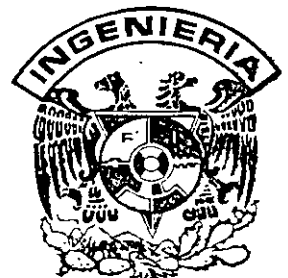


DIPLOMADO EN INGENIERIA DE CALDERAS Y RECIPIENTES SUJETOS A PRESION

MODULO IV INGENIERIA DE COMBUSTION

TEMA : TECNICAS PARA LA INSPECCION DE
CALDERAS Y RECIPIENTES SUJETOS A
PRESION EN SERVICIO
(INSPECCION DE CERTIFICADO)

Expositor : Ing. Manuel Cabrera Moreno



I-202 EVIDENCIAS DE FUGA

Cualquier fuga de agua o de vapor debe investigarse. Las fugas originadas atrás del aislamiento, de cubiertas, de soportes o mamposterías, o las huellas de tales fugas, se deben investigar a fondo e iniciar las acciones correctivas necesarias.

I-203 INSPECCION EXTERNA DE CALDERAS DE POTENCIA

I-203.1 MANOMETRO

El inspector debe anotar la presión indicada por el manómetro y compararla con otro manómetro en el mismo sistema o, de ser necesario, con un manómetro patrón. El Inspector debe observar la lectura durante otras pruebas; por ejemplo, cuando se reduzca la presión para probar el control de corte de combustible por bajo nivel de agua. Los manómetros defectuosos deben reemplazarse inmediatamente.

I-203.2 INDICADOR DE NIVEL DE AGUA

- a. El Inspector debe observar, durante la purga en su forma normal, el indicador de nivel y observar la rapidez del retorno del agua al indicador. Una respuesta lenta puede significar que existen obstrucciones en las conexiones de la tubería a la caldera y se deben tomar acciones correctivas de inmediato.
- b. Durante la prueba del indicador de nivel, las conexiones de agua y vapor deben purgarse por separado para asegurar que ambas se encuentran libres y comprobar que el operario cuenta con una indicación exacta del nivel de agua en la caldera.

I-203.3 VALVULAS DE SEGURIDAD Y DE ALIVIO

- a. Cuando la presión de calibración sea inferior a 400 psig (27.6 bar), las válvulas de seguridad pueden probarse elevando la presión en la caldera hasta la presión de disparo, y luego dejarla que baje para comprobar las presiones de recierre y purga. Si esto no es practicable, el operario de la caldera debe probar que la válvula opera libremente mediante la palanca de levantamiento, siempre y cuando la presión de la caldera esté al 75% o más de la presión de calibración. Este último, es el único método de prueba practicable en el caso de que la caldera cuente con varias válvulas de seguridad, a menos que se haga una prueba de acumulación.
- b. Cuando la presión de calibración sea superior a 400 psig (27.6 bar), se requiere evidencia que las válvulas fueron probadas someténdolas a presión o desarmadas rehabilitadas, probadas y de que las presiones de disparo y purga se verificaron adecuadamente, dentro de un período de tiempo aceptable para el Inspector. En forma alterna, el propietario o usuario puede elegir hacer la prueba como se indica en (a).
- c. Cuando la válvula tenga tubo de descarga, el Inspector debe determinar si el tubo está libre de acuerdo a los requisitos del Código de la ASME.
- d. Cuando la inspección revele que alguna válvula de seguridad presenta fugas o que no opera en forma apropiada, falla al abrir o cerrar o que muestre signos de atorarse, la caldera se sacará de servicio y la válvula debe repararse o reemplazarse.

- e. El Inspector debe revisar la placa de datos de la válvula de seguridad o de alivio para verificar que la presión de ajuste es correcta y que la capacidad es adecuada. El Inspector debe comprobar que las presiones de ajuste y purga estén estampadas apropiadamente. (Ver Apéndice A para presiones diferenciales recomendadas entre presión de ajuste de válvula de seguridad y presión de operación de la caldera)
- f. Cuando se conectan calderas con diferente presión de trabajo máxima permisible, tal que el vapor pueda fluir hacia las unidades de baja presión y la calibración mínima de las válvulas de seguridad varíe más del 6%, las unidades de baja presión, si es necesario, se protegerán añadiendo capacidad adicional a la válvula de seguridad en el lado de presión más bajo del sistema. La capacidad adicional de la válvula de seguridad se basará en la cantidad máxima de vapor que pueda fluir hacia el sistema de presión más baja.

I-203.4 CONTROL DE CORTE DE COMBUSTIBLE POR BAJO NIVEL DE AGUA O CONTROL DE ALIMENTACION

- a. El Inspector debe observar la prueba de estos controles después de que se haya abierto el drenaje y que se haya observado la respuesta. Después de cerrar el drenaje, deben observarse la rapidez del retorno a la condición normal, el silencio de la alarma y el paro de la bomba de alimentación. Una respuesta lenta puede significar que existan obstrucciones en las conexiones de la tubería a la caldera.
- b. En el caso de que los controles estén inoperantes o que la indicación del nivel de agua no sea correcta, la caldera debe sacarse de servicio hasta que se haya corregido esta condición insegura.

I-203.5 TUBERIAS, CONEXIONES Y ACCESORIOS

- a. El Inspector debe realizar un cuidadoso examen de la tubería a fin de asegurarse de que está soportada adecuadamente y que está provista para la expansión.
- b. La tubería y accesorios de vapor y agua se examinarán en cuanto a existencia de fugas. Las fugas u otros defectos se deben corregir. Para evitar golpe de ariete, la ubicación de las diferentes válvulas de cierre y drenaje, será tal que el agua no pueda acumularse cuando las válvulas se cierran.
- c. Se debe observar la existencia de vibración excesiva y tomar acciones correctivas.
- d. Deben observarse cuidadosamente las conexiones entre las calderas individuales y el cabezal principal de vapor a fin de determinar si los cambios de posición en la caldera, por asentamiento o por otras causas, han creado tensiones excesivas en la tubería o en las conexiones de la caldera.
- e. Deben revisarse las conexiones y accesorios de tubería para determinar si son de la clasificación adecuada para las condiciones de servicio a las cuales están sujetos.

I-203.6 TUBERIA DE PURGA

El Inspector debe observar el purgado de la caldera en forma normal y verificar la libertad de la tubería para expandirse o contraerse, asegurándose que no exista vibración excesiva

I-204.7 CONCLUSIONES

- a. Durante todas las pruebas, el Inspector debe observar las prácticas actuales de operación y mantenimiento, determinando su aceptabilidad.
- b. Todos los defectos o deficiencias en el estado, en la operación o en las prácticas de mantenimiento de la caldera, deben tratarse con el usuario o propietario al instante y hacerle las recomendaciones para su corrección.

I-300 INSPECCION INTERNA DE CALDERAS. -POTENCIA Y CALEFACCION

I-300.1 INTRODUCCION

Las condiciones a ser observadas por el Inspector, normalmente, son comunes tanto para calderas de potencia como de calefacción. Con esto en mente, en esta Sección se hace la subdivisión únicamente para los casos de interés por tipo o uso.

I-300.2 PREPARACION Y PRECAUCIONES PARA INSPECCION INTERNA

Al preparar una caldera para inspección interna, no debe extraerse el agua, sino que hasta que el refractario se haya enfriado suficientemente para evitar daños a la caldera.

- a. El usuario o propietario debe preparar la caldera para inspección interna como sigue:
 - 1.- Deben bloquearse el sistema de ignición y de suministro de combustible.
 - 2.- Debe desalojarse toda el agua y el lado del agua debe lavarse perfectamente.
 - 3.- Deben removerse, como lo requiera el Inspector, las tapas de los registros de hombre y de registros de mano, las de los tapones de limpieza, así como los tapones de inspección de las conexiones de agua. La caldera se enfriará y limpiará totalmente.
 - 4.- Deben removerse los emparrillados de las calderas para combustión interna.
 - 5.- Para determinar la condición de la caldera, debe removerse el aislamiento y el enladrillado de los cabezales, del horno, de los soportes y de otras partes como sea requerido por el Inspector. (Ver 1-303.1).
 - 6.- A solicitud del Inspector, debe desmontarse el manómetro para su verificación.
 - 7.- Se evitará la entrada de vapor o agua caliente a la caldera por medios que el Inspector apruebe o desconectando la tubería en el punto más conveniente.
 - 8.- Antes de abrir el(los) registro(s) de hombre y de ingresar a cualquier parte de una caldera conectada a un cabezal común con otras calderas, se deben cerrar las válvulas de corte de los sistemas de agua y vapor, colocarles etiquetas de precaución y candados, y abrir las válvulas o grifos de drenaje entre las válvulas de corte que se han cerrado.

Deben cerrarse las válvulas de alimentación, colocarles etiquetas de precaución y candados, y abrir los grifos ubicados entre las dos válvulas cerradas. Después de drenar la caldera, se deben cerrar las válvulas de purga, colocarles etiquetas de precaución y candados. Opcionalmente, pueden taparse o quitarse secciones de tubería. Cuando sea práctico, las tuberías de purga se desconectarán entre las partes presurizadas y las válvulas. Deben abrirse todas las líneas de drenaje y de ventilación.

- b. El Inspector no debe ingresar a la caldera hasta que se encuentre satisfecho con las medidas de seguridad tomadas. El Inspector debe asegurarse que todas las válvulas de ventilación y drenaje se encuentren abiertas. La temperatura de la caldera debe ser tal que el personal de inspección no se exponga a calor excesivo.
- c. Si una caldera ha estado fuera de servicio y contiene una atmósfera de gas inerte, se deben seguir las medidas precautorias descritas en el párrafo 1-502.1
- d. Si una caldera no se ha preparado adecuadamente para la inspección interna, el Inspector debe declinar hacer la inspección.

I-303 GENERAL

I-303.1 AISLAMIENTO Y REFRACTARIO

Normalmente no es necesario, para la inspección de una caldera, quitar el material de aislamiento, la mampostería refractaria o partes fijas a menos que se sospechen defectos o deterioros comúnmente encontrados en el tipo particular de caldera que se está inspeccionando. Cuando haya evidencia de fuga en la cubierta, el Inspector la hará quitar, para que esa área pueda ser inspeccionada a fondo. Tal Inspección puede requerir remoción de material aislante, de refractario o de partes fijas de la caldera. Puede ser necesario y justificable barrenar y/o cortar algunas partes para determinar la causa de la fuga.

I-302.2 ALUMBRADO

El Inspector debe acercarse tanto como sea práctico a las partes de la caldera, tanto internas como externas, con el propósito de hacer el mejor examen posible. Para alumbrarse se usará preferentemente una lámpara de mano de pilas eléctricas en vez de una extensión. Cuando se use una extensión portátil en un espacio confinado, no debe operarse a más de 12 volts.

I-303.3 INCRUSTACIONES, ACEITE, ETC

- a. El Inspector debe examinar todas las superficies metálicas expuestas del lado del agua que presenten depósitos causados por tratamiento de agua, incrustaciones, aceite u otras sustancias. Es particularmente adversa la presencia de aceite o incrustaciones en los tubos de calderas de tubos de agua o en las placas que están expuestas al fuego de cualquier caldera, ya que causan un efecto de aislamiento que propicia el sobrecalentamiento, debilitación y posible falla del metal por abombamiento o ruptura.

- b. Aún pequeñas cantidades de aceite son peligrosas, por lo que de inmediato se deben tomar medidas de limpieza de las superficies afectadas y evitar mayor contaminación.
- c. Las incrustaciones y otros depósitos deben removerse por medios químicos o mecánicos.

I-303.4 TIRANTES Y PERNOS TIRANTES

- a. El Inspector debe examinar todos los tirantes, ya sean diagonales o transversales, para determinar si están o no están en tensión pareja. Se deben examinar todos los extremos fijos para determinar si existen grietas en la zona donde están barrenados para remaches o pernos. Los tirantes o pernos tirantes que no estén en tensión o ajuste deben repararse. Los tirantes rotos se deben sustituir.
- b. El Inspector debe probar los pernos tirantes de los hogares golpeando cada perno con un martillo y, donde sea práctico, un martillo y otra herramienta pesada, la cual debe sostenerse en el extremo opuesto para hacer la prueba más efectiva. Un perno que no está roto da un sonido de timbre y un perno roto da un sonido hueco. Los tirantes con barrenos testigo deben examinarse buscando la existencia de fugas lo cual indica un perno roto o agrietado. Los tirantes rotos deben sustituirse.

I-303.5 REGISTROS DE HOMBRE Y BOQUILLAS

- a. Deben inspeccionarse los registros de hombre, así como las boquillas y otras conexiones bridadas o atornilladas y sus placas de refuerzo dentro de la caldera en cuanto a la presencia de defectos, tanto internos como externos. Cuando sea posible, la inspección debe realizarse desde el interior de la caldera observando que las uniones soldadas a la caldera estén hechas apropiadamente.
- b. El Inspector debe examinar las boquillas que contengan conexiones externas, tales como las conexiones de columnas de agua, los dispositivos de corte de combustible por bajo nivel de agua, las boquillas para tubos secos o las boquillas para válvulas de seguridad para asegurarse que están libres de obstrucciones.

I-303.6 SUPERFICIES EXPUESTAS AL FUEGO-ABOMBAMIENTO Y AMPOLLADO

- a. El abombamiento puede ser causado por el sobrecalentamiento del metal en todo su espesor, reduciendo con eso la resistencia del metal, el cual luego es deformado por la presión dentro de la caldera. Los abombamientos también pueden ser causados por fatigas dependientes del tiempo o por diferenciales de temperatura en el metal.
- b. La formación de ampollas puede ser causada por defectos en el metal, tal como una laminación donde el lado expuesto al calor se sobrecalienta, pero el lado opuesto retiene su resistencia por el efecto refrigerante del agua de la caldera.
- c. El sobrecalentamiento es una de las causas más serias del deterioro de una caldera. Puede ocasionar la oxidación de partes metálicas, deformaciones o propiciar la posible ruptura de partes sometidas a presión, como los tubos. Los tubos pueden llegar a dañarse por mala circulación, taponamiento por vapor o incrustaciones.

- d. El Inspector debe observar si alguna parte de la caldera durante la operación se ha deformado por abombamiento o ampollado. Es necesario prestar atención especial a las superficies del tubo o de placas expuestas al fuego.

Sí se encuentran abombamientos o ampollas de tamaño tal que debiliten la placa o el tubo severamente, la caldera debe permanecer fuera de servicio hasta que se hagan las reparaciones apropiadas, especialmente cuando se advierta la presencia de fugas a causa de esos defectos.

Las ampollas deben removerse y determinar el espesor remanente, y si se requiere, hacer las reparaciones pertinentes. Los abombamientos en los tubos de agua siempre deben repararse apropiadamente. Los abombamientos en las placas, que no sea extensos, pueden obligarse a volver a su lugar. De otro modo, deben parcharse las áreas afectadas.

I-303.7 CUARTEADURAS

- a. Las cuarteaduras pueden resultar por defectos presentes en el material en el momento de la construcción. También pueden causar cuarteaduras, el diseño o las condiciones de operación. La fatiga del metal causada por flexiones continuas puede causar cuarteaduras, y estas, pueden ser aceleradas por la corrosión. Las cuarteaduras por fuego son causadas por diferencial térmico, cuando el efecto refrigerante del agua no es adecuado para transferir el calor proveniente de las superficies metálicas expuestas al fuego. Algunas cuarteaduras pueden resultar de la combinación de todas las mencionadas.
- b. Las cuarteaduras en las placas de la envolvente comúnmente son peligrosas, excepto aquellas causadas por fuego que corren desde la orilla hacia dentro de los agujeros de los remaches en las juntas circunferenciales. Un número limitado de estas cuarteaduras por fuego no afecta la operación segura de la caldera. Sin embargo, se deben reparar.
- c. El Inspector debe examinar las áreas donde es más probable que aparezcan cuarteaduras tales como los ligamentos que están entre los agujeros para tubos en domos de calderas de tubos de agua, entre los agujeros para tubos en el espejo de tubos de calderas de tubos de humo, las que proceden de y entre agujeros para los remaches, en bridas donde puede haber flexión repetida de la placa durante la operación y alrededor de las conexiones soldadas de tubos de cédula y de tubos flux.
- d. Las calderas con juntas traslapadas pueden cuartearse en la junta longitudinal donde las placas se sobreponen. Si hay evidencia de fugas u otras anomalías en ese punto, el Inspector debe examinarlo a fondo y, si es necesario, ordenar que se le hagan muescas y ranuras al sitio para determinar si existen cuarteaduras en la costura. **Se prohíben las reparaciones de cuarteaduras en juntas traslapadas sobre uniones longitudinales.**

- e. Cuando se sospeche la existencia de cuarteaduras, puede ser necesario someter la caldera a una prueba hidrostática para determinar su localización. Opcionalmente, pueden localizarse mediante la examinación no destructiva (END) adecuada.

I-303.8 CORROSION

- a. La corrosión causa deterioro de las superficies metálicas. Puede afectar áreas grandes o puede localizarse en forma de picaduras. Las picaduras superficiales y aisladas no se consideran serias si no están activas.
- b. Las causas más comunes de corrosión en calderas son la presencia de oxígeno libre y sales disueltas. Si encuentra corrosión activa, el Inspector debe aconsejar al usuario o propietario que obtenga asistencia técnica con respecto a la acción correctiva.
- c. Para estimar los efectos que sobre la presión de trabajo permisible de la caldera ejerce la corrosión severa entendida sobre áreas grandes, se debe determinar el espesor del metal sano remanente por medio de examinación ultrasónica o mediante barrenado.

I-303.9 RANURAS

- a. Las ranuras son una de las formas de deterioro del metal causado por corrosión localizada y que puede ser acelerado por concentración de esfuerzos. Esto es especialmente significativo en áreas adyacentes a juntas remachadas.
- b. El Inspector debe examinar tan exhaustivamente como la construcción lo permita, todas las superficies bridadas, particularmente las bridas de tapas sin tirantes. Las ranuras son comunes en los radios de esquina de tales tapas, ya que el ligero movimiento en las tapas de este tipo causa concentraciones de esfuerzos.
- c. Algunos tipos de calderas tienen construcción con bridas invertidas las cuales tienen propensión a ranurarse y pueden ser de difícil el acceso para su examen. El Inspector debe utilizar un espejo, introducido por una abertura de inspección examinando tanto como sea posible. Alternativamente pueden examinarse por el método ultrasónico.
- d. Las ranuras suelen ser progresivas y cuando se descubran, debe evaluarse su efecto en forma cuidadosa y tomarse acciones correctivas.

I-303.10 TUBOS DE HUMO

- a. En calderas horizontales, las superficies del lado del fuego de los tubos de humo normalmente se deterioran más rápidamente en los extremos cercanos al fuego. El Inspector debe examinar los extremos de los tubos para determinar si hay reducción grave del espesor. En calderas tubulares verticales, las superficies de los tubos se afectan por la combustión más fácilmente en los extremos superiores. El Inspector debe examinar exhaustivamente los extremos de los tubos expuestos en la zona de combustión para determinar si existen reducciones graves del espesor.

- b. El Inspector debe efectuar un examen tan exhaustivo como sea posible sobre la corrosión y las picaduras en las superficies del lado del agua de los tubos. En calderas verticales de tubos humo la corrosión y el picado excesivo se advierten con frecuencia en y arriba del nivel de agua.
- c. Las incrustaciones excesivas sobre la superficie del lado del agua deben ser removidas antes de que la caldera vuelva a ponerse en servicio.

I-303.11 TUBOS DE AGUA

- a. Las superficies de los tubos deben examinarse cuidadosamente para descubrir corrosión, erosión, abombamientos, cuarteaduras o cualquier indicio de soldaduras defectuosas. Los tubos pueden adelgazarse por la erosión producida por el golpeteo de partículas de combustible y cenizas en donde exista alta velocidad, o por la instalación o el uso inapropiado de sopladores de hollín. Una fuga en un tubo con frecuencia causa corrosión o erosión en los tubos adyacentes.
- b. Hay una tendencia del combustible y las cenizas a alojarse en los puntos de unión y en espacios restringidos del lado del fuego, tales como donde se usan coples o nipples cortos para unir domos o cabezales. Tales depósitos propician la corrosión en presencia de humedad. Estas zonas deben limpiarse a fondo para ser examinada por el inspector.

I-303.12 TUBERIAS, CONEXIONES Y ACCESORIOS

- a. El inspector debe examinar a fondo la tubería para asegurarse que tenga el soporte adecuado y pueda expandirse. Deben examinarse las tuberías de agua, vapor y sus accesorios buscando indicios de fuga. Las fugas u otros defectos deben corregirse. Para evitar el golpe de ariete, la ubicación de las válvulas de cierre y de drenaje debe ser tal que no se llegue a acumular el agua cuando las válvulas sean cerradas.
- b. Deben buscarse indicios de vibración excesiva y tomarse las acciones correctivas.
- c. Debe observarse cuidadosamente la disposición de las conexiones entre las calderas individuales y el cabezal principal de vapor para determinar si algún cambio de posición de la caldera, por asentamientos u otras causas, ha impuesto esfuerzos excesivos sobre las tuberías o sobre las conexiones de la caldera.
- d. Deben revisarse las conexiones y accesorios de la tubería para determinar si son de la capacidad adecuada para las condiciones máximas de servicio a las cuales están sujetos.

I-303.13 TUBERIAS DE PURGA

El inspector debe prestar atención especial a las conexiones y accesorios de la tubería de purga. La expansión y contracción por cambios rápidos de temperatura y posibles golpes de ariete pueden causar tensión excesiva sobre todo el sistema de purga. El inspector debe asegurarse que la tubería esté bien soportada y que descargue a un punto seguro.

I-303.14 COLUMNA DE AGUA

El inspector debe observar cuidadosamente la tubería de la columna de agua para asegurarse que el agua no puede acumularse en la conexión de vapor. La tubería de vapor debe drenar hacia la columna de agua. La conexión de agua a la columna debe drenar hacia la caldera. Se debe revisar la posición de la columna de agua para asegurarse que está situada de acuerdo con los requisitos del Código de la ASME.

I-303.15 DISPOSITIVOS AUTOMATICOS DE CORTE DE COMBUSTIBLE POR BAJO NIVEL DE AGUA Y DE ALIMENTACION DE AGUA

El Inspector debe examinar los dispositivos automáticos de corte de combustible por bajo nivel de agua y de agua de alimentación para asegurarse de que estén bien instalados. El inspector debe hacer desarmar los dispositivos de control tipo flotador y que se examinen las varillas y conexiones del flotador en cuanto a desgaste. La cámara del flotador debe examinarse para asegurarse que esté libre de sedimentos o acumulaciones. Cualquier corrección que sea necesaria, debe efectuarse antes de que el dispositivo vuelva a montarse. El Inspector debe verificar que los instructivos de operación se encuentren disponibles.

I-303.16 MAMPARAS DEL LADO DEL FUEGO EN CALDERAS DE TUBOS DE AGUA

El Inspector debe observar que las mamparas estén en su lugar. La ausencia de mamparas adecuadas o mamparas defectuosas, con frecuencia, causa altas temperaturas, lo cual puede traer como resultado sobrecalentamientos en sectores de la caldera. El Inspector debe observar la localización y condición de los arcos de combustión para asegurarse de que no provoquen golpes de la flama en alguna parte de la caldera que pudiera traer como resultado el sobrecalentamiento.

I-303.17 ZONAS DE SOBRECALENTAMIENTO

El Inspector debe cerciorarse de que cualquier calentamiento anormal causado por una instalación inapropiada o defectuosa o por la operación inadecuada del equipo de combustión sea corregida antes de que la caldera vuelva a ponerse en servicio.

I-303.18 CALDERAS SUSPENDIDAS - EXPANSION Y CONTRACCION

El Inspector debe examinar todos los soportes y mampostería de las calderas suspendidas, especialmente en los puntos en donde la estructura de la caldera se encuentre cercana a muros falsos o al piso, con el propósito de asegurarse que las cenizas u hollín depositados no bloqueen la caldera y produzcan esfuerzos excesivos en su estructura al restringir su movimiento en condiciones de operación.

I-303.19 VALVULAS DE SEGURIDAD Y ALIVIO - CALDERAS DE POTENCIA

a. Las válvulas de seguridad y de alivio son dispositivos muy importantes en una caldera. Por lo tanto, el Inspector debe examinarlas cuidadosamente en cada inspección. No debe haber acumulaciones de herrumbre, incrustaciones o cualquier sustancia extraña en el cuerpo de la válvula que interfiera su libre operación.

Se recomienda que las válvulas de seguridad calibradas para abrir a más de 400 psig (27.6 bar), sean desmontadas de la caldera, probadas y recalibradas en una instalación de pruebas equipada adecuadamente o por el fabricante, a menos que, el propietario elija se prueben en condiciones de operación como se describe en I-203.3. Cuando la válvula tenga tubo de descarga, el Inspector debe verificar, con la válvula en operación sí, de acuerdo con los requisitos del código ASME, la abertura del tubo de descarga está libre.

- b. Las válvulas de seguridad calibradas para abrir a o abajo de 400 psig (27.6 bar) y que no se prueben en condiciones de operación, deben desmontarse de la caldera, probarse y recalibrarse, si se requiere, por el fabricante de la válvula o por el propietario si tiene una instalación de prueba de válvulas de seguridad equipada adecuadamente. Después de cualquier recalibración, la válvula debe volver a sellarse, incluyendo la marca de identificación de la organización responsable de la recalibración de la válvula.
- c. El Inspector debe verificar la placa de datos de las válvulas de seguridad o de alivio, para confrontar que la presión de calibración sea correcta y que la capacidad sea adecuada. El Inspector debe confirmar que la presiones de calibración y de purga estén estampadas apropiadamente.
- d. Se recomienda que, en condiciones normales de operación, las válvulas de seguridad instaladas en calderas de potencia, con presión de operación de 400 psig (27.6 bar) o menor, sean probadas una vez cada mes manualmente y mediante presión una vez al año. La frecuencia de prueba de las válvulas de seguridad instaladas en calderas de potencia donde la presión de operación sea mayor a 400 psig (27.6 bar), debe determinarse a partir de la experiencia adquirida en la operación cotidiana de la instalación.

I-303.20 VALVULAS DE SEGURIDAD Y DE ALIVIO - CALDERAS DE CALEFACCION

- a. El Inspector debe verificar en estas válvulas que la presión de calibración y la capacidad de desfogue sean adecuadas. Cualquiera de estas válvulas que muestre evidencia de fuga o deterioro debe ser reparada por el fabricante o sustituirse. Se debe verificar que estén adecuadamente selladas o que sean de tipo no recalibrable. Deben revisarse los soportes de la tubería de descarga.
- b. Una condición común e insegura encontrada tanto en válvulas de seguridad como en válvulas de alivio es la falla para abrir a la presión de calibración, causada por la acumulación de depósitos corrosivos entre el disco y el asiento. Si se observa esta condición, la válvula debe ser reparada por el fabricante o sustituida.
- c. Se recomienda que las válvulas de seguridad o de alivio, montadas en calderas de vapor, o de calefacción por agua caliente, sean probadas manualmente, en condiciones normales de operación, una vez al mes y anualmente mediante presión.

I-303.21 MANOMETROS

- a. El Inspector debe determinar, cuando se requiera, que todos los manómetros se desmonten y prueben y sus lecturas sean comparadas contra las de un manómetro patrón o las de una balanza de pesos muertos.
- b. El Inspector debe observar el manómetro ubicado en la zona de vapor y determinar si éste se encuentra expuesto a alta temperatura proveniente de una fuente externa o a calor interno por falta de protección mediante un sifón o una trampa apropiada. Debe verificarse el soplado de la conexión y accesorios para el manómetro.

I-303.22 ROLADO DE TUBOS

Cuando los tubos hayan sido sustituidos o vueltos a rolar, el Inspector debe calificar la mano de obra empleada. Cuando se tiene fácil acceso a los tubos, éstos pueden estar sobrerrolados. En caso contrario, los tubos con acceso difícil pueden estar subrrolados.

I-303.23 PRUEBA HIDROSTÁTICA

- a. Sí el Inspector requiere mayor información respecto a fugas en una caldera o evaluar la gravedad de un defecto, puede requerir que se efectúe una prueba hidrostática.
- b. Para determinar la hermeticidad, la presión de la prueba hidrostática no necesita ser mayor que la presión de ajuste de la válvula de seguridad con la calibración más baja.
- c. La presión de prueba hidrostática no debe exceder 1-1/2 veces la presión de trabajo máxima permisible (PTMP)(MAWP por sus siglas en inglés). Para la prueba, el resorte de la válvula no debe ser comprimido para evitar que la válvula se abra. La válvula o válvulas de seguridad debe(n) ser removida(s) o cada disco debe sostenerse cerrado mediante una mordaza de prueba. Pueden utilizarse tapones para este propósito. La temperatura del agua para aplicar una prueba hidrostática no debe ser menor a 70 °F (21 °C) y la temperatura máxima no debe exceder de 120 °F (49 °C). Si una prueba es conducida a 1-1/2 veces la MAWP y el propietario para la prueba especifica una temperatura mayor que 120 °F (49 °C), la presión debe reducirse hasta la MAWP y la temperatura hasta 120 °F (49 °C) para una examinación precisa.

I-303.24 REVISION DE DOCUMENTOS

El inspector debe revisar la bitácora de la caldera y los registros de mantenimiento y tratamiento del agua para verificar que a la caldera y sus controles se le han hecho pruebas en forma regular. El usuario o propietario debe ser consultado respecto a las reparaciones que se hayan hecho desde la última inspección. El inspector debe verificar que tales reparaciones se hayan hecho cumpliendo con los requisitos aplicables. Todas las reparaciones deben efectuarse conforme a los requisitos del capítulo III de este código.

I-303.25 CONCLUSIONES

Todos los defectos o deficiencias que se observen en el estado, en la operación o en las prácticas de mantenimiento de la caldera y equipo auxiliar deben ser tratadas por el Inspector con el usuario o propietario al instante y, si es necesario, hacerle las recomendaciones para la corrección de tales defectos o deficiencias.

I-400 INSPECCION DE RECIPIENTES A PRESION

I-401 INTRODUCCION

Existen en uso diversos tipos de recipientes a presión, con diseños y construcción complejos, muchos de los cuales tienen funciones múltiples y presiones de operación variables. Estos se utilizan para contener o procesar gases o líquidos que pueden o no tener diversos grados de cualidades corrosivas o erosivas. La siguiente guía de inspección solo proporciona orientación general ya que sería difícil cubrir adecuadamente procedimientos de inspección para todos.

Para hacer una evaluación precisa y confiable del recipiente que se va a inspeccionar, el Inspector debe conocer las condiciones de operación y el contenido normal del recipiente. El inspector también debe conocer la fecha de la última vez que el recipiente fue inspeccionado internamente y determinar si la frecuencia entre inspecciones es adecuada. Si el recipiente está sujeto, por requisitos jurisdiccionales, a inspecciones certificadas, el Inspector debe cerciorarse que el recipiente tenga un certificado vigente.

I-401.1 INSPECCION GENERAL

La metodología de inspección descrita no pretende incluir a todos los recipientes, sino que comprende las características comunes para la mayoría de los recipientes y aquellas que se consideran más importantes. El inspector debe complementar ésta lista con las partidas adicionales que sean necesarias para el recipiente cada particular.

El Inspector debe examinar cuidadosamente la superficie de cuerpos y tapas en cuanto a cuarteaduras, ampollamiento, abombamientos y otras evidencias de deterioro, prestando particular atención al faldón, a las placas de desgaste de los soportes y a los radios de esquina de las cabezas. Si encuentra evidencia de deformación, puede ser necesario hacer una revisión detallada de los contornos reales o de las dimensiones principales y comparar estos contornos y dimensiones con los originales de diseño.

El Inspector debe revisar en busca de fracturas u otros defectos las uniones por soldadura y las zonas adyacentes afectadas por el calor. Puede auxiliarse mediante la examinación por partículas magnéticas o por líquidos penetrantes.

En recipientes remachados, debe examinar la condición de las cabezas de remaches, la cubrejunta, las placas y la orilla calafateada. Si existe sospecha de corrosión en el cuerpo de los remaches, pueden ser útiles la prueba del martillo o la radiografía por puntos tomada en ángulo con respecto al eje del cuerpo del remache.

El Inspector debe examinar las superficies de la entradas de hombre y de las boquillas, poniendo atención especial en las soldaduras de tales partēs y sus refuerzos en busca de deformaciones, cuarteaduras u otros defectos. Generalmente, los barrenos testigos de las placas de refuerzo deben permanecer abiertos a fin de proporcionar evidencia visual de fugas, y evitar la acumulación de presión en la cavidad. Debe examinar las caras de las bridas en cuanto a deformación y la condición de las superficies para asentar los empaques.

I-401.2 TECNICAS DE INSPECCION

Las partes de un recipiente que deben inspeccionarse con mayor cuidado, dependen de su tipo y sus condiciones de operación. El Inspector debe estar familiarizado con las condiciones de operación y con las causas potenciales y características de defectos y deterioros.

Un examen visual cuidadoso es, con mucho, el método de inspección aceptado universalmente. Pueden usarse para complementar la inspección visual otros medios tales como: el examen por partículas magnéticas útil para determinar cuarteaduras y otras discontinuidades alargadas en materiales magnéticos; el examen con líquidos penetrantes fluorescentes o tinturas para descubrir grietas, poros o agujeros pasantes que se extiendan a la superficie del material y para delinear imperfecciones superficiales en materiales no magnéticos; el examen radiográfico, la medición ultrasónica de espesores y detección de defectos; el examen por medio de corrientes parásitas; el análisis metalográfico; la emisión acústica; la prueba del martillo sin estar presurizado y las pruebas de presión.

La preparación de las superficies es muy importante para un examen visual apropiado y para la aplicación, en forma satisfactoria, de cualquier procedimiento auxiliar como los enunciados arriba. El tipo de preparación superficial depende de las circunstancias particulares, pero pueden ser necesarios el cepillado con alambre, cincelado, soplado con arena, esmerilado, o una combinación de todos estos procedimientos.

I-402 INSPECCION EXTERNA DE RECIPIENTES A PRESION

I-402.1 INTRODUCCION

- a. La inspección externa de los recipientes a presión se efectúa para determinar si su condición es segura para operación continua.
- b. En recipientes para procesos en donde la corrosión es la preocupación principal y al cual se le efectúan exámenes periódicos para determinar espesores, el Inspector debe estudiar los reportes de tales exámenes.
- c. El inspector debe asegurarse que el recipiente esté sellado o marcado apropiadamente para cumplir con la sección aplicable del Código ASME.
- d. Cualquier fuga de gas, vapor o líquido, debe investigarse. Fugas con origen atrás de cubiertas aisladas, soportes o mampostorías o las huellas de fugas ocurridas en el pasado, deben investigarse removiendo lo necesario hasta establecer el origen. No deben tolerarse las fugas y al momento deben tomarse acciones para su corrección.
- e. El Inspector debe revisar que exista una tolerancia adecuada para la expansión y contracción del recipiente sobre sus soportes, tal como la proporcionada por agujeros de pernos con ranura o soportes tipo silleta sin obstrucciones.

I-402.2 MANOMETRO

El inspector debe observar la presión indicada por el manómetro y compararla con la de otros manómetros en el mismo sistema. Si el manómetro no está montado sobre el recipiente, el Inspector debe cerciorarse que el manómetro esté conectado al sistema e instalado de tal manera que indique puntualmente la presión real dentro del recipiente.

I-402.3 VALVULAS DE ALIVIO

- a. Cuando sea practicable, debe(n) probarse la(s) válvula(s) de alivio aumentando la presión de trabajo hasta la de calibración de la válvula a fin de verificar su operación a la presión de calibración. Si esto no es practicable y la válvula está equipada con una palanca de prueba, deben revisarse el libre movimiento del vástago y del disco de la válvula, mediante el uso de esta palanca. Esta prueba no se debe realizar a menos que la presión en el recipiente sea cuando menos el 75% de la presión de calibración de la válvula y que el contenido del recipiente pueda descargarse seguramente a la atmósfera o que la descarga de la válvula sea mediante tubería a un lugar seguro.
- b. Muchos recipientes a presión contienen líquidos o gases peligrosos o costosos, lo que hace poco práctica la prueba en servicio de la(s) válvula(s) de alivio. En estos casos, la(s) válvula(s) debe(n) removerse del servicio durante la inspección interna o en periodos acordados entre el propietario y el Inspector.
- c. Cuando la inspección descubra válvulas de alivio defectuosas, deben sacarse de servicio el recipiente o recipientes que dependan de dichas válvulas hasta que sean reparadas o sustituidas, salvo que se tomen medidas especiales que el Inspector acepte, para permitir que el recipiente continúe en operación sobre una base temporal.
- d. El Inspector debe quedar satisfecho con la capacidad de alivio de la(s) válvula(s) del recipiente y de que la presión de calibración y la capacidad de alivio estén estampadas en el cuerpo o placa de datos de la(s) válvula(s), según se requiera en la sección aplicable del Código ASME. (Ver en el Apéndice A los diferenciales de presión recomendados entre la presión de calibración de la válvula de alivio y la presión de operación del recipiente).
- e. El Inspector debe asegurarse que no haya válvulas de corte entre el recipiente y el dispositivo de protección o entre el dispositivo de protección y la descarga, a menos que estén en conformidad con UG-135 (e) y los Apéndices M-5 y M-6 de la Sección VIII, División 1 del Código ASME. Las válvulas de corte que requieran enclavamiento o sellado en posición abierta, solo deben ser operadas de acuerdo con procedimientos escritos que cuenten con la aceptación previa del Inspector.

I-402.4 DISCOS DE RUPTURA

- a. El Inspector debe revisar el marcado de los discos de ruptura a fin de asegurarse que la presión y la temperatura de ruptura estampada sean las correctas para las condiciones de servicio destinadas.
- b. Cuando un disco de ruptura esté instalado entre el recipiente y una válvula de seguridad o de alivio con carga por resorte, el espacio entre el disco de ruptura y la válvula debe estar provisto de un manómetro, un grifo de prueba, libre desfogue o un indicador testigo, tal que puedan detectarse fugas o la ruptura.

- c. Cuando un disco de ruptura esté instalado en la descarga de una válvula de seguridad o de alivio con carga por resorte, la válvula debe ser de un diseño tal que no falle al abrir a su presión de calibración, al margen de cualquier contrapresión que pueda acumularse entre la válvula y el disco de ruptura. Adicionalmente, el espacio entre la válvula y el disco de ruptura, debe estar ventilado o drenado para evitar acumulaciones de presión, causadas por fugas pequeñas.
- d. En todos los casos donde los discos de ruptura estén instalados en combinación con válvulas de seguridad o de alivio, para determinar la capacidad de descarga de tales combinaciones, el Inspector debe consultar los requisitos de la Sección VIII, División 1 del Código ASME.

I-402.5 ENTRADA DE HOMBRE, ABERTURAS DE INSPECCION Y OTROS CIERRES

El Inspector debe revisar en busca de anomalías, deformaciones o fugas en estas áreas especialmente en dispositivos que se abren y cierran periódicamente durante el proceso. En los cierres de acción rápida, debe revisarse la existencia y funcionamiento de enclavamientos de seguridad, indicadores o alarmas.

I-402.6 DRENAJES

El inspector debe revisar que existan drenajes donde se requiera. Cuando existan y sea práctico, el Inspector debe hacer que el drenaje sea abierto para verificar su funcionamiento.

I-402.7 TUBERIAS

El Inspector debe revisar las tuberías fijadas al recipiente en cuanto a soportes inadecuados y provisión para la expansión tal que no se causen cargas excesivas sobre la envolvente.

I-402.8 CONTROLES DE SEGURIDAD

El Inspector debe verificar la eficacia de cualquier dispositivo instalado para seguridad del recipiente, mediante su operación o análisis de procedimientos y registros.

I-402.9 REVISION DE DOCUMENTOS

El Inspector debe revisar la bitácora del recipiente, su registro de mantenimiento, el registro de razón de corrosión o cualquier otra prueba efectuada. El usuario o propietario deben ser consultados respecto a las reparaciones que se hayan hecho desde la última inspección. El Inspector debe analizar tales reparaciones para verificar el cumplimiento de los requisitos aplicables. Todas las reparaciones deben efectuarse en concordancia con el Capítulo III de este código.

I-402.10 CONCLUSIONES

Cualquier defecto o deficiencia en el estado, mal uso del recipiente o en las prácticas de mantenimiento, debe ser tratado por el Inspector con el usuario o propietario al momento y, si es necesario, hacerle recomendaciones para la corrección de tal defecto o deficiencia.

I-500 INSPECCION INTERNA DE RECIPIENTES A PRESION

I-500.1 INTRODUCCION

- a. La siguiente guía proporciona un procedimiento general, recomendado, para la inspección interna de recipientes a presión. Dado que los recipientes a presión varían desde tipos muy simples en diseño, materiales y servicios hasta sofisticados y complejos, habrá ocasiones donde se requiera una examinación más detallada.
- b. Los recipientes a presión que contienen sustancias no corrosivas pueden requerir sólo de inspección externa. Algunos recipientes pueden carecer de registros de hombre u otras aberturas de inspección. En estos casos el Inspector puede utilizar métodos de examinación no destructiva para determinar la condición del recipiente.

I-501.1 MODOS DE DETERIORO Y FALLAS

Las impurezas de los fluidos que se manejan dentro de los recipientes pueden reaccionar con los metales, tal que, pueden propiciar la corrosión.

En ciertas partes de los recipientes son comunes los esfuerzos invertidos (cargas cíclicas), especialmente en puntos de altos esfuerzos secundarios. Pueden ocurrir fallas por fatiga si el esfuerzo es alto y las inversiones son frecuentes. Las fallas por fatiga también pueden resultar por cambios cíclicos de temperatura y presión.

Las uniones por soldadura de metales que tienen diferente coeficiente de expansión térmica, pueden ser afectadas por fatiga térmica.

Pueden ocurrir deformaciones si el equipo se somete a temperaturas por encima de aquellas para las cuales está diseñado. Ya que los metales se debilitan a altas temperaturas, tal deformación puede traer como resultado la falla, especialmente en los puntos de concentración de esfuerzos. Si se encuentran altas temperaturas, pueden haber ocurrido cambios en las propiedades estructurales y/o cambios químicos en el metal, los cuales pueden debilitar el equipo permanentemente. Ya que la deformación depende del tiempo, de la temperatura y del esfuerzo, los valores reales o estimados de estas cantidades, deben ser usados en todas las evaluaciones.

A temperaturas inferiores a las de congelación, el agua y las sustancias químicas contenidas en los recipientes pueden congelarse y causar falla. Los aceros al carbono y de baja aleación pueden ser afectados por fractura frágil a temperatura ambiente. Ciertas fallas se han atribuido a la fractura frágil de aceros que fueron expuestos a temperaturas por debajo de su temperatura de transición y que también se expusieron a presiones mayores al 20 % de la presión de prueba hidrostática. Sin embargo la mayoría de las fracturas frágiles han ocurrido durante la primera aplicación de un nivel particular de esfuerzo (esto es, la primera prueba hidrostática o sobrecarga).

Por lo tanto, además de las condiciones de operación excesivas por abajo de la temperatura de transición, también se debe evaluar el potencial para una falla por fractura frágil, cuando se haga la prueba hidrostática o neumática o se agregue cualquiera otra carga adicional. Debe prestarse atención especial a los aceros de baja aleación (particularmente los de 2-1/4 % Cr, 1%-Mo) puesto que son propensos a fragilización por revenido.

[La fragilización por revenido se define como la pérdida de ductilidad y tenacidad al impacto causada por tratamiento térmico posterior a soldadura o por servicio en alta temperatura, arriba de 700 °F (371 °C)].

Otras formas de deterioro incluyen, pero no se limitan a, la grafitización, ataque por hidrógeno a alta temperatura, precipitación de carburos, ataque intergranular y fragilización. El deterioro también puede ser causado por fuerzas mecánicas tales como choque térmico, cambios cíclicos de temperatura, vibración, ondas de presión, temperatura excesiva, cargas externas y materiales o fabricación defectuosos.

1-501.2 CORROSION

La corrosión es una de las condiciones más comunes encontradas en los recipientes a presión. Donde se detecte corrosión activa o excesiva, se deben tomar acciones correctivas.

El inspector debe examinar a fondo el recipiente en busca de los siguientes tipos de corrosión:

- a. **Picaduras** - Las picaduras poco profundas, aisladas o dispersas sobre áreas pequeñas no debilitan considerablemente al recipiente. Sin embargo, eventualmente pueden causar fugas. Si es posible, se deben dar los pasos para eliminar la causa o tratarla mediante recubrimientos protectores.
- b. **Corrosión en Línea** - Esta es una condición en la que las picaduras están casi o conectadas unas con otras formando una banda o línea estrecha. La corrosión en línea ocurre frecuentemente en la zona de intersección del faldón o soportes y el fondo del recipiente, o en la interfase líquido-vapor.
- c. **Corrosión Generalizada** - Esta corrosión abarca áreas considerables del recipiente. Cuando ocurre, debe darse atención especial a la determinación de una presión de trabajo segura del recipiente, relacionada directamente con el espesor remanente del material.

Los esfuerzos deben dirigirse a determinar el espesor sano remanente en el material base, utilizando examinación no destructiva, como el método ultrasónico, o, de no ser posible, mediante barrenado. La nueva presión de trabajo máxima permisible debe basarse en el estado actual del recipiente.

- d. **Ranurado** - Este tipo de corrosión es una forma de deterioro del metal causada por corrosión localizada y que puede ser acelerada por concentración de esfuerzos. Las ranuras pueden encontrarse junto a las uniones de solapa remachadas o soldadas o en las caras de las bridas, especialmente en las bridas de tapas sin tirantes.
- e. **Corrosión Galvánica** - Dos metales disímiles en contacto uno con otro y un electrólito (por ejemplo, una película de agua conteniendo oxígeno, nitrógeno y bióxido de carbono en solución) forman una celda electrolítica.

La corriente eléctrica fluyendo a través de éste circuito puede causar una rápida corrosión del metal menos noble (el que tiene mayor potencial de electrodo). Este mecanismo de corrosión es más activo cuando la diferencia entre los potenciales de electrodo de los dos metales es grande.

La corrosión galvánica también puede existir con cambios relativamente menores en la composición de la aleación (esto es, entre un aporte de soldadura y el metal base). Los recubrimientos naturales (p.ej. una capa de óxido sobre aluminio) o recubrimientos protectores pueden inhibir la corrosión galvánica, pero en todos los casos, los metales o aleaciones deben seleccionarse sobre la base de su resistencia intrínseca a la corrosión. En calderas y recipientes a presión, la corrosión galvánica se observa más en remaches, soldaduras y en conexiones, tanto bridadas como atornillables.

1-501.3 EROSION

El inspector debe observar la acción causada por abrasivos y corrientes de alta velocidad las cuales pueden haber erosionado las superficies del metal.

1-501.4 MELLADURAS

Las melladuras son deformaciones causadas por contacto con objetos obtusos, de tal manera que el espesor del metal es disminuido físicamente. En ocasiones, las melladuras pueden repararse mediante la acción mecánica de empujar hacia afuera la deformación.

1-501.5 DISTORSION

Los recipientes deben examinarse visualmente buscando indicios de distorsión. Si se observan distorsiones se deben revisar las dimensiones generales del recipiente para determinar la extensión y severidad de la deformación.

1-501.6 CORTES O ESTRIAS

Los cortes o estrías son causados por contacto con objetos agudos que cortan el metal y disminuyen su espesor. Los cortes o estrías causan concentraciones de esfuerzos altas y dependiendo de su extensión, puede ser necesario reparar el área con soldadura o parches. El esmerilado puede ser útil para eliminar algunos cortes y estrías poco importantes.

1-502 GENERAL

1-502.1 PREPARACION Y MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA INSPECCION INTERNA

Cuando se va a efectuar una inspección interna, el propietario o usuario, debe preparar el recipiente según las indicaciones del inspector. Normalmente incluye lo siguiente:

- a. Cuando se trate de un recipiente que opera a alta temperatura, se debe dejar enfriar a una velocidad tal que no se causen daños al recipiente.

- b. El recipiente debe drenarse totalmente y debe purgarse de cualquier gas tóxico, inflamable o cualquier otro contaminante que haya estado contenido dentro del recipiente. La ventilación mecánica, como sopladores o ventiladores, para renovar el aire debe ponerse en funcionamiento después de haber sido purgado y se mantendrá hasta que todas las bolsas de "aire mortal" que contengan gas tóxico, inflamable o inerte sean barridas.
Durante la purga y ventilación de recipientes que contengan gases inflamables, la concentración de vapores en aire puede pasar por los límites de inflamabilidad de la mezcla antes que se obtenga una atmósfera segura. Deben tomarse las medidas necesarias y asegurarse que no haya fuentes de ignición durante estas operaciones.
- c. Los tapas y cubiertas deben removerse como lo requiera el inspector a fin de permitirle un examen completo de las superficies interiores.
- d. El recipiente debe estar suficientemente limpio para permitir la inspección visual de todas las superficies internas y externas del material base.
- e. Sí el inspector no tiene información para evaluar su exactitud, los manómetros deben ser removidos y probados.
- f. Sí el inspector no tiene información para avalar que operan apropiadamente o tiene dudas de su efectividad, las válvulas de alivio deben removerse y probarse.
- g. Cuando un recipiente esté conectado en un sistema con presencia de líquidos o gases, se debe aislar cerrando, etiquetando la precaución y encadenando las válvulas de cierre. Sí hay presencia de materiales tóxicos o inflamables, como seguridad adicional se pueden remover o taponar secciones de tubería antes de ingresar al recipiente. Los medios usados para aislar el recipiente a inspeccionar, deben satisfacer al Inspector.
- h. En recipientes tipo rotatorio o que cuenten con partes móviles, antes de ingresar al recipiente, se deben tomar precauciones de seguridad adicionales, tales como, remover los fusibles, enclavar los controles y/o bloquear mecánicamente las partes móviles.
- i. Antes de ingresar a recipientes que hayan tenido atmósfera inerte, tóxica o inflamable, debe comprobarse la sanidad de la atmósfera del recipiente, por personal calificado, utilizando instrumentos o indicadores apropiados.

Antes de ingresar al recipiente, se debe efectuar una prueba de contenido de oxígeno, independientemente de la preparación o contenido previos. El inspector no debe permitir el ingreso o la permanencia en el recipiente a menos que el contenido de oxígeno esté entre 19 y el 23 % en volumen. La ventilación debe continuar si el contenido de oxígeno está afuera de estos límites.

Cuando sea necesario, se debe proporcionar la ropa de protección que sea adecuada para las condiciones del interior del recipiente. Sí se juzga necesario, también debe estar disponible equipo de respiración y cuerdas.

Desde afuera del recipiente, una persona responsable debe mantener contacto visual y verbal permanente con el inspector que esté dentro del recipiente y debe ser capaz de responder a cualquier contingencia o comportamiento raro.

- j. Si el recipiente no ha sido preparado apropiadamente para una inspección interna, el inspector debe declinar hacer la inspección.

1-502.2 AISLAMIENTO Y FORROS

Para una inspección, normalmente, no es necesario remover el material de aislamiento o forro a menos que se sospeche la existencia de defectos o deterioro comúnmente encontrados en recipientes de tipo o uso similar al que se inspecciona. Cuando en la cubierta o en el forro existan huellas de fuga, se debe remover lo necesario para hacer una búsqueda completa.

1-502.3 ALUMBRADO

El inspector debe acercarse tanto como sea práctico a las partes del recipiente, tanto internas como externas, para hacer el mejor examen posible. Para alumbrado, se recomienda usar una lámpara de mano en vez de una luz de extensión. Cuando se use en espacios confinados una extensión de luz portátil, no debe operarse a más de 12 volts.

1-502.4 MANOMETROS

- a. Se debe verificar la exactitud de los manómetros necesarios para la operación segura del recipiente, comparando sus lecturas con las de un manómetro patrón o con las de una balanza de pesos muertos, a criterio del inspector.
- b. El inspector debe observar el manómetro ubicado en la zona de vapor para determinar si está, por falta de protección mediante una trampa o sifón apropiados, expuesto a temperaturas altas procedentes de fuentes de calor externas o internas. El inspector debe verificar que se hayan soplado las conexiones que conducen al manómetro.

1-502.5 VALVULAS DE ALIVIO

- a. El inspector debe verificar que todas las válvulas estén marcadas para las condiciones de servicio y conforme a los requisitos de la sección aplicable del Código ASME. A su criterio, la válvula debe removerse y probarse a su satisfacción.
- b. Si existe un procedimiento vigente para desmontar y probar las válvulas con cierta frecuencia, deben revisarse los registros de tales pruebas en cada inspección.
- c. El inspector debe asegurarse de que todos los conductos estén libres de materiales extraños y otras obstrucciones.

1.502.6 DISCOS DE RUPTURA

El inspector debe verificar que los discos de ruptura estén marcados para las condiciones de servicio y satisfagan los requisitos de la sección aplicable del Código ASME. El inspector debe asegurarse que las tuberías hacia y desde el disco no presenten obstrucciones.

1.502.7 SOPORTES

Se deben examinar buscando la existencia de distorsión, grietas o fracturas en la soldaduras, a criterio del inspector, las uniones para fijación de patas, silletas, faldones u otros soportes.

1-502.8 ENTRADAS DE HOMBRE Y OTRAS ABERTURAS

- a. El Inspector debe examinar a fondo las entradas de hombre, las boquillas bridadas o roscadas y sus placas de refuerzo, ubicadas dentro del recipiente en cuanto a la existencia de grietas, deformación u otros defectos. Debe revisar la tornillería y tuercas en busca de defectos o corrosión.
- b. Siempre que sea posible, la inspección se debe hacer desde el interior del recipiente para determinar la condición de las soldaduras de las conexiones al recipiente.
- c. En conexiones roscadas, el Inspector debe verificar el agarre del número de roscas.
- d. El Inspector debe examinar a fondo, como sea posible, las boquillas que conecten con accesorios o controles externos, para asegurarse que están libres de obstrucciones.

1-502.9 CERRAMIENTOS ESPECIALES

El Inspector debe revisar, en lo relativo a su eficiencia y desgaste, los cerramientos especiales conocidos como de actuación o apertura rápida que en la operación del recipiente se utilizan frecuentemente, incluyendo los de autoclaves. También debe realizar una revisión en cuanto a grietas en áreas de alta concentración de esfuerzos.

1-502.10 PRUEBAS DE PRESION

- a. Cuando existan dudas respecto a la gravedad de defectos o condiciones de deterioro encontradas en un recipiente, el Inspector puede requerir una prueba de presión. Las pruebas de presión, normalmente, no son necesarias como parte de una inspección periódica. Sin embargo, se debe hacer una prueba cuando la inspección detecte formas de deterioro raras y difíciles de evaluar que, posiblemente, afecten la seguridad del recipiente y también después de ciertas reparaciones.
- b. Para comprobar la hermeticidad, la presión de prueba no necesita ser mayor que la presión de ajuste de la válvula de alivio que tiene la calibración más baja.
- c. La presión de prueba no debe exceder de 1-1/2 veces la presión de trabajo máxima permisible, corregida por temperatura. Cuando la presión de prueba original haya tomado en cuenta la tolerancia por corrosión, la presión de prueba puede ajustarse aún más, sobre la base de la tolerancia por corrosión restante.
- d. Durante las pruebas de presión, cuando la presión de prueba exceda la presión de ajuste de la válvula de alivio que tiene la calibración más baja, la válvula o válvulas de alivio deben removerse o sostener cerrado cada disco de válvula mediante una mordaza de prueba y no por aplicación de carga adicional al resorte de la válvula.

- e. La temperatura del agua para efectuar la prueba hidrostática no debe ser menor a 60 °F (15.6 °C) salvo que, el propietario proporcione información sobre las características de dureza del material del recipiente y se acepte una temperatura de prueba más baja. La temperatura no debe exceder de 120 °F (49 °C) a menos de que el propietario especifique el requisito de una temperatura de prueba más alta. Si la prueba se conduce a 1- 1/2 veces la MAWP y el propietario especifica una temperatura del agua mayor que 120 °F (49 °C), la presión debe reducirse hasta la MAWP y la temperatura hasta 120 °F (49 °C), para un examen preciso.
- f. Cuando no sea posible una prueba hidrostática o cuando se prohíba la contaminación del recipiente por otro medio, se pueden usar otros métodos de prueba, siguiendo las medidas de precaución de la sección aplicable del código ASME. En tal caso, debe existir un acuerdo entre el propietario y el Inspector respecto al método de prueba.

I-502.11 REVISION DE DOCUMENTOS

El Inspector debe revisar la bitácora del recipiente, el registro de mantenimiento, el registros de razón de corrosión y otros resultados de exámenes. El Inspector debe consultar al usuario o propietario sobre las reparaciones efectuadas desde la última inspección interna. El Inspector debe revisar los registros de tales reparaciones para verificar el cumplimiento de los requisitos aplicables.

I-502.12 CONCLUSIONES

El Inspector debe tratar con el propietario o usuario cualquier defecto o deficiencia en el estado, las prácticas de mantenimiento o mal uso del recipiente a presión y, si es necesario, recomendará las acciones correctivas. Todas las reparaciones deben efectuarse de acuerdo con los requisitos del Capítulo III de este Código.

I-600 INSPECCION EXTERNA DE CALENTADORES DE AGUA QUE SUMINISTRAN AGUA POTABLE CALIENTE PARA OTROS PROPOSITOS DIFERENTES A LA CALEFACCION DE ESPACIO

I-601 GENERAL

Al entrar el Inspector al cuarto o área del calentador de agua, debe observar el estado general de conservación de la Unidad y el área circundante. Las fugas existentes, o sus huellas, en el calentador o en sus accesorios deben ser evaluadas y reparadas.

I-602 PROCEDIMIENTO DE INSPECCION

I-602.1 TERMOMETRO

Cuando lo especifique el Código de construcción, el único dispositivo externo que indica la operación interna es el termómetro. Un termómetro defectuoso debe sustituirse al instante.

I-602.2 VALVULAS DE ALIVIO Y SEGURIDAD

Debe probarse, por medio de la palanca de prueba, la libre operación de las válvulas de alivio con presión-temperatura asignadas oficialmente o de las válvulas seguridad. El Inspector debe atestiguar esta prueba. En el caso de que la válvula no opere, sea de capacidad inadecuada o tenga una presión de calibración incorrecta, la Unidad debe ponerse fuera de servicio hasta que la condición insegura sea corregida y la válvula sea reparada o sustituida.

I-602.3 MONTAJE VALVULAS DE ALIVIO Y SEGURIDAD

El Inspector debe verificar que la válvula de alivio o la válvula de presión-temperatura, estén montadas apropiadamente y de acuerdo con el código de construcción, sin ninguna válvula entre la unidad y la válvula.

I-602.4 DRENAJE DE LA VALVULA DE ALIVIO - TUBERIA DE DESCARGA

- a. Las válvulas de alivio deben descargar en forma segura.
- b. La tubería de descarga, si se usa, debe ser de la misma medida que la descarga de la válvula.
- c. Cuando el disco esté por abajo de la salida de la válvula, se debe disponer de un drenaje de la línea.

I-602.5 CONEXIONES PARA ALIMENTACION DE AGUA

- a. El abastecimiento de agua al calentador debe ser mediante una boquilla independiente de otros servicios.
- b. Debe estar instalada una válvula reductora de presión cuando la presión de alimentación del agua al calentador sea superior al 75% de la presión de trabajo máxima permisible del calentador.

I-602.6 TANQUES DE EXPANSION

- a. Si se instala tanque de expansión, para instalaciones nuevas; éste debe cumplir los requisitos de la Sección VIII, División 1 del código ASME.
- b. La presión de trabajo máxima permisible del tanque de expansión no debe ser menor que la presión de trabajo máxima permisible del calentador.
- c. En o cerca del tanque de expansión, se debe instalar un drenaje.
- d. Se debe instalar una válvula de corte entre el tanque de expansión y el calentador.

I-602.7 VALVULAS DE CORTE

Debe haber instaladas válvulas de corte, tanto en la entrada como en la salida del calentador de agua, de tal manera que la Unidad pueda ser aislada cuando sea necesario.

I-602.8 VALVULA DE DRENAJE DE FONDO

- a. El Inspector debe atestiguar la prueba de la válvula de drenaje de fondo para asegurar su correcto funcionamiento.

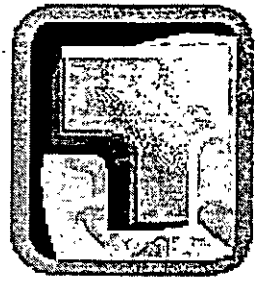
- b. Los drenajes de fondo deben descargar a sitios seguros.
- c. La tubería de descarga, si se encuentra instalada, debe tener capacidad plena, ser de la misma medida en todo su recorrido y descargar hasta un punto seguro.

I-602.9 CONTROLES

Cuando sea práctico, el Inspector debe atestiguar el funcionamiento de todos y cada uno de los controles del calentador.

El calentador de agua se debe sacar del servicio si algún control se encuentra defectuoso o inoperante, hasta que la deficiencia sea corregida.

Cualquier dispositivo de control que muestre evidencia de haber sido abierto o manipulado, se debe considerar como sospechoso de operación incorrecta y el Inspector debe atestiguar y verificar su funcionamiento.



DIPLOMADO EN INGENIERÍA DE CALDERAS Y RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN

MÓDULO IV INGENIERÍA DE SOPORTE A CALDERAS Y RECIPIENTES SUJETOS A PRESION

TEMA : COMBUSTIBLES, COMBUSTIÓN, QUEMADORES,
EMISIONES Y REGLAMENTACIÓN

Expositor : Ing. Vicente López Fernández





INGENIERIA DE CALDERAS
Y RECIPIENTES SUJETOS A
PRESION

M.I. VICENTE G. LOPEZ FDEZ.

DIV. DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNAM

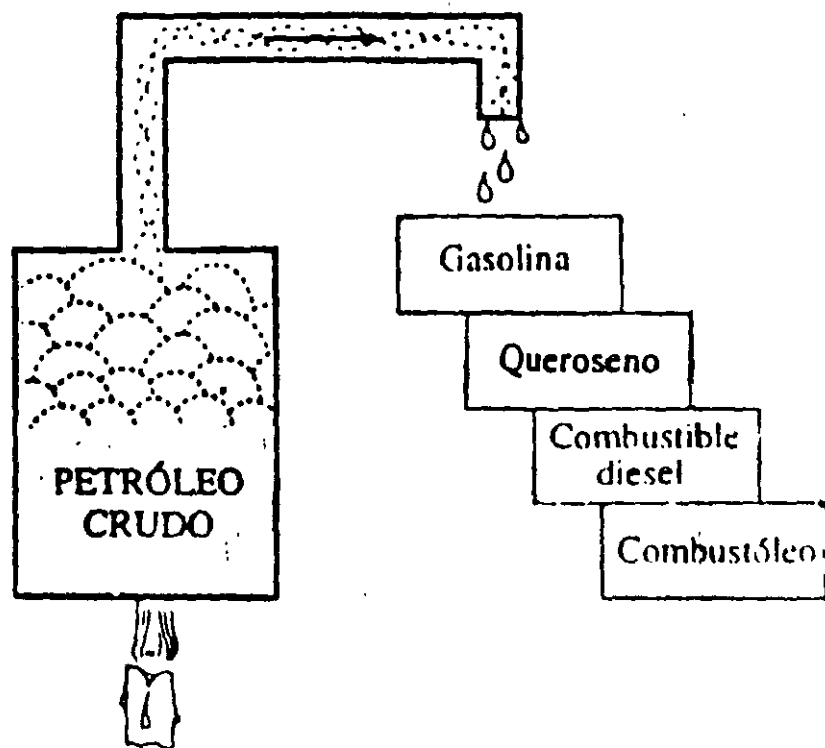


INGENIERIA DE COMBUSTION

- COMBUSTIBLES
- COMBUSTION
- QUEMADORES
- EMISIONES Y REGLAMENTACION

COMBUSTIBLES

- Con el nombre de Combustibles se designan las sustancias utilizadas para obtener calor.
- Los combustibles se clasifican en :
 - Sólidos
 - Líquidos
 - Gaseosos
- Gases y líquidos combustibles básicamente compuestos por carbono e hidrógeno se denominan HIDROCARBUROS C_nH_m



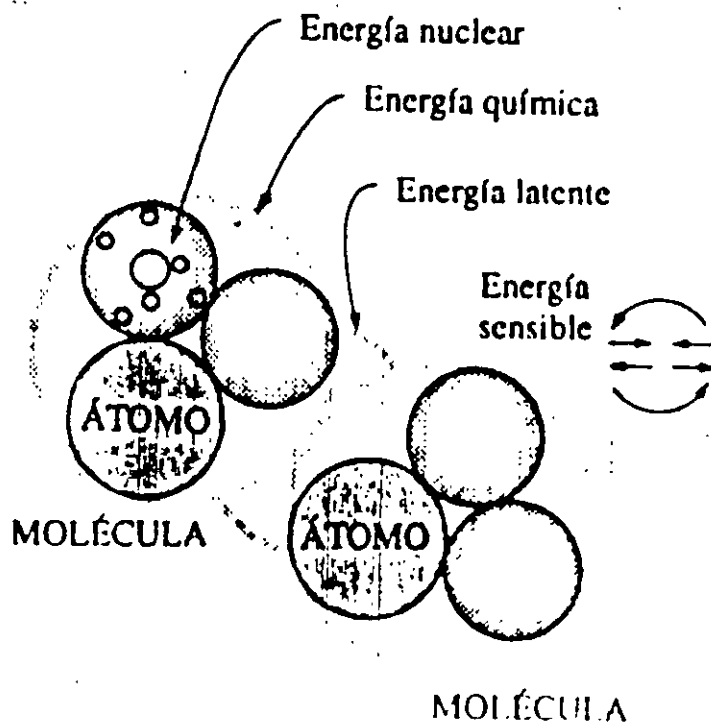
La mayor parte de los combustibles hidrocarburos se obtienen del petróleo crudo por destilación.

COMBUSTION

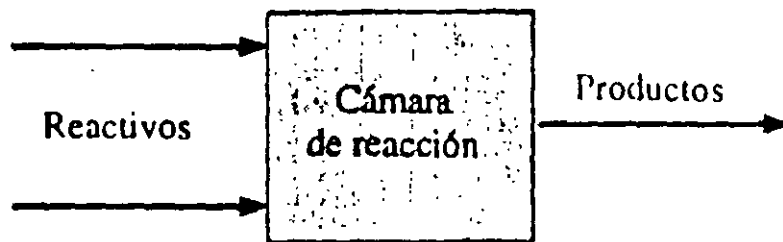
- Una Reacción Química durante la cual se oxida un combustible y se libera una gran cantidad de energía térmica en forma de calor recibe el nombre de Combustión.
- Procesos de Combustión
 - Teórico
 - Real

COMBUSTION

- Combustión Teórica
 - Completa
 - Aire teórico (estequiométrico)
- Combustión Real
 - Incompleta
 - Exceso de Aire
- Analizador de gases ORSAT

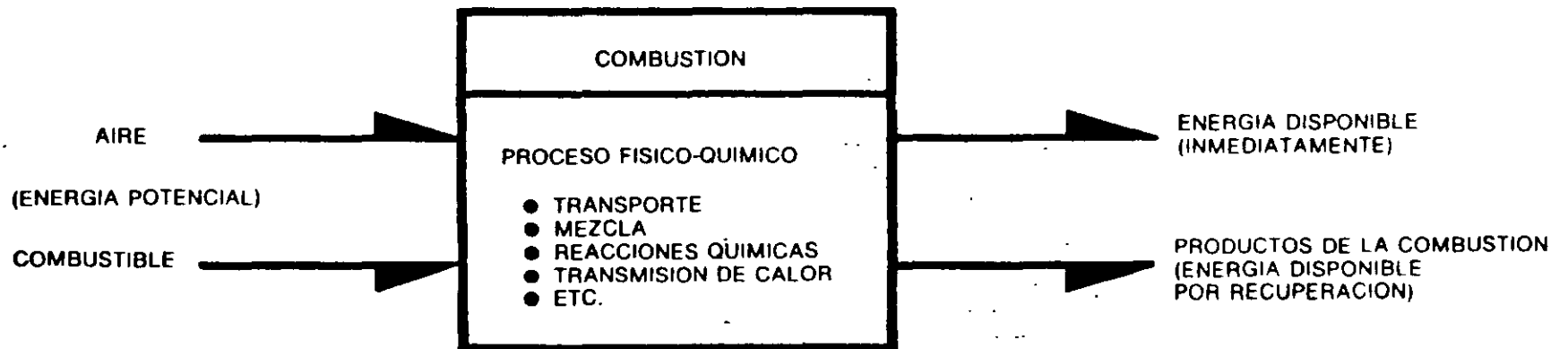


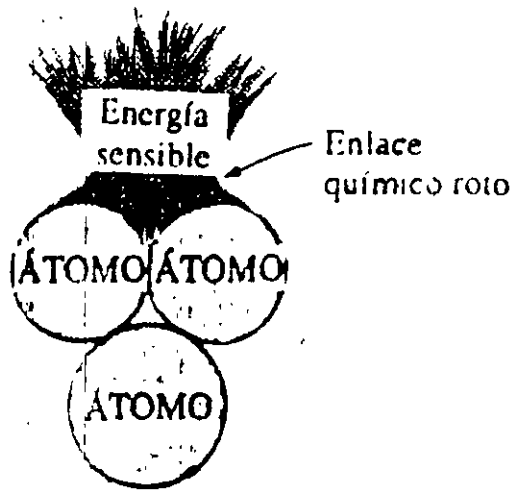
La forma microscópica de la energía de una sustancia se compone de las energías sensible, latente, química y nuclear.



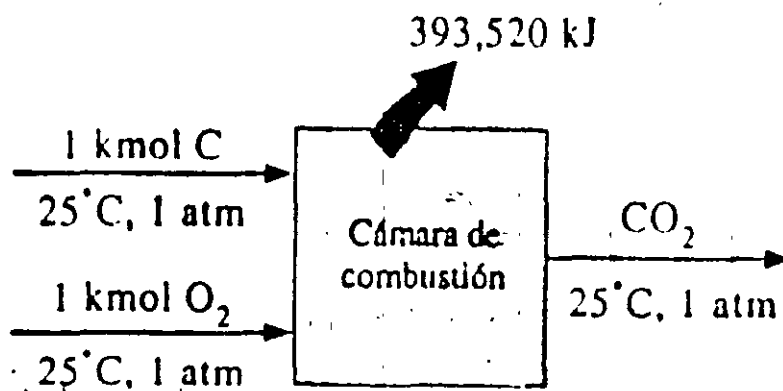
En un proceso de combustión de flujo permanente, los componentes que entran en la cámara de reacción se denominan reactivos, y los componentes que salen se llaman productos.

Esquema del proceso de combustión

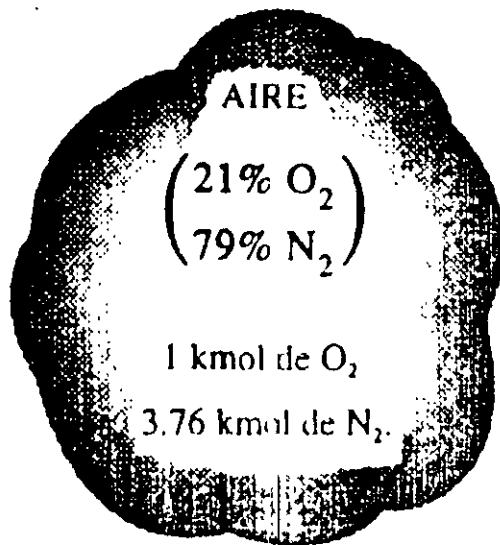




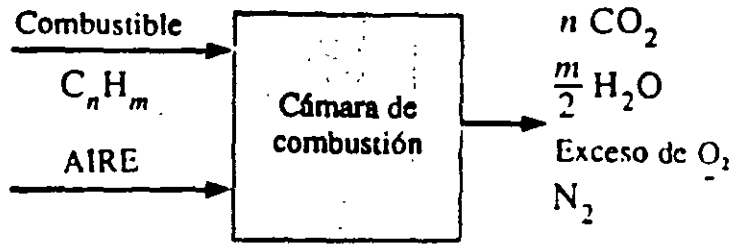
Cuando durante un proceso de combustión se destruyen los enlaces químicos existentes y se forman nuevos casi siempre se absorbe o libera una gran cantidad de energía sensible.



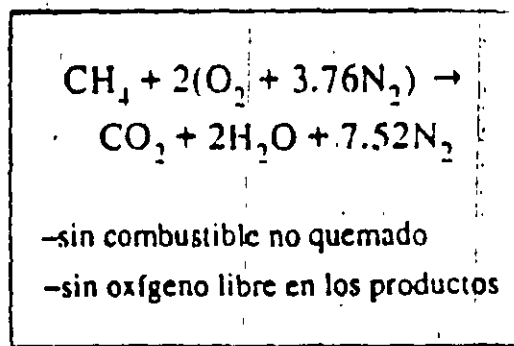
La formación de CO₂ durante un proceso de combustión de flujo permanente a 25°C y 1 atm.



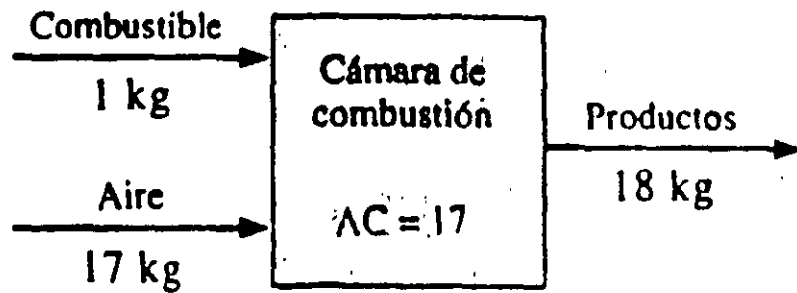
Cada kmol de O_2 en el aire se acompaña de 3.76 mol de N_2 .



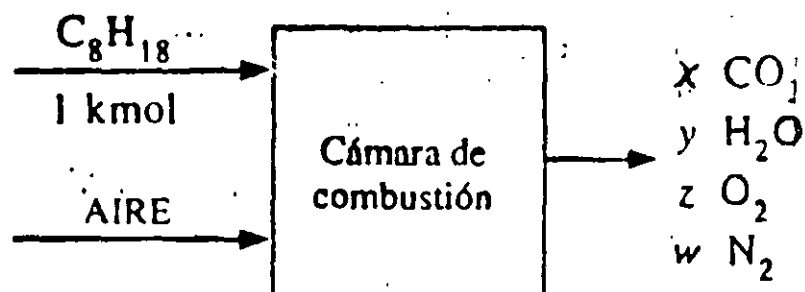
Un proceso de combustión es completo si todos los componentes combustibles del combustible se queman por completo.



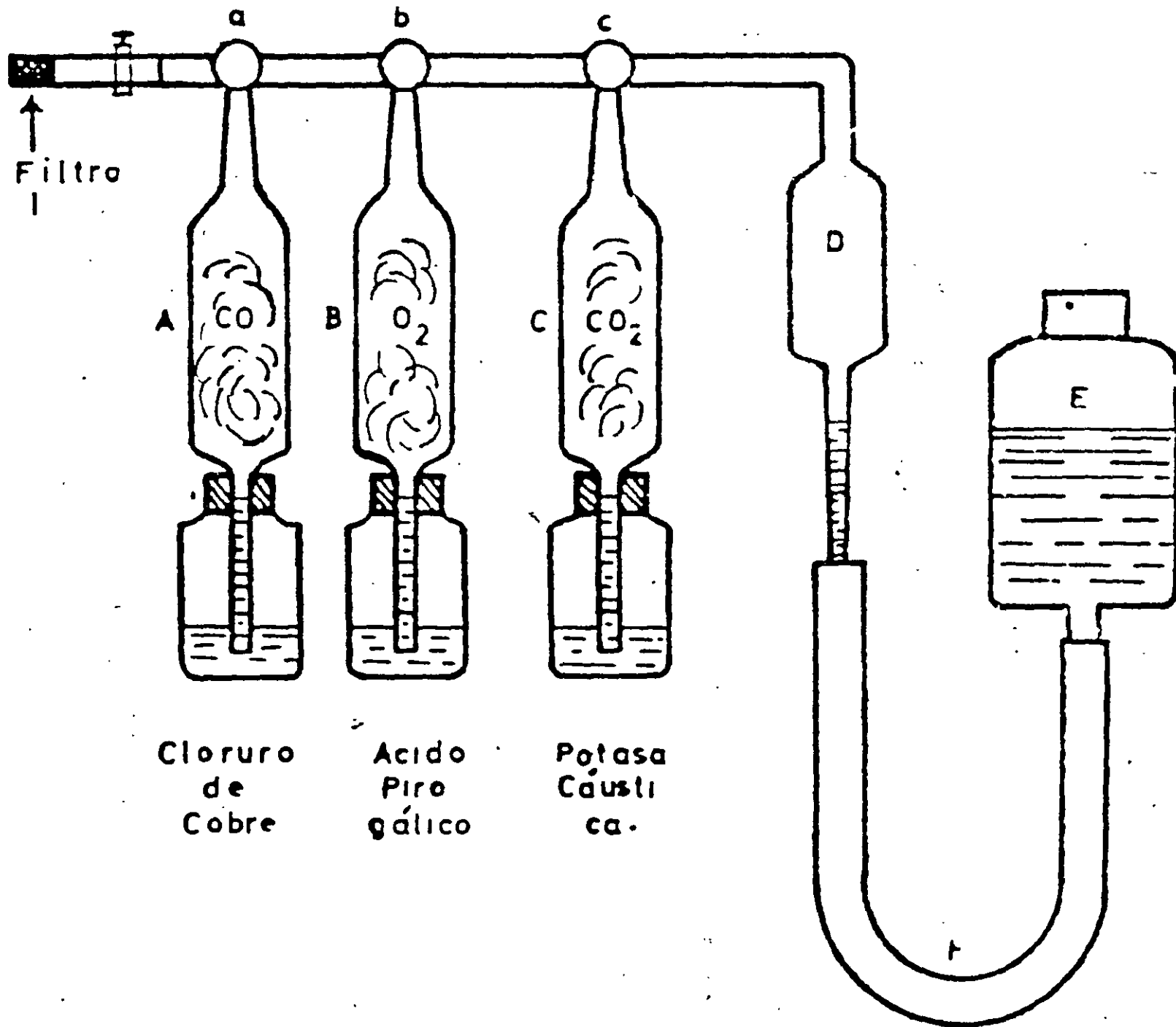
El proceso de combustión completo sin oxígeno libre en los productos se llama combustión teórica.



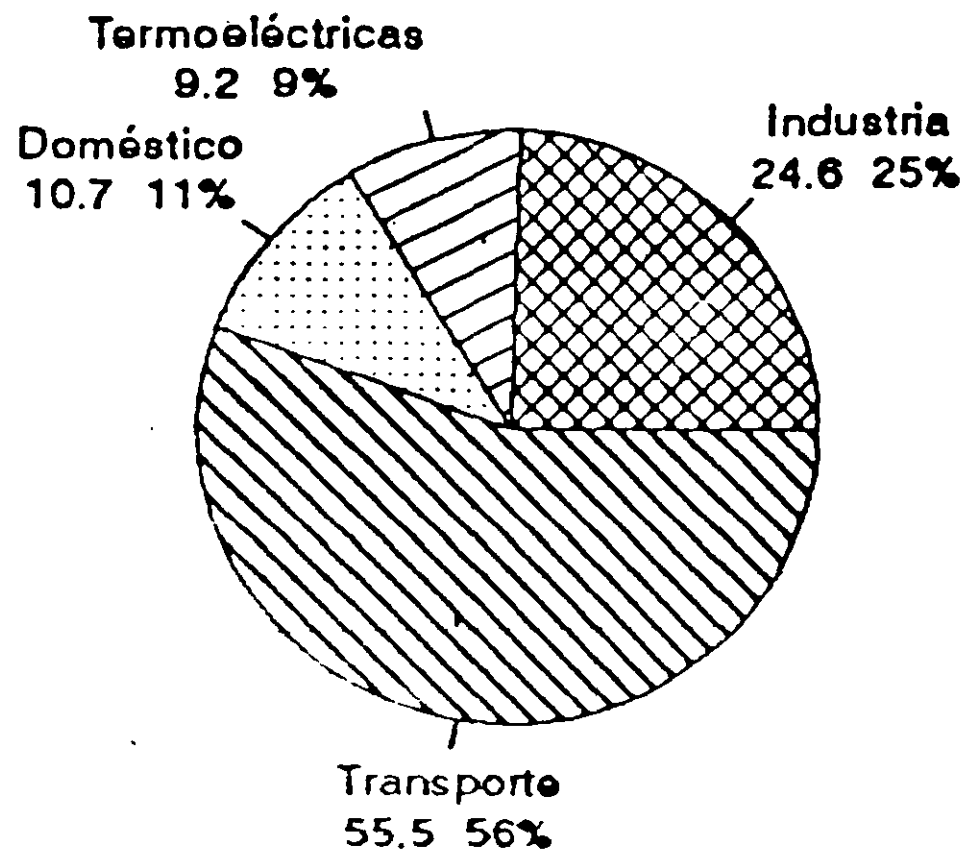
La relación aire-combustible (AC) representa la cantidad de aire utilizada por unidad de masa de combustible durante un proceso de combustión.



Dibujo esquemático

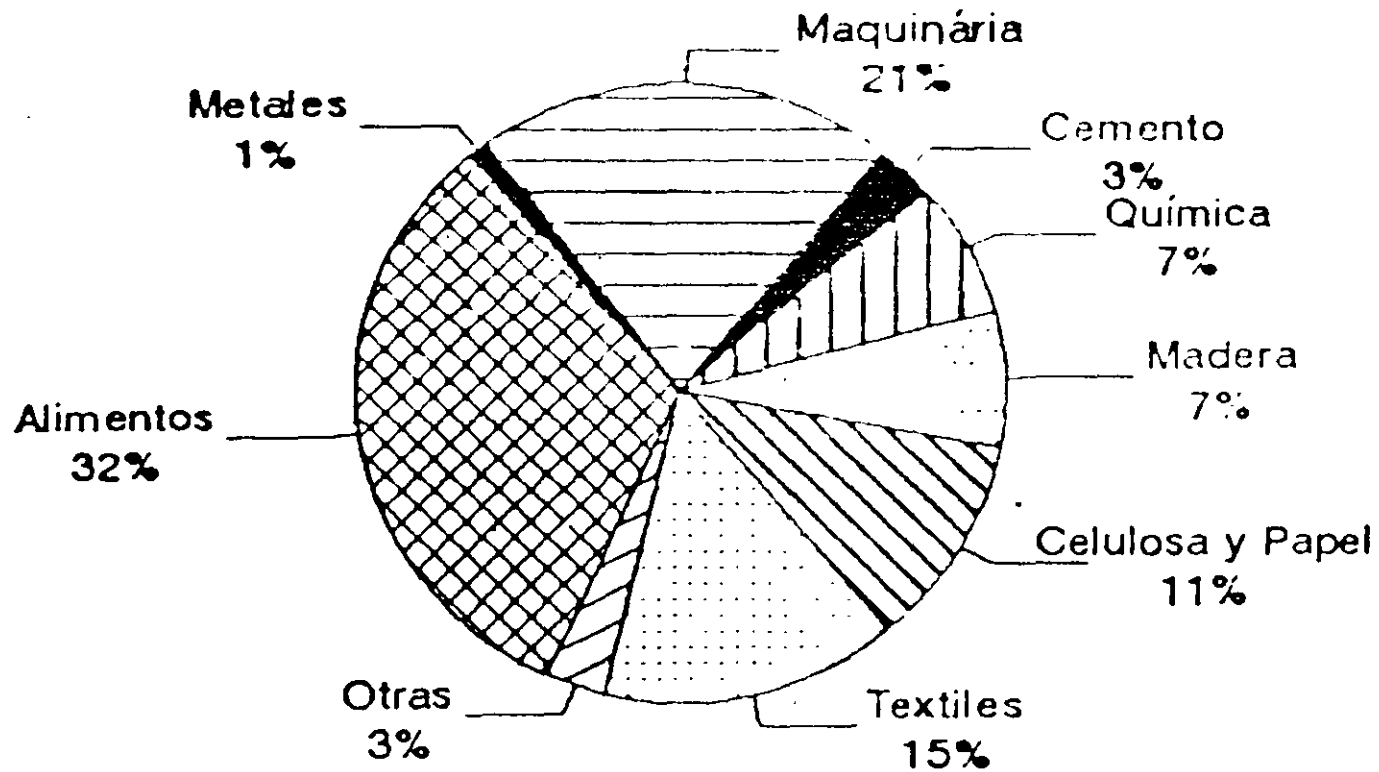


CONSUMO DE COMBUSTIBLES POR SECTOR EN LA ZMCM

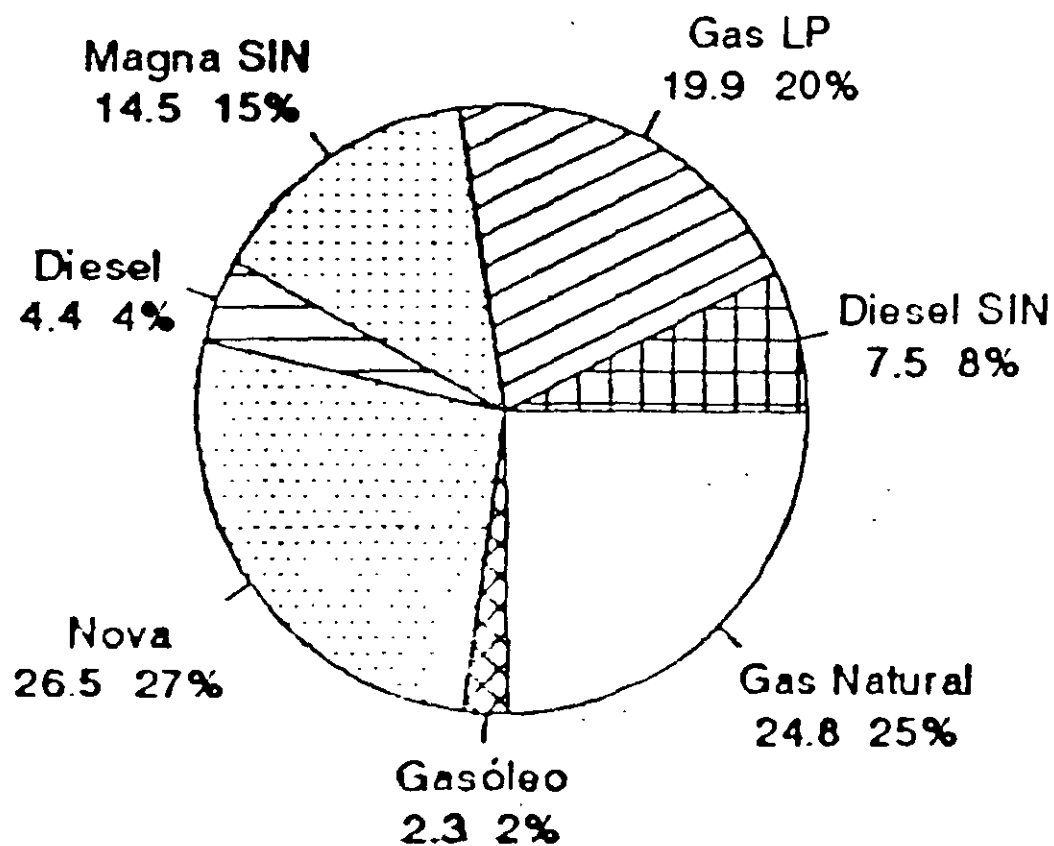


EL CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA

COMPOSICION DE FABRICAS EN LA ZMCM



CONSUMO DE COMBUSTIBLES EN EL VALLE DE MEXICO



CONSUMO TOTAL DE COMBUSTIBLES

QUEMADORES

- Dispositivos que llevan a cabo la mezcla aire-combustible que permiten realizar una reacción de combustión controlada.
 - Aseguran la mezcla adecuada para obtener la potencia calorífica especificada.
 - Distribuyen la zona de reacción (flama) y la circulación de productos de combustión de modo que se transfiera la energía de la manera más eficiente posible.

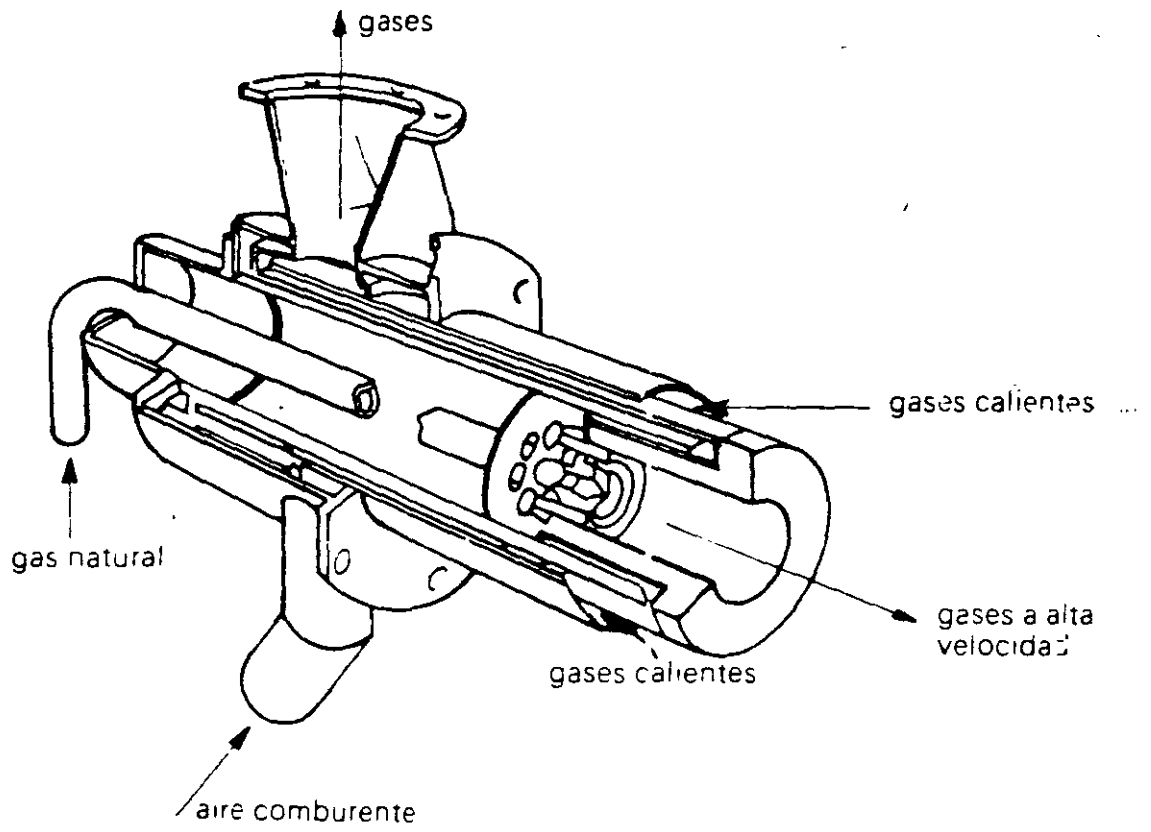
QUEMADORES

- Convencionales
- De bajo NOx

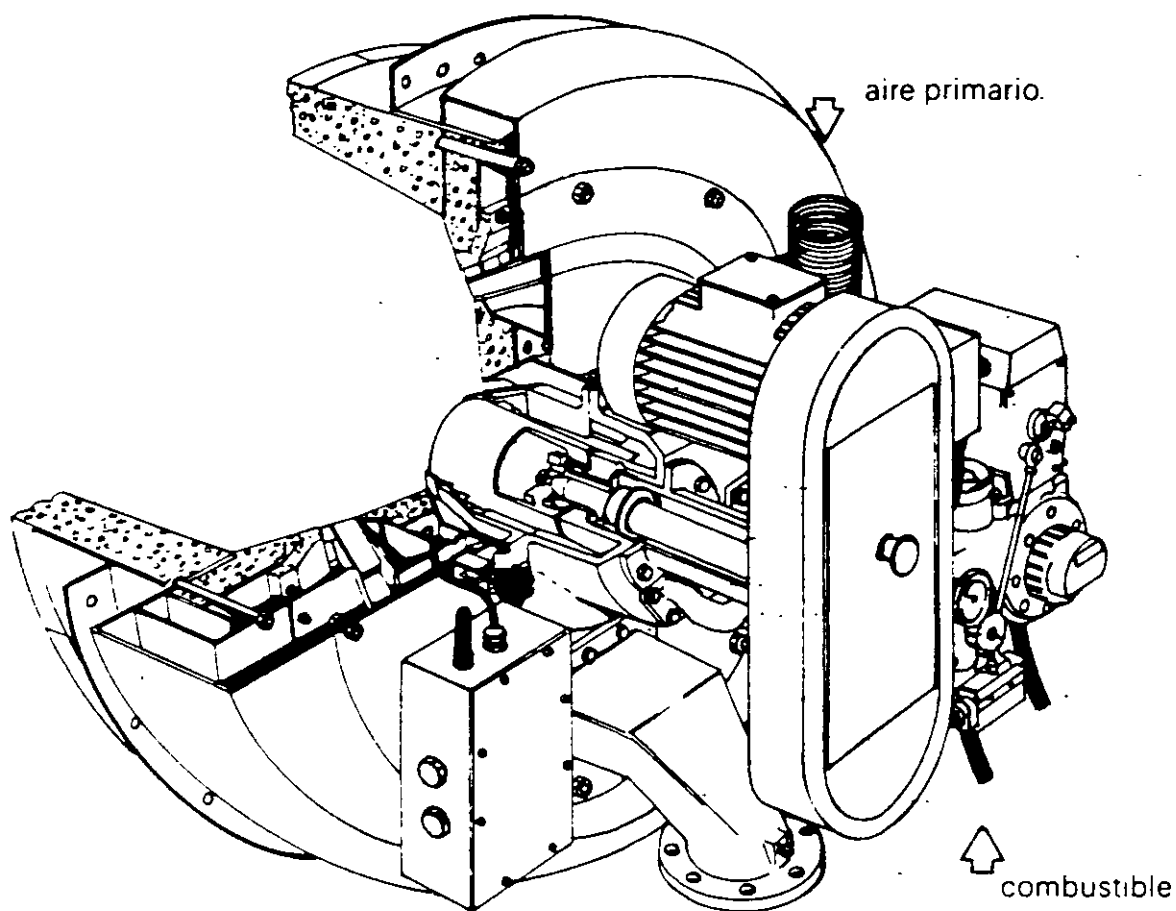
CLASIFICACION

Quemadores para combustibles:

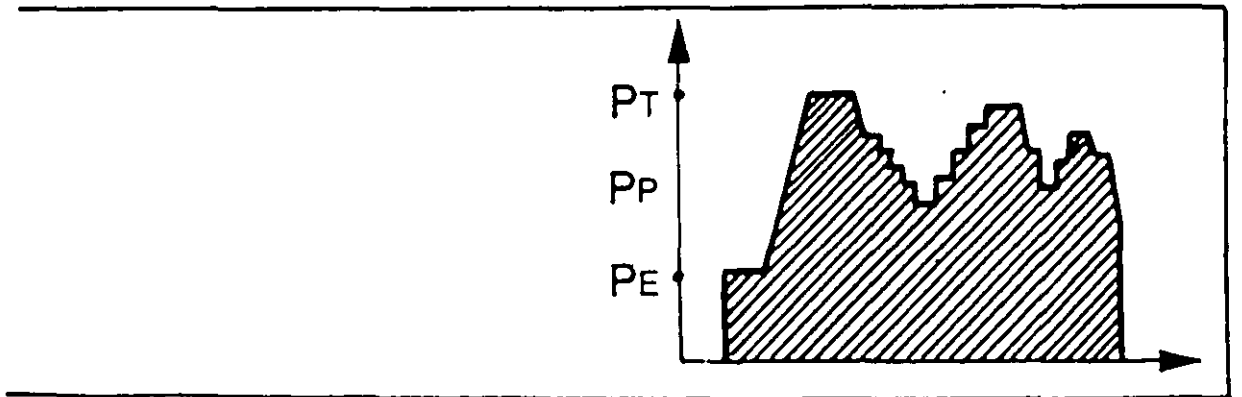
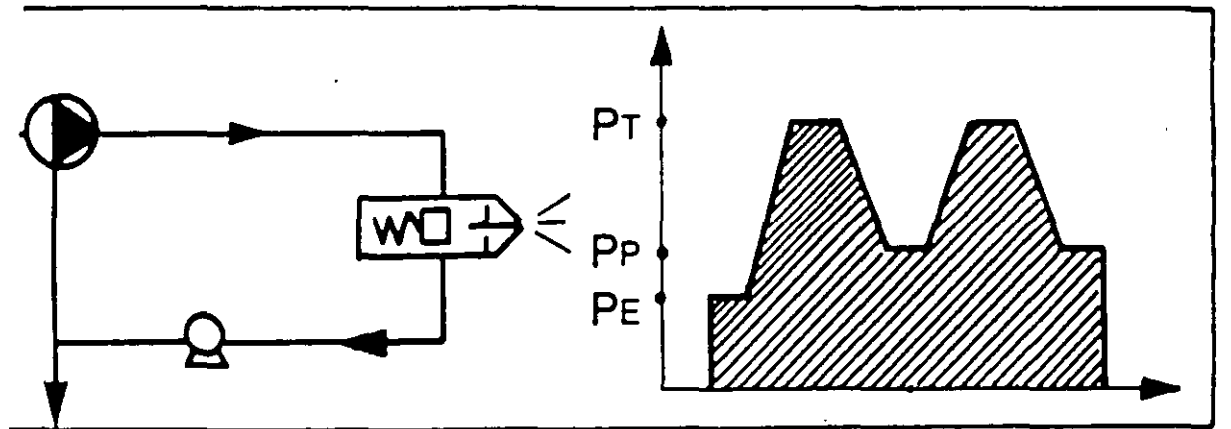
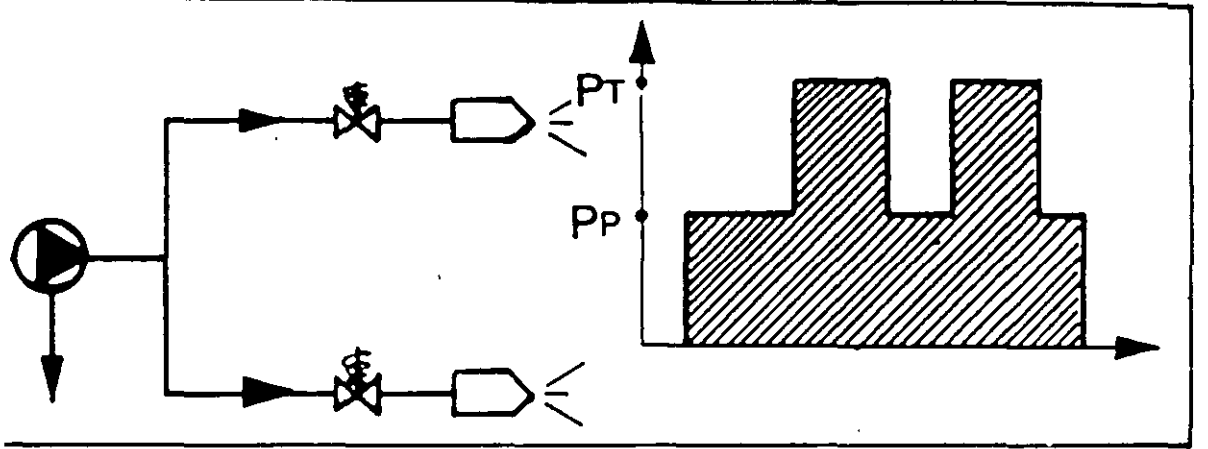
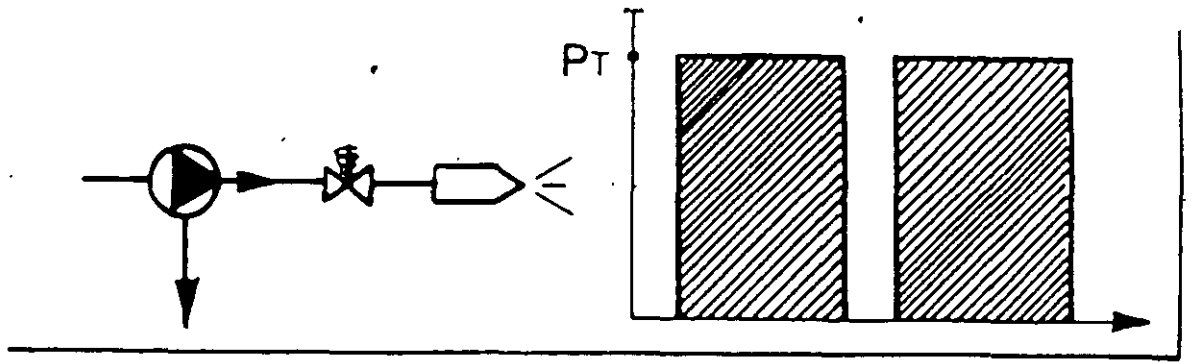
SOLIDOS	Alimentadores	Manuales. Tornillo sin-fin. De empuje. De proyección. De gravedad.
	Parrillas	Fijas Planas. Inclinadas. De calderas (cargador). Oscilantes.
		Móviles Basculantes. De rodillos.
		Para carbón pulverizado. Para lechos fluidificados.
LIQUIDOS	Gasificación.	
	Pulverización mecánica	Por presión. Rotativos.
	Pulverización por fluido auxiliar	Aire baja presión. Aire alta presión. Vapor.
	De emulsión Especiales.	
GASEOSOS	Atmóséricos.	
	De premezcla	Cerrados. Con cámara de mezcla. Con compresor de mezcla.
	De mezcla en cabeza.	
	De mezcla posterior.	



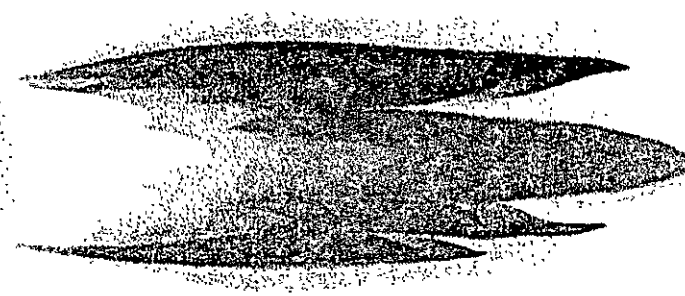
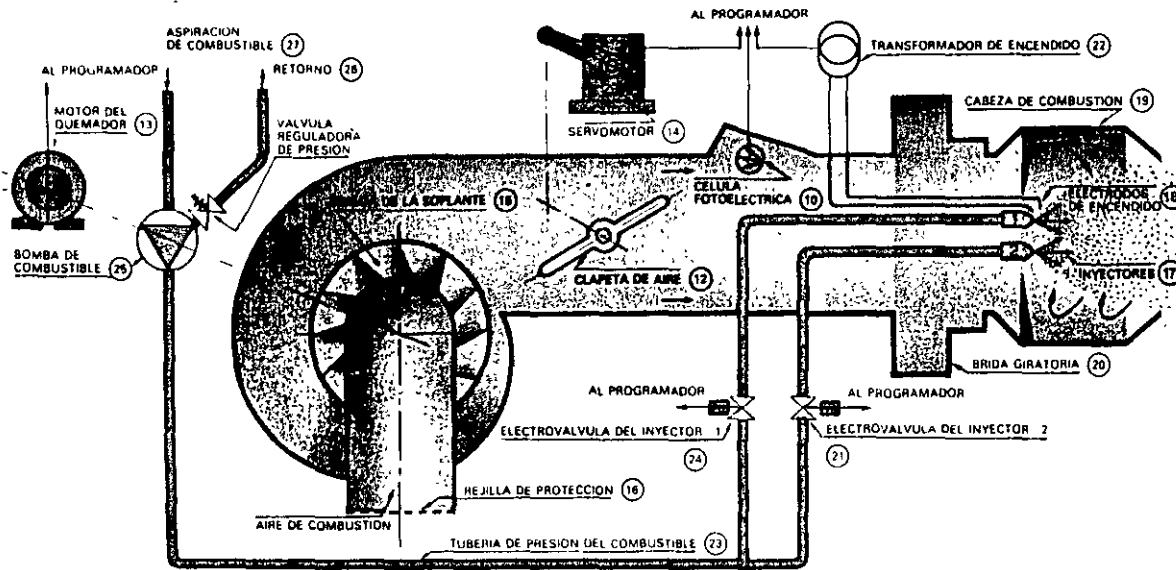
Quemador recuperativo.



Quemadores de atomización rotativa.



Quemador de gasóleo a los marcados hasta 3.260 kW (275 kg / h.)



FUNCIONAMIENTO

1 Encendido

El programador conecta el transformador de encendido (22), el motor del quemador (13), que acciona el ventilador de aire (15) y la bomba de combustible (26), y la célula fotoeléctrica (10).

Se abre la electroválvula del inyector 1 (24) y se forma la flama, comenzando a trabajar el quemador a potencia mínima. La célula fotoeléctrica (10) transmite la señal al programador, que produce la apertura de la electroválvula del inyector 2 (21), iniciándose el funcionamiento del quemador a dos marchas. La clapeta de aire (12), mandada por el servomotor (14), se sitúa en la posición correspondiente a máximo caudal. A continuación se desconecta el transformador de encendido (22).

2 Regulación

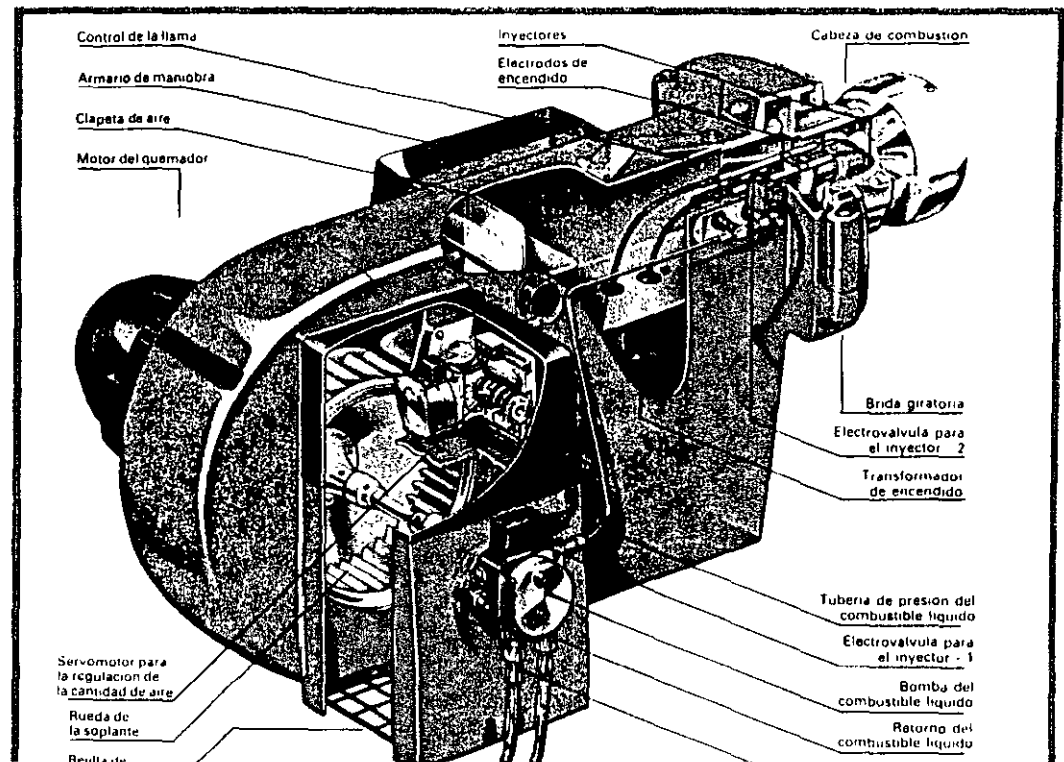
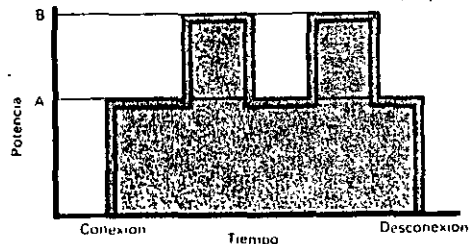
Cuando la aguja del regulador alcanza el índice superior prefijado, se cierra la electroválvula del inyector 2 (21) y la clapeta de aire (12) se sitúa en la posición de poco aire. Al bajar la aguja por debajo del índice inferior se vuelve a abrir la electroválvula del inyector 2 y la clapeta de aire se coloca en la posición de máximo caudal.

3 Seguridad

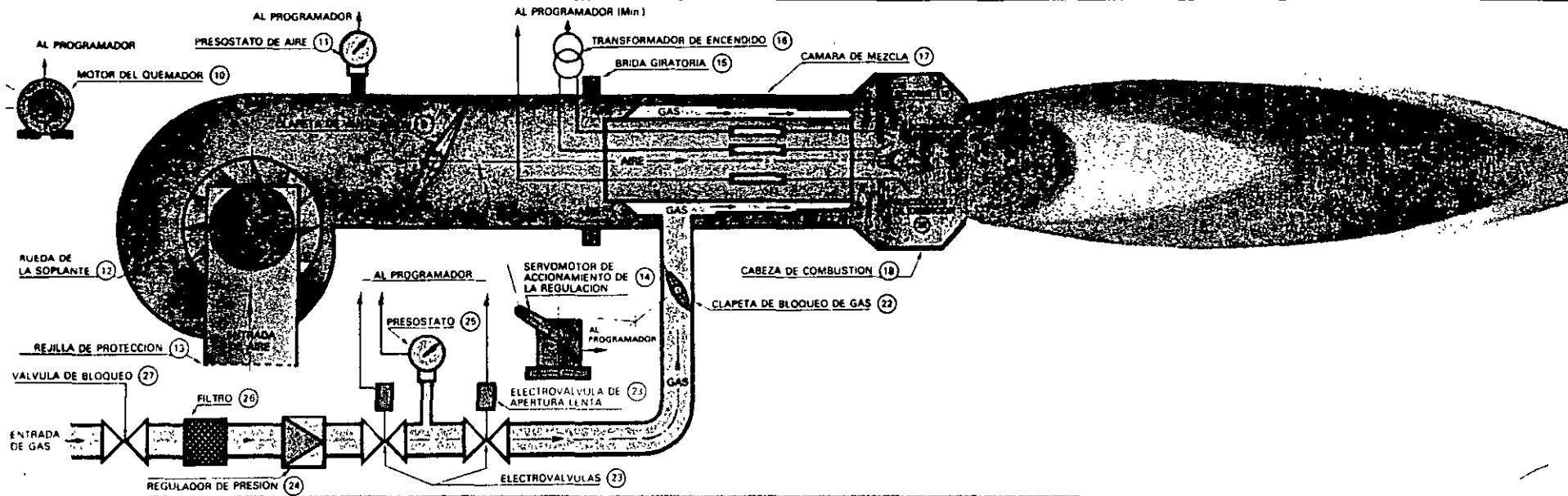
Si por cualquier motivo falla la flama, la fotocélula (10) transmite la señal al programador y se para el quemador. Para ponerlo nuevamente en funcionamiento debe rearmarse a mano y seguirse las fases 1 y 2.

REGULACION A DOS MARCHAS

A = Potencia mínima
B = Plena potencia



Quemador de gas modulante hasta 9.280 kW (8.000.000 kcal / h.)



FUNCIONAMIENTO

1. Prebarrido

Se conecta el selector de mando, poniéndose automáticamente en funcionamiento el motor (10) del ventilador (12). Al mismo tiempo el servomotor (14) sitúa la clapeta de aire (9) en la posición de máximo caudal con objeto de producir un barrido inicial del quemador.

2. Encendido

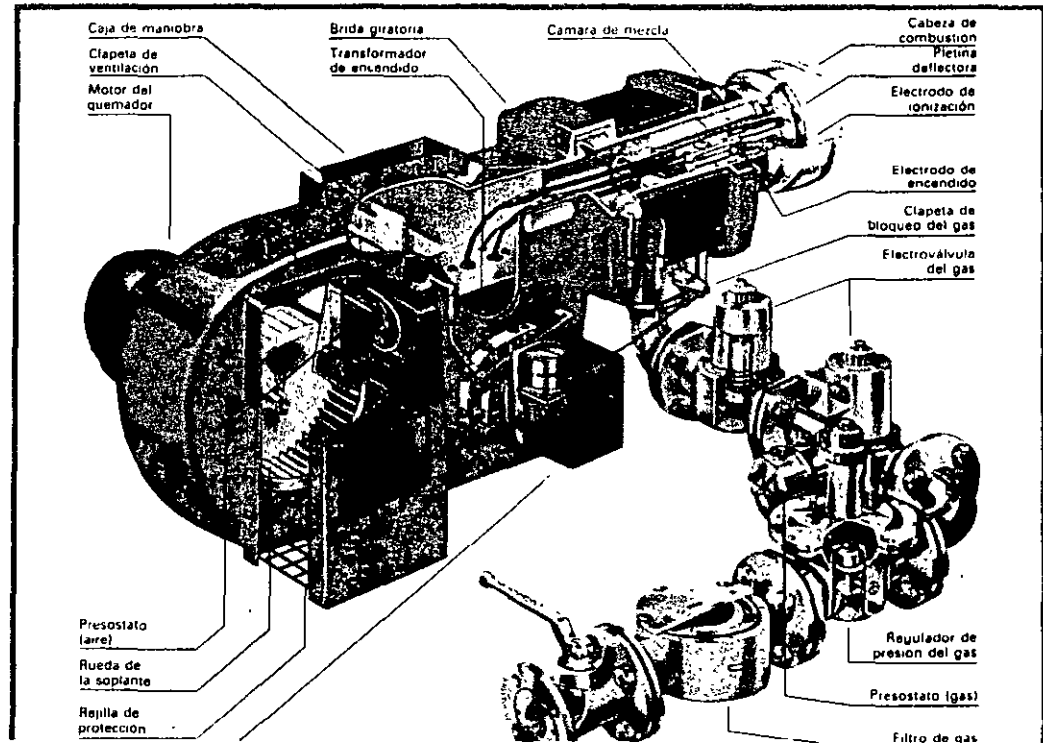
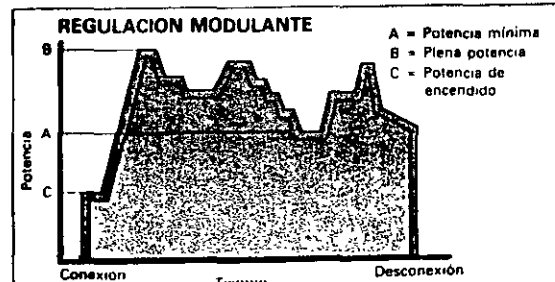
Después de unos segundos, el servomotor (14) se sitúa en posición de encendido, cerrando parcialmente la clapeta de aire (9). A continuación se conecta el transformador de encendido (16) y se abren las electroválvulas (23), que dan paso al gas iniciándose la combustión. Si el electrodo de ionización (20) transmite la señal correspondiente y si los presostatos de gas (25) y de aire (11) detectan presiones suficientes, se estabiliza la llama. A continuación se desconecta el transformador de encendido (16).

3. Regulación

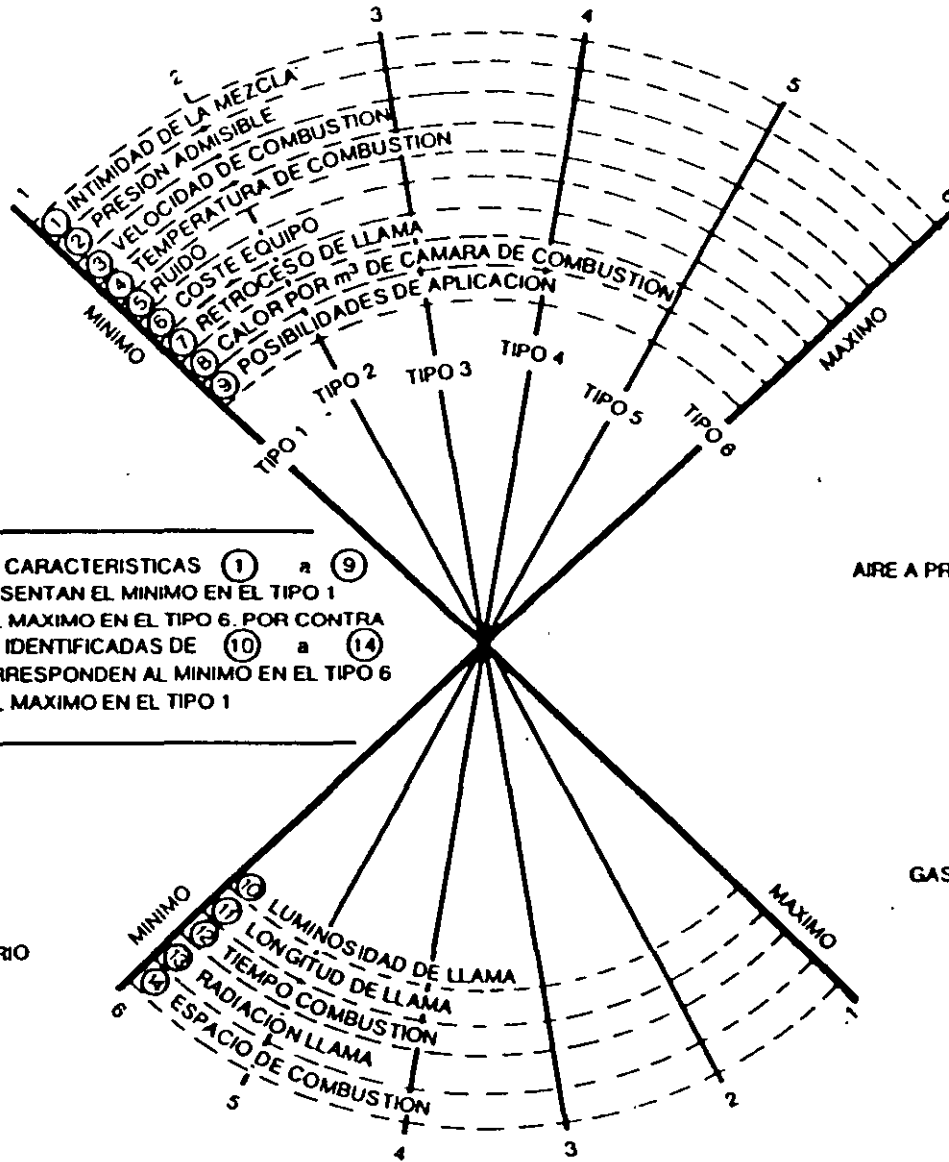
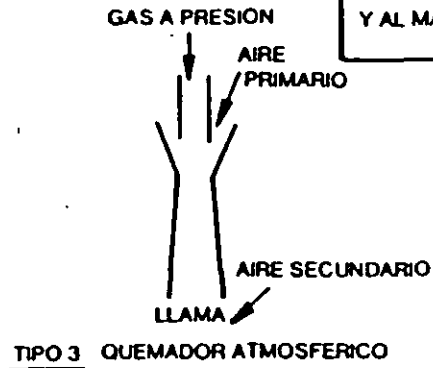
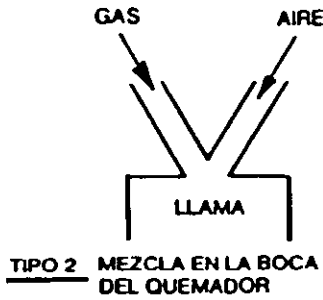
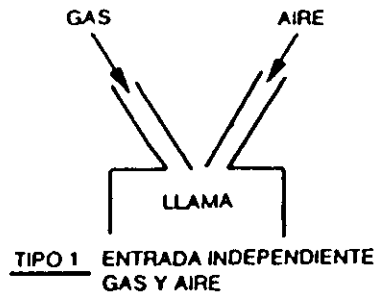
La regulación es modulante, actuando el servomotor (14) sobre las clapetas de gas (22) y de aire (9) según las necesidades caloríficas y manteniendo una relación aire / gas constante durante todo el intervalo de potencias del quemador.

4. Seguridad

Si por cualquier motivo falla la llama o los presostatos detectan presiones insuficientes, se desconecta el quemador, el cual, una vez corregido el fallo, se arma a mano y se pone nuevamente en funcionamiento repitiendo las fases 1, 2 y 3.

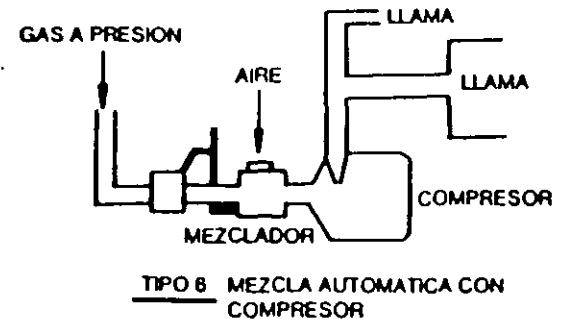
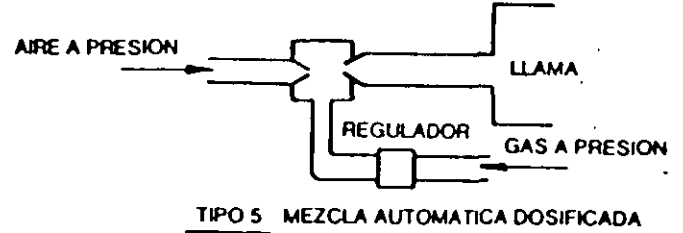
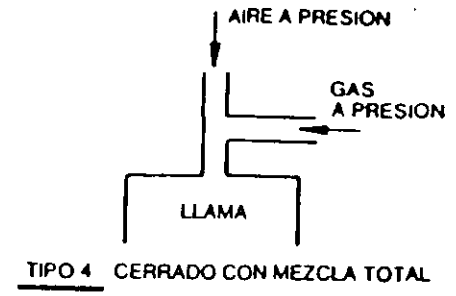


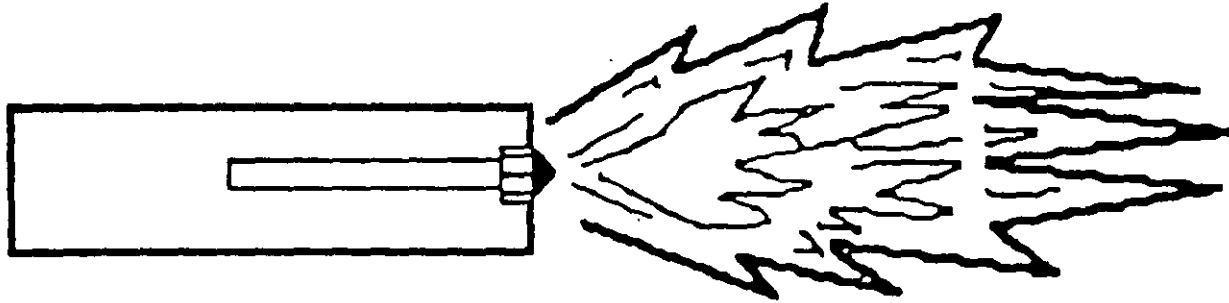
i cedex sarr lines dialcex sar Weipstraui



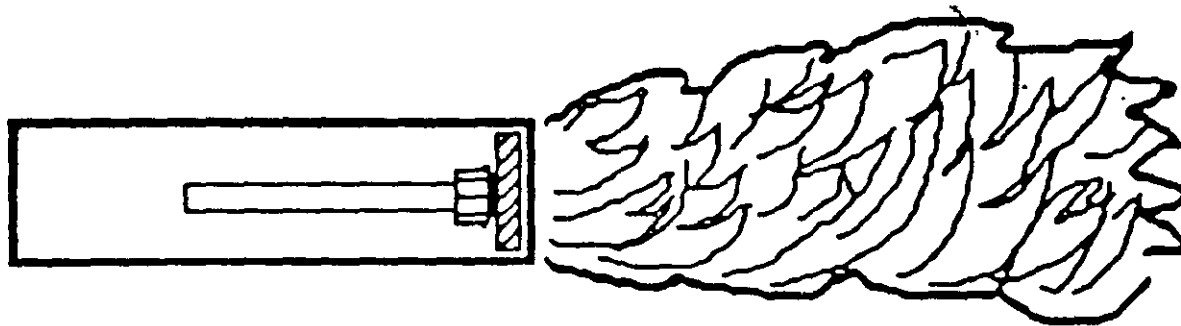
LAS CARACTERISTICAS ① a ⑨ PRESENTAN EL MINIMO EN EL TIPO 1 Y EL MAXIMO EN EL TIPO 6. POR CONTRA LAS IDENTIFICADAS DE ⑩ a ⑭ CORRESPONDEN AL MINIMO EN EL TIPO 6 Y AL MAXIMO EN EL TIPO 1

QUEMADORES DE GAS
CUADRO COMPARATIVO DE CARACTERISTICAS DE COMBUSTION

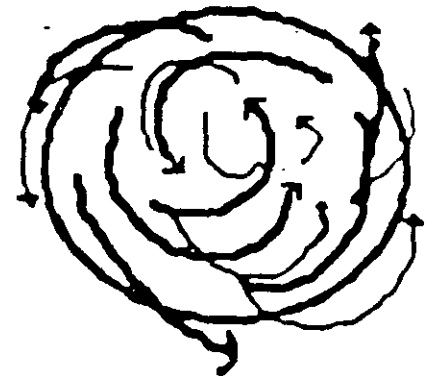


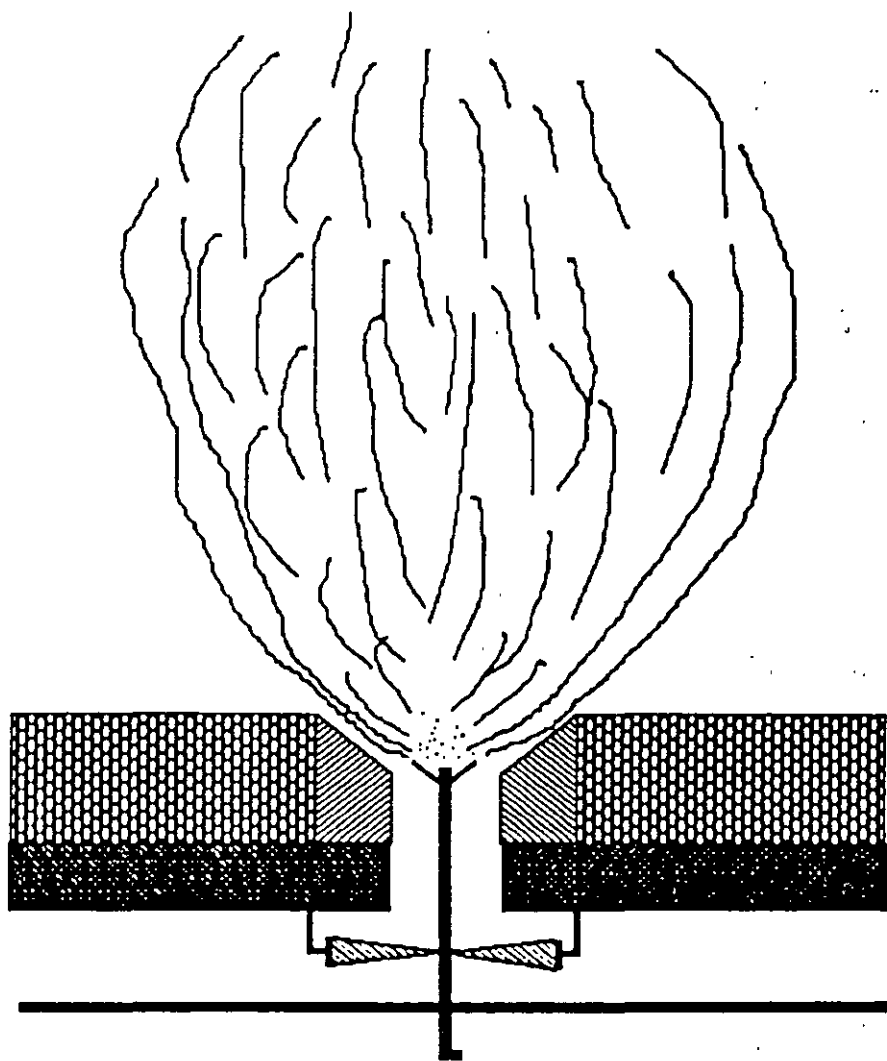


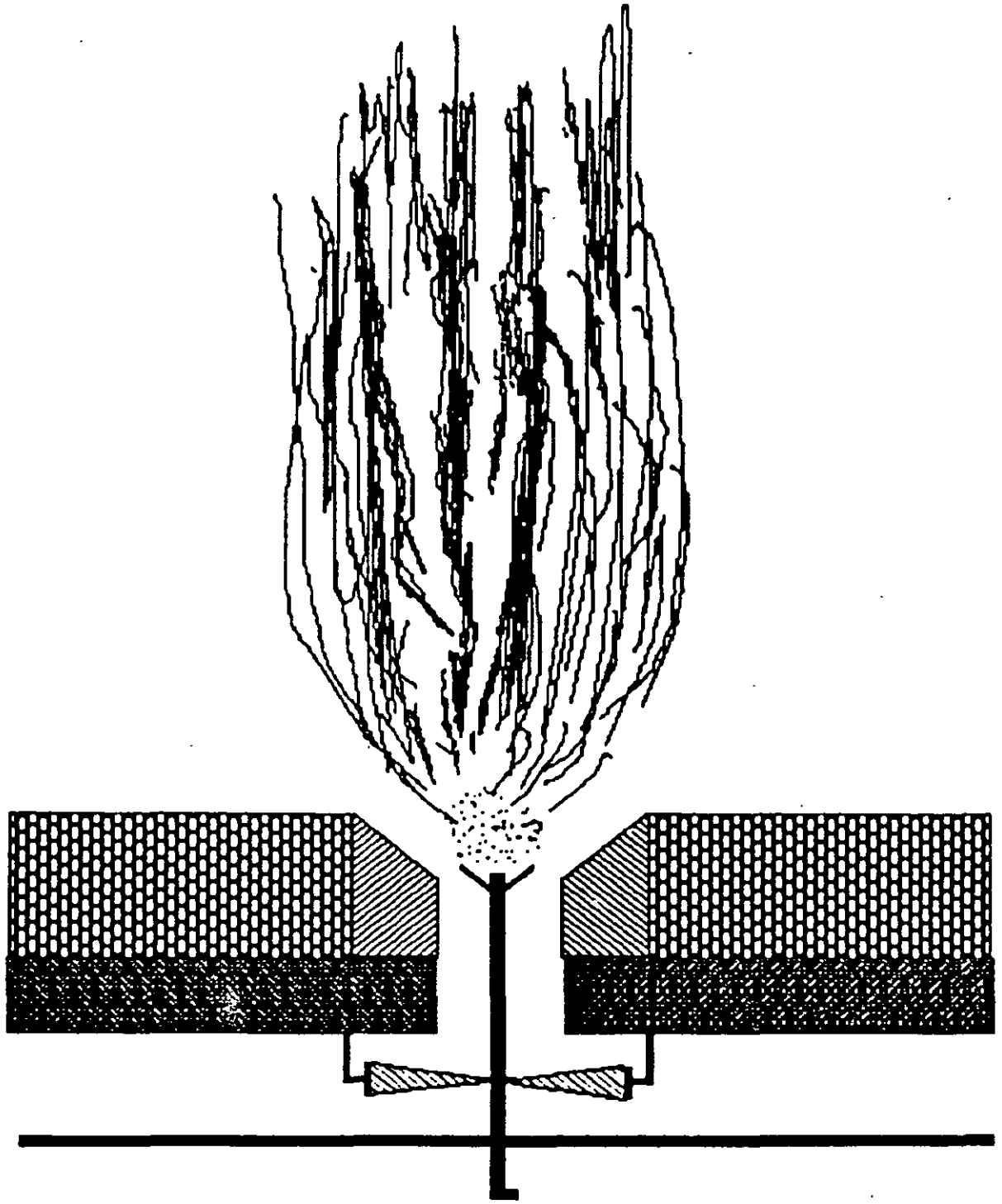
Conventional Burner Flame

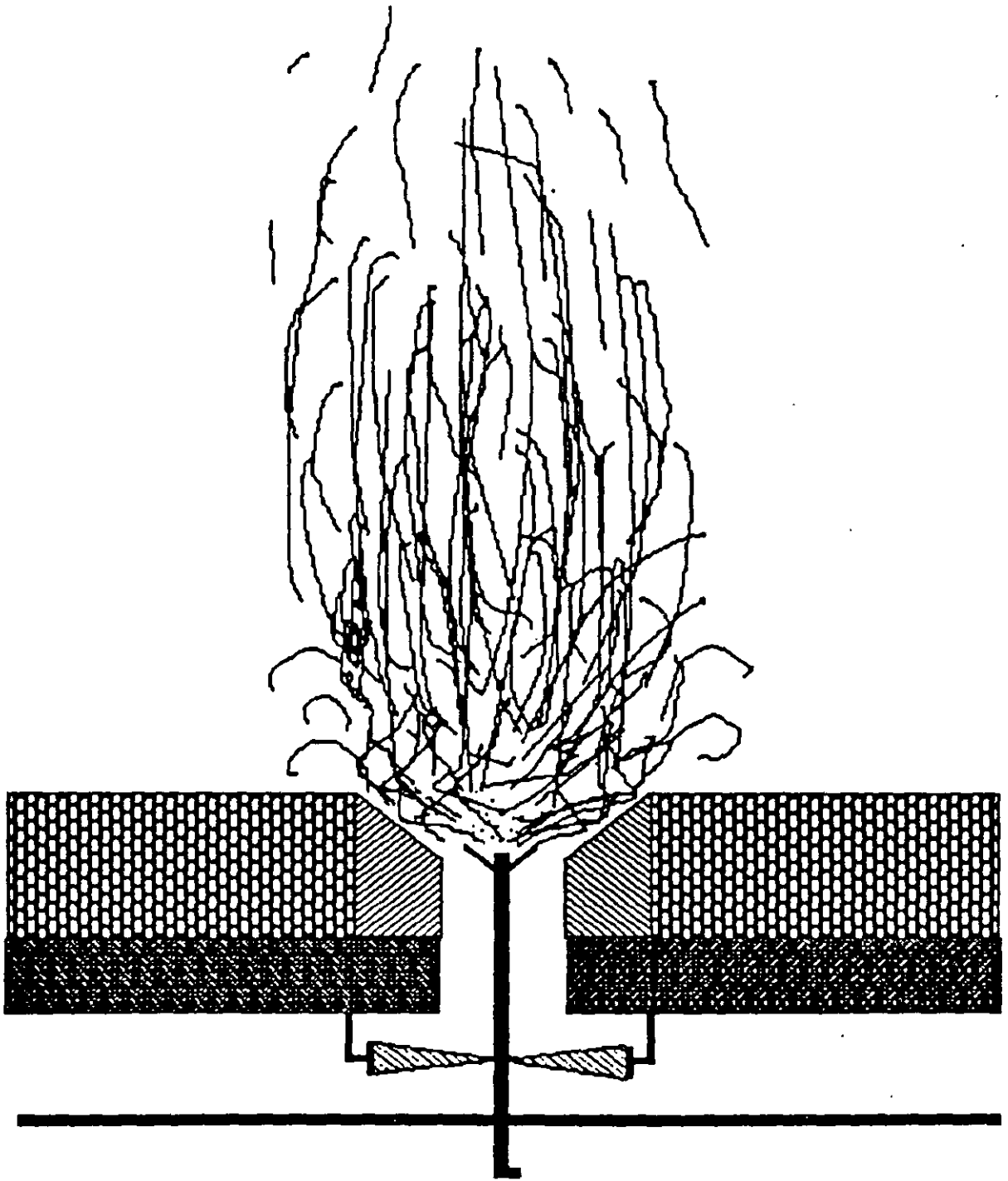


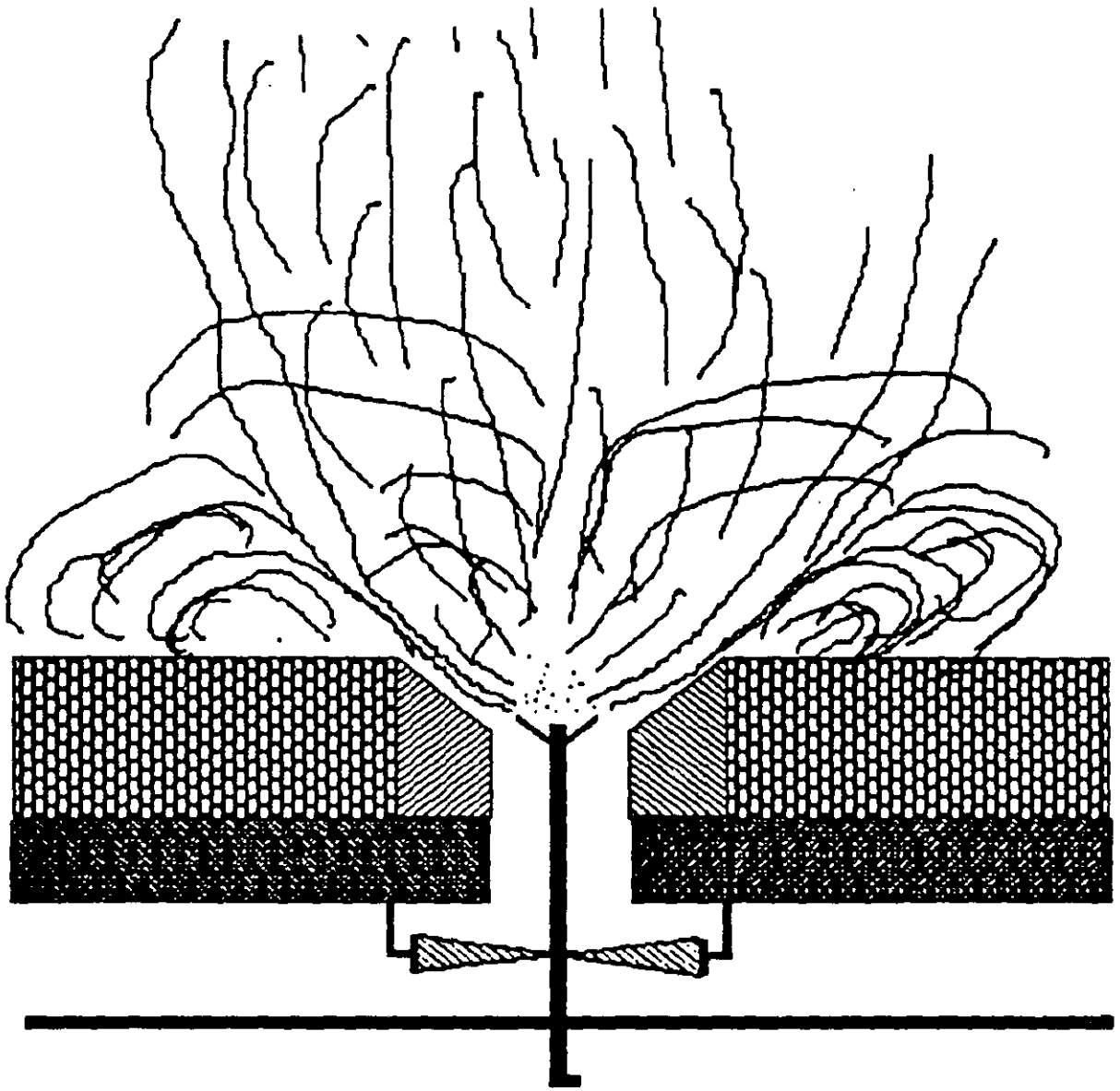
Retention Head Burner Flame

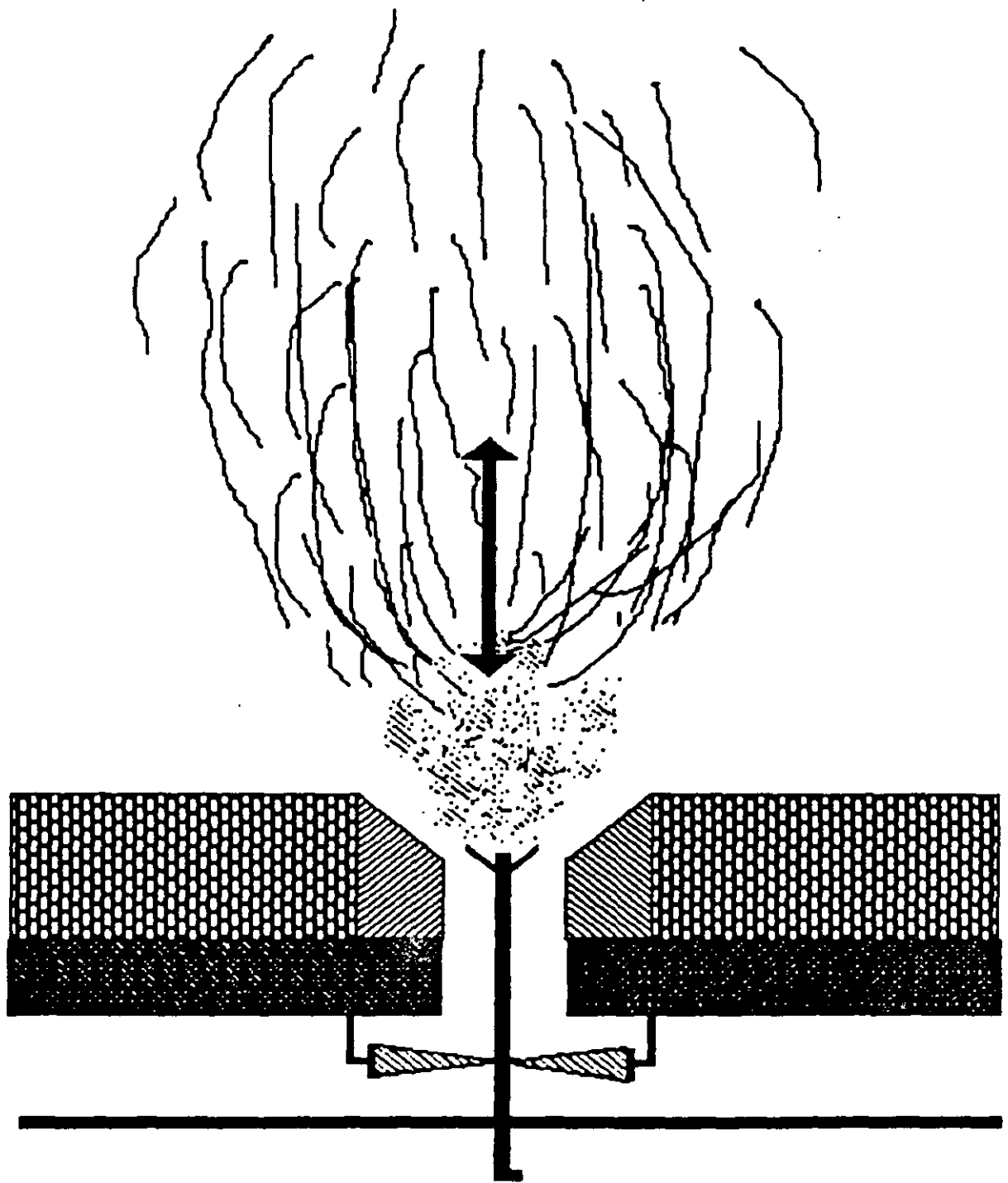


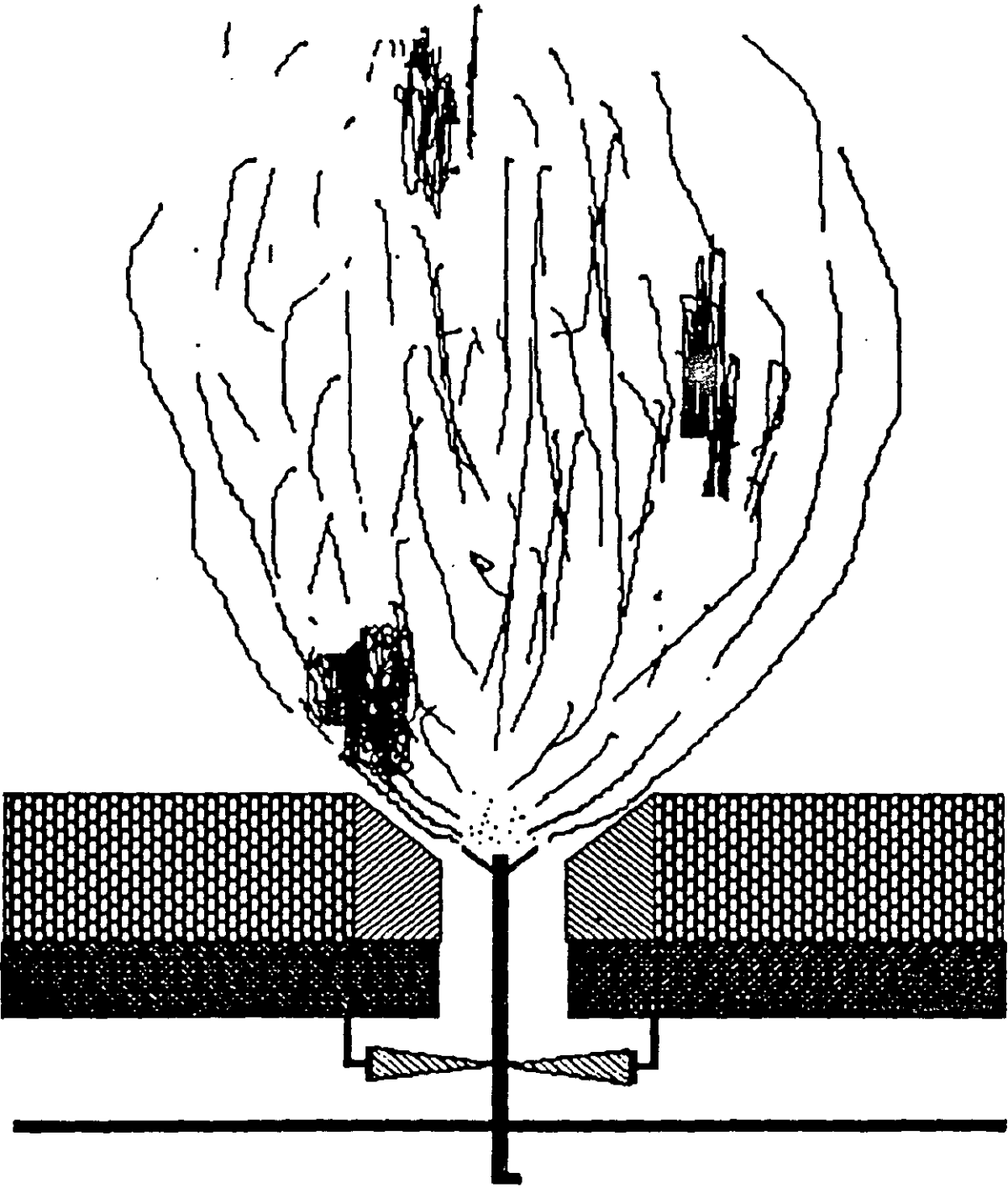




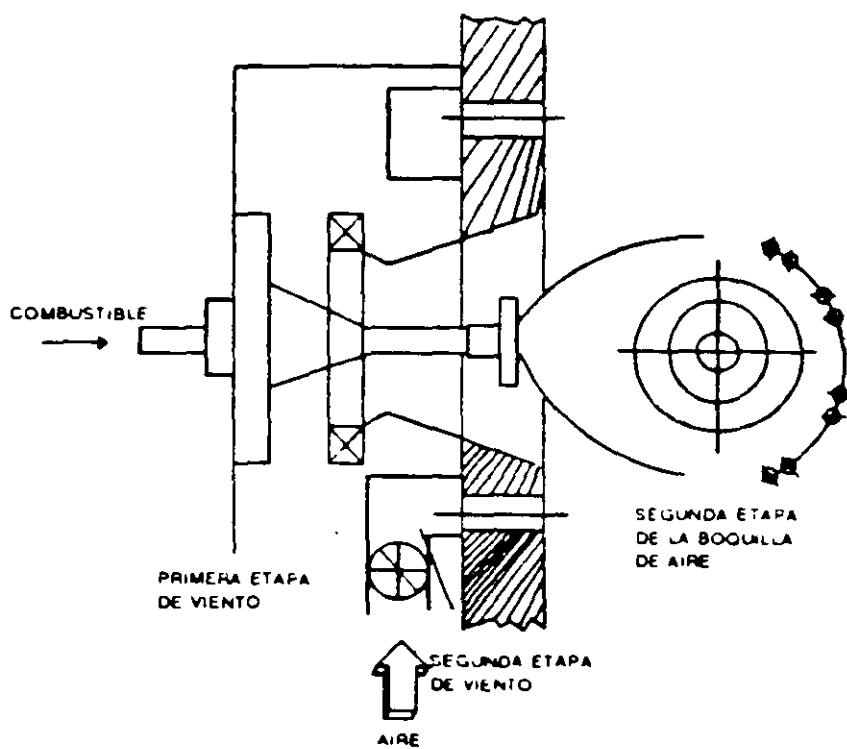




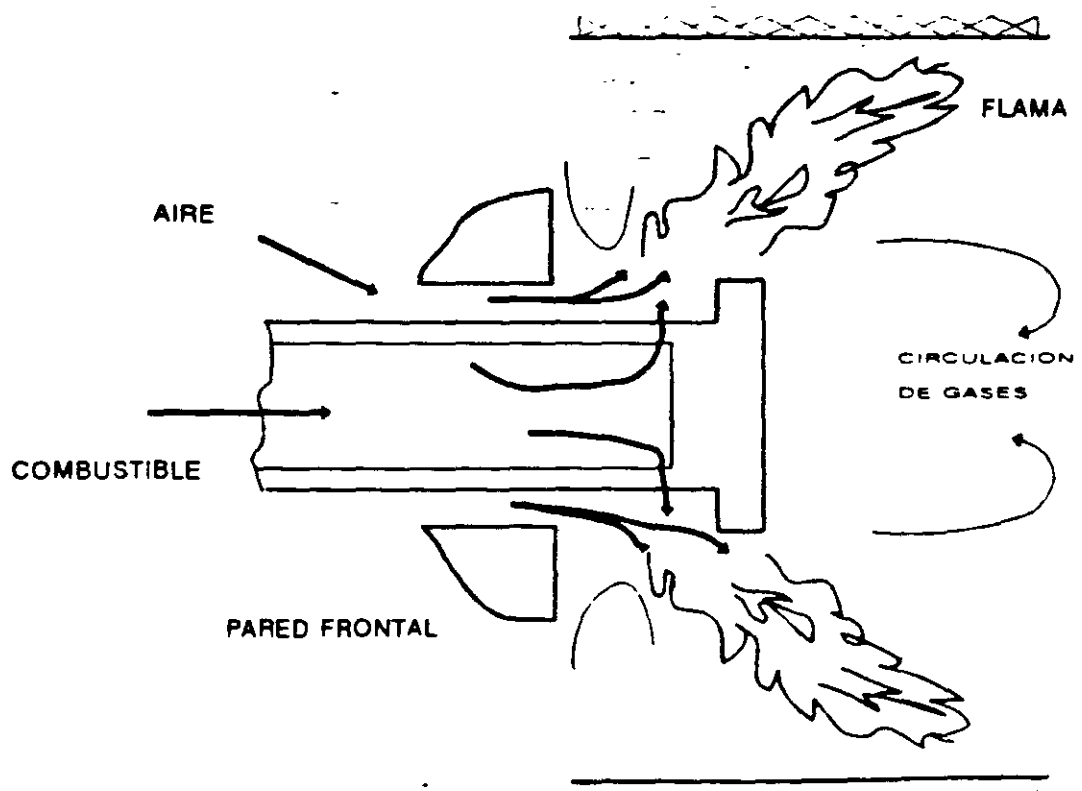




Quemador en dos etapas para generador de vapor.

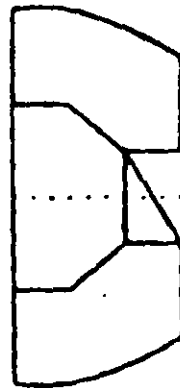
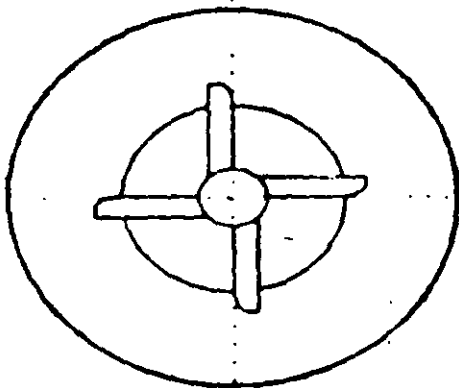
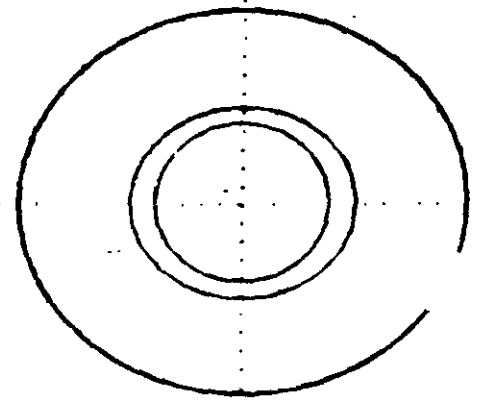
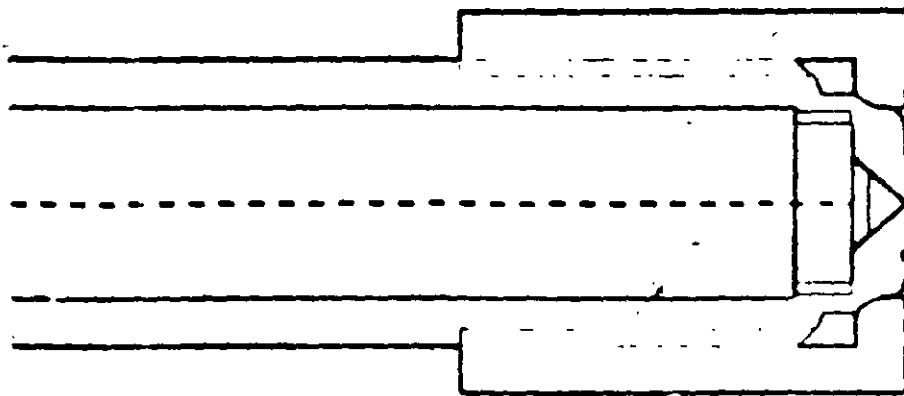


Quemador con combustión mezclada.



Quemador de flama dividida.

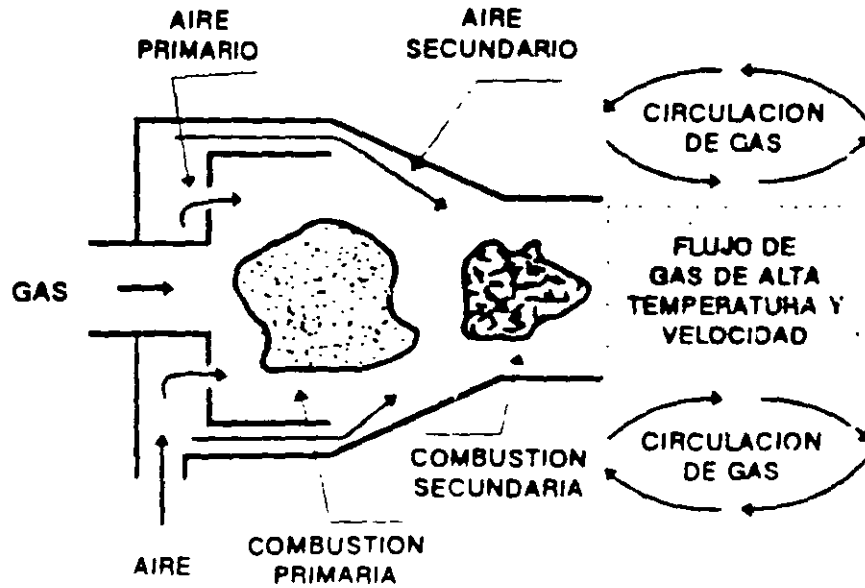
ATOMIZADOR A PRESION



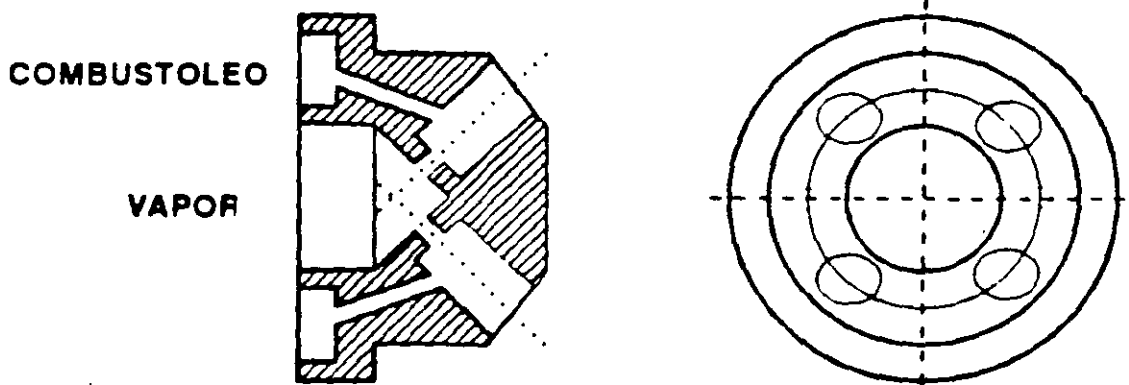
DIRECCION DEL COMBUSTIBLE



Quemador de combustión en dos etapas.

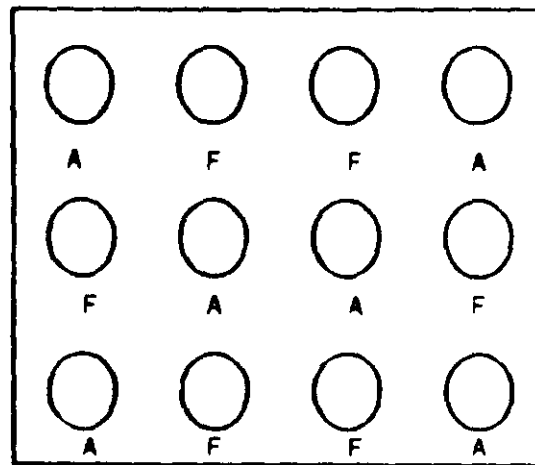


Quemador de combustión con inyección de vapor.



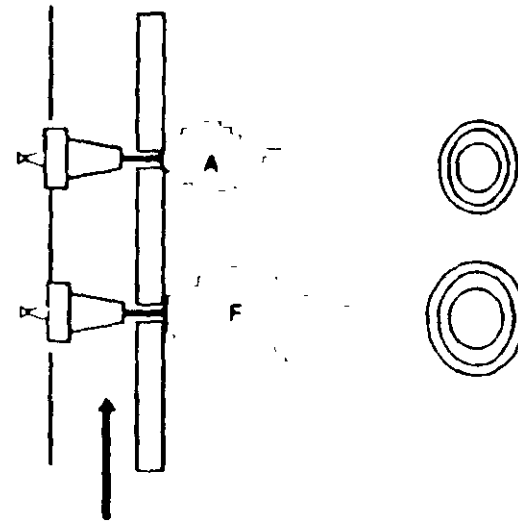
Método de combustión de combustibles pesados y ligeros.

Quemador de combustibles pesados y ligeros.



PANEL DE QUEMADORES

A QUEMADOR POBRE EN COMBUSTIBLE
F QUEMADOR RICO EN COMBUSTIBLE



AIRE

EMISIONES

- Fuentes móviles
 - Transporte
- Fuentes fijas
 - Industriales
 - Domesticas

EMISIONES EN FUENTES FIJAS

- Partículas Suspendidas Totales (PST)
- Hidrocarburos (HC)
- Bióxido de Carbono (CO₂)
- Monóxido de carbono (CO)
- Oxidos de azufre (SO_x)
- Oxidos de Nitrógeno (No_x)

REGLAMENTACION

- NOM-085-ECOL-1994
- NOM-002-ENER-1995

NOM-085-ECOL-1994

- Para fuentes fijas que utilizan combustibles sólidos, líquidos o gaseosos o cualquiera de sus combinaciones, que establece niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, SPT , Sox , NOx.
- 1. Objeto
- 2. Campo de aplicación
- 3. Referencias

	SO ₂	SPM	Pb	CO	NO ₂	O ₃
Bangkok						
Beijing						
Bombay						
Buenos Aires						
Cairo						
Calcutta						
Delhi						
Jakarta						
Karachi						
London						
Los Angeles						
Manila						
Mexico City						
Moscow						
New York						
Rio de Janeiro						
São Paulo						
Seoul						
Shanghai						
Tokyo						



Serious problem, WHO guidelines exceeded by more than a factor of two



Moderate to heavy pollution, WHO guidelines exceed by up to a factor of two (short-term guidelines exceeded on a regular basis at certain locations)



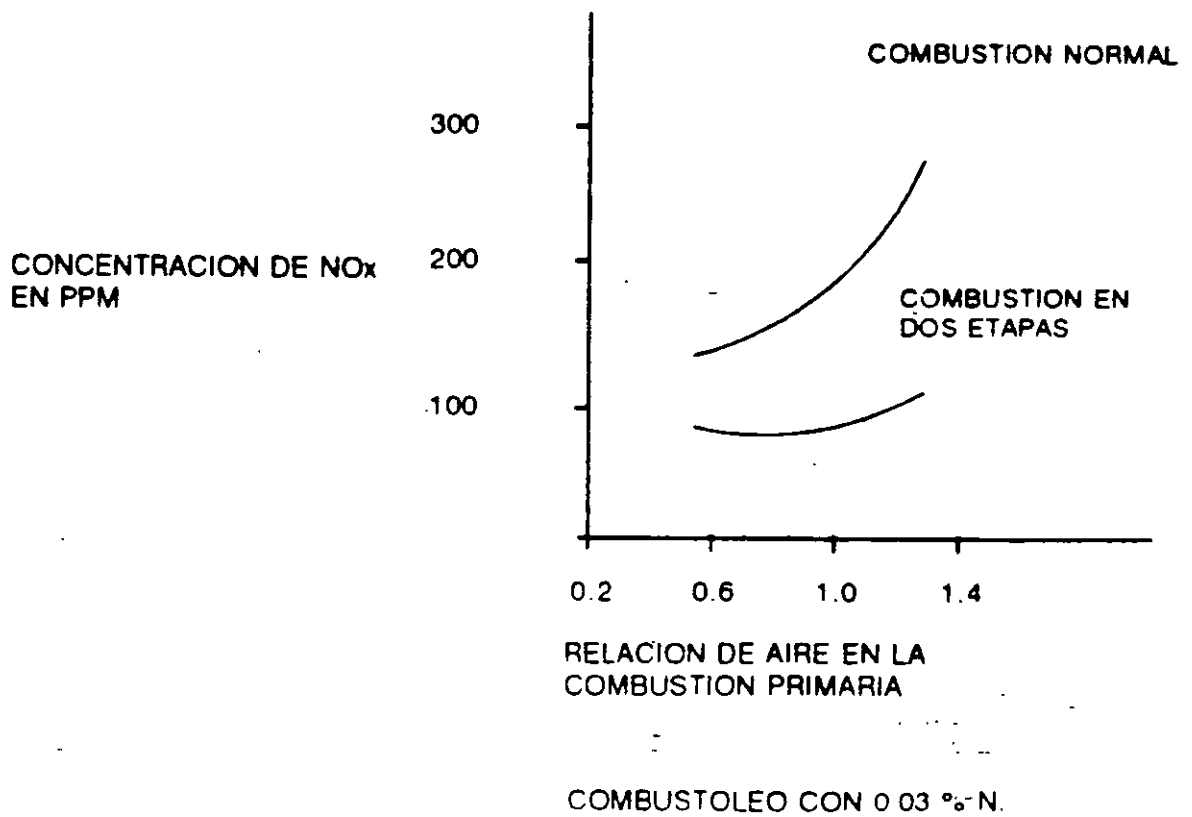
Low pollution, WHO guidelines are normally met (short-term guidelines may be exceeded occasionally)



No data available or insufficient data for assessment

Figure 4.2 Overview of air quality in 20 megacities based on a subjective assessment of monitoring data and emissions inventories

Eficiencia de reducción del NO_x-térmico.



NOM-085-ECOL-1994

- 4. Definiciones
- 5. Especificaciones (tabla 5)
- 6. Requisitos
- 7. Vigilancia
- 8. Sanciones
- 9. Vigencia

NOM-002-ENER-1995

- Eficiencia térmica de calderas paquete
- 1. Objetivo
- 2. Campos de aplicación
- 3. Referencias
- 4. Definiciones
- 5. Símbolos y abreviaturas
- 6. Clasificación y designación del producto

NOM-002-ENER-1995

- 7. Especificaciones
- 8. Muestreo
- 9. Método de prueba
- 10. Marcado
- 11. Vigilancia
- 12. Sanciones
- 13. Bibliografía
- 14. Concordancia (ASME PTC 4.1)

CAPACIDAD DEL EQUIPO DE COMBUSTION MJ/h	TIPO DE COMBUSTIBLE EMPLEADO	DENSIDAD DEL HUMO	PARTICULAS (PST) Mg/m (kg/10 kcal) (1) (2)			BIOXIDO DE AZUFRE Ppm V (kg/10 kcal) (1) (2)			OXIDOS DE NITROGENO Ppm V (kg/10 kcal) (1)			EXCESO DE AIRE DE COMBUSTION % VOLUMEN (5)
		Numero de mancha o capacidad	ZMCM	ZC (3)	RP	ZMCM	ZC (3)	RP	ZMCM	ZC (4)	RP	
Hasta 5,260	Combustoleó O Gasoleo	3	NA	NA	NA	550 (2.04)	1,100 (4.08)	2,200 (8.16)	NA	NA	NA	50
	Otros Liquidos	2	NA	NA	NA	550 (2.04)	1,100 (4.08)	2,200 (8.16)	NA	NA	NA	
	Gaseosos	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
De 5,250 a 43,000	Liquidos	NA	75 (0.106)	350 (0.497)	450 (0.639)	550 (2.04)	1,100 (4.08)	2,200 (8.16)	190 (0.507)	190 (0.507)	375 (1.0)	40
	Gaseosos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	190 (0.486)	190 (0.486)	375 (0.959)	
De 43,000 a 110,000	Liquidos	NA	60 (0.085)	300 (0.426)	400 (0.568)	550 (2.04)	1,100 (4.08)	2,200 (8.16)	110 (0.294)	110 (0.294)	375 (1.0)	30
	Gaseosos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	110 (0.281)	110 (0.281)	375 (0.959)	
Mayor de 110,000	Solidos	NA	60 (0.090)	250 (0.375)	350 (0.525)	550 (2.16)	1,100 (4.31)	2,200 (8.16)	110 (0.309)	110 (0.309)	375 (1.052)	25
	Liquidos	NA	60 (0.085)	250 (0.355)	350 (0.497)	550 (2.04)	1,100 (4.08)	2,200 (8.16)	110 (0.294)	110 (0.294)	375 (1.0)	
	Gaseosos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	110 (0.281)	110 (0.281)	375 (0.959)	