

GASOGENOS APLICADOS A CALDERAS

La utilización del carbón como combustible está lejos de no presentar interés como pareciera ser el caso al considerarse en forma superficial el momento de auge por el que el petróleo y el gas están pasando en el mundo. Es así que, con especial referencia a la utilización de nuestro carbón de Río Turbio, en el particularmente difícil problema de las locomotoras, se ha desarrollado un sistema de combustión cuya exposición constituye el objeto del presente trabajo. Su extensión al campo de las calderas fijas, actualmente en vías de desarrollo, es asimismo considerada.

COMBUSTION DEL CARBON EN LAS LOCOMOTORAS.

La utilización de un combustible está evidentemente condicionada a razones de costo siempre se trata de utilizar el combustible de más bajo precio compatible con la realización de un servicio. En las locomotoras se dan importantes limitaciones que en menor grado están presentes también en los buques y casi totalmente ausentes en las instalaciones fijas: disponibilidad de espacio, disponibilidad de peso y una demanda de potencia extremadamente variable. Esas limitaciones imponen a las locomotoras la utilización de carbones de selección y por ende caros, al par que la capacidad de uso de las máquinas es siempre afectada y limitada en forma tal que la operación indefinidamente continua es totalmente imposible con las soluciones hasta hoy dadas al problema, ya que al cabo de un cierto tiempo es necesario cambiar de máquina al tren por causa fundamentalmente determinada por el ensuciamiento del fuego por cenizas y escorias.

La caldera de locomotora como generador es extremadamente eficiente en su capacidad de absorber calor, pero no así en su aspecto combustión, ya que a fuertes regímenes una parte muy grande de combustible es arrastrado por el tiraje, no sin contar las pérdidas importantes que ocasionan las limpiezas de fuego que ordinariamente no figuran en los balances calóricos académicamente presentados, pe-

ro ciertamente figuran en la cuenta combustible que el ferrocarril - paga para mover sus trenes.

En términos generales, las limitaciones de la combustión a carbón en las locomotoras son las que siguen:

- 1.- El tiempo durante el cual una locomotora corriente es capaz de desarrollar su potencia máxima continua difícilmente supera una hora y media, a menos de emplear carbones seleccionados de muy bajo porcentaje de cenizas y en consecuencia caros.
- 2.- La limpieza del fuego, aun empleando parrillas móviles, es imposible de hacer sin disminuir la intensidad de la vaporización debiendo aprovecharse de una detención o aun hacerla obligatoria para ese fin.
- 3.- El uso de carbones que hacen escorias o con más de 10 % de cenizas no ha llegado a un grado de perfección tal que sea posible con ellos la tracción de trenes expresos ó servicios exigentes en general.
- 4.- El empleo de stoker, necesario en las máquinas grandes, significa ordinario un aumento de consumo de combustible y es por ello que los ferrocarriles utilizan carbones cuidadosamente cribados, y en consecuencia caros.
- 5.- El empleo de carbones con mas de 7 % de cenizas se hace sumamente difícil y cuando se está obligado a ello, como en la India, se hace al precio de frecuentes limpiezas de fuego que implican pérdidas incontroladas de combustible, del orden del 20 % de la energía calorífica introducida en el hogar.
- 6.- Muchas locomotoras existentes, cuya vida útil todavía puede preverse larga, han sido provistas de parrillas que, aun utilizando carbones de selección, son muy pequeñas cuando se las considera a la luz de las modernas orientaciones en la materia, que muestran claramente la importancia de la superficie de parrilla como determinante de la capacidad de vaporización de la caldera.

Estas parrillas reducidas exigen, para los servicios de primera clase, el empleo de combustibles de adecuado índice de aglutinación y de una granulometría tal que la mecanización de las mismas ya no puede conseguirse a bajo costo y que, si se contempla la utilización de las reservas de combustibles cercanos al lignito y en consecuencia friables, no puede en modo alguno conseguirse.

7.- La sensible merma del rendimiento de la caldera a los fuertes regímenes posibles gracias a los nuevos y modernos sistemas de tiraje disponibles y a los tratamientos de agua que dan condiciones en las calderas capaces de soportarlos constituye asimismo una seria limitación, no solo porque condicionan la máxima vaporización de la caldera sino porque proporcionalmente crece el consumo de combustible.

8.- A la postre, el kilometraje mensual que se puede asegurar con las locomotoras a carbón siempre es más reducido que el posible, como lo prueba el simple hecho de que un mismo tipo de máquina, adaptado a petróleo, realiza invariablemente mayor kilometraje mensual y por ende de menores costos de tracción.

Es evidente, que dentro de ese marco de limitaciones, las locomotoras a carbón no pueden sostener con todas las ventajas potenciales de su ingeniería la competencia de otras formas de tracción y en consecuencia si fuera posible removerlas total o, al menos parcialmente, se habría dado un gran paso en la técnica.

Si se enfoca el asunto en el caso de nuestro país, en el que la utilización del carbón de Río Turbio, indirecta fuente de divisas para la economía nacional, constituye un acicate de primera magnitud para intensificar las investigaciones y esfuerzos tendientes a superar esas limitaciones, es decir no ya a contentarse con una simple sustitución del carbón Cardiff por carbón Río Turbio, renunciando a obtener performance, sino aun mejorándola, se tendrá un panorama bastante claro de los objetivos que hemos perseguido al desarrollar los trabajos aquí presentados.

## LA COMBUSTION NORMAL.

En la combustión normal clásica, la totalidad del aire necesario para quemar el carbón se hace entrar por la parrilla. La apertura de la puerta del hogar es mirada siempre como cosa no deseable, se supone, porque la entrada de aire frío ocasiona perjuicios.

La mayor parte de la liberación de la energía se realiza en la parrilla en la que hay un fuego de relativamente poco espesor. Los volátiles son quemados mediante aire que entra a través de agujeros en el fuego y fundamentalmente, el espacio de la caja de fuego es utilizado para completar la combustión de los volátiles o del CO que se produce en distintas partes de la parrilla motivado por la material imposibilidad de llevar un fuego absolutamente homogéneo. La introducción de aire secundario ha sido de tanto en tanto ensayada en forma tímida.

La intensa actividad de la combustión en el plano de la parrilla se traduce en muy altas temperaturas del lecho de cobre que superan el punto de ablandamiento de las cenizas y en consecuencia las partículas inertes del carbón se aglomeran fácilmente y forman grandes masas de escorias que impiden el paso del aire y que finalmente determinan la paralización de la combustión, no sin antes romper el delicado equilibrio entre la producción y el consumo de vapor con el consiguiente desarreglo en la marcha del tren y sus consecuencias sobre la regularidad del tráfico en la línea.

Para evitar la formación de escorias, tan temidas por los foguistas, generalmente se recurre a los siguientes expedientes:

1) Emplear carbones de selección: alto punto de ablandamiento de las cenizas; adecuado índice de coquización; bajo contenido de cenizas, etc..

2) Emplear un sistema de tiro que reparta bien el aire en toda la extensión de la grilla (Kylchap) y permita llevar un fuego fino para tratar de conseguir una atmósfera oxidante en el lecho de combusti-

ble y en consecuencia beneficiar la combustión del hecho de que los puntos de ablandamiento y fusión de las cenizas son mas altos en atmósfera óxidante que en atmósfera reductora.

3) Empleo exagerado del soplador.

4) Finalmente, lo que es más importante de todo, se programa la utilización de la locomotora teniendo en cuenta las limitaciones de la combustión en forma de prever su entrada a galpón para limpieza de fuego al término de recorridos generalmente no muy largos. Y esto es quizá lo mas importante de todo.

### LA COMBUSTION A LA GASOGENA.

La idea de la combustión a la gasógena está tomada, como su nombre lo indica, de los conocidos gasógenos empleados para la producción de gas a partir del carbón. Recordaremos que estos son clásicamente grandes cubas en los cuales se da una combustión incompleta del carbón en un lecho de considerable espesor, agregándose al aire del cenicero (aire primario) una cierta cantidad de vapor de agua cuya finalidad principal es la de incrementar la potencia calorífica del gas producido. El Gas posteriormente es objeto de cualquiera de los empleos industriales conocidos, o incluso quemado en calderas análogamente al gas de destilación de hulla o gas natural.

Los gasógenos, que son aparatos grandes, voluminosos y pesados, mal se adaptan al empleo de las locomotoras sujetas a importantes y decisivas limitaciones de peso y espacio, pero ello no constituye una demostración de que sus principios esenciales no son aplicables en las exigencias de la combustión de las locomotoras.

Fundamentalmente, se trata de llevar sobre las parrillas una capa de carbón suficientemente alta (50 cm) como para producir grandes cantidades de CO. La inyección de una pequeña cantidad de vapor en el cenicero (en las locomotoras disponible fácilmente en forma de vapor de escape) siguiendo los principios de la gasificación clási

ca, permite todavía producir  $H_2$  que se sumará a las volátiles del carbón, el lecho de fuego producirá entonces un gas caliente ( $800^\circ C$ ) con grandes cantidades de  $CO$ ,  $H_2$ , hollín, etc. que, mediante una franca inyección de aire secundario a través de la puerta del hogar y de aberturas laterales será posible quemar con gran eficiencia si media una gran turbulencia producida por un tiro intenso.

La inyección de vapor de agua en el cenicero, en razón de las reacciones endotérmicas que se producen, baja sensiblemente la temperatura del lecho de fuego, que ahora se presenta oscuro. Esta baja de temperatura por debajo del punto de ablandamiento de las cenizas permite un control de la formación de escorias, ya que las cenizas ahora quedan en forma pulverulenta fácilmente evacuables por una parrillamóvil corriente del tip "rocking grate".

Las entradas de aire secundario se hacen mediante la sustitución de algunos estays laterales por tubos de  $5^0$  a  $6^0$  mm. de diámetro, en cuya extremidad se sueldan boquillas de fundición que orientan el aire en el modo en que en cada caso demanda la forma del hogar. Estas toberas, estrechadas en la punta, permiten un pleno aprovechamiento de la energía de la corriente de aire para producir turbulencia.

El sistema se completa por una bóveda de forma y dimensiones adecuadas no muy diferente de la bóveda clásica, y la aplicación del escape Kylpor que permite un gran tiraje con una muy baja contrapresión de escape, tiraje que ahora está determinado no tanto por la necesidad de hacer pasar el aire por la capa de carbón, cuanto por el hecho de que es necesario producir una adecuada mezcla del aire secundario con los gases que emergen del lecho de brasas, en el reducido volumen del hogar de una locomotora, cuya liberación de calor alcanza a  $(3000.000 \frac{\text{cal}}{\text{m}^3\text{h}} = 336.000 \text{ BTU/ft}^3\text{h})$ .

En términos generales, en lugar de penetrar por la parrilla la totalidad del aire de la combustión, solo lo hace aproximadamente el 30 %. El 70 % restante penetra en forma de aire secundario

y, como se verá mas adelante, se trata de que esta proporción se incrementa en todo lo posible. Aquí ahora en realidad se quema aire en una atmósfera de gas. La llama es muy intensa y su temperatura muy alta. Los temores de la acción del aire frío sobre tubos, placas no existen.

La regulación del aire secundario se hace abriendo más o menos la puerta del hogar y observando la chimenea que debe presentar un débil rastro de humo indicativo de una combustión casi completa con un mínimo exceso de aire.

La conducción del fuego se hace en forma muy simple, y evidentemente con reglas que precisamente son las contrarias de la combustión clásica: franco aire secundario; fuego oscuro y alto, etc. Es evidente que si en lugar de pasar por la grilla la totalidad del aire de combustión se hace pasar solo el 30 %, la cantidad de carbonillas que arrastra el tiro y que es prácticamente proporcional al cuadrado de esta cantidad, se reduce considerablemente y con ello mejora sensiblemente el rendimiento de la combustión a plena carga de la caldera, como se sabe determinado por este arrastre de carbonillas. Además, si las cenizas no forman escorias, es posible mantener una combustión indefinidamente continua si mediante evacuaciones periódicas y frecuentes se las elimina de la parrilla, evacuación que la experiencia ha mostrado que es posible aun en plena producción de vapor.

La posibilidad de utilizar ahora carbones de menor precio está facilitada ya que:

a) El fuego no está sometido a la intensa acción del paso de una fuerte corriente de aire a través de la parrilla (solo el 30 % del total del aire) lo cual implica que la granulometría del carbón puede descender considerablemente, y con ello resolviendo un aspecto negativo de la mecanización de las minas.

Tampoco tiene tanta importancia el amplio de carbones de adecuadas propiedades coquizantes, ya que éstas no son necesarias especialmente como en la combustión normal a fin de obtener un adecuado

do lecho de brasas. Aquí, incluso el encendido de los pedazos de carbón se hace lentamente (contrariamente al brusco calentamiento producido en la combustión normal al arrojar una palada de carbón sobre un lecho de brasas al rojo blanco) lo cual disminuye la tendencia a coquizarse, con lo cual se hace posible emplear carbones de muy elevado índice de coquización o de esponjamiento, totalmente inaptos para ser utilizados en locomotoras.

Dado que la performance de la caldera está en gran parte determinado por la capacidad de la parrilla para quemar carbón sin que el lecho de fuego llegue al estado de fluidización, el sistema ofrece la posibilidad de utilizar eficientemente carbones carentes por completo de propiedades coquizantes (como es el caso del de Río Turbio) y en consecuencia generalmente más baratos. Lo propio cabe decir de la granulometría, que ahora no necesita ser la galleta o los grandes trozos que son clásicos.

b) El tenor de cenizas no tiene ahora la importancia que tiene en la combustión normal, ya que, como la experiencia lo ha demostrado, es posible obtener una vaporización indefinida aun con carbones con 20 % de cenizas, si bien naturalmente esto plantea el problema de ceniceros de adecuada capacidad. Por otra parte, las propiedades de fusibilidad, que son quizá las más difíciles de tratar y que hacen muchísimo al valor del un carbón, ya no tienen la misma importancia por causa de que es posible controlar la temperatura del lecho de fuego mediante la inyección de una pequeña cantidad de vapor de agua en el cenicero.

c) Finalmente las posibilidades de realizar largos viajes con una misma locomotora enganchada a tren, base fundamental para lograr un intenso aprovechamiento del parque móvil, está al alcance de la mano puesto que la limpieza de fuego es prácticamente permanente y se realiza sin esfuerzo, permaneciendo el fuego en una condición adecuada para la combustión en forma indefinidamente continua.

d) Como la limpieza del fuego forma parte de la marcha normal de la

locomotora, las pérdidas motivadas por el procedimiento clásico de limpiar volcar completamente el contenido de la parrilla y armar fuego nuevo, pérdidas importantes y que jamás aparecen incluidas en los rendimientos de caldera, desaparecen prácticamente, lo que a la postre unida a la posibilidad de realizar una intensidad de explotación mayor que la corriente da consumos específicos de carbón por unidad de tráfico realizada muy inferiores a los de otro modo obtenibles.

#### DETALLES CONSTRUCTIVOS.

Las figuras adjuntas muestran los detalles constructivos en el caso de una aplicación particular (Serie XIIIa ex FCSF).

- a) Parrilla: Es del tipo oscilante, con comando manual así como con comando a vapor. Tiene la particularidad de estar colocada debajo del nivel del marco fundamental, con el objeto de ganar volumen en un hogar que, en su construcción original es muy precario en ese particular. La figura muestra como se ha dado al fondo de la lámina de agua una adecuada protección contra los embarramientos.
- b) Cenicero: Se le ha dado la máxima capacidad compatible con las disposiciones constructivas de la locomotora. En el fondo del mismo se ha dispuesto una segunda parrilla también volcable y del mismo tipo que la parrilla principal, cuya finalidad es la de completar la combustión de las brasas que caen al cenicero conjuntamente con los movimientos de la parrilla principal destinados a limpiar el fuego. Con este procedimiento se consigue ganar en rendimiento el pequeño porcentaje de otro modo perdido por brasas caídas durante las periódicas limpiezas del fuego.
- c) Puerta del hogar: Está estudiada con especial cuidado en forma de lograr los siguientes objetivos:
  - Disminuir al mínimo la radiación de calor que afecta al personal de conducción.
  - Dar la mínima sección geométrica de paso compatible todavía con la carga del hogar con un mínimo de abertura de la puerta.

- Dirigir el chorro de aire que penetra por su abertura en forma tal que la totalidad del diferencial de presión disponible sea transformado en energía de velocidad aprovechable para el proceso de mezcla en el hogar.
- Alcanzar la máxima facilidad de maniobra y finura de graduación de la entrada de aire, cosa que la experiencia ha probado ser sumamente cómoda y conveniente.
- Producir en el hogar un movimiento de torbellino con las corrientes de aire y gases dirigidas de tal modo que tiendan a separse centrifugamente las partículas de carbonilla arrastradas por el tiro reinyectándolas sobre la parrilla.

El modelo de puerta ha sido elegido para el tipo de locomotora que considera tras una muy larga experiencia y es satisfactorio en cuanto a la forma que llena los objetivos perseguidos, siendo su construcción sumamente sencilla.

- d) escape: tipo Kylpor que produce un gran vacío con una mínima contrapresión en la fase de escape, es decir con un pequeño consumo de energía, este último generalmente importante en las locomotoras que deben trabajar a fuerte régimen de potencia.
- e) bóveda: apoyada en tubos circuladores del tipo T, americano. La facilidad constructiva de disponer los tubos circuladores es obvia y la experiencia señala que se paga con creces su costo en el mantenimiento de la bóveda, especialmente si la locomotora debe trabajar en zonas en que se usa la leña como combustible auxiliar. Por lo demás, una bóveda así dispuesta es prácticamente de duración indefinida.

Detalles complementarios. No puede desperdiciarse la oportunidad que brinda la aplicación del sistema de combustión a la gasógena que permite a la caldera una mayor vaporización de la normalmente alcanzable con el carbón normal, complementando la locomotora con modificaciones de detalle que mejoran sensiblemente su perfor

nance y su capacidad de utilización:

- Mejora de las comodidades para el personal de conducción (piso, tender, etc.)
- Mejora de la distribución para aprovechar plenamente las posibilidades de la menor contrapresión de escape.
- Mejoras mecánicas de detalle susceptibles de ser incorporadas como diseño variante en oportunidad de la reparación general.

Es evidente que una locomotora así arreglada es capaz de mover muchas más toneladas por mes con horarios más exigentes que de cualquier otro modo;

- Tiene más potencia.
- Tiene mayor capacidad de realizar kilometraje continuo enganchada a trenes más pesados.

Por otra parte, es más económica, pues, como lo prueban los ensayos, los rendimientos son por tanto más satisfactorios que los realizados con carbón normal en locomotoras corrientes, si se considera que las pérdidas por limpiezas de fuego son mucho menores tras de estar diluidas en una cantidad mucho mayor de toneladas remolcadas, estas diferencias se incrementan de un modo muy sensible.

TEORIA.

Sobra aquí un detalle de la teoría química de proceso de la gasificación. Baste decir que el gas se aprovecha como gas caliente, es decir que, a diferencia de los procesos normales de gasificación en los que la entalpía de los gases emergentes del gasógeno se pierde en el caso de la locomotora es aprovechada íntegramente, dado que la combustión se realiza inmediatamente a su producción.

El rendimiento del lecho de fuego considerado como gasógeno no tiene la misma significación que en la combustión realizada en estos aparatos, sino en tanto en que es una consecuencia natural del que sea deseable que la cantidad de aire secundario sea la -

mayor proporción posible respecto del total con la finalidad de que el lecho de fuego sea perturbado lo menos posible por una cantidad de aire primario que se desea sea la mínima posible.

La correcta dosificación del vapor al cenicero no tiene mayor importancia siempre que sea suficiente para controlar la formación de escorias. Generalmente es alrededor del 3 % del vapor producido (algo más para carbones muy magros). Esto debe tenerse en cuenta especialmente para el dimensionamiento del sistema de escape, para el que se dispone de solo 97 % del vapor producido por la caldera. Además, la cantidad de gases que pasan a través de la caldera esta incrementada ligeramente en aproximadamente 1 % y con el consiguiente incremento del tiro necesario. Esto debe tenerse especialmente en cuenta a los efectos del dimensionamiento del sistema de tiro, que en la locomotora es muy sensible al equilibrio entre la producción y el consumo.

Cabe recordar que en las locomotoras todo el circuito de gases y vapores mantiene una armonía independiente del regimen lo que incluye el aspecto relativo a la dosificación de vapor al cenicero.

La experiencia ha mostrado que las tendencias a la producción de humo son mucho menores con el sistema de combustión a la gasógena. Ello debe atribuirse al empleo de una gran proporción de aire secundario animada de una fuerte energía para producir turbulencia, y quizá se deba al hecho de que la liberación de los volátiles del carbón no se realiza a una temperatura muy elevada, tal como ocurre en el caso de la combustión normal, sino en un lecho de carbones cuya temperatura no pasa generalmente de 800 °C. La oportunidad de cróking de las materias volátiles no es en consecuencia la misma y la tendencia de humo es más reducida.

de teoría está en la determinación de la zona, todavía no tan conocida.

Adelantamos aquí las expresiones que nos sirven para calcular la superficie de las entradas de aire secundario, que relacionan el volumen de hogar; el tiro consumido en el proceso de mezcla; la perfección de la combustión (considerada como que se aproxime asintóticamente al valor límite 100 %); la intensidad de la colocación del humo en la chimenea, y la energía total solicitada al sistema de tiraje de la caldera a fin de producir la combustión a un régimen y perfección deseados.

Si para un régimen dado a una locomotora, que fuese el máximo u otro cualquiera, expresamos por  $\Delta'_p$

$$\Delta'_p = \Delta_{ph}^{0,058} \frac{(BK)^2 \Omega^2}{v^{2/3} K \xi^2} \frac{\lambda}{(\lambda - 1 + \epsilon_i)} \frac{1}{\sqrt[3]{n^2}} \frac{S}{Sh}$$

$\Delta'_p$  mm. H<sub>2</sub>O Tiraje en la caja de fuego medido en la placa tubular.

$\Delta_{ph}$  " Tiraje en la caja de fuego consumido en el haz tubular.

$\Omega$  m<sup>2</sup>. Sección de paso de gas a través del haz tubular.

$\lambda = \frac{21}{21 - O_2}$  Coeficiente de exceso de aire.

Fracción de la cantidad mínima de aire que entra como aire secundario al hogar, generalmente tomado igual a 0.60.

h Número de grupos de entradas al aire secundario

S = 1,10 Un factor multiplicador de las diferencias de presión que incae a las corrientes de aire secundario den-

tro del hogar y calculada sobre la base de un flujo uniforme para tener en cuenta la irregularidad del tiraje que produce el escape de la máquina alternativa.

$$S_h = 1,23$$

Un factor multiplicador para calcular la pérdida de carga a través del haz tubular.

K

Coefficiente de calidad del hogar.

$\xi$

Factor que tiene en cuenta que aproximadamente el 3 % de la cantidad de vapor producida es enviada al cenicero y en consecuencia a través del haz tubular.

V

$m^3$ .

Volumen del hogar por encima de la parrilla.

K

Factor que define la bondad de la combustión en relación al exceso del aire.

Como se ve, esto permite realizar ensayos en una locomotora, con un determinado volumen del hogar, con una determinada sección de pasaje de gas, etc., y extrapolar para otros tipos de locomotoras y ver en cuanto cuantitativamente juegan los factores que definen la energía necesaria para producir la combustión en la parte gaseosa.

Lamentablemente no es posible presentar aquí en todo el detalle el desarrollo de la teoría, originariamente hecho para la combustión de fuel-oil porque la misma debe ser confirmada mediante concienzudos ensayos todavía en curso de ejecución. De cualquier manera, es posible dar una idea de los factores que intervienen, de hecho sirve de base para el diseño.

Al hacer un análisis de las aplicaciones, se encuentra que, en general, el determinante del consumo de energía es el proceso de mezcla por cuanto la mayoría de las máquinas disponen apenas de un volumen de hogar sumamente reducido. Para compensar esta deficiencia, es necesario efectuar la combustión en condiciones de un régimen importante de energía de turbulencia por unidad de volumen de hogar, lo que realza la importancia de alcanzarla mediante un sistema de tiro que sea capaz de producir esta energía en forma económica y, si es posible, todavía incrementando la performance de la máquina.

### Resultados prácticos alcanzados

Los apendices que acompañan al presente trabajo muestran en forma detallada los resultados de las mediciones de consumo de combustible y rendimientos de caldera, pudiéndose observar en los mismos que el balance calorico muestra muy bajas pérdidas por efecto de carbono no quemado, que generalmente es el valor que más interesa y que, a los efectos de las locomotoras, es el determinante no solo del rendimiento de la caldera, sino de la vaporización máxima de la misma.

El apendice adjunto que configura el informe de la Comisión Oficial encargada de efectuar ensayos de este sistema de combustión en Río Turbio es de por sí bastante claro.

### Desarrollo futuro

Como en todo trabajo de la ingeniería, a medida que se van realizando las aplicaciones aparecen los caminos por los cuales es posible el perfeccionamiento que conduzca a un menor esfuerzo humano global (es decir la máxima economía) para alcanzar el objetivo dado, en este caso, el remolque de trenes. Es así que, en aspecto teórico, como ya se ha dicho, se están realizando ensayos que permitan confirmar el grado de confianza que merece la teoría anteriormente expuesta y que constituye la herramienta cuantitativa que

posibilita el progreso, recordando el pensamiento de Lord Kelvin: "solo se sabe lo que se sabe medir y cuantificar".

En el aspecto práctico, interesa estudiar a fondo todos los detalles de la operación del foguista y de todos los agentes conectados al servicio de las locomotoras, a fin de que la materialización de las óptimas y deseables condiciones de operaciones que son consecuencia de la teoría tengan fácil concreción con el mínimo esfuerzo humano, es decir que el modo más fácil de llevar la combustión coincida con el mínimo esfuerzo, principio éste generalmente olvidado en el diseño de locomotoras.

Para el futuro se proyecta la aplicación de la grilla que se ha dado en denominar tipo "C", y que está basada en el principio de la trituradora de piedra. Como puede apreciarse en la figura los pequeños movimientos de los elementos de grilla permiten la descarga continua de las cenizas y, de formarse escorias por una causa cualquiera, las mismas son captadas por las grillas y trituradas fácilmente como se ha podido observar en los ensayos que recién comienzan.

La experiencia con calderas fijas ha mostrado que no siempre puede garantizarse la completa eliminación de las escorias ya que no siempre es posible garantizar una perfecta conducción del fuego. En las locomotoras este hecho no reviste mayor importancia, al menos para las condiciones de explotación sobre las que se ha podido recabar experiencia hasta el presente, ya que siempre el tráfico permite detenciones más o menos importantes en las cuales, de presentarse en estas formaciones, pueden ser fácilmente eliminadas.

No sucede así con las calderas fijas que deben trabajar en forma ininterrumpida durante días y días: estas pequeñas formaciones de escoria se acumulan sobre las parrillas en grado tal que determinan la paralización de las calderas por un tiempo no despreciable, con los consiguientes inconvenientes en la operación. Por ello, el desarrollo de la grilla tipo "B" ofrece marcado interés. Por

lo demás, es posible combinar su movimiento en forma mecánica con las ruedas de la máquina en modo de hacer de la descarga de cenizas un proceso continuo fácilmente regulable a voluntad en función de las circunstancias. También es posible aplicarles un cilindro a vapor del tipo utilizado en el motocompresor del freno de aire comprimido, cuya fácil regulación es obvia y cuya incidencia en la disminución del trabajo y atención del fogonero no hace falta detallar.

### Aplicación a calderas fijas

La combustión del carbón, cualquiera sea su tipo y características, es hoy un problema técnicamente resuelto, habiendo para el mismo muchas y muy variadas soluciones según sea el tipo de carbón de caldera, condiciones locales de explotación, etc. Dado que en las calderas fijas no se dan limitaciones de espacio, peso y volumen, el diseñador puede elegir a su mejor criterio el sistema de combustión que más se adapte a las circunstancias.

Ocurre sin embargo que en esta tecnología, como en todas, nunca está dicha la última palabra ya que se busca constantemente de reducir costos totales de explotación: costo de combustible; costo de evacuación de las cenizas; costo de mantenimiento de los equipos de combustión; cargas financieras; primer costo de instalación; costo de las interrupciones del servicio, sean regulares o intempestivas; costo de los márgenes de reserva; etc. La diferencia con el problema de las locomotoras es evidente, así como la variedad de diseños y condiciones a satisfacer es mucho mayor aún.

La aplicación del sistema de combustión a la gasógena tiene aquí que competir con otros sistemas de combustión que están altamente desarrollados. No se trata, como en el caso de las locomotoras, de encontrar una solución a problemas todavía vírgenes, sino de mejorar la explotación en su sentido económico. Aquí sin embargo las cosas se miden con una vara mucho más exigente y cualquier ventaja, por mínima que sea, es sopesada seriamente con mucha más

prolidad de lo que ocurre en la técnica ferroviaria.

La primera aplicación de este sistema de combustión ha sido realizada en el Frigorífico Swift de Río Gallegos y la figura muestra las líneas generales de la solución. La instalación se encuentra aún en período de experimentación, no disponiéndose aún de datos cuantitativos significativos.

La experiencia ha mostrado en esta instalación manual, de pequeña capacidad, que la grilla móvil oscilante normal no es suficiente para evacuar las cenizas en forma completamente satisfactoria ya que, como antes se ha dicho, no puede garantizarse un perfecto control de la escorificación por efecto de la intervención del factor humano y, en consecuencia, se abren interesantes posibilidades para la aplicación de la grilla rompeescoria tipo "B".

Esta instalación del frigorífico Swift en Río Gallegos también se caracteriza por condiciones económicas muy difíciles: carencia de mano de obra; trabajo de las calderas solamente en zafra (tres meses al año); disposiciones de provisión de carbón y evacuación de cenizas muy primitivas y, lo que es peor, una tendencia del mercado frigorífico en la zona a decrecer en el volumen de faena ofrecido en forma tal que las justificaciones de inversiones se hace muy difícil.

Cuáles podrían ser para el diseño de una caldera moderna, las ventajas del sistema de combustión a la gasógena? Simplicidad de instalación; insensibilidad completa al tipo de combustible quemado; posibilidad de utilizar finos con muy bajo arrastre de carbonilla (carry-over), lo que tiene particular importancia para el problema de la polvición atmosférica; instantánea respuesta a las variaciones de carga (20 segundos); disminución del mantenimiento de las parrilas por trabajar completamente frías bajo un lecho de cenizas; completa y fácil eliminación del humo; posibilidad de empleo del spreader-stoker con un perfecto control del arrastre de carbonillas y del humo; posibilidad de intensidades de combustión sumamente ele-

vadas, etc.

### Conclusiones

El progreso de la combustión del carbón es incesante en el afán de reducir costos, aumentar la confianza del equipo, utilizar combustibles no especialmente preparados, etc. La combustión a la gasógena un inesperado enfoque de la cuestión y su contribución al difícil problema de las locomotoras puede ser decisiva para que esta forma de tracción pueda sostener la competencia de las otras. Hemos escuchado muchas veces la opinión de que si hubiera llegado años antes quizá el panorama de dieselización no sería el que hoy presentan los ferrocarriles.

Cada generación de técnicos cree que ha alcanzado un límite satisfactorio del progreso posible, pero la historia enseña que siempre hay posibilidades insospechadas y que los hijos hacen las cosas mejor que los padres. En el caso del ferrocarril, nada obsta a mejorar o a hacer más baratas las performances que enorgullecieron y enorgullecen todavía hoy a las técnicos ferroviarios.

Se ha escuchado muchas veces que la locomotora de vapor ya ha alcanzado un estado de progreso tal que no es posible de sobrepasar: posiblemente quienes así hablan debieran cambiar la expresión "no es posible de sobrepasar" por otra: "no conocemos como sobrepasar". Evidentemente una negación nada prueba. La combustión a la gasógena ha convencido a muchos escépticos y, mirada desde el punto de vista de la explotación ferroviaria de nuestro país podría significar nada menos que salvar el enorme capital de locomotoras a vapor susceptible de utilizar una cantidad de carbón que fácilmente podría llegar a 1.000.000 t/año, carbón de Río Turbio que dejaría libres millones de calorías que tienen un inestimable valor como moneda internacional en este mundo convulsionado por el petróleo.

También caben las reflexiones que siguen:

- PANORAMA DEL CARBON EN EL MUNDO -

Cuando se considera la tasa de aumento en el consumo mundial de combustible líquido, el que como cualquiera de los otros combustibles fósiles es no renovable, y en la suposición de un uso de energía nuclear que difícilmente podrá substituir todos los múltiples usos que actualmente son servidos por energía térmica derivada del carbón y del petróleo, caben serias consideraciones que muestran que el porvenir del carbón reemplazado por el petróleo, dista de ser oscuro.

En efecto: la demanda de petróleo tiende en el mundo a duplicarse cada veinte años, esto es con un crecimiento logarítmico y es fácil darse cuenta que, por grandes que sean las reservas de petróleo aún no descubiertas es posible que no puedan aguantar tal grado de intensidad de explotación por un período que ya no debe contarse en siglos, sino en décadas, puesto que no existe ninguna razón para esperar un atemperamiento en la tendencia a la explotación de las fuentes de combustibles líquidos, ya que al presente apenas un tercio de la humanidad consume más del 85 % del combustible que se laborea en el mundo y que los otros dos tercios restantes, al demandar un constante creciente nivel de vida automáticamente demandan más combustibles.

La población del mundo entero por otra parte está creciendo en forma más bien rápida, y quizá dentro de veinte años, quizá más tarde pero no en el futuro distante, la humanidad deberá pensar que debe reservar el petróleo para atender aquellas necesidades que no pueden ser satisfechas por otros combustibles. Es en ese panorama que el carbón entra en escena y ciertamente sin mucha duda sobre la proximidad de la fecha en que ello ocurrirá, ya que aún un gran error en el orden de magnitud en la estimación de las reservas de petróleo no invalida el argumento aún en la hipótesis que esas reservas son 10 veces superiores a lo que se supone, ya que el acercamiento de su extinción como consecuencia de una creciente demanda

del tipo logarítmico retrasaría, en esa suposición, los límites calculados en solo cuarenta o cincuenta años.

El hecho de que las minas de carbón al presente en todo el mundo estén pasando por un período difícil motivado por una capacidad de producciones superior a la circunstancial demanda y por la inercia propia de una industria básica que exige la movilización de grandes masas de hombre, capitales, etc., así como la pasajera euforia de petróleo por las que pasa nuestro país poco habituado a plantear problemas de fondo de largas proyecciones en el tiempo, no debe falsear la muy seria perspectiva que debemos enfrentar en el panorama de la utilización de combustibles y caer en fáciles slogans, sin embargo son difíciles de concretar en argumentos cuantitativos.

La utilización del carbón de Río Turbio en nuestro país, tantas veces cuestionada en base al argumento simplista de que "para que dedicarse al carbón si tenemos tanto petróleo" debiera por el contrario ser apoyada más enfáticamente, si se quiere que no ya nuestros nietos, sino nuestros hijos, no nos echen en cara el haber pasado por alto las consideraciones que anteceden.

Las naciones son más o menos fuertes en no poca medida en función de sus disponibilidades energéticas y es por ello que cabe considerar un deber ciudadano el sustituir hasta donde sea posible aún renunciando al beneficio de la comodidad, toda caloría de petróleo por una de carbón.