

TALLER TÉCNICO REGIONAL “TENDENCIAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL USO DE COMBUSTIBLES FÓSILES”

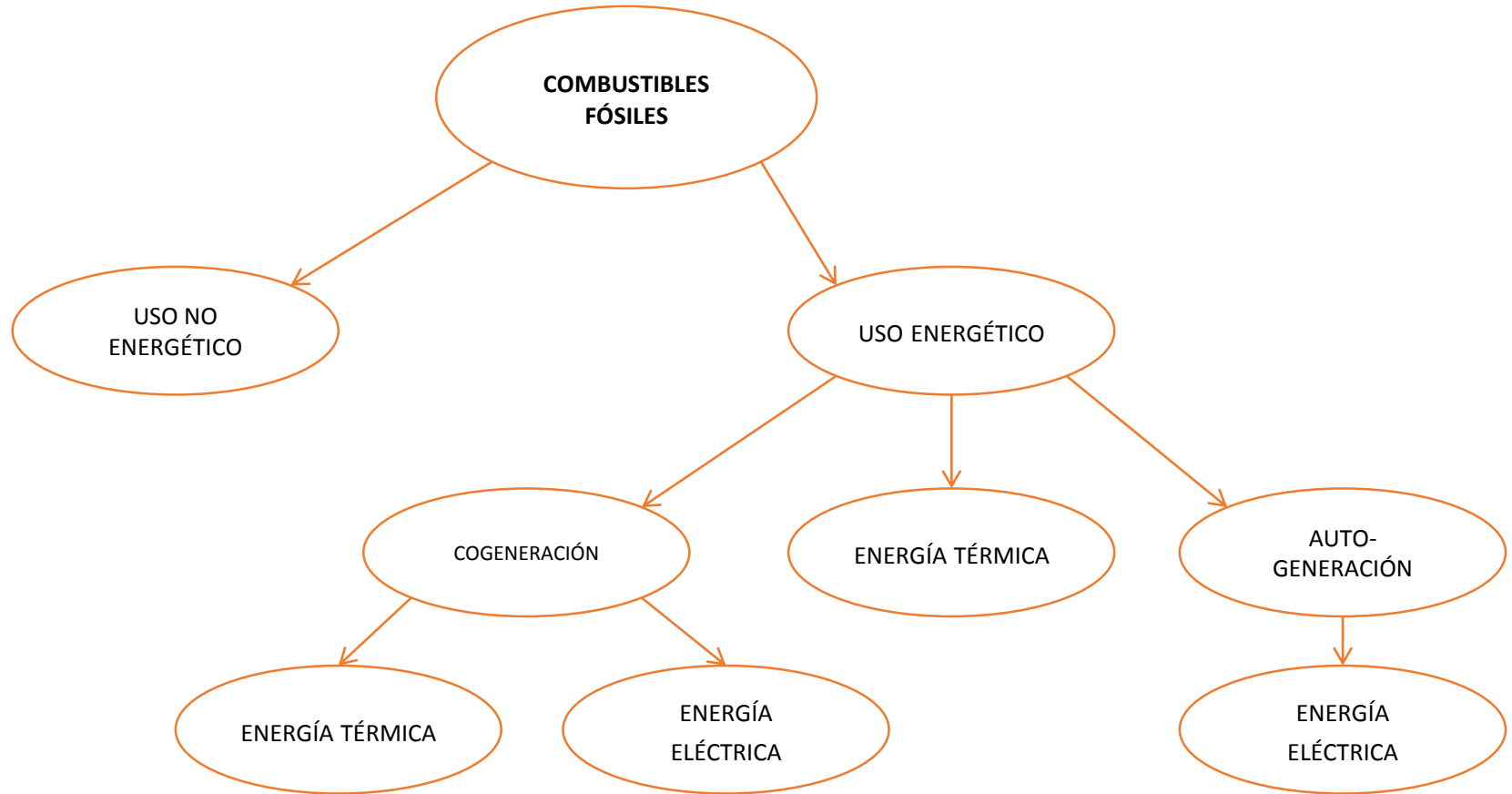


PONENCIA: “OPORTUNIDADES DE MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA TÉRMICA EN PROCESOS INDUSTRIALES”

Por: Andrés Amell Arrieta

- Red de investigación e innovación en combustión avanzada de uso industrial – INCOMBUSTION
- Grupo de Ciencia y Tecnología del Gas y Uso Racional de la Energía – GASURE, Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia

COMBUSTIBLES FÓSILES EN LA INDUSTRIA



TIPOS DE COMBUSTIBLES DE USO INDUSTRIAL

Combustibles fósiles:

- Gas natural
- Carbón
- Derivados del petróleo
- Coque
- Gas natural sintético a partir de la metanación del carbón o biomasa
- Gas licuado del petróleo
- Gas de coquería
- Gas de refinería
- Gas de síntesis de la gasificación del carbón y biomasa

PARÁMETROS PARA EL MANEJO DE LA ENERGÍA EN LA INDUSTRIA

- Intensidad energética
- Factor de carga o utilización de los procesos
- Relación calor – electricidad

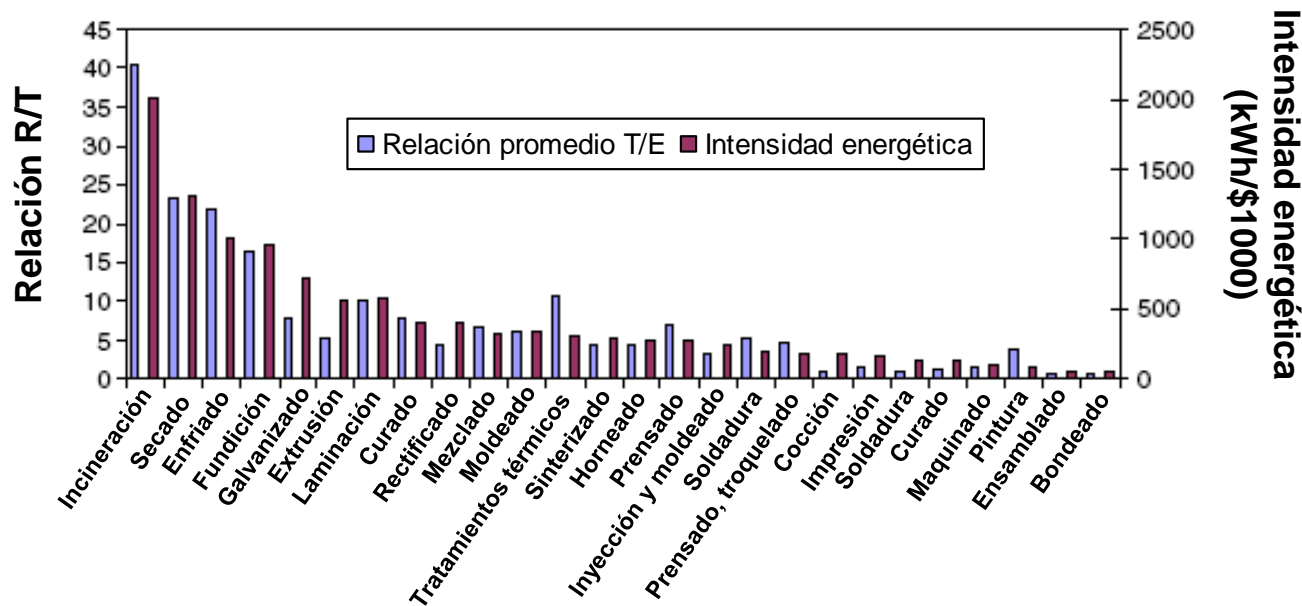


Nuevos criterios de clasificación de las industrias

del SIC → POEIC

SIC: Standard Industrial Classification

POEIC: Process Oriented Energy Intensity Classification



Relación T/E e Intensidad energética por proceso

Tomado de la revista "Applied Thermal Engineering" 26 (2006) 2079-2086 pg 2081.
 Department of Mechanical Engineering San Diego State University

CLASIFICACIÓN SEGÚN LA TEMPERATURA DEL PROCESO

- Baja temperatura:
 - Calentamiento de líquidos industriales y producción de agua caliente: 45 – 100°C.
 - Calentamiento de aire para secado industrial: 70 – 120°C.
- Alta temperatura:
 - Fusión de metales: 232°C, 657°C, 1083°C, 1530°C.
 - Forja: 1000°C.
 - Tratamientos térmicos: 450°C, 600°C, 900°C, 1000°C.
 - Procesos cerámicos: 1110 – 1370°C
 - Producción de cemento: 1400 °C
 - Fusión de vidrio: 1500 °C

Diagrama Sankey sin condensación

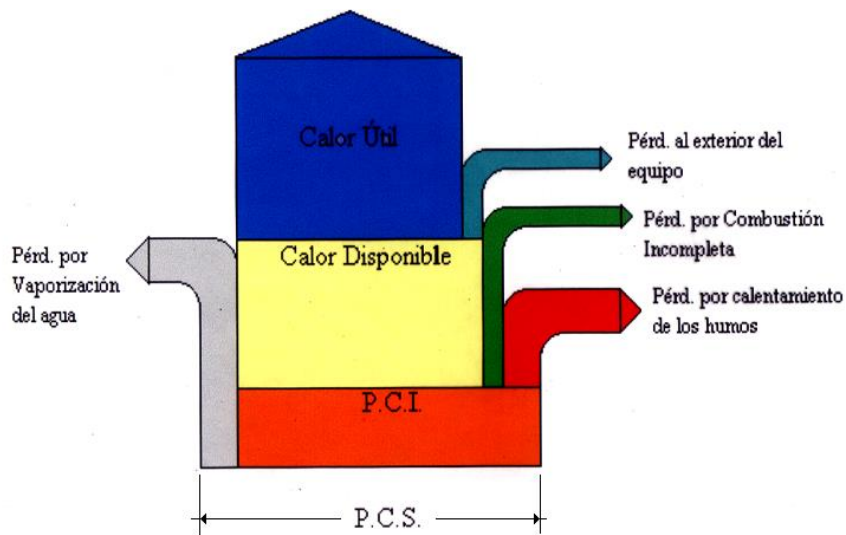
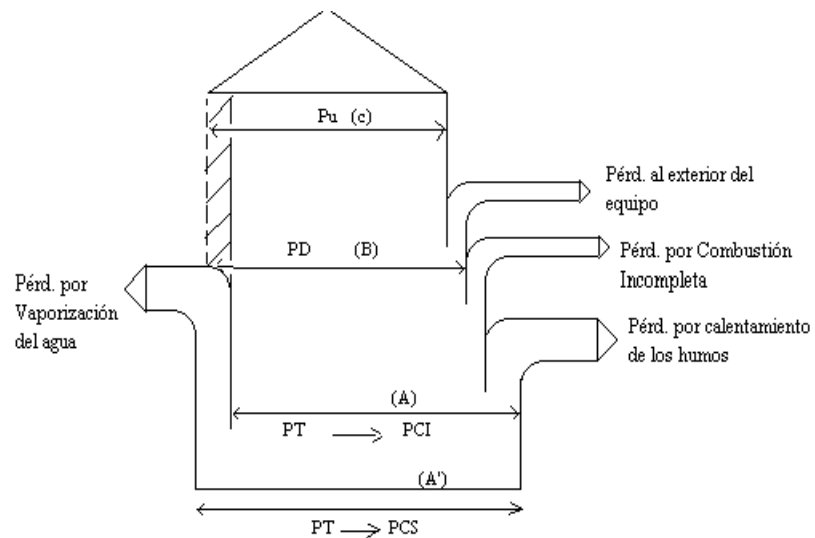
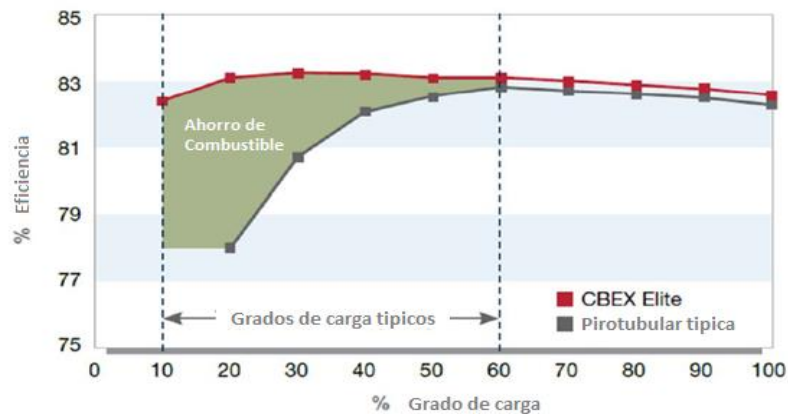


Diagrama Sankey con condensación

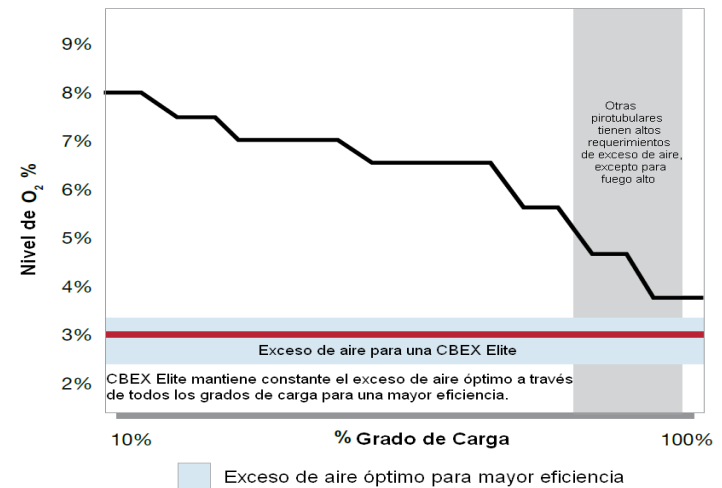


EFICIENCIA, EXCESO DE AIRE Y GRADO DE CARGA.

Variación de la eficiencia con respecto al grado de carga, comparación entre calderas modernas con respecto a las convencionales



Variación del exceso de aire con respecto al grado de carga



Instalación de recuperadores de calor

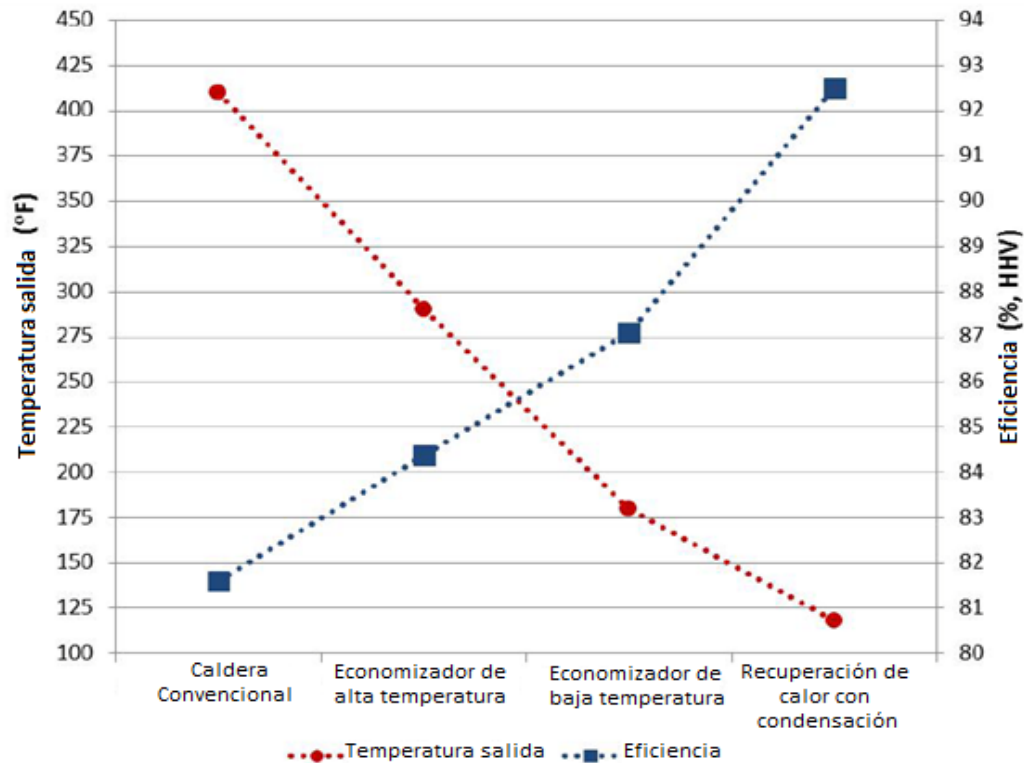
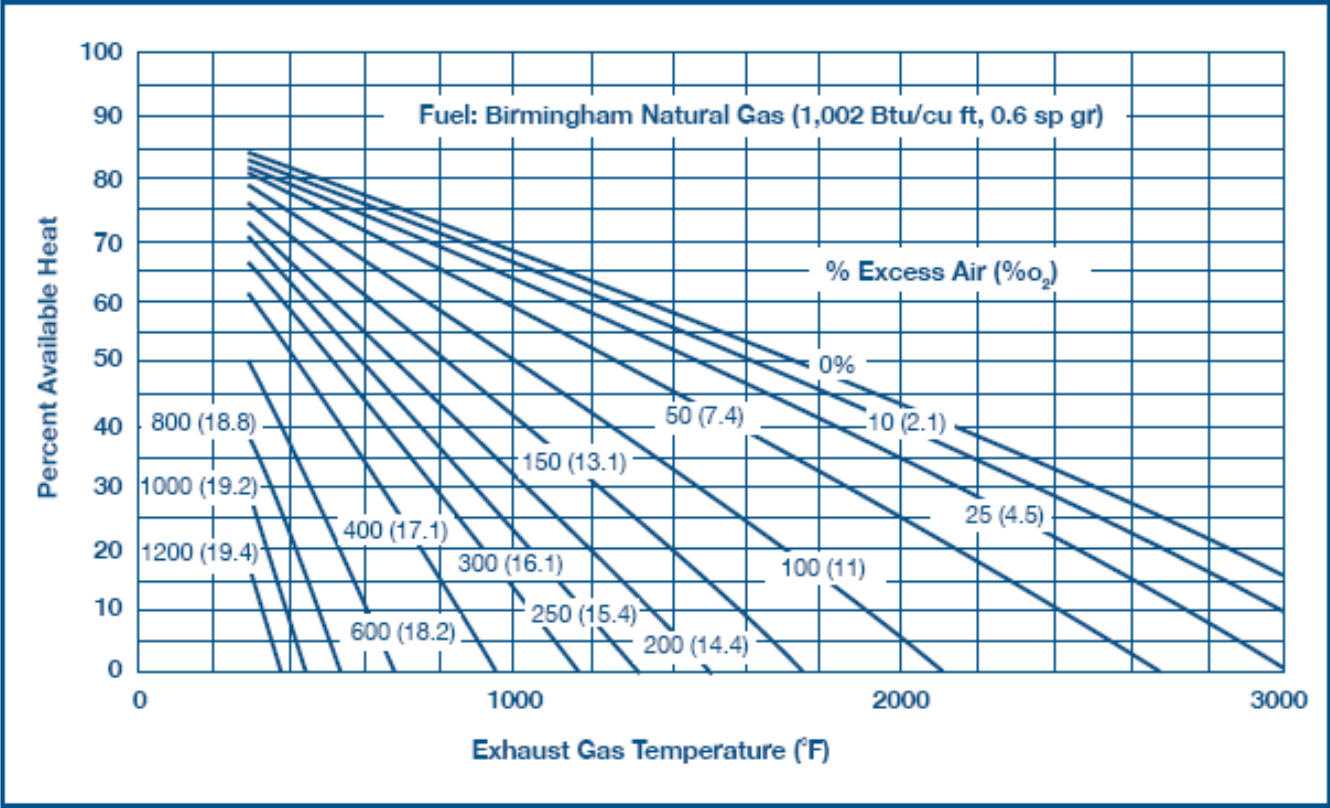


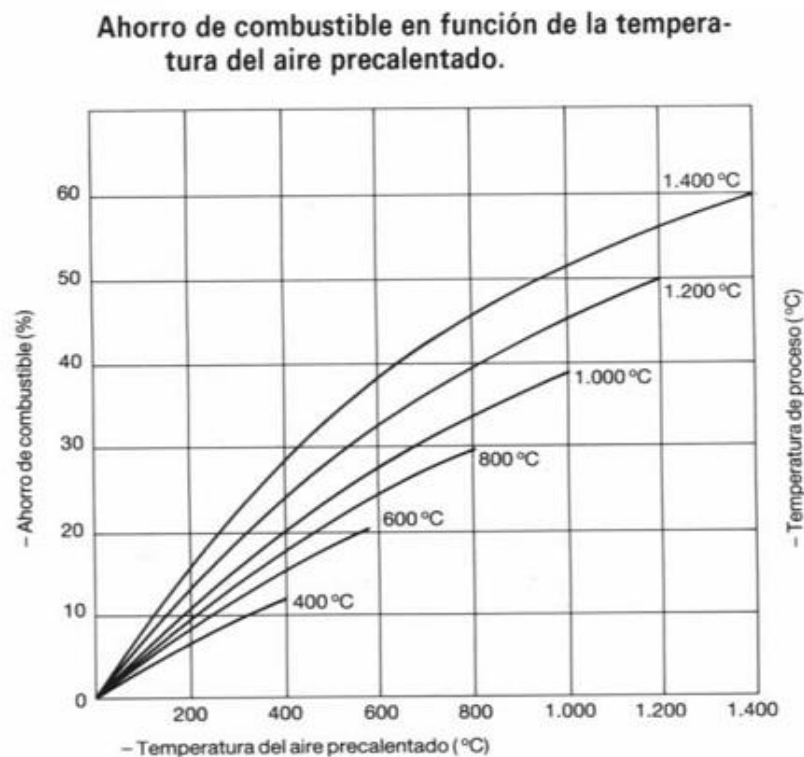
Figure 1. Available Heat Chart



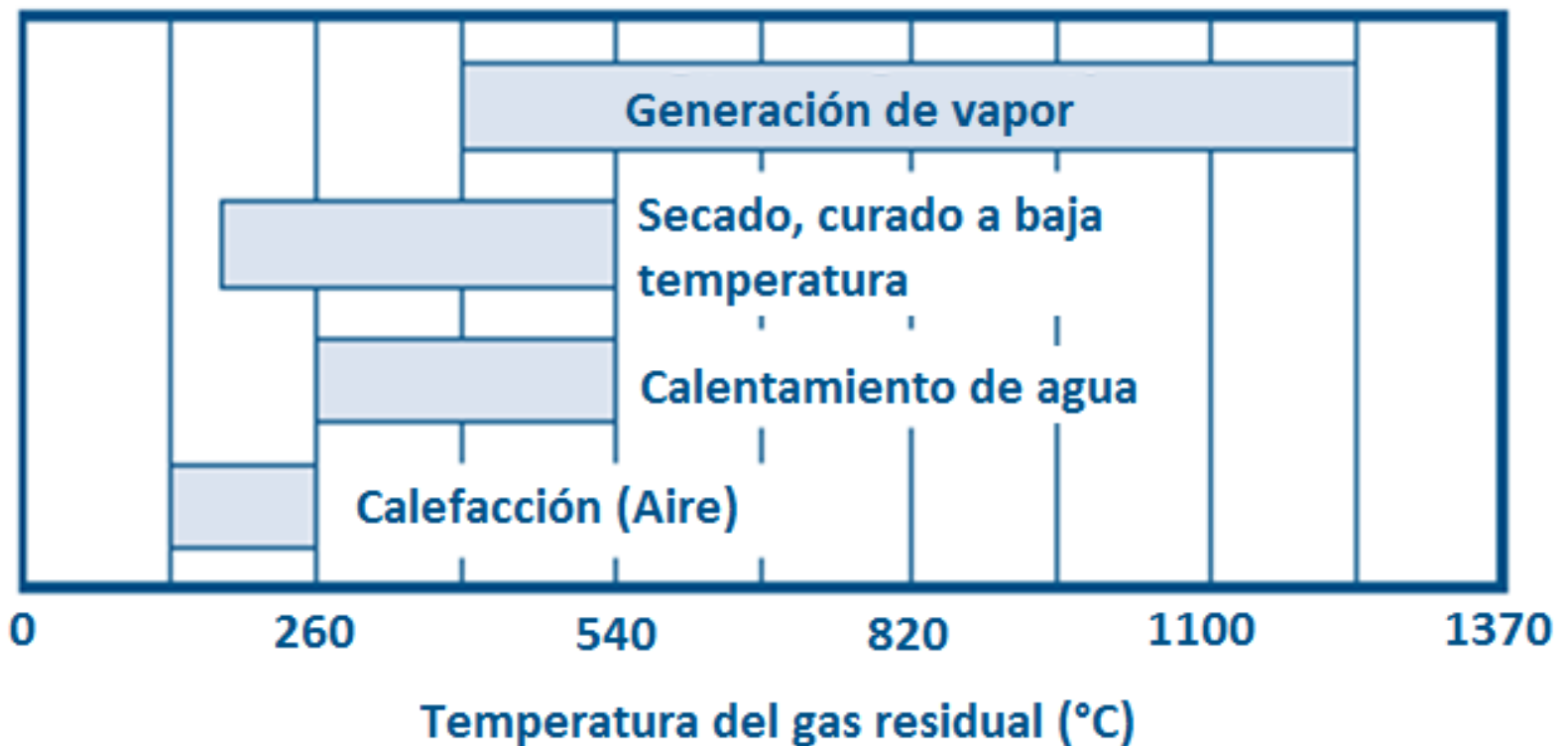
AHORRO DE COMBUSTIBLE CON LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE CALOR

Temperatura proceso (°C)	Temperatura aire (°C)	Ahorro de gas (%)
400	350	13
450	399	16
500	448	18
550	495	20
600	542	22
650	565	24
700	615	26
750	660	29
800	712	31
850	738	33
900	785	36
950	835	38
1.000	885	42
1.050	932	44
1.100	960	47
1.150	1.004	48
1.200	1.052	52
1.250	1.085	54
1.300	1.136	58
1.350	1.174	61
1.400	1.225	65
1.450	1.271	67
1.500	1.381	70

Ahorro de gas natural cuando en un horno se aplica un quemador regenerativo comparado con quemadores convencionales sin recuperación de calor



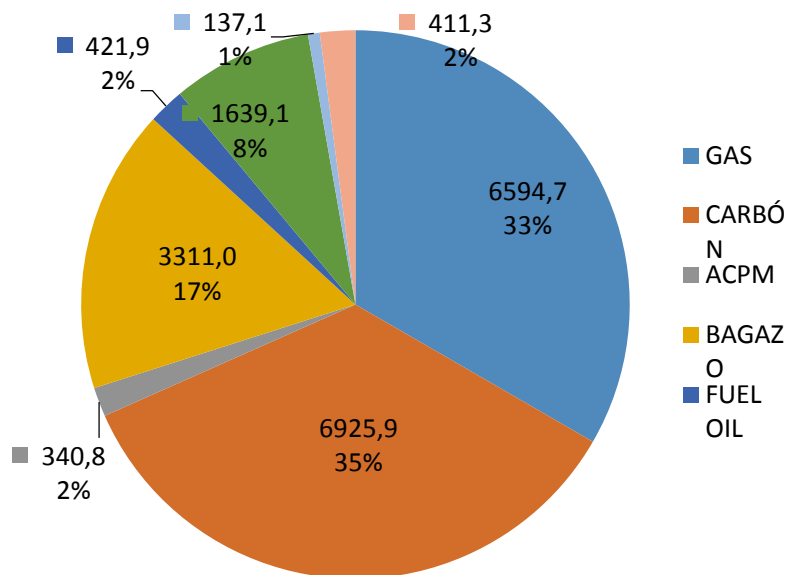
Otras aplicaciones del calor residual



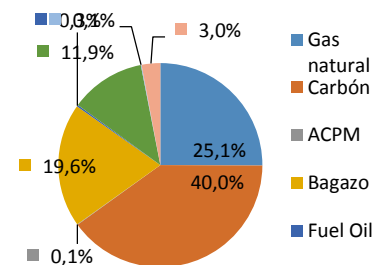
Estudio de casos

Caso 1: Determinación del potencial de reducción del consumo energético en los subsectores manufactureros códigos CIU 10 a 18 en Colombia.
Proyecto UPME – Colciencias – INCOMBUSTION
2013-2014.

CONSUMO DE ENERGÍA TÉRMICA SEGÚN COMBUSTIBLE - GWH/AÑO

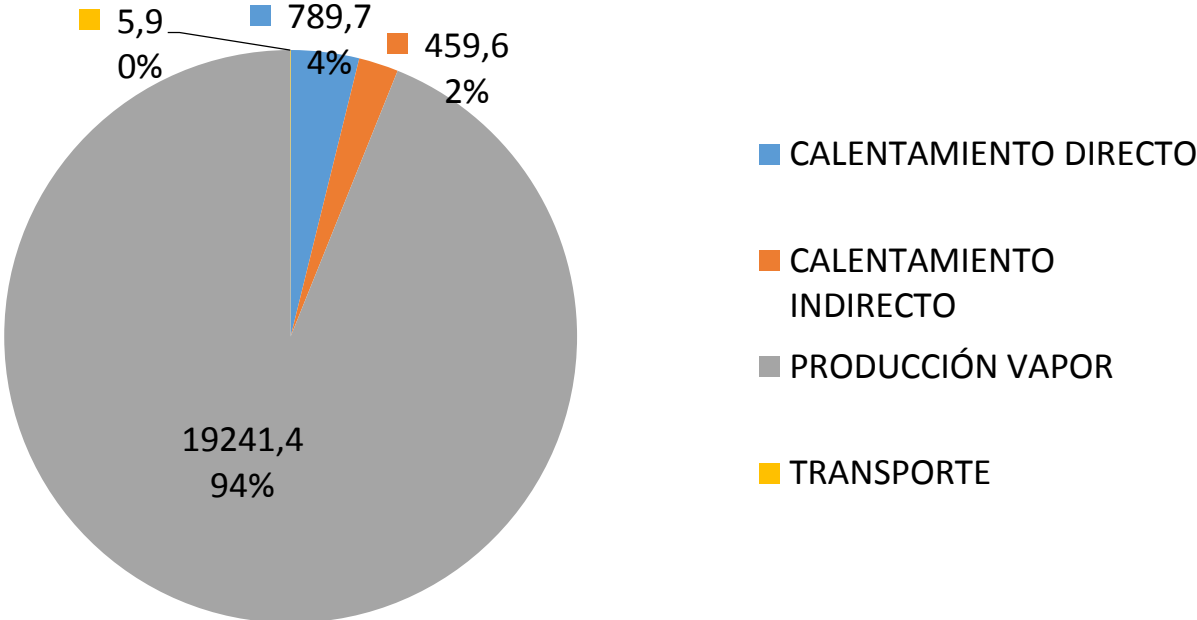


Expansión

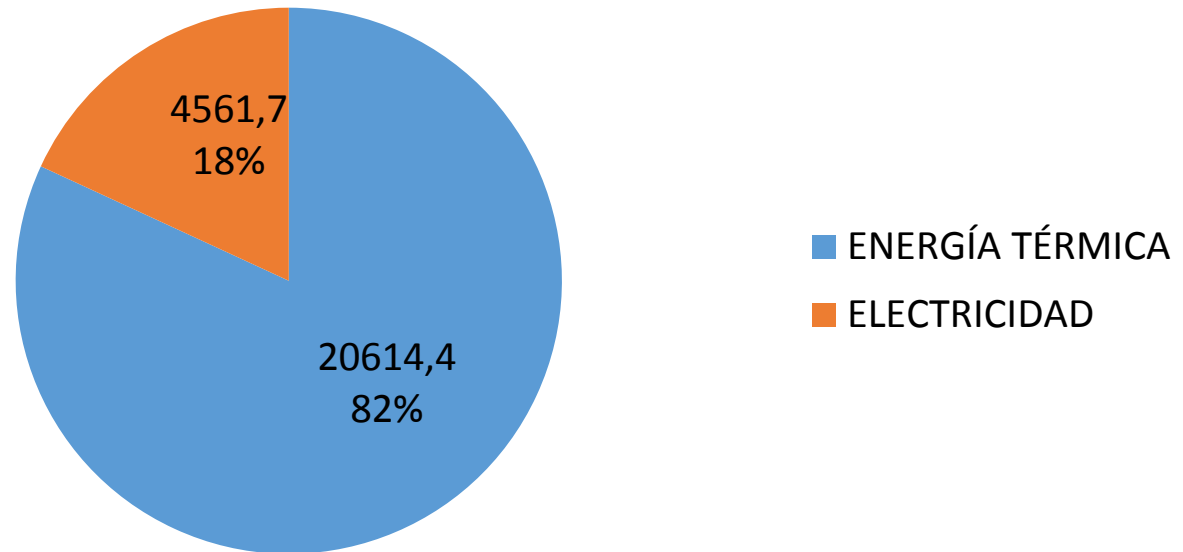


Muestra

USO DE LA ENERGÍA TÉRMICA - GWH/AÑO

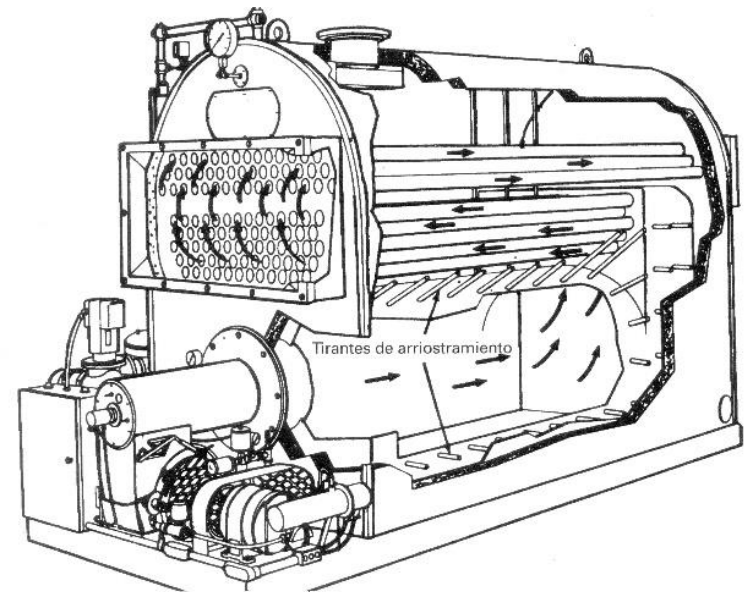
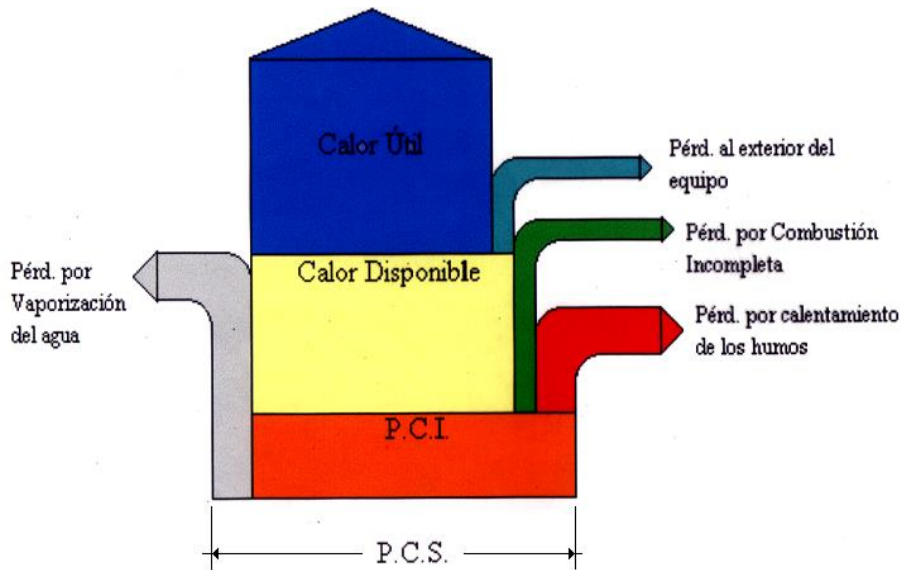


RELACIÓN ENTRE ENERGÍA TÉRMICA Y ELÉCTRICA - GWH/AÑO



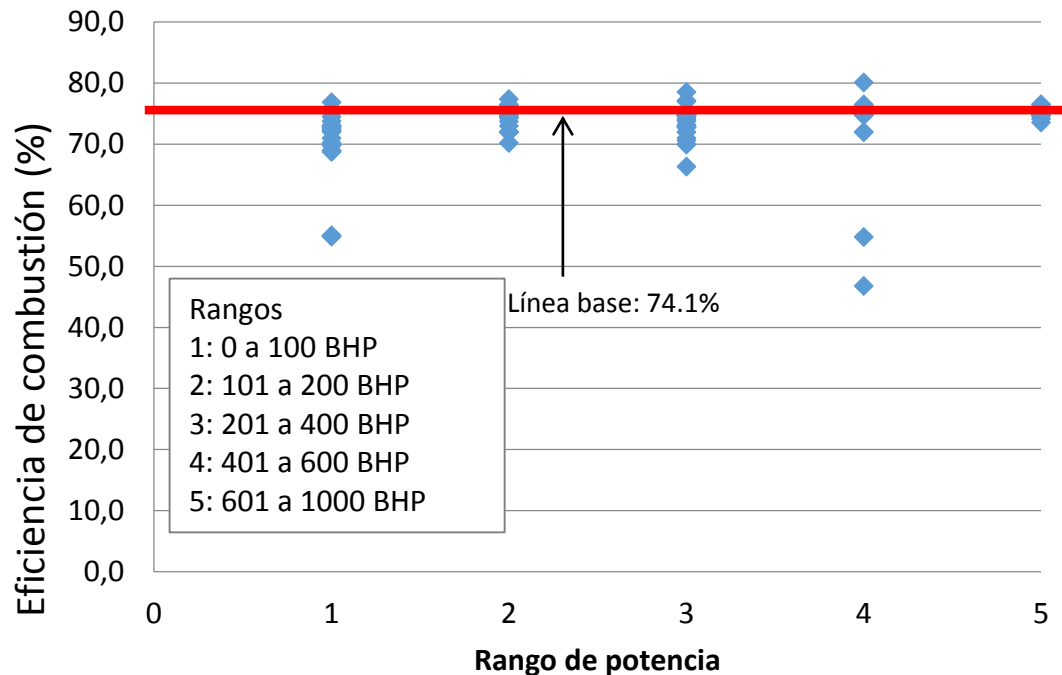
OPTIMIZACIÓN DEL USO DEL GAS NATURAL EN CALDERAS PIROTUBULARES

Eficiencia de una caldera pirotubular



JUSTIFICACIÓN

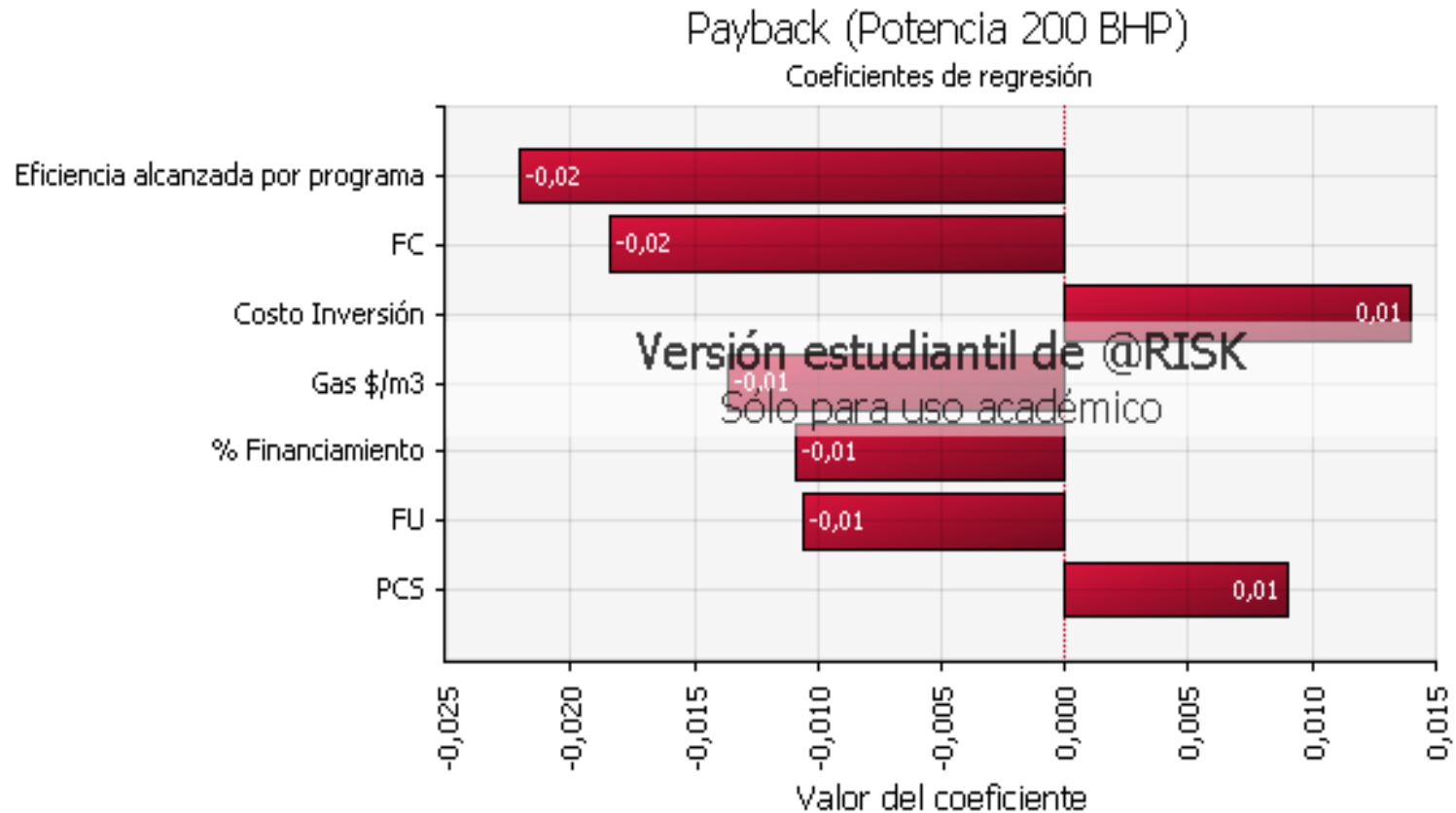
- En calderas pirotubulares en un rango de potencia entre 200 BHP a 1000 BHP que utilizan gas natural, se ha encontrado como línea base para la eficiencia de combustión con base al poder calorífico superior un valor del 74,1%.



OPCIONES PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN CALDERAS PIROTUBULARES

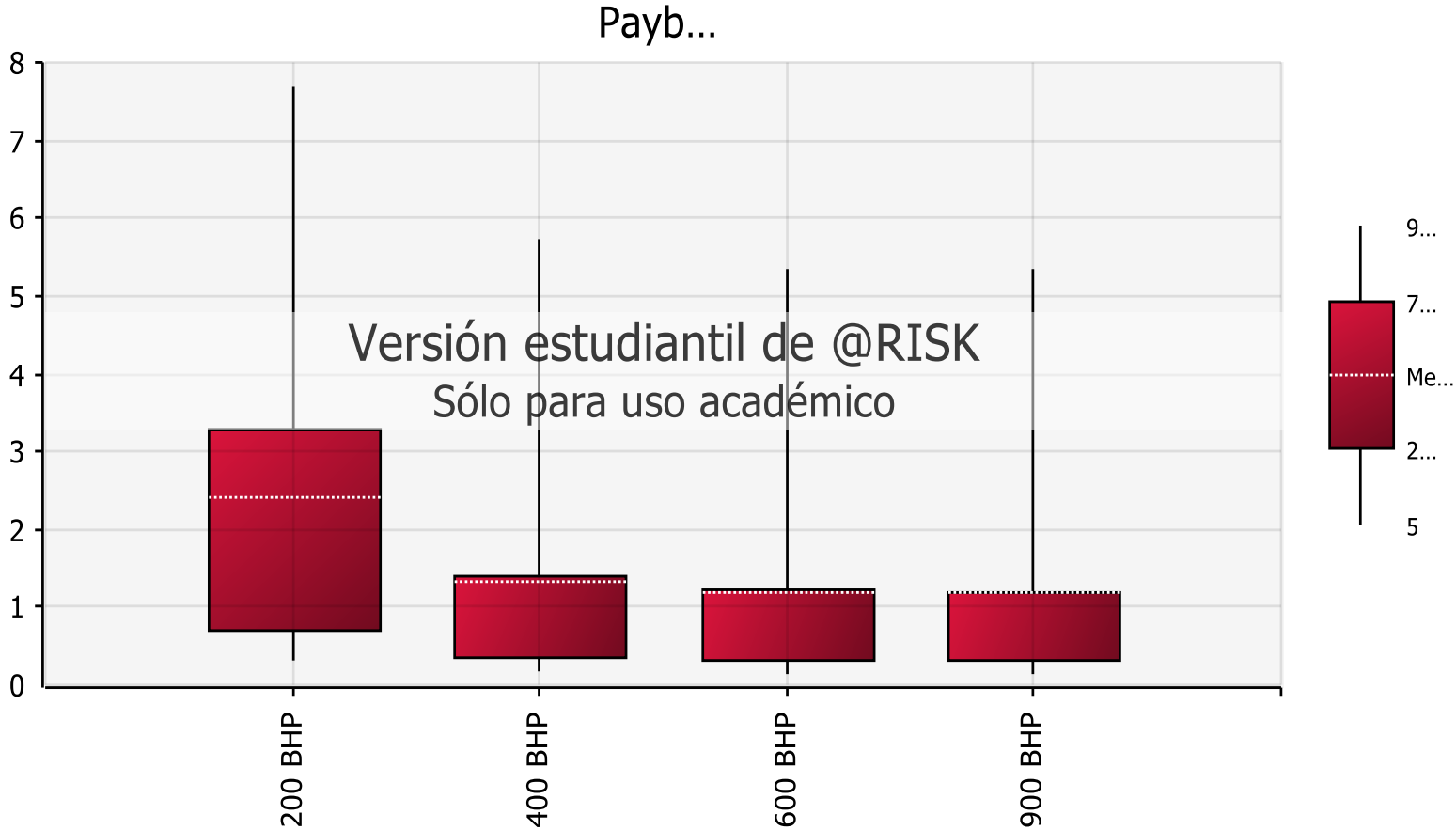
Programa a implementar	Potencial de ahorro de energía con respecto a la línea base establecida en los diagnósticos energético : 74.1%
Programa 1: Incorporación de quemadores modernos con control de la relación aire /combustible, óptimo mezclado de aire y el gas, y con alta modularidad.	3 al 7,5 %
Programa 2: Programa 1 + instalación de recuperadores de calor sensible.	8 a 11%
Programa 3: Programa 1 + economizadores con condensación	13 a 16%
Programa 4: Sustitución de calderas obsoletas por calderas eficientes y economizador con condensación	17 a 20 %

DIAGRAMA DE TORNADO EVALUANDO EL TIEMPO DE RETORNO PARA UNA CALDERA PIROTUBULAR DE 200 BHP



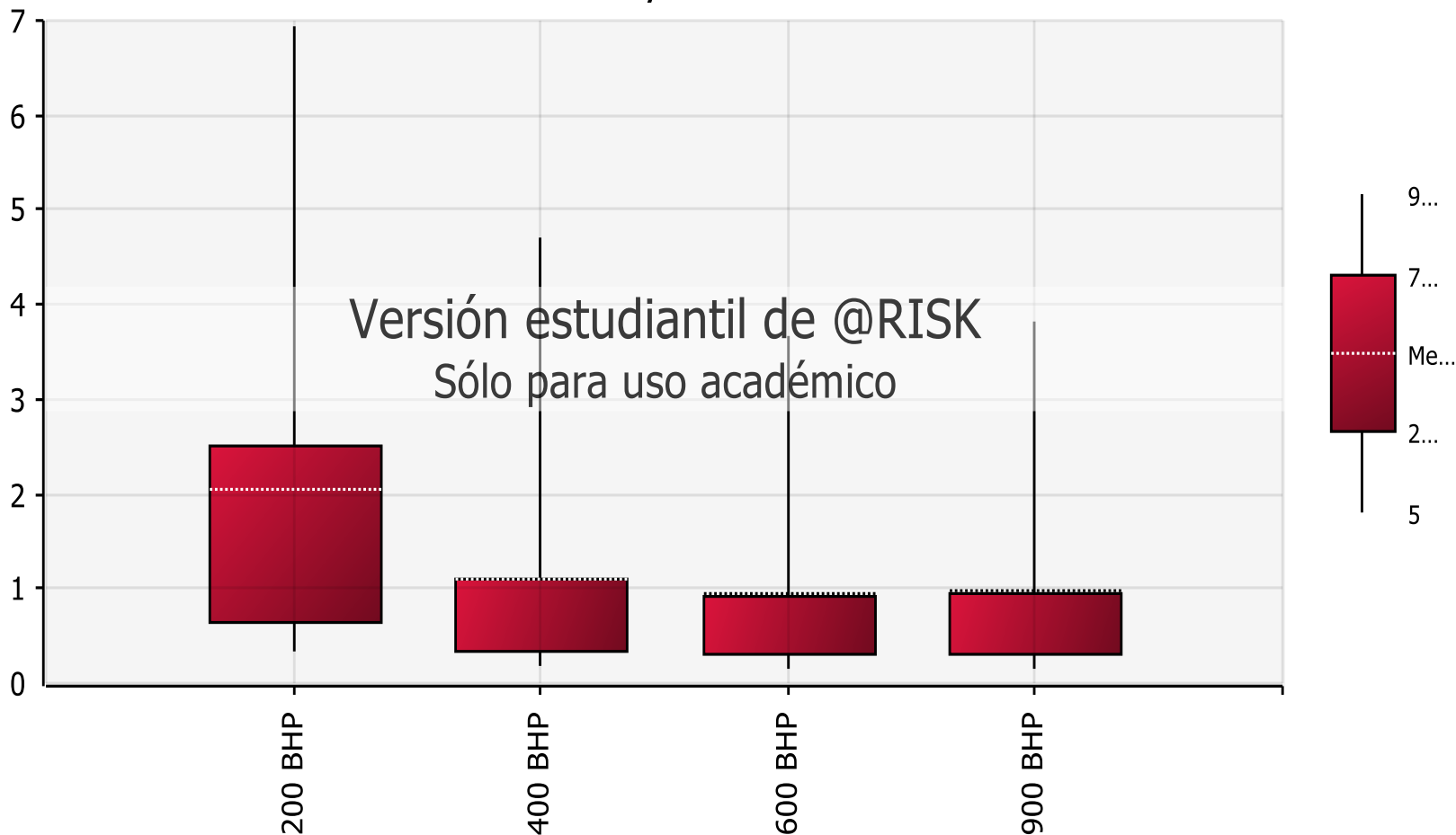
Oportunidades de mejoramiento de la eficiencia energética térmica en procesos industriales
Andrés Amell Arrieta – Universidad de Antioquia

BOXPLOT PARA EL TIEMPO DE RECUPERACIÓN DEL PROGRAMA 1



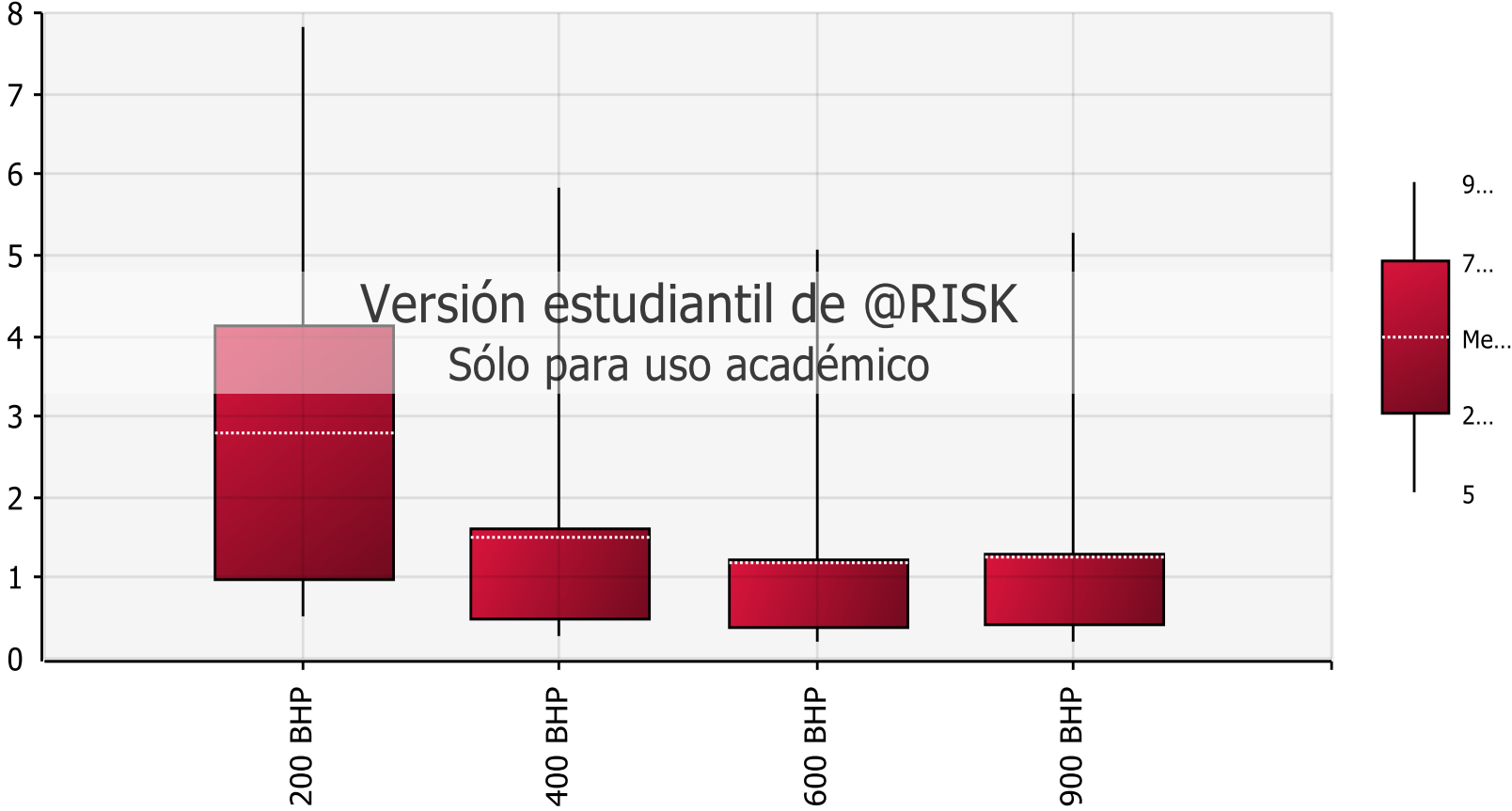
BOXPLOT PARA EL TIEMPO DE RECUPERACIÓN DEL PROGRAMA 2

Payb...



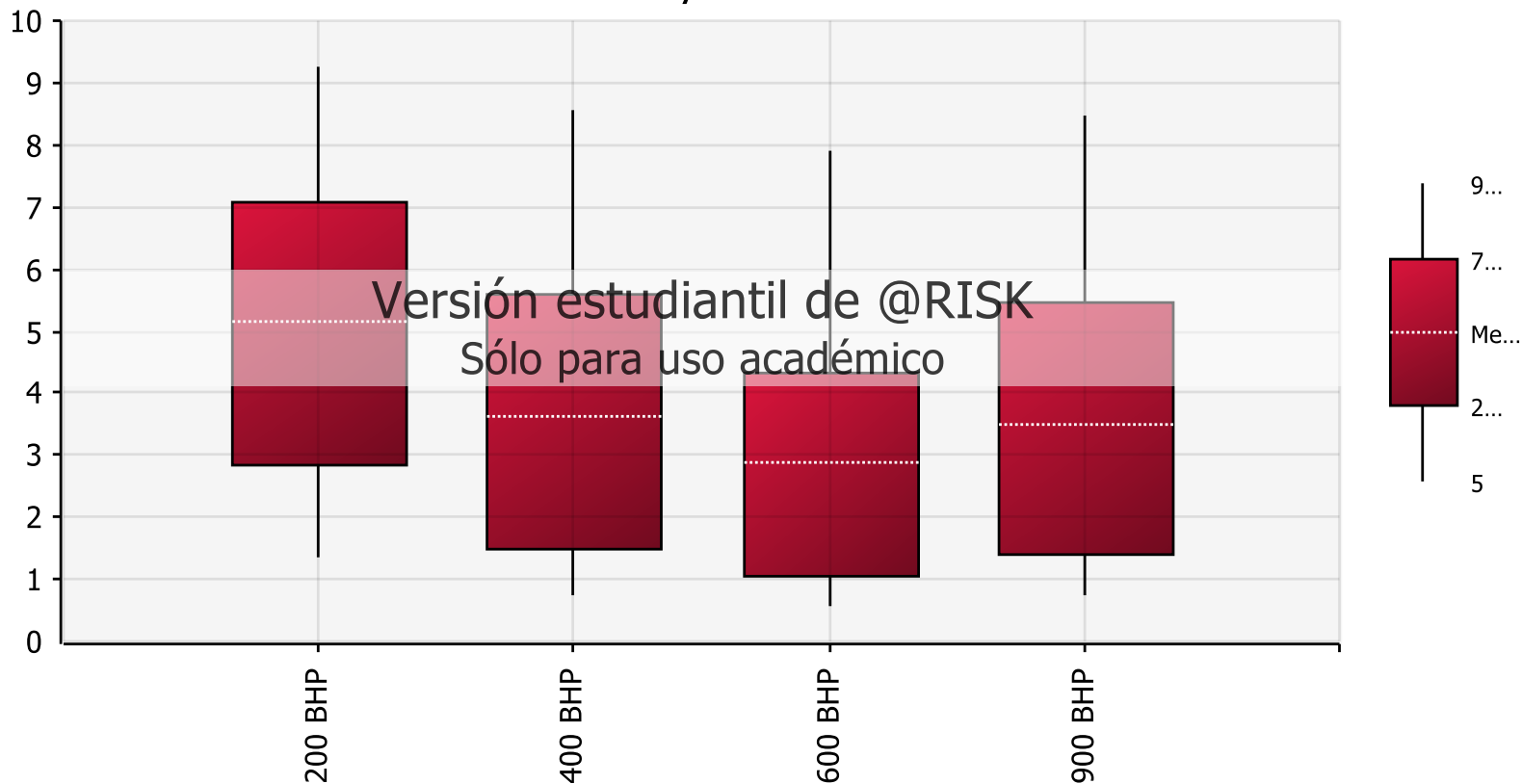
BOXPLOT PARA EL TIEMPO DE RECUPERACIÓN DEL PROGRAMA 3

Payb...



BOXPLOT PARA EL TIEMPO DE RECUPERACIÓN DEL PROGRAMA 4

Payb...



Versión estudiantil de @RISK
Sólo para uso académico

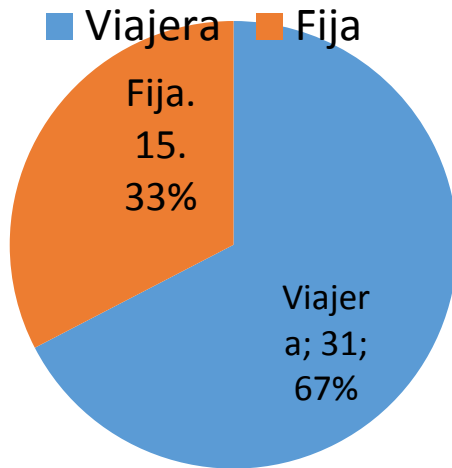
POTENCIALES DE AHORRO Y REDUCCIÓN DE GEI

Con base a la muestra

Con base a la expansión

	Potencial de ahorro de gas natural en calderas (m ³ /año)	Potencial de reducción de GEI (tCO ₂ /año)	Potencial de ahorro de gas natural en calderas (m ³ /año)	Potencial de reducción de GEI (tCO ₂ /año)
Programa 1: Caldera en buen estado mas nuevo quemador	11.114.404	24.829	32.781.280	73.496
Programa 2: Caldera en Buen estado mas nuevo quemador mas recuperador sensible	16.159.804	36.100	47.662.388	106.860
Programa 3: Caldera en Buen estado mas nuevo quemador mas recuperador sensible y latente	20.853.199	46.584	61.505.279	137.895
Programa 4: Caldera nueva de alta eficiencia mas recuperador sensible y latente	26.624.336	59.477	78.526.908	176.058

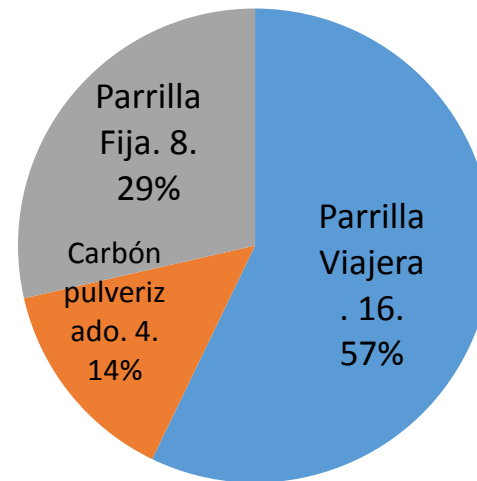
OPTIMIZACIÓN DEL USO DEL CARBÓN



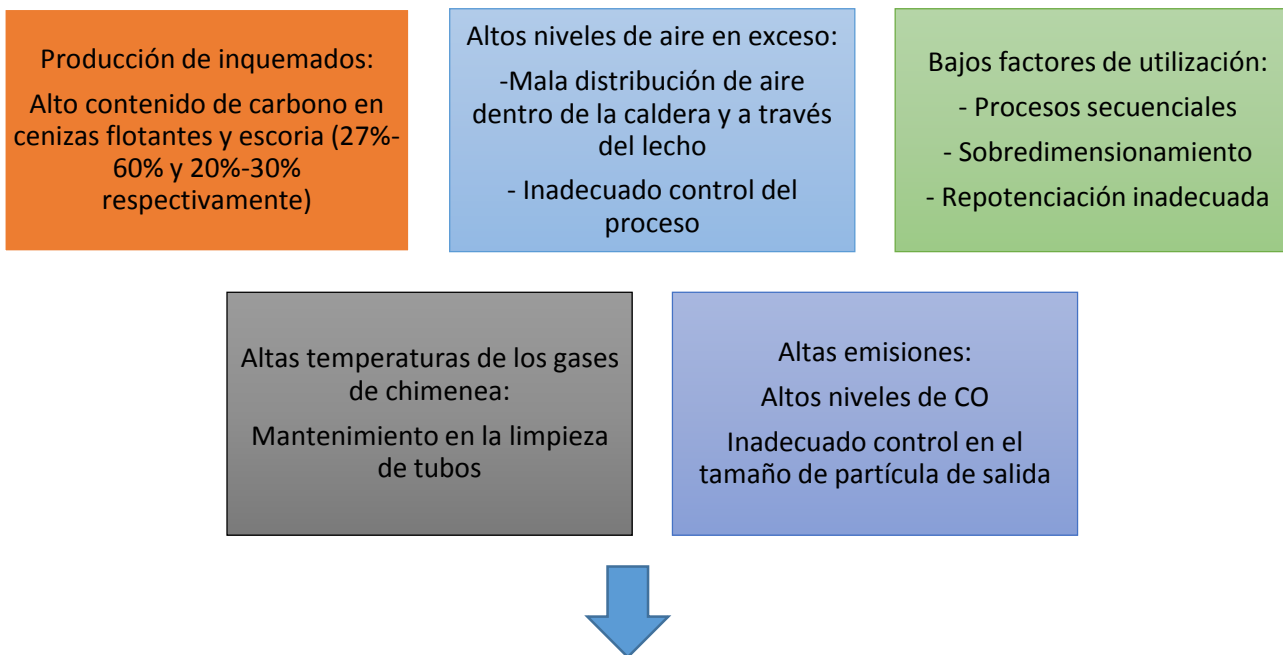
Participación del tipo de tecnologías de acuerdo con la capacidad de generación de vapor expresada en BHP para el conjunto de 28 calderas superiores a 1000 BHP

Participación del tipo de tecnologías

Participación del tipo de tecnologías de acuerdo con la capacidad de generación de vapor expresada en BHP para el conjunto de 46 calderas inferiores a 1000 BHP

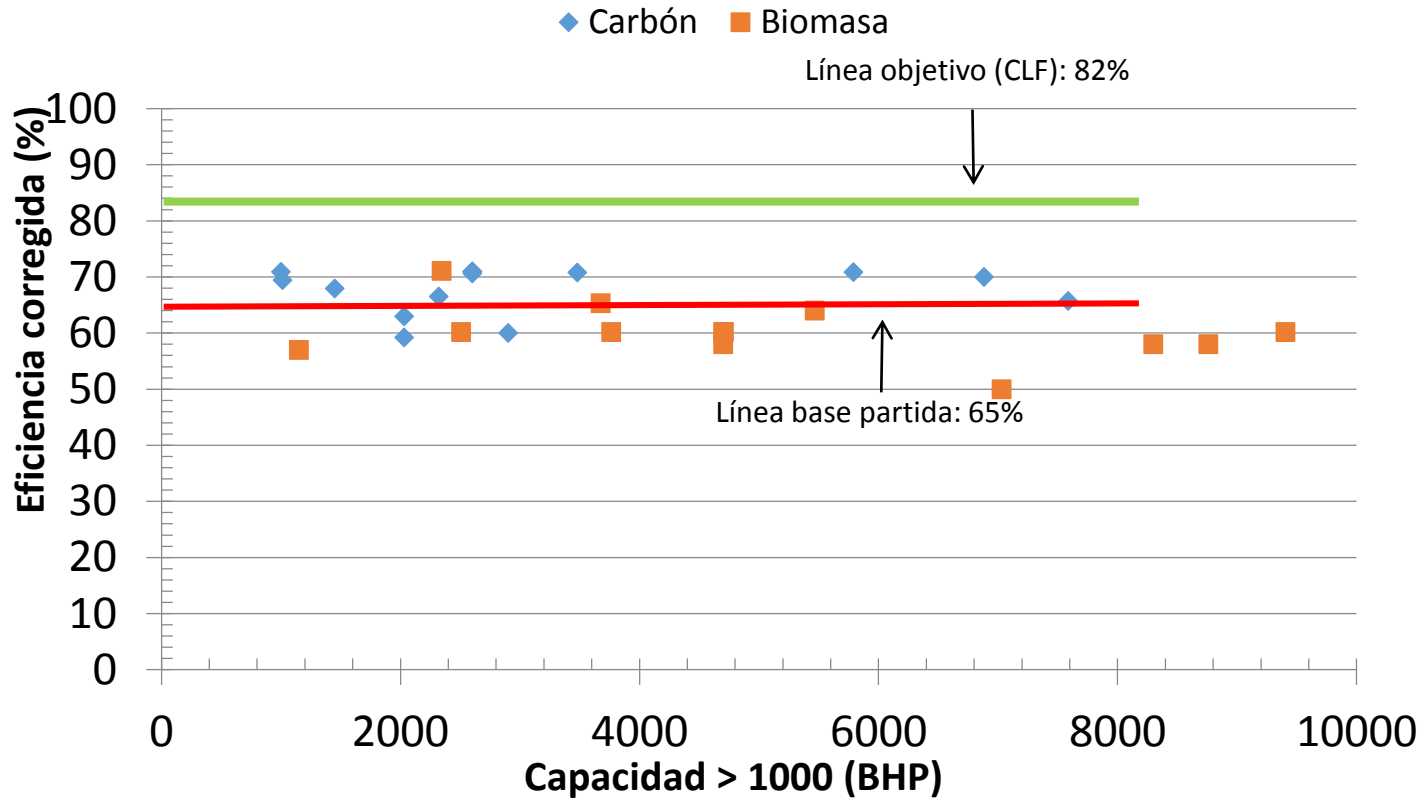


PRINCIPALES CAUSAS DE INEFICIENCIA

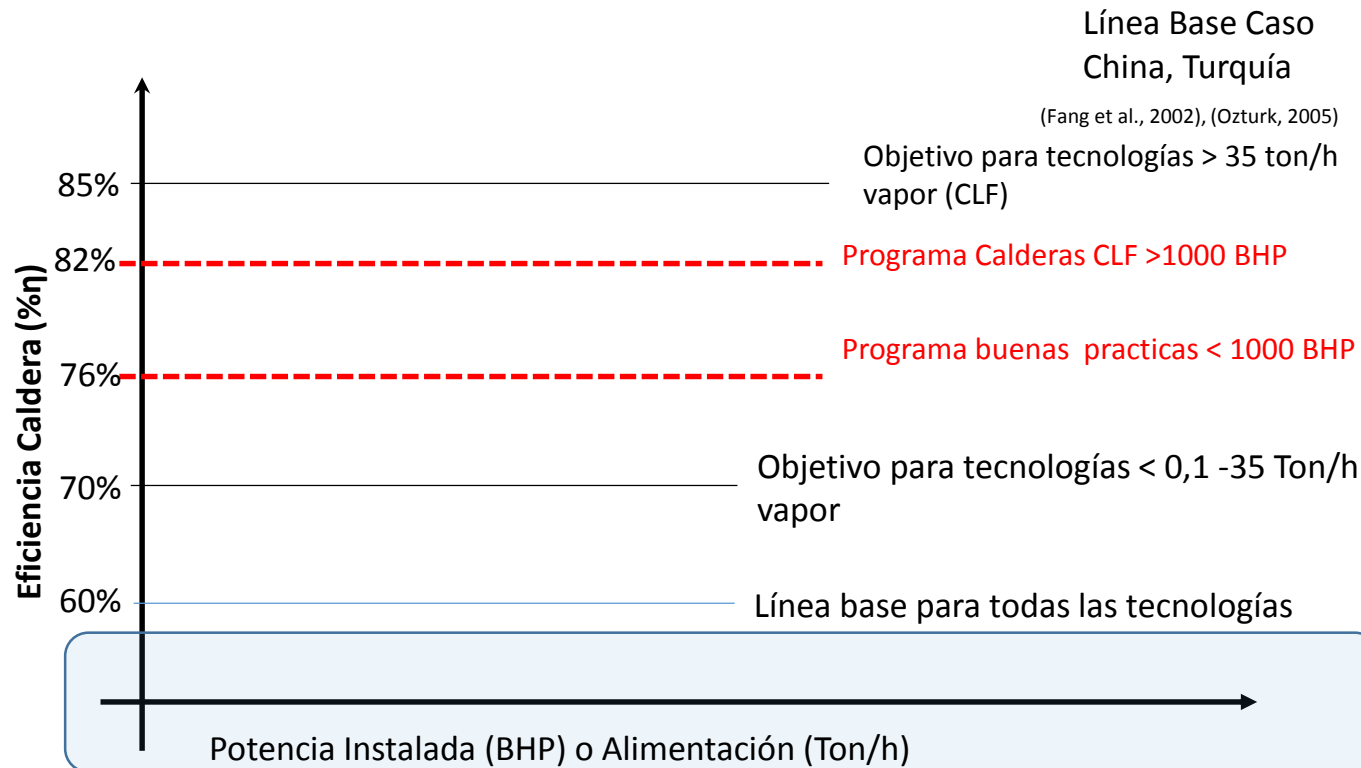


El potencial de ahorro por sustitución de calderas convencionales mayores a 1000 BHP por calderas de lecho fluidizado (CLF) , y para calderas inferiores a 1000 BHP un programa de buenas practicas **operacionales***.

LÍNEA BASE PARA CALDERAS SUPERIORES A 1000 BHP IDENTIFICADAS EN EL PRESENTE ESTUDIO



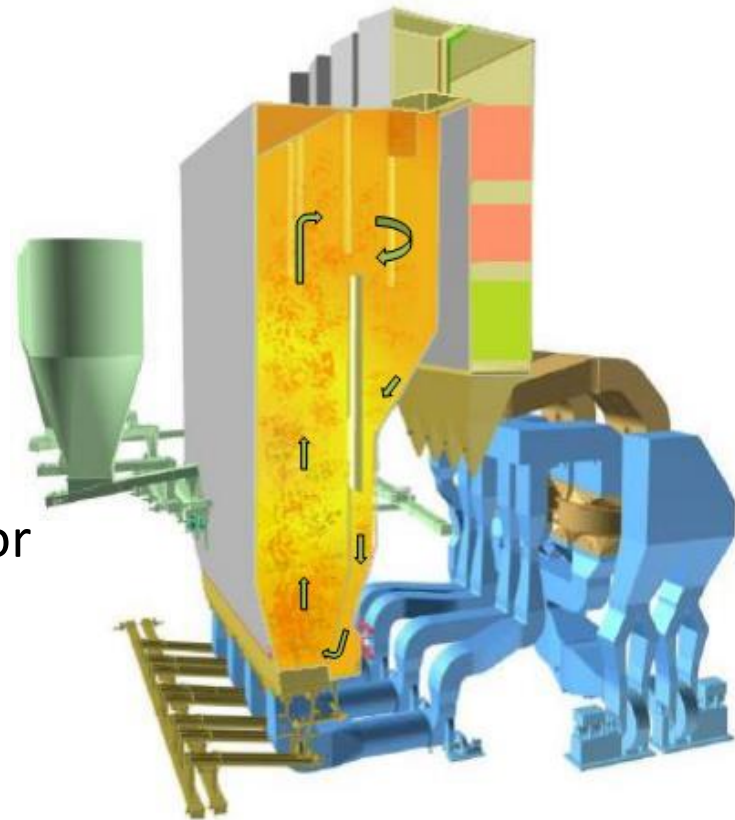
ESTUDIOS INTERNACIONALES CONSIDERAN LAS SIGUIENTES EFICIENCIAS



Los dos programas propuestos, permiten llevar a cabo un incremento en la eficiencia para calderas inferiores a 1000 BHP de **11** puntos, y para calderas superiores a 1000 BHP de **17** puntos de eficiencia, al igual que beneficios ambientales.

CARACTERÍSTICAS DE LA TECNOLOGÍA CLF

- Alta eficiencia.
- Bajas emisiones de NOx.
- Captura “In Situ” de SOx.
- Bajas temperaturas de operación.
- Equipos compactos y de menor tamaños que las otras tecnologías.
- Menos generación de inquemados.



Forest Wheeler Contact

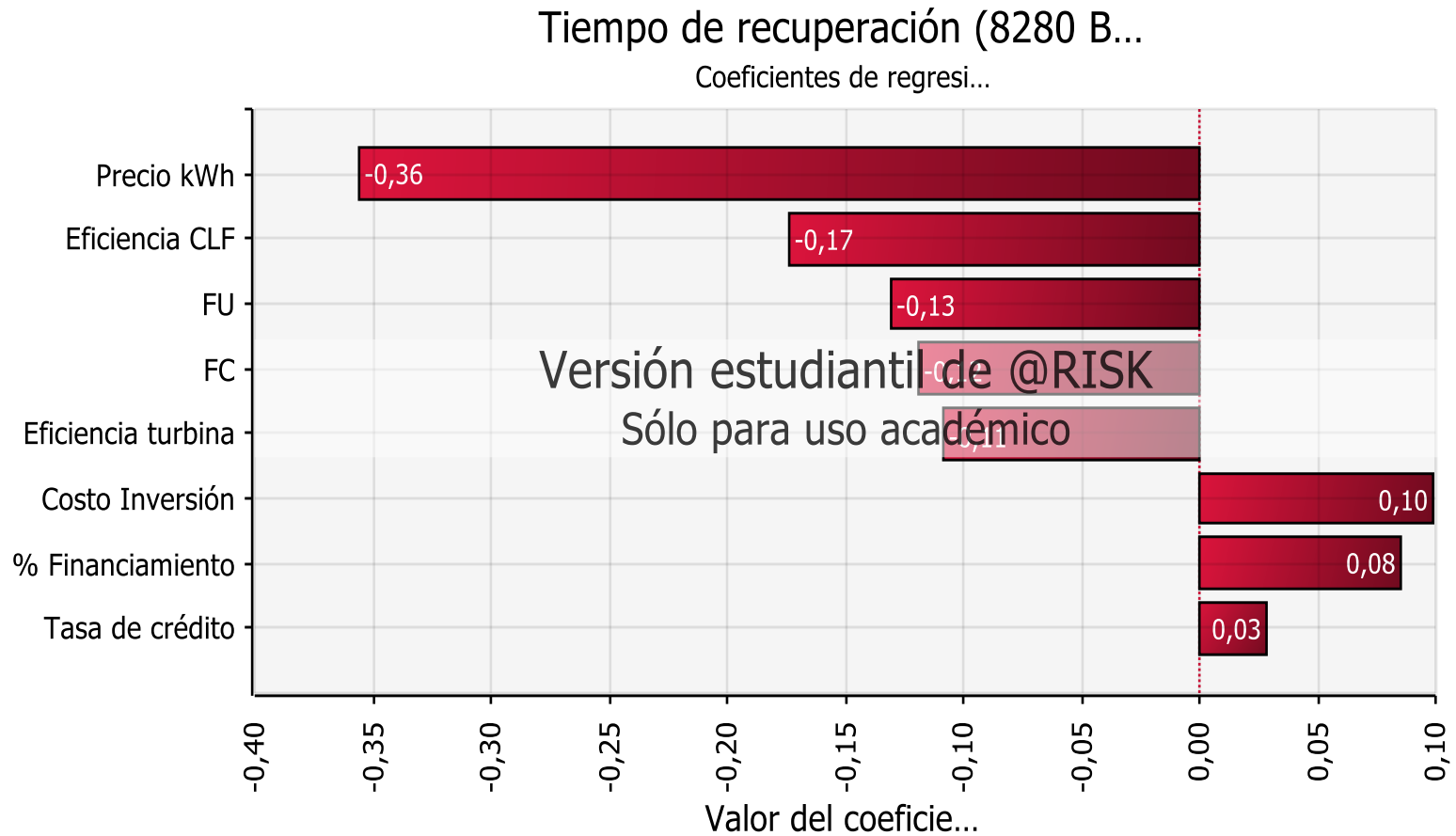
ANÁLISIS DE CALDERA CLF Y COGENERACIÓN CON TURBINA DE CONTRAPRESIÓN

Capacidad (BHP)	1019	1800	2344	3674	8300
Combustible	Carbón	Carbón	Biomasa	Biomasa	Biomasa
Eficiencia línea base (%)	65	65	65	65	65
Eficiencia de la caldera CFL (%)	82	82	82	82	82
Factor de utilización (h/año)	7500	7500	7500	7500	7500
PCS combustible (MJ/Ton)	22.000	22.000	17.000	17.000	17.000
Costo caldera CLF (\$)	\$11.516.812.072	\$14.694.444.430	\$17.013.153.333	\$21.083.333.312	\$42.592.592.550

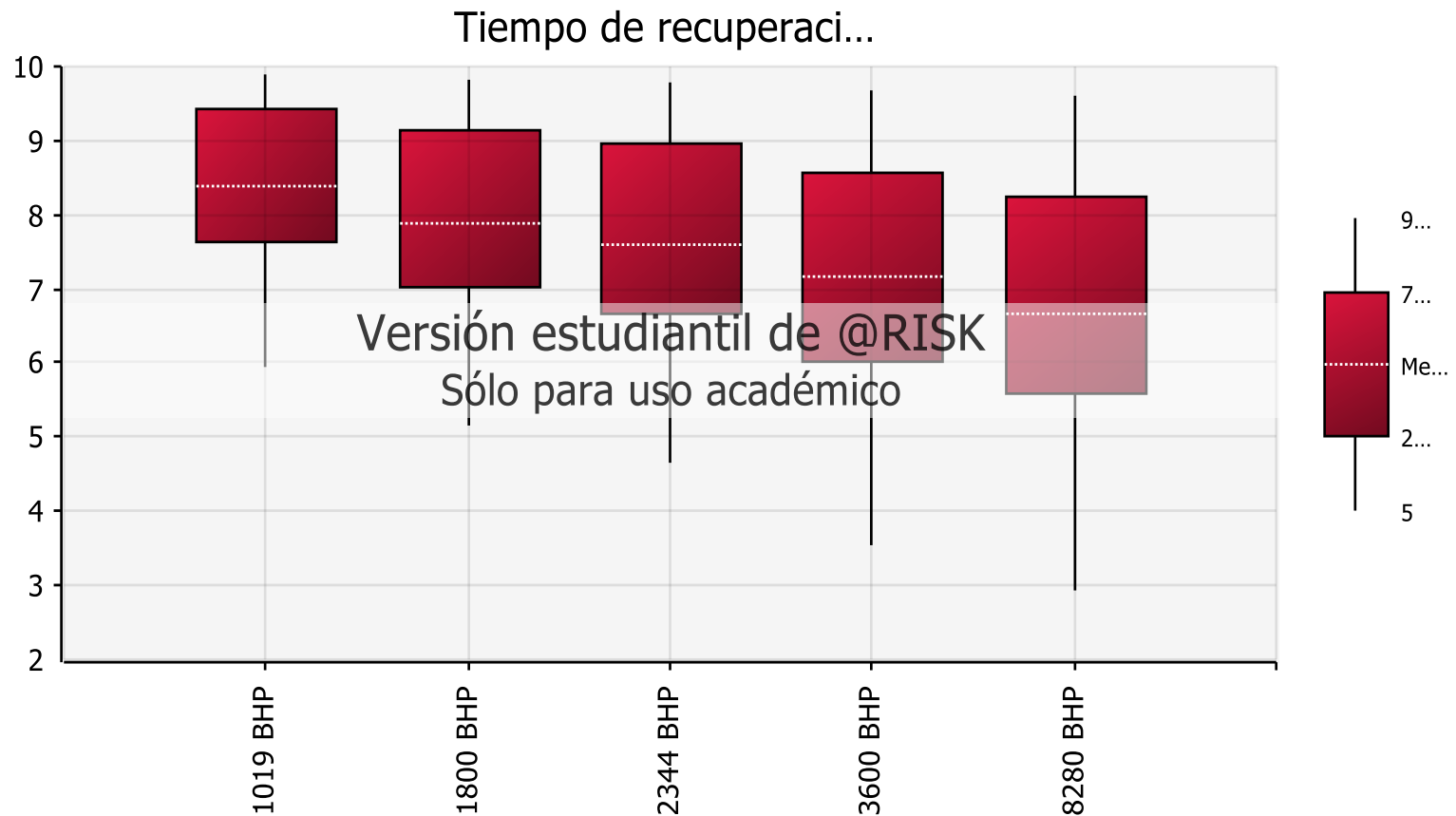
Ingreso por venta de energía eléctrica para cada caldera analizada

Capacidad (BHP)	1019 Carbón	1800 Carbón	2344 Biomasa	3600 Biomasa	8280 Biomasa
Ingreso (COP \$/año)	\$ 763.393.458	\$ 1.348.486.972	\$ 1.786.920.188	\$ 2.744.416.672	\$ 6.312.158.345

DIAGRAMA DE TORNADO EVALUANDO EL TIEMPO DE RETORNO PARA UNA CALDERA CLF DE 8280 BHP



BOXPLOT PARA EL TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LAS CALDERAS CLF



CASO 2: OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS DE COMBUSTIÓN EN PYMES DE PROCESOS DE ALTA TEMPERATURA

- Estrategias para la penetración del gas natural en PYMES con procesos a alta temperatura en el Valle de Aburra. Cofinanciación EPM.

Proceso	Número de empresas
Fundición de materiales no ferrosos	21
Fundición de materiales ferrosos	13
Tratamientos Térmicos	20
Deformación Plástica	9
Galvanizado en Caliente	4

- Evaluación de necesidades tecnológicas para la mitigación del cambio climático, sector industria. Unep Riso Center y MAVDT.

Conclusiones

Las principales características en común de los sistemas de calentamiento en los procesos industriales de alta temperatura en las Pymes son las siguientes:

- Alto grado de obsolescencia y baja eficiencia térmica en los sistemas de combustión.
- Inadecuados aislamientos con materiales de baja conductividad e inercia térmica.
- No hay registro en línea de las variables del proceso como la relación aire - combustible, temperatura, presión, etc.
- Críticas condiciones de salud ocupacional.
- Inadecuados sistemas de evacuación de humos.
- La obsolescencia tecnológica y la mala calidad de los combustibles usados genera gran contaminación e influye en la productividad y la calidad de los procesos y productos.
- Las empresas convertidas a gas natural con consumos importantes utilizan sistemas de calentamiento sin recuperación de calor, operando con eficiencias de combustión menores al 30%.



Libertad y Orden

Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible

República de Colombia

NUEVAS TECNOLOGÍAS

Horno de Crisol regenerativo

Subsector

Fundición de metales no ferrosos . Tratamiento y revestimiento de metales; trabajos de ingeniería mecánica en general

- CIIU D273200, D289200

Descripción

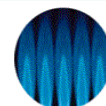
Aplicable a diferentes configuraciones y diferentes procesos de calentamiento de alta temperatura en el sector metalmeccánico.

- El horno de crisol auto-regenerativo desarrollado por el Grupo Ciencia y Tecnología del Gas y Uso Racional de la Energía, permite des-escalar la tecnología de quemadores regenerativos usualmente empleados en hornos reverberos de gran capacidad (>2 Ton), en hornos de capacidad de 200 kg de aluminio por bache y 500 kg de cobre por bache

Características

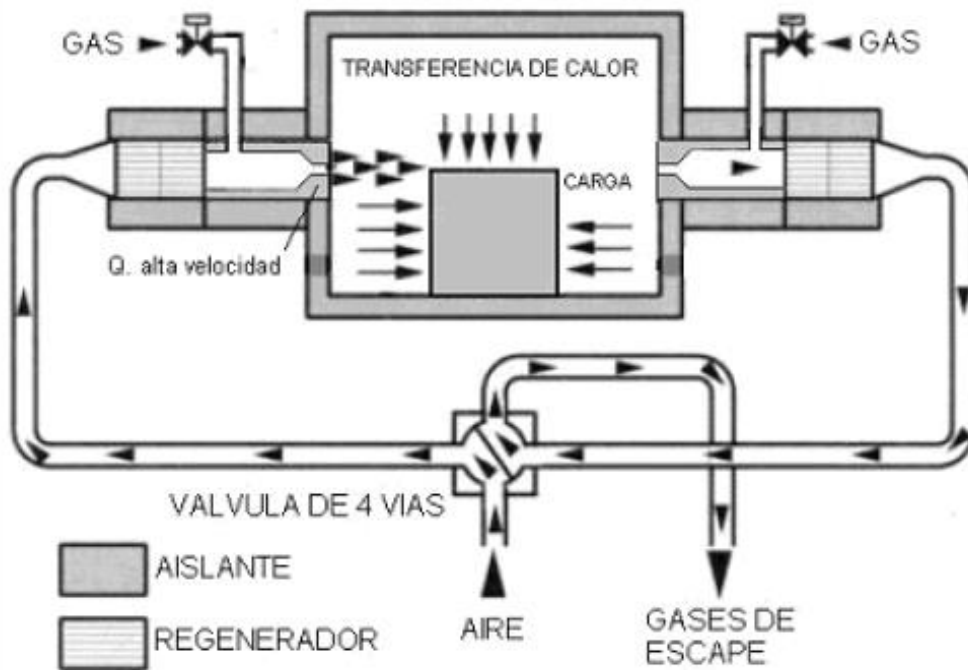
Está disponible en el mercado nacional.

- Eficiencia: 80%
- Potencial de ahorro de gas natural :50%
- Capacidad: 1.6 Ton/día (aluminio), 2.3 ton/día (cobre)
- Energético: Gas natural y G.LP.
- Consumo específico: 800 kWh/ton



Para procesos convertidos a gas natural

Implementación de sistemas de recuperación de calor con regeneradores de calor gas – sólido – sólido – gas.



Temperatura proceso (°C)	Temperatura aire (°C)	Ahorro de gas (%)
400	350	13
450	399	16
500	448	18
550	495	20
600	542	22
650	565	24
700	615	26
750	660	29
800	712	31
850	738	33
900	785	36
950	835	38
1.000	885	42
1.050	932	44
1.100	960	47
1.150	1.004	48
1.200	1.052	52
1.250	1.085	54
1.300	1.136	58
1.350	1.174	61
1.400	1.225	65
1.450	1.271	67
1.500	1.381	70

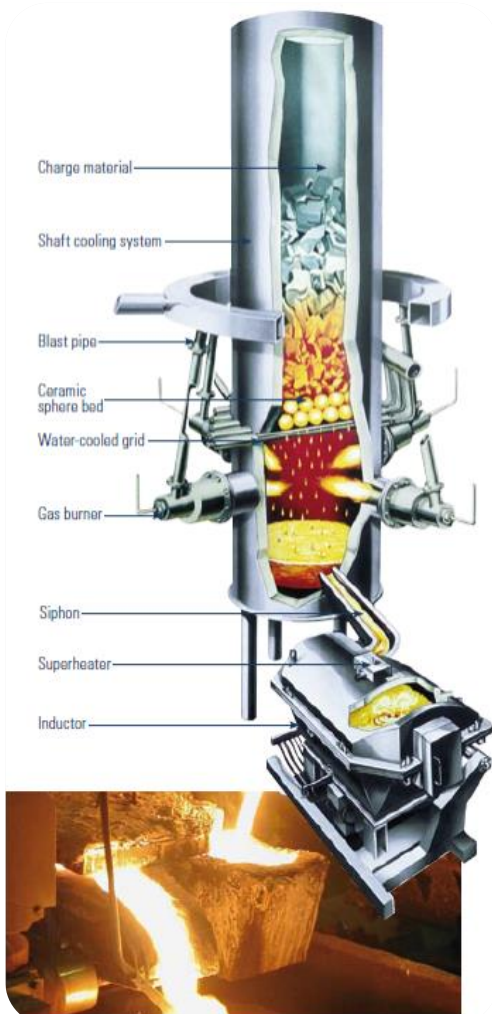


Libertad y Orden

Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible

República de Colombia

NUEVAS TECNOLOGÍAS



Subsector

Fundición de productos de hierro o acero

- CIIU D273100

Descripción

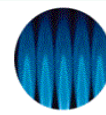
El cokeless cúpula es un horno de fusión industrial usado en la fusión de hierro gris para fundición o aleación.

- La principal característica en la que difiere de los hornos de cúpula tradicionales es que este no usa coque como combustible, el combustible usado es gas natural.

Características

Está disponible en el mercado internacional, no se conoce producción nacional de esta tecnología y tampoco ha sido divulgada ni adoptada en el sector.

- Eficiencia: 80%
- Capacidad: 3-5-10-20-30 Ton/h
- Energético: Gas Natural
- Consumo específico: 50 m3st de gas natural por tonelada de producto





Libertad y Orden

Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible

República de Colombia

NUEVAS TECNOLOGÍAS

Horno compacto de quemadores regenerativos



Subsector

Forja, prensado y laminado de metal; pulvimetalurgia, tratamiento y revestimiento de metales.

- CIU D289100, D289200.

Descripción

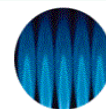
Puede trabajar a llama directa (calentamiento principalmente por convección) , también puede trabajar en calentamiento indirecto (instalación de un tubo de carburo de silicio de alta emisividad en la región del infrarrojo).

- Pareja de quemadores de alta velocidad y autoregenerativos, pareja de regeneradores térmicos, un hogar compacto de calentamiento de la carga y un sistema de control que asegura las condiciones necesarias entre el ventilador que impulsa el aire, el aire de combustión y los eyectores que extraen el humo)

Características

Disponible en el mercado nacional debido a que hay representantes de importantes fabricantes mundiales.

- Eficiencia: 70%
- Energético: Gas Natural
- Potencia: 60kW





Libertad y Orden

Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible

República de Colombia

NUEVAS TECNOLOGÍAS

Quemadores Autoregenerativos

Subsector

Fabricación de productos metálicos para uso estructural, forja, prensado y laminado de metal; pulvimetalurgia, tratamiento y revestimiento de metales y Fabricación de artículos de cuchillería, herramientas de mano y artículos de ferretería

- CIU D281100, D289100, D289200, D289300.

Descripción

Para la instalación de este quemador se debe analizar el estado actual del horno (aislamientos, fugas e infiltraciones)

- Cuentan con un lecho cerámico, por el cual pasan los productos de combustión antes de salir por la chimenea. Esta energía sensible aportada se acumula en el lecho, luego de un período el sistema se conmuta haciéndose pasar por el lecho aire frío que roba la energía acumulada en el lecho y la devuelve de nuevo al sistema.

Características

Está disponible en el mercado internacional, no se conoce producción nacional de esta tecnología y tampoco ha sido divulgada ni adoptada en el sector.

- Eficiencia: 73%
- Energético: Gas Natural
- Potencia: 500 kW

