

Nueva unidad CFB

Circulating Fluidized Bed en CILC

Autor/autores:

Enrique Troncoso
YPF S.A.
enrique.troncoso@ypf.com

Leandro Blas
YPF S.A.
leandro.blas@ypf.com

Javier O. Cabezudo
YPF S.A.
javier.cabezudo@ypf.com

▪ Sinopsis

La entrada en servicio de un nuevo Coker en YPF producirá un incremento de producción de carbón de coke, que permitirá satisfacer los compromisos de venta actuales en la zona de Buenos Aires. Como éstos acuerdos contractuales se cumplen actualmente a través del envío por tren de aprox. 600 Tn/d de carbón de coke desde Refinería Luján de Cuyo al puerto de La Plata, el complejo mendocino deberá buscar un mercado alternativo. La opción que se visualiza como más probable es su exportación.

El trabajo presenta una propuesta técnica que utiliza el carbón en Refinería Luján de Cuyo como combustible para producir 250 Tn/h de vapor de alta presión.

El nivel de generación de vapor previsto es superior a las necesidades de consumo de la Refinería, por cuanto contempla:

- Generar energía eléctrica, a partir del vapor excedente, abasteciendo la demanda actual y futura del complejo y liberando su equivalente al Sistema Interconectado Nacional (SIN).
- Reemplazar la generación de vapor de consumo en calderas de la refinería
- Liberar gas natural en el mercado local, Mendoza.
- Aumentar capacidad de producción por conversión del fuel oil actualmente usado como combustible.

La tecnología pre-seleccionada permite incorporar una “reserva caliente” instantánea de vapor de hasta 250 Tn/h. Contribuye a la confiabilidad operativa y optimiza la eficiencia energética de la Refinería y además aprovecha energéticamente residuos sólidos con contenido de HC, actualmente dispuestos en una empresa habilitada, todo de forma rentable.

Si bien se basa en el uso de combustibles fósiles sólidos, el proceso incorpora tecnología que permite una combustión limpia y eficiente, con niveles mínimos de emisión de gases contaminantes y particulados, asegurando el cumplimiento de la legislación de vanguardia a nivel mundial.

Se presentan los aspectos técnicos básicos del proyecto, con balances de materia y energía, así como los aspectos ambientales y otros.

▪ Introducción

El complejo industrial Lujan de Cuyo debe afrontar en el corto plazo varios desafíos internos y coyunturales para poder continuar con sus actividades normalmente.

Los desafíos que se describen más adelante y que en mayor o menor medida podrían afectar las actividades del complejo son los siguientes:

- Excedente de producción de carbón de coque
- Obsolescencia técnica de calderas del complejo
- Dependencia eléctrica del Sistema Interconectado Nacional (SIN)
- Escasa disponibilidad de gas natural

Como respuesta a estos desafíos planteados, estamos estudiando la factibilidad técnico económica de instalar una caldera capaz de quemar carbón en un lecho fluidizado con aire, para la producción de vapor de alta presión y energía eléctrica.

A continuación se presentan los estudios realizados para verificar la factibilidad técnico económica de este proyecto.

☐ **Desarrollo**

La primer parte del trabajo consiste en determinar el impacto de los 4 puntos indicados en forma cualitativa y cuantitativa para poder así sentar las bases de diseño de la unidad propuesta.

Excedente de producción de carbón de coque:

En el CILC se producen diariamente 1300 tn de carbón de coke: 700 grado ánodo y 600 grado combustible.

El carbón grado ánodo se despacha por tren a Copetro (La Plata), mientras que el carbón grado combustible se vende a nivel local para la utilización en caleras y otros pequeños consumidores.

Con la puesta en marcha del nuevo Coke en la refinería de La Plata YPF tendrá un excedente de carbón, que según el escenario planteado puede variar entre 701 y 1134 Tn diarias. Ver Ilustración 1 "Mercado de Coke". Este cambio impone tomar una decisión en el corto plazo para la disposición del carbón.

Otros problemas aparejados con el carbón es la de asegurar la calidad “grado Ánodo” ya que el carbón es un subproducto del proceso de coquización retardada y el proceso está

orientado a la producción de combustibles líquidos y a veces esto dificulta obtener un cabrón con una calidad específica.

A esto se le suma la problemática de despacho y transporte del mismo.

Revisión 27-05-15

	Coke Grado Ánodo (Tn/d)				Coke Grado Combustible (Tn/d)		
	CK II	CK B	Nuevo CK A	Total GA	Coke A	Coke I	Total CG
Producción Actual (tn/d) - base seca	700	800	0	1500	600	600	1200
Contrato actual Copetro (480 K tn/año)				1315			
Comprometido Caleras					98	344	
Comprometido Siderar					492		
Producción Futura (tn/d)	700	800	1100	2600	0	600	600
Contrato futuro Copetro (550 K tn/año)				1466			
Comprometido Caleras desde CILC					98	344	
Comprometido Siderar (18K tn/mes)					590		
Excedente caso ácido				1134	-689	256	
Excedente total caso ácido:	701						
Excedente total caso Copetro sin cambio:	852						

Ilustración 1 "Mercado de Coke"

Por lo tanto se calcula que como mínimo existirá un excedente de 600 Tn/d de carbón.

Obsolescencia técnica de calderas del complejo.

El sistema de Vapor del CILC se compone de 2 anillos de alta presión uno de 42 Kg/cm² y otro de 32 Kg/cm².

El anillo de 42 se abastece con la producción de las calderas II del CILC y la importación desde CTM (Central Térmica Mendoza, un tercero) mediante contrato ToP. El anillo de 32 se abastece desde calderas I más la adecuación de presión de vapor de 42 a 32 a través de una válvula laminadora (PCV 490).

Las calderas I producen normalmente de 70 a 80 Th/h. Dado el prolongado tiempo de servicio de las mismas resulta difícil el conseguir repuestos y su tecnología no permite obtener una alta eficiencia energética, por lo que sería muy beneficioso para el CILC su reemplazo.

La necesidad de reserva caliente implica que las distintas calderas no se encuentren operando a su capacidad de diseño. Las mismas se encuentran operando normalmente al 50 – 60 % de su capacidad, quedando el resto de la capacidad como reserva caliente para reducir el impacto de alguna contingencia. Esta reserva caliente no es instantánea por lo que requiere la aplicación de roles de emergencia que implican sacar de servicio rápidamente varios equipos / unidades para minimizar el impacto de dichas contingencias.

Según esto, la nueva unidad de Combustión en lecho fluidizado debería operar con una extracción de Vapor de 42 Kg/cm² de 80 Tn/h para reemplazar la producción de las actuales calderas I.

Este vapor ingresaría al sistema de 42 Kg/cm² para poder abastecer cualquiera de los dos anillos de vapor.

Dependencia eléctrica del Sistema Interconectado Nacional (SIN).

El CILC consume aproximadamente 28 MW, pero con una demanda proyectada a futuro de 37 MW, esto representa el 4,1% del consumo eléctrico medio de la provincia de Mendoza.

El CILC se encuentra conectado al Sistema Interconectado Nacional (SIN) y posee un contrato de Isla Eléctrica con CTM de forma tal que ante algún inconveniente en el SIN CTM se desconecta y abastece en forma directa al CILC.

Esta Isla Eléctrica no cubre el 100% del consumo del CILC, por lo que se requiere una selección de qué equipos van a estar “protegidos” por esta isla y cuáles no. Esto implica que hay ciertas plantas y/o equipos que ante una contingencia del SIN saldrán automáticamente de servicio, con pérdidas de producción, degradación de productos y venteo de productos a chimenea.

El costo de la EE para el CILC está simplificada por:

Los costos fijos

- Los costos fijos de reserva de potencia, isla eléctrica y otros cargos fijos

Los costos variables

- Los contratos de suministro eléctrico con los proveedores.
- Los cargos de transporte y demás que también son función directa del consumo y representan aproximadamente un 70% adicional al importe pagado a los proveedores.

La instalación de la unidad CFB generará suficiente energía para lograr el auto abastecimiento lo que implica una importante reducción en los costos operativos del CILC. A pesar de esto será necesario mantener los contratos de suministro de potencia ante eventuales paros de la unidad.

Con las 600 Tn/d de carbón disponibles se podrá generar (previendo la extracción de vapor lateral) unos 60,2 MW.

Escasa disponibilidad de gas natural.

EL CILC es un gran consumidor de gas natural con 550000 Nm³/d en forma directa y 150000 en forma indirecta producto de la generación de vapor para el CILC por parte de CTM.

Este gas se utiliza como:

- Materia prima para los reformadores de Hidrógeno.
- Gas seguro para los pilotos de los hornos.
- Gas combustible para completar el requerimiento energético de los hornos de procesos.

Dado que el sistema de producción y transporte de gas se encuentra al límite de su capacidad, en épocas de alto consumo de gas la Secretaría de Energía establece restricciones al consumo que afectan económicamente al CILC, ya que debe degradar productos de mayor valor agregado (vaporizar propano o degradar carga a catalítico como FO) para suplir esta restricción.

La salida de servicio de las Calderas I, implica una importante reducción en el consumo de gas natural en el CILC.

El gas natural que no se consuma en el CILC, tendrá un doble impacto. Por un lado una reducción en los costos operativos del CILC y por el otro dejar disponible esta cantidad de gas natural que facilitará la posible instalación de nuevas industrias y/o para consumo domiciliario en la región.

Para determinar la cantidad optima de vapor que se reemplazará por la generación de la unidad de Combustión en lecho Fluidizado (CFB por sus siglas en Inglés), se realizó un estudio por especies energéticas que derivó en el siguiente balance de energía.

		600 Tn	900 Tn	600 Tn en 2 trene
		Sin Cald. I	Sin Cald I	1 sola cald. II
Consumos de GN	Caso Base	Caso 1.1	Caso 1.2	Caso 1.3
	k Nm3/d	k Nm3/d	k Nm3/d	k Nm3/d
HR 1 lado Procesos	125	125	125	125
HR 1 lado combustible	75	75	75	75
Anillo de Fuel Gas (consumos varios de hornos)	106	106	106	106
Sello de Compresores, Blowback y pilotos de Hornos FCC II y Coke II	22	22	22	22
Sello y piloto de Mecheros	3	3	3	3
HR 3 lado Procesos	36	36	36	36
HR 3 lado Combustible	24	24	24	24
GN consumo reemplazable	150	31	31	3
CONSUMO TOTAL DE GN como materia prima	161	161	161	161
CONSUMO TOTAL DE GN como combustible	380	261	261	233
CONSUMO TOTAL DE GN - coherente con promedio PI 2014	541	422	422	394
GN entregado a CTM para Vapor	325	325	325	325
Consumo de FO de Calderas I (Tn FOE/d)	26	-	-	-
Consumo de Gas de Calderas I (Tn FOE/d)	130	-	-	-
Consumo de Gas de Calderas I (k m3/d de GN)	163	-	-	-
Consumo de FO de Calderas II (Tn FOE/d)	-	-	-	-
Consumo de Gas de Calderas II (Tn FOE/d)	224	224	224	201
Consumo de Gas de Calderas II (k m3/d de GN)	281	281	281	252
Consumo GN base 2014	conciliados dic 2014			
Consumo GR (Tn FOE/d) - Fijo	670	670	670	670
Consumo GN (Tn FOE/d) combustible - variable hasta mín. 130	319	219	219	186
Consumo FO (Tn FOE/d) - Variable hasta mínimo técnico de 27 Tn/d	80	24	24	24
FCC II (Tn FOE/d) - Fijo	135	135	135	135
Vapor de CTM (Tn FOE/d) - Variable	209	209	209	212
Vapor de CFB - Variable	-	156	156	162
EE - Fijo	155	155	155	155
Total Energía (Tn FOE día) - Fijo	1.568	1.568	1.568	1.543
Excedente de GR (Tn FOE/d)		-		
	El:	125,4		
Vapor de Calderas I	80	0	0	0
Vapor de Calderas II	115	115	115	103
Vapor de CTM	130	130	130	130
Vapor de CFB	0	80	80	92
Total Vapor base combustible:	325	325	325	325
Tn FOE liberadas por cambio de escenario		156	156	180
GN Liberado (kNm3/d) por cambio de escenario:		119	119	147
GN Liberado (TnFOE/d) por cambio de escenario:		100	100	123
FO Liberado (TnFOE/d) por cambio de escenario:		56,4	56,4	56,4
GN Liberado eq. (kNm3/d) por cambio de escenario:		186,2	186,2	214,1
GN No técnico Consumo (K Nm3/d):	150			
GN No técnico Consumo (TnFOE/d):	126			
Consumo FO Técnico Calderas I (TnFOE/d):	26,4			
Consumo FO Técnico Otros (TnFOE/d):	23,6			
FO No técnico Consumo (TnFOE/d):	30			

La conclusión más importante de este balance es la determinación de cuanto vapor es posible reemplazar en el CILC, de forma tal de minimizar el consumo de gas natural como combustible.

Según este balance, el reemplazo de las calderas 1 liberará 163K m3/d de gas natural.

Paralelamente a este balance de energía, se estudió el impacto que provoca en el anillo de vapor del CILC la salida de servicio de alguno de los equipos generadores de vapor. Este estudio respalda la factibilidad técnica del reemplazo de las calderas I.

Futuro Caso 1.1 Sin Cald. I	Mínimo	Máximo	Pico (+10%)	Normal	Máx. op. en Pico	Salida de CTM	Salida de CFB
YB1	68	136	136	0	0	0	0
YB2	68	136	136	0	0	0	0
B1101	50	100	110	58	110	110	110
B1102	50	100	110	0	0	0	0
B1103	50	100	110	57	110	110	110
CTM	85	140	150	130	150	0	150
HR-H1	0	12	12	0	0	0	0
Planta SO4H2	0	0	0	0	0	0	0
CFB	80	258	258	80	258	258	0
TOTAL		724	764	325	628	478	370
Reserva Caliente					303	153	45

Como contrapartida, el estudio de impacto en el anillo de vapor muestra que para adicionalmente poder operar con solo 1 de las Calderas II, es necesario instalar 2 unidades CFB que procesen 300 Tn/d cada una, para poder afrontar la contingencia de paro de la unidad CFB.

Futuro Caso 1.3 1 sola cald. II	Mínimo	Máximo	Pico (+10%)	Normal	Máx. op. en Pico	Salida de CTM	Salida de 1/2 CFB
YB1	68	136	136	0	0	0	0
YB2	68	136	136	0	0	0	0
B1101	50	100	110	103	110	110	110
B1102	50	100	110	0	0	0	0
B1103	50	100	110	0	0	0	0
CTM	85	140	150	130	150	0	150
HR-H1	0	12	12	0	0	0	0
Planta SO4H2							0
CFB 1	46	129	129	46	129	129	0
CFB 2	46	129	129	46	129	129	129
TOTAL		724	764	325	518	368	389
Reserva Caliente					193	43	64

Este caso de estudio resulta menos rentable que la instalación de 1 sola unidad CFB.

Nueva unidad CFB

La instalación de la unidad CFB en el CILC permitirá cubrir todos los aspectos planteados con un proyecto rentable y acorde con las legislaciones medioambientales más estrictas vigentes a nivel mundial.

Descripción de la unidad

Se trata de un Ciclo de Rankine convencional, donde el corazón de la tecnología es una caldera capaz de quemar carbón en un lecho fluidizado con aire (CFB - Circulating Fluidized Bed). La caldera genera vapor de 105 Kg/cm². Este vapor se envía a la turbina de Vapor que posee una extracción lateral que puede modular la misma a demanda dentro de ciertos límites. El vapor se extraerá a 42 Kg/cm² y se utilizará en reemplazo de las Calderas I, sacrificando generación de EE.

Este es un proceso de bajas emisiones debido a que la etapa de quemado del carbón se realiza a bajas temperaturas (inferior a 900°C) lo que minimiza la formación de NO_x, optimiza la captura de compuestos de S y permite una alta eficiencia en el quemado del carbón.

En la unidad CFB podemos distinguir varios sistemas constitutivos como ser:

- Acopio y acondicionamiento del carbón.
- Unidad de acondicionamiento de caliza.
- Caldera de lecho fluidizado.
- Sistema de recuperación de cenizas
- Filtrado de gases.
- Turbina de generación de EE.

En la Ilustración 2 Esquema general del proceso, se pueden observar estos sistemas y su vinculación.

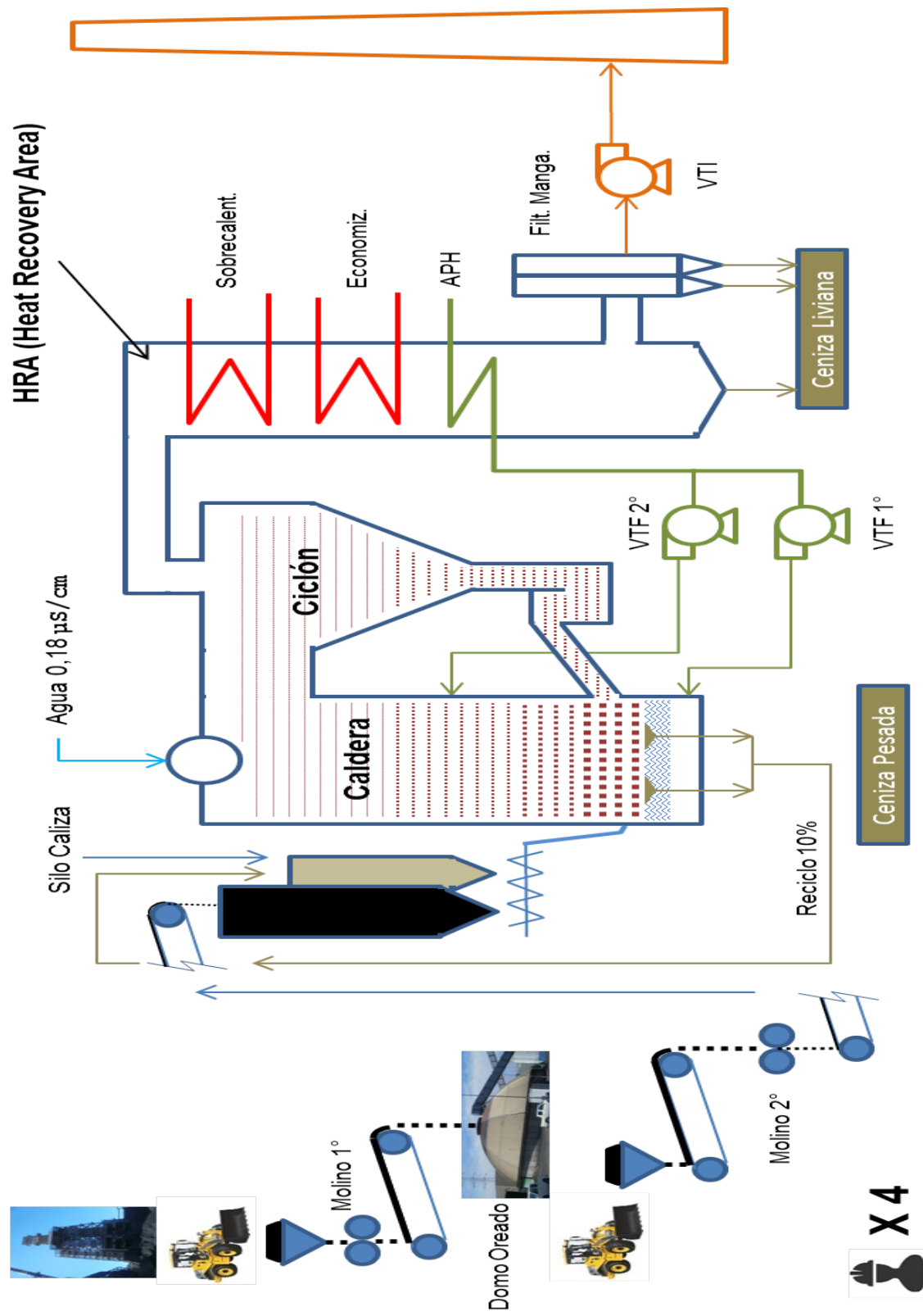


Ilustración 2 Esquema general del proceso

Acopio y acondicionamiento del carbón

El proceso se inicia con la adecuación del carbón de coque para su combustión en el lecho fluidizado. Para esto se envía el carbón a un molino que lo reducirá hasta un tamaño aproximado de 10 mm de diámetro. Una vez finalizada la molienda, el carbón se almacena en un domo para que escurra el exceso de agua que pueda traer.

Transcurrido el tiempo de residencia establecido, el carbón molido se transporta y almacena en el silo de carga a la unidad. Este silo tiene una capacidad suficiente para 24 hs de operación continua de la caldera. El proceso de molienda y relleno del silo se realiza durante 1 turno de operación, por lo que no requiere la realización de trabajos nocturnos.

Unidad de acondicionamiento de caliza

Paralelo al acondicionamiento del carbón, se requiere un recinto para almacenaje y acondicionamiento de caliza. La caliza se utiliza para reaccionar con el azufre presente en el carbón y producir sulfato de calcio (yeso) que se obtiene como subproducto del proceso y se venderá como tal.

El acondicionamiento consiste en un horno rotativo que opera a 105°C por el que se hace circular la roca caliza en contra corriente con aire para transformar la caliza CaCO_3 en CaO + CO_2 . A la salida del mismo la roca se muele y por transporte neumático se lleva hasta el silo de Caliza.

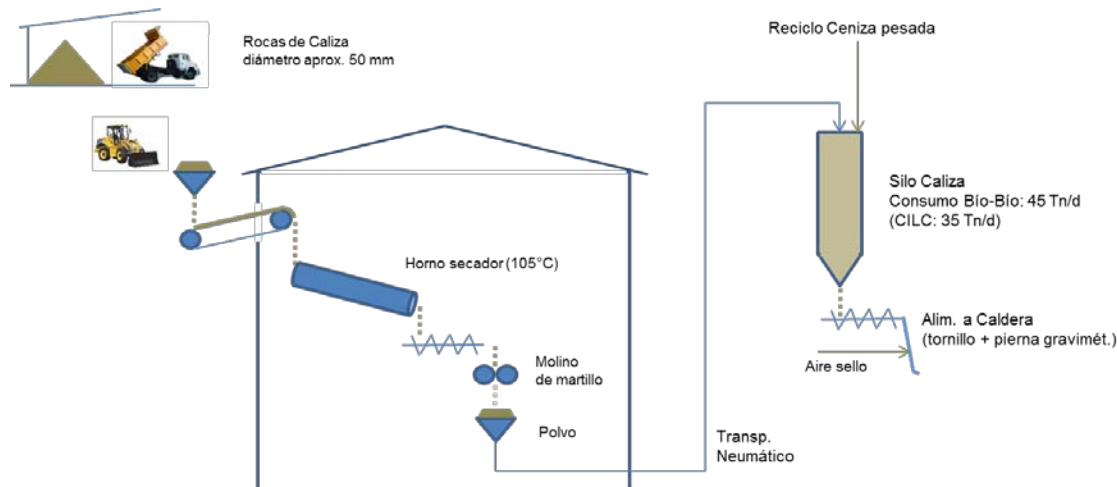


Ilustración 3 Planta de Caliza

Este silo de caliza también recibe el reciclo de ceniza pesada que se obtiene del fondo del lecho fluidizado y representa aproximadamente un 50% de la caliza.

La caliza utilizada en el proceso debe estar libre de silicio. (La presencia de material fundente provoca la formación de escoria).

Operación de la caldera

El combustible (carbón + caliza) se introduce a la caldera desde los silos correspondientes mediante la utilización de tornillos sin fin. Al llegar a la cámara de combustión, se encuentran con una corriente de aire caliente proveniente del Ventilador de Tiro Forzado 1 y genera el lecho fluidizado.

La combustión en un sistema CFB tiene varias particularidades como ser:

- Se realiza sin llama (el carbón permanece en estado de brasa incandescente).
- La combustión se realiza a baja temperatura (inferior a los 900°C) lo que genera bajo NOx, alta recuperación de azufre y producción de ceniza en lugar de escoria.
- Dado que el carbón de coke no posee hidrógeno en su molécula, la reacción de oxidación no produce vapor de agua. Este hecho permite una mayor recuperación térmica de la corriente de flue-gas en la chimenea, el vapor que pueda haber en la corriente de gas de chimenea será la humedad propia del aire de combustión por lo que el punto de condensación será muy bajo, permitiendo que los gases sean enfriados sin riesgo de corrosión ácida hasta 140°C aproximadamente.

Las cenizas incandescentes ascienden por la zona central de la cámara de combustión y descienden por la parte lateral de la misma. Los tubos de la caldera se encuentran ubicados todo a lo largo de la cámara de combustión y permiten el aprovechamiento de esta energía para la producción del vapor de alta presión.

Además del aire primario se inyecta aire secundario mediante el VTF 2 que permite el post quemado de las cenizas.

Las cenizas más finas son arrastradas por la corriente del flue-gas por la parte superior de la cámara de combustión donde se encuentra el separador ciclónico que recuperará la mayor parte de las cenizas retornándolas a la cámara de combustión.

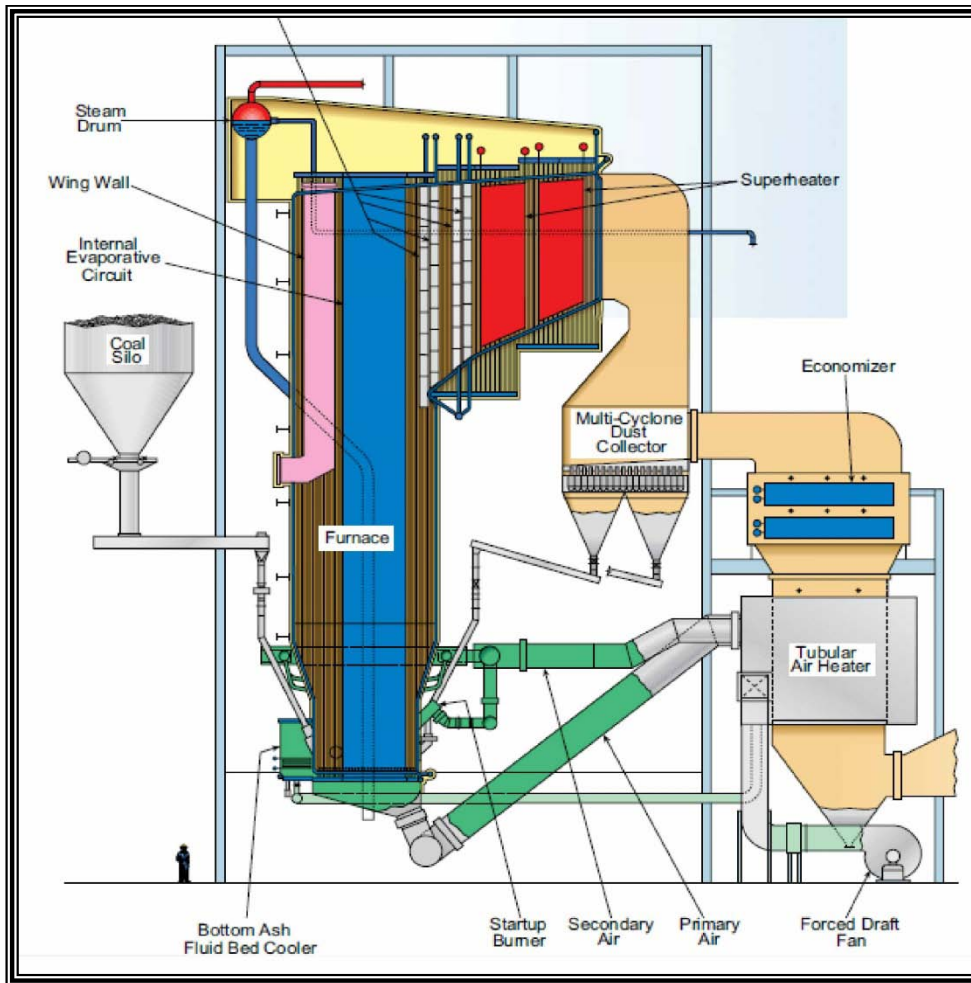


Ilustración 4 Esquema general horno CFB

Aquellas partículas que por su tamaño no sean retenidas en el separador ciclónico seguirán junto al flue-gas hasta los filtros de manga ubicados antes del ventilador de tiro inducido.

En su recorrido hasta los filtros de manga, el flue-gas entregará su energía al vapor para su sobrecalentamiento, al economizador y al precalentador de aire.

Finalmente el flue-gas se dirigirá hacia la chimenea donde saldrá a 140°C y con un exceso de O₂ del 4%.

Además del carbón de coke es posible utilizar biomasa y/o sólidos contaminados con HC como combustible en aproximadamente un 4%. ¿Sin embargo debe prestarse especial atención a no introducir material fundente dentro del horno.

Balances de materia y energía.

Como resultado del estudio de los mercados de carbón, eléctricos y gas natural la capacidad de la unidad de CFB deberá poder procesar 600 Tn de carbón por día.

Para la realización de los cálculos de balance de masa y energía se han utilizado los datos disponibles de distintos tecnólogos: Foster Wheeler; Alstom; y Babcock & Wilcox. Con esto se armó un modelo que se ajustó con los datos recopilados de la unidad Petropower de Foster Wheeler en la refinería de Bio Bio.

Una vez ajustado el modelo se procedió a la realización de los balances correspondientes a los distintos escenarios supuestos. Aquí se presentan los resultados correspondientes al escenario seleccionado como de mayor interés técnico económico para el CILC.

Balance de Energía

Definiciones y supuestos base.

- Como resultado del estudio de los mercados de carbón, se estima una disponibilidad de carbón de coque en el CILC de 600 Tn de carbón por día. Valor que se presenta como caso base para el diseño de la unidad.
- Poder calorífico inferior del carbón: 8796 Kcal/Kg
- Para la definición de la cantidad de vapor que exportará la unidad de CFB al CILC, se toma como base la cantidad 80 Tn/h, equivalente a la actual producción de la unidad de Calderas I que saldría de servicio por obsolescencia técnica.
- Se determinó el límite de reemplazo de equipos generadores de vapor de forma tal que el consumo de Fuel Gas del CILC iguale a la producción, para no tener venteos de FG.

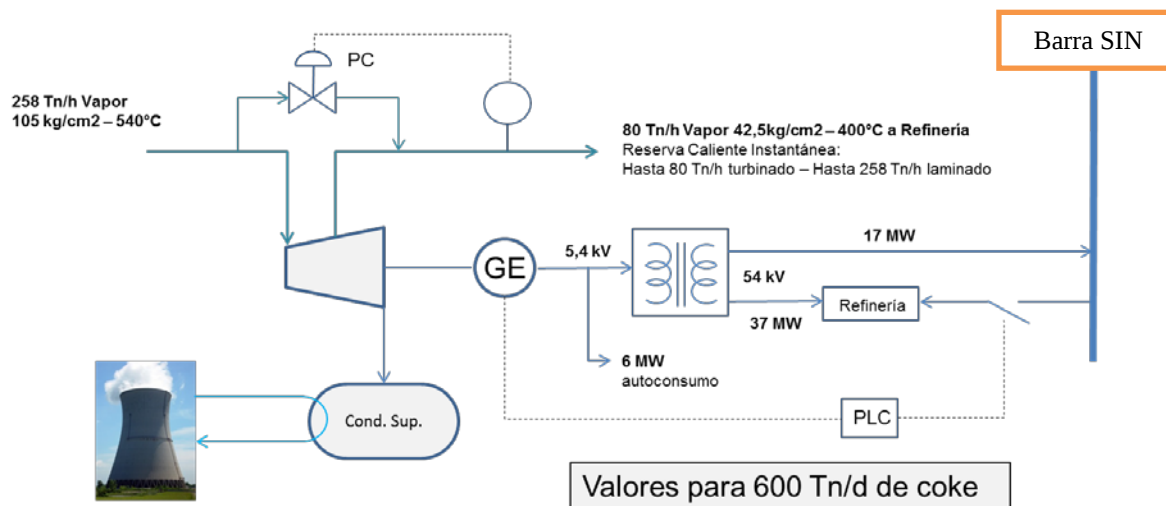


Ilustración 5 Diagrama de flujo energético del proceso

La Ilustración 4 Diagrama de flujo energético del proceso muestra la interrelación entre los distintos tipos de energía del CILC.

El diagrama anterior se basa en los resultados del modelo termodinámico confeccionado a tal fin y que se ajustó con los datos operativos reales recopilados de una unidad en operación de uno de los tecnólogos. Modelo cuyos resultados se presentan a continuación para el caso de 600 Tn/día de combustión de carbón:

BALANCE DE ENERGIA PROYECTO CFB			
CARBON			
Uso de Carbón de Coke (PC):	600 t/d		
PCI del PC:	8796 Kcal/kg		
Total MM Kcal disponibles /d	5277,6 MM Kcal/d		
PRODUCCION DE VAPOR en CFB			
P de Vapor generado:	105 kg/cm2 g		
T de vapor generado:	540 °C		
H de Vapor Generado:	831 Kcal/kg		
H de vapor exhausto (evol. isoentrópica)	518 Kcal/kg		
H del condensado:	50 Kcal/kg		
Autoconsumo de vapor:	0%		
Masa total de Vapor Generado:	258 t/h		
CONVERSION DEL VAP A EE			
Vapor a CILC en 42 Kg/cm2	80 T/h VAP		
Generac. por Vapor extracc. Lateral:	5,4 MW		
PRODUCCION TOTAL DE EE			
EE total bruta neta:	60,2		
Potencia eq. : (100% VAP a EE)	79,5 MW		
DESTINOS DE LA EE			
Autoconsumo CFB:	6,0 MW		
Requerimiento de Energía Eléctrica CILC:	37 MW		
EE para Upstream:	12,0 MW		
Exportación de EE:	5,2 MW		
ENTALPIAS DEL VAPOR			
H s (de Hsys) - 105Kg/cm2g - 540°C	-2990 Kcal/kg		
H i (de Hsys) - Evol Isoent. a -0,91kg/cm2g	-3303 Kcal/kg		
H c (de Hsys) - Entalp. Del cond. X=0	-3771 Kcal/kg		
H i (de Hsys) - Evol Isoent. a 42 kg/cm2g	-3058 Kcal/kg		
Paquete de propiedades Peng-Roinson			
EFICIENCIA DE LOS EQUIPOS INVOLUCRADOS			
Temp. humos chimenea Caldera:	140 °C		
Ex O2. humos chimenea Caldera:	4,0 %		
Ex. aire humos:	23,5 %		
Eficiencia de la caldera:	91,7%		
Coseno φ:	0,91		
Eficiencia Isoentrópica de la Turbina:	93,0%		
Equiv. térmica de la EE:	860000 Kcal/MWh		
Eficiencia del ciclo:	48,2%		
mol H2O	18 g/mol		
	18 kg/kmol		
Consumo de Vapor para EE			
Consumo de Vapor para EE	178 T/h VAP		
Gener. de EE sin el VAP al Complejo:	54,8 MW		
Consumo Espec. de Vapor para EE:			
Consumo Espec. de Vapor para EE:	2,95 t VAP/MWh		
Reserva Caliente (con 37 MW x CILC)	0,82 kg VAP/MWs		
Reserva Caliente MAX. sin gen. EE:	51 T/h VAP		
	258 T/h VAP		
Energía Eq. en GN ahorrado:			
Energía Eq. en GN ahorrado:	186 Mm3/d		
PCI GN	8250 Kcal/m3		
FO ahorrado:	56,4 TnFOE		
GN ahorrado:	99,7 TnFOE		

Ilustración 6 Balance de Energía CILC

Los valores en rojo son los datos del modelo y los valores en negro son las salidas calculadas por el mismo. Y estos datos alimentan Ilustración 4 Diagrama de flujo energético del proceso y serán la base del estudio económico.

Las 600 tn/d de carbón se combustionarán en el lecho fluidizado para generar 258 Tn/h de Vapor a 105 Kg/cm².

Este vapor se laminará en una turbina hasta la condensación total, salvo la cantidad requerida por el CILC.

La turbina posee una extracción lateral en 42,5 Kg/cm², por donde saldrán las 80 Tn/h que el complejo requerirá en forma habitual.

El resto del vapor continúa laminándose en la turbina hasta la condensación total en el condensador de superficie.

La laminación produce 60,2 MW que se prevé utilizar para:

- Autoabastecimiento del CILC: 37 MW
- Autoconsumo de la unidad CFB: 6 MW
- Exportación al upstream: 12 MW
- Exportación al Sistema Interconectado Nacional 5,2 MW

La potencia total equivalente de la turbina es de 79,5 MW.

Con la salida de servicio de la unidad de Calderas I, el CILC dejará de consumir 130000 Nm³/ día de gas natural y 56,4 TnFOE/día de fuel oil.

Ante una contingencia operativa en alguno de los equipos generadores de vapor al CILC la unidad CFB posee un by pass de la turbina generadora de vapor que permite exportar hasta el 100% del vapor generado hacia el CILC. Esto representa una reserva inmediata de vapor disponible en forma permanente.

Actualmente cualquier contingencia en alguno de los generadores de vapor al CILC requiere de la aplicación inmediata de roles de emergencia que obligan a detener equipos en forma inmediata, turbinas, reboilers y otros. Estos roles se aplican hasta que las otras calderas pongan operativa su reserva caliente y suplan la producción del equipo generador de la contingencia. El impacto de estas emergencias suele rondar desde 2 hasta más de 10 horas.

Si estos roles de emergencia no son aplicados con la suficiente celeridad pueden llevar al paro a alguna otra caldera empeorando la situación, aumentando las pérdidas.

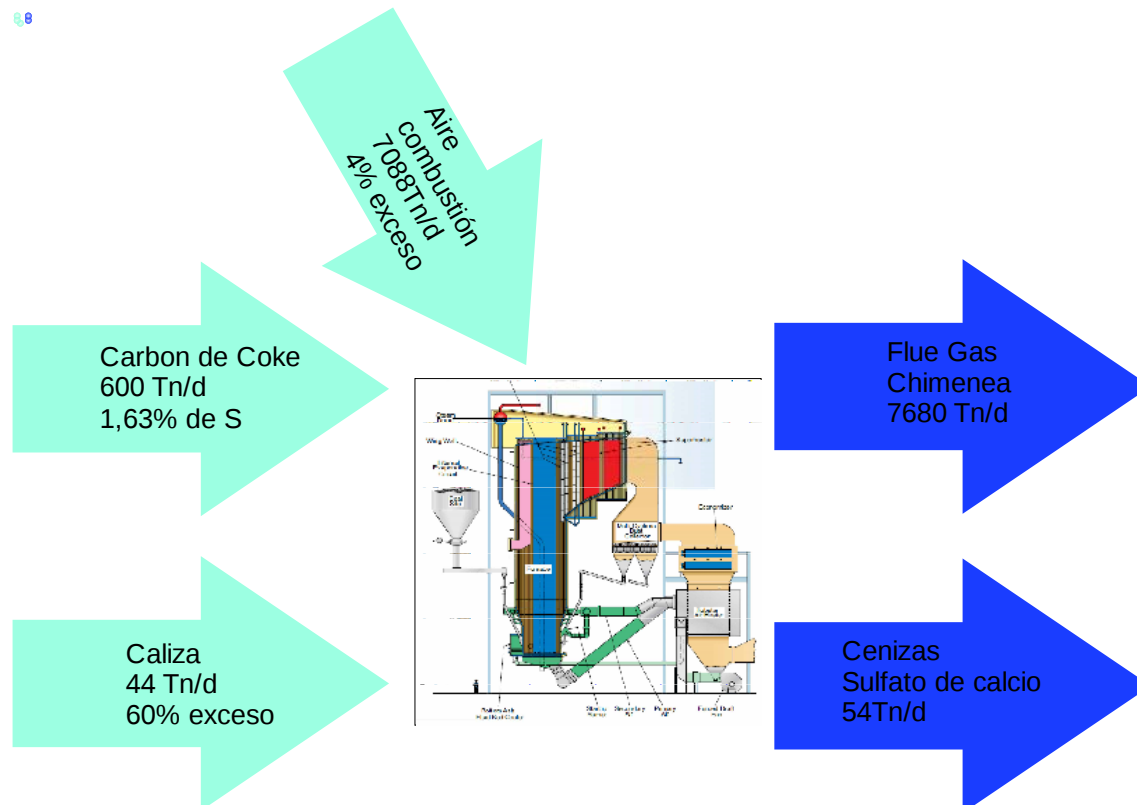
Balance de masa

El carbón de coke del CILC que se utilizará como combustible del horno CFB posee un 1,63% de azufre.

Para evitar que el azufre se libere a la atmósfera se agrega caliza para que reaccione con el azufre para formar sulfato de calcio. El porcentaje de reacción del azufre esperable es del 90,1% hacia la formación de Sulfato de calcio. El resto del azufre se combustiona y sale junto a los humos de chimenea como SO_2 .

Para lograr esta recuperación del azufre, se debe trabajar con un exceso de Caliza de aproximadamente el 40%.

Para la combustión en el horno CFB, se requerirá de la inyección forzada de aire mediante un ventilador de tiro forzado. Este aire es el necesario para mantener un 4% de exceso de O_2 en relación al estequiométrico y será además el encargado de mantener el lecho fluidizado.



Como productos del proceso se obtendrá una corriente de Flue gas que saldrá por la chimenea que contendrá los productos de combustión CO_2 , SO_2 y el O_2 y N_2 que no hayan reaccionado. Y un residuo sólido (Fly Ash) compuesto por el Sulfato de calcio y el exceso de caliza que se retiene en las mangas de los filtros de flue gas. Falta el Bottom Ash que se retira del fondo de la caldera. La suma del bottom ash + fly ash da las 54 tn/d, es aprox. 50% de cada una. Parte del bottom ash se recicla junto con la caliza (ya que tiene caliza sin reaccionar).

▪ Conclusiones

Del presente estudio se concluye que: los desafíos planteados por la entrada en servicio de la nueva unidad de Coque en la refinería de La Plata y la obsolescencia técnica de las Calderas I del CILC, podrán verse resueltos con la instalación de una unidad CFB con capacidad para 600 Tn/día de carbón.

Esta unidad además brindará varios beneficios adicionales dentro y fuera del CILC. Todo esto con un proyecto rentable y medio ambientalmente amigable.

▪ Bibliografía

Curriculum Vitae:

Javier Olivier Cabezudo

Ingeniero Químico Universidad Nacional del Comahue – Neuquén.

Cerámica ALBA . Neuquén- Pasantía industrial.

SOCO-RIL San Nicolas de los Arroyos - Laboratorio de control de calidad.

YPF S.A. Puesto actual: Ingeniero de Procesos Señor refinería Lujan de Cuyo.

Responsabilidades anteriores: Analista de Control de Gestión en CIPH, Ingeniero de Procesos, Ingeniero de procesos proyectos 50 ppm CILC. Jefe de Planta Isomax CILC

Enrique Troncoso

Ingeniero industrial de la Universidad Nacional de Cuyo. Posgrado de Especialización en el MIT; posgrado en Dirección de Empresas en Universidad Nacional de La Plata; MBA de la Universidad Católica Córdoba.

YPF S.A. Puesto actual: Jefe Medio Ambiente CILC

Antigüedad en la empresa: 20 años.

Responsabilidades anteriores: Responsable de implementación de ISO 9002/14001, Jefe de Laboratorio y Jefe de Inspección y Obras en CIPH, Ingeniero de Procesos y Jefe de Turno en CILP, Ingeniero de Proyectos e Ingeniero de Procesos en CILC, Coordinador de Gestión Energética en CILC.

Leandro Blas

Ingeniero

YPF S.A. Puesto actual: Gerente MASS