 CYCLES, USE SAME CONNECTIONS AND RATINGS AS FOR 240 VOLTS 60 CYCLES

FIREYE ELECTRONIC CONTROL

TYPE 26SJ5



MODEL 6052

U.S. PATENT NO. 2,811,711
ALSO FOREIGN PATENTS ISSUED AND PENDING

1	← COMMON 208/240 V SUPPLY HOT →	4	L	← PUSHBUTTON SWITCH →	A		
2	← GROUND 120 V SUPPLY HOT →	4	L	← LOW VOLTAGE CONTROL SWITCHES →	C		
3-4	LIMIT SWITCHES	13	FLAME ROD	14	SCANNER (BLACK)	15	SCANNER (WHITE-GND)
5	HOT SUPPLY FOR 6	7	MAIN LOAD	9	ALARM	11	HOT SUPPLY FOR 10 AND 12
6	AUXILIARY LOAD	8	HOT SUPPLY FOR 7 AND 9	10	FLAME OUT INDICATOR	12	FLAME ON INDICATOR

TERM.	ELECTRICAL RATINGS AT 120/208/240 VOLTS 60 CYCLES			
7	250 VA PILOT DUTY OR MOTOR RATING = AMPS @	120V	208V	240V
6-10-12	125 VA PILOT DUTY	FULL LOAD	9.8	5.65	4.9
9	50 VA PILOT DUTY	LOCKED ROTOR	58.8	33.9	29.4

NOTE: FOR 220 VOLTS 50 CYCLES, USE SAME CONNECTIONS AND RATINGS AS FOR 240 VOLTS 60 CYCLES

NOTE: IF BOTH FLAME ROD AND SCANNER ARE USED, EXTERNAL TIMER MUST BE EMPLOYED TO OPEN FLAME ROD CIRCUIT AT END OF TRIAL-FOR-IGNITION PERIOD

WIRING TO ALL TERMINALS MUST BE INSULATED FOR AT LEAST 300 V.

WARNING: 260 V. AC FROM TEST JACKS TO GROUND

Figure 12

Relay Contact Identification

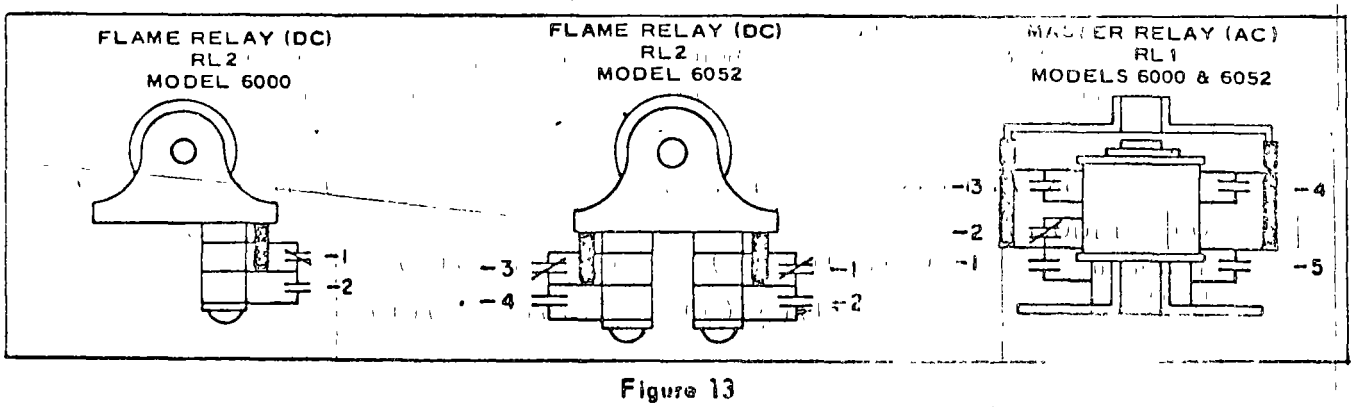


Figure 13

Description of Operation

1. To Start

a. Turn power on. Place alarm silencing switch in "silent" position.

b. Close control circuit switch, and position fuel selector switch to desired fuel.

c. Assure that all limit switches and starting interlocks are closed.

d. Start fans and assure that air flow switch is closed.

e. After purge period has been accomplished, depress Fireye pushbutton Type 51CQ1. The integral signal light will light, the pilot fuel valve and ignition transformer are energized and pilot flame is established.

f. When the pilot flame is detected by the Fireye scanner, the signal light will go out.

g. The operator may release the pushbutton which energizes the main fuel valve and the pilot time delay relay.

h. Place the alarm silencing switch in the alarm position.

i. After the pilot time delay has expired, the pilot assembly is de-energized.

2. Continued burner operation depends on the Fireye scanner detecting the presence of the flame.

3. In the event of loss of power, the opening of a limit switch, or fuel air interlock, the main fuel valve(s) will be de-energized immediately.

4. In the event of flame failure, the main fuel valve(s) will be de-energized within 4 seconds after loss of flame, and the flameout alarm will be energized. The operator may silence the alarm by placing the alarm switch in the "silent" position.

5. Manual restart is required following any shutdown.

Testing

1. Test Meter

A multimeter is recommended for measuring continuity, short circuits and grounds in the external wiring and to monitor the flame detector performance. The DC voltmeter leads plug into test jacks on the control chassis. For satisfactory operation, the meter will read zero with no flame present and a steady 60 to 100 volts when the scanners detect flame.

2. Flame Signal Attenuator

Directly above the vacuum tubes on the chassis is a recessed pin, which when grounded to the chassis by a clip cord (Fig. 14), will reduce the sensitivity of the flame signal amplifier 40% for test purposes.



Figure 14 Test Attenuator

3. Normal Pilot Test

a. Ground the attenuator pin to the chassis.

b. Plug DC voltmeter leads into test jacks on control chassis. Use 0 - 150 v scale.

c. Proceed through a normal startup to the point where the pilot flame is turned and depress the start button.

d. Observe the DC voltmeter reading which should be between 60 and 100 volts and steady.

e. If a fluctuating voltage reading is observed with either a cool or hot combustion chamber, adjust the pilot flame or realign the scanner position until a steady voltage reading is obtained.

f. When test is completed, remove the test attenuator grounding connection.

g. Pilot failure protection may be observed by proceeding through a normal startup with pilot fuel shut off. Because no pilot flame is detected, after the pushbutton is depressed, the integral signal light will remain lit and the main fuel valve cannot be energized.

4. Minimum Pilot Test

This test insures that the Fireye scanner will not detect a pilot flame too small to light off the main flame. It must be made on every new installation and following any repositioning of the scanner. Do not use the attenuator when making this test.

a. Plug DC voltmeter leads into test jacks on control chassis. Use 0 - 150 v scale.

b. Proceed through a normal startup to the point where the pilot flame is turned on, and depress the start button.

c. Reduce the fuel supply to the pilot until the scanner no longer detects the flame and then increase it until the scanner energizes the flame relay. This is minimum pilot. See Figs. 7, 8, & 15.

d. Release the pushbutton and turn on main fuel. The main fuel must light immediately from the reduced pilot flame.

CAUTION: If main flame does not ignite in approximately the same time as with normal full pilot flame, immediately turn the burner switch off. Realign the scanner sighting pipe so that detection requires a larger pilot flame. Then repeat the minimum pilot test until main flame lights reliably on several trials.

e. When minimum pilot test is completed, increase the pilot flame to normal size.

5. Main Flame Test

a. Ground the attenuator pin to the chassis.

b. Plug DC voltmeter leads into test jacks on control chassis. Use 0 - 150 v scale.

c. Proceed completely through a normal startup.

d. After the pilot flame is shut off, observe the DC voltmeter reading which should be between 60 and 100 volts and steady.

e. If a fluctuating voltage reading is observed, with either a cool or hot combustion chamber, adjust the main flame or realign the scanner position until a steady voltage reading is observed.

f. When test is completed, remove the test attenuator grounding connection.

g. Main flame failure protection may be observed by proceeding through a normal startup and after the pilot is de-energized, shut off the main fuel. The main fuel valve will be de-energized within 4 seconds after loss of flame, and the alarm will be actuated.

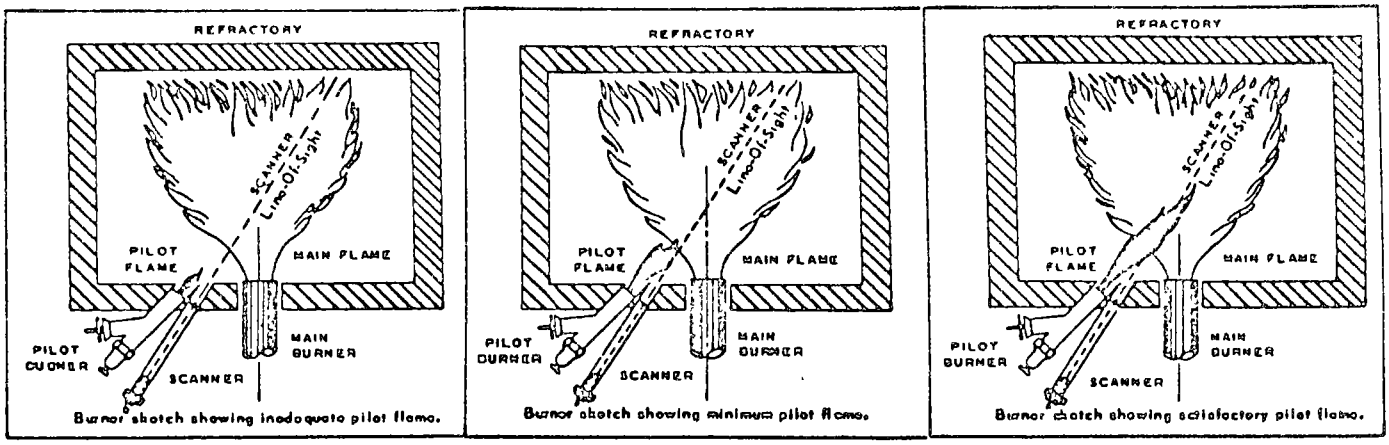


Figure 15

Maintenance

Firetron Cell: Estimated life 20,000 hours, when operated within ambient temperature limits. The scanner lens should be cleaned as often as operating conditions demand.

Flame Rod: Annual replacement recommended.

Tubes: Types 12AX7 and 12BH7A have an estimated life of 10,000 hours. Annual replacement recommended. Replacement tubes are available from local radio tube supply sources.

Contacts: All relay contacts are designed with adequate wiping action for self cleaning under normal conditions. In atmospheres carrying excessive dust or oily vapors, contacts may require occasional cleaning. Use only a fine grade of crocus cloth for cleaning. Do not file.

Humidity Effects: To protect against high resistance leakage in the electronic circuit resulting from high humidity, it is recommended that the 26SJ5 Control be left powered continually even when not in operation. If it is necessary to shut down completely for an extended period, power should be turned on for 48 hours before putting the control back in operation.

WARRANTY

We guarantee for one year from date of shipment to replace or, at our option, to repair any products or parts thereof which are found defective in material or workmanship or which otherwise fail to conform to the contract description or to any warranty, express or implied.

We make no warranties which extend beyond the description of our product on the face of our sales orders.

The Purchaser's remedies with respect to any product or part sold by us shall be limited exclusively to the right to replacement or repair f.o.b. Cambridge, as above provided. In no event shall we be liable for consequential or special damages of any nature which may arise in connection with such product or part.

Suggested Specifications for Flame Safeguard Control for Manually or Semi-automatically Ignited Burners.

A. The burner shall be equipped with a UL listed and FM approved flame safeguard control, which will de-energize all electrically operated fuel valves and actuate an alarm within 4 seconds after a flame failure has occurred.

B. When used with a burner equipped with a pilot burner, the control system shall prevent the opening of the main fuel valve until after the presence of the pilot flame has been proved.

C. The pilot and main flame shall be monitored by an infrared sensitive detecting system which shall not be actuated by hot refractory. (The pilot may be monitored by a flame rod employing the flame rectification principle.)

D. The control shall permit direct connection of safety limit switches, starting interlocks, air flow switches, fuel temperature and pressure switches and flame-out alarms.

E. The control system shall be designed for 120 - 208 or 240 volt, 50 or 60 cycle supply.

F. The control system shall include a safe start interlock whereby component failure or the presence of actual or simulated flame prior to startup, will prevent burner operation.

G. Manual restart is required following any shutdown.

H. The flame safeguard control system shall be Fireye FP-4.

COMBUSTION CONTROL DIVISION
ELECTRONICS CORPORATION OF AMERICA
One Memorial Drive — Cambridge, Massachusetts 02142

Electronics Corporation of America (Canada) Ltd 520 Kipling Avenue South Toronto 18, Ontario

Electronics Corporation of America (Great Britain) Ltd. 7 Duke of York Street London S W. 1, England

Electronics Corporation of America (Europe) S. A. Hollieboomstraat 6, Heront (Louvain) Belgium

Electronics Corporation of America (France) s.a.r.l. 15, Rue Drouot, Paris, France

Electronics Corporation of America (Deutschland) G.m.b.H. Telemannstrasse 1-3, Frankfurt am Main Germany

3-61-30

PRINTED IN U.S.A.

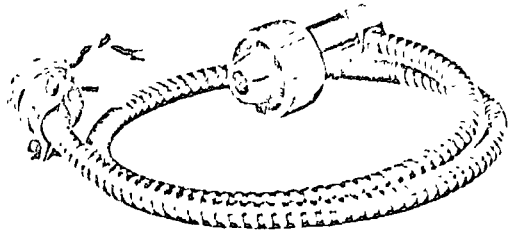
23

INSTRUCTIONS

C7015A
(FORMERLY Q283)
FLAMEGUARD*
PHOTOCELL MOUNT

Minneapolis-Honeywell Regulator Company

MINNEAPOLIS 8, MINNESOTA • TORONTO 17, CANADA



GENERAL DESCRIPTION

The C7015A Flameguard Photocell Mount and 104662 Lead Sulphide photocell make up a flame detecting unit for use with the R478B and R4074B Protectorelay* and C7006A Flameguard Adapter. The C7015A Flameguard combination detects both gas and oil flames, and is particularly suitable for combination and dual-fuel burner applications. When mounted correctly, it is able to detect a pilot flame at its intersection point with the main flame, a main flame alone, or both a pilot and main flame simultaneously.

The C7015A Mount is small in area, and is recommended for installations where rectifying photocells and flame rods would be difficult or impractical to install. It is designed for mounting on a standard 3/4" pipe, and has a 30" right-angle flexible conduit take-off lead attached for ease of wiring. A conduit fitting is supplied for connection to a junction box or other conduit. Auxiliary equipment is available for special applications where heat blocks, gas seals, or orifices are necessary.

The C7015A Flameguard combination may be connected directly to flame safeguards with Flameguard electronic networks. For a rectifying Protectorelay, such as the R178, W124, etc, the C7015A - C7006A Flameguard Adapter system must be used. Refer to the C7006A Instructions, Form No. 95-1806, for additional information.

For information regarding the suitability of the C7015A for specific applications, refer to the nearest Minneapolis-Honeywell branch office.

INSTALLATION

FOR INFORMATION ON INSTALLING THE C7006A FLAMEGUARD ADAPTER, REFER TO FORM NO. 95-1806.

The C7015A Flameguard photocell assembly, if not already installed by the burner manufacturer, should be installed according to instructions from the burner manufacturer. The following is intended merely as a guide for any points not covered by the manufacturer.

METHOD OF MOUNTING

The C7015A is designed for mounting on a 3/4" pipe. The pipe should be black iron; do not use stainless steel or galvanized which reflect light, as it will impair the sighting action of the photocell. A threaded collar on the Mount screws easily over the end of the pipe and holds the rest of the assembly firmly in place. All pipe threads are standard 3/4". Fig. 1 shows the general installation of the cell assembly. Fig. 2 shows an actual installation of the C7015A on a burner; the right-angle take-off lead is connected to a junction box (not shown).

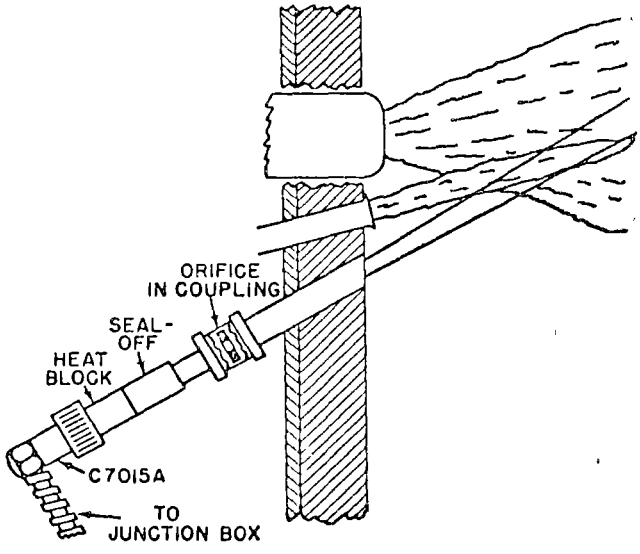


Fig. 1—General installation of the C7015A Photocell Mount.

AREA OF MOUNTING

The photocell assembly should be mounted where photocell temperature will be kept under 125 F. The sensitivity of a Lead Sulphide photocell drops as its temperature rises. Up to 125 F, the loss is too small to appreciably affect the operation of the photocell.

If the mounting location is such that the Photocell temperature may rise above 125 F, two Flameguard accessories are available for insulation: a heat block and a seal-off adapter.

The heat block is made of synthetic tubing which is mounted ahead of the cell assembly to insulate it from

*Trademark

April 18, 1960
Supersedes earlier issue
(O.S. numbering change only)
A.M.

Order This Sheet By Form Number 95-2123

the heat conducted by the mounting pipe. The heat block can withstand temperatures up to 250 F.

The seal-off adapter contains a glass window which prevents hot gases from reaching the photocell. It may be installed ahead of the photocell mount, or ahead of the heat block, if used.

Fig. 3, an exploded view of the C7015A assembly, shows these two insulators and their position in the assembly.

Under normal temperature conditions, the life of the Lead Sulphide photocell should be unlimited. For applications where photocell temperature will exceed 125 F, provision should be made for cooling, or refer to the nearest Minneapolis-Honeywell branch office for recommendations.

Sighting the Flameguard Photocell

Sighting of the Lead Sulphide photocell is the most important step in the installations, and should be done carefully.

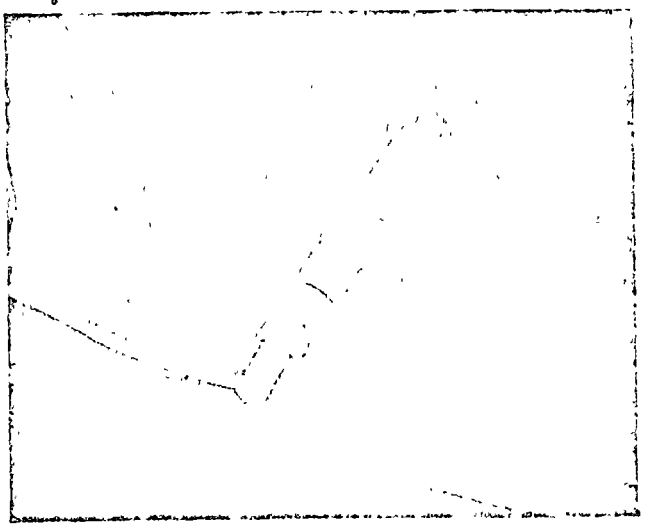


Fig. 2—A Flameguard flame detector installation on a dual-fuel burner. The photocell views the gas pilot and main flame and the main oil flame.

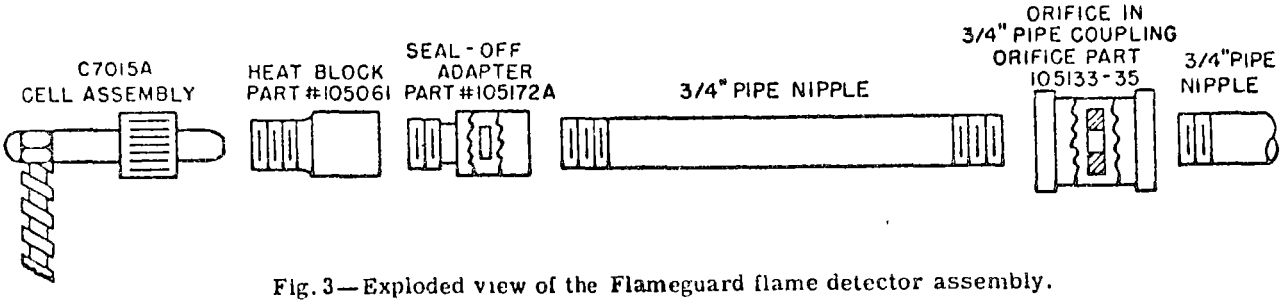


Fig. 3—Exploded view of the Flameguard flame detector assembly.

It is important to make sure that:

1. Photocell response is not affected by hot refractory energy radiations,
2. The photocell is energized only when the pilot is adequate to light the main burner (pilot ignited applications).

Sighting involves the proper direction of the line of sight (Figs. 4 & 5), and the size of the field of view (See Table I).

PHOTOCELL LINE OF SIGHT

Extremely hot refractory radiates energy very similar to flame. However, the refractory energy radiates steadily while the flame energy fluctuates in strength. The Flameguard flame detection system recognizes fluctuating energy radiations only, therefore it cannot be energized by steady energy radiations.

However, under certain conditions the steady energy radiation of hot refractory can affect the Flameguard flame detector circuit;

1. It can make the flame relay of the Protectorelay hold in on a normal shutdown by simulating a flame signal, or
2. It can get strong enough to over-ride the flame signal and thus cause a nuisance shutdown.

In the first case, hot refractory energy radiations can simulate a flame signal and thus cause the photocell to hold in the flame relay on a shutdown. This false flame signal is caused by turbulent hot air, smoke, etc. rising off the hot refractory. This turbulence will change the steady energy radiations to fluctuating energy radiations very similar to flame. Refractory "shimmer" or the fluctuating energy radiation from the refractory can energize the photocell even though flame is gone.

In the second case, the level of hot refractory energy radiation increases enough to over-ride the flame signal. The Flameguard photocell senses both fluctuating flame energy and steady refractory energy. If the steady refractory radiation gets stronger than the fluctuating flame radiation, the cell will see less of the fluctuating flame energy and may react as though a flame failure had occured.

In the majority of Flameguard installations, the refractory may get hot enough to radiate energy. Therefore, the photocell line-of-sight should view the coolest portion of the refractory so as to minimize the amount of refractory energy radiations reaching the photocell.

The size and shape of the individual combustion chamber will determine the strength of refractory energy radiations reaching the photocell. In general, we recommend that the photocell sight on the junction of the pilot and main flames and the refractory area viewed be—

- —the coolest refractory area in the combustion chamber,
- —an area as far away from the photocell as possible,
- —the smallest area of refractory possible (see REDUCING THE FIELD OF VIEW, next page).

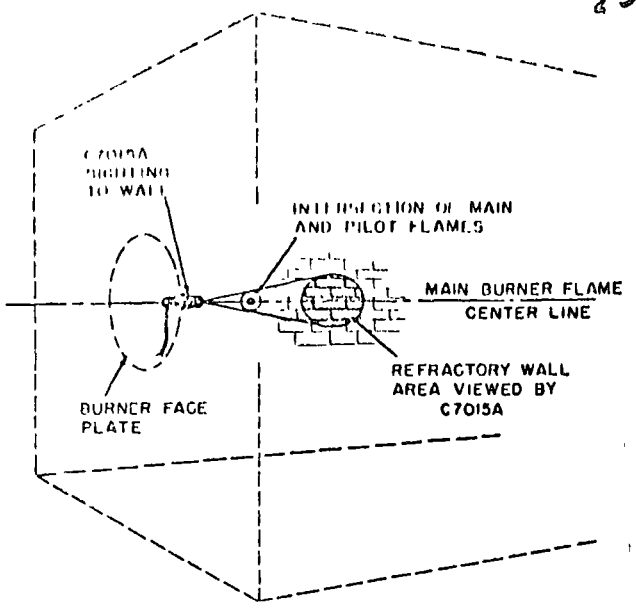


Fig. 4—Typical photocell installation showing line-of-sight toward combustion chamber wall.

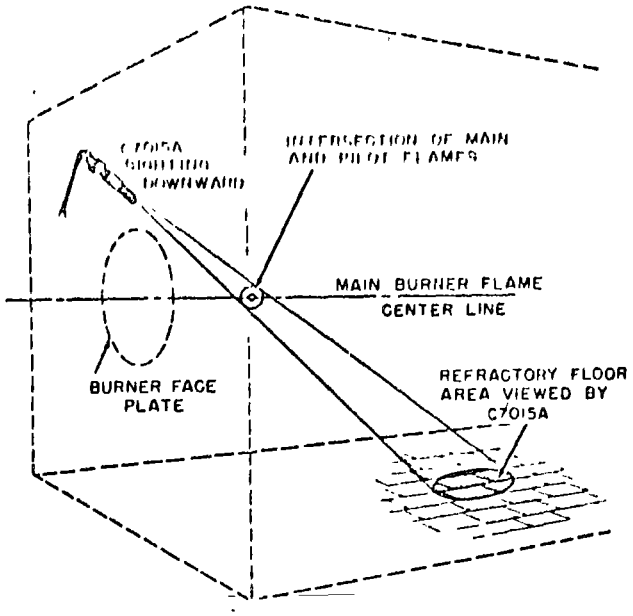


Fig. 5—Typical photocell installation showing line-of-sight toward combustion chamber floor.

Although it is difficult to satisfy all these conditions, proper sighting of the photocell should consider that any or all of the recommendations be met. In the majority of installations the photocell may be sighted toward the chamber wall or down toward the floor. The installer should try to avoid sighting at areas where carbon may be deposited, or to the rear of the chamber where the refractory generally becomes very hot. Figs. 4 and 5 illustrate a typical wall line-of-sight and floor line-of-sight.

When the area to be viewed is determined, the photocells field of view should be adjusted as explained below If the viewed area must include hot refractory, the photocell should be orificed to cut down the refractory area viewed by the cell. See page 4 and Tables II, III, and IV for orificing information.

REDUCING THE FIELD OF VIEW

A Lead Sulphide photocell, like other photocells, views an area. It is unable to pin-point a pilot flame as easily as a flame rod. Since a flame detector must prove the pilot flame only at the ignition point, the area viewed by the photocell must be only that area where the pilot can successfully light the main flame.

The viewed area must not be so large that weak and wavering pilots can energize the photocell and cause it to pull in the flame relay. In general, we may use the same approach as for flame rod installation and say, that whenever the pilot flame is in the area sighted by the photocell, it must also be in a position to light the main burner.

The area viewed by the photocell depends on the following:

1. The diameter of the opening in front of the photocell,
2. The distance from the photocell to the opening, and,
3. The distance from the opening to the area intended to be viewed.

Figures 6A, B, C, and D show three ways of reducing the field of view, assuming that the distance from the viewing opening to the flame or refractory cannot be changed. These are, (1) lengthening the mounting pipe, (2) reducing the size of the mounting pipe, and (3) installing an orifice ahead of the cell. Combinations of these methods may be used.

TABLE I

DIAMETER (IN INCHES) OF AN AREA SIGHTED THROUGH VARIOUS LENGTHS OF PIPE DIAMETER.

LENGTH OF PIPE INCHES	DISTANCE FROM END OF PIPE TO SIGHTED AREA—INCHES											
	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
1	6.3	11.9	17.6	23.2	28.4	34.5	OVER 40					
2	3.5	6.3	9.1	11.9	14.8	17.6	20.4	23.2	26.0	28.9	31.7	34.5
3	2.6	4.4	6.3	8.2	10.1	11.9	12.9	15.7	17.6	19.5	21.3	23.2
4	2.1	3.5	4.9	6.3	7.8	9.1	10.6	11.9	13.4	14.8	16.2	17.6
5	1.8	2.9	4.1	5.2	6.3	7.5	8.6	9.7	10.7	11.9	13.1	14.2
6	1.6	2.6	3.5	4.4	5.4	6.3	7.3	8.2	9.1	10.1	11.0	11.9
7	1.5	2.3	3.1	3.9	4.7	5.5	6.3	7.1	8.0	8.7	9.6	10.4
8	1.4	2.1	2.8	3.5	4.2	4.9	5.6	6.3	7.1	7.7	8.5	9.1

Three orifice sizes are available, 0.05, 0.125, and 0.250 inch. Any of these can be mounted ahead of the cell assembly in the seal-off adapter or in a standard 3/4" pipe coupling as shown in Fig. 3.

Figs. 7 and 8 show how a typical orifice restricts the view to a small area around the flame junction.

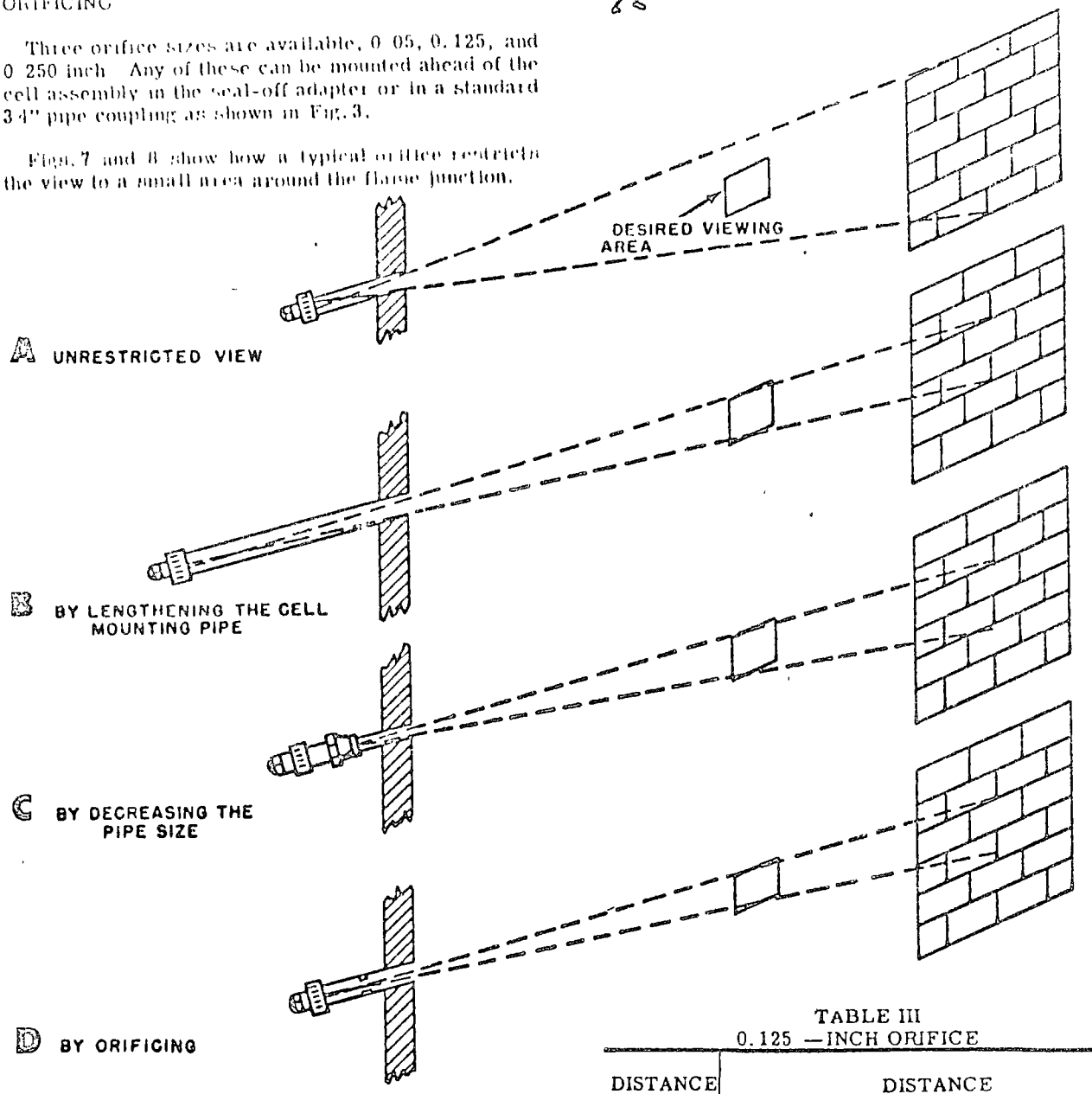


Fig. 6—Three ways to reduce the photocell viewing area compared to an unrestricted view.

TABLES II, III & IV — DIAMETER OF SIGHTED AREA — INCHES

TABLE II
0.050 —INCH ORIFICE

DISTANCE CELL TO ORIFICE	DISTANCE ORIFICE TO SIGHTED AREA					
	12	24	36	48	60	72
1	2.3	4.6	6.8	8.8	OVER 10	
2	1.2	2.3	3.4	4.6	5.6	6.8
3	Less Than 1	1.5	2.3	3.0	3.8	4.6
4		1.2	1.7	2.3	2.8	3.5
5		Less Than 1	1.4	1.8	2.3	2.8
6			1.2	1.5	1.9	2.3

TABLE III
0.125 —INCH ORIFICE

DISTANCE CELL TO ORIFICE	DISTANCE ORIFICE TO SIGHTED AREA					
	12	24	36	48	60	72
1	3.2	6.1	8.8	OVER 10		
2	1.6	3.2	4.6	6.1	7.6	8.8
3	1.1	2.1	3.2	4.2	5.2	6.1
4	Less Than 1	1.6	2.4	3.2	3.9	4.6
5		1.3	1.9	2.5	3.2	3.8
6		1.1	1.6	2.1	2.6	3.2

TABLE IV
0.250 —INCH ORIFICE

DISTANCE CELL TO ORIFICE	DISTANCE ORIFICE TO SIGHTED AREA					
	12	24	36	48	60	72
1	4.8	9.5	OVER 10			
2	2.5	4.8	7	9.5	OVER 10	
3	1.75	3.2	4.8	6.2	7.8	9.5
4	1.4	2.5	3.5	4.8	5.8	7
5	1.1	2.1	2.9	3.8	4.8	5.6
6	1.0	1.7	2.5	3.2	4	4.8

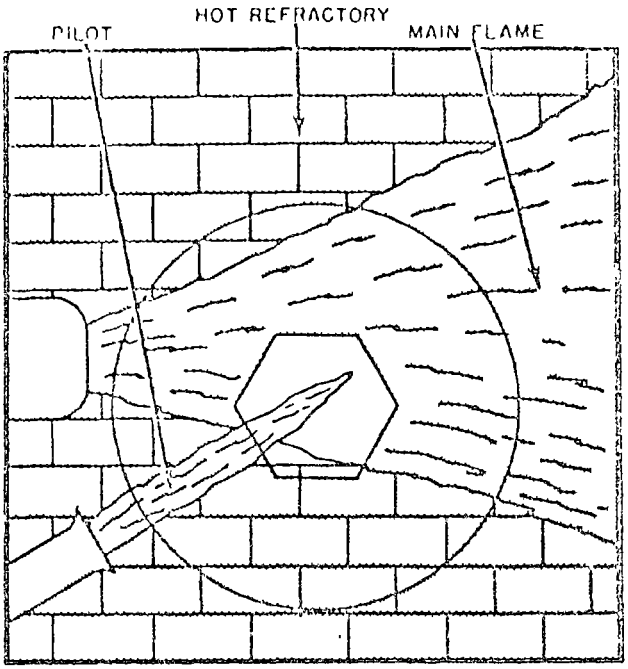


Fig. 7—Photocell field of view with an orifice. Note how an orifice limits the view to the area of pilot-main flame intersection.

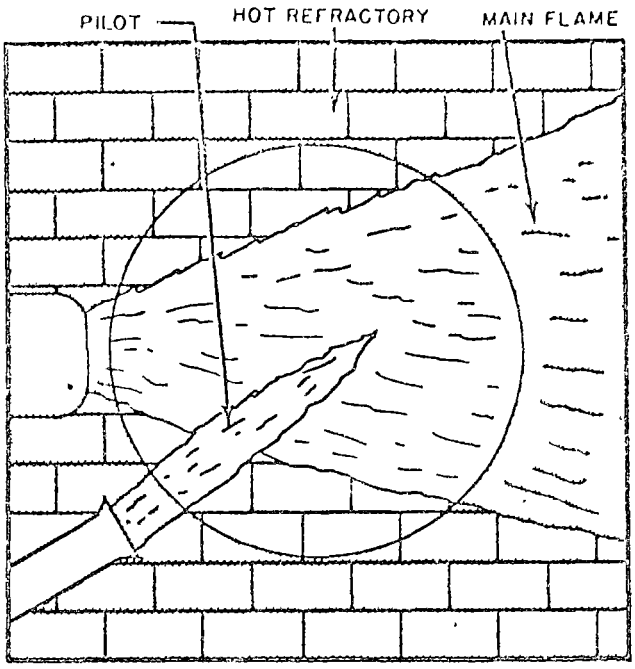


Fig. 8—Photocell field of view without an orifice. Note the large area of refractory wall compared to the view of Fig. 7.

The size of the sighted area at various distances may be determined from tables II, III, and IV. For instance, from table IV (0.250-inch) if the distance from cell to orifice is 4 inches, and from the orifice to flame junction (or refractory) is 36 inches, the diameter of the sighted area is 3-1/2 inches.

IMPORTANT: IF THE FLAME DETECTOR INSTALLATION IS BEING DONE IN THE FIELD, DO NOT PERMANENTLY INSTALL THE FLAMEGUARD PHOTOCELL ASSEMBLY UNTIL THE SYSTEM HAS BEEN TESTED AND ADJUSTED. REFER TO "PHOTOCELL TESTING", page 6.

WIRING

FOR INFORMATION ON WIRING THE C7006A FLAMEGUARD ADAPTER, REFER TO FORM NO. 95-1806.

The wiring used to connect the Flameguard photocell and Protectorelay should be run in rigid conduit. If flexible conduit is used the conduit should be securely fastened to minimize vibration.

Shielded and moisture-proof 2-wire rubber-covered microphone cable is recommended for most installations. This is available from Minneapolis-Honeywell under Specification No. 1278. If other wire is used, make sure that it is moisture-proof and shielded, otherwise nuisance shutdowns can occur due to damp wiring or false signals caused by induced currents. For high temperature applications, heat and moisture resistant wiring is available under M-H Specification numbers 1061 (rated 350 F continuous duty) and 1298 (No. 20 taped Teflon, rated 400 F continuous duty). This wire is unshielded and should be twisted and run in conduit as specified.

In general, photocell wiring must:

1. Be as short as possible—maximum recommended length from photocell to Protectorelay is 50 feet. If greater distance is required, consult the nearest Minneapolis-Honeywell branch office for recommendations.

2. Be twisted if unshielded, and run in conduit in all cases throughout its length;

3. Present a continuous electrical path (ground return wire) through the conduit from the photocell mount to the Protectorelay—the ground clamp (Part #106981) will ground the photocell conduit to the Protectorelay when installed as recommended.

4. Be run alone in conduit—separate from all other wiring. A conduit fitting is supplied to connect the flexible lead from the cell mount to a junction box. UNDERWRITERS LABORATORIES REQUIRES THAT THIS JUNCTION BOX BE MARKED TO INDICATE THAT NO OTHER WIRING CONNECTIONS MAY BE ROUTED THROUGH IT (see "Caution Sticker" under SPECIFICATIONS).

TESTING AND ADJUSTING

FOR INFORMATION ON TESTING THE C7006A FLAMEGUARD ADAPTER, REFER TO FORM NO. 95-1806

Because the C7015A can be used with several Protectorelay primary controls, a detailed step-by-step checkout procedure cannot be given. The instructions furnished with the Protectorelay, C7006A Flameguard Adapter, or with the burner or equipment should be followed.

The following general suggestions are offered, but they may be superseded by more specific instructions from the other sources mentioned above.

PRELIMINARY CHECKS

Make sure that—

1. All wiring connections are correct and tight.
2. All vacuum tubes in the Protectorelay are properly installed.
3. The C7015A Mount, if field installed, is properly positioned to sight the flame it is to prove under all operating conditions.
4. Any other flame detectors used in the system are installed and operating correctly. Refer to the specific instruction sheet for information.
5. The burner stysem has been properly adjusted.
6. The fuel lines have been purged of air.
7. The combustion chamber and flues are clear of unburned gases or vapors.

PHOTOCELL TESTING

IT IS RECOMMENDED THAT THIS SECTION BE READ COMPLETELY BEFORE STARTING THE TESTING PROCEDURE

IMPORTANT—THE FLAMEGUARD INSTALLATION SHOULD BE TESTED THOROUGHLY BEFORE IT IS PUT INTO FINAL OPERATION. THE TESTS OUTLINED BELOW SHOULD BE MADE ON EVERY INSTALLATION.

The operation of Flameguard depends on the amount of energy reaching it from the flame. The amount of flame energy depends on the fuel and combustion characteristics. Therefore two installations which are identical at the factory may operate differently after they have been installed. Thorough testing of each installation will determine whether individual combustion conditions are affecting photocell operation, and whether any adjustments are necessary.

Photocell performance can be affected by:

1. Position, size, and burning characteristics of the flame depending on degree of premix and temperature variations in the combustion chamber;
2. Hot refractory background energy radiations;
3. Ambient temperature at the photocell.

If the photocell has been installed according to the instructions on page 2, the position, size, and characteristics of the flame and the photocell ambient temperature effects should be minimized. However, actual operation is the only means of checking the hot refractory energy radiation and the effect of combustion chamber temperature on flame burning characteristics. The following series of tests will insure that the photocell will operate efficiently by checking the effects of all the above points.

Flameguard photocells are available in three sensitivity ranges. Cells in the lowest range are color coded with red, in the middle range with yellow, and in the upper range with green. If possible, the application should be worked out to permit cells from all three sensitivity ranges to be used interchangeably. If this cannot be done, the proper sensitivity range should be definitely specified for the particular application of the equipment.

IMPORTANT: In the initial application to a burner, test the Flameguard system with cells from all three sensitivity ranges.

Testing Procedure

ALL TESTS SHOULD HAVE THE R478B OR R4074B TEST JUMPER IN PLACE UNLESS OTHERWISE NOTED

Photocell performance is measured in two tests, a pilot turndown test and a signal strength voltage check.

1. The pilot turndown test insures that the Protectorelay will shut down before the pilot flame becomes too small to safely ignite the main burner.
2. The voltage checks show whether the flame signal is strong enough to minimize hot refractory energy radiations and combustion chamber temperature variations. The ambient temperature around the photocell can be checked during burner operation for these tests.

1. PILOT TURNDOWN TEST

Check the effect of gradual reduction in pilot size by a pilot turndown test. The Protectorelay flame relay should drop out and shut down the main burner before the pilot becomes too small to ignite the main burner safely.

The area sighted by the cell should be to the side or under the pilot flame, not over it nor close to the nozzle. Thus if pilot gas pressure decreases causing the flame to "candle" (soften), or increases causing the flame to lift off the nozzle, the Protectorelay will not be energized when the pilot reaches a point where the main burner cannot be safely ignited.

The pilot turndown test is the major factor in establishing correct photocell sighting. If the cell energizes the Protectorelay when the pilot flame is too

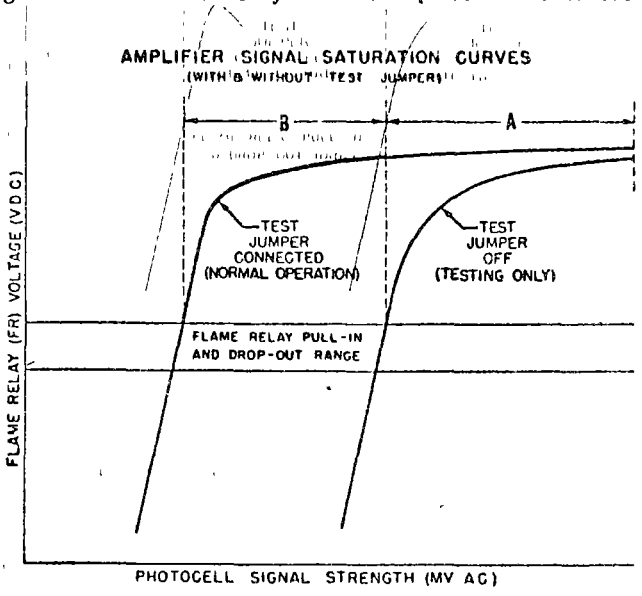


Fig. 9—Flameguard amplifier saturation characteristics—saturation curves with and without the test jumper (R478 & R4074B) in place. "A" is recommended amplifier operating area, "B" is marginal operating area.

weak to ignite the main flame, the Photocell assembly should be re-sighted according to the instructions in the section on "SIGHTING THE FLAMEGUARD PHOTOCELL" on page 2

2. SIGNAL STRENGTH VOLTAGE CHECKS

The purpose of the signal strength voltage checks is to determine the strength of the flame signal received by the photocell, and to give approximately a 4-to-1 photocell signal safety-factor between flame relay hold-in and drop-out.

The equipment needed for the signal strength voltage checks is a voltmeter with a scale of 0 to 150 volts D.C. and resistance of at least 2000 ohms per volt.

Fig 9 is a simplified graph showing the signal saturation characteristics of a Flameguard amplifier, with and without the Protectorelay test jumper in place.

These voltage tests are made with the test jumper in place (normal operation) and with the test jumper removed (for test only). Removing the jumper decreases the sensitivity of the amplifier, as shown by the two curves of Fig. 9.

⇨ a. If the test jumper is removed, and the flame relay continues to hold-in, the Flameguard amplifier is operating on portion "A" of the amplifier signal saturation curves. This is a recommended condition and indicates a strong photocell signal.

⇨ b. If the test jumper is removed, and the flame relay drops out, the Flameguard amplifier is operating in portion "B" of the amplifier signal saturation curve. This condition indicates a weak photocell signal.

When the test jumper is removed with the flame relay in, the smaller the indicated voltage change on a voltmeter the stronger the photocell signal. A larger voltage change indicates a weaker signal. If the flame relay drops out when the jumper is removed, the photocell should be re-sighted to increase the signal strength.

A. Operational Check

This check is to assure that the Protectorelay flame relay is receiving enough energy from the photocell during a normal firing run.

After a short run at high fire to assure stable combustion conditions, plug the voltmeter leads into the test fittings on the Protectorelay as shown in Fig. 10. With the meter scale set at 0 to 150 volts (min.) D.C. range, the Protectorelay should read between 100 and 140 volts on the R478B and R4074B.

With the meter plugged in, remove the Protectorelay test jumper from the terminal block. The meter reading may drop but the flame relay should stay energized. If the meter reading drops below 90 volts on the R478 or R4074B, or the flame relay drops out, the photocell should be resighted according to the instructions on page 2, and the test series should be resumed from the beginning.

REPLACE THE PROTECTORELAY TEST JUMPER BEFORE BEGINNING THE NEXT CHECK.

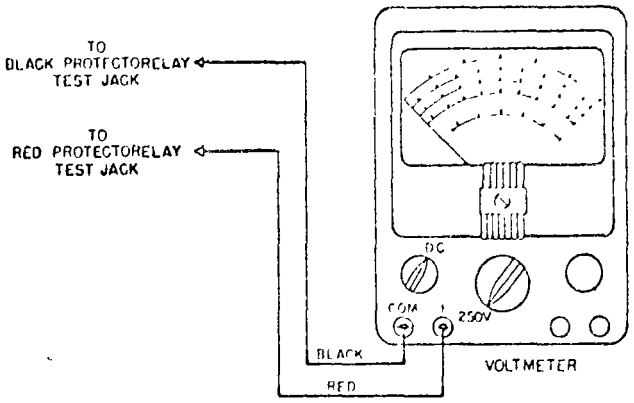


Fig. 10—Voltmeter connections for checking the Flameguard system of the R478 and R4074B. Connections must be made as shown. Refer to the Protectorelay instructions for further information. THE C7006A FLAMEGUARD ADAPTER SHOULD NOT BE CHECKED IN THIS WAY: Refer to the C7006A instructions for information.

B. Hot Refractory Response

This test is to assure that the energy radiated from the hot refractory viewed by the photocell is not "overriding" the cell sensitivity to cause nuisance shutdowns.

After an extended firing run at high fire to heat the refractory to its maximum temperature, check the reading on the voltmeter. If hot refractory radiation is affecting the photocell, the meter reading may be lower than that observed in the preceding test. Remove the test jumper and observe the meter reading—it should not drop below 90 volts (R478 or R4074B). If the steady hot refractory radiation "overrides" the fluctuating flame radiation, the Protectorelay will not receive a flame signal of sufficient strength to hold in the flame relay. The flame relay will then drop out. This condition could be the cause of nuisance shutdowns.

If the burner installation has high-low, or modulating control, run the burner through its entire firing range from high fire to low with the Protectorelay test jumper installed. Check the voltmeter reading throughout the entire firing range for a normal reading as specified in "A. OPERATIONAL CHECK".

If the photocell is affected by hot refractory as above, the photocell assembly should be re-sighted to a cooler portion of the refractory or the viewed area reduced, as instructed on page 3, and the tests started from the beginning.

REPLACE THE PROTECTORELAY TEST JUMPER BEFORE BEGINNING THE NEXT CHECK.

C. Hot Refractory Hold-In

If the foregoing tests are completed satisfactorily, test to see that hot refractory will not cause the photocell to hold in the flame relay on either a normal shutdown or flame failure.

After the extended run at high fire, shut down the system from the Protectorelay controller or manual shutdown switch. If the flame relay does not drop out in 2-4 seconds, the photocell may be receiving a false

flame signal from the refractory.

Should the cell respond to a false flame signal from the refractory, the photocell assembly should be re-sighted to a cooler portion of the refractory or the viewed area should be changed, according to the instructions on photocell sighting on page 3. Then the tests should be started again from the beginning.

BE SURE TO INSTALL THE PROTECTORELAY TEST JUMPER AFTER ALL TESTS HAVE BEEN 30 COMPLETED.

PHOTOCELL TESTING CONSIDERATIONS

It is recommended that the ambient temperature around the photocell be observed during the preceding tests to make sure that the 125 F maximum is not exceeded. Photocell sensitivity drops as temperature rises above this point. Refer to photocell installation on page 1 for methods of blocking off heat from the cell assembly.

MAINTENANCE

FOR INFORMATION ON SERVICING THE C7006A FLAMEGUARD ADAPTER, REFER TO FORM NO. 95-1806.

The Flameguard photocell should be checked on a scheduled basis, generally at the same time as the Protectorelay. Inspect the detector as follows:

1. Inspect the photocell assembly for soot or other deposits which may interfere with light transmission. This should be done with the power off or daylight may excite the photocell.
2. Check the photocell according to instructions outlined under PHOTOCELL TESTING on page 6. Testing the photocell according to these instructions may forestall future trouble calls as well as detect marginal operation.

CAUTION: While the C7015A Photocell Mount may be removed from the mounting pipe for cleaning purposes, DO NOT disassemble the C7015A Mount unless it is absolutely necessary. If the Mount must be disassembled, the photocell must be tested according to the instructions outlined under PHOTOCELL TESTING on page 6 to assure satisfactory operation.

If faulty operation of the flame relay is not cured by the instructions outlined in the Protectorelay instructions, the trouble may be in the flame detector.

Check the following points on the Flameguard Photocell:

a. Change in flame characteristics or combustion chamber conditions since the original installation.
b. Damaged Flameguard photocell mounting: check the sighting to make sure that the cell still views the flame junction.
c. Faulty photocell—check the photocell with another photocell from the same sensitivity range (same color code).
d. Check for inadequate grounding of the photocell shielding.

Refer to the specific Protectorelay instruction sheet, or 95-1806 for the Flameguard Adapter, for specific information on maintenance and service.

SPECIFICATIONS

MODEL NUMBERS.

C7015A Photocell Mount (less photocell); Flameguard flame detector photocell holder for use with R478B or R4074B Protectorelay. For use with other flame safeguards, see C7006A Flameguard Adapter instructions, Form No. 95-1806.

Lead Sulphide photoconductive photocell (part #104662); sensitive to oil and gas flames, designed for mounting in C7015A Photocell Mount. 3 sensitivities available;
Part No. 104662A (red) Lower sensitivity range
Part No. 104662B (yellow) Middle sensitivity range
Part No. 104662C (green) Upper sensitivity range

AUXILIARY EQUIPMENT:

Heat Block	Part No. 105061
Seal-Off Adapter	Part No. 105172A
Orifices:	
0.05-inch	Part No. 105133
0.125-inch	Part No. 105134
0.250-inch	Part No. 105135

Caution sticker for photocell-lead junction box, Form No. 96-610; required by U.L.

MAXIMUM TEMPERATURE (surrounding photocell): 125 F.

MOUNTING: C7015A— Knurled threaded collar, 3/4-14 NPT, for mounting on standard 3/4" pipe. 104662 Photocell — 2-prong, for insertion into C7015A photocell socket.

PROTECTORELAY PRIMARY CONTROLS FOR USE WITH C7015A FLAME-GUARD ASSEMBLY:
R478B Protectorelay (Instruction Form No. 95-2898). R4074B Protectorelay (Instruction Form No. 95-2899)

—For information on using Flameguard with other Protectorelay primary controls, refer to the C7006A Flameguard Adapter, Instruction Form No. 95-1806.

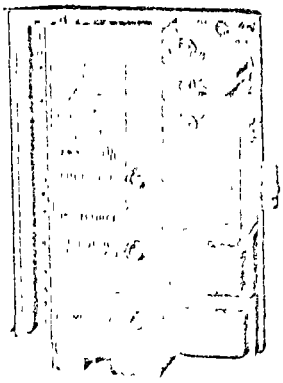
WHEN ORDERING SPECIFY:
1. Model number— C7015A Photocell Mount and 104662A, B, or C Lead Sulphide photocell.
2. Auxiliary equipment as required—give name and part number.

INSTRUCTIONS 31

R478B FLAME SAFEGUARD RELAY

Minneapolis-Honeywell Regulator Company

MINNEAPOLIS 8, MINNESOTA • TORONTO 17, ONTARIO



APPLICATION

The R478B is an electronic flame-safeguard and programming control for commercial and industrial application on gas, oil, and combination gas-oil burners and burner-boiler units. It is used with a flame-flicker type (lead-sulfide cell) flame detector and also has provisions for using a flame rod to prove the pilot.

FEATURES

SAFE-START CHECK: Prevents starting the burner and causes safety-switch lockout if the flame detector senses an actual flame or a flame-simulating component failure exists in the electronic network at any time during a burner-off period.

PREPURGE: 30 seconds fixed; or 1 or 3 minutes, field-selectable.

POSTPURGE: 20 seconds.

TIMED IGNITION: 2 selectable trial-for-ignition timings on each of two models: 15 or 60 seconds on 30-second-prepurge model, 15 or 30 seconds on the other.

INTERMITTENT OR INTERRUPTED PILOT: Field-selectable.

COMPLETE FLAME SUPERVISION: Pilot and main flame, or main flame only, field selectable. Flame rod may be used to prove gas pilot only.

CUTOFF OF FUEL: On loss of flame.

RAPID FLAME RESPONSE: Cuts off fuel in 2 to 4 seconds on loss of flame.

SAFETY-SWITCH LOCKOUT: On loss of flame, failure to ignite, or electronic-component failure, 15-second timing.

FIRING-RATE OPTIONS: On-off, high-low, or modulating, field-selectable. Return to high fire after fuel valve opens or after ignition period, field-selectable at R478 terminals.

INTERLOCK TERMINALS Provide for separate safe-starting and running interlocks.

ALARM TERMINAL: Powered to operate an external alarm when safety-switch lockout occurs.

SEQUENCE INDICATING LAMPS: Three neon lamps indicate PREPURGE - POSTPURGE, PILOT and IGNITION, and FLAME - PROVEN, respectively.

SPECIFICATIONS

MODEL: R478B Flame Safeguard Relay. Use with flame-flicker type (lead-sulfide photocell) flame detector. (Flame rod may also be used to prove pilot.)

VOLTAGE AND FREQUENCY. 120, 208, and 240 volts, 60-cycle model standard. A 50-cycle 120-, 208-, and 240-volt model is available. Both models have a selectable-voltage link which permits their use on 120, 208, or 240 volts.

ELECTRICAL RATINGS OF TERMINALS: 120 to 240 V

Ignition (Terminal 5)	300 VA
Pilot valve (Terminal 5 or 7)	70 VA
Main fuel valve, gas (Terminal 6)	120 VA

Alternate Rating (Term. 6): 25 VA pilot duty plus 1 or more motorized valves with total rating 400 VA opening, 200 VA holding.

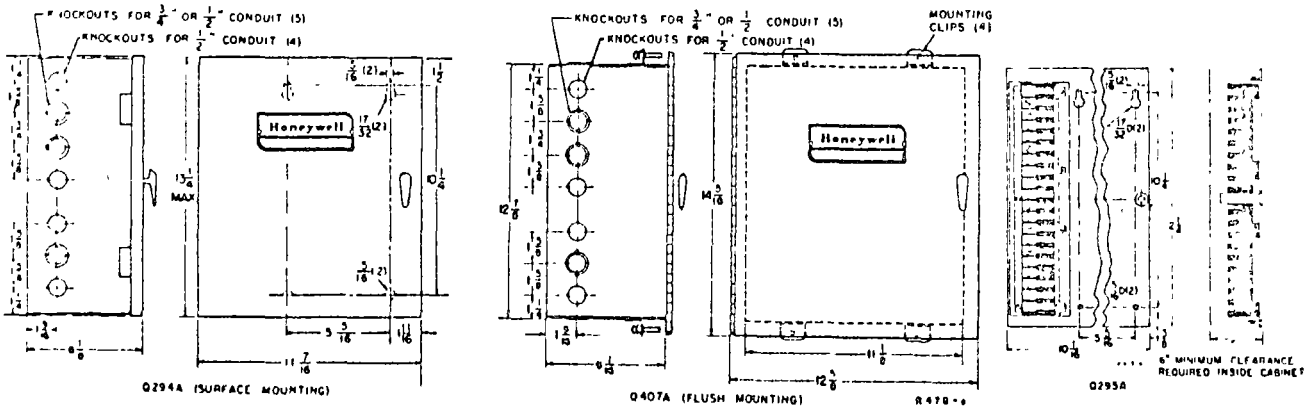


Fig. 1 — Installation dimensions — Q294A and Q407A Cabinets and Q295A Panel.

12-62
Supersedes earlier issue
R Lah

Order This Sheet By Form Number 95-2898

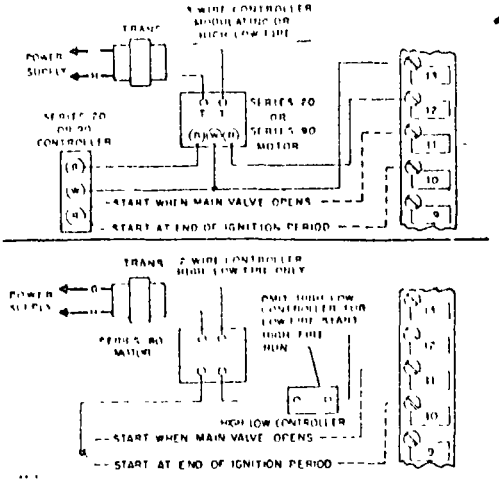


Fig. 4 — Firing-rate controls. R478 provides only switching for separate firing-rate controls.

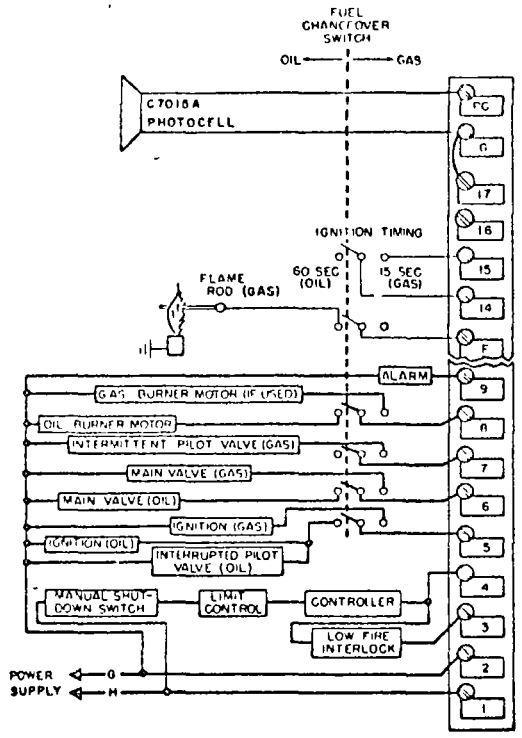


Fig. 5 — Typical gas-oil burner system.

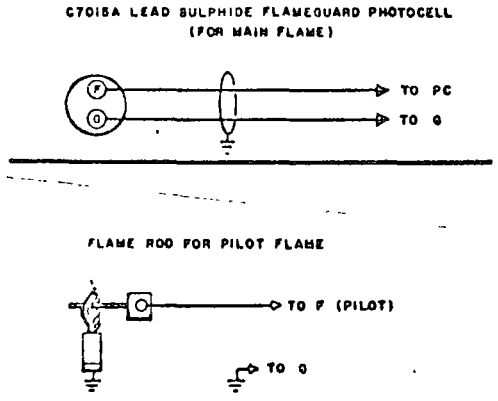


Fig. 6 — Flame detector connections to R478B.

CHASSIS

VOLTAGE SETTING: The R478 can be set for any one of the three common a-c line-voltage supplies—120, 208, or 240. Set the adjustable link to match the supply voltage:

1. Loosen the center screw (Fig. 7).

2. Remove the end screws, rotate the link to the proper voltage, then insert the end screws.

3. Tighten all three screws.

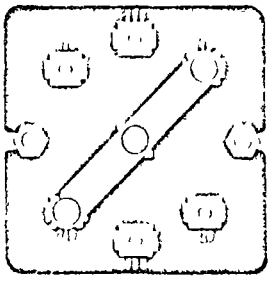


Fig. 7 — Adjustable voltage link. (On back of chassis.)

INSTALLING CHASSIS: (See Fig. 8.)

1. Open the system disconnect switch.

2. Insert the chassis ears into the sockets located above and below the terminal strip of the panel or cabinet. Press the chassis inward firmly into place.

3. Tighten the large slotted-head retaining screw near the chassis handle.

4. Loosen the relay cover retaining screws and remove the cover.

5. Remove the cardboard packing inserts and REPLACE THE COVER.

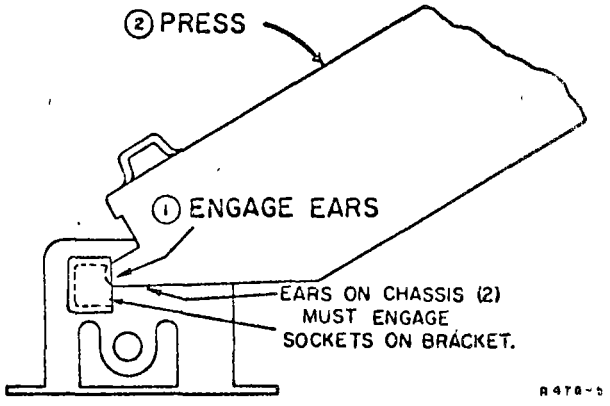


Fig. 8 — Installing chassis (bottom view with cabinet cut away).

Main fuel valve, on direct ignition (Terminal 6) ..... 70 VA
Alarm contact (Terminal 9) ..... 120 VA
Flame modulating control (Terminals 10, 11, 12, and 13) ..... 50 VA
Burner Motor (Terminal 8).

Voltage	Full Load Amperes	Locked Rotor Amperes
120	5.2	31.2
208	3.7	22.2
240	3.7	22.2

POWER CONSUMPTION: 42 watts maximum; 13 watts standby.
MAXIMUM AMBIENT TEMPERATURE: 60-cycle, 115 F. 50-cycle, 100 F.
DIMENSIONS. See Fig. 1 for separate panel and cabinet dimensions.
MOUNTING. Q294A surface-mounting dust-resistant cabinet, Q295A panel for installation in suitable enclosure, or Q407A flush-mounting dust-resistant cabinet. Cabinet or panel must be ordered separately. See Fig. 1.
VACUUM TUBES. (replaceable) See Fig. 11, p. 6, for tube locations.
T1—Part No. 111624 (6CG7)
T2—Part No. 110969 (5965)
T3—Part No. 160668 (12AX7)
TIMING COMBINATIONS: Specify one.
1. 30-second prepurge, field-selectable 15- or 60-second ignition timing, and 15-second safety-switch timing.
2. Field-selectable 1-or-3-minute prepurge, 15- or 30-second ignition timing, and 15-second safety-switch timing.

ORDERING INFORMATION: Specify—
1. Model number.
2. Voltage and frequency.
3. Timing combination.
4. Cabinet or panel, if required.

INSTALLATION

Applicable installation instructions provided by the burner manufacturer should be used in addition to the corresponding instructions given here. The checkout procedures on pages 4 and 5 of this sheet, and any others recommended by the burner manufacturer, should be used to perform a thorough operational check of the installation before putting the system into service.

FLAME DETECTOR

Proper flame detector installation is the basis of a good flame-safeguard installation. Refer to the instructions packed with the flame detector and to the burner manufacturer's instructions. Follow instructions carefully to make the best possible application of the flame detector.

PANEL OR CABINET

1. Locate the cabinet or panel where the surrounding temperature does not exceed 115 F for 60-cycle model, or 100 F for 50-cycle model.
2. The back of the panel or cabinet must be mounted vertical.
3. Be sure to allow clearances for servicing and for removal of the relay chassis.

WIRING

See also, TIMING ADJUSTMENTS, p. 4.

1. All wiring must comply with applicable electrical codes, including use of NEC Class 1 wiring.
2. Refer to Figs. 2-6 and Fig. 12 for typical wiring diagrams; but follow the burner manufacturer's wiring diagrams, if provided.
3. Add required disconnecting means and overload protection to power supply circuit.
4. Wiring circuits should be checked with a bell or lamp before the R478 chassis is installed.

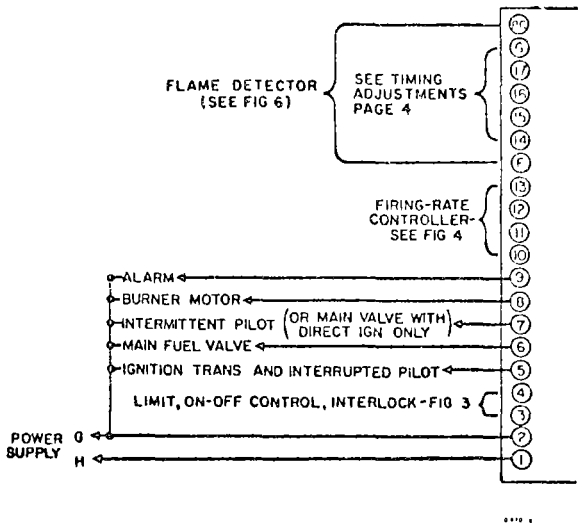


Fig. 2 — Basic R478B hookup. See also Fig. 3, 4, 5 and 6.

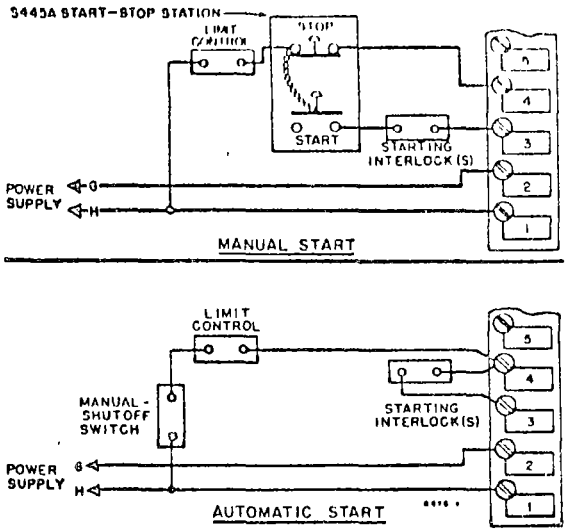
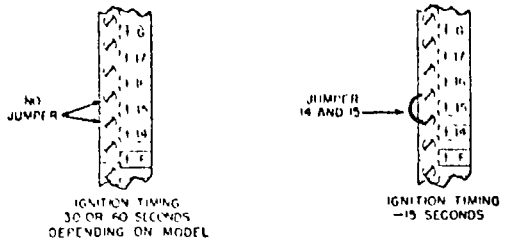


Fig. 3 — Starting circuits — manual and automatic start.

TIMING ADJUSTMENTS

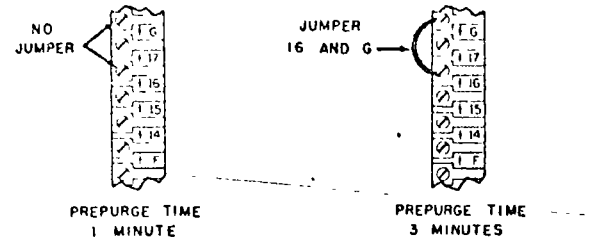
IGNITION:

Install or remove jumper at terminals 14 and 15, as shown.



PREPURGE: (1-or-3 minute model only)

Install or remove the jumper between terminals 16 and G, as shown. This adjustment does not apply to the 30-second-prepurge model.



CHECKOUT

TO CONTROL SEQUENCE MANUALLY

REMOVE TOP VACUUM TUBE T1 (114624) TO KEEP THE R478B ON CONTINUOUS PREPURGE WHILE CLEARING FUEL LINES OF AIR.

TO KEEP PILOT ON CONTINUOUSLY DURING PILOT CHECKOUT, REMOVE TOP VACUUM TUBE T1 AND DISCONNECT MAIN-FUEL VALVE WIRE FROM TERMINAL 6.

PRELIMINARY INSPECTION:

1. Power on at system-disconnect switch.
2. Wiring connections correct and tight.
3. Vacuum tubes secure in sockets.
4. Flame-detector installation completed.
5. Burner completely installed and ready to fire; fuel lines purged of air.
6. Combustion chamber and flues clear of fuel.

THEN MAKE ALL OF THE FOLLOWING TESTS.

MAIN-FLAME PHOTOCELL CHECKOUT: Use only a lead-sulfide, flame-flicker-type cell such as the C7015A. Test the installation thoroughly before the system is put into operation. Photocell performance is affected by:

1. Position, size, and burning characteristics of the flame.
2. Hot refractory.
3. Ambient temperature at photocell. (Check instructions packed with flame detector.)

To test photocell output, run the burner at high fire with jumper 17-G in place. Then plug in the voltmeter as shown in Fig. 9. The meter reading should be between 100 and 140 volts.

With the meter plugged in, remove 17-G jumper. The meter reading may drop but the FLAME-PROVEN lamp should remain lighted. If the reading drops below 90 volts, or the FLAME-PROVEN light goes out, relight photocell and then retest.

Reconnect 17-G jumper.

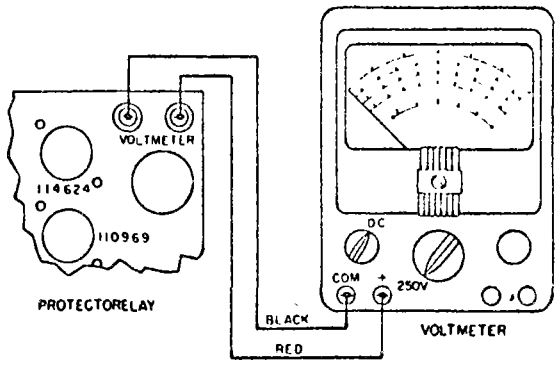


Fig. 9 — Voltmeter connections for testing the lead-sulfide photocell.

If the C7015A is also used to prove that the pilot flame is capable of lighting the main burner, make the following pilot turndown test.

PILOT TURNDOWN: Test to make certain that the main burner can be ignited by the smallest pilot flame that will prevent relay 2 from dropping out (or FLAME-PROVEN light from going out).

1. Remove vacuum tube T1.
2. Remove the main-valve wire from terminal 6.
3. Remove any modulating control wire from terminal 12, to keep the firing rate at low fire.
4. Turn on the power, open the manual fuel valves, and start the system. Relay 1 should pull in and the PURGE lamp should light.
5. Push in relay 3 manually. PILOT-IGNITION lamp should light, pilot should light, relay 2 should pull in, and the FLAME-PROVEN lamp should light.
6. Turn the pilot down very slowly, stopping instantly when relay 2 drops out and the FLAME-PROVEN light goes out.
7. Turn up pilot slowly until FLAME-PROVEN lamp just lights.
8. Quickly touch the main-valve wire to terminal 6. This should cause the main burner to light immediately. If it does not, remove the wire from terminal 6 at once. Then relocate or reposition the flame detector so that relay 2 will drop out and FLAME-PROVEN light will go out before the pilot flame becomes too small to light the main burner. This usually requires resighting or relocating the flame detector farther out along the axis of the pilot flame toward the main flame. See also the instructions packed with the flame detector.

NOTE: The safety switch will trip, causing relays 1 and 3 to drop out and shut off the pilot light about 15 seconds after relay 2 drops out. If this occurs before the main valve wire is touched to terminal 7, it will be necessary

to wait 2 minutes for the safety-switch heater to cool, then reset this switch, restart the system, and again push in relay 3 manually before repeating step 7.

8. Repeat the testing and adjusting until it has been definitely determined that the main burner will positively be lighted with the pilot flame just large enough to keep FLAME-PROVEN lamp lighted. Repeat the lighting several times with the pilot flame at this turndown point to make sure

9. When this test has been completed, turn off the power, reconnect the wires to their original terminals, and replace vacuum tube T1. Turn the pilot flame back up to normal.

NOTE: Repeat ALL flame-detector tests after ALL adjustments have been completed. ALL tests must be satisfied at the FINAL flame-detector position.

PILOT-FLAME-CIRCUIT TEST:

If a flame rod is used to prove the pilot, a minimum current of 2 microamperes should flow in the pilot flame-detector circuit when the flame rod is properly installed and positioned with respect to the gas pilot flame. This may be checked with an accurate d-c microammeter (see Fig. 10). A current of less than 2 microamperes indicates improper installation or some other defect in the circuit (insufficient ground, improper detector position, poorly conducting flame, etc.) and must be corrected. After a current of at least 2 microamperes is assured, make the pilot turndown test described above.

Hot-Refractory Hold-In: Test to make certain that the hot refractory will not cause relay 2 to remain in at the end of a normal run; this would cause safety-switch lockout.

Operate the burner until the refractory reaches its maximum temperature, then use the controller to stop the burner. Relay 2 should drop out (d-c voltmeter reading should drop to zero) within 2 to 4 seconds later; if it does not, the photocell may be affected by the hot refractory. Resight the photocell at a part of the flame having a cooler and/or more distant refractory background. Continue to test and adjust until hot-refractory hold-in is eliminated. For more information on C7015A (formerly Q283A) refer to Form 65-2123.

SAFETY LOCKOUT

Safety lockout should occur upon failure to ignite the pilot, upon failure to light the main burner, and upon loss of flame. Check each of these conditions as follows.

Failure to Ignite Pilot

a. Shut off the fuel supply to both pilot and main burner.

b. Turn on the electricity.

c. Reset the safety switch if open.

d. Start the system. PURGE and PILOT IGNITION lamps light.

e. Pilot will not light. FLAME-PROVEN lamp does not light. The safety switch should trip and lock out about 15 seconds after starting the system. Alarm should sound, if used.

Failure to Light Main Flame

a. Turn on the fuel supply to the pilot burner only; leave main-burner fuel supply shut off.

b. Reset the safety switch.

c. Start the system.

d. FLAME-PROVEN lamp should glow and pilot should light, but main burner will not light. Relay 2 should drop out and FLAME-PROVEN lamp should go out within 2 to 4 seconds after PILOT-IGNITION light goes out; the safety switch should trip and lock out about 15 seconds later.

Loss of Flame

a. Turn on the fuel supply to the main burner; pilot gas supply also must be on.

b. Reset the safety switch.

c. Start the system. Start-up should be normal and main burner should light at end of normal prepurge period.

d. Shut off the main-burner fuel supply to extinguish the main flame.

e. Relay 2 should drop out within 2 to 4 seconds later, and the FLAME-PROVEN light should go out.

f. The safety switch should trip and lock out about 15 seconds after FLAME-PROVEN light goes out.

NOTE: If the safety switch fails to lock out and shut down the system on any of these three tests, replace the R478B with a new one; then rerun all CHECKOUT tests from the beginning.

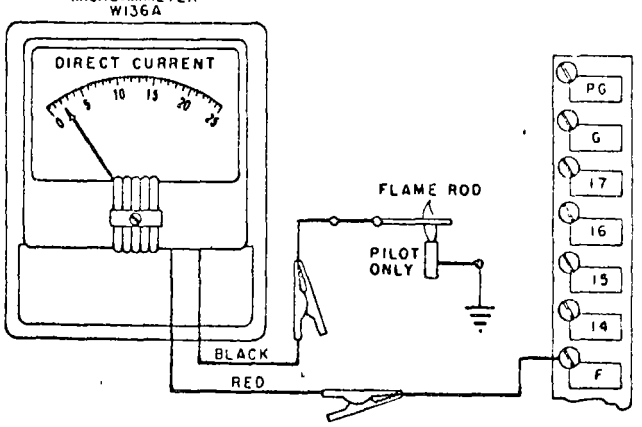


Fig. 10 — Microammeter connections for the flame-rod circuit.

OPERATION

See Fig. 11 for relay and vacuum tube locations. See Fig. 12 for a schematic wiring diagram of the R478B, including a typical burner circuit.

NORMAL OPERATING SEQUENCE

The normal operating sequence of the R478B is as follows.

POWER OFF
Entire system is de-energized

POWER ON
Vacuum tubes T2 and T3 heat.
Flame relay 2R may pull in and instantly drop out, due to a voltage surge in the electronic network.
Component check begins. (See p. 7.)

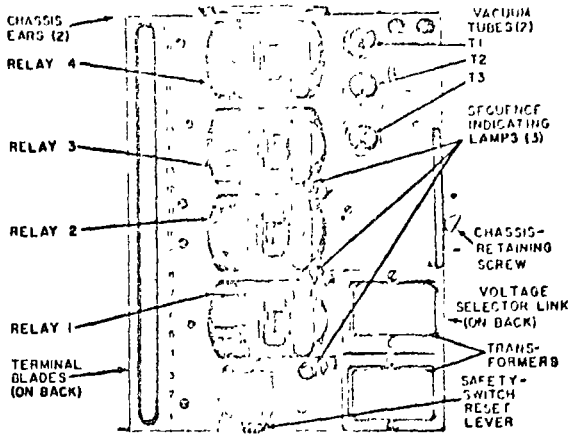
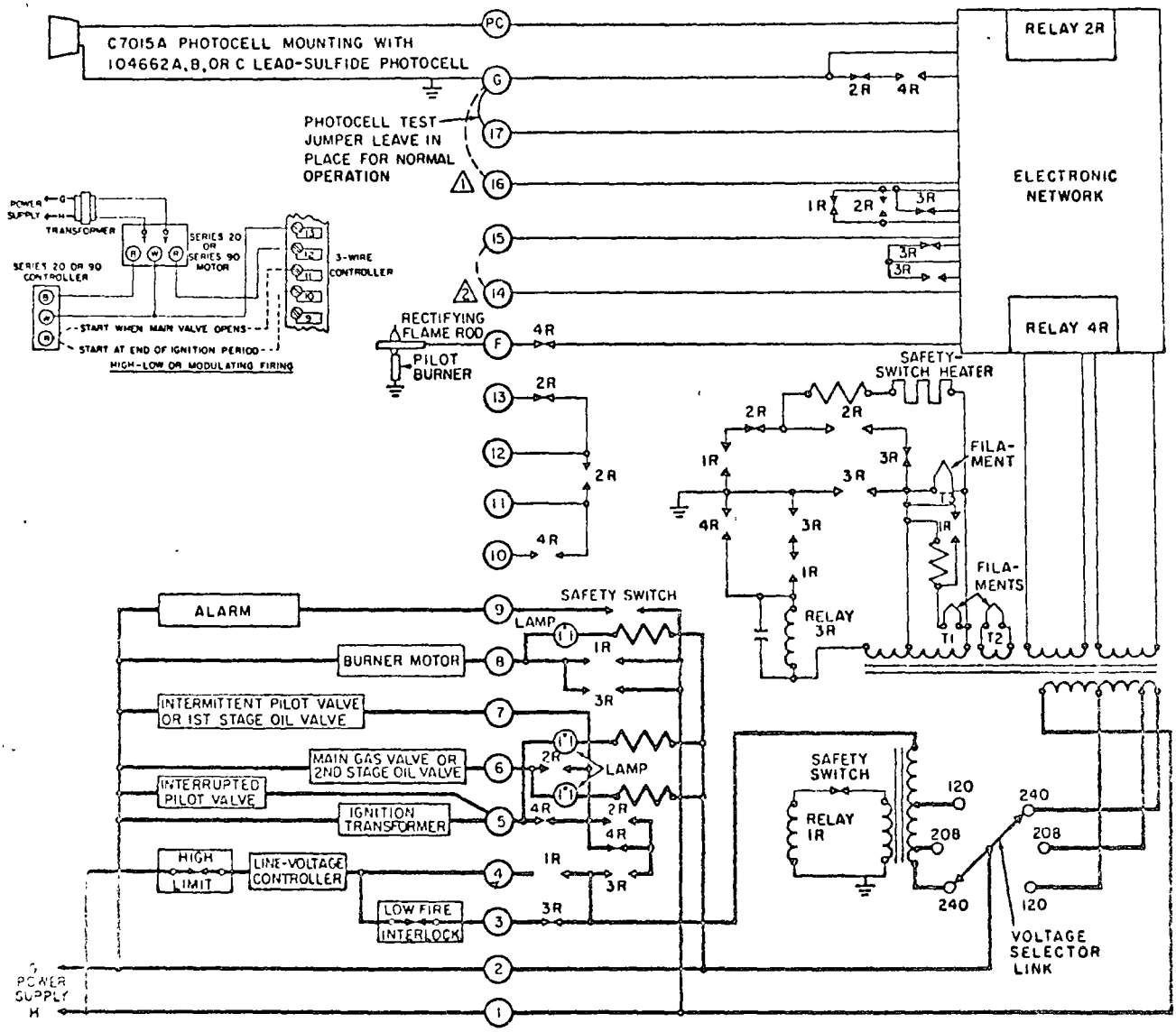


Fig. 11 — R478B with cover removed.



⚠1 On "1- or 3-minute prepurge" model only, a jumper between terminals G and 16 provides 3-minute prepurge timing; no jumper, 1-minute timing.

⚠2 Jumper between terminals 14 and 15 provides 15-second ignition timing; no jumper, 30- or 60-second timing, as specified on order.

Fig. 12 — Schematic of typical burner system including the R478B.

STARTING (Controller calls for heat, or START button is depressed momentarily then released.)

PURGE lamp lights.

Relay 1 pulls in.
Powers terminal 8.
Burner motor starts.
Prepurge begins.
Prepurge timing begins.

PILOT-IGNITION lamp lights after 30 seconds (or 1 or 3 minutes, depending on model and timing jumper).
Relay 3 pulls in.
Powers terminals 5 and 7.
Safety-switch heater is energized.
Ignition transformer is energized.
Pilot valve or 1st-stage oil valve opens.

WHEN FLAME IS PROVEN

FLAME-PROVEN lamp lights.

Relay 2 pulls in.
Powers terminal 6.
Main gas valve or oil valve opens.
Opens circuit between terminals 12 and 13.
Closes circuit between terminals 12 and 11.
High firing or modulating firing begins if connected to terminal 11.

PILOT-IGNITION light goes out.

Relay 4 pulls in.
De-energizes terminal 5.
Interrupted pilot valve closes, if used.
De-energizes ignition transformer.
Closes circuit between terminals 10 and 12.
High firing or modulating firing begins if connected to terminal 12.
Opens circuit to terminal F.

STOPPING (Controller contacts open when heat demand is satisfied, or STOP button is depressed momentarily then released.)

FLAME-PROVEN light goes out.

Relay 1 drops out.
De-energizes terminals 6 and 7.
All fuel valves close.
Postpurge begins.
Relay 2 drops out.
Opens circuit between terminal 12 and terminals 10 and 11.
Closes circuit between terminals 12 and 13.
Relay 4 drops out at end of 20-second postpurge timing.
Closes circuit to terminal F.
Relay 3 drops out.
De-energizes terminal 8.
Burner motor stops.

PURGE light goes out.

Normal cycle ends.

ELECTRONIC-COMPONENT CHECKS

The electronic network, including the flame-detector circuit, is designed so that component failures either block the starting circuit completely, or cause safety-switch lockout and stop the sequence during the prepurge period.

1. If relay 2 is held in or caused to pull in (because of a component failure) during a burner-off period, safety-switch lockout occurs and the system cannot be re-started until manually reset.

2. If relay 4 does not operate during a start, the sequence cannot proceed past prepurge.

3. If relay 4 does not drop out (sticks closed) immediately after relay 3 pulls in during a normal start, the ignition cannot come on; prepurge continues until safety-switch lockout occurs about 15 seconds later.

SERVICE

SCHEDULED INSPECTION AND MAINTENANCE

A schedule should be set up and followed for periodic inspection and maintenance, including burner and all other controls as well as the R478B relay. Include the following in that schedule.

1. Keep burner(s) and fuel mixture always adjusted according to the burner manufacturer's recommendations.
2. Clean the photocell lens and sight tube, and check the photocell output. See subject MAIN-FLAME PHOTOCELL CHECKOUT, p. 4.
3. If a flame-rod flame detector is used to prove pilot flame, check the flame rod and its output.
4. Install a new set of vacuum tubes every year.

NOTE: Keep the R478B powered the year around except while servicing, to prevent condensation within the cabinet.

TROUBLE SHOOTING

Every trouble-shooting job should not only result in locating and correcting the immediate cause of trouble but should include an over-all check sufficient to assure continuing good performance. Every trouble-shooting job should begin with a recheck of all items listed under subject SCHEDULED INSPECTION AND MAINTENANCE.

Then if trouble still persists, the next step is to determine whether the trouble is in the R478B or elsewhere. Review the normal operating sequence of the R478B as given under subject OPERATION, p. 5. Then check the actual operation against the normal sequence to determine how far through the sequence the R478B performs normally. Knowing the stage at which the performance deviates from normal will help in locating the trouble.

CHECKING PROCEDURE

Close the starting circuit by pressing the START button, or by raising the controller setting high enough to close the controller contacts.

A. If R478B WILL NOT START OPERATING SEQUENCE, check the following:

1. Make sure that the voltage selector on back of chassis is correctly set for the voltage supplied at terminals 1 and 2.
2. Reset the safety switch if it is open.

a. If switch cannot be reset, it probably indicates that relay 2 is holding in (FLAME-PROVEN lamp lighted) because of a flame-simulating component failure.

(1) Change vacuum tubes T2 and T3. If this does not allow safety switch to be reset, remove wires from terminals PC and G.

(a) If this allows relay 2 to drop out, trouble is outside the R478B and is in the photocell circuit.

(b) If this does not allow relay 2 to drop out, replace the R478B with a new one.

3. Jumper terminals 1 and 4.

a. If PURGE lamp then lights and burner motor starts, the trouble is outside the R478B and is in the limit circuit or the controller circuit.

(1) Remove the 1 - 4 jumper.

(2) Jumper the limit circuit and the controller circuit, in turn, to discover the one that is open.

b. If PURGE lamp does not light and burner motor does not start when terminals 1 and 4 are jumpered, remove jumper; then jumper terminals 3 and 4.

(1) If PURGE lamp then lights and burner motor starts, the trouble is outside the R478B and is in the starting interlock(s).

(a) Remove the 3 - 4 jumper.

(b) Using burner or boiler manufacturer's wiring diagram as a guide, jumper each starting interlock, in turn, to discover which one is open.

(2) If PURGE lamp does not light and burner motor does not start when terminals 3 and 4 are jumpered, the trouble is inside the R478B.

(a) Loosen the relay cover retaining screws and remove the cover.

(b) Clean the contacts of relay 3 as described under subject CLEANING CONTACTS, p. 8.

(c) Replace the relay cover and tighten the retaining screws.

(d) If trouble still persists, replace the R478B with a new one.

B. If R478B WILL NOT PROGRAM, check the following:

1. If PURGE lamp lights but burner motor and/or draft fans do not run, the trouble is outside the R478B.
   a. Check motor power supply.
   b. Check motor overload protection.
   c. Check motor starter
   d. Check motor.
2. If programming will not go beyond prepurge:
   a. Clean all relay contacts as described under subject CLEANING CONTACTS, p. 8.
   b. Install a new 114624 (T1) vacuum tube.
   c. If trouble persists, replace the R478B with a new one.

C. IF PILOT DOES NOT LIGHT WHEN PILOT-IGNITION LAMP LIGHTS, the trouble is outside the R478B.

1. Check the pilot gas cock.
2. Check the pilot valve.
3. Check the ignition transformer.

D. IF FLAME-PROVEN LAMP DOES NOT LIGHT WHEN PILOT IS LIGHTED:

If C7015A is used to prove pilot, remove it from mounting and hold a lighted match in front of sensing cell.

1. If relay 3 then pulls in, the electronic net work is in working order.
   a. Clean the C7015A viewing window.
   b. Clean the sighting tube, then check the flame through the tube. If flame is not steadily in view, change draft, fuel-air mixture, or sighting angle to obtain a good view.
2. If relay does not pull in under the lighted match test:
   a. Change the R478B vacuum tubes.
   b. If terminal F is used, clean the contacts of relay 4 as described under subject CLEANING CONTACTS, p. 8.
   c. If necessary, install a new C7015A.
   d. If trouble persists, replace the R478B with a new one.

E. IF FLAME-PROVEN LAMP LIGHTS BUT RELAY GOES OUT ON SAFETY AFTER PILOT-IGNITION LIGHT DOES OUT, the trouble is outside the R478B.

1. Check the main-fuel hand cock.
2. Check the main-fuel valve.
3. Check any possible interlock.
4. Check main-burner flame by looking through photocell sighting tube. If flame is floating or being blown past line of photocell sight, it is normal for R478B to shut down the burner. Problem may be corrected by one or more of the following:
   a. Changing photocell line of sight. (Recheck ability of photocell to detect pilot flame. Rerun Pilot Turndown Test.)
   b. Improving fuel-air ratio of main flame.
   c. Changing temperature of heavy oil (if used).
   d. Improving draft.
   e. Altering combustion chamber to keep main-flame front near burner.

CLEANING CONTACTS

Relay contacts should be cleaned only when a careful check made as described under subject TROUBLE SHOOTING indicates the possibility of dirty contacts. Then inspect and clean the indicated contacts as follows. Insert a piece of smooth, hard-surface cardboard, such as a business card, between the pair of contacts. Apply slight finger pressure to movable contact arm to hold contacts against cardboard while sliding cardboard back and forth a few times. Do not bend contact arms. The contacts must be left clean and smooth. If more convenient, the chassis may be removed from the cabinet for cleaning and inspecting the contacts.

If any contacts are found burned to the extent that they cannot be smoothed by careful use of a contact burnishing strip, install a new R478B after first inspecting and testing the corresponding external circuit(s) for short circuits and eliminating any shorts found. Do not use a file or abrasive paper on the contacts.

Replace relay cover and tighten the cover retaining screws.

OPERATION

The wiring diagram, Fig. 6, shows all contacts in standby position (zero seconds), the opening and closing timing of timer contacts is shown near the respective timer contacts. The inset on the foldout shows the operating sequence of the timer contacts.

A step-by-step description of R4150 operation is described on the facing foldout.

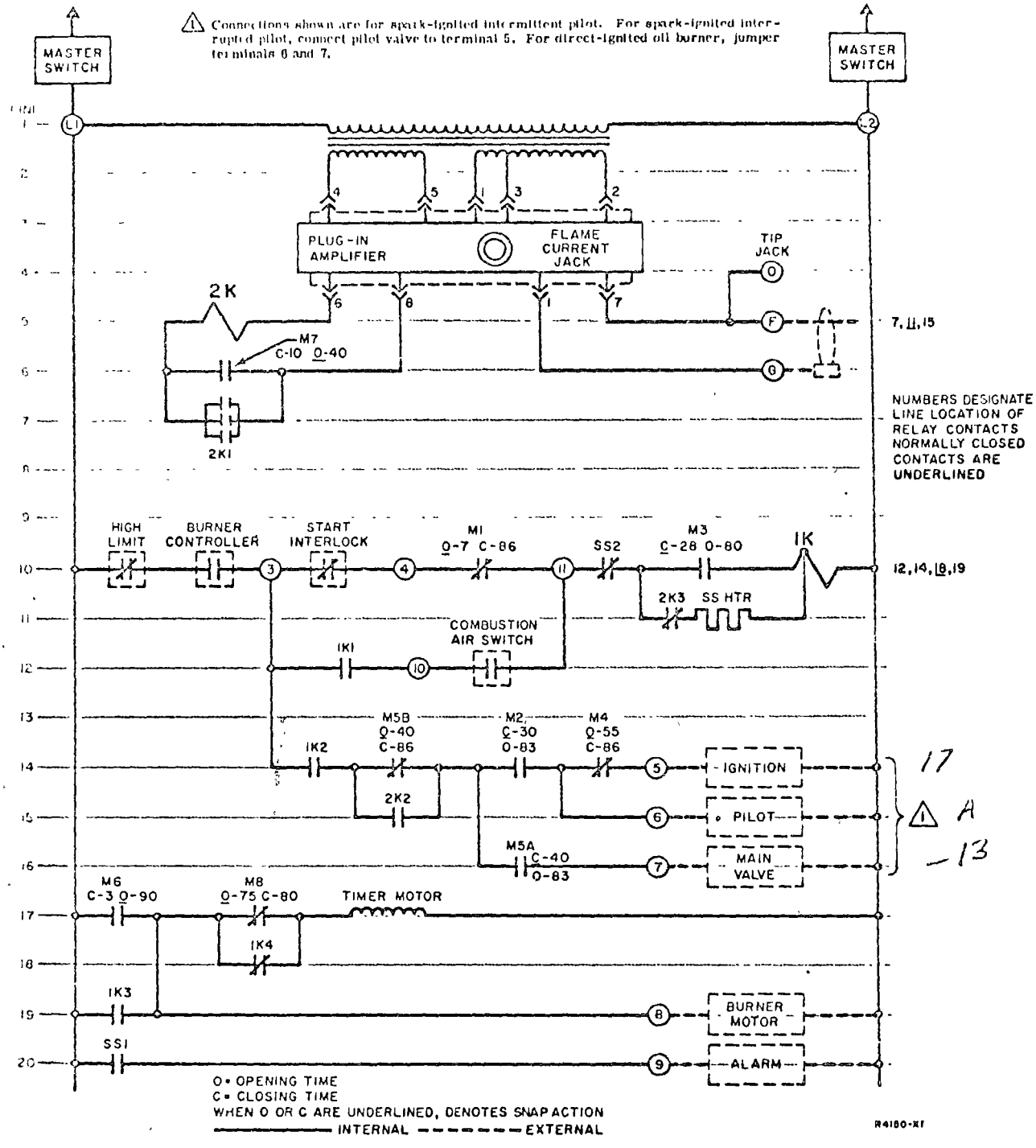
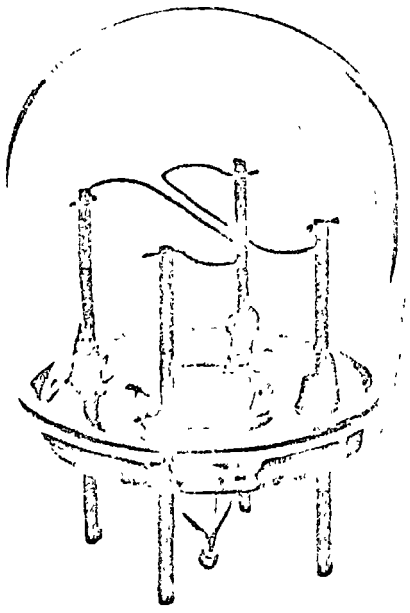


Fig. 6—Wiring diagram of internal components of R4150A1007, -A1015, -A1023, -B1005, -B1013, -C1003, -C1011. Typical external circuitry included.

40



U.S. Pat. #3,047,761

EDISON U/V FLAME SAFEGUARD CONTROLS FOR MANUAL, SEMI-AUTOMATIC OR FULLY AUTOMATIC GAS OR OIL BURNERS OR COMBINATION GAS/OIL BURNERS

A revolutionary new safeguard against the problems of flame failure in all types of furnaces—and with all types of fuel.

The heart of Edison U/V Controls is the unique ultraviolet tube which is sensitive only to the very narrow band of uv radiation found in flame. Because it is unresponsive to the radiation of incandescence, refractory hold-in is impossible. It is also unresponsive to temperature so that false shut-downs are eliminated. And since the uv sensitive tube discriminates between the flame and other radiation, control panel circuitry for this purpose is unnecessary; simplifying the Control. The compact scanner housing is mechanically and thermally rugged so that it may be mounted directly on the burner. The standard Scanner is unaffected by environment temperatures up to 200F. A High Temperature Scanner is available for 500F environment. Safe multiburner protection is assured since the scanner "sees" only the radiation from the primary combustion zone and is not affected by flame overlap.

Edison U/V Control Systems include a full line of flame safeguards and semi-automatic and automatic programming controls. Systems may be "customized" from standard components to meet each burner, boiler or code requirement. They are fully solid state for long life and absolute dependability.

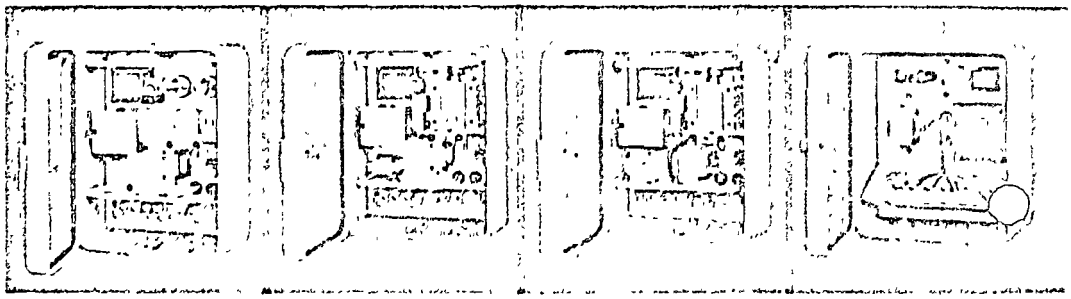
MODEL 420. For Manual Or Semi-automatic Fired Gas Or Oil Burners —Single Or Multiburner Installations. Provides complete flame protection. Operation may be simply "ON" or "OFF" or preselected pre-purge intervals of 1, 2, 3 or 5 minutes may be specified. "Trial-for-ignition" periods of 15, 30 or 60 seconds are available. In operation this control pre-purges combustion chamber before ignition may be accomplished —signals operator with a ready-light when purge is completed. If proper ignition does not occur during trial-for-ignition period, control automatically closes pilot and main fuel valves. Re-start is prevented until the pre-purge cycle has been repeated. Safe-start interlock prevents beginning of firing cycles if any flame or simulated flame is detected by the scanner.

MODEL 421-422. For Fully Automatic Industrial Gas or Gas/Oil Burners. Provides for fully automatic programming of pre-purge, "trial-for-ignition" and all other functions. In order to meet special operating requirements, the Model 422 is provided with an Adjustable Timer for pre-purge intervals from 30 to 150 seconds. The Model 421 has a fixed 30 second pre-purge time.

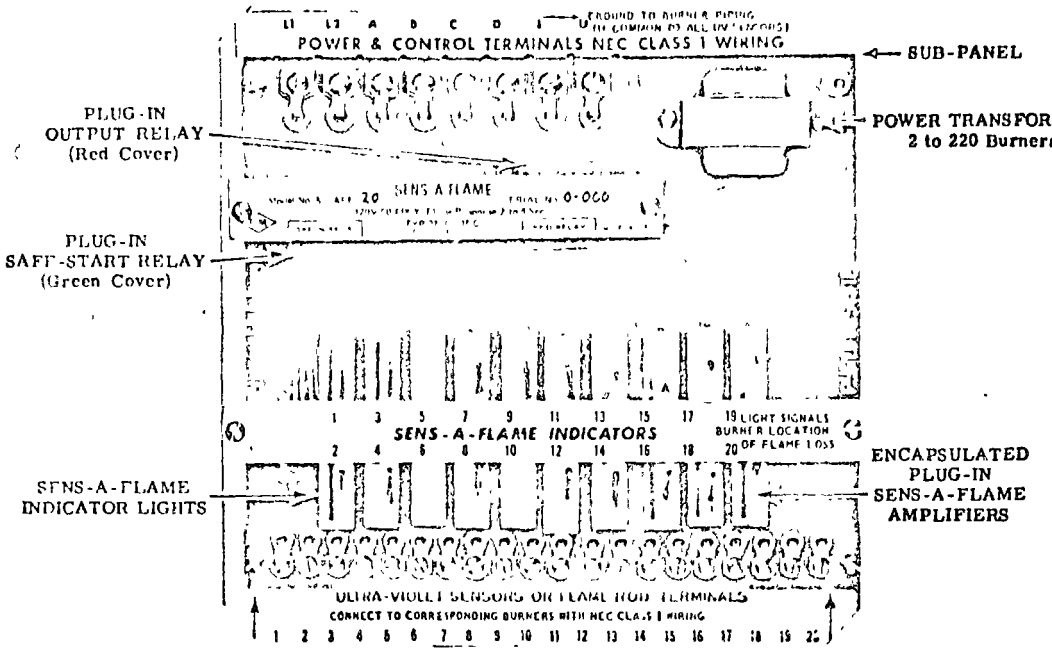
MODEL 424. U/V Flame Switch for Indicating Presence and Absence of Flame. An "ON-OFF" interlock control. Detects flame or flame failure for special industrial and utility applications such as alarms, annunciators and control functions.

For complete information write for Bulletin 3066.

MODEL 420 MODEL 421 MODEL 422 MODEL 424



THOMAS A. EDISON INDUSTRIES
INSTRUMENT DIVISION



OPERATION

SENS-A-FLAME AMPLIFIERS

Every flame detector is connected to its own Sens-A-Flame amplifier. Two amplifiers are encapsulated in a plug-in module. These all-solid-state units have a unique, low component count circuit and are easily replaced should it ever be necessary. Each amplifier will operate with either flame rod or ultraviolet detectors.

INDICATOR LIGHTS

Each amplifier is equipped with an indicator to light on flame failure. The first failure light to come on will remain on, even if all burners are shut off by safety controls.

Indicator lights will start to glow on weak flame signals giving an early warning of pending shutdown, due to burner misadjustment or instability.

OUTPUT CIRCUITS

The output of each Sens-A-Flame amplifier is coupled through a computer-type logic circuit. This circuit requires adequate flame signals from every detector before the output relay can be energized.

Loss of flame signal from any burner will open the output relay.

FLAME RECTIFICATION

An AC current will flow through an ionized gas flame and be rectified to a pulsating DC current. Rectification is in the direction of the flame when the flame grounding area is at least 4 times the immersed rod area.

The DC flame signal is integrated and passed through a transistor amplifier. Without flame, the circuit stays open.

FLAME ROD SHORTS

If the flame rod touches ground, the AC current is shunted by the integrator and produces a "No Flame" signal.

IGNITION VOLTAGE CROSS-OVER is also shunted to ground without damage to components.

FLAME CURRENT

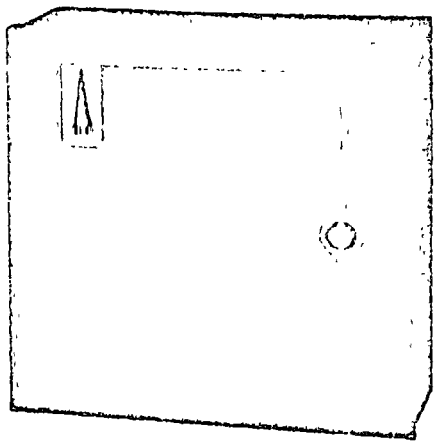
The low (25 V) AC voltage applied to the flame will produce flame currents of 2 to 4 microamps. A sensitive microammeter can be connected in series with flame wires at the burners or terminals to check.

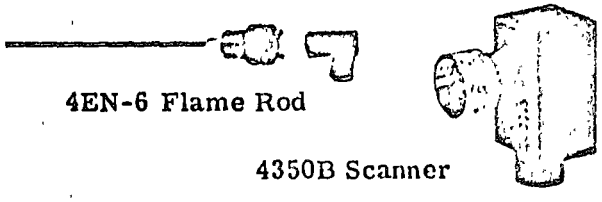
ULTRAVIOLET DETECTION

The 4350B Scanner is activated by ultraviolet radiation present in oil or gas flames and will produce a small DC current output (1.0 to 25 microamps). This output is coupled through the flame terminals to the input of one amplifier. Scanner will not respond to visible or infrared radiation.

SENS-A-FLAME (PATENT PENDING)
MULTIPLE BURNER FLAME DETECTOR

U. L. RECOGNIZED
File Number MH-8818





4EN-6 Flame Rod

4350B Scanner

FEATURES

- Low cost multiple burner flame detection system.
- Continuous individual monitoring of 2 to 220 burners per unit.
- Ultraviolet scanners or flame rod.
- Flame failure indicator lights -- shows failure location.
- Flame rods and U. V. Scanners may be intermixed on same system.
- Plug-in "Sens-A-Flame" amplifiers.
- Plug-in relays with dust covers.
- Safe-Start component check circuitry.
- All solid-state circuits -- long life -- no warm-up required -- no tubes to burn out.
- Low flame rod voltage - reduces shock hazard.
- Response timing 2 to 4 seconds.
- Flame rod currents 0.8 microamps minimum.
- Single output relay.
- Digital, computer-type circuits.
- Conservatively rated components.
- Voltage regulator stabilized circuits for very long life.
- Heavy-duty relays.
- Available in rugged industrial NEMA 1 or NEMA 12 enclosures or sub-plate mounting.

APPLICATIONS

Sens-A-Flame systems are low cost, electronic flame detectors for multiple burner installations. They are used to monitor 2 to 220 gas pilots or low capacity main burners with manual or automatic ignition.

Each burner is supervised by a flame detector and a flame current amplifier. All amplifiers are coupled by a logic circuit to a single flame relay output.

Flame failure on any burner will, within 4 seconds, provide a complete system shutdown, a warning alarm, or re-ignition depending on external circuit connections.

The basic Sens-A-Flame unit may be included with other components to provide a complete automatic combustion program with safe-start interlocks, pre-purge, timed trial for ignition, pushbutton starts, firing program, post-purge, etc.

SPECIFICATIONS

MODEL: M-Safe--- (number of burners)

VOLTAGE: 120 V, 50/60 cycle

CURRENT: 0.06 amp maximum (7.2 VA max.)

AMBIENT TEMPERATURE: -10°F. to 125°F.

FLAME RESPONSE: 2 to 4 seconds

NUMBER OF BURNERS: 2 to 220

DETECTORS: Flame Rods or 4350B ultraviolet scanners

MOUNTING: Sub-panel mounting standard NEMA 1 or NEMA 12 enclosures optional

OUTPUT TERMINAL RATING: 120V 50/60 cycle Maximum load each terminal A, B, C, D one of the following:

IGNITION: 360 VA

VALVES: 125 VA Pilot Duty (With motorized valves, 1250 VA inrush, 400 VA running)

INDUCTIVE: 5A @ 50% Power Factor

4350B ULTRAVIOLET SCANNER:

Ambient temperature: -4°F. to 212°F.

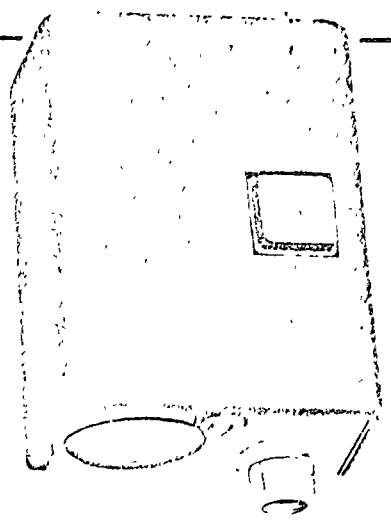
Output: 1.0 microamp DC @ 36 inches from 2000 BTU/hr. flame

Maximum Output: 25 microamps DC

Maximum Back Pressure: 25 psig

INSTRUCTIONS

C434 PILOTSTAT



Minneapolis-Honeywell Regulator Company

MINNEAPOLIS 8, MINNESOTA • TORONTO 17, CANADA

GENERAL

The C434 is a manual reset, electric switch type Pilotstat which interrupts the electrical circuit to prevent opening of the automatic main gas control valve should the pilot flame become extinguished. It incorporates a safe-light feature whereby the switch contacts are held open mechanically when the reset button is depressed during the pilot lighting operation, and upon release, will close or complete the electrical circuit only if the pilot flame condition is normal.

The Pilotstat is powered by an appropriate combination of thermocouple and pilot burner (see Specifications). Thermo-electric energy generated by the thermocouple (as a result of the heat supplied by the pilot flame) actuates the power unit to maintain the switch contacts in an electrically closed position when the pilot flame is normal and capable of satisfactory main burner ignition. Should the pilot flame become extinguished, however, the thermo-electric energy quickly drops off and an internal spring in the Pilotstat mechanism opens the switch contacts to interrupt the circuit to the main automatic gas control valve.

After lighting the pilot, the reset button is depressed to cock the mechanism in the operating position. In a few moments the thermocouple will heat up and generate electromotive energy sufficient to overcome the spring loading and the reset button may be released. Upon release of the reset button, the switch contacts assume the electrically closed position and the system will function under control of the room thermostat.

Important Note: On L. P. gas installations, a valve-type Pilotstat such as the C588 is necessary to prevent flow of gas to the pilot as well as the main burner upon pilot flame extinction. On unvented appliances such as room heaters, the valve-type Pilotstat is desirable on street gases also, to avoid discharge of unburned pilot gas in living quarters in the event of pilot extinction.

SPECIFICATIONS

Model: C434A Pilotstat—Two wire line or low voltage electric switch type. (For Series 40 and 80 circuits).

Electrical Rating: 3 amperes at 230 volts A.C.
.06 amperes at 230 volts D.C.
125 VA at 115 or 230 volts A.C.
90 VA at 30 volts A.C.

Operating Temperature: 225°F max.

Mounting. Three holes in backplate—See Figs. 1 & 4.

Dimensions Height 3 3/8", width 2 7/16", depth 1 1/2". See Figure 1.

Thermocouples: Q235 (for use with Q305 and Q303 Pilot Burners). See Figure 3. Can be used with Q300.

Lengths available: Q235-18, 24, 30, 36, 40, 48, 60 and 72 inches.
Q300-12, 18, 24, 30, 36 and 40 inches.

Pilot Burners: Q305 and Q303. See Figure 2 and refer to Instruction Form 95-2009 (Q305) and 95-1867 (Q303).

When Ordering Specify:
1. Model Number.
2. Thermocouple—type and length.
3. Pilot Burner. Refer Instruction Form 95-2009 (Q305) or 95-1867 (Q303) for complete order specifications on pilot burners.

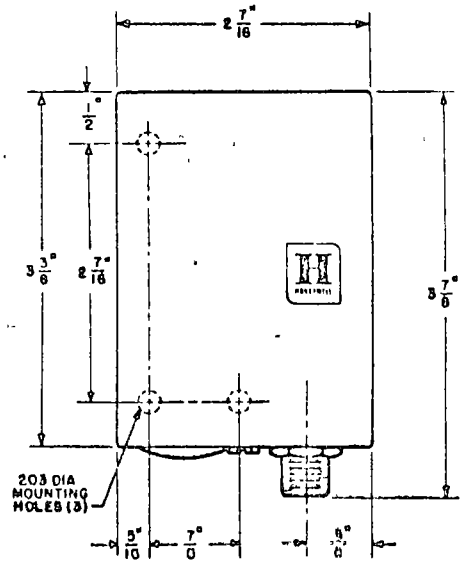


Fig. 1—Outline Dimensions.

May 24, 1954

SECTION 6
SAFETY CONTROLS

Order This Sheet By Form Number 95-1794

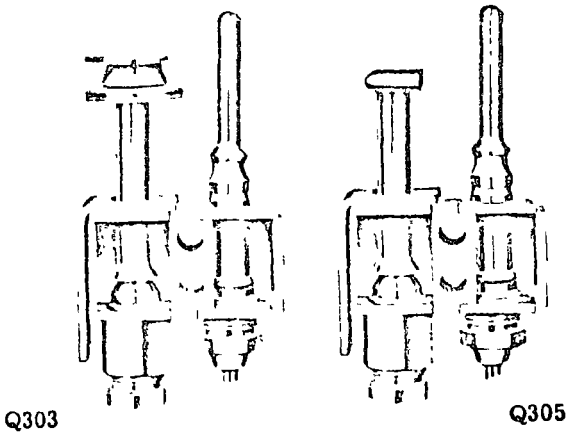


Fig. 2—Pilot Burners.

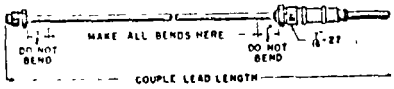


Fig. 3—Q235 Thermocouple. (Q300 similar except 7/16" -27 nut for use with Q303 and Q305 omitted.)

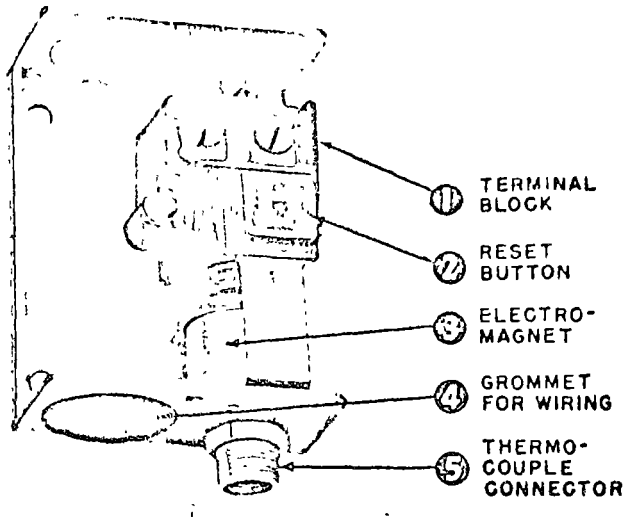


Fig. 4—C434 Pilotstat with cover removed.

INSTALLATION

IMPORTANT.

1. The following instructions are intended to serve as a guide on any points not covered by applicable codes and ordinances or by instructions furnished by the appliance or burner manufacturer.
2. Only qualified workmen should make the installation.
3. BE SURE MAIN LINE GAS IS SHUT OFF.

Fig. 6 illustrates a typical C434 application.

Mounting holes are provided in the backplate as shown in Fig. 4. Select a mounting surface free from vibration and where the ambient temperature will not exceed 225°F. The location selected determines the necessary length of the thermocouple—measure from pilot burner to thermocouple connection on Pilotstat.

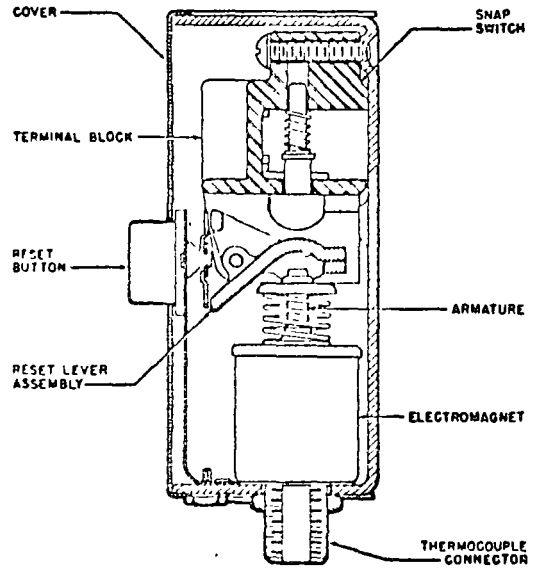


Fig. 5—Cross section view of C434.

Pilot Gas Thermocouple Connection

Refer to Pilot Burner Instructions and install pilot burner accordingly. Then proceed as follows:

1. Pilot gas line (see Fig. 6). Run the pilot gas supply line from the inlet fitting on the pilot burner to the point of take-off designated by local code. Commonly used locations are (1) a 1/8" tapping on upstream side of hand shutoff valve in main gas supply line, and (2) a 1/8" tapping provided in upstream side of automatic gas valve body. Make sure connections are drawn up snugly for gas tightness.

2. Thermocouple (see Fig. 3 and Fig. 6). Slip the tip of the thermocouple into the locating hole in the pilot burner and securely fasten the mounting nut or screw. (Avoid unnecessary tightness as later removal of thermocouple for examination or replacement might be difficult). Run the thermocouple down to the Pilotstat location, making neat, gradual bends and coiling any excess length by forming around a piece of 2" pipe. Do not start bend within 1/2" of either end—allow this portion to remain straight. Attach the thermocouple to the Pilotstat in the following manner:
   a. Remove the thread-protecting cap from the Pilotstat and discard.
   b. Insert the connector cone in the terminal socket and make the connection with the nut. (Be sure the surfaces of the socket and cone are dry.) Remember that this is an electrical connection and no thread compound of any kind should be used.
   c. Turn down the nut with the fingers until the connector cone is firmly seated. It is not necessary to tighten the nut more than 1/4 turn beyond finger tight. Excessive pressure will result in damage to internal parts.

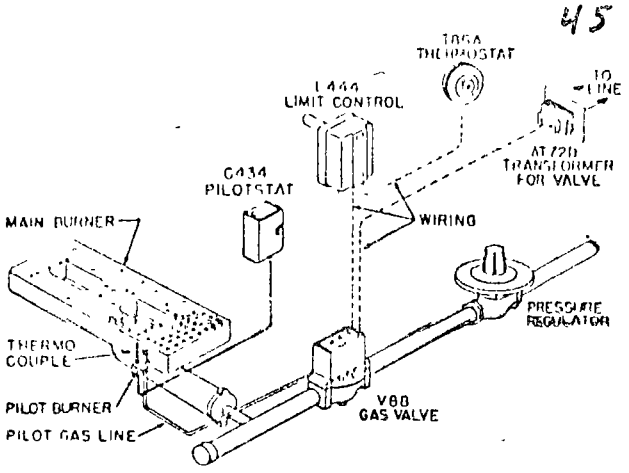


Fig. 6—Typical Installation.

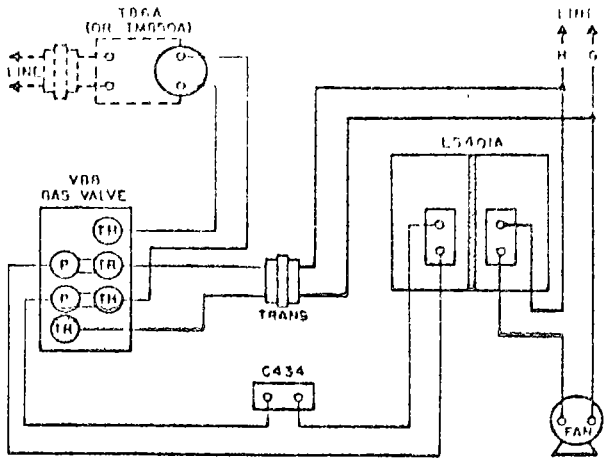


Fig. 7—Typical wiring diagram—forced warm air system.

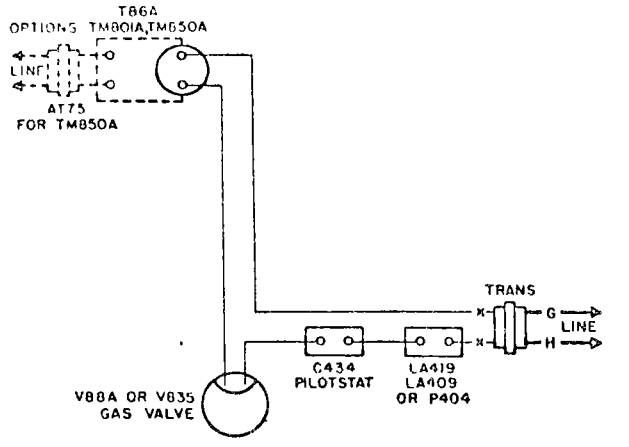


Fig. 8—Typical wiring diagram—Gravity Warm Air, Gravity Hot Water, or Steam System.

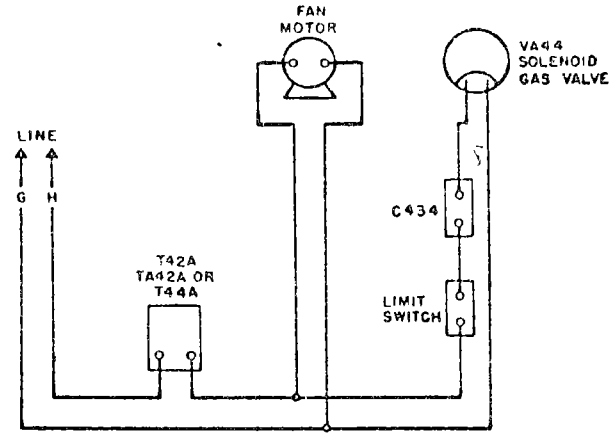


Fig. 9—Typical wiring diagram—line voltage application.

Wiring

IMPORTANT: All wiring must comply with applicable codes and ordinances. In addition, refer to wiring instructions supplied with the appliance or automatic gas valve.

Typical wiring diagrams are shown in Figs. 7, 8, & 9.

Lighting Instructions

IMPORTANT: Only an authorized serviceman should place the burner in operation. If furnished, follow instructions provided with the appliance—otherwise, proceed as follows:

1. Disconnect electric power supply and also set thermostat below room temperature.
2. Shut off gas supply to both main burner and pilot and allow any unburned gas to vent itself. Remember that propane or butane is heavier than air and will not vent itself upward. Provide ventilation if necessary.
3. Turn on the gas supply to the pilot. Be sure gas supply to main burner remains shut off at manual valve.
4. Light the pilot then press reset button on Pilotstat. IMPORTANT: Air trapped in gas line must purge itself before stable pilot flame can be expected. About 30 seconds after normal pilot flame conditions are established, the thermocouple output will be sufficient to "hold in" the Pilotstat and permit release of the manual reset button.
5. Adjust thermostat setting to high end of scale and check to see that limit control setting is normal. Electric circuit should now be complete and automatic gas valve energized to the open position.
6. Turn on the gas to the main burner. It should ignite immediately. (If new installation, make primary air adjustment on main burner after all air has been purged from gas supply line.)

TESTING

1. Check operation of Pilotstat by shutting off gas supply to the pilot. Within 3 minutes, thermocouple should cool and Pilotstat open its contacts thereby de-energizing automatic gas valve.
2. Repeat steps 2, 3 and 4 above to relight pilot and check operation of all controls. Make sure
   a. Gas valve opens when thermostat calls for heat.
   b. Main burner lights and burns normally.
   c. Gas valve closes when thermostat is satisfied.
   d. Gas valve closes when limit control opens contact and breaks the circuit.

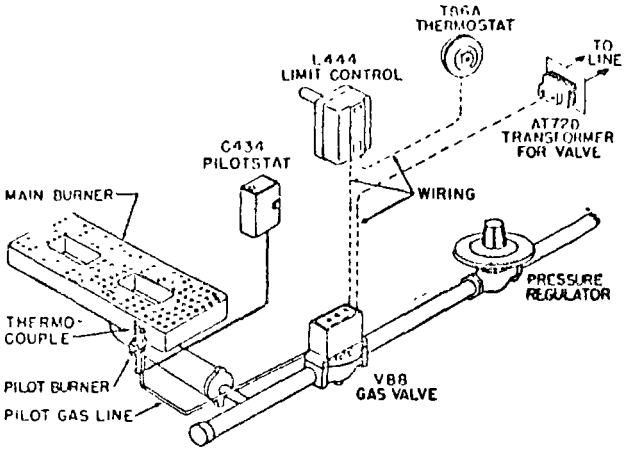


Fig. 6—Typical Installation.

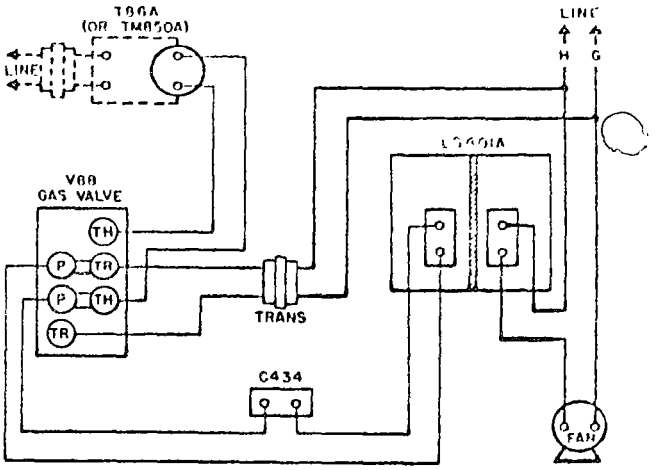


Fig. 7—Typical wiring diagram—forced warm air system.

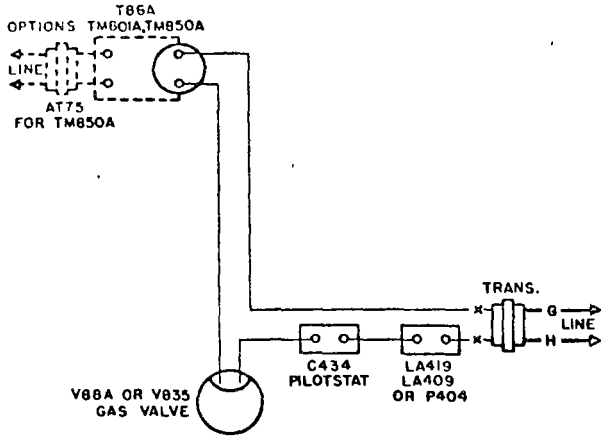


Fig. 8—Typical wiring diagram—Gravity Warm Air, Gravity Hot Water, or Steam System.

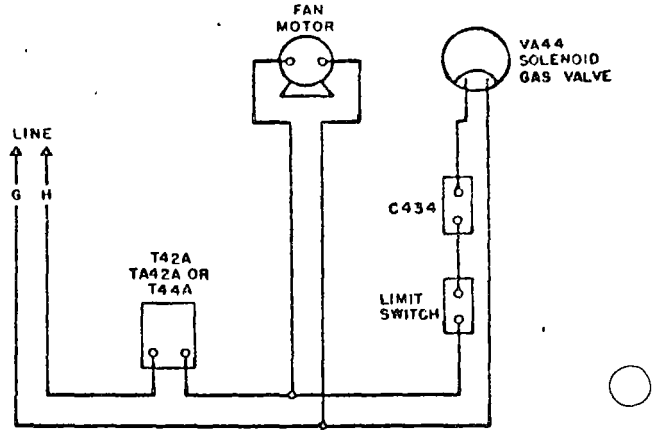


Fig. 9—Typical wiring diagram—line voltage application.

Wiring

IMPORTANT: All wiring must comply with applicable codes and ordinances. In addition, refer to wiring instructions supplied with the appliance or automatic gas valve.

Typical wiring diagrams are shown in Figs. 7, 8, & 9.

Lighting Instructions

IMPORTANT: Only an authorized serviceman should place the burner in operation. If furnished, follow instructions provided with the appliance—otherwise, proceed as follows:

1. Disconnect electric power supply and also set thermostat below room temperature.
2. Shut off gas supply to both main burner and pilot and allow any unburned gas to vent itself. Remember that propane or butane is heavier than air and will not vent itself upward. Provide ventilation if necessary.
3. Turn on the gas supply to the pilot. Be sure gas supply to main burner remains shut off at manual valve.
4. Light the pilot then press reset button on Pilotstat. IMPORTANT: Air trapped in gas line must purge itself before stable pilot flame can be expected. About 30 seconds after normal pilot flame conditions are established, the thermocouple output will be sufficient to "hold in" the Pilotstat and permit release of the manual reset button.
5. Adjust thermostat setting to high end of scale and check to see that limit control setting is normal. Electric circuit should now be complete and automatic gas valve energized to the open position.
6. Turn on the gas to the main burner. It should ignite immediately. (If new installation, make primary air adjustment on main burner after all air has been purged from gas supply line.)

TESTING

1. Check operation of Pilotstat by shutting off gas supply to the pilot. Within 3 minutes, thermocouple should cool and Pilotstat open its contacts thereby de-energizing automatic gas valve.
2. Repeat steps 2, 3 and 4 above to relight pilot and check operation of all controls. Make sure
   a. Gas valve opens when thermostat calls for heat.
   b. Main burner lights and burns normally.
   c. Gas valve closes when thermostat is satisfied.
   d. Gas valve closes when limit control opens contact and breaks the circuit.

With a properly installed pilot burner, the Pilotstat will prevent opening of the automatic gas valve if (1) the pilot flame is extinguished, or (2) the pilot flame is reduced to a point where it is incapable of satisfactory ignition of the main burner. Proper operation, however, is dependent upon—

1. Suitable location of pilot burner.
2. Normal pilot flame under all conditions.
3. Proper thermocouple output.
4. Normal action of Pilotstat.

False shutdown, or failure of the Pilotstat to "hold in", usually is caused by items 2 or 3 above, and each should be carefully investigated by a qualified serviceman before arbitrary replacement of the Pilotstat. If new job, refer to Pilot Burner Installation Instructions for complete information on item 1, Location. For investigation of factors 2, 3 and 4, the following information will serve as a guide:

Pilot Flame

NOTE: In observing the pilot flame, it is essential that all appliance doors be in the final operating position. The use of a mirror is sometimes helpful in obtaining a view of the flame under normal operating conditions.

1. The pilot flame should envelope 3/8" to 1/2" of the thermocouple tip. While M-H pilot burners will perform satisfactorily over a broad range of gas supply pressures, optimum performance occurs at pressures at the orifice of 4" W.C. on natural, mixed and manufactured gases, and 11" W.C. on L.P. gases.

   Check actual pressure condition with main burner on and off, and consider possible deviation under both minimum and peak loads on the gas main.
2. The flame on the thermocouple should be a steady blue. A yellow flame indicates insufficient premixing of gas and air, which may be caused by obstruction of the orifice or the primary air opening. Clean the orifice and the primary air opening.
3. If the pilot flame floats, it is an indication that products of combustion are recirculating in the combustion chamber. Shielding suggestions are illustrated in the Pilot Burner Instructions.
4. Bad draft conditions are often responsible for improper operation by pulling the pilot flame away from the thermocouple. If the drafts cannot be eliminated (or the pilot burner relocated in a more favorable position) it will be necessary to shield or baffle the pilot flame.
5. The pilot flame must not smother or snuff out on—
   a. Main burner ignition from cold start.
   b. Main burner ignition at maximum ambient temperature (after prolonged operation.)
   c. Normal variation in air adjustment of main burner.

Thermocouple Output

If the pilot flame conforms to the above conditions and trouble still persists, the thermocouple should next be checked. Clean the cone and socket connection between the thermocouple and Pilotstat and recheck operation. If available, a new thermocouple may be installed as a check against the old.

Use of the W129 millivoltmeter is highly recommended for an exact determination of thermocouple output. Use the 50 millivolt scale, attaching the meter leads to the end of the thermocouple as shown in Fig. 10. With pilot burning at least five minutes, measure the open circuit voltage and compare reading with the following table:

Condition	Min. Voltage
Normal pilot flame	23 mv.
Min. gas pressure	18 mv.
Poor operation	15 mv. or less

While a properly applied pilot burner should ignite the main burner under "turndown" conditions* on all meter readings greater than 4 millivolts, nuisance shutdown may result at 15 mv. or less. Every effort should be made to improve the pilot flame condition and/or to replace the thermocouple to attain a thermocouple output of 23 mv. minimum.

*The AGA "turndown" test for pilot burners states —"The pilot of the device shall effect immediate ignition of the main burner when the gas supplied to the pilot is reduced to the point where the flame is just sufficient to keep the valve open."

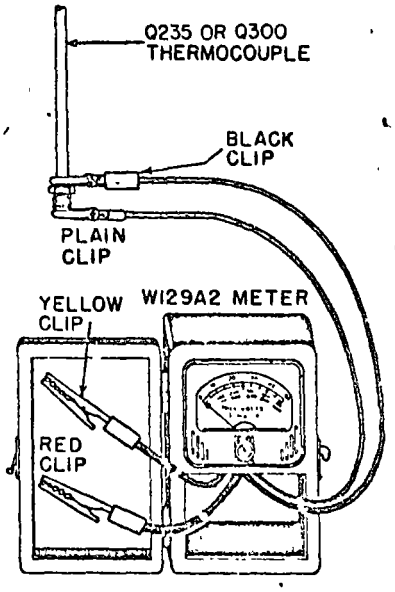


Fig. 10—Connection of Millivoltmeter.

Pilotstat Action

After checking pilot flame, thermocouple output, and thermocouple connection as outlined above, replace complete Pilotstat—

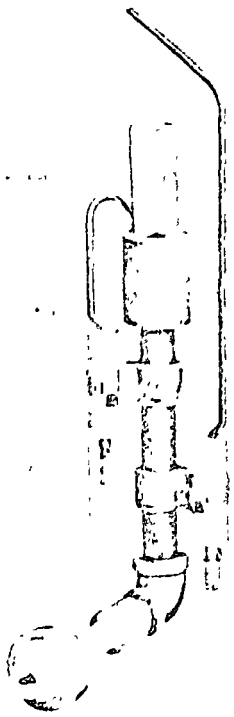
1. If Pilotstat fails to "hold in".
2. If Pilotstat fails to shut-down on extinction of pilot flame.

INSTALLATION INSTRUCTIONS

MINNEAPOLIS-HONEYWELL REGULATOR COMPANY

TYPES C7005A AND C7005B FLAME RECTIFIER PILOTS

These gas pilot-burner assemblies, utilizing a flame rectification means of proving the flame in conjunction with a suitable electronic relay, are designed for application to industrial or commercial oil or gas burners. The type C7005A is for standing pilot applications and includes an insulated flame electrode, mounted in the correct relationship to the flame-retention type nozzle. The C7005B also includes an ignition electrode for automatic electric-gas pilot installations. The flame and ignition electrodes are individually mounted and can be adjusted to allow the head assembly to fit inside a 3" pipe. The flame rectifier pilot as furnished, consists of a burner head assembly and a mixing tube, both threaded in standard pipe sizes. These units may be assembled to fit the installation, with standard straight pipe fittings, elbows or tees. The nozzle fits onto a commercial pipe nipple, replaceable as the conditions of the installation may require. A bomb-type fin attached to the pilot head provides the large flame ground area necessary to assure maximum flame current and tends to stabilize the pilot flame.



SPECIFICATIONS

TYPES

C7005A Flame Rectifier Pilot, for standing pilot applications For use with Type R180A Electronic Protectorelay

C7005B Flame Rectifier Pilot, for automatic pilot applications Suitable for use with R180B Electronic Protectorelay, or Type R7009A Flame Detector Relay.

SIZES:

Furnished only in 6 inch nominal length with $\frac{1}{2}$" male thread Mixing tube, approximately 4$\frac{1}{2}$" long, tapped for $\frac{1}{4}$" inlet and $\frac{3}{8}$" outlet.

CAPACITIES:

3" w c, 12 c f h, 4" w c, 13 7 c f h, 5" w c, 15 3 c f h, 6" w c, 16 8 c f h; 7" w c, 18 2 c f h Available for manufactured, mixed or natural gas or propane.
When ordering specify type of gas.

INSTALLATION

ASSEMBLY:

Fig. 1 illustrates one method of assembly, using a reducing tee-fitting to provide a right-angle connection. A straight reducing coupling or a 45° or 90° reducing elbow could be used if more convenient for piping and mounting.

Avoid positions of the flame electrode which will permit a weak pilot flame to touch the electrode at any point other than the junction of the main flame and pilot flame (See Fig. 2).

MOUNTING:

If special provision for mounting the pilot has been made by the burner manufacturer, his instructions should be carefully followed.

In general, the pilot should be installed so pilot flame has full contact with the gas stream from the main burner heads, jets, or nozzles (See Figs. 3 thru 5). Mount the flame electrode so that it is just inside the junction of the main and pilot flame, thereby proving both flames. It is advisable to mount the pilot so that it fires in the same direction as the draft at the mounting point and not so

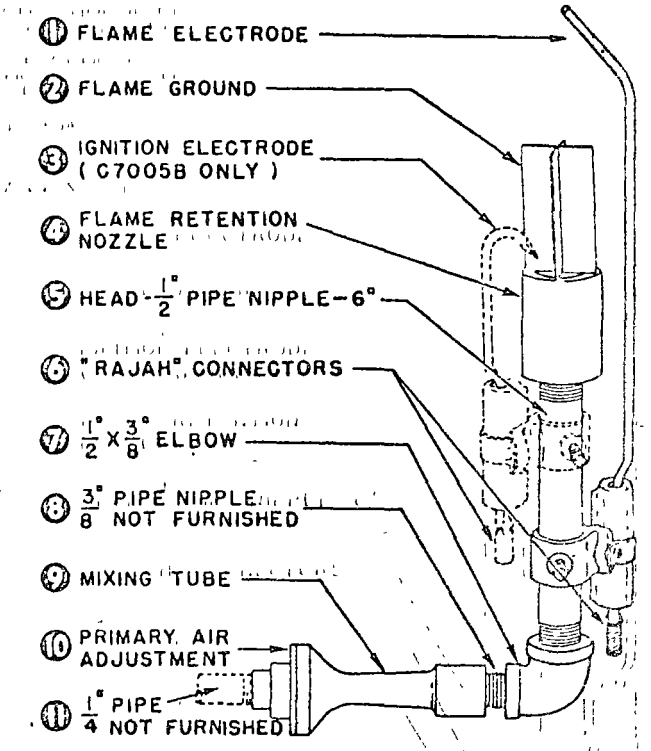


Fig. 1—Typical Assembly of Type C7005A Flame Rectifier Pilot. Ignition Electrode of C7005B shown in dotted lines.

that the draft is at right angles to flame travel. Keep the pilot burner below or behind the main burner so that the burner frame and refractory help to protect the pilot from radiant heat. Location of the pilot in the secondary air stream will also provide considerable cooling. Keep the primary air adjustment accessible and outside the high-temperature area.

In boilers where there is a considerable difference between fire-box pressures and atmospheric pressures, such as forced, induced, or some natural draft boilers, the primary air supply for the pilot should be taken from the pressure area. On boilers where pressure differential is low the pilot air mixer is normally mounted external to the boiler. However, burner manufacturers' recommendations should apply.

A supporting bracket should be supplied to suit the installation. The flame electrode must not contact any metal parts of the installation and should preferably be located not closer than 1" to radiant refractory. Be sure the ignition electrode does not come within arcing distance of any metal other than the pilot burner head. The tip of the ignition electrode must be 1/8" to 3/16" above and 1/16" inside the rim of the nozzle.

WIRING

WIRING:

Important: All wiring must comply with applicable electrical codes or ordinances.

High tension wire must be used to the ignition electrode (3, Fig. 1). Insulation must be heat resistant. "Rajah" connectors are furnished for convenience on ignition and flame electrodes.

The circuit between the flame electrode (1, Fig. 1) and the "F" terminal of the electronic relay need not be in a conduit. For connecting leads from the flame electrode to the relay, we recommend a standard No. 14 TW single-conductor wire (thermoplastic insulation). For any portion of the lead that may be exposed to temperatures over 125° F., however, heat and moisture resistant wire such as M-H Specification 1061 should be used.

TESTING AND ADJUSTING

TESTING AND ADJUSTING:

Adjust the air mixture by means of the primary air shutter (10, Fig. 1) for proper flame required by installation. Be sure you have the proper orifice for the type of gas being used. A medium hard flame will give best response from the flame detector circuit.

If draft conditions are severe or change with modulation, it may be desirable to operate the premixed pilot on moderate to high gas pressure (Normally not more than 1 psi). This is particularly apt to be the case when the main burner fires with high-pressure gas. Increasing the pilot pressure tends to harden and lengthen the pilot flame, increasing its stability under adverse draft conditions.

The pilot flame should make good contact with the flame electrode and also furnish reliable ignition for the main burner. It is desirable that the flame electrode be located at the junction of the main flame and the pilot flame. Check to insure that the main valve opens or unlocks only when the pilot flame is strong enough to ignite the main burner. With improper positioning of the flame electrode (See Fig. 2), a pilot that is too weak to ignite the main burner will still open or unlock the main valve.

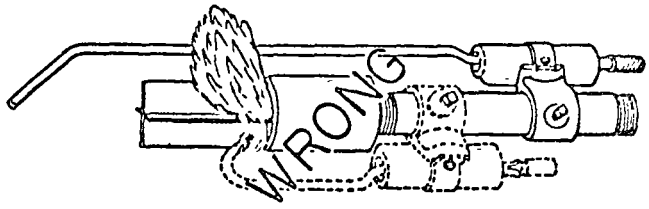


Fig. 2—Improper Position of Flame Electrode.

Seconday air velocity over the pilot nozzle must not cause unstable flame contact with the flame electrode, for this would produce chattering of the flame detector relay.

Current through the flame electrode and the flame when the system is operating is recommended to be two microamperes or more for stable operation.

50

INSTRUCTIONS

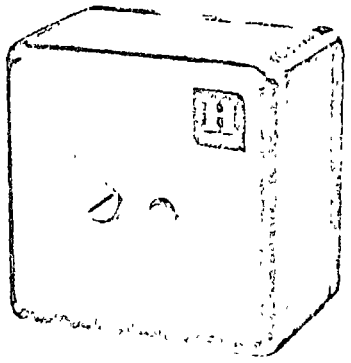
RA890F PROTECTORELAY* SOLID STATE PRIMARY CONTROL

APPLICATION

The RA890F provides solid state electronic safeguard protection for industrial and commercial gas, oil, or combination (gas-oil) burners.

The control uses the rectification principle of electronic flame detection and uses a flame rod, rectifying photocell, or C7012A Ultraviolet Flame Detectors.

The RA890F is capable of directly replacing the RA890E and mounts on the same Q270A subbase.



FEATURES

- Solid state. No warmup required, no tube to replace.
- Push-to-reset safety switch in dust-resistant enclosure.
- Built-in protection against ignition crossover in flame rod systems.
- Will not start if a flame-simulating failure occurs in the flame detector circuit.
- Automatic safety shutdown if flame fails on start, or if flame is not re-established after a flame failure.
- Flame signal microamperage directly measurable at test jack.
- Line- or 24-volt, automatic of manual controller may be used. (Manual controller must be S446A or other maintained-contact type that opens circuit on either power or flame failure.)
- Easy mounting and removal through use of captive mounting screws. Mounting base of practically unbreakable thermoplastic.
- Clipping of pilot link jumper wire permits use with standing pilots.
- Alarm circuit to indicate safety shutdown (optional).

SPECIFICATIONS

MODEL: RA890F Protectorelay Primary Control.

VOLTAGE AND FREQUENCY: 100, 120, 208, 220, or 240 volt, 50/60 cycle. As ordered.

ELECTRICAL RATING:

Terminal	Electrical Load		120v ac	240v ac
3	Burner	Full Load	5.2 amp	2.6 amp
	Motor	Locked Rotor	31.2 amp	15.6 amp
	Ignition[ab]		3.0 amp	1.5 amp
	Pilot Fuel Valve[b]		25 va	25 va
4	Ignition[a]		3.0 amp	1.5 amp
5	Gas Valve[c]		125 va	125 va

Alarm contacts—3.0 amp at 24v ac, or 1.0 amp at 120v ac in suitable wiring enclosure.

Control circuit (T_1-T_2)—0.3 amp.

[a] If ignition and motor are connected to terminal 3, terminal 4 cannot be used.

[b] Ignition and pilot or fuel valve can be transferred to terminal 5 by the R482D or R488F for cutoff service, see Fig. 5.

[c] Alternate Rating: 25 va pilot duty plus 1 or more motorized valves with total rating 400 va opening, 200 va holding.

POWER CONSUMPTION:
60 cycle—6.2 watts max., 1.7 watts standby.
50 cycle—8.0 watts max., 3.0 watts standby.

VA RATING: 60 cycle—13.5 va max., 8.3 va standby;
50 cycle—17.0 va max., 13.6 va standby.

FLAME DETECTORS: Flame rod, rectifying photocell, or C7012A Ultraviolet Flame Detector.

FLAME RESPONSE: 0.8 seconds or 3 seconds nominal. As ordered. 3 second response is recommended for non-recycling ignition cutoff service to prevent nuisance shut downs.

MAXIMUM AMBIENT TEMPERATURE:

	60 cps	50 cps
Without alarm	125 F	115 F
With alarm	115 F	105 F

MINIMUM AMBIENT TEMPERATURE: -20 F.

SAFETY SWITCH TIMING: 15 seconds, or 30 seconds. As ordered.

DIMENSIONS (in inches): Approximately 5 x 5 x 4-3/4 (includes subbase).

MOUNTING: On Q270A Subbase. Order separately.

LISTING BODIES: Factory Mutual, CSA, A. G. A., Underwriters' Laboratories, Inc., listed: File No. MP268, Guide No. 167E10.

ALARM CONTACTS (optional): Isolated spdt contacts Male quick-connect terminals (female quick-connects included). See rating above.

ACCESSORIES:
1. Microammeter—W136A.
2. Flame Simulator—No. 121708.
3. Meter Connector Plug—No. 117053.

ORDERING INFORMATION:

Specify—
1. Model number.
2. Voltage and frequency.
3. Flame response time.
4. Safety switch timing.
5. Alarm contacts, if desired.
6. Accessories, if desired.

Order from—
1. Your usual source, or
2. Honeywell
1885 Douglas Drive, North
Minneapolis, Minnesota 55422
(In Canada—Honeywell Controls Limited
740 Ellesmere Road
Scarborough, Ontario)

*Trademark.

Form Number 95-6592

INSTALLATION

Follow the burner manufacturer's instructions, if supplied. Otherwise proceed as follows.

MOUNT SUBBASE

Locate subbase where ambient temperature is within the specified rating.

Mount the subbase so that the top and bottom are horizontal and the back is vertical. The subbase may lean backward as much as 45 degrees if necessary. See Fig. 1.

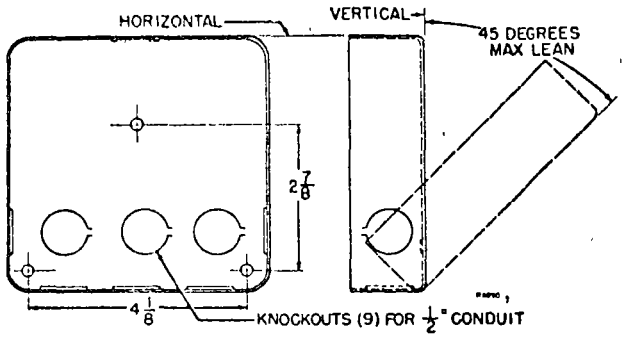


Fig. 1—Subbase mounting.

WIRE SUBBASE

Note: All wiring must comply with applicable electrical codes, regulations and ordinances.

All wiring to the numbered terminals must be NEC Class 1. No. 14 TW moisture-resistant wire is recommended. Wiring from the low-voltage controller (if used) to the T-T terminals may be NEC Class 2.

High-voltage ignition transformer wires should not be run in the same conduit with the flame sensor wiring.

The flame lead must be one of the following types:

FOR NORMAL INSTALLATION—
No. 14 TW wire.

FOR HIGH-TEMPERATURE INSTALLATIONS—
Honeywell Spec. No. 1298 wire rated at 400 F (continuous duty) or equivalent.
Honeywell Spec. No. 1061 ignition wire rated at 350 F (continuous duty) or equivalent.

NOTE: When replacing an RA890E with the RA890F, leave the hot-line connected to terminal 1 even though it is not required to operate the control.

TYPICAL WIRING HOOKUPS

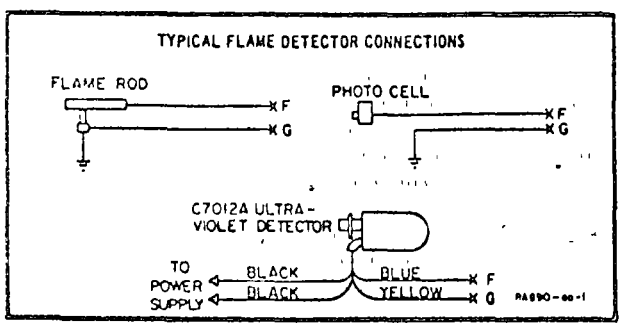
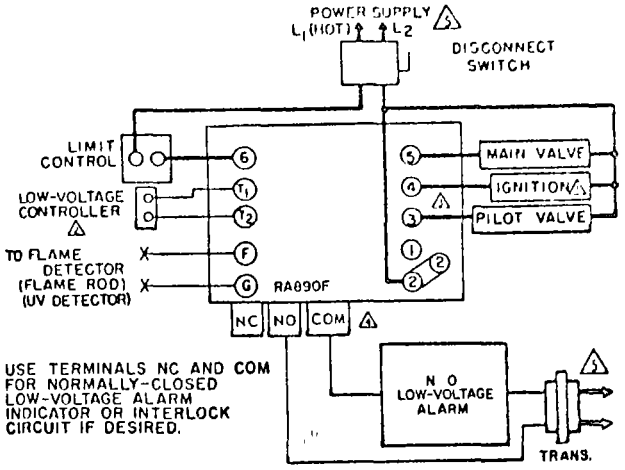
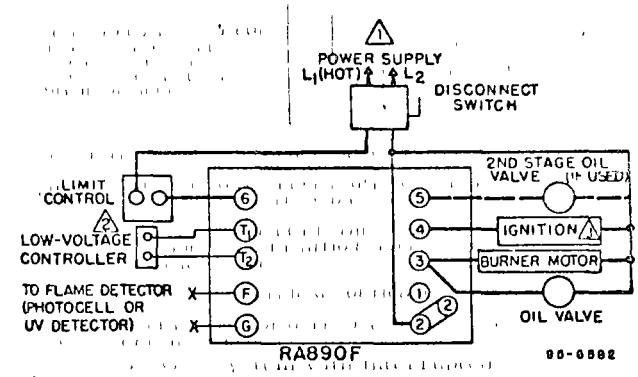


Fig. 2



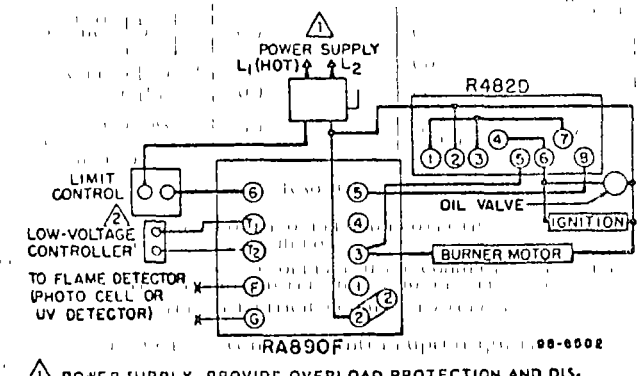
1. FOR INTERMITTENT IGNITION, CONNECT TO TERMINAL 3
2. IF LINE-VOLTAGE CONTROLLER IS USED CONNECT IT BETWEEN THE LIMIT CONTROL AND TERMINAL 6. JUMPER T1 AND T2.
3. HOOKUP FOR STANDING PILOT IS THE SAME AS FOR INTERRUPTED IGNITION EXCEPT IGNITION AND PILOT VALVE CONNECTIONS ARE NOT MADE.
4. LOW-VOLTAGE ALARM TERMINALS OPTIONAL
5. POWER SUPPLY – PROVIDE OVERLOAD PROTECTION AND DISCONNECT MEANS AS REQUIRED

Fig. 3—Gas system with interrupted ignition.



1. POWER SUPPLY PROVIDE OVERLOAD PROTECTION AND DISCONNECT MEANS AS REQUIRED
2. IF LINE-VOLTAGE CONTROLLER IS USED, CONNECT IT BETWEEN THE LIMIT CONTROL AND TERMINAL 6 JUMPER T1 AND T2.
3. FOR INTERMITTENT IGNITION, CONNECT TO TERMINAL 3

Fig. 4—Oil system with interrupted ignition.



1. POWER SUPPLY, PROVIDE OVERLOAD PROTECTION AND DISCONNECT MEANS AS REQUIRED.
2. IF LINE-VOLTAGE CONTROLLER IS USED, CONNECT IT BETWEEN THE LIMIT CONTROL AND TERMINAL 6. JUMPER T1 AND T2.

Fig. 5—Oil cutoff system with intermittent ignition.

MOUNT RA890F

Disconnect power supply.

Remove relay cover, see Fig. 6, and position the RA890F over the Q270A subbase. Start all 10 mounting screws—tighten uniformly. These screws complete electrical circuits (terminal 1 excepted) as well as hold the RA890F to the subbase.

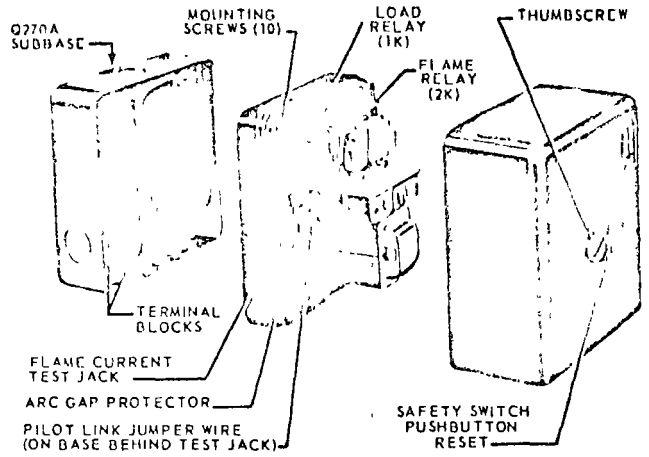


Fig. 6—RA890F and Q270A Subbase.

As shipped from the factory, the RA890F is suitable for use with interrupted or intermittent systems.

FOR STANDING PILOT SYSTEMS ONLY

For use with standing pilot systems, clip the pilot link (wire loop in Fig. 7) as follows.

1. Turn power off.

2. Clip pilot link with side cutters. DO NOT TWIST OFF AS DAMAGE TO CIRCUIT BOARD MAY RESULT. Remove any pieces of the wire.

3. Be sure there is electrical clearance between the two ends of the link, and from link ends to test jack or relay frame. Then restore power.

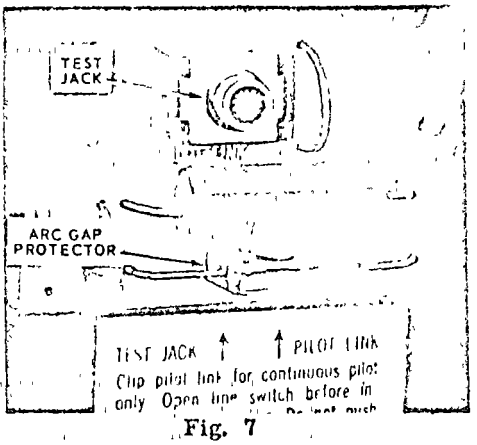


Fig. 7

OPERATION

PRELIMINARY CHECKS

1. Check through wiring.
2. Check flame detector installation.
3. Check burner adjustments.
4. Purge gas piping thoroughly.
5. Reset the safety switch by pushing the green reset button in, then releasing.
6. If system has a standing pilot, make sure pilot link (see Fig. 7) is removed and pilot is lighted.

FLAME CURRENT CHECK

A steady flame current reading, as measured by a microammeter at the TEST JACK, should be obtained regardless of its magnitude (but never less than 2 microamperes). A steady reading is one where the meter needle does not vary more than the width of the needle.

To check flame current connect leads from a 117053 Meter Connector Plug to alligator clips of a W136A Microammeter. Leads are color-coded. Insert plug into TEST JACK on front of RA890F to left of the Safety Switch. Meter should indicate at least 2 microamperes for normal operation. If flame current is less, adjust detector. If a flame rod is used, ensure that adequate grounding area is provided.

FOR GAS OR OIL SYSTEMS THAT PROVE PILOT FLAME BEFORE MAIN FUEL VALVE CAN OPEN.

Perform a Pilot Turndown Test to make certain that the main burner can be lighted by the smallest pilot flame that will hold the flame relay in.

CAUTION: The pilot turndown test has potential hazards. It should be performed only by qualified personnel. The instructions below must be followed.

Read them before beginning this test.

1. Open the main power switch.
2. Shut off the fuel supply to the main burner only by closing the manual main burner shutoff cock. Do not shut off the fuel supply to the pilot valve.
3. Restore power to the relay.
4. Start system by raising the setpoint of the controller (or pressing the start button). The pilot will light and pull in the flame relay.
5. Reduce the size of the pilot flame to the turndown condition by slowly closing the manual valve on the pilot gas line. At the turndown condition the pilot will be small enough so it just barely holds in the flame relay (2K).
   a. Turn down the pilot until relay 2K drops out.
   b. Turn the pilot back up slowly just until relay 2K pulls back in.
   c. Again turn the pilot down slightly, but not enough so the relay drops out.

If the relay drops out again, simply turn the pilot up and try again. The closer the pilot is to the dropout condition the more conclusive the test will be.

CAUTION

DO NOT PUSH THE RELAYS IN MANUALLY.

6. Check that the pilot is lit and relay 2K is pulled in.
7. Open the manual main burner shutoff cock. Main flame should light within one second. If the burner does not light within one second, close the shutoff cock and shut off power to the relay. Proceed to Step 9.
8. If the burner lights, repeat Step 7 two or three times to verify the lightoff.
9. If the lightoff is unsatisfactory, readjust the flame detector to require a larger pilot flame to hold in the flame relay. This usually requires—
   a. Resighting a photocell type detector farther out on the axis of a pilot flame, or
   b. Adjusting a flame rod detector so that a larger minimum pilot is required.

CAUTION: If the pilot needs to be adjusted and rechecked, allow five minutes for the purge of unburned gases in the firebox before proceeding to the next step.

10. Repeat the entire turndown test until the flame is established promptly in Step 7.
11. Turn the pilot up to full flame at the completion of the test.

FOR OIL SYSTEMS THAT DIRECTLY IGNITE THE MAIN FUEL ON A START

Start system by raising the setpoint of the controller or pressing the start button. The burner motor should start, the oil valve should open, and the ignition should light the oil. When flame is proved, ignition should cut off if connected to terminal 4.

OIL AND GAS COMPLETE SYSTEM CHECK

1. Lower the high-limit control setting below the furnace temperature or pressure. The system should shut down. Restore recommended limit-control setting. Burner should start.
2. Let burner operate 5 minutes, then manually shut off fuel supply to simulate flame failure. Safety lock-out should occur within safety switch timing after 2K has dropped out. Let the safety switch cool for 5 minutes, reopen manual fuel valve, and reset safety switch. Burner should start.
3. Let burner run 5 minutes, then simulate power failure by opening and immediately closing line switch All relays should drop out and fuel valves should close. After an approximate three-second delay, the RA890F should go through a normal cycle.

NOTE: At completion of checkout make sure all controls are properly set, and the RA890F is not on safety lockout. Make a final check on the entire system by putting it through one final cycle.

OPERATION

NORMAL SEQUENCE

Power

Off—

Disconnect switch is open, no power to transformer.

On—

Disconnect switch is closed. Power is supplied to the transformer.

NOTE: If the flame detection circuit is malfunctioning, falsely indicating a presence of flame before ignition, relay coil 2K will be energized when power is applied and contact 2K3 will be opened. This will prevent load relay 1K from pulling in and the starting sequence from occuring.

Controller On

Starting Circuit—

Sequence is the same for low- and line-voltage controllers.

When the controller calls for heat, the load relay 1K is energized through a series connected thermistor. This delays the pull-in of 1K to insure that 2K has not been pulled in by a malfunction in the flame detection circuit.

NOTE: The thermistor delay is nominally 5 seconds, but may be as little as 2 seconds when the temperature is very high or as long as 30 seconds when it is cold. As the thermistor warms up the 1K relay may hum slightly before it pulls in. This is not relay "chatter".

Load relay 1K pulls in to close 1K1, 1K2, 1K3, and 1K4:

Ignition starts, pilot gas valve (or oil burner motor) is energized, and the safety switch begins heating.

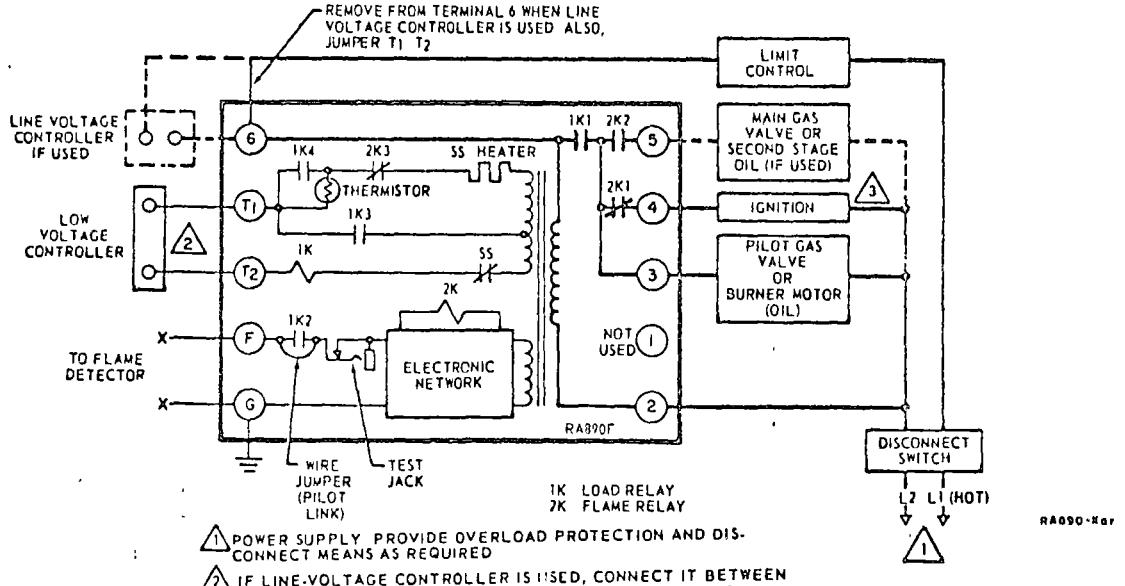


Fig. 8—Schematic of RA890F.

Flame Circuit—
If flame is proved, flame relay pulls in, relay contact 2K3 opens to stop further heating of safety switch heater, main valve opens and ignition is cut off. The system is now under normal running condition.

Controller Off
When the controller contacts break, load relay 1K drops out, closing the main and pilot gas valve or second stage oil, and stopping the oil-burner motor. Flame relay 2K is also de-energized when the fire goes out. The system is ready for the next cycle.

FLAME FAILURE

On Start—
If flame not proved before the end of safety switch timing, safety switch locks out to break the load relay holding circuit. Terminals 3 and 4 are de-energized. Manual reset of safety switch required before new start can be made.

During Run—
When electronic circuit detects absence of flame, flame relay 2K drops out; terminal 5 is de-energized, safety switch heater is energized. If ignition is connected to terminal 4, ignition returns in an attempt to re-establish flame. If flame is not re-established within safety switch timing, safety switch heater breaks the load relay holding circuit, the load relay 1K drops out and terminals 3 and 4 are de-energized. Safety switch must be (push in green button) reset before a new start can be made.

HOT REFRACTORY HOLD IN

(Photocell Installations)
Flame relay remains in at end of run cycle. If hot refractory still holds in flame relay when controller calls for heat, flame relay does not drop out as under normal conditions, Start up is prevented until hot refractory no longer keeps flame relay in.
NOTE: Photocell should be sighted such that hot refractory will not be sensed.

SERVICE SUGGESTIONS

Since there are few moving parts in the RA890F relay, it should not deteriorate in use. Preventative maintenance, such as periodic inspection of the flame rod, and check of burner adjustments may prevent unnecessary shutdowns.

GENERAL

1. Only qualified personnel should attempt to service heating equipment or controls.
2. Important: Refer to Checkout procedure, page 3, or manufacturer's operating instructions, whenever relighting, replacing RA890F, or restoring power for any reason.
3. A component check of the flame detector circuit always occurs on each normal startup, and when power is restored after an interruption. Pull-in of the load relay is delayed by a thermistor and cannot be energized if the flame relay pulls in for any reason first.
4. Always open the disconnect switch before loosening or tightening the mounting screws.
5. On any service call, check the controller for approximately correct calibration and differential (see the controller instructions). Make sure the mounting screws are tight.
6. Never use oil on any part of the RA890F.
7. When cleaning burner, clean flame detector.

NOTE: The RA890F relays must not be pushed in manually—this may damage the relays and it is an unsafe practice in that it overrides the protective features of the relay.
It is usually unnecessary to clean the relay contacts and this is not recommended as part of the maintenance procedure.

8. REMEMBER: Nuisance shutdown may be caused by conditions outside the RA890F. Check wiring, burner adjustment, ignition system including electrode spacing and location, oil quality, character and efficiency of oil atomization, fuel supply pressure, flame pattern, flame character and quality, pilot location with respect to main burner, flame detector, or other conditions that may delay light-off.

NO HEAT

After checking the controller, start from the relay to locate trouble.
1. Check for safety lockout. Push the reset button several times. If safety-switch contacts are dirty, the contact "wiping" action may clean them.
2. Check for voltage across terminals 2 and 6.
3. Check mounting screws for tightness.
4. Check for open circuits in the wiring to the controller, or at the terminals.
5. If the RA890F responds, but the burner does not start, check fuel supply, valves, ignition, and thermal overload cutout.

LOCKOUT

If the flame relay does not pull in with flame established:
1. Make sure there is a steady flame signal to flame detector. Perform a flame current check (page 3).
2. Make certain flame is not floating away from main burner due to excess air or other abnormalities.
3. Check wiring from flame detector to RA890F.
4. Install new RA890F if trouble has been isolated in the relay.

NOTE: A flame simulator, part No. 121708, with lead and plug, simplifies checking the RA890F. See instruction sheet packed with 121708 flame simulator.

RELAY CHATTER

Load relay chatter may result from extreme low-voltage (notify power company) or from a loose connection (tighten).
Flame relay chatter may result from improper combustion (adjust burner) or soot or carbon on flame detector (clean, and correct cause).

OVERHEATING

Observe RA890F response when the controller setting is changed. Look for short circuits in the controller wiring. Inspect the limit control.

COMPONENT FAILURE

If the flame relay holds in continuously, check the flame detector and RA890F as follows:

1. Disconnect power supply. Remove detector wires from F and G terminals on RA890F. Reconnect power supply. If the flame relay pulls in, replace the RA890F Protectorelay. If not, check flame detector and replace if necessary.

HOW TO DETECT AND ELIMINATE IGNITION INTERFERENCE (FLAME ROD INSTALLATIONS ONLY).

What It Is. Ignition interference is a false signal from a spark ignition source, superimposed upon the basic flame signal. It is normally associated with a marginal flame reading, usually caused by a marginal flame ground.

Interference can be either additive or subtractive to the main flame signal, depending on the hookup of the primary leads to the ignition transformer. Subtractive interference can cause a nuisance shutdown; positive interference may not even be noticed.

How Detected. The arc gap circuit protects the RA890F from ignition interference. However, it also prevents operation when ignition interference is present above the arcing level of the device. If a shutdown is caused by ignition interference, the arc gap protector (Fig. 7) will glow.

Continuous interference below the arcing level can be detected by reading flame current with pilot and ignition in, then with pilot only. Any substantial difference indicates the presence of ignition interference.

Intermittent ignition interference may be due to very turbulent air in the ignition electrode area. For arc-over elsewhere, examine the electrodes for spacing, and for unusual dirt conditions or dust accumulations between the ignition leads and flame leads.

NOTE: When an RA890F is replacing an RA890E—there may be installations where ignition interference is not sufficient to destroy the RA890E, but is sufficient to prevent operation of the RA890F due to its arc gap protection. Be very suspicious of ignition interference on any installation where the RA890E operates and the RA890F does not.

How Eliminated. Tabulated in order of importance.

1. Provide adequate flame grounding area.
2. Be sure the ignition electrode and the flame rod are on opposite sides of the grounding area.
3. Check for correct spacings on the ignition electrode. Spacing should be 1/16 in. to 3/32 in. for 6,000 volt systems, 1/8 in. to 3/16 in. for 10,000 volt systems.
4. Eliminate any marginal spacings at other areas along the lead routes. Replace any deteriorated leads.
5. A temporary solution for interference below the arcing level may be to reverse the ignition transformer primary leads, to make the ignition interference additive instead of subtractive.

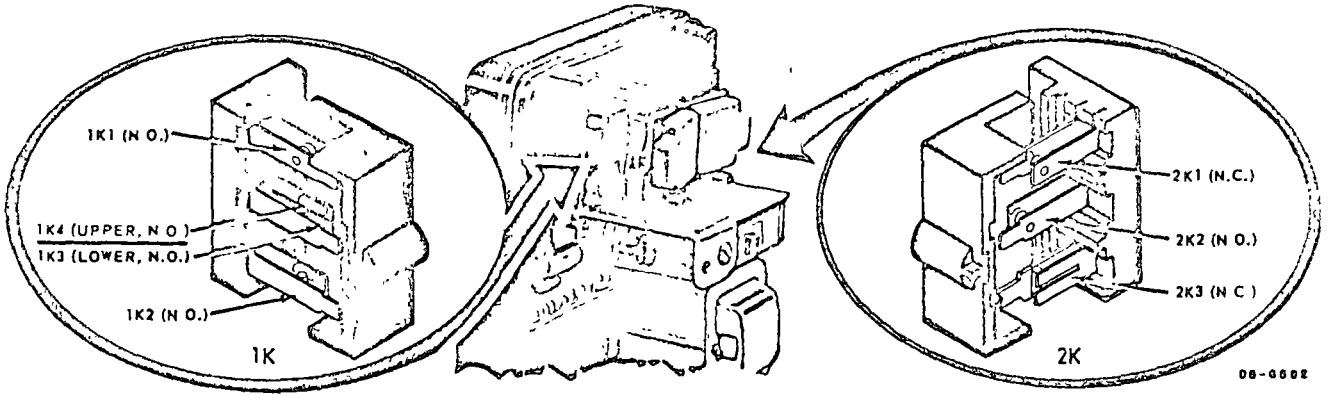


Fig. 9—Location of relay contacts.

ALARM CONNECTIONS

Models with alarm contacts have three male quick-connect terminals. Three female quick-connect terminals are provided for field installation. To connect leadwires to these female quick-connects, strip 1/4 inch insulation from end of leadwire, insert into the quick-connect, and crimp securely with a crimping tool.

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE INSTALACIONES DE GAS L.P. Y NATURAL PARA USOS INDUSTRIALES COMERCIALES Y DOMESTICOS (DEL 9- DE ENERO AL 18 DE FEBRERO DE 1974)

	NOMBRE Y DIRECCION	EMPRESA Y DIRECCION
1.	ING. GILBERTO AGUILAR ZAVALA Felix Cuevas 609-18 Col. del Valle México 12, D. F. Tel: 5-27-18-83	CONDUMEX, S. A. Pte. 140-No. 720 Col. Industrial Vallejo México 14, D. F. Tel: 5-67-88-33
2.	SR. GENARO F. ALVAREZ DEL CASTILLO Av. de los Andes No. 335 Lomas de Chapultepec México, D. F. Tel: 5-40-08-33	INSTALADORA CENTRAL, S. A. Patriotismo No. 875 Mixcoac México, D. F. Tel: 5-63-39-89
3.	ING. JAVIER ANAYA RUIZ La Vid No. 324-3 Col. Sta. Maria México, D. F. Tel: 5-56-31-26	CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A. Av. Melchor Ocampo No. 171 Mexico, D. F. Tel: 5-18-00-80
4.	ING. CARLOS ARANGO SOLORZANO México, D. F.	COBRE DE MEXICO, S. A. México, D. F.
5.	ING. RENE ARCE LOPEZ Bahia de San Cristobal No.29-3 Col. Huasteca Mexico 17, D. F.	CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO,S.A. Melchor Ocampo No. 171 Col. Anahuac México 17, D. F. Tel: 5-35-01-23
6.	ING. GUILLERMO AREIZAGA ROJO Calle Tepetlapa Manz. 2 Lote 19 Col. Ruiz Cortines México 22, D. F. Tel: 5-44-27-48	SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA Rosa Blanca No. 18 Col. Alfonso 18 México 19, D. F. Tel: 5-63-53-02
7.	ING. JOSE LUIS CAMARGO VAZQUEZ Trinidad Sánchez No. 6 Cd. Satélite Edo. de México Tel: 5-62-17-25	PENNWALT, S. A. DE C. V. Km. 16.5 Carretera-México Laredo Tel: 5-69-06-03

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE INSTALACIONES DE GAS L.P. Y NATURAL PARA USOS INDUSTRIALES COMERCIALES Y DOMESTICOS (DEL 9- DE ENERO AL 18 DE FEBRERO DE 1974)

NOMBRE Y DIRECCION	EMPRESA Y DIRECCION
8. SR. RODOLFO CARRILLO QUIÑONES Cerrada de Morelia No. 10 Col. Roma México 7, D. F. Tel: 5-32-16-53	CIA. INSTALACIONES EN GENERAL, S.A. Ave. Revolución 1328 Col. Guadalupe Inn. México, D. F. Tel: 5-63-64-62
9. ING. ELISEO CORTES SALCEDO Calle Uno No. 67-510 Col. Independencia México 13, D. F.	GERENCIA DE INSPECCION Y VERIFICACION DE CONSTRUCCION (PEMEX) Av. Marina Nacional No. 329 Edificio 1810-8o. Piso México, D. F. Tel: 5-31-30-20 Ext. 2589
10. ING. JOSE AGUSTIN DE OVANDO México, D. F.	PETROLEOS MEXICANOS Av. Marina Nacional No. 329 México, D. F.
11. SR. JOSE ANTONIO ESPINOSA E. Belisario Domínguez No. 37 México, D. F.	DESPACHO DE PROYECTOS INGENIERIA SANITARIA Empresa 136-2o. Piso México, D. F. Tel: 5-63-13-75
12. ING. GERMAN GARCIA VALDEZ Circuito 8 Economistas No. 128 Cd. Satélite Edo. de México	PETROLEOS MEXICANOS Av. Marina Nacional No. 329 Edificio 1810-8o. Piso México, D. F. Tel: 5-31-61-49
13. SR. ARTURO GARFIAS RODRIGUEZ Av. Valle México No. 79 Cuautitlan Izcalli	CONDUMEX, S. A. Poniente 140 No. 720 Fracc. Industrial Vallejo México, D. F. Tel: 5-27-88-33
14. ING. FERNANDO GONZALEZ México, D. F.	COBRE DE MEXICO, S. A. México, D. F.
15. SR. JORGE GONZALEZ ROBLES Bosques de Chiapas No. 44 Jardines de Santa Mónica Edo. de México Tel: 5-63-64-62	CIA. INSTALACIONES EN GENERAL, S.A. Ave. Revolución 1328 Col. Guadalupe Inn. México, D. F. Tel: 5-63-73-71

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE INSTALACIONES DE GAS L.P. Y NATURAL PARA USOS INDUSTRIALES COMERCIALES Y DOMESTICOS (DEL 9 DE ENERO AL 18 DE FEBRERO DE 1974)

NOMBRE Y DIRECCION	EMPRESA Y DIRECCION
16. ING. CESAR GILBERTO HARO GUARDADO Norte 3-A No. 4520-8 Col. Defensores de la Republica México 15, D. F. Tel: 5-67-16-85	PENNWALT, S. A. DE C. V. Km. 16.5 Carretera México Laredo Sta. Clara, México Tel: 5-69-06-03
17. SR. CARLOS HERNANDEZ BARAJAS Reembolsos No. 70 Col. Postal México 13, D. F. Tel: 5-79-88-85	PETROLEOS MEXICANOS Ave. Marina Nacional No. 329 México, D. F.
18. ING. ERNESTO HERRERA MEDINA México, D. F.	PETROLEOS MEXICANOS Ave. Marina Nacional No. 329 México, D. F.
19. SR. ROBERTO LARA BLANCO Mar Rojo No. 27 México, D. F. Tel: 5-27-52-75	COLGATE PALMOLIVE, S.A. Presa la Angostura No. 225 México, D. F. Tel: 5-57-00-22
20. ING. HUMBERTO LUCE NAJAR Retorno 9 No. 14 Calzada Ignacio Zaragoza Col. Jardin Balbuena México, D. F. Tel: 5-71-47-04	LUCE ASOCIADOS, S. A. DE C. V. Insurgentes Sur 1023 Torre Detroit 9-6o. Piso México, D. F. Tel: 5-75-59-99
21. ING. SERGIO LUCE NAJAR Guanajuato 143-404 México 7, D. F. Tel: 5-84-13-05	LUCE ASOCIADOS, S. A. DE C. V. Insurgentes sur 1028 Torre Detroit 9-6o. Piso México, D. F. Tel: 5-75-59-99
22. ING. CARLOS ADOLFO MARGAIN G. Morena No. 560-1 México 12, D. F. Tel: 5-43-45-21	AVANTE, S. A. INGENIEROS Km. 23.2 Autopista México-Querétaro Tel: 5-65-38-55

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE INSTALACIONES DE GAS L. P. Y NATURAL PARA USOS INDUSTRIALES COMERCIALES Y DOMESTICOS (DEL 9 - DE ENERO AL 18 DE FEBRERO DE 1974)

NOMBRE Y DIRECCION	EMPRESA Y DIRECCION
23. ING. JULIO CESAR MORENO RUIZ Cda. Maestros No. 27 Col. Sto. Tomas México, D. F. Tel: 5-47-86-06	COMISION CONSTRUCTORA E INGENIERIA SANITARIA DE LA SECRETARIA DE SALUBRIDAD Y ASISTENCIA Cordoba No. 17-2o. Piso México, D. F. Tel: 5-11-42-32
24. SR. CARLOS MARTINEZ NEVAREZ Cerrada de Tepezca No. 13 México, D. F. Tel: 5-95-04-51	UNIGAS, S. A. Insurgentes Sur No. 279-1o. Piso México, D. F. Tel: 5-84-57-29
25. ING. JOSE IGNACIO MARZAL AGUILAR Casa 15-Refineria 18 de Marzo México 16, D. F. Tel: 5-27-41-30	PETROLEOS MEXICANOS-REFINERIA 18 DE MARZO Refineria 18 de Marzo-Pemex México 16, D. F. Tel: 5-27-40-21
26. ING. ALFONSO MORENO MONTAÑO Vizcaya 4 Depto. 8 Mixcoac Insurgentes México 19, D. F. Tel: 5-63-86-54	E.G. INGENIERIA, S. A. Paseo de las Palmas 751-9o. Piso Lomas de Chapultepec México 10, D. F. Tel: 5-20-70-36
27. SR. RAUL MORENO VARGAS Retorno 40 No. 29 de Cecilio Robelo Jardin Balbuena México, D. F. Tel: 5-71-02-67	CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A. Av. Melchor Ocampo No. 171 México, D. F. Tel: 5-18-00-80 Ext. 486
28. SR. ROMEO RAMIREZ SANCHEZ Manuel Maria Contreras No.10-305 México, D. F.	A.C. FINK, S. A. Cordoba No. 51 Col. Roma México 7, D. F. Tel: 5-33-13-75
29. ING. JORGE REBOLLEDO ZENTENO Cali No. 45 Las Américas Naucalpan-México Tel: 5-60-36-20	DISTRIBUIDORA DE GAS NATURAL DEL ESTADO DE MEXICO, S. A. Bulevar M. Avila Camacho 6-A-210 México, D. F. Tel: 5-57-68-41

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE INSTALACIONES DE GAS L.P. Y NATURAL PARA USOS INDUSTRIALES COMERCIALES Y DOMESTICOS (DEL 9- DE ENERO AL 18 DE FEBRERO DE 1974)

	NOMBRE Y DIRECCION	EMPRESA Y DIRECCION
30.	ING. JOSE LUIS RODRIGUEZ ELIZARRARAS Cerro del Hombre No. 187 Col. Romero de Terreros México 21, D. F. Tel: 5-54-26-89	PETROLEOS MEXICANOS Av. Marina Nacional No. 329 México 17, D. F. Tel: 5-31-15-31
31.	ING. FEDERICO RODRIGUEZ GARCIA Puno 959 Col. Linda Vista México, D. F. Tel: 5-86-74-72	VITRO FIBRAS, S. A. Av. Acueducto No. 459 México, D. F. Tel: 5-86-10-11
32.	SR. CIRO ROLDAN CRESPO Laguna de San Cristobal No. 213 Departamento 16 Col. Anáhuac México 17, D. F.	DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS URBANOS Edificio Parada Colegio Militar "Metro" Tel: 5-41-06-69
33.	ING. VICTOR RUBIO FLORES Playa Langosta No. 252 México, D. F. Tel: 5-79-40-73	BANCO DE MEXICO, S.A. Paseo de la Reforma No. 77-11o.Piso México, D. F. Tel: 5-66-73-66
34.	ING. JESUS RUIZ ELIZONDO Av. San Bernabe No. 577-A San Jerónimo México 20, D. F. Tel: 5-95-11-93	UNIVERSIDAD DE MEXICO FACULTAD DE INGENIERIA Apartado Postal 70-327 Ciudad Universitaria México 20, D. F. Tel: 5-63-78-47
35.	ING. VICTOR MANUEL RUIZ REYES Cruz del Sur 64 Prado Churubusco México 13, D. F. Tel: 5-82-14-46	PETROLEOS MEXICANOS Ave. Marina Nacional No. 329 México, D. F. Tel: 5-31-61-49
36.	ING. MANUEL SILVA MARTINEZ Fraternidad 79 Villa Obregón México 20, D. F. Tel: 5-48-79-53	PETROLEOS MEXICANOS Av. Marina Nacional No. 329 México 17, D. F. Tel: 5-31-15-31

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE INSTALACIONES DE GAS L.P. Y NATURAL PARA USOS INDUSTRIALES COMERCIALES Y DOMESTICOS (DEL 9- DE ENERO AL 18 DE FEBRERO DE 1974)

NOMBRE Y DIRECCION	EMPRESA Y DIRECCION
37. ARQ. JOSE LUIS TORRES GUERRERO Av. Valle de México 87 Cuautitlan-Izcalli Tel: 5-65-80-80	CUAUTITLAN-IZCALLI Blv. Avila Camacho 82-A-5o. Piso México, D. F. Tel: 5-76-31-48
38. ING. CARLOS VAZQUEZ CASTRO Av. de las Granjas No. 188 México 16, D. F. Tel: 5-61-07-63	CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO,S.A. Av. Melchor Ocampo No. 171 Col. Anáhuac México 17, D. F. Tel: 5-66-36-54
39. ING. VICTOR MANUEL VELASCO MENDOZA Pedro Ma. Anaya No. 25 Circuito Héroes, Satélite Tel: 5-62-09-57	PETROLEOS MEXICANOS Av. Marina Nacional 329 México 17, D. F. Tel: 5-31-15-31
40. ING. HELIOS VILLANUEVA México, D. F.	COBRE DE MEXICO, S. A. México, D. F.
41. ING. ALFONSO ZURITA TORPEY Fuente de la Juventur No. 9 Lomas de Tecamachalco Estado de México Tel: 5-89-50-08	PETROLEOS MEXICANOS Av. Marina Nacional No. 329 México 17, D. F. Tel: 5-31-15-31