



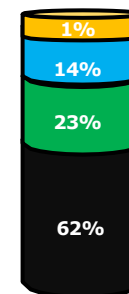


**REFINERIA SIN FUEL OIL
SIN RESIDUOS**

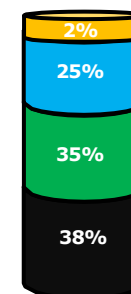
Ubicación dentro del esquema de la refinería

- ✓ La Unidad de Coker aumenta la rentabilidad y complejidad de la refinería logrando una alta conversión del barril de petróleo en productos liviano.
- ✓ Esto permite a la refinería procesar crudos de menor costo (peor calidad) y todavía producir combustibles.
- ✓ El tipo de alimentación y su origen, impactan la operación y calidad de los productos del Coker:
- ✓ Crudos de bajo costo necesitan una gran cantidad de procesamiento para convertir los productos pesados en líquidos de alta calidad que pueden ser vendidos como combustibles.
- ✓ Crudos de alta calidad permiten producir Coke de alto valor y requieren de menor grado de severidad en el procesamiento de las corrientes líquidas.
- ✓ Todos los productos líquidos del Coker requieren procesamiento adicional en otras unidades de la refinería.

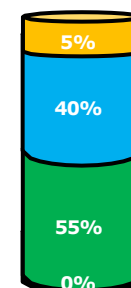
Crudo Pesado



Productos



Refinería
simple



Refinería
compleja

Principales Rendimientos y Productos

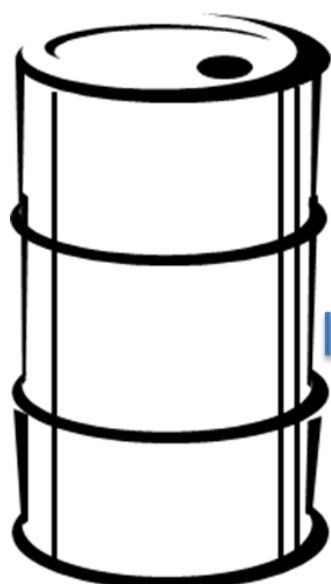
Transformación del Barril de Crudo

Destilación: 19.600 m³/d (123.282 bbl/d)

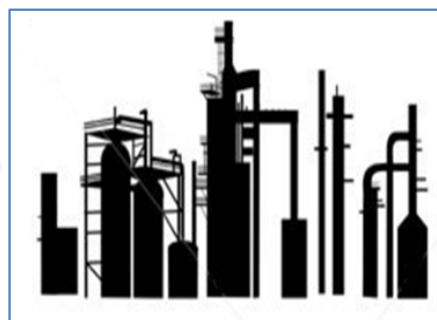
Conversión: 13.500 m³/d (84.900 bbl/d)

HDS (N+GO): 7.970 m³/d (50.120 bbl/d)

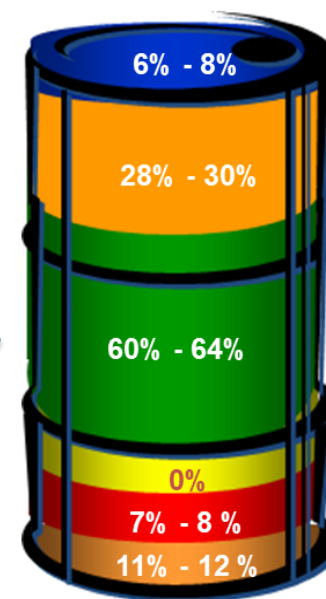
Índice de Complejidad: 11,5



CRUDO



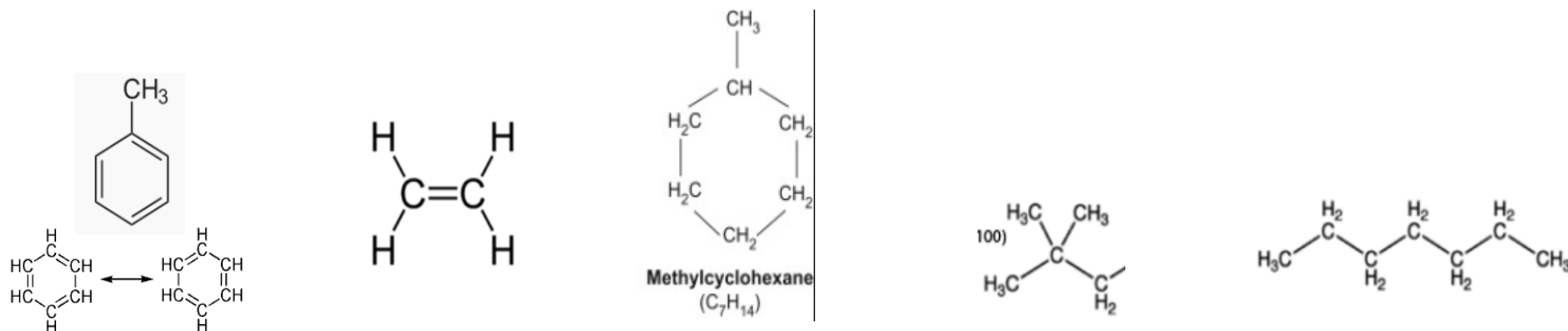
PROCESAMIENTO



RENDIMIENTOS

- GLP
- Naftas
- Destilados Medios
- Fuel Oil
- Carbón
- Consumos y Mermas
% en Peso

Escala de RON



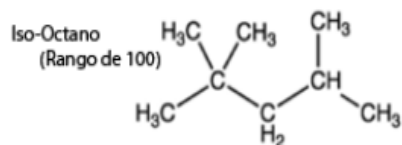
120

90

75

42

0



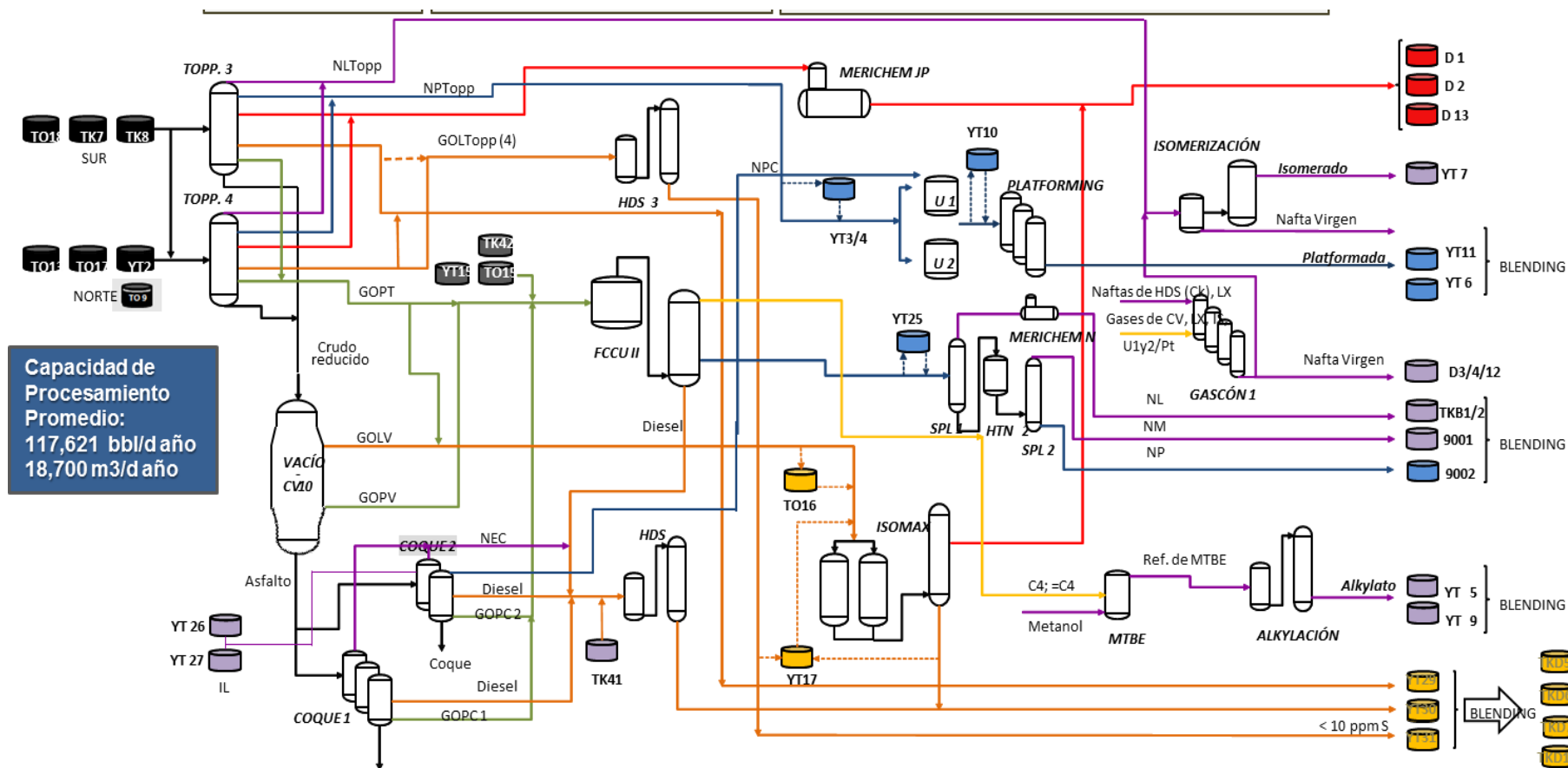
Ubicación dentro del esquema de la refinería

Refinación

Conversión

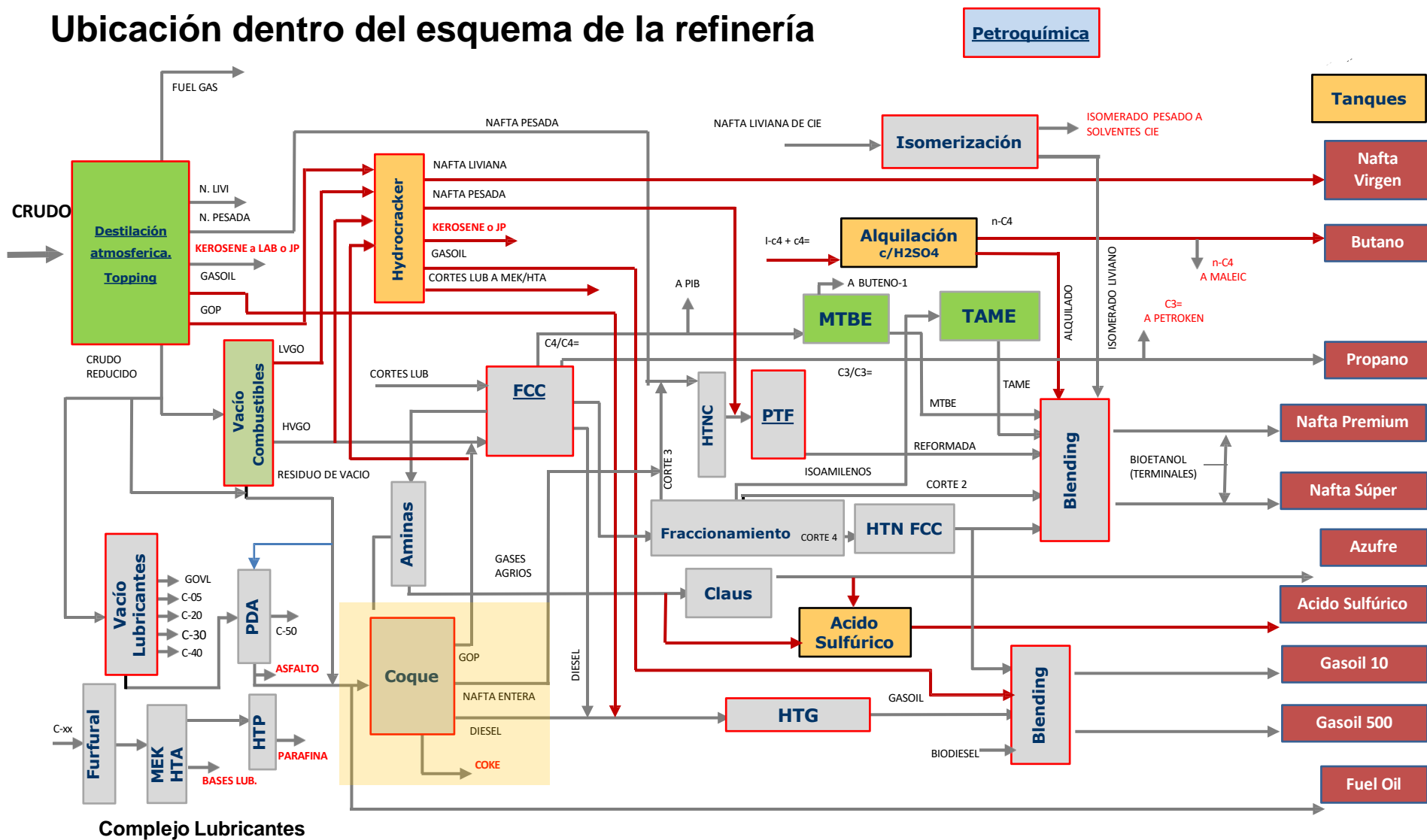
Upgrading

Blending



Complejo Industrial Luján de Cuyo

Ubicación dentro del esquema de la refinería



Unidad de Coke (Delayed Coker)

- El Coker es una unidad que convierte el fondo del barril de bajo valor (fuel oil y asfalto) en componentes de mayor valor como gases, LPG, nafta, diesel y carbón.
- El proceso de coquización puede explicarse como la descomposición térmica de las moléculas de hidrocarburos de alto peso molecular en moléculas más pequeñas.
- El principio del proceso de coquización retardada es simple, pero en la práctica es complejo.



Coke 1 - CILC



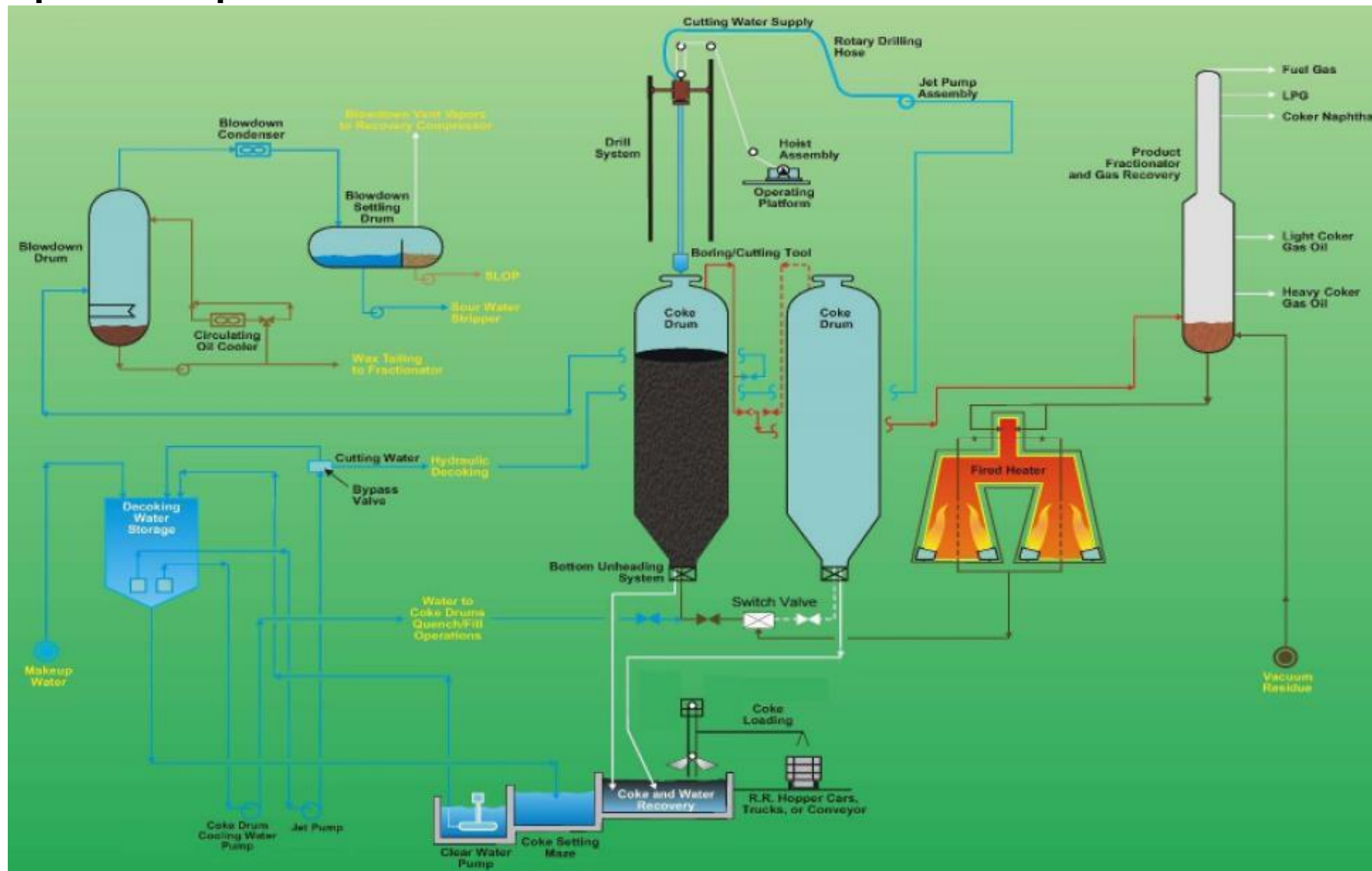
Coke 2 - CILC



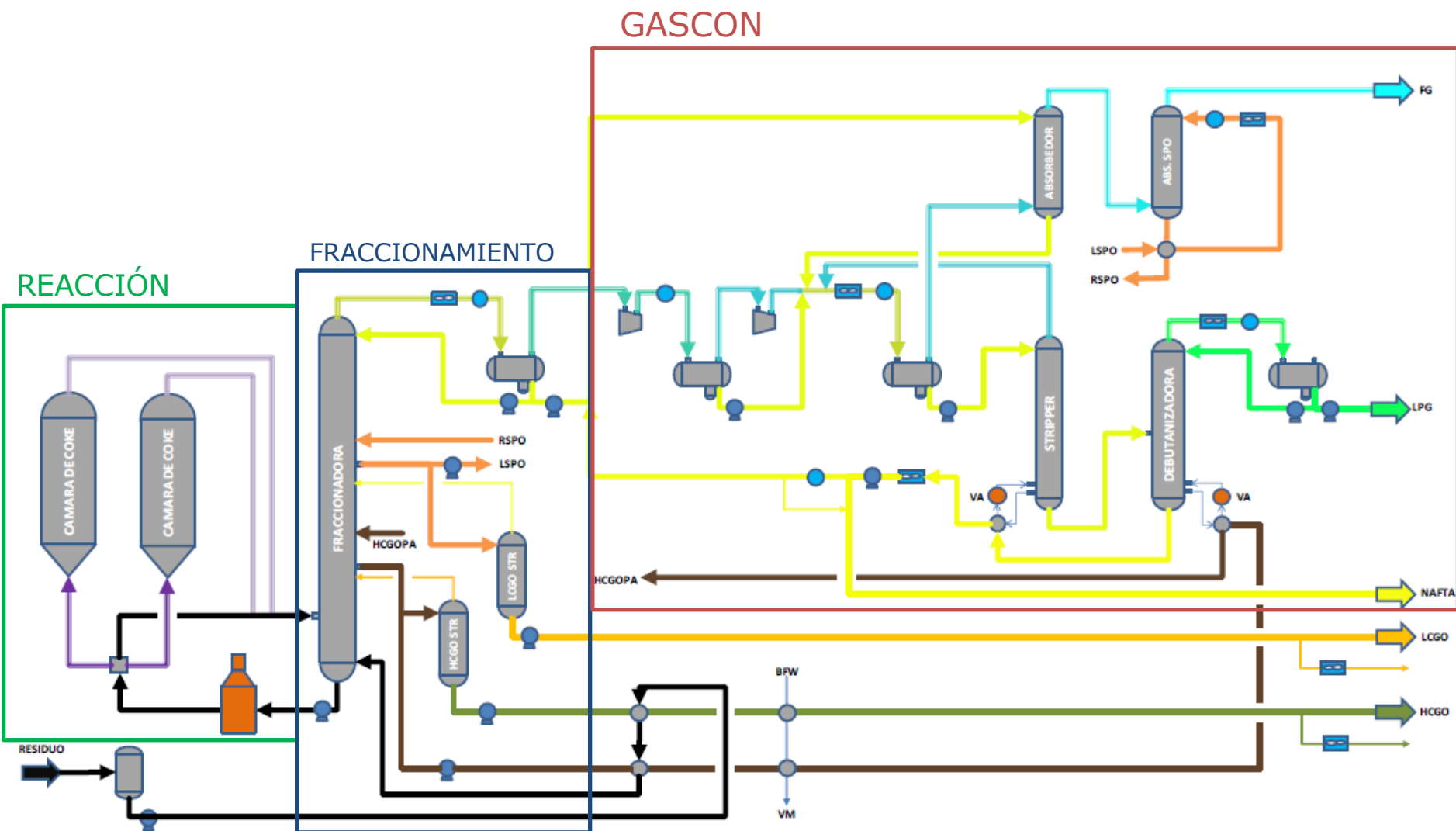
Coke A - CILP

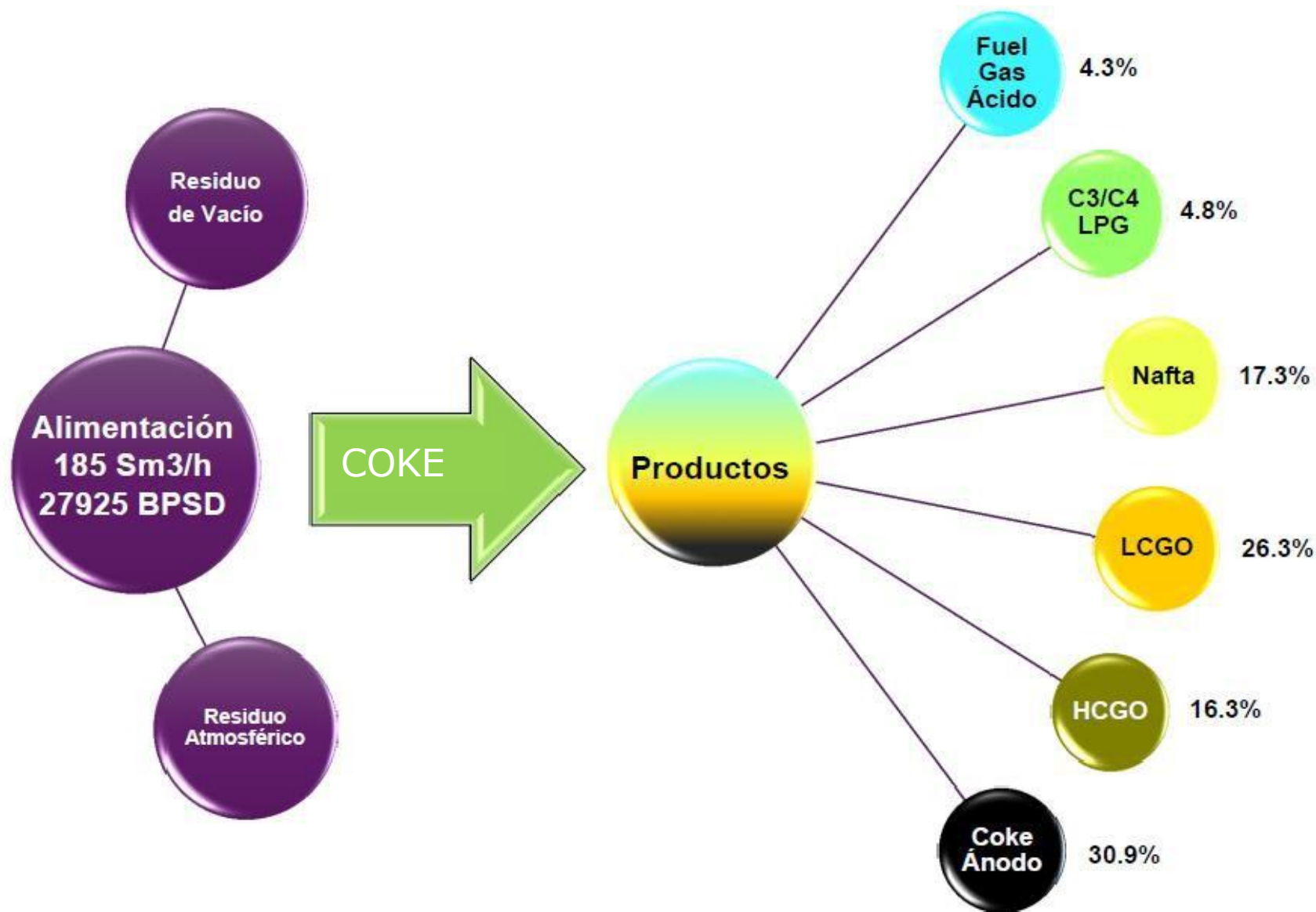


Coke B - CILP



División conceptual de la unidad





Alimentación : Residuo de Vacío

Caso : Normal

	M ³ /día	°API	Kg/hr
Alimentación	3000	10,6	124255
Reciclo (15 LV%)	450	9,8	18737
Alimentación + Reciclo	3450	10,5	142992

Productos	TBP °C	M ³ /día	°API	Kg/hr	%
Gas de Coque	C ₁ /C ₂			7231	5,8
C ₃ /C ₄	C ₃ /C ₄			6810	5,5
Nafta ligera	C ₅ -127	284	72,2	8201	6,6
Nafta pesada	127-154	92	53,9	2900	2,3
Gas oil ligero	154-360	1134	33,4	40451	32,6
Gas oil pesado	360+	619	10,7	24243	19,5
Coque				34419	27,7
Total				124255	

Productos del Coker	¿Donde se envia y por qué?	¿Cuál es la disposición final del producto?
Fuel Gas ácido y LPG	Planta de gas o tratamiento con Aminas para remover H ₂ S y mercaptanos	Gas combustible de refinería y venta de LPG
Nafta	Hidrotratador de Nafta para remover azufre y nitrógeno	Reformador catalítico de nafta pesada o isomerización nafta ligera
Gasoil Ligero LCGO	Hidrotratador de Diesel para remover azufre y nitrógeno	Jet y diesel combustible ventas o alimentación a Unidad de Hidrocrackeo
Gasoil Pesado HCGO	Hidrotratador de Gasoil para remover azufre y nitrógeno]	FCC o Unidad de Hidrocrackeo
Coque grado ánodo	Horno de calcinación para eliminar materia volátil	Para producir ánodos para su uso en la producción de aluminio
Coque grado combustible	Ningún tratamiento que no sea desecación	Combustible para hornos de cemento o como sustituto parcial del carbón en las calderas

Nafta, GOL y GOP de Coke



Tipo de carbón



- Coke tipo esponja.
- Grado combustible o grado ánodo dependiendo de la calidad de la alimentación.
- Coque de grado ánodo debe ser calcinado antes de usarlo para hacer ánodos.
- Coke grado combustible. Aglomeración de esferas de diferente tamaño desde pelotas de golf hasta balones de fútbol.
- Coke tipo perdigón tiene un precio más bajo debido a las dificultades de manipulación y su alta dureza. Se produce por alto contenido de asfaltenos en la alimentación y condiciones severas.

Características de los productos

Condiciones en el Límite de Batería

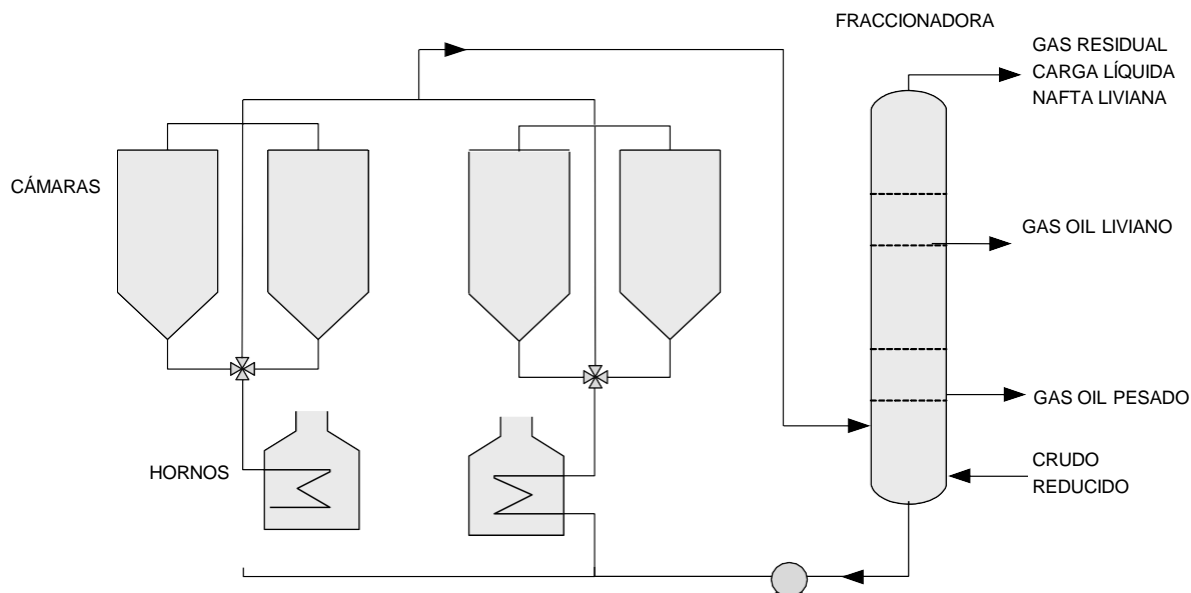
	Residuo de Vacío				Presión Kg/cm ² g	Temperatura °C
	Máx. Nafta	Normal				
Gas de Coque (seco)			Gas Oil ligero a:	FCC Existente	3,5	200 (Máx.)
Peso molecular	19,6	19,6		Hidrotratamiento	5,1	200
H ₂ S, %peso	1,2	1,2		Tanques	6,0	52
C ₃ /C ₄			Gas Oil pesado a:	FCC	5,0	266(Máx)/158(Mín)
Peso molecular	48,5	48,5		Tanques	5,0	60
H ₂ S, %peso	0,06	0,05		FCC Existente	5,0	200 (Máx)
Nafta Ligera			Aguas Ácidas		3,5	66 (Máx)
TBP, °C	C ₅ -127	C ₅ -127	Aceite Recuperado		5,3	66
° API	72,2	72,2	Fuel Gas		8,1	42
Presión Vapor			C ₃ /C ₄		24,8	39
Reid, Kg/cm ²	0,70	0,70	Nafta Ligera		4,9	38
Azufre, %peso	0,05	0,04	Nafta Pesada		4,9	38
Nafta Pesada			Nafta Total (Operación Alternativa)		4,9	38
TBP, °C	127-185	127-154	Residuo de Vacío de la Nueva Unidad de Vacío		2,8	238
° API	50,0	53,9	Residuo de Vacío de la Unidad de Vacío Existente		3,5	160
Azufre, %peso	0,06	0,06	Residuo Atmosférico de la Unidad Existente		3,0	160
Gas Oil Ligero			Residuo Atmosférico del Almacenamiento		0,0	160
TBP, °C	185-343	154-360				
° API	33,6	33,4				
Azufre, %peso	0,09	0,09				
"Flash Point", °C	65	60				
"Pour Point", °C	-15	-15				
Gas Oil Pesado						
TBP, °C	343+	360+				
° API	19,3	18,7				
Azufre, %peso	0,17	0,17				
"Flash Point", °C	65	65				
Coque						
Azufre, %peso	0,45	0,45				
VCM, %peso	9-11 (Máx.)	9-11 (Máx.)				
Contenido Carbón %peso	94,9 (Mín.)	94,9 (Mín.)				
Contenido Hidrógeno %peso	4 (Max.)	4 (Max.)				

Descripción del proceso

Proceso térmico que tiene por finalidad la ruptura (cracking) de cadenas de hidrocarburos de alto peso molecular, mediante la acción combinada de alta temperatura y tiempo de residencia.

La carga ingresa a la Unidad, es calentada y posteriormente craqueada en las cámaras donde se buscan condiciones apropiadas de presión y temperatura durante un largo tiempo.

Los gases de la reacción que salen de las cámaras van a una fraccionadora donde se separan los productos: Gas Residual, LPG, nafta, gas oíl liviano, gas oíl pesado y carbón.

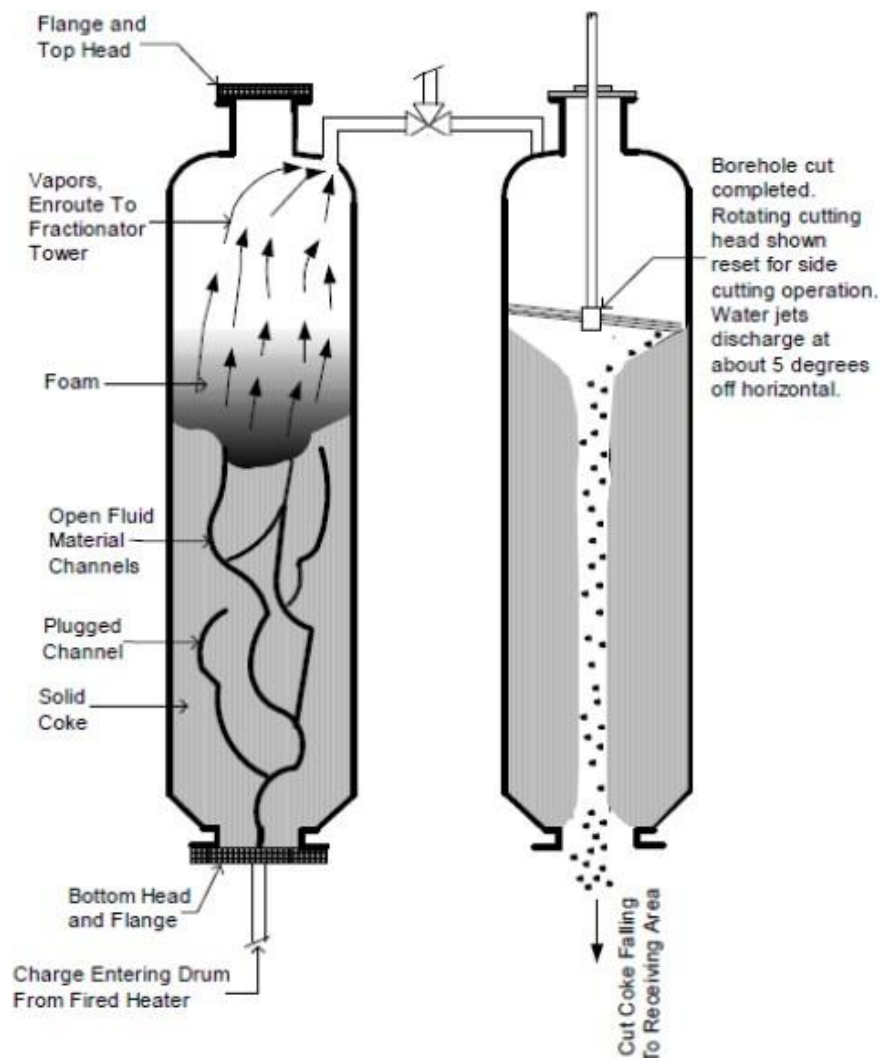


Descripción del proceso

La coquización retardada es una reacción endotérmica, en el cual el calor de reacción necesario se suministra a través del horno. El mecanismo exacto de la coquización es muy complejo, por lo que resulta imposible determinar todas las reacciones químicas que intervienen en el mismo. No obstante las mismas se pueden clasificar en:

Reacciones Primarias: Se producen **rupturas** de largas moléculas obteniendo parafinas, olefinas, ciclo olefinas y aromáticos.

Reacciones Secundarias: Fundamentalmente reacciones de **polimerización** y **condensación**, que finalmente dan lugar a la formación de coque. Las mismas requieren mayor tiempo de residencia.



Residuos de Crudos Pesados se caracterizan por:

- ▶ **Alta Viscosidad:** requiere mayor temperatura para que fluya fácilmente. En general, el residuo deben mantenerse por encima de 121-149°C para evitar que se taponen las tubería y equipos.
- ▶ **Alto Contenido de Azufre:** mayor contenido de azufre en los productos Mayor contenido de H₂S en el Fuel Gas.
- ▶ **Alto Contenido de Nitrógeno:** mayor contenido de nitrógeno en los productos. Más amoníaco se producirá (NH₃).
- ▶ **Alto Contenido de Carbón (CCR):** aumenta la producción de coque y fuel gas; disminuye la producción de Nafta, LCGO y HCGO.
- ▶ **Alto Contenido de Asfáltenos:** aumenta la probabilidad de producir coque tipo perdigón (de alta dureza y difícil de cortar).
- ▶ **Alto Contenido de metales:** catalizan la reacción de condensación y aumentan el ensuciamiento del horno.

Operación del Coker - Craqueo térmico

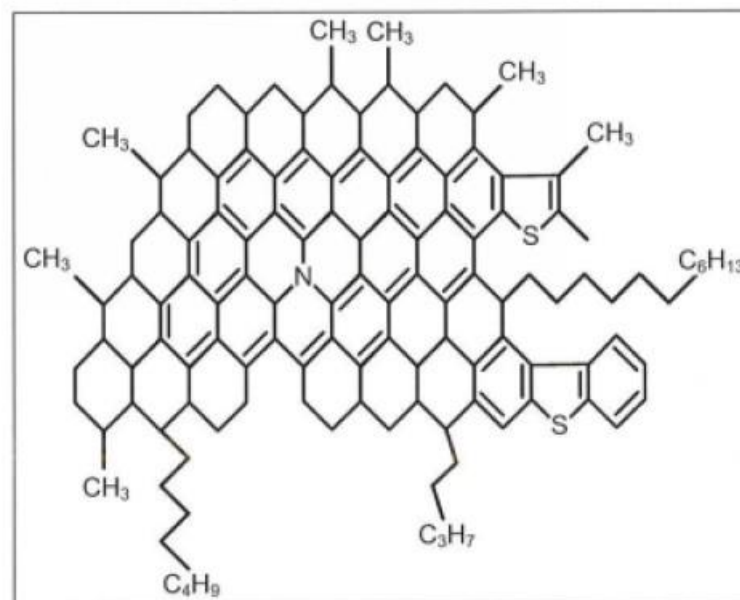
Conceptos químicos:

Asfaltenos: Moléculas grandes de hidrocarburos (C50 a C500) con punto de ebullición atmosférica encima 538°C. Consistente de parafinas, olefinas, naftenos, y aromáticos todos unidos. Las moléculas de asfaltenos se encuentran en el residuo, el principal componente del asfalto de carreteras. Los asfaltenos confieren al crudo y al residuo el color negro. Figura 4-6 muestra una molécula de Asfaleno, contenido en el residuo alimentado al Coker.

Craqueo térmico: es el proceso empleado en el Coker para convertir el Residuo de bajo valor en moléculas más pequeñas, de mayor valor que componen los productos de Coker.

Craqueo: es el término usado cuando se refiere al proceso de ruptura de enlaces: carbono-carbono, carbono-hidrógeno, carbono-azufre, carbono-nitrógeno o de carbón-metales.

Independientemente de la tipo de ruptura de enlace, todas las *reacciones de craqueo son endotérmicas*, lo que significa que la reacción requiere calor para producirse.



El Craqueo térmico se lleva a cabo en tres pasos distintos:

- Craqueo en el Horno
- Craqueo del Líquido en la Cámara
- Craqueo de vapor ascendente a través de la Cámara

Craqueo en el Horno: Craqueo térmico comienza en el horno, a medida que se parten los enlaces de las ramificaciones de hidrocarburos en la molécula de residuo. Los hidrocarburos liberados en este craqueo inicial son moléculas típicamente ligeras que se vaporizan inmediatamente. En la figura 4-7 se muestra este fenómeno. La mayor parte del gas producido es en forma de metano (CH_4) e hidrocarburos livianos.

Craqueo del Líquido en la Cámara: Craqueo térmico es la reacción primaria que se produce en las cámaras de coque. La variables clave de operación en la cámaras son presión ($1.2\text{-}1.6 \text{ kg/cm}^2\text{g}$) y temperatura ($500\text{-}513^\circ\text{C}$). En estas condiciones, en promedio, las moléculas de residuo requieren aproximadamente 30 minutos de tiempo de residencia para comenzar a craquear.

Craqueo de vapor ascendente a través de la Cámara: El craqueo térmico continúa después de que las moléculas en fase líquida craquean para producir vapor. A medida que el vapor asciende por el lecho de coque, algunas de las moléculas de vapor se parten en moléculas mas livianas. El vapor que sale por cabeza, es enfriado para detener el proceso de craqueo térmico.

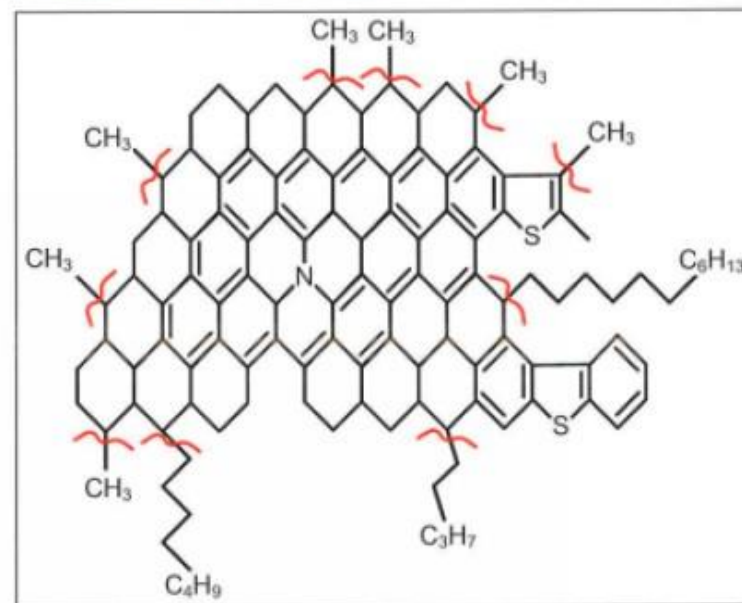


Figure 4-7. Thermal Cracking in Heater

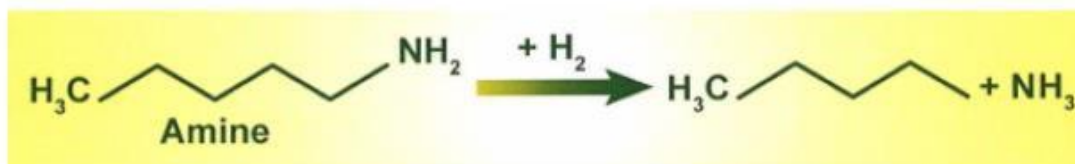
Formación de H₂S y NH₃ por craqueo térmico:

La eliminación de azufre de una molécula de hidrocarburo a través de la ruptura de enlaces es una forma específica de craqueo que se produce en las cámaras de coque.



En el ejemplo anterior, una molécula de "sulfuro" es cortada en dos diferentes lugares (marcados por las líneas onduladas), eliminando el átomo de azufre de la molécula de hidrocarburo. Hidrógeno es tomado y una molécula de H₂S es formada. Debido a la gran cantidad moléculas de azufre en el residuo (alimentación), una gran cantidad de H₂S se genera en las cámaras de coque y está presente en los productos aguas abajo.

De la misma manera que el azufre, el nitrógeno es removido de una molécula. La reacción más simple es desnitrogenación de una amina a través de craqueo. Se consume una molécula de hidrógeno y se forma una molécula de amoníaco (NH₃):



En el ejemplo anterior, el hidrógeno se utiliza para formar un nuevo hidrocarburos durante el proceso de craqueo. Si bien no existe hidrógeno libre, el hidrógeno es tomado de la molécula de residuo como parte del proceso de craqueo, cuando esto sucede, una olefina o aromático se formará a partir de una molécula de parafina.

Formación de Coque:

Coque: es el subproducto sólido del proceso de craqueo, que se forma lentamente hasta conformar el lecho de coque.

El proceso se denomina “coquización retardada” puesto que el objetivo es demorar lo más posible el craqueo y la formación de coque hasta después que el residuo sale del horno y entra en las cámaras de coque.

Esto se logra mediante el diseño apropiado del horno y la inyección de agua en la entrada del horno, la cual vaporiza inmediatamente y acelera el flujo a través de los tubos; esto reduce la tasa de acumulación de coque en los tubos de dos maneras:

- Reduce el tiempo de residencia y así minimiza el craqueo térmico en el horno
- Barre parte del coque producido en el horno hacia las cámaras

Composición del Coque: El Coque se compone principalmente de moléculas de carbono con una pequeña cantidad de moléculas de hidrógeno. En la tabla 4-3 se muestra una distribución típica de contaminantes provenientes de la alimentación. Según esto el coque conserva la mayoría del nitrógeno, casi la mitad del azufre y prácticamente la totalidad de la metales de la alimentación.

Tabla 4-3. Distribución típica de contaminantes provenientes de la alimentación en los productos

CORRIENTE	NITRÓGENO	AZUFRE	METALES
Fuel Gas	0,8	28	-
Nafta	0,2	1	-
LCGO	5	9	-
HCGO	12	16	
Coque	82	46	100

La cantidad y calidad de los productos están directamente relacionadas con las siguientes variables de proceso:

- Temperatura
- Presión
- Reciclo
- Tiempo de Residencia
- Tipo de carga

Temperatura: Las reacciones de cracking se inician por encima de los 400 °C, en tanto que la temperatura usual de reacción es de los 490°C - 505 °C.

Los tiempos de reacción para formar coque son menores a mayor temperatura. Un aumento de la temperatura disminuye la producción de coque y aumenta el rendimiento de productos líquidos.

Aumento de la presión y/o relación de reciclo: aumenta la producción de gas y coque pero disminuye la de hidrocarburos líquidos.

Tiempo de residencia: mayor tiempo de residencia mayor formación de coque y dureza (mayor cantidad de reacciones secundarias).

Naturaleza de la carga: genera distintos rendimientos líquidos y de carbón.

Los productos de mayor peso molecular son los que más fácilmente craquean, es decir que necesitan menor cantidad de energía para iniciar las reacciones.

La estabilidad térmica de los productos disminuye a medida que el peso molecular aumenta.

Las moléculas simétricas son más estables que los isómeros de cadena larga. Los dobles enlaces son refractarios al craqueo térmico.

La facilidad de craqueo aumenta en este orden : Parafinas / Olefinas / Nafténicos / Aromáticos

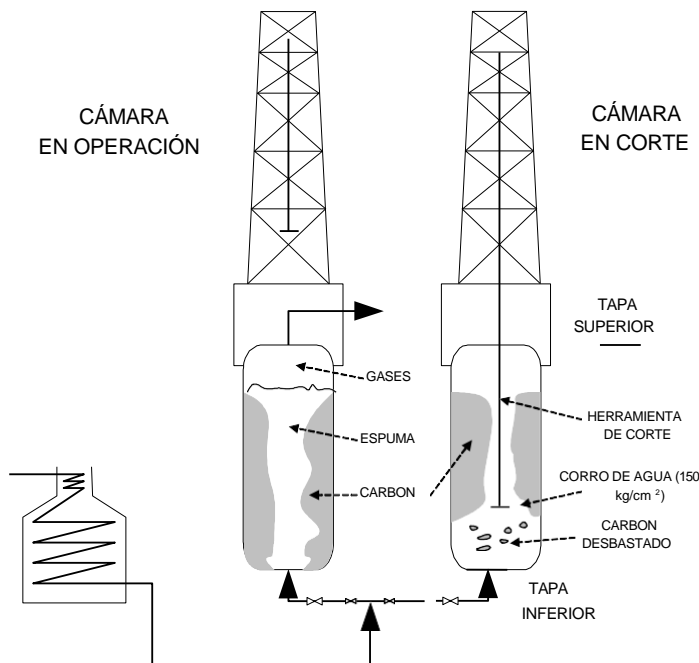
A mayor carbón conradson (tendencia a formar carbón) de la carga se obtiene mayor producción de coque.

A mayor contenido de aromáticos en la carga se obtiene carbón de mejor calidad.

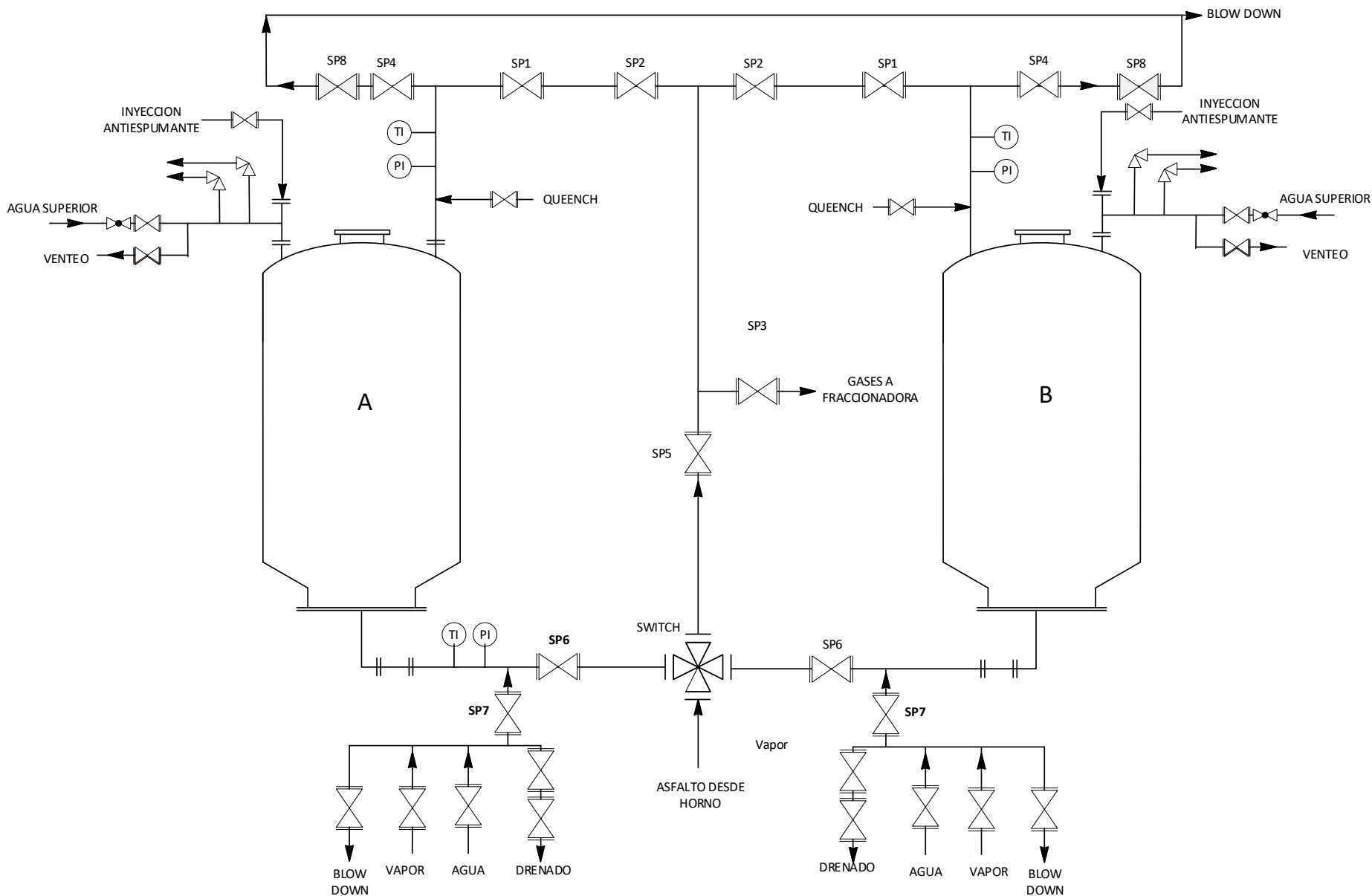
Los metales pesados, sodio y calcio, catalizan las reacciones de craqueo, disminuyendo los tiempos de reacción, por lo cual la formación de carbón se inicia en los hornos y se reduce el factor de servicio de los mismos.

Sección coquización: Cámaras

- Las unidades de coque se componen de módulos (un horno con dos cámaras de reacción).
- Los ciclos operativos típicamente son de 24 horas, es decir que durante este tiempo se produce la reacción en la cámara "A", la cual progresivamente se llena de carbón.
- Luego de este tiempo se realiza el cambio de la cámara "A" a la "B". El proceso se repite en la cámara "B".
- La cámara "A" llena de carbón pasa a otras etapas del ciclo: se enfría con agua, se drena, vaporiza, abre y se extrae el carbón (utilizando corte hidráulico con agua de alta presión aprox. 150 kg/cm²).
- Posteriormente la cámara se tapa y se realiza la prueba de hermeticidad con vapor, terminada esta operación se está en condiciones de reiniciar el ciclo.
- Toda la operación de enfriamiento y extracción de carbón dura aproximadamente 20 horas.



Ciclo de Cámaras



Tipos y propiedades de coque

Uso de los distintos tipos de carbón:

El grado aguja se usa en la producción de metal para baterías y encabeza los precios de productos de primera calidad.

El grado anódico (esponja) se usa principalmente en la producción de aluminio y el precio es significativamente más alto que el coque de grado combustible.

El grado combustible (shot) se usa para generar calor y es el de menor precio.

La especificación de carbón para grado ánodo:

IH (Índice de Hardgrove) : < 85

MCV (Máximo Contenido de Volátiles): < 12

Azufre máximo 1,5 %

Sílice máximo 200ppm

Hierro máximo 300ppm

Calcio máximo 150ppm

Sodio máximo 150ppm

Humedad < 12%



Seguridad

Debido a la actividad físicamente demandante, un estricto ajuste al diagrama de actividades, y a la complejidad del funcionamiento (especialmente con los diseños de la planta de coque de módulos múltiples) el potencial de incidentes para las operaciones de estructura es relativamente alto.

Con la operación de la estructura de producción de coque, las áreas críticas en la **prevención de incidentes** son:

- Prevención de daños al personal durante la exposición al agua caliente, vapor de agua y coque durante la extracción de las tapas de cámara y la perforación.
- Prevención de daños al personal que realiza tareas pesadas reiteradas con válvulas.
- Prevenir la emisión de materiales de hidrocarburos ambientalmente perjudiciales a la atmósfera debido a una secuencia de válvulas inapropiadas.
- Prevenir incidentes potencialmente catastróficos que son causados por la deficiencia en el aislamiento o por una secuencia de válvulas inapropiadas.

Los elementos de diseño de la planta de coque que actualmente se modifican para mejorar la seguridad son:

- Automatización de las operaciones de extracción de las tapas de la cámara.
- Automatización de operaciones grandes y reiterativas de válvulas SP.
- Integración de la lógica de instrumentación y enclavamientos en la secuencia crítica de las válvulas.
- Establecer un criterio mínimo para asegurar la aislación adecuada entre los sistemas del fraccionador, de la purga (*Blowdown*) y atmosféricos.
- Establecer un criterio mínimo para establecer una operación segura de perforación la cámara.
- Válvulas motorizadas con operación a distancia.



Prácticas seguras de perforación

Sistema de parada de seguridad durante el corte de carbón

- Prevenir que la bomba de corte no arranque, si el trepano no esta dentro de la cámara.
- Paro de bomba por si el trepano sale de la cámara.
- Reconozca que las operaciones de aperturas de tapas superior/inferior pueden calentar la
- cámara por la entrada de oxigeno que se pone en contacto con alguna zona caliente.
- Prever protección adecuada al operador del corte, ya que puede descargar por la boca de
- la cámara coque y vapor durante la perforación.
- Durante la operación de perforado y corte no debe haber persona alguna al lado de la boca
- de la cámara.

Válvulas de cámaras

Unos de los momentos de mayor criticidad en los coques se da en el momento de apertura y cierre de una cámara y en los cortes de la misma, por ello se enumera algunos de los incidentes ocurridos.

En los coques a diferencia de otras unidades su proceso hace que el personal realice inevitablemente maniobras críticas cada 12 horas.

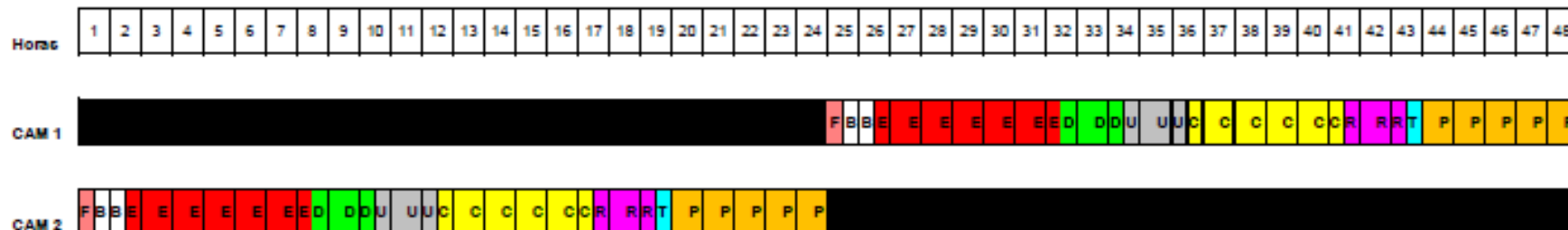
Para tener una idea, se manipulan en los distintos ciclos aproximadamente unas 59 válvulas a saber:

Cantidad de válvulas que se manipulan:

- | | |
|--|----|
| • cambio de cámaras y vaporizado de la misma | 36 |
| • ciclo de calentamiento de una cámara | 21 |
| • para el enfriamiento. | 2 |

Estas válvulas van desde las 16" hasta $\frac{3}{4}$ ".

Ciclo General



OPERACION

HORAS

LEYENDA

Coquizado

24.0

Steamout a Fraccionadora

0.5

Steamout a Blowdown

1.0

Enfriamiento y Llenado

6.0

Drenado

2.0

Destapado

2.0

Cortado

5.0

Re-tapado

2.0

Prueba de Presion

0.5

Precalentamiento

5.0

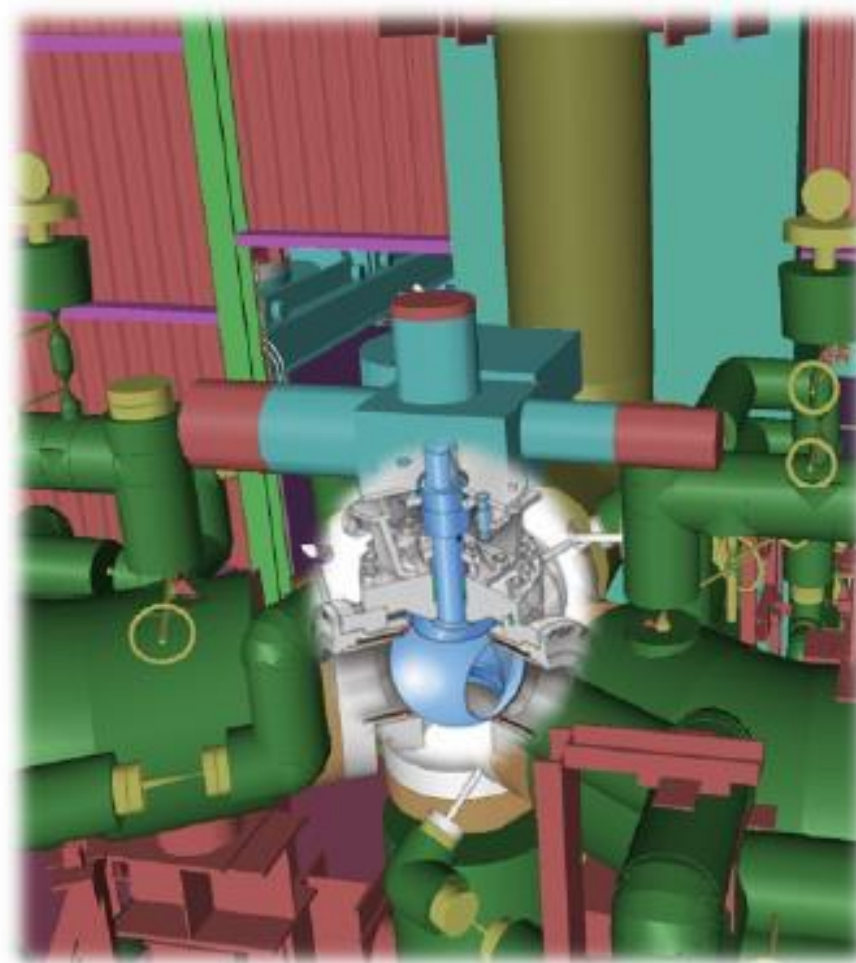
TOTAL

48.0



► SWITCH VALVE

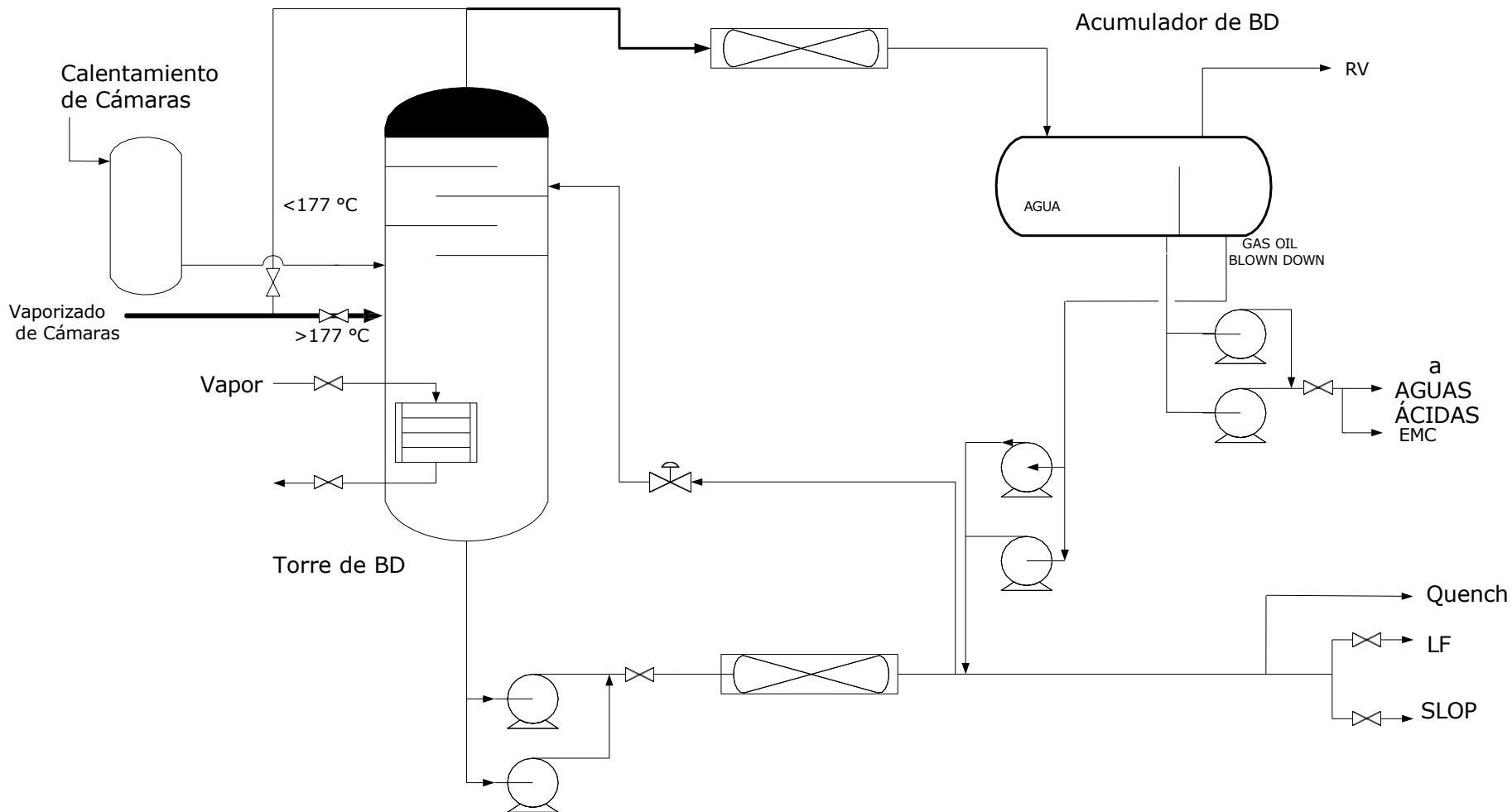
- Ubicada en la Línea de Transferencia (Salida del Horno entrada a las Cámaras)
- Válvula de 4-Vías
 - Cámara de Coke D-301N
 - Cámara de Coke D-302N
 - Desvío de Cámaras a Fraccionadora (Bypass) ($T < 399^{\circ}\text{C}$)
- Cuenta con Purgas de Vapor



Despiece de SP6



Blow Down



Sistema de purgas (Blow Down) descripción:

El sistema de purgas de las cámaras de coque a sido diseñado para minimizar la polución del ambiental durante la operación normal. Interviene en las etapas de calentamiento, segundo vaporizado y enfriamiento.

Durante las etapas mencionadas, el agua e hidrocarburo fluyen hacia la sección de BD para ser separadas. Las condiciones y cantidades varían en cada etapa, por lo que el flujo se dirige a distintos equipos.

En la torre de BD, el flujo ingresa durante el vaporizado cuando la temperatura es superior a los 177 °C, donde se enfrían al ponerse en contacto con una corriente de reflujo, que condensa y precipita las ceras que luego es sacada por una bomba. Si el flujo tiene una temperatura inferior a 177 °C, la misma se desvía hacia los aeroenfriadores de cabeza de la torre de BD.

El calentador de la torre mantiene el fluido de proceso a una temperatura de 150°C para evitar la condensación. De la cabeza del acumulador de purgas sale vapor de agua y gases el cual condensa en los aéreos del BD antes de entrar al acumulador de BD.

En este acumulador se separan el hidrocarburo y agua enviando el primero a slop, a la torre fraccionadora o a quench, y el segundo se envía como aguas ácidas a la unidad de aguas ácidas. Por último los vapores de hidrocarburos ligeros se envían a la antorcha.

Verificación del proceso

Aunque todas las variables del proceso de la planta de coque son importantes, algunas son críticas para un buen funcionamiento de la unidad. Estas variables críticas del proceso incluyen:

- Temperatura de la cabeza de la torre de purgado
- Valor de reflujo de la torre de purgado
- Temperatura de salida del enfriador del cabezal de purgado
- Interfaz del oíl/agua del acumulador separador.

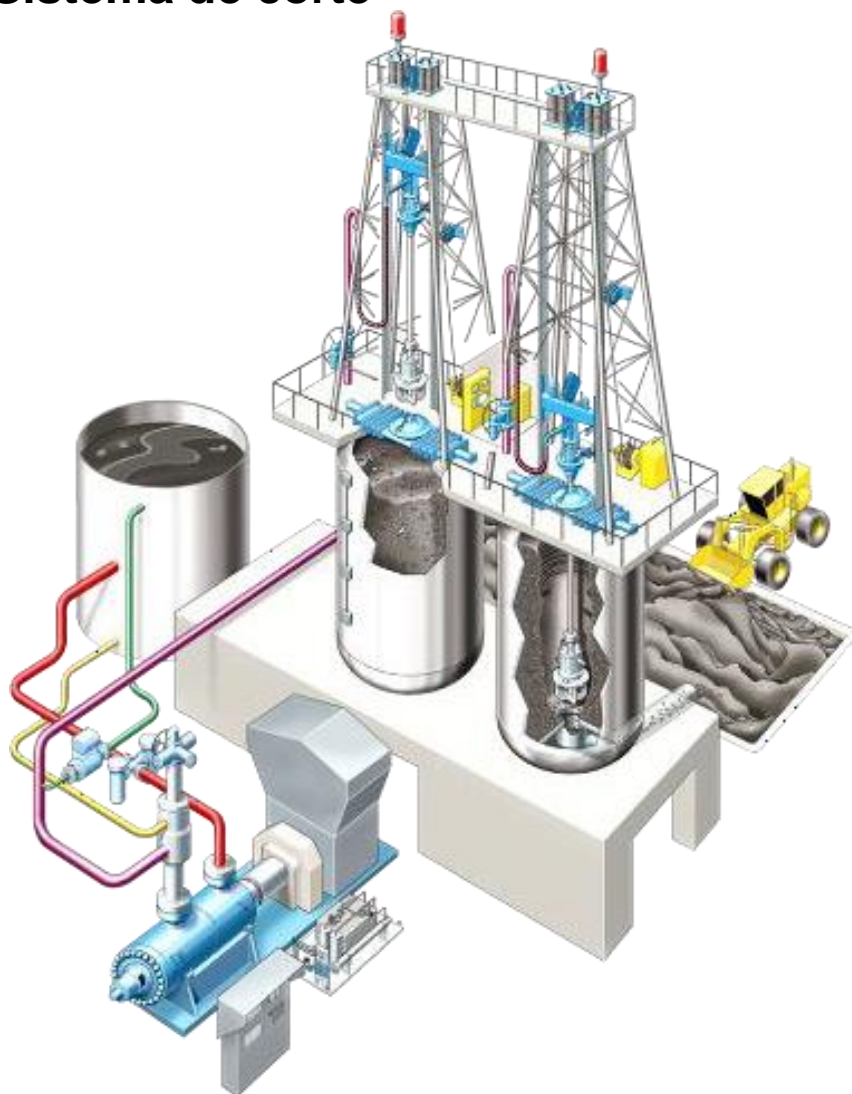
Debido a la igualdad de las válvulas múltiples en la cubierta de purgado, existe un riesgo potencial al desviar erróneamente los vapores de la cámara desde la fraccionadora hacia el purgado o desde el purgado al venteo.

La despresurización del fraccionador a la descarga o del sistema de purgado al venteo ha producido incidentes ambientales en la operación de la planta de coque.

Las precauciones para resguardarse de este tipo de incidentes son:

- Procedimientos rigurosos con la señalización adecuada en cada manejo de la válvula.
- Señalización correcta de las válvulas y cámaras
- Enclavamiento de los instrumentos que reconozcan la secuencia inapropiada de las válvulas.

Sistema de corte





Sistema de recuperación de finos

Descripción General:

El sistema de recuperación de fino puede dividirse en 5 etapas a saber:

- 1.- Drenado
- 2.- Perforación
- 3.- Corte
- 4.- Limpieza de batea
- 5.- Vagones filtros

1.- Drenado: esta etapa comienza con la finalización del enfriamiento de las cámaras y con su posterior drenado, esta agua con arrastre de finos de coke es dirigido a través del canal central situado debajo de las cámaras a la primer batea (batea I), el agua y el fino de mayor peso gravimétrico son aspirados por la bomba y enviados a los vagones filtros, los finos y el agua de menor peso gravimétrico pasa por rebalse a la batea II, de donde es aspirada por su fondo con bomba.

2.- Perforación: esta etapa se inicia con el descenso del trepano a una velocidad compatible con la dureza del carbón, cayendo este sobre el vagón estacionado debajo de la cámara el cual es movido con máquina cada vez que se llena. El caudal de agua utilizado para la perforación se estima en 170 M3/hr (diseño de J-511/j-350) y durante la misma se incrementa el caudal de circulación agua finos, la cual es sometida al mismo tratamiento que la anterior.

3.- Corte: en esta etapa se desciende el trepano aproximadamente un metro por debajo de la superficie del lecho de carbón, iniciando la rotación del mismo hasta eliminar el carbón de esta zona el cual cae al vagón colocado debajo de la cámara y así hasta terminar el corte.

Se estima el caudal de agua en 170 m³/hr cabe hacer notar en este punto que el perfil de dureza del carbón es de menor a mayor es decir que la dureza se incrementa a medida que se desciende en la cámara.

4.- Limpieza de Batea: en esta etapa la formación de finos de carbón, generados durante las etapas descriptas llevan a la acumulación en el canal central (vías), bateas, y patios, lo cual hace necesario tener una especial atención, y el tiempo suficiente entre corte y corte dedicado a la limpieza de estas zonas eliminando el carbón acumulado en ellas. La misma se realiza manualmente a través de 5 mangueras dispuestas estratégicamente a lo largo del circuito, existiendo cuatro inyecciones continuas de agua a lo largo del canal central a los fines de remover y arrastrar el carbón hacia la batea, que luego se filtrarán en los vagones filtros.

5.- Vagones Filtro: se debe disponer vagones en tiempo y en condiciones de filtrado o acondicionado para tal fin en la zona de corte de cámaras.

La condición indispensable en esta etapa para obtener un eficiente filtrado en el vagón filtro es que el mismo mantenga un lecho de carbón tamaño comercial tal que cubra las rejilla laterales de filtrado.

El significado de la palabra eliminación de finos es que: la presencia de dichos elementos no deberá producir acumulaciones y/o obstrucciones permanentes debiéndose lograr un fluido escurrimiento y separación de los materiales indeseables al proceso de interés comercial y de los lugares que hacen al normal funcionamiento de las instalaciones.

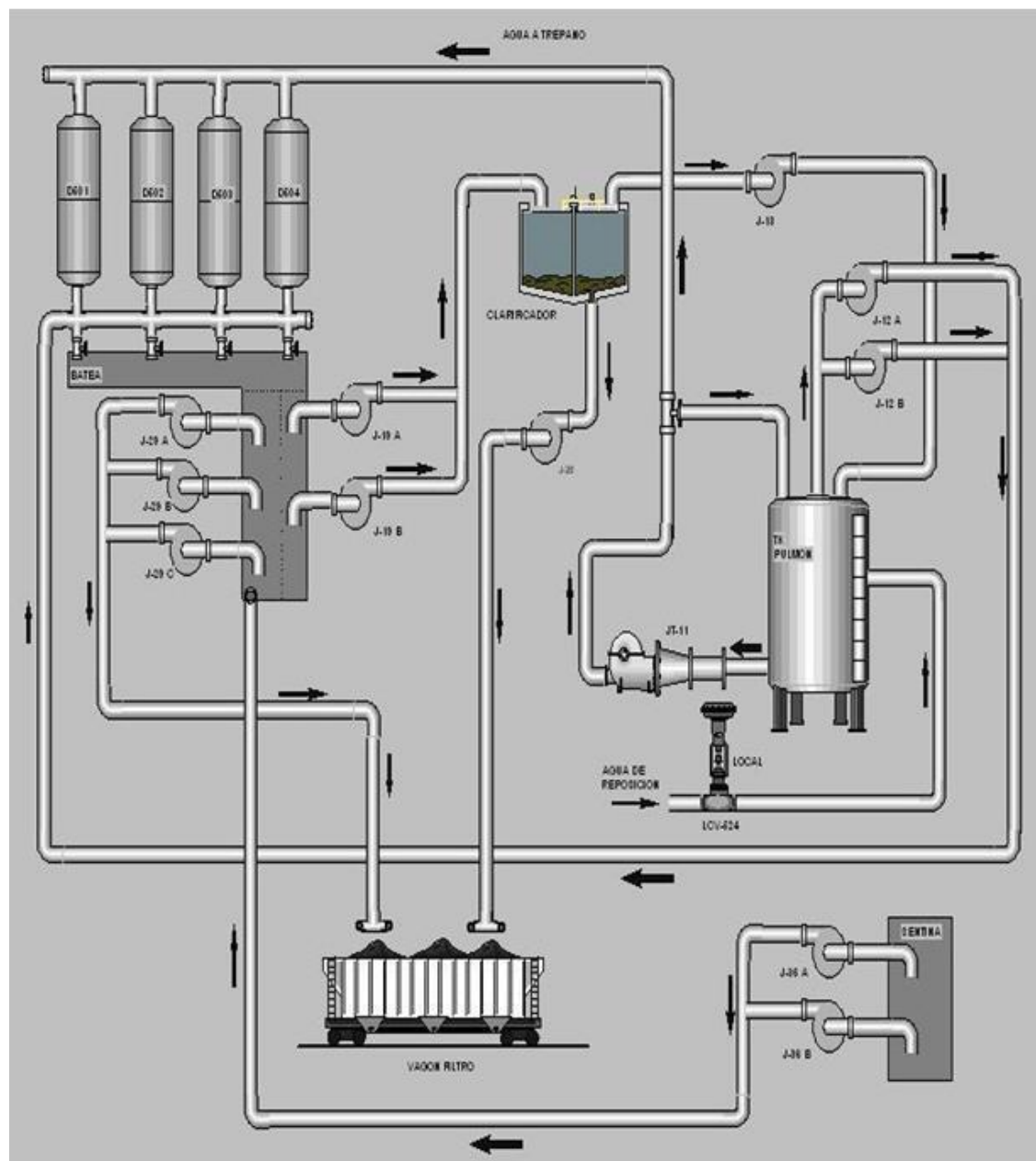
El agua utilizada durante el corte hidráulico y la limpieza será filtrada a través de estos vagones a los efectos de su reciclado en otras cámaras.

Producción de finos:

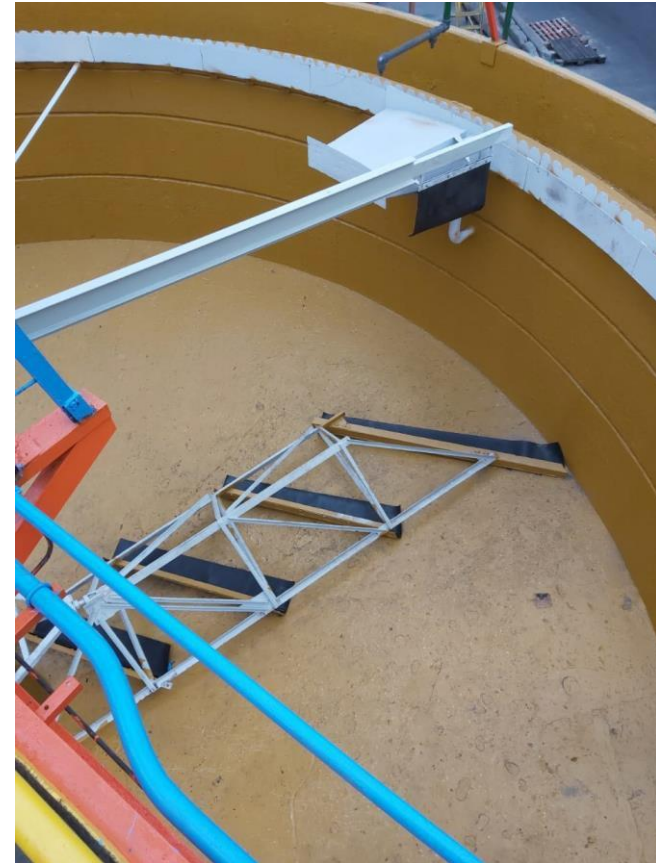
- ciclo de 24 horas 120 Tn/día
- ciclo de 20 horas 160 Tn/día
- ciclo de 18 horas 240 Tn/día

Impacto Ambiental

Hay que mencionar que todo taponamiento por acumulación de finos en el sistema será arrastrado, a través de los drenajes hacia la pileta API lo cual llevará al taponamiento de la misma con el consecuente agravamiento del tratamiento de los efluentes.



Maze y clarificador

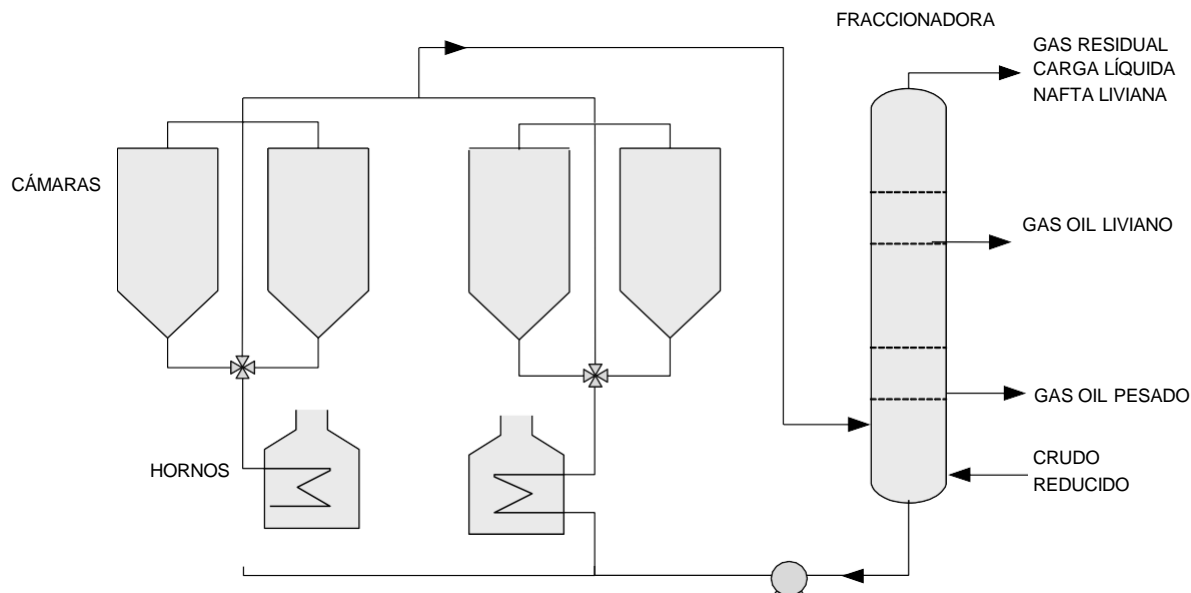


Sección coquización: Hornos

La carga de la unidad entra a través del límite de batería hacia un acumulador de carga, desde aquí se trasiega hacia el tren de intercambio con la finalidad de precalentar la misma.

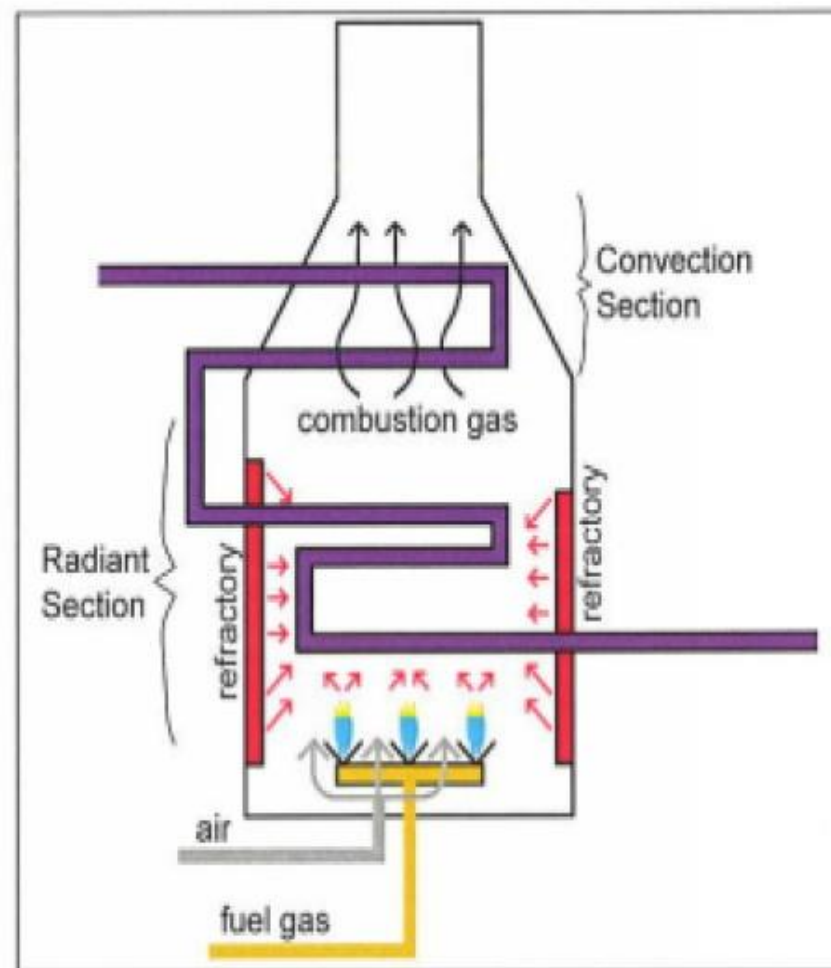
Esta carga llega a la torre fraccionadora en donde se mezcla con la inyección del reciclo y el goteo de los gases que vienen de las cámaras. Con bombas que aspiran la carga desde el fondo, se envía a los hornos donde se entrega la temperatura de operación deseada rápidamente para la formación de coque en las cámaras.

El efluente de cada uno de los hornos se envía a una de las cámaras donde bajo condiciones de tiempo, temperatura y presión se convierte en coque y vapores de hidrocarburos ligeros.



Transferencia de Calor:

- ▶ **Radiación:** Calor irradiado por la llama y paredes refractarias al rojo vivo a los tubos del horno. Ocurre en la Cámara de Combustión o Sección Radiante.
- ▶ **Conducción:** calor transferido del metal del tubo al fluido de proceso dentro de los tubos. Sucede en todas las secciones del horno.
- ▶ **Convección:** calor transferido de los gases de combustión caliente que fluye hacia los tubos superiores del horno. Ocurre en la sección de convección.



Sección coquización: horno

Zona Convectiva : Lugar por donde entra la carga parte superior del mismo a ser calentada la misma es la zona donde la carga empezará a circular por el serpentín tomando la temperatura de los gases de combustión en el hogar. Las primeras filas de esta zona son las mas expuestas porque recibe calor por convección de los gases y por radiación de la llama del quemador se denominan tubos de choque o shock bank.

Zona de techo y zona de radiación (caja de horno o firebox) donde la carga aumentará temperatura hasta alcanzar la temperatura de operación deseada, esta es la parte mas importante a controlar dado que está expuesta al calor máximo entregado por los quemadores y debe cuidarse la forma de la llama para evitar que esta llegue a los tubos.

Hay una tercer parte del horno muy importante y es la chimenea que proporciona el **tiraje** necesario de aire y gases para que se establezca el flujo en el horno.

Para poder aumentar la velocidad de la carga en el serpentín se inyecta agua desmineralizada en la entrada de la zona convectiva, la función es aumentar la velocidad de tal manera de evitar la deposición de coke prematura en los tubos.

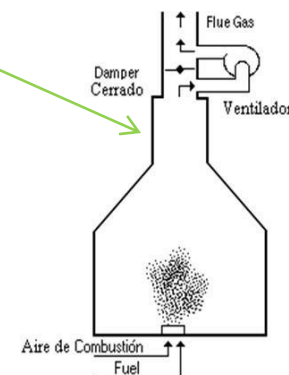
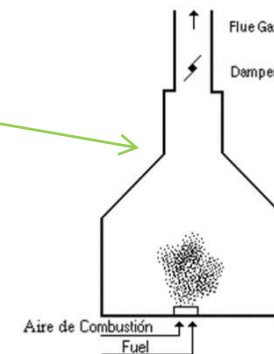
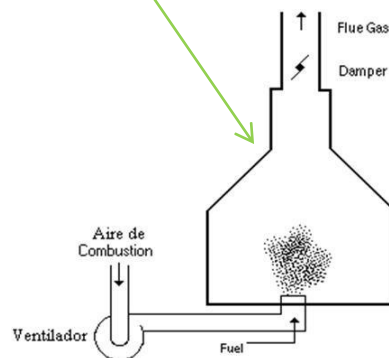
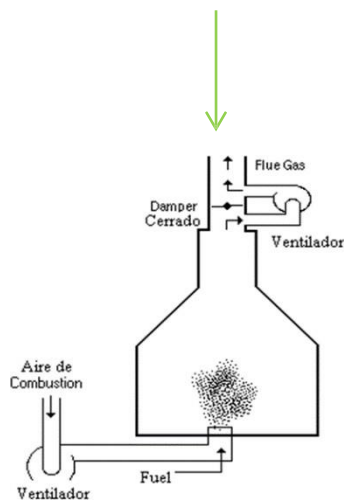
De acuerdo a que mecanismo se utiliza para generar la circulación de los gases en el horno, se clasifican en:

✓ Tiro Natural (90% de los hornos)

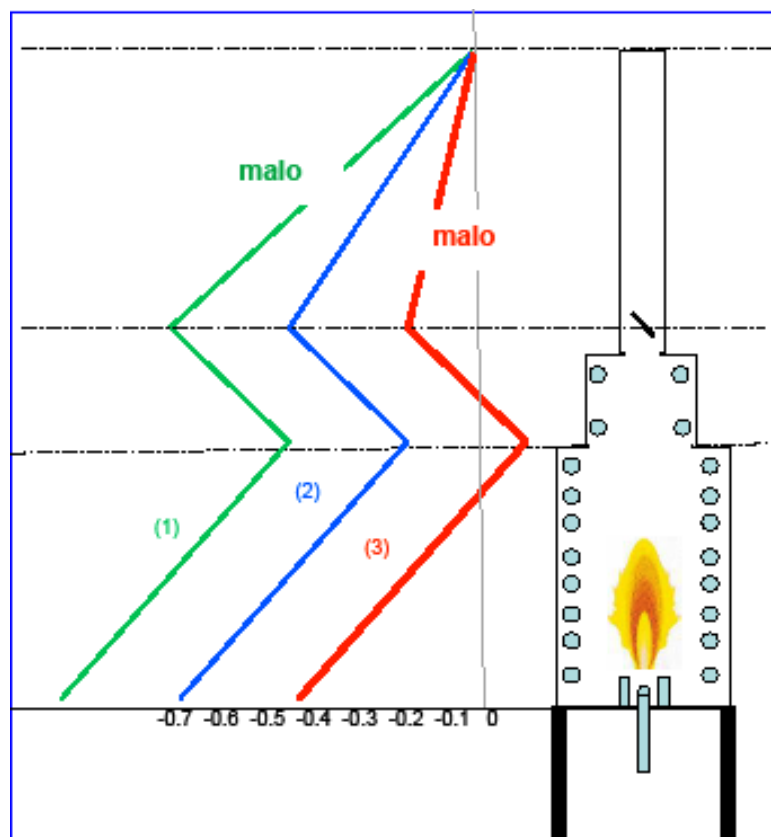
✓ Tiro Inducido (1%)

✓ Tiro Forzado (8%)

✓ Tiro Balanceado (1%)



Tiraje

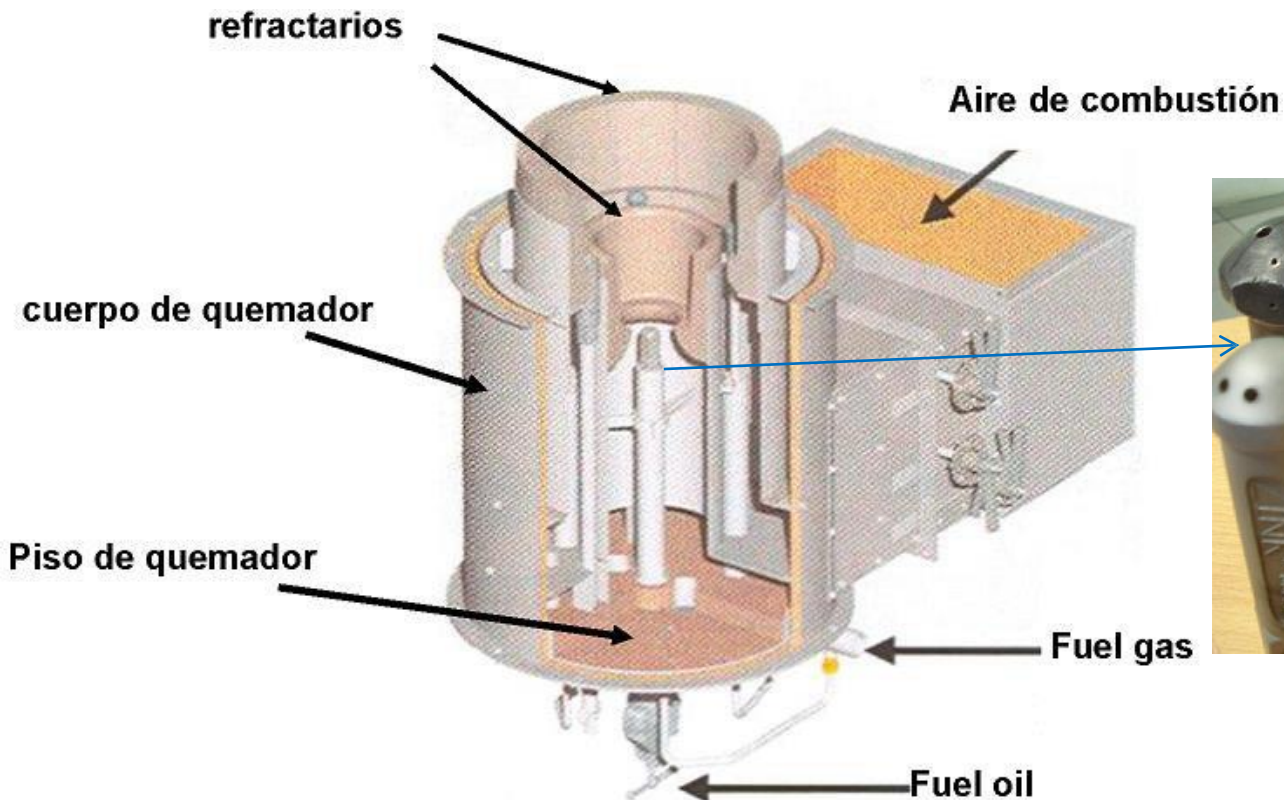


1) Dámper muy abierto: el aire sale por ranuras y se desperdicia combustible. El horno es difícil de controlar

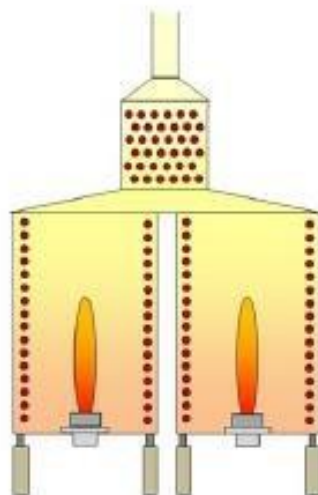
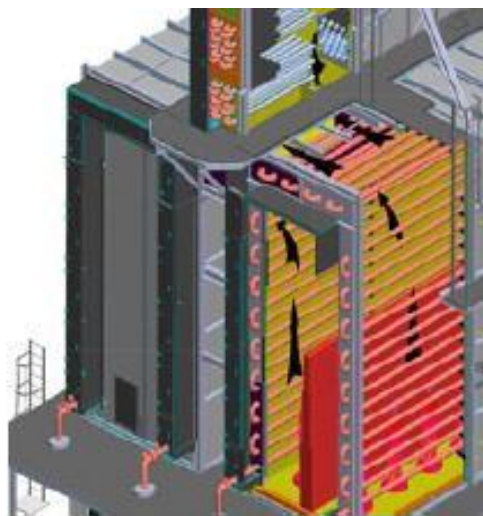
2) Perfil de tiraje de diseño del horno

3) Dámper demasiado cerrado. Resultado: escasez de aire, combustible, daños en la estructura del horno

Quemadores



Boquillas



Llama Doble

Quemadores laterales

Tubos centrales

Mayor Eficiencia Térmica

Mayor Espacio, Costo

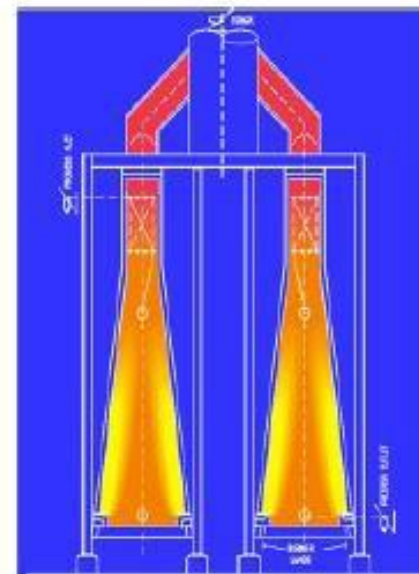
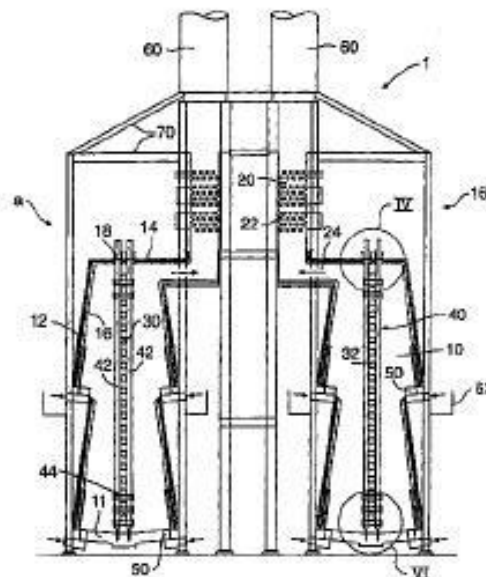
Llama Simple

Quemadores centrales

Tubos laterales

Menos Espacio, Costo

Menos Eficiencia Térmica



Variables operativas del horno

- Caudal total de carga al horno (carga + reciclo)
- Calidad de la carga
- Temperatura de metal
- Caudal de agua/vapor inyectado
- Temperatura de entrada y salida al horno
- Temperatura de crossover
- Presión de hogar
- Exceso de O₂
- Temperatura de chimenea
- Combustible



Ensuciamiento de tubos del horno

Se deben diferenciar dos condiciones completamente diferentes:

- A) Ensuciamiento normal, dado solamente por la cantidad de carga procesada, la cual al ser mayor al valor de diseño provocara un aumento del ensuciamiento.
- B) Ensuciamiento acelerado, se producirá por la falta de caudal de carga al horno, o bien una disminución por debajo del caudal mínimo, generalmente dado por un evento.

El valor de la carga máxima esta dado por el duty del horno (capacidad de absorción de calor del horno), por lo tanto las restricciones estarán dadas solamente por las temperaturas de metales, velocidades y por la máxima liberación de calor de los quemadores.

Valor de la carga mínima, esta dado por el tiempo de residencia máximo permitido, superado el cual, el ensuciamiento se transforma en acelerado.

En general su valor puede alcanzar el 60% del valor de diseño.

Tiempos de residencia: podemos mencionar para diseño Kellog y sin inyección de agua ni vapor: 3.5 minutos, para diseño Japan Gasoline: 3 minutos y para los de diseño Foster Wheeler: 2 minutos.

El tiempo medido es desde la entrada y salida del producto del horno.

La inyección de vapor o agua ayuda a mantener el tiempo de residencia constante por lo cual el impacto de ensuciamiento se reduce.

- El carbón conradson (CCR), es un parámetro que con su aumento provoca mayor ensuciamiento, no solo el horno sino también en la línea de transferencia. También nos da idea del rendimiento en carbón de la carga.
- Densidad , interviene en el cálculo de la pérdida de carga a través del horno, menores valores de densidad o mayores °API, provocaran un aumento en la presión de entrada al horno, que alcanzando valores límites, pueden hacer caer el caudal por debajo de valores mínimos.
- Contaminantes, el Sodio es el más peligroso de todos los contaminantes, así lo muestran varias publicaciones, las cuales coincide que para valores superiores a 20 ppm de Sodio en la carga, el ensuciamiento en el horno se acelera notablemente. Pero además se concentra en el carbón y disminuye su precio (recordar que en los topping se agrega sodio para eliminar las sales de Ca y Mg que se hidrolizan fácilmente).

Temperatura de piel de tubos

- Son diversas las causas ya mencionadas de ensuciamiento, pero todas ellas inexorablemente, son monitoreadas a través de las temperatura de piel de tubo (termo metales) cuyos valores máximo esta dado por la metalúrgica del tubo.

Cantidad de termocuplas necesarias: la bibliografía coincide en tener como mínimo 5 por pasos.

Ubicación de las termocuplas: mayormente en la zona de radiación, en el ultimo tubo.

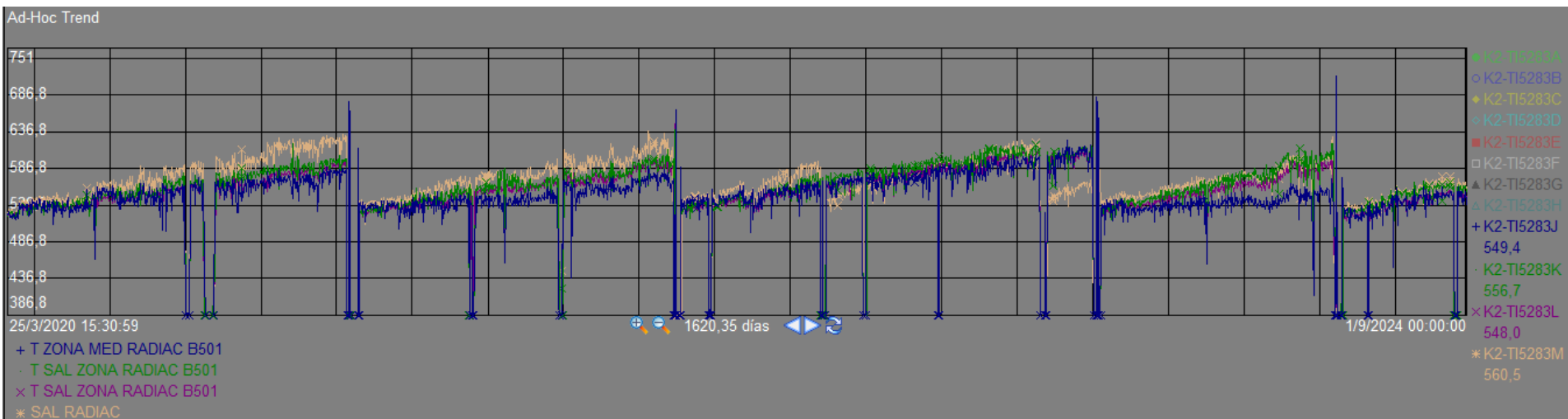
Tipo de termocupla: encapsulada



Decoquizado

- La operación normal de un coque causará ensuciamiento o depósitos de carbón en la superficie interna de los tubos del horno.
- Esta capa de coque ira creciendo con el tiempo, hasta que la temperatura de metal o piel de los tubos alcancen límites metalúrgicos o de operación.
- En este punto el carbón, debe ser removido para mantener la operación segura del horno.
- Si el carbón no fuera removido los tubos se taparán o recalentará, llegando a darse una falla en el tubo.

Ejemplo de tendencia de temperatura de piel de tubos en diferentes ciclos entre decoquizados:



Decoquizado

Existen diversos métodos para remover el carbón depositado en los tubos a saber:

Método Térmico – (vapor/aire):

Este método usado frecuentemente para el decoquizado se divide en dos etapas:

Resquebrajado: durante esta etapa el vapor entra al serpentín con un caudal estimado de acuerdo al diámetro del tubo y con el horno encendido.

El carbón es removido por el choque térmico que lo desintegra agrietándolo, y por la acción erosiva de las partículas a gran velocidad.

De esta forma se elimina el 80 o 90% del coque.

Quemado: en esta etapa se hace fluir aire a través del serpentín quemando el carbón remanente.

- El coque y el vapor de agua reaccionan a alta temperatura para formar monóxido de carbono, dióxido de carbono e hidrógeno.
- El coque y el aire se queman para crear monóxido de carbono, dióxido de carbono y agua.

Variables del proceso de decoquizado de vapor de agua/aire:

- Indicación del caudal del aire (o presión)
- Indicación del caudal del vapor de agua (o presión)
- Temperaturas de hogar del horno
- Temperatura de piel de tubos

Indicaciones de verificación del infrarrojo del tubo del horno. (termografías spot)

Una planilla/checklist para completar las tareas a realizar como lista de verificación.

Método spalling on line:

Este método remueve el carbón con el horno en operación.

Un exitoso spalling puede retrasar la necesidad de efectuar un decoquizado tradicional vapor/aire, por lo tanto existe un ahorro en gastos operativos y de mantenimiento y un mayor tiempo para procesar mas cantidad de carga.

El procedimiento requiere sacar de servicio de a un ramal, mientras los otros permanecen en servicio.

El caudal de carga es bloqueado, mientras que el vapor o el agua es inyectado mediante su respectivo control.

La primera etapa de remoción se produce por la reacción entre el carbón y el vapor a una temperatura $> 650^{\circ}\text{C}$ o 630°C según diseño.

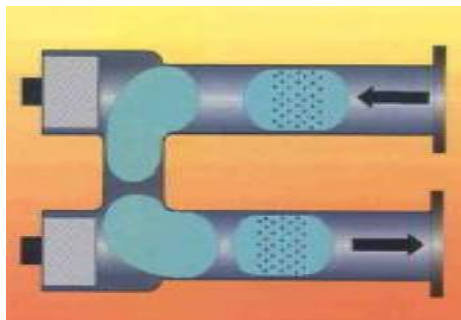
Durante esta operación son incrementados gradualmente los valores de temperatura y vapor.

Para este método spalling se debe monitorear muy de cerca las temperatura de metales.

Método Mecánico (pigging)

Preparación del horno para pigging :

- El hogar del horno se debe entregar $< 80^{\circ}\text{C}$
- Los tubos deben estar bien barrido sin adherencia de hidrocarburos.
- Se debe retirar los termo metales o cualquier otra conexión en el serpentín que impida el libre tránsito del chanco.



Ventajas de este sistema

- Eliminación total de las emisiones gaseosas.
- Eliminación del aire /vapor y el drenado de estos hacia la unidad de efluentes.
- Permite según seguridad realizar algún trabajo interno.
- Ahorros de tiempo.

Este método fue usado recientemente en los hornos de coque de CILP con una buena performance.

Este método consta de una máquina de alta presión y caudal de agua que hace correr dentro de la cañería un artefacto (llamado “chancho), con puntas de tungsteno. Este chancho corta al carbón depositado y junto con el caudal de agua vuelven a un filtro en donde se deposita el carbón y el agua se reutiliza en el proceso.

Los chanchos son de distintas medidas, y se determina el diámetro a pasar cuando se retiran dos o tres tapones para observar la capa de carbón depositada.

También en la etapa inicial se introduce dentro de la cañería una esponja la cual se acomoda al diámetro de la cañería.

Se pasaran tantos chanchos como haga falta, hasta lograr pasar el ultimo que será del diámetro interior de la cañería.

Cuando el efluente de la cañería salga limpio se dará por terminado, volviendo a retirar los tapones para comprobar el efecto de la limpieza.

Elementos para comprobar la limpieza:

Cámara de termográfica.

Visual cuando se retiran los tapones de los cabezales.

Radiografías al azar en distintos zonas, especialmente las mas críticas.

Metalurgia de tubos de los hornos.

En general el material mas utilizado es el P9, el cual posee el 9% de cromo y 1% de molibdeno, para este material el limite máximo en condiciones normales es de 675 °C.

Para el caso del P5 constituido por 5 % de Cromo y ½ % de Molibdeno este limite se reduce a 630 °

Las temperaturas de diseño de la metalurgia de los tubos de acuerdo a la norma API 530 es la siguiente:

P 9 ó ASTM A 213 T9 705 °C

P 5 ó ASTM A 200 T5 650 °C

Diseño y funcionamiento de la línea de transferencia

Se debe considerar cuidadosamente el diseño de la línea de transferencia para evitar el *coking* excesivo.

- La caída de presión y la velocidad de flujo, son factores decisivos
- El diseño de la cámara y del horno son críticos para lograr los parámetros deseados

La correlación real de datos de la guía para la *performance* de la línea de transferencia está limitada.

PARAMETRO	GUIAS
Velocidad de dos fases	28 metros/s mínimo
Tiempo de residencia	4 seg. Máximo
Caída de presión	1,054 Kg/cm2 máximo

Fraccionamiento y GASCON

Los vapores de hidrocarburos producidos en las cámaras de coque, se envían a la torre fraccionadora, entrando los mismos bajo la zona de escudos, llamada normalmente zona flash.

Al ascender por esta zona, los vapores del efluente de las cámaras son lavados por un reflujo inducido y al mismo tiempo se condensa la corriente de recicló, eliminando partículas de coque y condensando materiales pesados. Posteriormente esta corriente es circulada nuevamente junto con el fondo a través del horno.

Por encima de la zona de lavado de la torre fraccionadora se extraen una corriente de gas oil pesado, una parte es usada como reflujo, otra parte se retorna como gas oil de lavado, mientras que la tercer corriente es enviada al tren de precalentamiento (intercambio con carga) y generación de vapor y circuito de pumparound (circulación).

Luego de esto se envía al límite de batería para el destino fijado.

Fraccionamiento y GASCON

La otra corriente de extracción de la fraccionadora es la de el Gasoíl liviano, esta corriente una parte es enviada al sistema de absorción con gas, volviendo como reflujo rico a la fraccionadora. Otra parte es usado para el sistema de flushing.

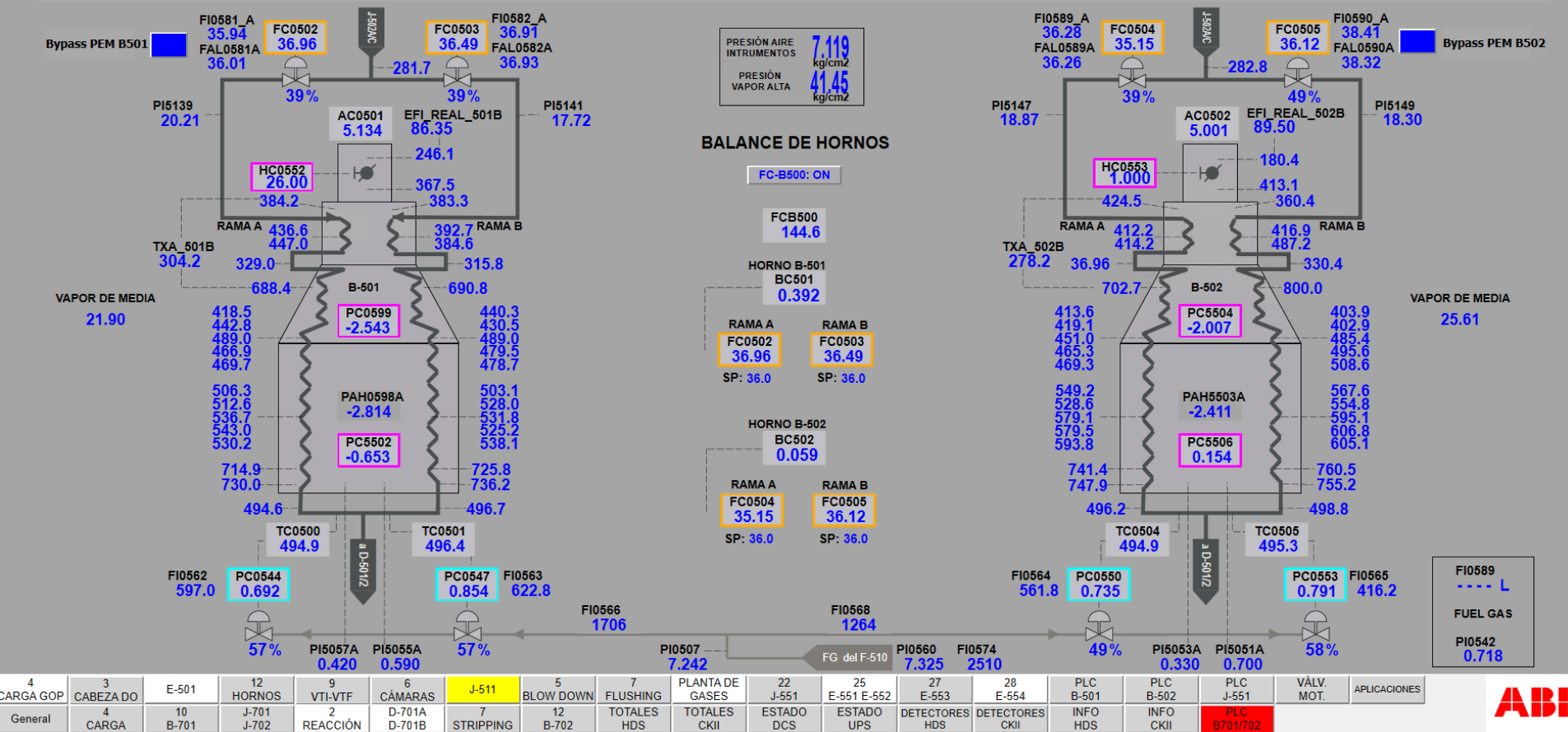
La otra parte es enviada al límite de batería para el destino elegido.

Los vapores de cabeza de la torre fraccionadora pasan por los enfriadores donde se condensan pasando al acumulador de cabeza.

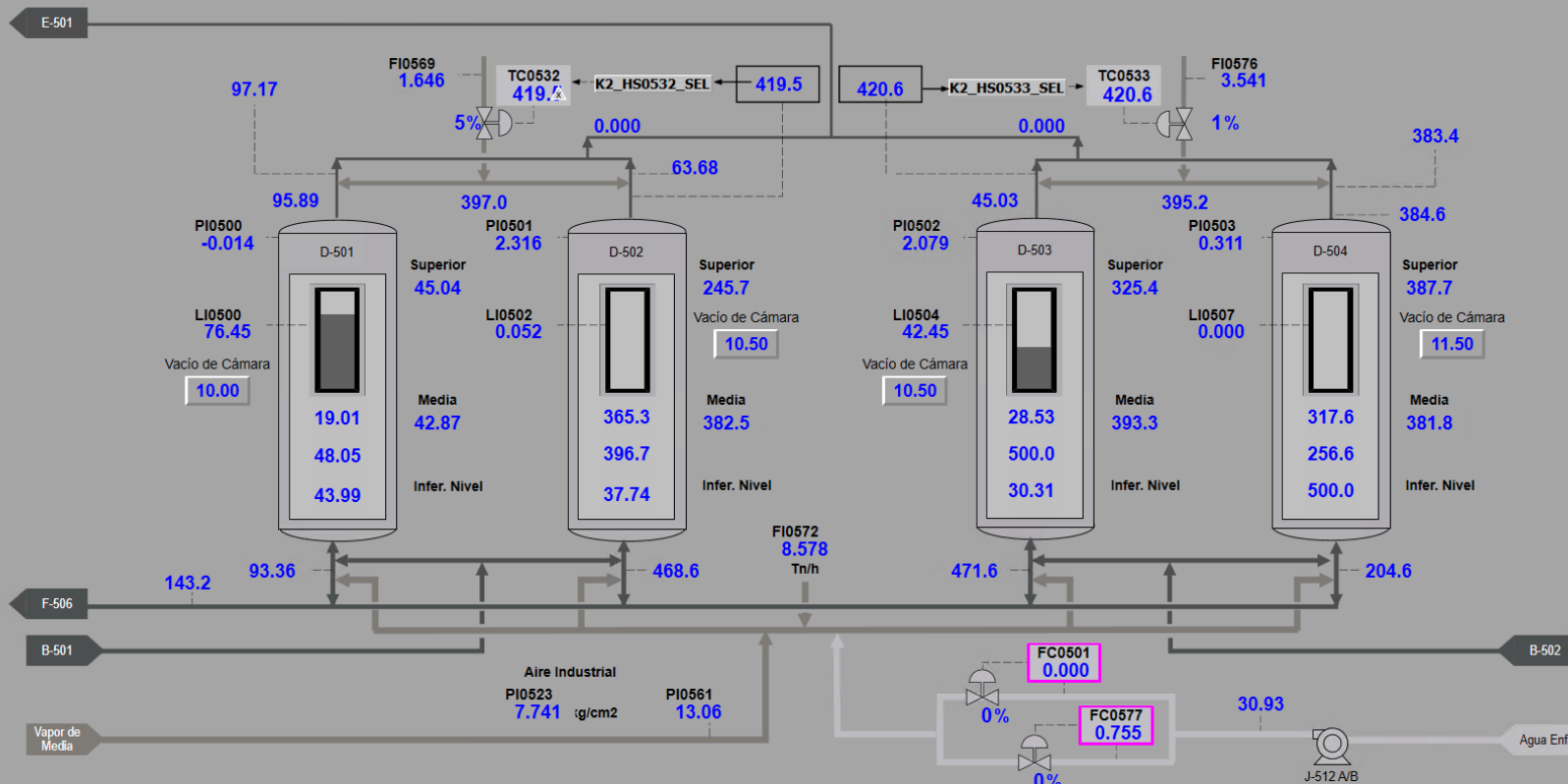
Una parte de esta corriente se envía como reflujo a la torre mientras que la otra se envía a la unidad de Gascon, para su posterior tratamiento enviándose como destino final la unidad de HTNC.

Los vapores procedente del acumulador de cabeza fluyen hacia el acumulador de aspiración del compresor de gases cuyo destino será las absorbedoras primaria y secundaria, uqe usaran con solvente nafta del stripper y GO de la fraccionadora.

HORNOS B-501 Y B-502

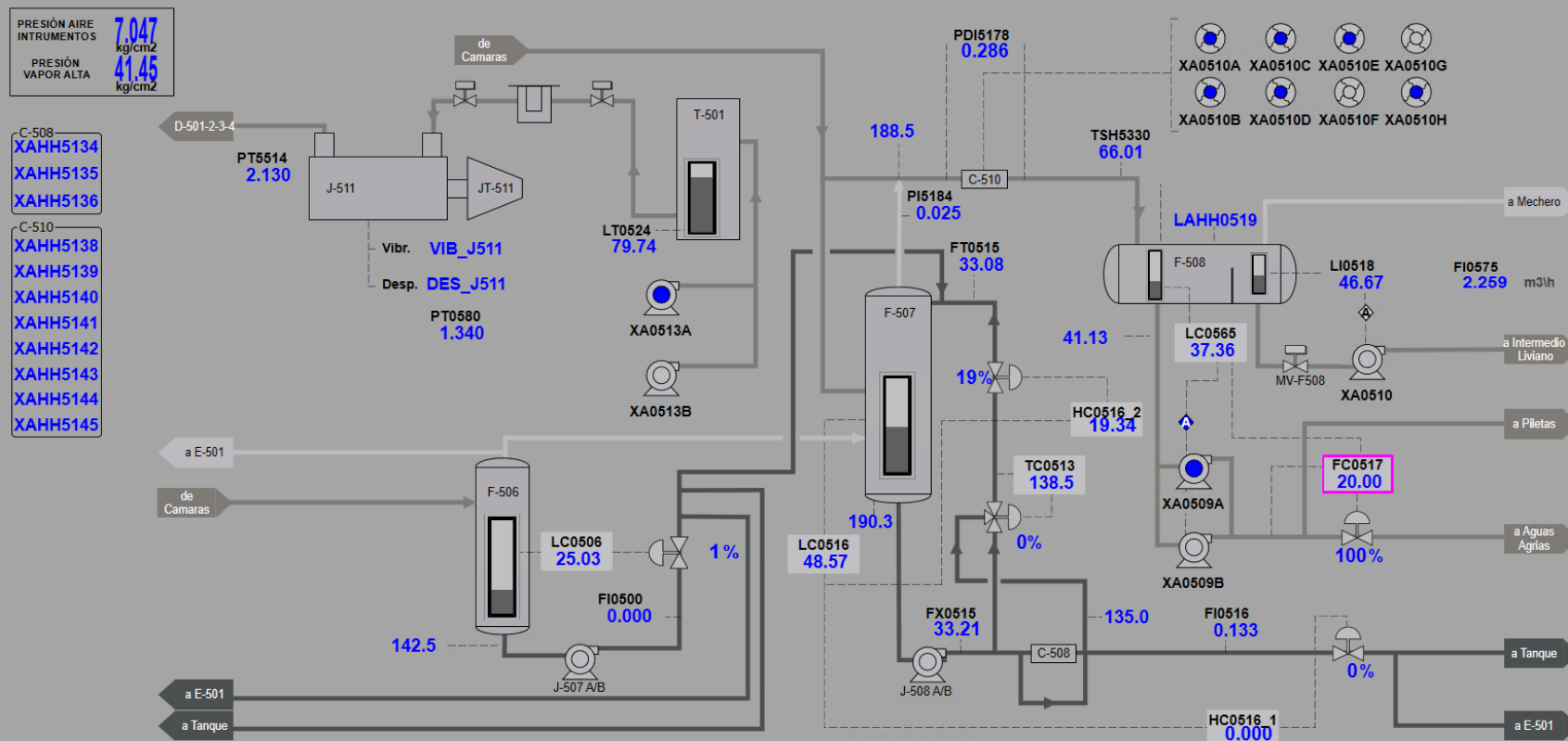


CAMARAS D-501/2/3/4



4	3	E-501	12	9	6	J-511	5	7	PLANTA DE	22	25	27	28	PLC	PLC	PLC	VÁLV.	APLICACIONES
CARGA GOP	CABEZA DO		HORNOS	VTI-VTF	CÁMARAS		BLOW DOWN	FLUSHING	GASES	J-551	E-551 E-552	E-553	E-554	B-501	B-502	J-551	MOT.	
General	4	10	J-701 J-702	2	D-701A D-701B	7	12	TOTALES HDS	TOTALES CKII	ESTADO DCS	ESTADO UPS	DETECTORES HDS	DETECTORES CKII	INFO HDS	INFO CKII	PLC B701/702		

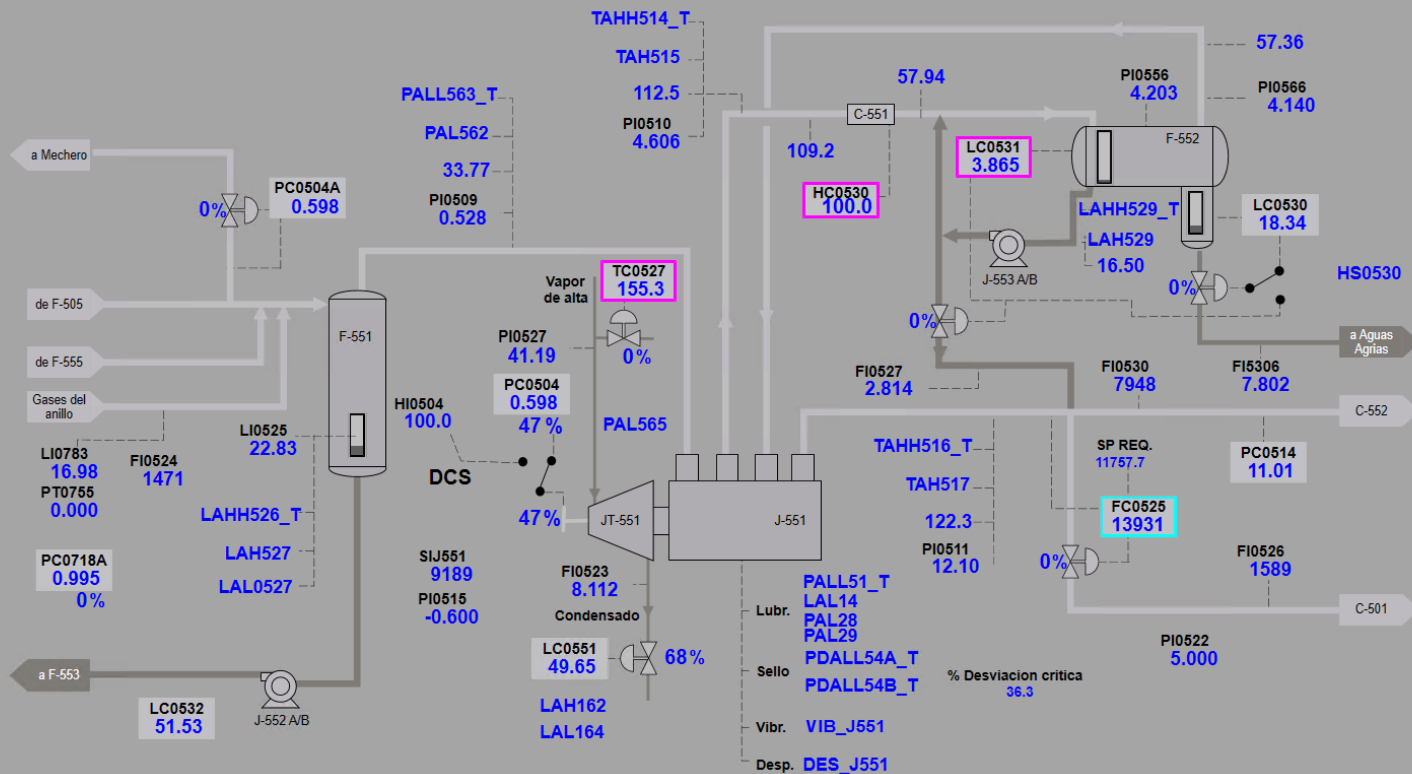
SISTEMA DE BLOW-DOWN



4	3	E-501	12	9	6	J-511	5	7	PLANTA DE	22	25	27	28	PLC	PLC	PLC	VÁLV.	APLICACIONES
GA GOP	CABEZA DO		HORNOS	VTI-VTF	CÁMARAS		BLOW DOWN	FLUSHING	GASES	J-551	E-551 E-552	E-553	E-554	B-501	B-502	J-551	MOT.	
General	4	10	J-701 J-702	2	D-701A D-701B	7	12	TOTALES	TOTALES	ESTADO	ESTADO	DETECTORES	DETECTORES	INFO	INFO	PLC		
	CARGA	B-701	J-702	REACCIÓN		STRIPPING	B-702	HDS	CKII	DCS	UPS	HDS	CKII	HDS	CKII	B701/702		

COMPRESOR

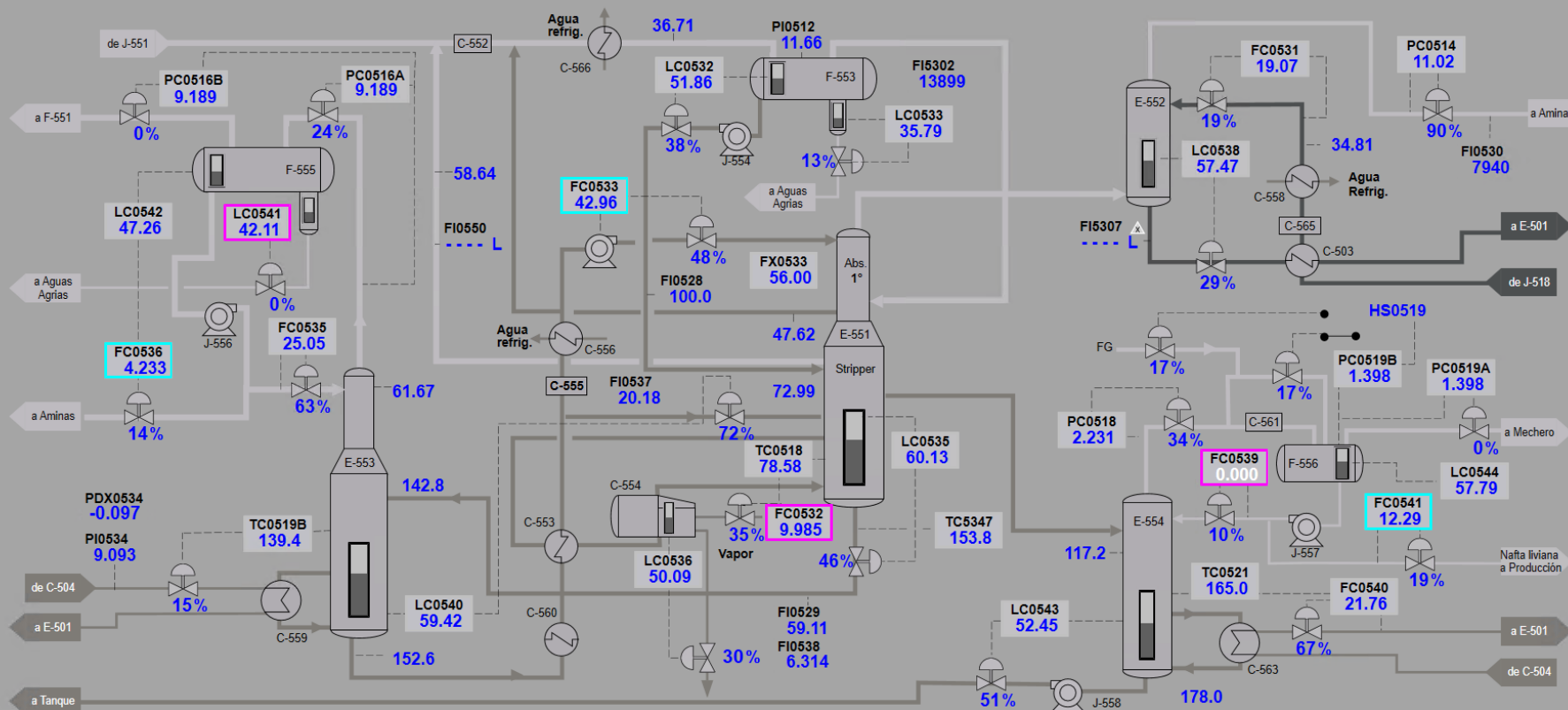
PRESIÓN AIRE INSTRUMENTOS 7.043 kg/cm²
PRESIÓN VAPOR ALTA 41.19 kg/cm²



C-551
XAH0551
XAH0552
XAH0553
XAH0554
XAH0555
XAH0556

4	3	E-501	12	9	6	J-511	5	7	PLANTA DE	22	25	27	28	PLC	PLC	PLC	VÁLV.	APLICACIONES
CARGA GOP	CABEZA DO		HORNOS	VTI-VTF	CÁMARAS		BLOW DOWN	FLUSHING	GASES	J-551	E-551 E-552	E-553	E-554	B-501	B-502	J-551	MOT.	
General	4 CARGA	10 B-701	J-701 J-702	2 REACCIÓN	D-701A D-701B	7 STRIPPING	12 B-702	TOTALES HDS	TOTALES CKII	ESTADO DCS	ESTADO UPS	DETECTORES HDS	DETECTORES CKII	INFO HDS	INFO CKII	PLC B701/702		

PLANTA DE GASES



4	3	E-501	12	9	6	J-511	5	7	22	25	27	28	PLC	PLC				
CARGA GOP	CABEZA DO		HORNOS	VTI-VTF	CÁMARAS		BLOW DOWN	FLUSHING	PLANTA DE GASES	J-551	E-552	E-553	E-554	B-501	B-502	J-551	VÁLV. MOT.	APLICACIONES
General	4	R-701	J-701	2	D-701A	7	R-702	12	ESTADO	ESTADO	DETECTORES	DETECTORES	INFO	INFO		PLC		
		10	J-702	REACCIÓN	D-701R	STRIPPING		HRS.	OKU	OKU	HRS	OKU	HDS	HDS		87012/02		
									TOTALES	TOTALES								

Muchas Gracias