

Apéndices

APÉNDICES

Apéndice A: Proceso Productivo

Diagrama de bloque (Lado Rojo)

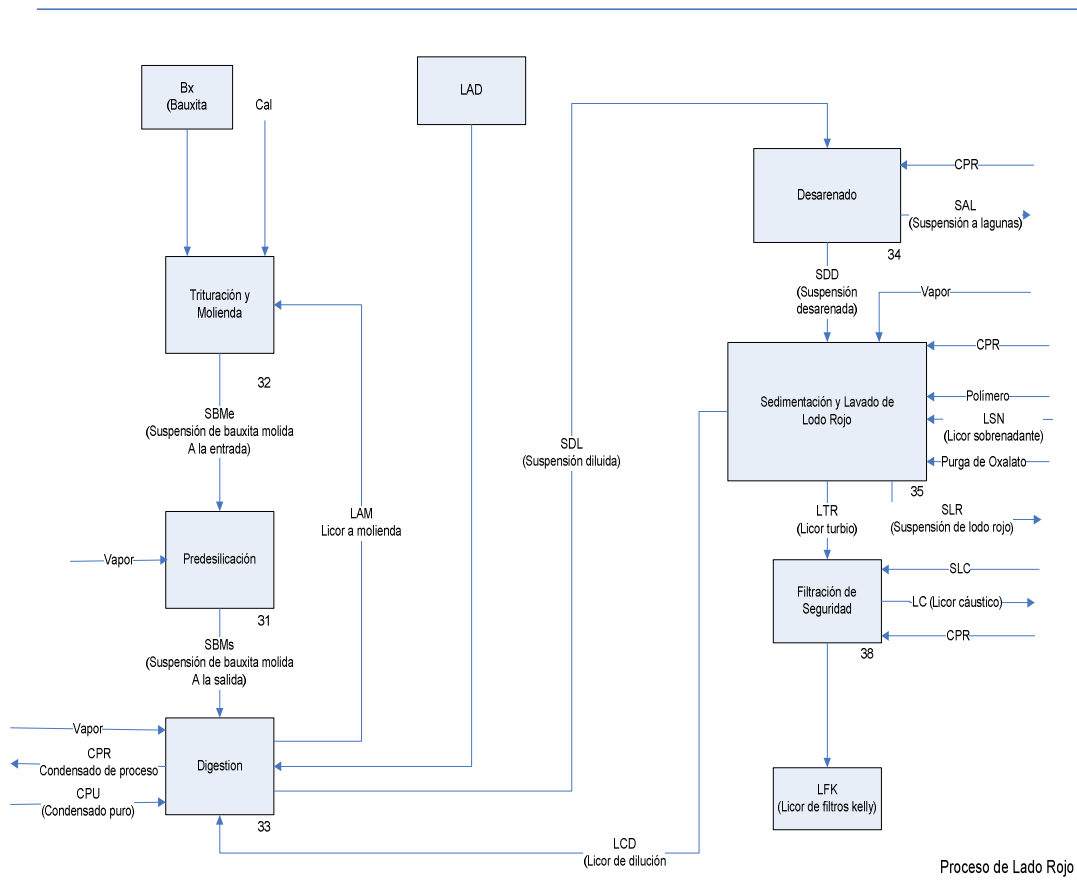


Figura 23. Diagrama de bloque del proceso de Lado Rojo.

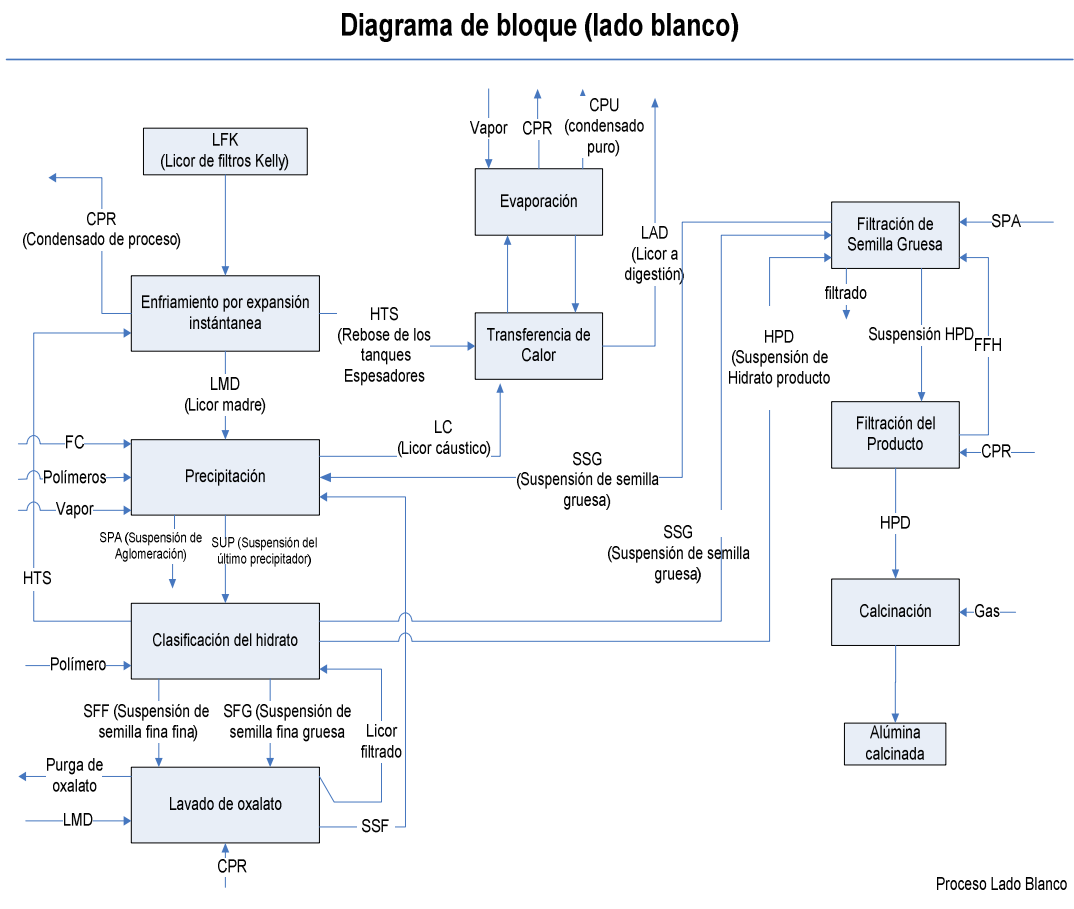


Figura 24. Diagrama de bloque del proceso de Lado Blanco

Apéndice B: Calor Disponible

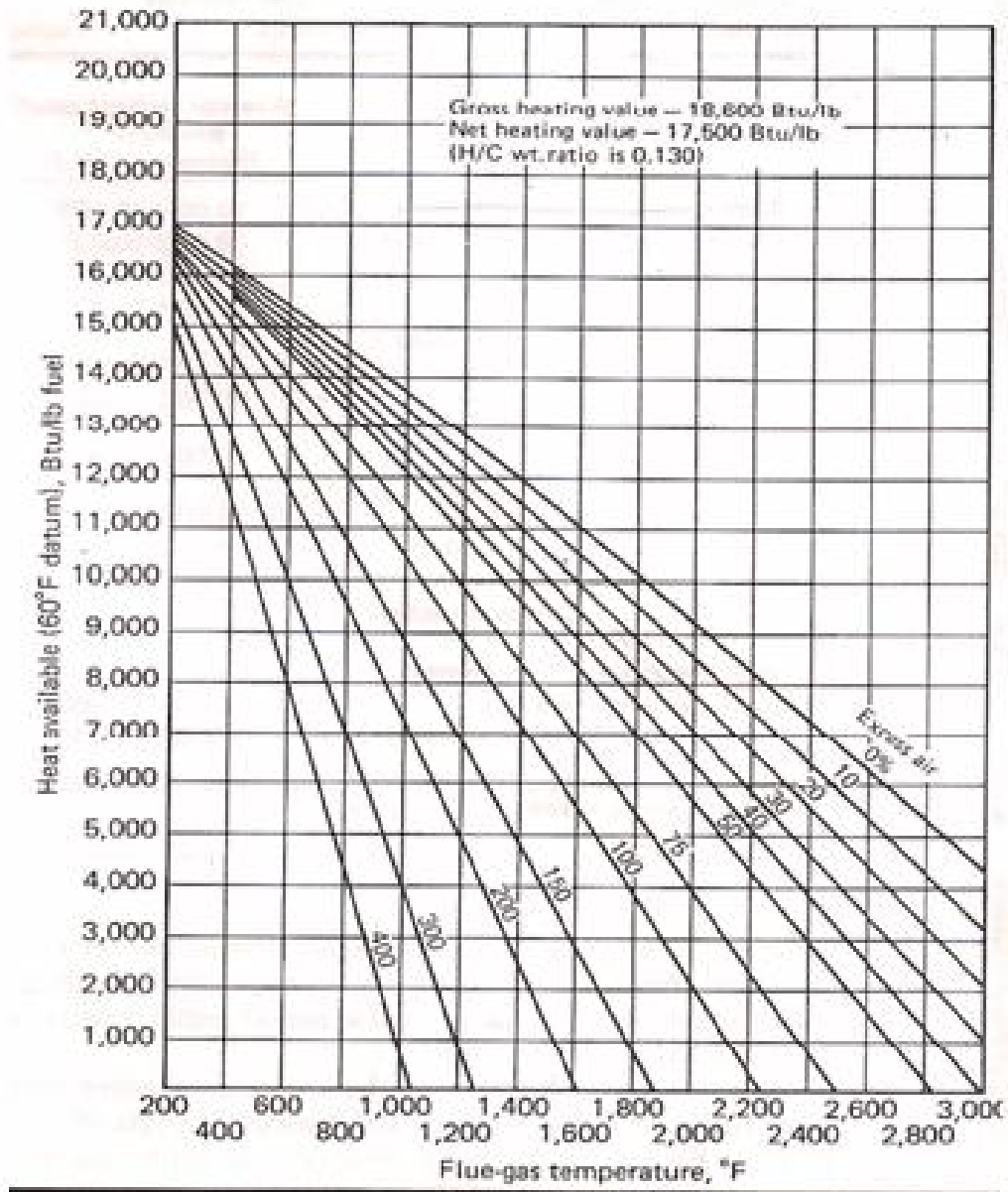


Figura 25. Calores disponibles en función de la temperatura de los gases y del exceso de aire.

Apéndice C: Calderas acuotubulares y pirotubulares



Figura 26. Caldera Pirotubular.

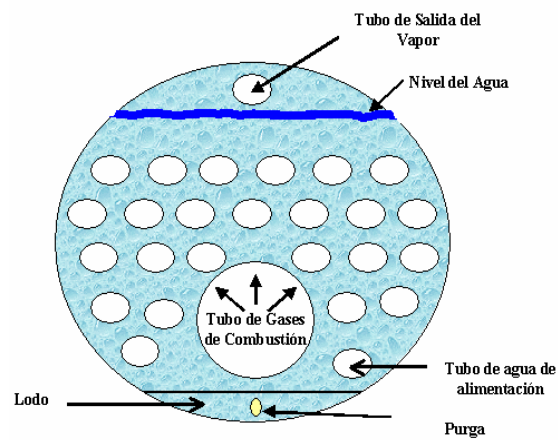


Figura 27. Arreglo de los tubos en una Caldera Pirotubular.



Figura 28. Caldera acuotubular.

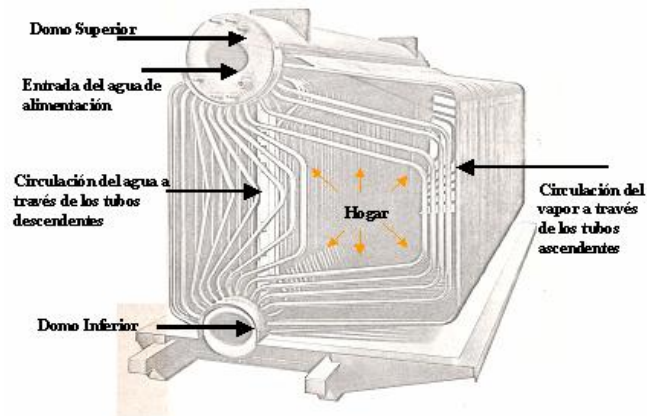


Figura 29. Arreglo de los tubos en una Caldera Acuotubular.

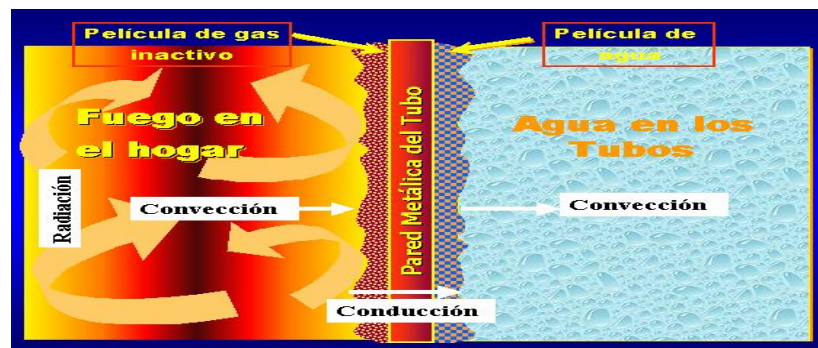


Figura 30. Transferencia de calor en las calderas acuotubulares.

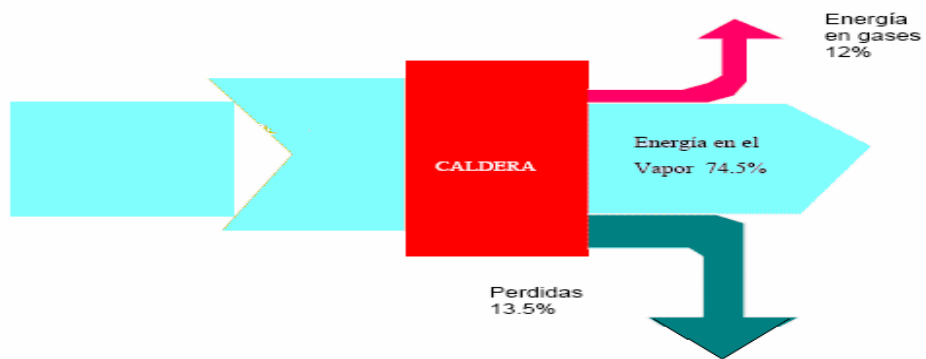


Figura 31. Balance de energía típico de una caldera.

Apéndice D: Propiedades de los gases de combustión

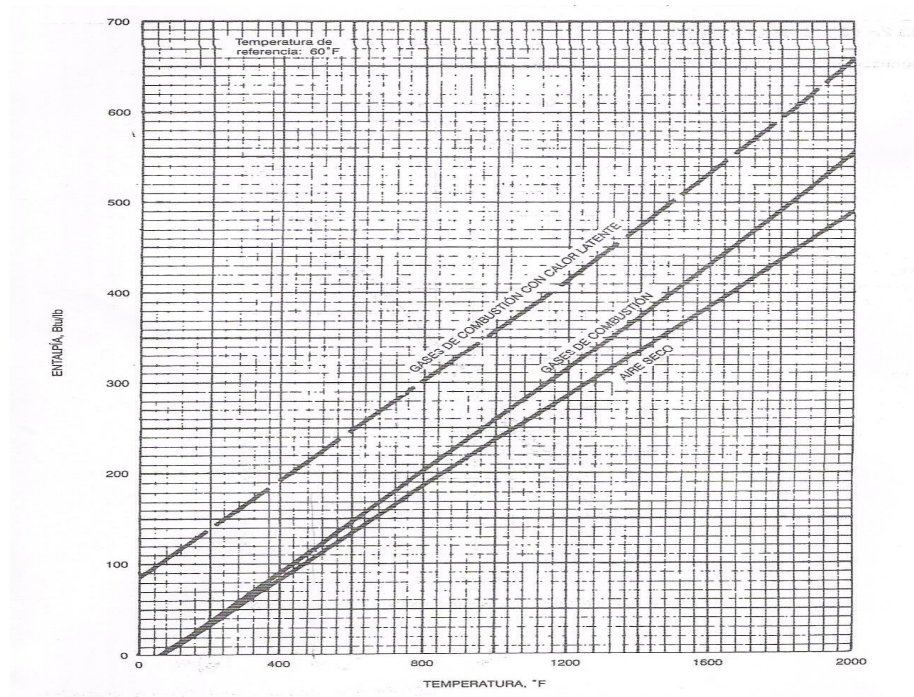


Figura 32. Entalpía típica de los gases de combustión para un combustible de gas natural.
(Branan, 2000)

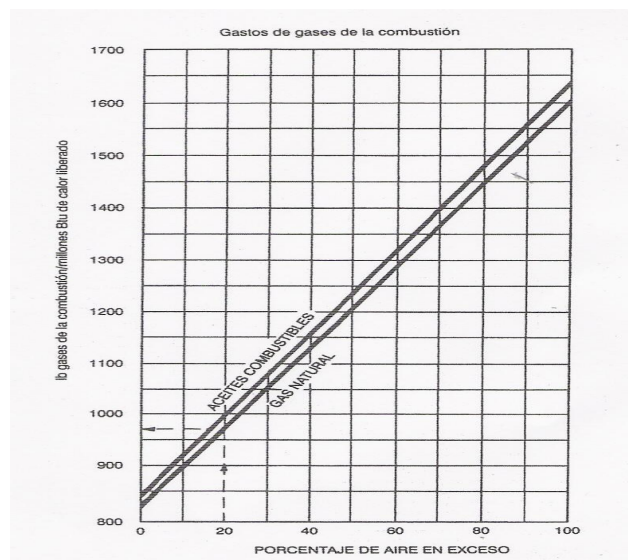


Figura 33. Estimación de la cantidad de gases en chimenea. (Branan, 2000)

Apéndice E: Valores recomendados de parámetros de calidad y eficiencia térmica

Tabla 5. Porcentajes de exceso de aire recomendado

Combustible	% de exceso de aire recomendado
Gas natural	15
GLP	15
FUEL OIL	20-25
CRUDO DE CASTILLA	20-50
CARBÓN	25-30

Tabla 6. Parámetros para el agua de calderas de baja presión (0-300 psi.)

Parámetro Químico	Agua de Alimentación	Condensado	Agua de Caldera
Ph	8-9.5	8-8.5	10.5-11.5
Sólidos solubles (mg/l)	200	30	máx. 3.500
Alcalinidad total (mgCaCO ₃ /l)	40	5-10	300-700
Dureza total (mgCaCO ₃ /l)	0	0	0
Cloruros (mgCl ⁻ /l)	---	0	máx. 300
Fosfatos (mgPO ₄ ⁻³ /l)	---	---	20-40
Sílice (mgSiO/l)	---	0	máx. 150
Hierro (mgFe/l)	0.1	0.1	0.1
Oxígeno (mgO ₂ /l)	0.010 máx.	---	---
Sulfito (mgSO ₃ /l)	0	0	30-60
CO ₂ (mg/l)	< 10	---	---

Fuente: American Boiler Manufacturer's Association (ABMA)

Apéndice F: Información de diseño de las calderas

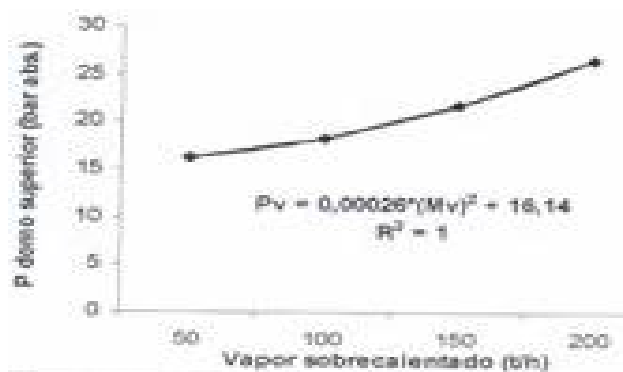


Figura 34. Presión de vaporización en función de la producción de vapor.

Apéndice G: gráficas, fotos, termogramas y pruebas de laboratorio basados en el ACR.

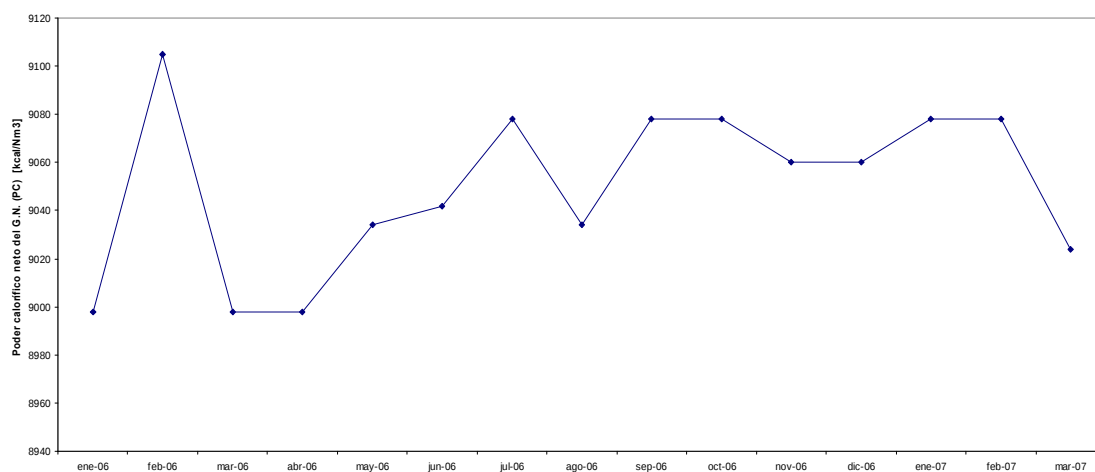


Figura 35. Variación del poder calorífico del gas natural.

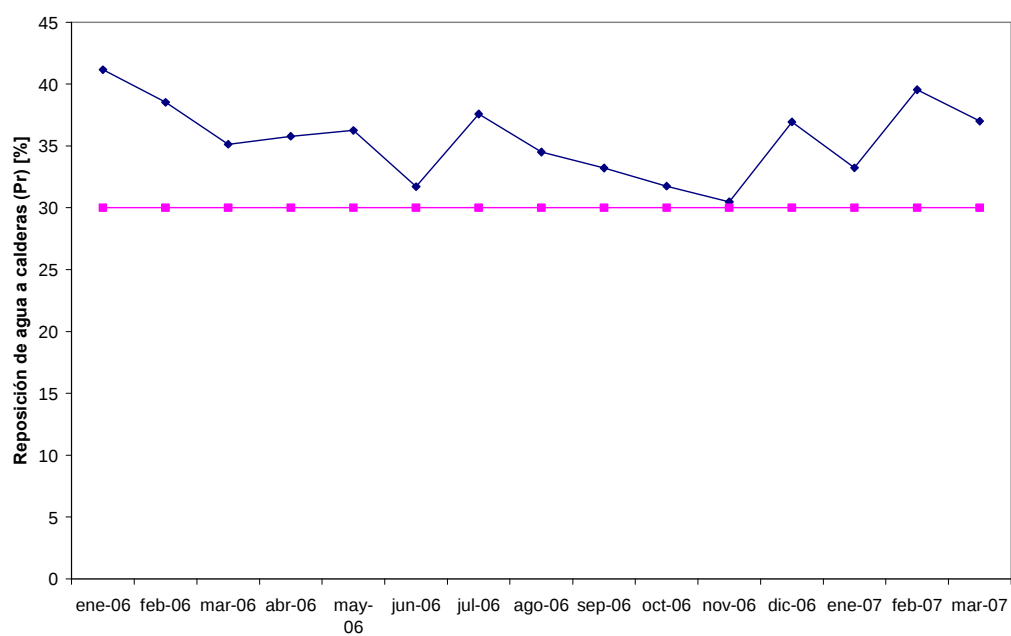


Figura 36. Porcentaje de agua de reposición a las calderas.

Tabla 7. Consumo de vapor vivo en cada una de las áreas de la planta

Consumo de vapor vivo en las diversas áreas de la planta [Cvv] (t/h)								
Mes	Evaporación (A-46)	Predesilicación (A-31)	Digestión (A-33)	Enfriamiento /Filtr. Seg/Clarificación (A-35/38/39)	Caustificación de carbonatos (A- 36)	Precip./Filtrac./Control Oxalato (A-41/44/55)	Estación de vapor (A- 61)	Total
Meta	141	7	216	22	44	38	55	523
ene-06	145	17	243	27	20	27	59	539
feb-06	144	16	247	27	20	26	55	534
mar-06	147	13	235	27	20	25	47	515
abr-06	144	13	243	27	20	25	50	522
may-06	171	13	230	27	20	24	55	540
jun-06	175	15	253	27	20	26	47	562
jul-06	173	13	237	27	20	25	61	556
ago-06	174	14	245	27	20	25	55	560
sep-06	159	12	247	27	20	26	48	539
oct-06	174	11	245	27	20	26	47	550
nov-06	169	12	239	27	20	26	41	533
dic-06	163	13	245	27	20	28	56	552
ene-07	173	10	249	27	20	25	54	558
feb-07	154	11	245	27	20	26	61	543
mar-07	174	11	238	27	20	25	54	549



Figura 37. Fuga de vapor I en el área de Evaporación.



Figura 38. Fuga de vapor II en el área de Evaporación.



Figura 39. Fuga de vapor III en el área de Evaporación.

Apéndices

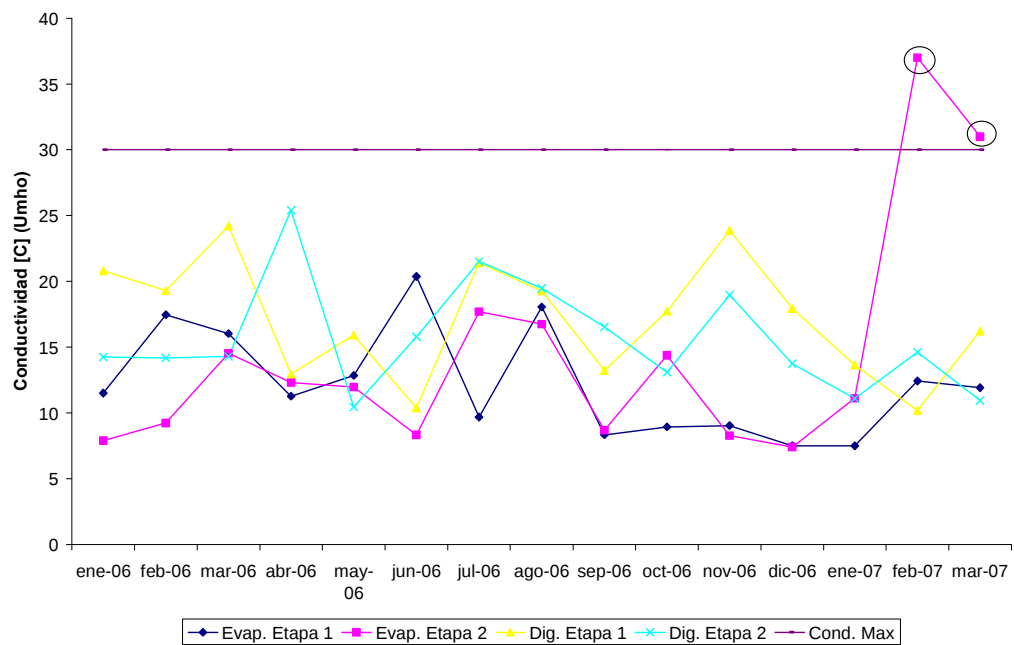


Figura 40. Conductividades de los condensados provenientes del área de evaporación y digestión.

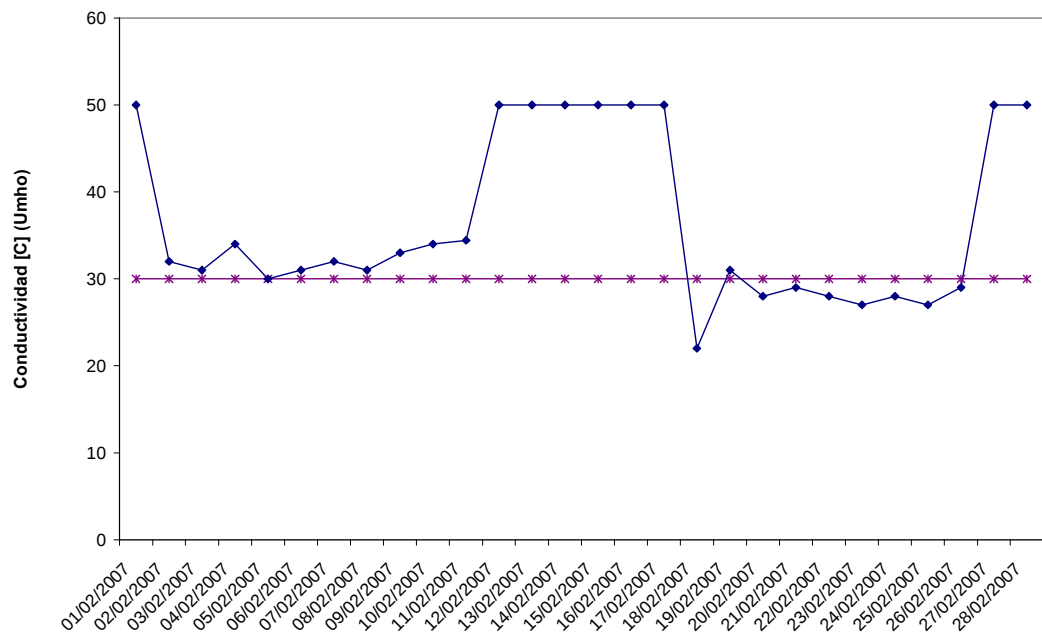


Figura 41. Conductividad del condensado en el área de evaporación (Etapa II).

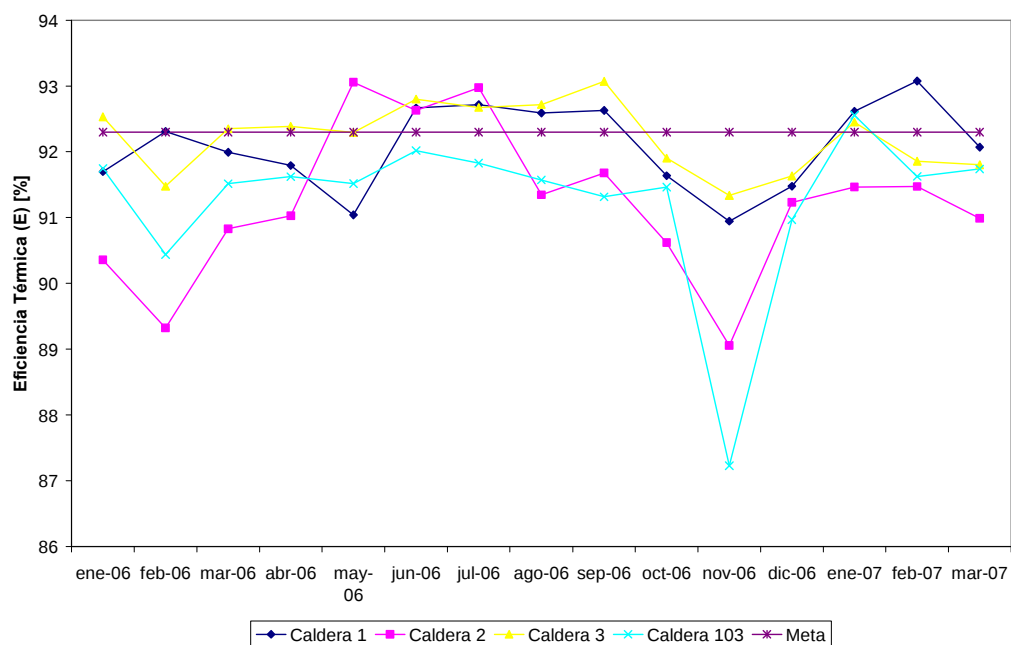


Figura 42. Eficiencia Térmica de las calderas (Enero 2006 – Marzo 2007)

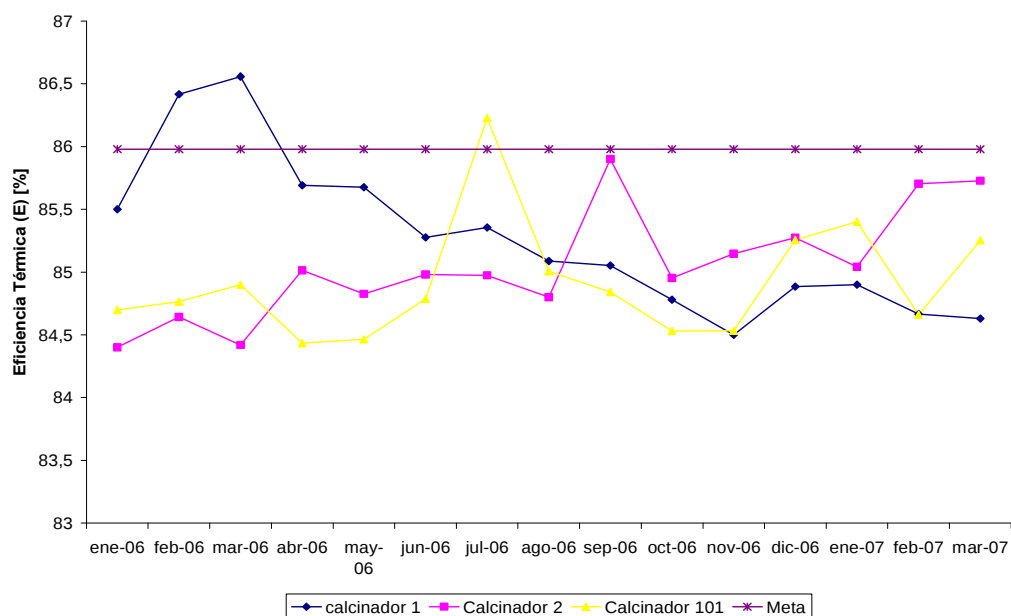


Figura 43. Eficiencia Térmica de los calcinadores (Enero 2006 – Marzo 2007).

Tabla 8. Indicadores de consumo de energía para la industria del aluminio

Proceso/Etapa	Producto	Unidad de Producción	Consumos específicos de E. Eléctrica kWh/Unidad de Producto	Consumos específicos de Combustibles MJ/Unidad de Producto	Consumos específicos Totales MJ/Unidad de Producto	Obs.
Aluminio	Aluminio	ton	15.700 (1) 16.700 (5)	6.300 (5)	66.000 (5)	a
Mina	Bauxita	ton	0,4(1)	227(1)	45 (2)	
Refinación de Alúmina	Alúmina	ton	109 (1)	13.160 (1)	11.000 (2)	a, b
Producción de ánodos	Ánodos	ton	266	3.938 (1)	4.880 (1)	
Refinación Electrolítica	Aluminio	ton	15.400 (1) 14.000-18.000(4)	653 (1)	25.500 (3)	a

Observaciones y Notas

En paréntesis se encuentra la fuente de información

a. Consumos específicos basados en datos obtenidos de "Life Cycle Inventory Report for the North American Aluminum Industry" published by the Aluminum Association in Nov. 1998.

b. Combustibles consideran: Fuel Oil, Diesel, Kerosene, Gasolina, Gas Natural, Carbón, Coke, y Propano.

Fuentes

1. U.S. Energy Requirements for Aluminum Production Historical Perspective, Theoretical Limits and New Opportunities, January 2003
2. Energy efficiency best practice in the Australian aluminium industry, summary report, Industry, Science and Resources Energy Efficiency Best Practice Program, July 2000
3. Reportado en "Survey of factors influencing demand for metals and energy", Project N° EWG 07/2001T, Agosto, 2002
4. EP Indicator & Benchmark Shortlist Document, REMAS, 2003
5. John Nyboer Jian Jun Tu, A Review of Energy Consumption and Related Data Canadian Aluminium Industries 1990 to 2001, Canadian Industry Energy End-use Data and Analysis Centre Simon Fraser University November, 2003

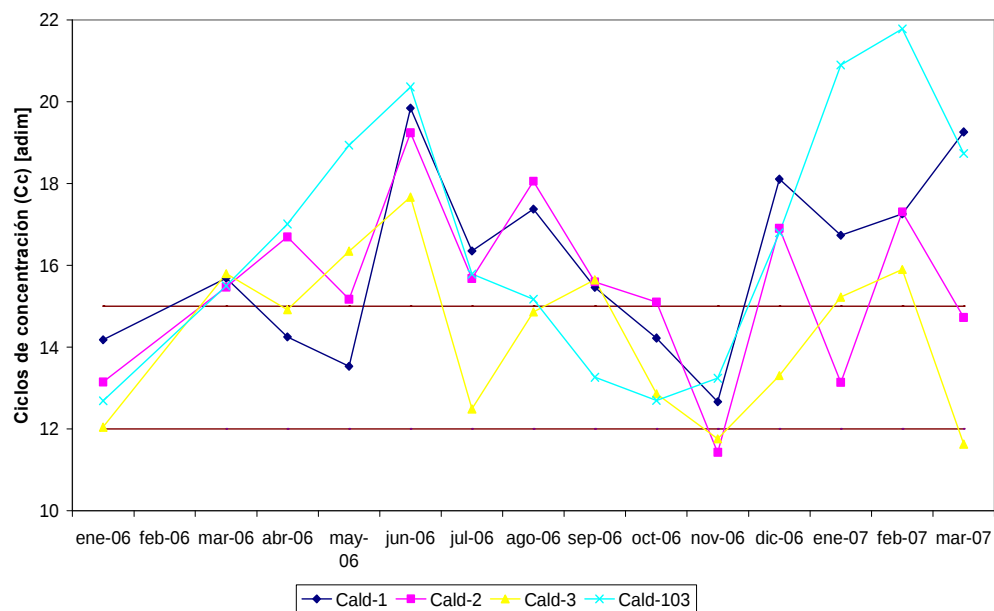


Figura 44. Ciclos de concentración promedio en las calderas.

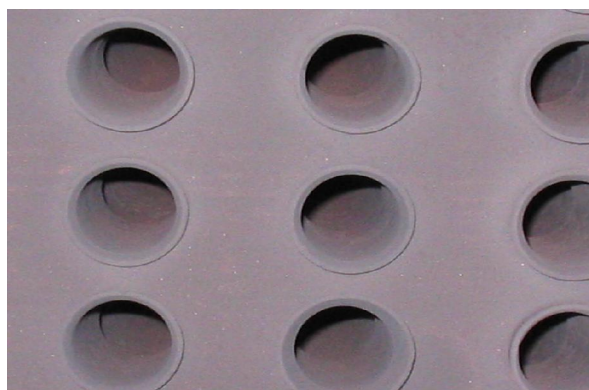


Figura 45. Tubos bajantes BL-61-1 (Marzo 2006)



Figura 46. Tubos del sobrecalentador BL-61-1. (Marzo 2006)



Figura 47. Hogar de la caldera BL-61-1 (Marzo 2006)



Figura 48. Hogar de la caldera BL-61-1 (Marzo 2006).

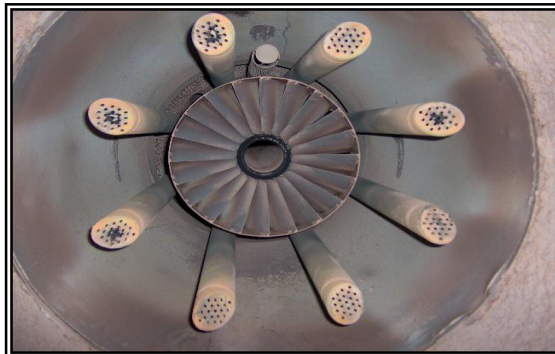


Figura 49. Quemadores de la caldera BL-61-3 (Octubre 2006).



Figura 50. Tubos del sobrecalentador de la caldera BL-61-3. (Octubre 2006)



Figura 51. Tubos del sobrecalentador de la caldera BL-61-3. (Octubre 2006)

Tabla 9. Composición química del CO en los gases de desecho en el área de Estación de vapor

Equipos	Concentración CO (ppm)
Caldera 1	1
Caldera 2	1
Caldera 3	3
Caldera 4	0

Tabla 10. Composición química del CO en los gases de desecho en el área de Calcinación

Equipos	Concentración CO (ppm)
Calcinador 1	88
Calcinador 2	54
Calcinador 101	95
Calcinador 102	171

Tabla 11. Criterios de evaluación del material refractario de los equipos

ΔT (° C)	TIPO	DESCRIPCIÓN
$1 < \Delta T < 49$	ADMISIBLE	No requiere medidas correctivas, en parámetros de aceptación.
$50 < \Delta T < 169$	ESTUDIO	Medidas correctivas se requerirán en el próximo periodo de mantenimiento o a criterio del analista.
$\Delta T > 170$	NO ADMISIBLE	Permite la aplicación de medidas correctivas a corto plazo según criterio del analista y disponibilidad de recursos.

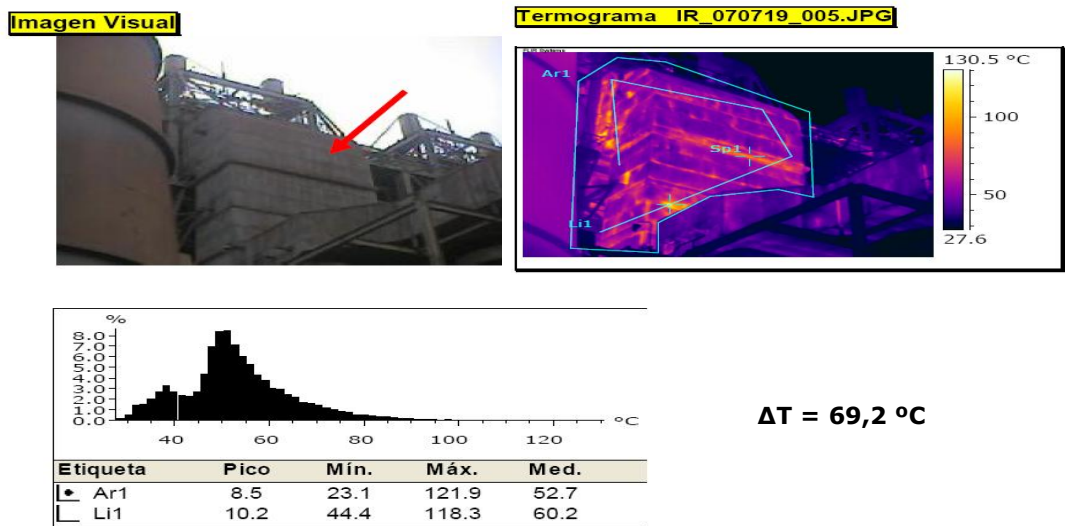


Figura 52. Evaluación del material refractario de la pared externa de los sobrecalentadores

Apéndices

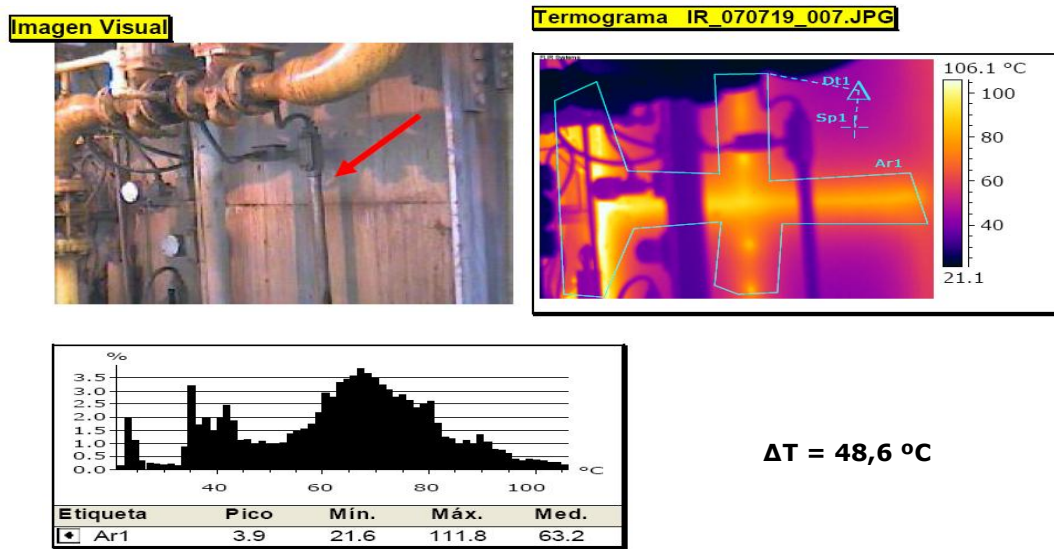


Figura 53. Evaluación del material refractario del área de los quemadores.

Tabla 12. Resultados de la evaluación del material refractario de los equipos en el área de calcinación (Junio-2006).

NIVEL INFERIOR		NIVEL 3 (QUEMADORES)	
PP-45-6	ESTUDIO	CY-45-4	ADMISIBLE
NIVEL 1 (SALA DE SOPLADORES)		CY-45-6	ADMISIBLE
CH-45-8	ESTUDIO	FF-45-2	ESTUDIO
CH-45-6	ADMISIBLE	PF-45-2	ADMISIBLE
DD-45-2	ADMISIBLE	PF-45-4	ESTUDIO
DV-45-2	ADMISIBLE	PP-45-6	ADMISIBLE
FC-45-2	ESTUDIO	PP-45-8	ADMISIBLE
FF-45-2	NO ADMISIBLE	PP-45-14	ESTUDIO
PP-45-6	ADMISIBLE	NIVEL 4 (FILTROS PLANOS)	
PP-45-12	NO ADMISIBLE	CH-45-12	ADMISIBLE
PP-45-16	ESTUDIO	CY-45-2	ADMISIBLE
PP-45-19	NO ADMISIBLE	CY-45-4	ADMISIBLE
NIVEL 2 (LANZA DE DESCARGA)		FF-45-2	ADMISIBLE
CH-45-6	ADMISIBLE	PP-45-6	ADMISIBLE
CY-45-6	ADMISIBLE	PP-45-8	ADMISIBLE
FF-45-2	ADMISIBLE	NIVEL 5 (NIVEL TECHO)	
PF-45-6	ESTUDIO	CY-45-2	ADMISIBLE
PP-45-6	ADMISIBLE	DV-45-4	ADMISIBLE
PP-45-12	ADMISIBLE	PP-45-6	ADMISIBLE
PP-45-16	ADMISIBLE	PP-45-14	NO ADMISIBLE

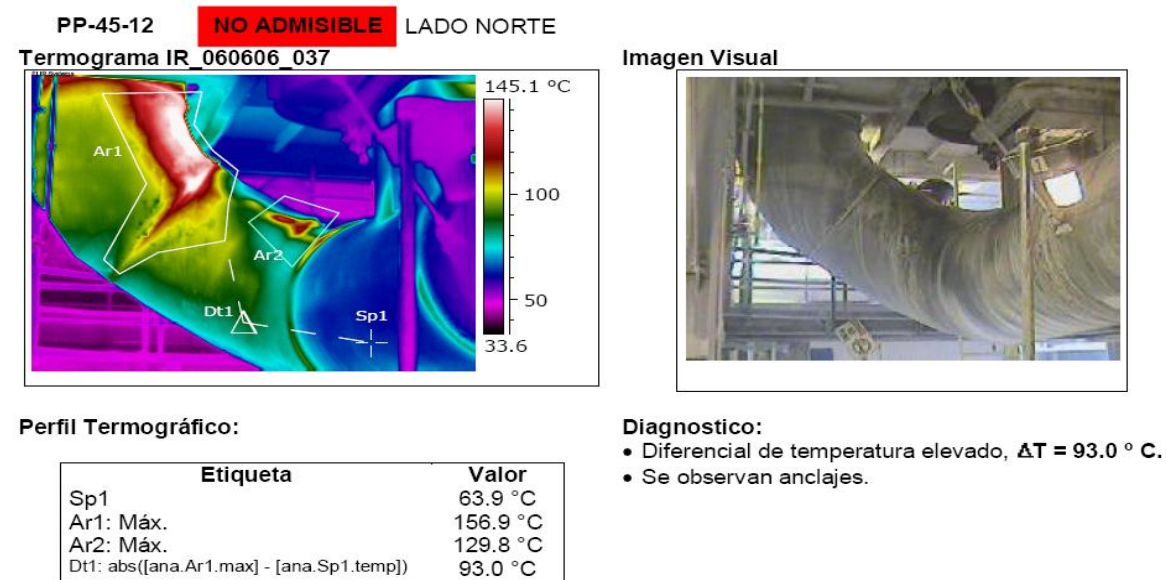


Figura 54. Evaluación del material refractario de la tubería PP-45-12 del área de Calcinación.

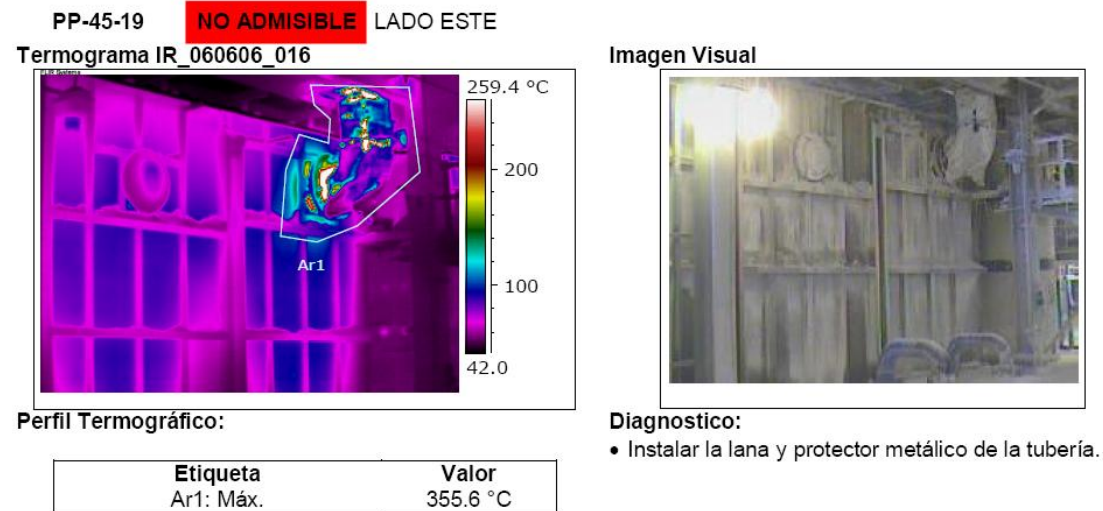


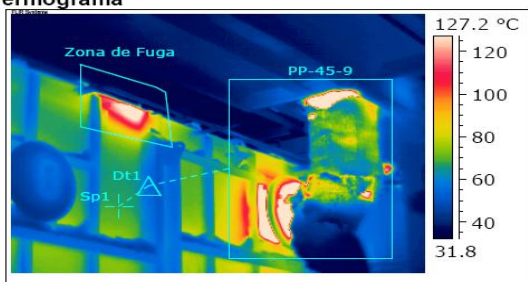
Figura 55. Evaluación del material refractario de la tubería PP-45-19 en el enfriador de alúmina del área de Calcinación. (Junio-2006).

Tabla 13. Resultados de la evaluación del material refractario de los equipos en el área de calcinación (Marzo-2007)

4. Listado De equipos inspeccionados

NIVEL INFERIOR (SOPLADORES)		NIVEL 3 (QUEMADORES)	
PP-45-5	NO ADMISIBLE	CY-45-3	ADMISIBLE
NIVEL 1 (SALA DE CONTROL)		CY-45-5	ADMISIBLE
CH-45-5	ADMISIBLE	FF-45-1	ADMISIBLE
CH-45-7	ADMISIBLE	PF-45-1	EN ESTUDIO
DD-45-1	ADMISIBLE	PF-45-3	ADMISIBLE
DV-45-1	ADMISIBLE	PP-45-7	ADMISIBLE
FC-45-1	EN ESTUDIO	PP-45-5	EN ESTUDIO
FF-45-1	NO ADMISIBLE	PP-45-11	EN ESTUDIO
PP-45-5	EN ESTUDIO	PP-45-13	ADMISIBLE
PP-45-9	NO ADMISIBLE	NIVEL 4 (FILTROS PLANOS)	
PP-45-11	EN ESTUDIO	CH-45-11	NO ADMISIBLE
PP-45-15	EN ESTUDIO	CY-45-1	ADMISIBLE
		CY-45-3	ADMISIBLE
NIVEL 2 (LANZA DE DESCARGA)		FF-45-1	ADMISIBLE
CH-45-5	ADMISIBLE	PP-45-5	ADMISIBLE
CY-45-5	ADMISIBLE	PP-45-7	ADMISIBLE
FF-45-1	ADMISIBLE	NIVEL 5 (NIVEL TECHO)	
PF-45-5	EN ESTUDIO	CY-45-1	ADMISIBLE
PP-45-5	EN ESTUDIO	DV-45-3	EN ESTUDIO
PP-45-11	ADMISIBLE	PP-45-5	ADMISIBLE
		PP-45-13	EN ESTUDIO

PP-45-9 NO ADMISIBLE Vista Lado Este - Celdas 2 y 1 (sup)
Termograma Imagen Visual



Perfil Termográfico:

Etiqueta	Valor
Sp1	67.6 °C
PP-45-9: Máx.	314.0 °C
Zona de Fuga : Máx.	139.4 °C
Dt1: abs([ana.Sp1.temp] - [ana.PP-45-9.max])	246.4 °C

Diagnostico:

Diferencial de temperatura fuera de los parámetros de aceptación, ΔT : 246.4 °C. Existencia de fuga en la celda 2, en la zona identificada como ZONA DE FUGA. Ausencia del protector metálico en aislamiento térmico del PP-45-9, con desprendimiento del mismo.

Figura 56. Evaluación del material refractario de la tubería PP-45-9 en el enfriador de alúmina del área de Calcinación (Marzo-2007).

PP-45-9 (FF-45-1) **NO ADMISIBLE** Vista Lado Sur
Termograma IR_150307_015.JPG

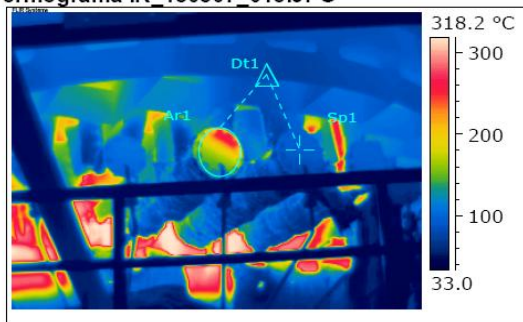


Imagen Visual



Perfil Termográfico:

Etiqueta	Valor
Sp1	90.6 °C
Ar1: Máx.	263.9 °C
Dt1: abs([ana.Ar1.max] - [ana.Sp1.temp])	173.3 °C

Diagnostico:

Diferencial de temperatura fuera de los parámetros de funcionamiento, ΔT : 173.3 °C.

Figura 57. Evaluación del material refractario de los quemadores del horno (Marzo-2007).