

DEPOSITOS DE ESCORIA E INCRUSTACIONES EN CALDERAS (hoja 1)

Para que exista una combustión en calderas o procesos de llamarada abierta es necesario que existan los siguientes elementos:

1. Fuente de Energía (combustible)
2. Calor (arco de propano o similar)
3. Oxígeno (aire primario y aire secundario)

Aire Primario es el aire de atomización y el **Aire Secundario** es el aire de combustión.

El proceso de combustión en calderas se inicia con una purga y prepurga de la unidad durante la cual aún no existe flujo de combustible. **Es durante esta etapa que las presiones de la bomba de combustible, del aire primario y de la entrada y retorno de combustible deben ser seteadas de acuerdo a los parámetros del fabricante.** Una regla general que nos pueda proporcionar una base de criterio, son los parámetros de unidades Cleaver Brooks; calderas de diferentes marcas y modelos, obviamente utilizarán diferentes tipos de parámetros, pero de alguna manera, serán similares a los de las calderas CB. Estos parámetros nos indican que las presiones, **sin flujo de combustible**, deben ser seteadas de la siguiente forma:

Presión de bomba: 75 psi.
Presión de entrada de combustible: 35 a 45 psi.
Presión de aire atomizado: 10 psi.

El seteo se verá alterado durante las diferentes cargas de demanda del proceso, pero deben mantenerse dentro de los siguientes rangos:

Bajo fogueo: 5% a 30% de carga (5% estándar)

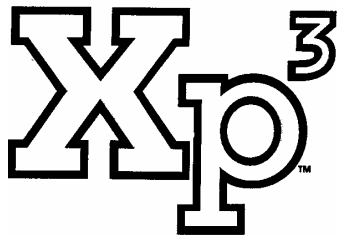
Presión de bomba de combustible: 80 psi.
Presión de aire atomizado: 10 – 12 psi.
Presión de entrada de combustible: 40 – 45 psi.
Presión de retorno de combustible: 30 – 35 psi.
Precalentamiento de combustible: 200 – 210 °F

Medio fogueo: 30% a 70% de carga (50% estándar)

Presión de bomba de combustible: 80 - 100 psi.
Presión de aire atomizado: 18 – 20 psi.
Presión de entrada de combustible: 40 – 45 psi.
Presión de retorno de combustible: 30 – 35 psi.
Precalentamiento de combustible: 200 – 210 °F

Xp Lab, Inc.

946 HAWTHORN ST. SAN DIEGO, CA 92101
TEL. (619) 233-3111 FAX: (619) 233-3112
Xp3@xplab.com <http://www.xp3.com>



DEPOSITOS DE ESCORIA E INCRUSTACIONES EN CALDERAS (hoja 2)

Alto fogueo: 70% a 100% de carga (100% estándar)

Presión de bomba de combustible:	80 - 100 psi.*
Presión de aire atomizado:	20 – 22 psi.
Presión de entrada de combustible:	40 – 60 psi.
Presión de retorno de combustible:	30 – 60 psi.**
Pre calentamiento de combustible:	200 – 210 °F

(*) Pueden darse casos de psi. encima de 100, pero no deben exceder las 110 psi.

(**) La igualdad de presiones entre entrada y retorno de combustible bajo ciertas condiciones, no es alarmante durante alto fogueo.

Como se puede apreciar, el pre calentamiento del combustible pesado debe ser seteado y mantenido durante el proceso, **entre 200 y 210 grados fahrenheit.**

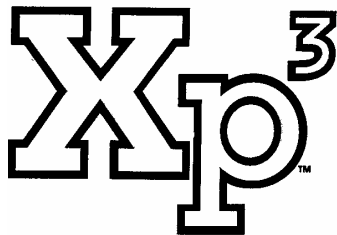
Una vez que los parámetros de presiones se encuentren establecidos, el proceso se inicia con el recorrido o barrida de la purga y pre-purga, seguida por el encendido de un arco de fuego, generado normalmente por gas propano. Al momento que el ojo de fuego reconoce que existe llamarada (arco de fuego), esta envía información al panel de control y la válvula de combustible es abierta, permitiendo el flujo del mismo al ser introducido a presión.. Cuando el combustible entra en contacto con el aire atomizado y el arco de combustible, se dará inicio a la combustión, optimizada por el aire **secundario o aire de combustión**, también conocido como **exceso de aire**.

Es muy importante que las presiones y el pre calentamiento de fuel se encuentren debidamente seteadas, o la operación será ineficiente, produciendo **residuos e incrustaciones** en el interior de la caldera, independientemente de que el combustible haya sido mejorado con Xp3.

Lo anteriormente expuesto nos proporciona conocimiento del seteo y arranque de una caldera. A continuación analizaremos con mas profundidad los efectos de una combustión ineficiente, así como otras circunstancias que afectan negativamente en la eficiencia de la combustión de una caldera. Para esto debemos tener conocimiento generalizado de los elementos problemáticos existentes en los combustibles pesados, ya sean estos **búnker C, búnker, combustóleo, fueloil #6**, etc. Estos combustibles contienen una extensa lista de compuestos que complican para lograr una combustión **eficaz, limpia y completa**. Para este informe, nos concentraremos en el contenido de **agua, azufre, asfaltenos, sodio y hierro**, ya que estos elementos son los de **mayor envergadura en la creación de depósitos e incrustaciones corrosivas**.

Xp Lab, Inc.

946 HAWTHORN ST. SAN DIEGO, CA 92101
TEL. (619) 233-3111 FAX: (619)233-3112
Xp3@xplab.com <http://www.xp3.com>



DEPOSITOS DE ESCORIA E INCRUSTACIONES EN CALDERAS (hoja 3)

Existen muchas y variadas razones que pueden influir en la eficiencia de una caldera; desde la captura de condensado, agua de alimentación, tratamiento de agua de alimentación, condiciones de la tubería, quemadores, dampers, purgas de fondo, etc.

En lo que refiere a combustible, los controles descritos con anterioridad, nos dan la pauta de si la operación es adecuada o indebida. En el caso de que los controles de la caldera no se encuentren seteados debidamente, es muy posible que el resto de la operación pueda estar inaceptable.

Las incrustaciones y depósitos encontrados en calderas, se deben a la ineficacia de combustibles pesados en quemarse o combustionarse en su totalidad.

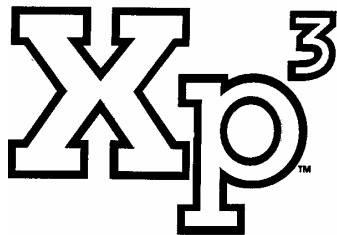
Independientemente de que los controles se encuentren 100% aceptables, siempre existirán problemas de incrustaciones y depósitos debido a la presencia en el combustible de los elementos mencionados con anterioridad. Las especificaciones o normas internacionales indican que un fueloil #6, debe cumplir con las siguientes especificaciones:

Gravedad API a 60 °F	11.5
Viscosidad cinemática Seg. Seybolt Furol	
Mínima – Máxima a 122 °F	45 - 301
Contenido máximo de agua (%)	0.75
Sedimento máximo en extracción (% en masa)	0.5
Azufre (% de masa)	3.5
Vanadio PPM	300
Cenizas (% de masa)	0.1

Como se puede apreciar, los requisitos son bastante “liberales” y sumado al deterioro del crudo, los procesos de refinamiento dejan mucho que desear hoy en día. Lo mencionado mas la falta de control sistemático por parte de los gobiernos de varios países en desarrollo, redundan en una baja calidad del combustible.

Xp Lab, Inc.

946 HAWTHORN ST. SAN DIEGO, CA 92101
TEL. (619) 233-3111 FAX: (619)233-3112
Xp3@xplab.com <http://www.xp3.com>



DEPOSITOS DE ESCORIA E INCRUSTACIONES EN CALDERAS (hoja 4)

Reacciones y resultados de elementos dañinos durante el proceso de combustión (llamarada abierta)

Agua y azufre: El combustible pesado contiene altos porcentajes de agua y azufre, ya sea por razones de refinamiento, manejo y/o almacenamiento. El contenido de **azufre**, ya sea en forma elemental o como sulfito de hidrógeno, sulfitos mercaptanes, disulfitos, tiófenos o polisulfitos, reaccionan con el oxígeno durante el proceso de combustión, formando **trióxido de azufre** (SO₃). La cantidad de **SO₃** en función del **exceso de aire** presente en el proceso, **combinado con agua** o humedad y catalizado por el **pentóxido de vanadio** y el **óxido de hierro**, se transforma en **ácido sulfúrico** (H₂SO₄)

En **calderas de gran dimensión**, por la alta temperatura de la llama, el **oxígeno (O₂)** es quebrantado a **oxígeno atómico (O)**, el que se adhiere a cualquier **átomo libre**, formando el **SO₃**. Esto ocurre en la parte mas caliente de la llama, la que puede estimarse entre los rangos de **3.400 a 3.800 °F**.

En **calderas de menor dimensión**, la temperatura de la llama puede estar entre **2.400 y 3.200 °F**, por la tanto la formación de **SO₃** es el resultado directo del **exceso de oxígeno combinado con el vanadio o con la catalización del hierro**.

La presencia de ácido sulfúrico se puede apreciar sobre la tubería, refractario, garganta del quemador y el hogar; es de color amarillento y altamente corrosivo. Es normal que un refractario que no ha sido debidamente fraguado durante la contracción lenta de la caldera, tienda a fracturarse y además, las incrustaciones o depósitos de ácido sulfúrico, acelera el proceso de descomposición del refractario hasta dejarlo totalmente destruido. A la vez, las incrustaciones sobre los tubos, resultarán en fallas de los mismos.

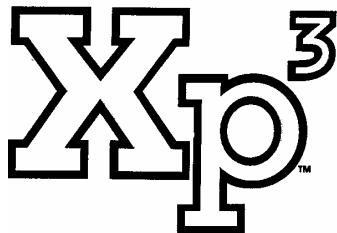
Para evitar estos ataques de ácido, debemos asegurarnos que la operación de la combustión contenga el menor porcentaje de **O₂** posible (**2% a 3%**) y por consiguiente el menor porcentaje de **exceso de aire** (**7% a 20%**).

En casos reales de operación, se ha comprobado que porcentajes por debajo de los mencionados utilizando combustible pesado con Xp3, normalmente incrementa la generación de monóxido de carbono (CO), por lo tanto no es recomendable operar tan cerca de estequiometría.

El **azufre contiene unos 4000 BTU de poder calorífico** por libra que normalmente no se aprovechan por razones operacionales y especificaciones del combustible. Con la **dispersión molecular del agua en el combustible, Xp3** puede mejorar esta situación, que sumado al conocimiento y control de los parámetros de operación podríamos proporcionar un mejor quemado de los inflamables. El poder calorífico del azufre mas el del **hidrógeno (325 BTU por pie cúbico)**; éste último obtenido por la **ionización molecular del agua** lograda por Xp3, podrían ser en parte aprovechados, incrementando considerablemente la eficiencia de la combustión y por ende el rendimiento de la caldera.

Xp Lab, Inc.

946 HAWTHORN ST. SAN DIEGO, CA 92101
TEL. (619) 233-3111 FAX: (619) 233-3112
Xp3@xplab.com <http://www.xp3.com>



DEPOSITOS DE ESCORIA E INCRUSTACIONES EN CALDERAS (hoja 5)

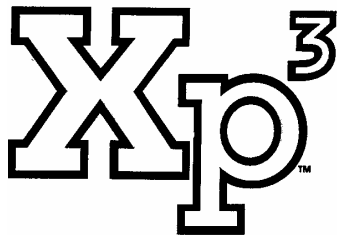
Asfaltenos: Estos contienen un poder calorífico mínimo y no necesariamente se convertirán en pérdidas de inflamables, pero definitivamente causarán incrustaciones y depósitos severos en el hogar y participarán en el disparo de cenizas, siendo estos último muy dañino para el proceso y sobre todo para la tubería, ya que al estar cargados de vanadio, se convertirá en pentóxido de vanadio. Adicionalmente, si no se contara con un precalentamiento adecuado, o si este es oscilante y sabiendo que cada despacho de combustible puede variar de viscosidad, ya sea por la refinación o por temperatura ambiente, se generarán daños y problemas con las bombas, filtros y con la estabilización del combustible.

Vanadio: Este elemento cuyo porcentaje en el combustible varía de acuerdo a la refinación, se encuentra en complejos orgánicos solubles y se descompone en el proceso de combustión. El producto inicial de la combustión es **trióxido de vanadio (V₂O₃)**, el cual, teóricamente pasará a través de la caldera en forma de polvo seco sin ocasionar problemas de escoria o corrosión, pero al existir una **oxidación adicional acelerada del V₂O₃** ocasionada por **altos excesos de aire**, se obtendrá como resultado el **pentóxido de vanadio (2V₂O₅)**, que también se puede combinar con elementos como níquel, sodio y hierro formando otros puntos de bajo derretimiento de los compuestos de vanadio. El resultado es esto es un incremento en pérdidas de ciclones y un desmesurado aumento de la temperatura de chimenea, resultando así en disminución de la eficiencia y en grandes pérdidas por costos de mantenimiento al intentar remover la escoria endurecida de vanadio. Adicionalmente, el refractario, por su porosidad es atacado y éste y los depósitos de escoria se expanden y se contraen en muy diferentes proporciones, rajando y desintegrándolo.

El vanadio es responsable de la mayoría de los depósitos e incrustaciones de escoria alojada sobre las zonas calientes, así como por los problemas de corrosión en el lado del fuego de la caldera.

Xp Lab, Inc.

946 HAWTHORN ST. SAN DIEGO, CA 92101
TEL. (619) 233-3111 FAX: (619) 233-3112
Xp3@xplab.com <http://www.xp3.com>



DEPOSITOS DE ESCORIA E INCRUSTACIONES EN CALDERAS (hoja 6)

Conclusiones:

Para evitar estos problemas es primordial **asegurarse de que la operación sea mantenida conforme a los parámetros óptimos de eficiencia**; esto implica que se debe comprender y revisar toda la operación, que se inicia con el manejo del combustible en el depósito hasta las lecturas de los controles de la caldera durante todas las diferentes demandas de trabajo.

Si bien **Xp3 definitivamente estabilizará el combustible** de tal manera que su grado de eficiencia sea el mejor, una operación indebida puede obstaculizar, reducir y hasta eliminar los beneficios proporcionados por nuestro mejorador de combustibles.

La reducción de incrustaciones, depósitos y hollín puede lograrse a través de una operación correcta y apropiada en todos los rubros, aunque siempre existirá cierta presencia de estos contaminantes, pero **siempre en un porcentaje muy inferior que si no se utilizara Xp3**.

La estabilización del combustible por parte de Xp3, combinado siempre con una adecuada operación, logrará convertir los inflamables en parte del proceso, incrementando la eficiencia de la combustión y de la caldera y reduciendo al mínimo las incrustaciones.

Vale aclarar que **Xp3 no va a solucionar problemas mecánicos** existentes en la operación y **como ejemplo** podemos decir que si bien la **presencia de ácido sulfúrico puede evitarse con Xp3**, si la caldera tiene **problemas por expansión de tubería**, la que puede estar indebidamente ajustada generando así presencia de **humedad en la cámara de quemado**; esto no debe confundirse con el **vapor atomizado el que es quemado en el proceso**.

Aunque Xp3 aliviana el combustible pesado e impide la aglomeración de los asfaltenos del mismo, un **precalentamiento extremo** (muy alto o muy bajo), igualmente causará depósitos, incrustaciones y desperos de ceniza en el proceso, así como problemas de llama, humo negro, depósitos en los economizadores, etc.

Demos asegurarnos de la calidad de la operación y comprenderla claramente para así obtener un óptimo resultado con Xp3.

Xp Lab, Inc.

946 HAWTHORN ST. SAN DIEGO, CA 92101
TEL. (619) 233-3111 FAX: (619) 233-3112
Xp3@xplab.com <http://www.xp3.com>