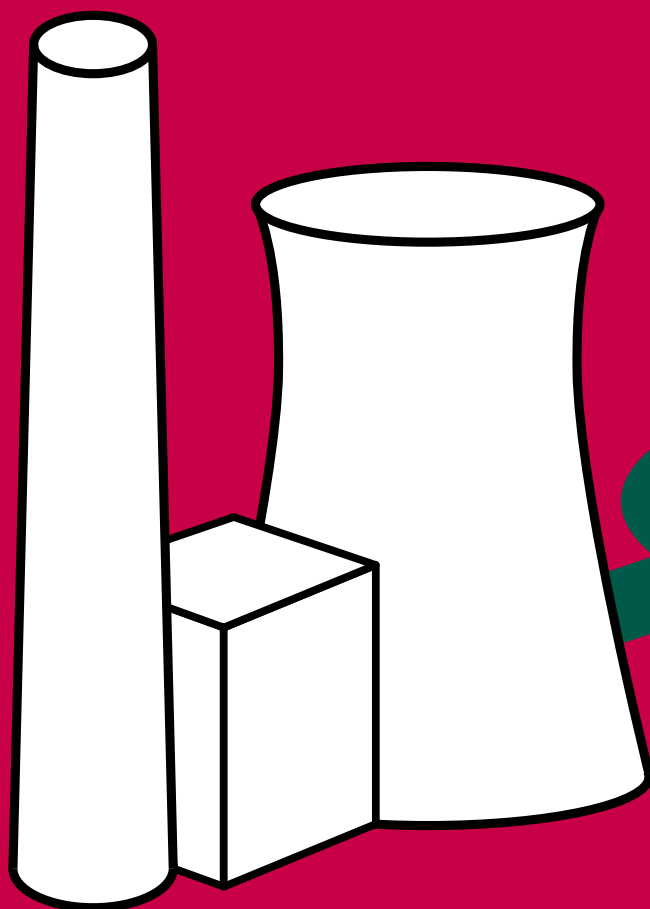


Prevenção da contaminación no sector enerxético: centrais térmicas

COLECCIÓN TÉCNICA
MEDIO AMBIENTE



XUNTA DE GALICIA

**PREVENCIÓN DA CONTAMINACIÓN
NO SECTOR ENERXÉTICO: CENTRAIS TÉRMICAS**

PREVENCIÓN DA CONTAMINACIÓN NO SECTOR ENERXÉTICO: CENTRAIS TÉRMICAS

XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE
Centro de Desenvolvemento Sostible

Equipo de redacción:

Juan José Casares Long
Enrique Roca Bordello
Pastora M^a Bello Bugallo
Consellería de Medio Ambiente

Darío Prada Rodríguez
Soledad Muniategui Lorenzo
Purificación López Mahía
Universidade da Coruña

Supervisión lingüística:

Ramiro Combo García

Deseño e maquetación:

Ninfa e Riveiro

Fotomecánica:

Resolución

Impresión:

Litonor

D.L.: C - 1283 - 2002

ISBN: 84-453-3342-9

PREVENCIÓN DA CONTAMINACIÓN
NO SECTOR ENERXÉTICO:
CENTRAIS TÉRMICAS

O tecido industrial que actualmente as sociedades avanzadas posuímos ten que se enfrontar a un novo reto; xa non se trata de conseguir un desenvolvemento industrial a calquera prezo, como se veu facendo desde a revolución industrial de finais do século XIX ata finais do século XX, senón que hoxe en día, no comezo do século XXI, o noso obxectivo é conseguir incorporar unha produción limpa na industria, pois imponse a necesidade de que exista un equilibrio que faga compatible o desenvolvemento económico cun contorno adecuado para nós e para os nosos descendentes. En definitiva, o obxectivo do desenvolvemento sostible como unha das grandes liñas directrices que debe orienta-las nosas actuacións.

A Directiva 96/61/CE do Consello, do 24 de setembro de 1996, relativa á prevención e control integrados da contaminación (IPPC), establece un marco de referencia en medio ambiente no relativo ás instalacións industriais. Este marco para a mellora medioambiental dos procesos está baseado na redución da contaminación en orixe mediante a incorporación das mellores técnicas dispoñibles. Anteriormente tratábase de aplicar técnicas fin de liña (depuración de gases, tratamento de augas residuais, etc.) encamiñadas a reduci-lo impacto unha vez xerado o residuo, o que non permitía resolve-lo problema, senón máis ben trasladalo dun medio a outro (aire, auga ou solo). A produción limpa ou o emprego das mellores técnicas dispoñibles presenta un enfoque máis integrador e preventivo, cunha aplicación práctica na empresa que supón unha mellora ambiental continua que permite acadar unha redución nos riscos ambientais, unha mellor eficiencia do proceso e unha maior calidade dos produtos, coa conseguinte mellora na rendibilidade global dos procesos.

Por outra banda, a Directiva IPPC establece no seu artigo 15 a obrigatoriedade de inventariar e subministrar información sobre os datos das principais emisións e as súas fontes responsables; para estes efectos, a Comisión publicou a Decisión 2000/479/CE, do 17 de xullo de 2000, relativa á realización dun inventario europeo de emisións contaminantes.

Desde a súa creación, a Consellería de Medio Ambiente da Xunta de Galicia realizou un esforzo relevante orientado cara á mellora no coñecemento do medio ambiente industrial e especialmente cara á constatación das afeccións que os dife-

rentes procesos industriais de Galicia poden causar sobre o contorno. Neste ámbito, hoxe ven a luz, como resultado deste traballo, unha serie de documentos que recompilan unha información exhaustiva sobre as diferentes tecnoloxías empregadas, así como sobre o inventario de residuos e emisións contaminantes.

Este traballo, realizado pola Consellería de Medio Ambiente, en colaboración coa Universidade da Coruña, permite establecer un diagnóstico inicial do sector, así como subministrar unhas pautas de comportamento ambiental. Nun futuro inmediato haberá que analiza-la viabilidade técnica e económica das alternativas máis idóneas para cada caso concreto, considerando as mellores técnicas dispoñibles, para establecer entón os cambios necesarios en cada etapa do proceso. Na procura dunha produción limpa é indispensable promover un cambio nas actitudes e aptitudes, para o que se require un compoñente formativo, educativo e de concienciación colectiva importante. Na Consellería de Medio Ambiente somos conscientes das dificultades que todos estes avances supoñen e de que se deben establecer horizontes a longo prazo. A importancia socioeconómica dos diferentes sectores industriais galegos establece a necesidade de introducir con éxito as boas prácticas ambientais, que aceleren a transición cara á produción limpa nas empresas.

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN	13
1.1 Situación de partida	13
1.2 Selección de industrias e elaboración dun cuestionario	14
1.3 Producción limpa	15
1.4 A directiva IPPC	16
2 XENERALIDADES DO SECTOR ENERXÉTICO	21
2.1 Fontes de enerxía	21
3 O SECTOR ENERXÉTICO EN GALICIA	23
3.1 Enerxía eléctrica	23
3.2 Enerxías renovables	24
3.3 Gas natural	25
3.4 Produtos petrolíferos	25
4 XENERALIDADES DO SECTOR TERMOELÉCTRICO	27
5 PROCESO TECNOLÓXICO PRODUCTIVO	29
5.1 Tipos de caldeiras	30
5.1.1 Compoñentes da caldeira	31
5.1.2 Turbina de vapor	32
5.1.3 Condensador	32
5.1.4 Sistema de refrixeración	33
5.2 Técnicas de combustión para carbón e lignito	33
5.3 Técnicas de combustión para combustibles líquidos	37
5.4 Centro produtor de Endesa nas Pontes	40
5.4.1 Materias primas	43
5.4.2 Equipos principais	44
5.4.3 Sistemas principais	47
5.5 Centro produtor de Unión Fenosa en Meirama	51
5.5.1 Materias primas	54
5.5.2 Equipos principais	55
5.5.3 Sistemas principais	57
5.6 Centro produtor de Unión Fenosa en Sabón	61
5.6.1 Materias primas	65
5.6.2 Equipos principais	66
5.6.3 Sistemas principais	68
6 FONTES POTENCIAIS DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA E O SEU CONTROL	71
6.1 Centro produtor de Endesa nas Pontes	80
6.1.1 Emisións atmosféricas e o seu control	80
6.1.2 Calidade do aire	83
6.2 Centro produtor de UNIÓN FENOSA en Meirama	88
6.2.1 Emisións atmosféricas e o seu control	89
6.2.2 Calidade do aire	91
6.3 Centro produtor de UNIÓN FENOSA en Sabón	92
6.3.1 Emisións atmosféricas e o seu control	93
6.3.2 Calidade do aire	94
7 FONTES PRINCIPAIS DE CONTAMINACIÓN DA AUGA E O SEU CONTROL	97
7.1 Centro produtor de Endesa nas Pontes	99
7.2 Centro produtor de UNIÓN FENOSA en Meirama	105
7.3 Centro produtor de UNIÓN FENOSA en Sabón	109

8 RESIDUOS	111
8.1 Centro produtor de Endesa nas Pontes	112
8.2 Centro produtor de UNIÓN FENOSA en Meirama	115
8.3 Centro produtor de UNIÓN FENOSA en Sabón	119
9 POLÍTICA MEDIOAMBIENTAL DAS PLANTAS	123
9.1 Centro produtor de Endesa nas Pontes	123
9.2 UNIÓN FENOSA Xeración: Central Térmica de Meirama e Central Térmica de Sabón	127
10 CONCLUSIÓNS E MELLORAS NAS TECNOLOXÍAS	131
10.1 Tecnoloxías de precombustión	132
10.1.1 Substitución do combustible	132
10.1.2 Mellora da calidade dos combustibles	133
10.1.3 Conversión do carbón a combustible limpo	136
10.2 Técnicas para mellora-la eficiencia dunha central térmica	139
10.3 Técnicas para controla-las emisións de partículas	143
10.4 Procesos e tecnoloxías de redución das emisións de xofre	147
10.4.1 Procesos rexenerativos	153
10.5 Procesos e tecnoloxías de redución das emisións de óxidos de nitróxeno	154
10.5.1 Medidas primarias para reduci-las emisións de NO _x	154
10.5.2 Desnitrificación dos gases de combustión	160
10.6 Técnicas combinadas de redución das emisións de óxidos de xofre e nitróxeno	164
10.7 Técnicas de redución das emisións de metais pesados	165
10.8 Técnicas de redución doutros contaminantes	166
10.8.1 Halóxenos	166
10.8.2 Gases de efecto invernadoiro	166
10.9 Técnicas de control das emisións á auga	167
10.9.1 Descargas térmicas	168
10.9.2 Vertidos químicos	168
10.10 Técnicas de xestión dos residuos e subproductos de combustión	172
10.10.1 Reciclaxe	173
10.10.2 Segregación de residuos potenciais	174
10.11 Mellores técnicas dispoñibles	174
10.12 Tecnoloxías emerxentes	176
10.12.1 Caldeiras de leito fluído	177
10.12.2 Gasificación integrada con ciclo combinado (IGCC)	177
10.12.3 Proceso DESONOX	179
10.12.4 Recombustión avanzada do gas	180
10.12.5 Técnicas de eliminación de po en desenvolvemento	181
11 LEXISLACIÓN	183
11.1 Normativa básica	183
11.2 Atmosfera	184
11.3 Vertidos líquidos	188
11.4 Residuos	190
BIBLIOGRAFÍA	195

ABREVIATURAS E SIGLAS

AFBC	Atmospheric Fluidized Bed Combustión (Combustión en leito fluído atmosférico)
BFBC	Bubbling Fluidized Bed Combustion (Combustión en leito fluído de burbulleo)
BIX	Baixo Índice de Xofre
BREF	BAT Reference Document (Documento Referencia de MTD)
c. t.	Central térmica
CER	Catálogo Europeo de Residuos
CFBC	Circulating Fluidized Bed Combustión (Combustión en leito fluído circulante)
CFC	Clorofluorocarbonos
COP	Compostos Orgánicos Persistentes
COV	Compostos Orgánicos Volátiles
DBO	Demanda Biolóxica de Osíxeno
DQO	Demanda Química de Osíxeno
EEA	European Environmental Agency (Axencia Medioambiental Europea)
AIA	Avaliación de Impacto Ambiental
ENAC	Entidade Nacional de Acreditación
EPA	Environmental Protection Agency (Axencia de Protección Medioambiental)
ESP	Electrostatic Precipitator (Precipitador Electrostático)
FBC	Fluidized Bed Combustion (Combustión en Leito Fluído)
FG	Fuel Gas
FGD	Flue Gas Desulphurisation (Desulfuración do gas de combustión)
FO	Fuel óleo
GF	Grate Firing (caldeira de grella)
GIC	Grandes Instalacións de Combustión
HAP	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control (Prevención e Control Integrados da Contaminación)

IGCC	Integrated Gasification Combined Cycle (Gasificación Integrada con Ciclo Combinado)
LIMEISA	Lignitos de Meirama, S.A.
MW	Producción eléctrica bruta
MTD	Mellores Técnicas Disponibles
P. C. I.	Poder calorífico inferior
P. C. S.	Poder calorífico superior
PCB	Polychlorinated Biphenyls (policlorobifenilos)
PCDD/F	Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins and Furans (dibenzo dioxinas e furanos policlorados)
PCDD	Policlorodibenzodioxinas
PCDF	Policlorodibenzofuranos
PFBC	Pressurized Fluidized Bed Combustion (Combustión en Leito Fluído a Presión)
RD	Real Decreto
REE	Rede Eléctrica de España
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
SCR	Selective Catalytic Reduction (Reducción Catalítica Selectiva)
SNCR	Selective Non Catalytic Reduction (Reducción No Catalítica Selectiva)
TEF	Toxic Equivalency Factor (Factor de Equivalencia Tóxica)
TEQ	Toxic Equivalent Quantity (Cantidade Tóxica Equivalente)
UE	Unión Europea
VLE	Valores Límite de Emisión
VRG	Ventiladores de Recirculación de Gases
VTF	Ventiladores de Tiro Forzado
VTI	Ventiladores de Tiro Inducido

1 INTRODUCCIÓN

1.1 SITUACIÓN DE PARTIDA

A Consellería de Medio Ambiente, como órgano da Administración da Comunidade Autónoma de Galicia ó que lle corresponde o exercicio das competencias e funcións en materia de medio ambiente e conservación da natureza, precisa, para alcanza-los obxectivos que lle foron encomendados, dun coñecemento exhaustivo de información ambiental a través dunha serie de indicadores ambientais que lle permitan tomar decisións sobre a protección e mellora do medio ambiente.

Dous dos indicadores ambientais de maior relevancia que poden informar significativamente sobre a situación da industria galega en xeral son a emisión de contaminantes e a xeración de residuos.

Respecto ó primeiro, foi no ano 1983 cando se comezou a realizar un inventario das emisións de contaminantes atmosféricos mediante o programa europeo CORINE-AIRE, deseñado cunha metodoloxía que permite compara-los resultados entre países da Unión Europea. No programa -a responsabilidade do cal lle corresponde en España á Dirección Xeral de Política Ambiental do Ministerio de Medio Ambiente- colaborou en Galicia a Consellería de Industria, que elaborou en 1990 os documentos “realización do inventario de focos industriais de contaminación atmosférica nas provincias da Coruña e Lugo” e “realización do inventario de focos industriais de contaminación atmosférica nas provincias de Ourense e Pontevedra”.

Desde ese ano 1990 non se afondou nos coñecementos xa existentes sobre as industrias e as causas que, en maior grao, contribúen á contaminación, e os datos de emisión son actualizados a través da información dos controis que realizan as industrias e dos resultados das inspeccións levadas a cabo pola Consellería de Medio Ambiente. Non obstante, é salientable que a carga contaminante total vertida á atmosfera pasou de 685.000 toneladas en 1991 a 461.000 en 1996.

En canto ós residuos industriais, a Xunta de Galicia confeccionou en 1986 un inventario de residuos, que se ampliou no ano 1990. Como consecuencia da aprobación en 1995 do Plan Nacional de Residuos Perigosos 1995-2000, a Xunta adaptou as directrices europeas e a nor-

mativa española á realidade galega a través do Plan de Xestión de Residuos Perigosos e Solos Contaminados de Galicia, o que supuxo unha nova actualización do inventario.

Dos datos actuais, sábese que en Galicia existen unhas 2.000 empresas productoras de residuos industriais, e que un 99% deles os producen unhas 1.200 plantas.

Por outro lado, dada a importancia da Directiva 96/61/CE, sobre prevención e control integrados da contaminación (IPPC, integrated pollution prevention and control), tanto para os sectores industriais considerados nela como para a Administración, seleccionáronse diferentes sectores industriais sobre os que afondar estudando as tecnoloxías empregadas desde o punto de vista medioambiental, co obxectivo de elaborar un documento que reflectise a situación real da industria galega fronte á aplicación desta directiva e poder identifica-los aspectos medioambientais máis relevantes.

1. 2 SELECCIÓN DE INDUSTRIAS E ELABORACIÓN DUN CUESTIONARIO

De acordo coas directrices da **Consellería de Medio Ambiente**, seleccionáronse para a primeira fase do estudio os seguintes sectores, que se considera que presentan, potencialmente, unha destacada incidencia:

Sector I Enerxético:

- Refino de petróleo.
- Centrais térmicas

Sector II Transformación da madeira:

- Fabricación de pasta de papel.
- Fabricación de taboleiros.

Sector III Alimentación-conservas:

- Fabricación de conservas de peixe e de mariscos.

Sector IV Alimentación-lácteas:

- Leite líquido e fabricación de derivados do leite.

1.3 PRODUCCIÓN LIMPA

O **desenvolvemento sostible** esixe a dispoñibilidade a longo prazo de recursos naturais e a preservación da calidade medioambiental. Polo tanto, require cambios nos métodos de produción existentes e no comportamento do consumidor. O debate político e científico subliñou, sobre todo, a importancia do progreso na tecnoloxía medioambiental con respecto á explotación de recursos, produción, consumo e eliminación de residuos.

Durante os últimos 20 anos, a innovación centrouse principalmente nas tecnoloxías “final de liña”, e isto deu como resultado reducións considerables da contaminación medioambiental. Sen embargo, os criterios que esixe o desenvolvemento sostible non se poden cumprir só con este enfoque. Neste momento é crucial, por conseguinte, muda-lo rumbo tomado polo progreso ata agora e traballar en dirección a un cambio tecnolóxico fundamental, de cara ó desenvolvemento e aplicación de novas técnicas e produtos de fabricación sostibles, e así producir un cambio desde a protección medioambiental “final de liña” a unha protección medioambiental incorporada na produción, cunha actitude proactiva.

A Axencia de Protección Medioambiental (EPA) dos Estados Unidos define a **prevención da contaminación** como “*o uso de materiais, procesos ou métodos que reduzan ou eliminen a creación de contaminantes ou desperdicios na súa fonte de orixe. Isto inclúe os métodos para reduci-lo emprego de materiais perigosos, enerxía, auga ou outros métodos e procedementos que protexan os recursos naturais a través da conservación ou dun uso máis eficiente*”¹. En Europa este mesmo concepto coñécese co termo **producción limpa**.

As técnicas de redución de residuos pódense aplicar a calquera proceso de produción, e poden ser desde simples cambios operativos ata os equipos de recuperación máis avanzados. Moitas destas técnicas son de tecnoloxía relativamente sinxela; de feito, moitas industrias descubriron que os índices de xeración de residuos se poden reducir significativamente mediante algúns cambios operativos sinxelos, maior capacitación e mellor administración dos inventarios.

¹ U.S. Environmental Protection Agency, Environmental Protection Agency Pollution Prevention Directive, 13/5/1990.

O obxectivo empresarial e a preservación do medio ambiente poden ser para as empresas factores complementarios e non contrapostos.

1.4 A DIRECTIVA IPPC

A Directiva 96/61/CE, sobre prevención e control integrados da contaminación (IPPC), que establece como prazo límite para iniciá-la súa aplicación a novas instalacións o 31/10/1999, obrígalles a diversos sectores productivos da Comunidade Autónoma de Galicia a realizar un control integrado da contaminación.

Esta directiva representa un salto cualitativo en canto ó que a lexislación medioambiental se refire. Establece un marco xeral de prevención e control integrados da contaminación, e dispón das medidas necesarias para a súa posta en práctica. Estas medidas plásmanse nunha serie de obrigacións que deben ser satisfeitas, tanto polos titulares das explotacións, como polos responsables da concesión de autorizacións para a posta en funcionamento das industrias a que fai referencia esta directiva no seu anexo I. Por unha banda, esixe realizar un control da contaminación en tódolos ámbitos (atmosfera, auga e solo) e, por outra, fixa obrigacións para os Estados membros, os titulares das industrias e as autoridades competentes. Por último, obriga a organizar un procedemento integrado de concesión de permisos.

O enfoque integrado que esta directiva lle dá á contaminación significa:

- Considerar todas e cada unha das fases do proceso productivo.
- Determinar unha adecuada relación entre a contía das emisións contaminantes producidas e as características do medio ambiente receptor en cada caso.
- Ter en conta a posible transferencia da contaminación desde un medio receptor (auga, atmosfera e solo) a outro.

As experiencias adquiridas ó longo dos anos na aplicación das diferentes normas ambientais da UE, todas elas reguladoras dos vertidos a algún medio (auga, aire, etc.), puxeron de manifesto un efecto non desexado de moitas delas, isto é, a transferencia da contaminación orixinada dun medio a outro en lugar da súa redución, que era o seu

obxectivo. Este fenómeno foi especialmente grave e evidente na industria, onde é posible, teoricamente, cumprir determinadas normas sobre residuos diluíndo estes nos vertidos, ou limitar certas emisións atmosféricas a base de aumenta-lo volume de residuos xerados.

Outro elemento que favoreceu esta iniciativa da comisión foi a gran dispersión de competencias en materia de autorización/inspección ambiental existente en moitos países comunitarios, o que dificulta, na maioría dos casos, a boa e correcta aplicación da normativa ambiental. Neste punto viuse apoiada pola propia industria europea, que solicitou, en diferentes ocasións, a implantación do “portelo único”, ó tempo que se queixaba dos complicados, numerosos e incluso, ás veces, indefinidos e confusos mecanismos actuais de autorización das novas fábricas por parte das autoridades ambientais.

Os titulares das industrias están obrigados a tomar medidas para evitar ou, cando non sexa posible, reduci-las emisións contaminantes na atmosfera, na auga e no solo, incluíndo residuos, mediante o respecto duns *valores límite de emisión* (VLE), determinados segundo a lexislación de cada momento e tomando como referencia as **mellores técnicas dispoñibles** (MTD), sen impoñe-la utilización dunha técnica específica.

Para considera-la aplicación destas técnicas, cómpre, en primeiro lugar, coñece-la tecnoloxía que se está a empregar nos diferentes sectores, e, en segundo lugar, estar permanentemente informados das técnicas de produción limpas que existen no mercado, para o cal, a Comisión Europea creou un Foro de Intercambio de Información sobre as MTD.

O titular da industria que solicite permiso para unha nova instalación deberá xuntar á súa solicitude unha descrición de:

- A instalación e o tipo e alcance das súas actividades.
- As materias primas e auxiliares, as substancias e a enerxía empregadas na instalación ou xeradas por ela.
- As fontes das emisións da instalación.
- O estado do lugar no que se situará a instalación.

- O tipo e a magnitude das emisións previsibles da instalación ós diferentes medios, así como unha determinación dos seus efectos significativos sobre o medio ambiente.
- A tecnoloxía prevista e outras técnicas utilizadas para evita-las emisións procedentes da instalación ou, se iso non fose posible, para reducilas.
- De seren necesarias, as medidas relativas á prevención e valoración dos residuos xerados pola instalación.
- As medidas previstas para controla-las emisións ó medio ambiente.
- As solicitudes de permiso deberán conter, ademais, un resumo comprensible para o profano na materia de tódalas indicacións especificadas nos guións anteriores.

Como consecuencia directa dos principios de prevención e de enfoque global da contaminación, asúmese a necesidade de establecer valores límite de emisión tan baixos como sexa posible, e para iso relaciónanse estes coas tecnoloxías industriais: os VLE serán aqueles alcanzables coa aplicación das MTD.

Esta ligazón técnica entre VLE e MTD non significa que se impoña a obriga de empregar estas últimas, pero si de alcanza-los niveis de emisión ou estándares de calidade ambiental que elas permiten. O establecemento, como fai a directiva, duns VLE calculados sobre a base das MTD implica que aqueles poderán ser modificados co tempo e se irán reducindo a medida que melloren as técnicas.

Hai que precisar que se deixa certa flexibilidade para que as autoridades competentes ponderen e valoren non só o aspecto económico -o custo das MTD-, senón tamén as condicións medioambientais e xeográficas locais, así como as características técnicas do lugar de localización.

A directiva non obriga ó permiso único, nin a modifica-la distribución administrativa de competencias, pero si lles impón a obriga ás autoridades competentes, a todas, a se coordinaren para outorgar entre todas elas o que se podería chamar un permiso integral (que pode constar de moitos permisos parciais).

Outro aspecto que hai que destacar é o *acceso á información* sobre o funcionamento das instalacións e sobre o seu efecto potencial no medio ambiente para garanti-la transparencia do procedemento de autorización en toda a Comunidade. Deste xeito, o público deberá ter acceso, antes de que se adopte calquera autorización de novas instalacións ou de modificacións substanciais das existentes, ás propias autorizacións, ás súas actualizacións e ós correspondentes datos de control.

Como síntese, pódese dicir que a directiva ten por obxecto a prevención e a redución integradas da contaminación procedente das actividades industriais que se enumeran no seu anexo I. A súa finalidade é alcanzar un elevado nivel de protección do medio ambiente no seu conxunto, establecendo, a través dun enfoque integrado dos diferentes elementos que configuran o medio, un procedemento de autorización para as instalacións correspondentes.

Os prazos que a directiva establece para que os Estados membros a apliquen son os seguintes:

ENTRADA EN VIGOR (ART. 22)	20 días despois da súa publicación	31.10.1996
PRAZO DE TRANSPOSICIÓN/APLICACIÓN (ART. 21)	3 anos despois da súa entrada en vigor	31.10.1999
PRAZO DE APLICACIÓN A NOVAS INSTALACIONES (ART. 4)	3 anos despois da súa entrada en vigor	31.10.1999
PRIMEIRO INFORME Á C.E. SOBRE VALORES LÍMITES DISPONIBLES (ART. 16.1)	18 meses despois da data de aplicación	30.04.2001
PRIMEIRO INFORME DE APLICACIÓN Á U.E. (ART. 5 E 6 DIR. 91/692/CE) (ART. 16.3)	3 anos despois da data de aplicación	31.10.2002
PRAZO DE APLICACIÓN A INSTALACIONES EXISTENTES (ART. 5)	8 anos despois da data de aplicación	31.10.2007

A nivel nacional o Consejo de Ministros aprobou o 23 de novembro de 2001 o Proyecto de Ley de Prevención y Control Integrados de la Contaminación.

En Galicia, o Consello Galego de Medio Ambiente aprobou no Pleno do Consello do 20 de Febreiro de 2001 o Borrador do proxecto de Lei de Prevención e Control Integrados da Contaminación. Posteriormente, con data 8 de Febreiro de 2002 dito Borrador foi aprobado polo Consello da Xunta de Galicia.

2 XENERALIDADES DO SECTOR ENERXÉTICO

Pódese dicir que co desenvolvemento da máquina de vapor por Watt (1736-1819) se iniciou, a partir do século XIX, un imparable aumento no consumo de enerxía, no que se denominou a Revolución Industrial. Cara a finais do século XIX o mundo comezou de novo outra profunda transformación co uso da enerxía eléctrica a gran escala, desde que en 1882 entrou en funcionamento a primeira central de produción de enerxía eléctrica en Nova York. Os avances que se produciron na industria eléctrica permitiron unha rápida expansión, utilizando tanto os combustibles fósiles como a enerxía hidráulica.

2.1 FONTES DE ENERXÍA

Existen diversas formas de clasificar as fontes enerxéticas. Entre as máis usuais encóntranse:

- Atendendo á súa capacidade de renovación na natureza.
- Atendendo á súa orixe.

De seguido amósase unha táboa cunha clasificación simplificada das distintas fontes de enerxía.

Fontes primarias de enerxía

Non renovables	Carbón
	Petróleo
	Gas natural
	Nuclear
Renovables	Solar (térmica, fotovoltaica...)
	Hidráulica
	Mareas
	Vento
	Océanos (térmica, ondas...)
	Xeotérmica
	Biomasa

Aproximadamente un 88% do consumo de enerxía primaria no mundo procede dos combustibles fósiles, polo que continuarán sendo nun futuro próximo un compoñente básico de tódalas políticas enerxéticas.

Sen embargo, a súa complexa composición é orixe dun conxunto variado de potenciais efectos medioambientais, polo que o uso adecuado destes recursos enerxéticos supón un reto para a humanidade.

A continuación móstrase un cadro coa xeración eléctrica na Unión Europea correspondente ó ano 1997, subdividido segundo as fontes de enerxía.

Fonte de enerxía		Xeración eléctrica (GWh)
Térmica convencional	Hidráulica	316.116
	Eólica	6.909
	Xeotérmica	3.957
	Nuclear	859.894
	Carbón	471.797
	Lignito	183.140
	Productos petrolíferos	185.755
	Gas natural	332.331
	Gases Derivados	27.793
	Biomasa	27.283
	Outros combustibles	7.707

3 O SECTOR ENERXÉTICO EN GALICIA

O sector enerxético galego está formado por máis de 130 empresas. Na seguinte figura amósanse as principais:

- Centrais térmicas. Dúas centrais térmicas de carbón (Meirama e As Pontes de García Rodríguez) e unha central de fuel (Sabón).
- Centrais hidroeléctricas. Na figura amósanse as de produción maior de 100 MW.
- Refinería de petróleo (A Coruña).

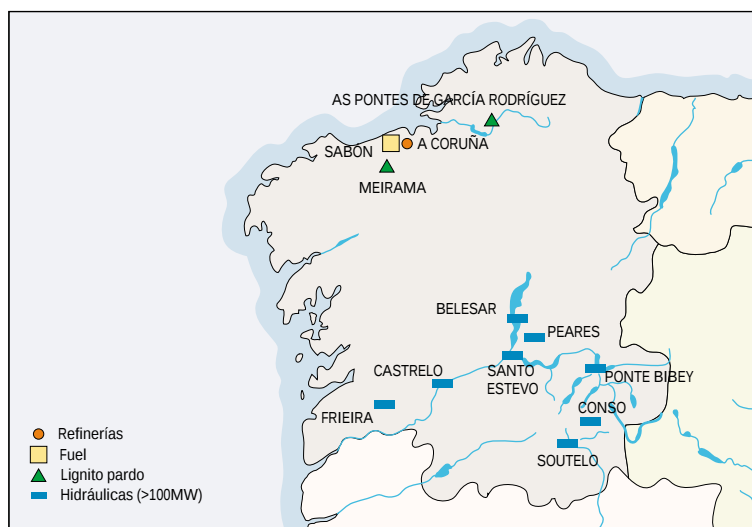


Figura 3.1. O sector enerxético en Galicia.

3.1 ENERXÍA ELÉCTRICA

No ano 1999, as instalacións de 1 MW ou máis de Galicia produciron un total de 22.518,4 millóns de kWh, que representan un 11,4% do total producido en España por este tipo de centrais. A continuación preséntanse os datos de produción por sectores enerxéticos na Comunidade Autónoma de Galicia.

No que se refire ás centrais de 1000 kW ou máis, o peso relativo no total español para a produción termoeléctrica foi do 9,2% e para a produción hidroeléctrica do 24,4%. Se se compara a produción deste tipo de centrais

en Galicia, predomina a produción de enerxía eléctrica en centrais térmicas fronte ás centrais hidroeléctricas, cunha produción do 69,8% para as primeiras, mentres que as segundas constitúen o 30,2% do total.

A provincia da Coruña representa o 73,9% do total da produción eléctrica galega en 1999, seguida de Ourense cun 18,2%, Lugo e, por último, Pontevedra. O 97,8 % da produción termoeléctrica galega está situada na provincia da Coruña, mentres que o 58,5% da produción hidroeléctrica está na provincia de Ourense.

Unha importante fonte de enerxía en Galicia é a procedente da coxeneración en industrias (producción de enerxía eléctrica e calor). En Galicia están funcionando un total de 71 plantas de coxeneración, cunha potencia nominal de 449.460 kW.

O maior número de plantas e a produción máis importante correspóndelle á provincia da Coruña; as 42 plantas de coxeneración situadas nesta provincia representan un 73,2% da produción total por coxeneración en Galicia.

3.2 ENERXÍAS RENOVABLES

Dentro das enerxías renovables encóntranse como máis importantes en Galicia a enerxía procedente de centrais hidráulicas, a enerxía eólica e a biomasa.

No ano 1999 a potencia instalada deste tipo de enerxía aumentou un 7,3% respecto ó ano anterior. A enerxía renovable con maior potencia instalada é a hidráulica, con 2.759 MW, o que representa un 81,1% da potencia instalada neste tipo de enerxías e o 45,0% do consumo.

A potencia total das **centrais minihidráulicas** instaladas en Galicia en 1999 ascendía a 115 MW, é dicir, un 3,4% da potencia total instalada en Galicia.

Nos últimos anos destaca o desenvolvemento da **enerxía eólica** en Galicia. Neste sector aumentou o número de parques eólicos e promotores ó longo de 1999, de xeito que a 30 de abril de 2000 había un total de 9 promotores e 29 parques eólicos. Os máis importantes pola súa potencia son os de Vilalba e Bustela, con 25,08 MW e 24,70 MW, respectivamente.

Ademais destes parques eólicos en funcionamento, había un total de 47 parques en tramitación. A potencia instalada nos parques eólicos en 1999 ascendeu a 487 MW, o que provocou un aumento importante na enerxía xerada. Segundo datos de 1999, a enerxía eólica representaba un 14,3% da potencia instalada e o 10,2% da produción eléctrica no que se refire ás enerxías renovables en Galicia.

A **biomasa** contribuíu cunha potencia térmica instalada de 40 MW.

3.3 GAS NATURAL

A lonxitude da rede de transporte e distribución de gas natural en Galicia en 1999 ascendeu 399,0 km, dos que 224,5 lle corresponden á rede de media presión A e 174,5 km á rede de media presión B. O uso deste tipo de enerxía é maioritariamente doméstico (o 79,3% das vendas totais de gas), o resto utilízase para o mercado industrial.

3.4 PRODUCTOS PETROLÍFEROS

Dos crus descargados no ámbito estatal, o 8,80% realízase en Galicia. Os produtos petrolíferos obtidos a partir do cru en Galicia representan o 9,00% do total. A produción predominante é de gasóleos (39,1%), seguida de gasolinas (22,40%) e fuel óleos (18,60%).

En canto ó consumo, cabe destaca-lo de gasóleos e fuel óleos, que representan un 8,3 e un 7,3% respectivamente, mentres que o consumo de queroseno e asfaltos é moi baixo, arredor do 0,9 e 0,02% respectivamente.

4 XENERALIDADES DO SECTOR TERMOELÉCTRICO

Unha planta de xeración de enerxía por combustibles fósiles ou central térmica é a instalación destinada a converter en enerxía eléctrica a enerxía química contida en combustibles fósiles (sólidos, líquidos ou gasosos), obtendo como subproductos calor disipado e residuos. Os combustibles fósiles poden ser de orixe animal ou vexetal. Os máis comúns son o carbón, o petróleo e o gas natural. Outros menos habituais son a turba, a lousa bituminosa, a biomasa (madeira), así como varios residuos ou subproductos como o gas procedente dos fornos de aceiro, o gas de fornos de coque, e os refugалlos de combustibles.

Denomínanse centrais termoeléctricas clásicas ou convencionais ás que producen enerxía eléctrica dos combustibles fósiles: carbón, fuel óleo ou gas. O apelativo de clásicas ou convencionais alude ó feito de que empregan combustibles fósiles tradicionais que foron a base das primeiras experiencias de produción de electricidade.

En España a produción térmica convencional situouse en 86.621 GWh no ano 2000, un 5,3% máis có ano anterior; esta cantidade representa un 49,1% da produción bruta anual de enerxía eléctrica. Dentro deste tipo de produción, as centrais que empregan como combustible principal carbóns autóctonos xeraron o 72,5% da produción térmica total (10,5% lignito negro, 16,5% lignito pardo e 45,5% hulla e antracita); as de carbón importado contribuíron co 15,7%; e as de fuel gas, co restante 11,8%. En varias centrais con carbón autóctono como combustible principal utilízase, a miúdo, carbón importado e fuel como apoio, polo que, tendo en conta a cantidade real de combustible usado en cada central, as porcentaxes corresponden a un 42,9% de carbóns autóctonos, 43,5% de carbón importado e 13,6% de fuel gas. Na figura seguinte amósanse estes resultados.

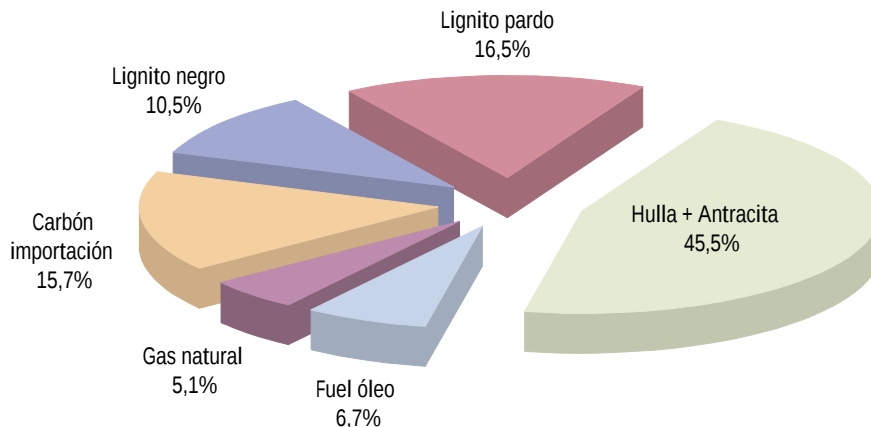


Figura 4.1. Producción térmica por tecnoloxía no Sistema Peninsular.

En Galicia a produción térmica convencional cunha potencia superior a 50 MW confórmana tres centrais térmicas:

1. Central Térmica das Pontes, pertencente a Endesa, que emprega como combustible principal o lignito pardo, procedente da mina adxacente á central.
2. Central Térmica de Meirama, pertencente ó grupo UNIÓN FENOSA Generación, que usa como combustible principal o lignito pardo da mina adxacente de LIMEISA.
3. Central Térmica de Sabón, situada no polígono industrial de Sabón, pertencente ó grupo UNIÓN FENOSA Generación, que utiliza como combustible fuel proporcionado pola refinería situada no polígono industrial da Grela-Bens.

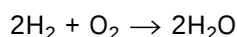
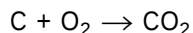
As dúas centrais térmicas de carbón (As Pontes e Meirama) empregan habitualmente carbón de importación, atendendo a necesidades medioambientais.

Cómpre aclarar que neste documento se fai referencia soamente ás centrais termoeléctricas clásicas que utilizan combustibles sólidos ou líquidos para a xeración de enerxía eléctrica incluídas no grupo das grandes instalacións de combustión (GIC), é dicir, cunha potencia superior a 50 MW térmicos. Non se teñen en conta aquelas plantas que utilizan como combustibles, gas, residuos ou biomasa

5 PROCESO TECNOLÓXICO PRODUCTIVO

A combustión pódese definir como unha combinación química rápida de osíxeno cos elementos combustibles do combustible. Os tres elementos químicos combustibles relevantes son o carbón, o hidróxeno e o xofre. A significación do xofre como fonte de calor é menor cá das outras dúas.

O carbón e o hidróxeno, cando se queiman xunto co osíxeno, trans fórmanse en CO_2 e H_2O , de acordo coas reaccións seguintes:



A fonte de osíxeno é o aire, normalmente. Estas reaccións de combustión son exotérmicas e producen unha cantidade de calor aproximada de 32.800 kJ por kg de carbono queimado e 142.700 kJ por kg de hidróxeno queimado.

O obxectivo dunha boa combustión é crea-la maior cantidade de calor posible minimizando as perdas de combustión debidas á reacción do combustible co osíxeno.

Pódese dicir que as plantas de xeración de vapor, baseadas nun primeiro ciclo de vapor termodinámico proposto por W. J. M. Rankine en 1908, que sufriu evolucións e melloras incrementando a complexidade, consisten en catro pasos esenciais:

1. A auga bombéase a alta presión á caldeira.
2. A auga quéntase por combustión do combustible fósil para producir vapor a elevada temperatura e presión (vapor sobrequeentado).
3. O vapor circula a unha turbina e prodúcese a súa expansión, xerando a enerxía mecánica necesaria para facer xira-lo seu eixe e o rotor do alternador, o cal induce no estátor unha corrente eléctrica debido ó campo magnético asociado.
4. O gas de expulsión da turbina condénsase usando auga de refrigeración procedente dunha fonte externa para eliminar a calor

rexeitada no proceso de condensación. A auga condensada vólvese a bombear á caldeira para repeti-lo ciclo.

Polo tanto, nunha central térmica, a misión do elemento principal chamado xerador de vapor ou caldeira é quenta-la auga líquida, vaporizala e sobrequentala.

5.1 TIPOS DE CALDEIRAS

As caldeiras, en función do sistema impulsor, poden ser de circulación natural e de circulación forzada nun solo paso, tamén chamadas caldeiras Benson.

Na figura seguinte amósase un esquema coas diferencias máis importantes entre a circulación natural e a circulación forzada nun solo paso.

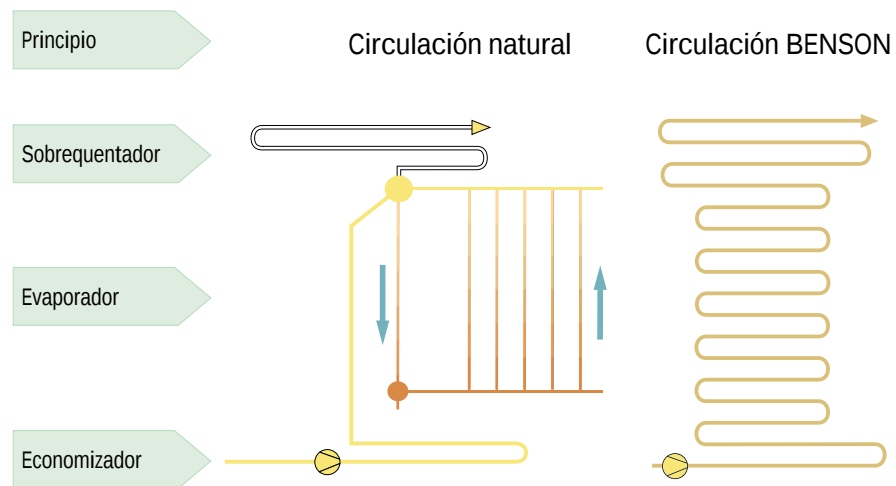


Figura 5.1. Comparación entre a circulación natural e a forzada en circuito simple.

Nos xeradores de vapor de circulación natural aprovéitanse as diferencias de densidades entre o vapor e a auga para xera-lo transporte. Desta forma evítase a utilización de bombas de alta presión.

Nos xeradores de vapor de circulación forzada úsanse bombas que impulsan o fluído por unha serie de tubos dispostos en paralelo.

5.1.1 COMPOÑENTES DA CALDEIRA

A caldeira ou xerador de vapor é unha combinación do economizador, evaporador, sobrequentador e requentador. A continuación descríbense brevemente.

Economizador

Seguindo o circuíto auga/vapor, a auga de alimentación quéntase no economizador ata unha temperatura 10 °C inferior ó punto de saturación. É o primeiro intercambiador de calor da caldeira e aproveita a calor procedente do gas de combustión de baixa temperatura da saída da caldeira.

Evaporador

Na cámara de combustión, a enerxía química do combustible transfírese a través da caldeira e das paredes do intercambiador cara ó circuíto auga/vapor. A auga quente evapórase entón no evaporador da caldeira a vapor saturado ou sobrequentado, dependendo das condicións. Normalmente os tubos do evaporador constitúen as paredes da cámara de combustión e están aliñados en vertical ou en espiral.

Sobrequentador

Utiliza a área de maior temperatura do gas da caldeira para aumentala temperatura do vapor producido e levalo a vapor sobrequentado. O vapor sobrequentado ten unha temperatura significativamente por enriba da temperatura de condensación.

Requentador

O vapor requéntase mediante gas de combustión nos sistemas de requentamento para conseguir maior eficiencia no corpo de media presión da turbina.

5.1.2 TURBINA DE VAPOR

A turbina é un motor rotativo que aproveita o poder calorífico do vapor para producir enerxía mecánica a partir da expansión do vapor a elevada presión procedente da caldeira.

A turbina está dividida en distintas seccións chamadas tobeiras, co mesmo eixe común, pero distintos tamaños de eixe e diámetro de paso. Este vai aumentando a medida que o vapor vai cedendo o seu contido enerxético, para poder aproveitar mellor a súa enerxía.

Debido á perda de enerxía (diminución da temperatura e presión) da corrente de vapor nas primeiras etapas da turbina, extráese parte deste e faise pasar polo requentador co fin de aumentala súa temperatura e, consecuentemente, o seu contido enerxético.

A eficiencia térmica da turbina depende directamente do salto entálpico que se produza, sendo a variación de entalpía tanto máis elevada canto maior é a diferenza de temperatura entre a entrada e a saída da turbina.

5.1.3 CONDENSADOR

Aproximadamente o 50% da calor de entrada á caldeira rexéitase como calor residual no condensador, onde ten lugar o arrefriamento e a condensación dos vapores residuais de baixa presión que proceden da turbina. Para levar a cabo este proceso, faise circular auga fría polo interior de feixes de tubos metálicos, exteriormente incididos polo vapor, e sitúase o conxunto nun recinto estanco. No fondo recóllese o condensado ou auga quente, que se devolve ó ciclo, alimentando o economizador.

5.1.4 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Nas centrais térmicas dispónse dun sistema de refrigeración para a auga da central, xa que o rendemento dunha máquina térmica se ve favorecido por unha diminución da temperatura do seu foco frío.

O sistema de auga de refrigeración pode actuar en circuíto aberto ou pechado, dependendo fundamentalmente de que o vertido térmico, sexa a un río, a un encoro ou ó mar, produza ou non un incremento de temperatura superior a 3 °C, en ríos salmoeiros, ou 4 °C en ríos ciprinícolas. Cando o vertido é ó mar, non se adoita operar en circuíto pechado debido á súa gran capacidade de difusión.

5.2 TÉCNICAS DE COMBUSTIÓN PARA CARBÓN E LIGNITO

Para producir vapor en GIC utilízanse diferentes técnicas de combustión dos combustibles sólidos, como se indica na táboa seguinte:

Técnica	Sistema de activación
Caldeira convencional de combustible pulverizado	De escouras pulverulentas De escouras fundidas
Caldeira de leito fluído	BFBC (combustión en leito fluído de burbulleo) CFBC (combustión en leito fluído circulante)
Caldeira de grella	Grella

A caldeira de escouras fundidas non se usa no caso das GIC nas que o combustible é o lignito.

A maior parte das caldeiras europeas son de escouras pulverulentas, seguidas das de escouras fundidas. As caldeiras de combustión en leito fluído soamente representan o 2%. A continuación explícanse brevemente.

Caldeira de escouras pulverulentas

Utiliza temperaturas menores cá temperatura de fusión da cinza cerca das paredes da cámara ou dos intercambiadores de calor. Normalmente a temperatura central da chama é superior ó punto de

fusión das partículas de cinza. Do 10 ó 20% das cinzas transfírense á parte inferior seca e extráense como escouras de cinceiro. O resto transpórtase co gas de combustión e elimínase nos sistemas de recepción de partículas.

Caldeira de escouras fundidas

Utilízanse temperaturas de combustión maiores có punto de fusión das cinzas. Os fornos necesitan un revestimento cerámico especial para resistir as temperaturas de fundición das cinzas e o ataque químico debido a isto. Transpórtase gran cantidade de cinzas cara ás paredes, que, posteriormente, escorregan por elas en estado líquido ata a saída da caldeira. As cinzas voantes pódense recircular na cámara de combustión para producir escouras como subproduto, en vez de cinzas voantes.

Combustión en leito fluído (FBC)

As partículas do leito, incluído o combustible (1% do material do leito), po e adsorbentes, fluidízanse facendo circular aire ascendente nun forno, que se usa para queimar combustible a temperaturas comprendidas entre 800 e 900 °C e presión atmosférica. Este rango é o óptimo para eliminar SO₂ coa pedra calcaria e dolomita presente no material do leito. Polo tanto, non é necesario o tratamento posterior de desulfuración; ademais, esta temperatura tan baixa prevén a formación do NO_x térmico producido.

En función das condicións de operación, pódense distinguir dous tipos principais:

- Operación a presión atmosférica (AFBC). É a máis estendida actualmente.
- Leitos presurizados (PFBC). Esta tecnoloxía está en desenvolvemento e, aínda que xa se está utilizando, considérase dentro das tecnoloxías emerxentes. Na figura seguinte amósase o esquema dos leitos fluídos a presión.

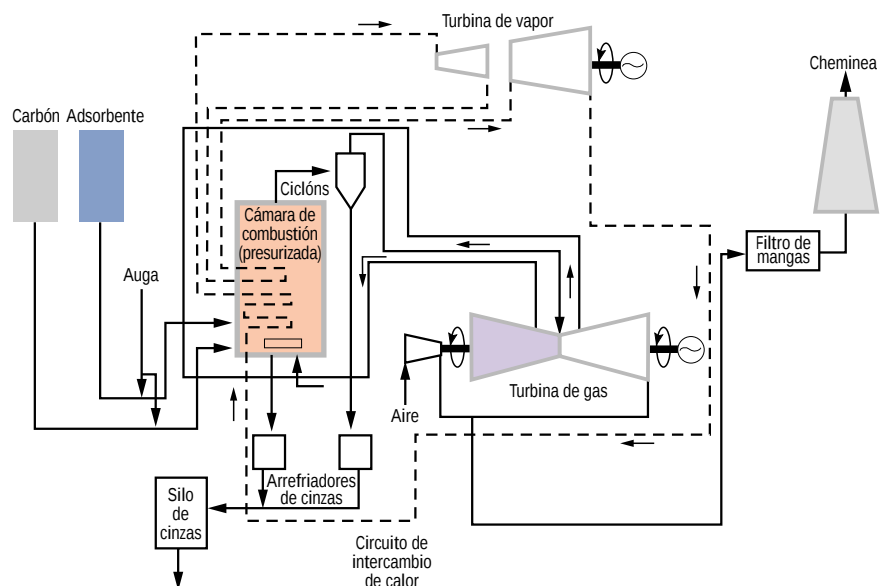


Figura 5.2. Sistema de combustión por leito fluído a presión.

No que se refire ó tipo de leito, pódense distinguir dous tipos de deseños nesta tecnoloxía:

- Combustión en leito fluído circulante (CFBC). O aire introdúcese na parte inferior do forno, parte como aire primario e parte como secundario. A velocidade é o suficientemente elevada como para transporta-los sólidos do leito ó seu través, cubrindo completamente a cámara de combustión. Os gases quentes de combustión transportan as partículas ata a parte superior dos sistemas de combustión e de ahí ós ciclóns onde se separan e se recirculan á parte inferior da cámara de combustión principal. Co fin de elimina-lo SO_2 , engádese ó leito pedra calcaria ou dolomita.

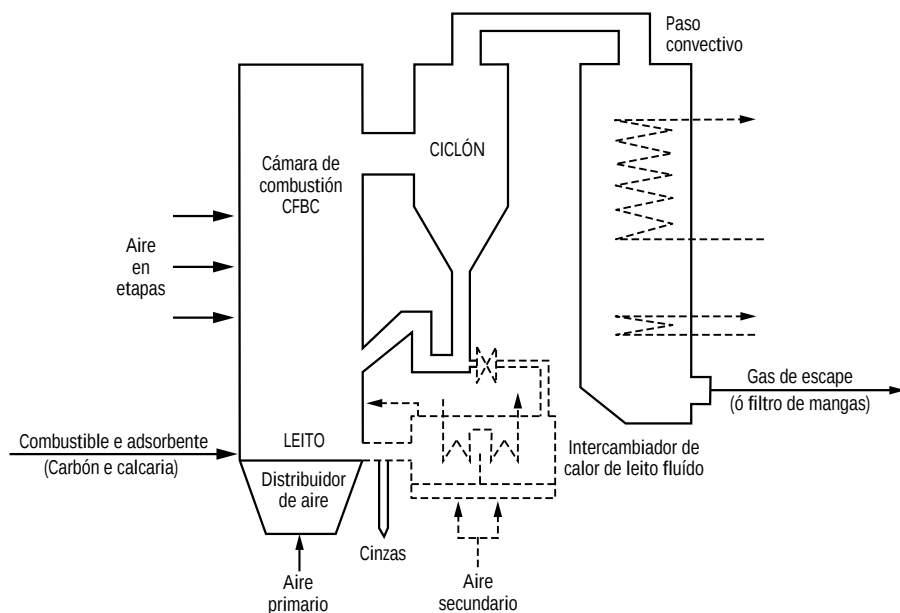


Figura 5.3. Cámara de combustión de leito fluído circulante (CFBC)

• Combustión en leito fluído de burbulleo (BFBC). O leito está construído con material inerte que contén moi pouca cantidade de combustible e tende a burbullar debido á velocidade de fluidización do aire reducida. Pero neste caso a eficiencia da combustión é menor e a adsorción de xofre pola calcaria é menos eficiente.

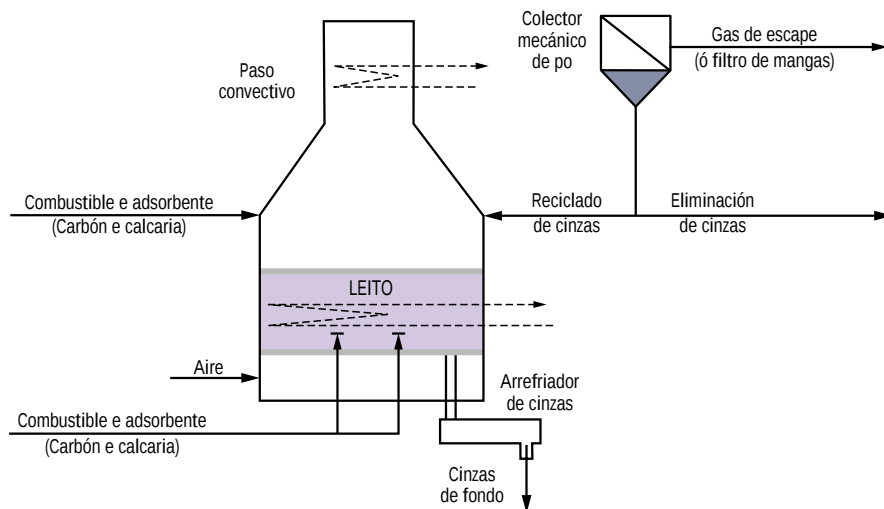


Figura 5.4. Cámara de combustión de leito fluído de burbulleo (BFBC)

Combustión en caldeira de grella (GF)

Nos sistemas de combustión baseados en caldeiras de grella, os combustibles sólidos quéimanse no sistema de grella facendo pasar aire a través del. Estes sistemas traballan cunha reserva de combustible estacionaria na cámara de combustión, que debe queimarse completamente con exceso de osíxeno. É unha tecnoloxía soamente aplicada a pequenas plantas de combustión de carbón.

5.3 TÉCNICAS DE COMBUSTIÓN PARA COMBUSTIBLES LÍQUIDOS

Os combustibles líquidos pesados consisten en mesturas de hidrocarburos con diferentes puntos de ebulición. Cando se someten a baixas temperaturas nunha atmosfera de combustión, prodúcese destilación selectiva. As fraccións lixeiras evapóranse formando burbullas que causan dilatación e destrucción das gotas, de maneira que se pode

provocar un cambio na composición do combustible. Isto chámase evaporación disruptiva. Un maior incremento da temperatura do combustible a temperaturas próximas ó punto de ebulición pode dar como resultado a descomposición térmica ou pirólise, dando lugar á formación de residuos como coque, chamados cenosferas.

Pódense distinguir as seguintes etapas na combustión:

- Emisión de volátiles.
- Ignición.
- Formación de coque.
- Estructuración e extinción do coque.

Os queimadores utilizados nas caldeiras convencionais de combustión de combustibles líquidos son similares ós utilizados no caso do carbón, e son os seguintes:

- Frontal.
- Tanxencial.
- Leito fluído. Neste caso o fuel óleo úsase suplementariamente ó carbón.

As caldeiras para a combustión de combustibles líquidos, como no caso do fuel óleo, son moi similares a aquelas empregadas para a combustión do carbón. No caso dos combustibles líquidos, ademais das caldeiras convencionais, utilízanse tamén turbinas de gas e motores diesel. Estes dous tipos de tecnoloxías adicionais explícanse de seguido.

Motores diesel

O principio do motor diesel consiste en realiza-la combustión da mestura gasosa hidrocarburo-aire para transforma-la enerxía potencial do combustible en enerxía mecánica. A combustión produce calor, que se transforma en traballo para mover un pistón. A acción do pistón na biela transforma o movemento rectilíneo do pistón en movemento rotacional do cegoñal.

Os motores diesel utilízanse cunha combustión de ignición por compresión. O líquido inxéctase no cilindro ó final do percorrido de compresión baixo a forma de finas gotas que se vaporizan e inflaman. Os produtos pesados do fuel óleo teñen un número de cetano ou un índice de aromaticidade de carbón calculado que permite que se queime.

A combustión realízase parcialmente a volume constante con incremento da presión e, na súa maior parte, a presión constante. A combustión non é continua, ten lugar só nunha parte do ciclo.

O ciclo diesel pode ser de “2 percorridos” ou de “4 percorridos”. O ciclo de 2 percorridos úsase en motores lentos; pódese dividir nas seguintes etapas:

1. Admisión-compresión-ignición.
2. Combustión-impulsión-expulsión.

O ciclo de 4 percorridos utilízase para motores rápidos ou medios e divídese da seguinte forma:

1. Compresión e ignición.
2. Combustión e impulsión/expulsión.
3. Expulsión de gases queimados.
4. Admisión/carga.

Os motores de 4 percorridos dispoñibles no mercado producen unha saída de electricidade máxima de 20-25 MW, mentres que os de 2 percorridos chegan a 50 MW.

Turbinas de gas

O aire do ambiente faise entrar mediante un compresor axial baixo presión nas cámaras de combustión onde están conectados os inxectores do combustible. Durante a reacción de combustión, a temperatura do gas auméntase, entre 1.000 e 1.350 °C, antes de ser introducido na turbina. Os gases quentes despresurízanse na turbina, de xeito que accionan o compresor e o alternador xerando electricidade. En ciclo aberto, os gases de combustión elimínanse á atmosfera a unha temperatura maior de 450 °C. A eficiencia térmica está entre 30 e 40%.

5.4 CENTRO PRODUCTOR DE ENDESA NAS PONTES

A Central Térmica de Endesa está situada no municipio das Pontes de García Rodríguez, ó nordeste da provincia da Coruña, moi próximo ó límite con Lugo, nun amplo val sucado polo río Eume e os seus afluentes.



Figura 5.5. Central térmica de Endesa nas Pontes

A central térmica está integrada nun complexo mineiro-eléctrico do que forman parte unha mina de lignitos a ceo aberto, unha central térmica e dúas centrais hidráulicas, a da Ribeira e a do Eume, un dos centros máis importantes dentro do sector enerxético do país, por volume de produción e número de empregados.

O xacemento mineiro ten aproximadamente unha superficie de 15 km², encaixado en rochas da era paleozoica, formadas principalmente por xistos e cuarcitas. O recheo da cunca corresponde á era terciaria, e pódense diferenciar seis tipos litolóxicos principais: lignito, arxila, arxila carbonosa, area, marga arxilosa e conglomerado base. Diferéncianse tres tipos de lignitos: lignito pardo común, lignito xiloide (estrutura vexetal) e lignito piropisítico (constituído principalmente por resinas).

A central térmica ten unha potencia instalada de 1.400 MW, composta por catro unidades iguais de 350 MW cada unha, que funcionan de forma independente. O encaixe dos catro grupos produciuse entre 1976 e 1979, ó ritmo dun grupo por ano.

A Central Hidráulica da Ribeira regula o abastecemento de auga do río Eume para refrixera-los grupos da central térmica, mentres que a presa do Eume ten como función o aproveitamento hidroeléctrico na central do mesmo nome.

As características xerais preséntanse na táboa seguinte, cos datos correspondentes ó ano 2000.

Características xerais da central

Características	Grupo I	Grupo II	Grupo III	Grupo IV
Potencia (MW)	350	350	350	350
Ano de posta en servicio	1975	1976	1977	1978
Funcionamento (horas/ano)	8.132	7.254	7.887	6.834
Combustible actual	Lignito/ Subbituminoso	Lignito/ Subbituminoso	Lignito/ Subbituminoso	Lignito/ Subbituminoso
Consumo anual combustible (t)	2.268.957	2.046.544	2.207.673	1.922.171

A continuación amósase o esquema de funcionamento da central térmica, que se explica máis detalladamente despois.

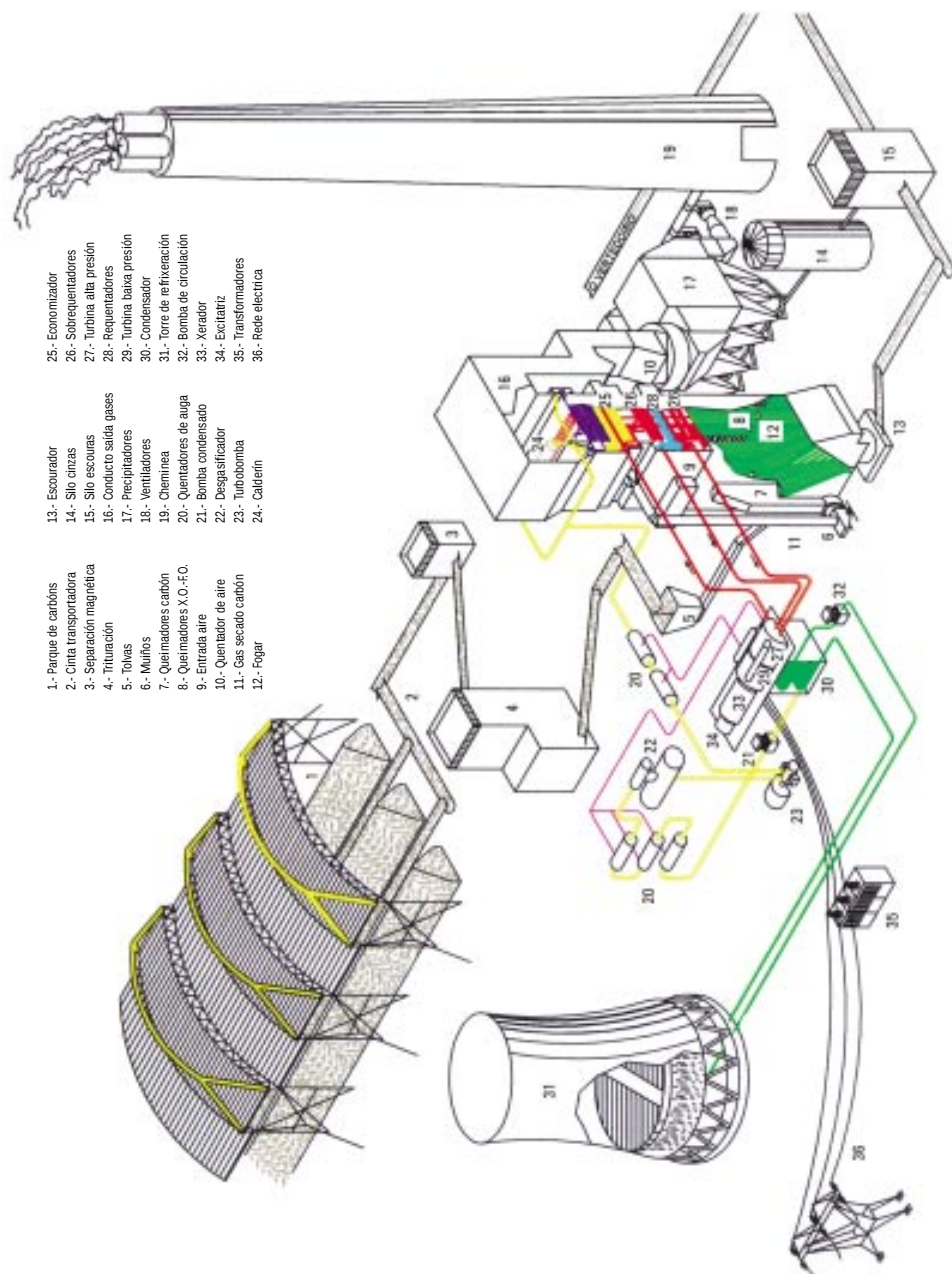


Figura 5.6. Esquema de funcionamento do complexo eléctrico das Pontes de García Rodríguez.

5.4.1 MATERIAS PRIMAS

O combustible básico utilizado na central térmica está composto por unha mestura ó 50% de enerxía de lignito local procedente da mina e carbón de importación. As características do combustible empregado reflíctense na táboa seguinte, que presenta os datos correspondentes ó carbón consumido no ano 2000.

Características do combustible

Parámetro	Porcentaxe en peso
Humidade	34,02
Cinzas	20,54
Carbono	30,27
Hidróxeno	2,41
Nitróxeno	0,48
Xofre	1,73
Osíxeno	10,55
Parámetro	kcal/kg
P. C. S. s/b	2.928
P. C. I. s/b	2.606

Este combustible é a materia prima principal para producir electricidade na central térmica. Sen embargo, existen outras materias primas secundarias e auxiliares que se usan no proceso. Na táboa seguinte enumérase e preséntase a cantidade anual consumida de tódalas materias primas utilizadas no proceso. Os datos son os correspondentes ó ano 2000.

Materias primas do proceso

Tipo	Nome	Consumo	Und.
Materias primas	Lignito	5.617.035	Toneladas
	Carbón subbituminoso de importación	2.828.310	Toneladas
Materias secundarias	Fuel óleo	9.801	Toneladas
	Gasóleo	4.481	Metros cúbicos
Materias auxiliares	Óxido cálcico	3.796.970	Quilogramos
	Hidróxido sódico	114.972	Quilogramos
	Ácido sulfúrico	51.390	Quilogramos
	Hipoclorito sódico	752.940	Quilogramos
	Consumo de auga	27,5	Hectómetros cúbicos
Consumos de enerxía eléctrica en servicios auxiliares e perdas por transformación no ano 2.000		514.494	MWh

A partir das materias primas enumeradas na táboa anterior, a cantidade de enerxía producida durante o mesmo período (ano 2000) foi de 10.537.396 MWh. A capacidade productiva da central é de 1.400 MW (12.297.600 MWh/ano), polo que o grao medio de utilización da capacidade productiva nese ano foi do 85,69%.

5.4.2 EQUIPOS PRINCIPAIS

Parque de carbóns

O carbón mestura procedente da mina transpórtase a través da cinta ata o parque de almacenamento de carbóns da central térmica. O parque de almacenamento ocupa unha superficie aproximada de 10 ha, nunha planta de 160 m de ancho por 592 m de lonxitude. Nel desenvólvense as seguintes operacións:

- Amoreado do carbón en parvas mediante dúas máquinas combinadas (amoreadoras-recolledoras) e unha máquina recolledora.
- Homoxeneización do carbón mediante o sistema de amoreado e recollida utilizado.
- Abastecemento do carbón ás tolvas da central por medio de cintas transportadoras en circuíto duplicado, previo paso por un sistema de separación magnética, trituración e cribado.

Co fin de evitar problemas de humectación e manexo do carbón, o parque dispón dunha cuberta construída de maneira que non interrompa a operación das máquinas, suspendida por dezaseis arcos de 160 m de luz e 30 m de frecha. Esta frecha, e mailos 30 m de altura que posúen os piares sobre os que se apoian, confírenlle ó parque a altura libre necesaria para a operación das amoreadoras-recolledoras.

Xerador de vapor

A caldeira é de circulación natural, de planta cadrada de 15 x 15 m², tipo torre, de 90 m de altura, e tiro equilibrado con dobre liña de ventiladores de tiro forzado e inducido.

Para o acendido da caldeira dispónse de 6 queimadores de F.O./G.O. A combustión do carbón organízase de forma tanxencial, mediante seis columnas de queimadores con catro niveis por columna. Cada columna de queimadores é alimentada por un muíño de roda batedora. O secado do carbón efectúase nos muíños, mediante a circulación de gases extraídos da zona alta do fogar.

Na parte alta da caldeira sitúase a zona de convección, composta por sobrequentador final, requentador final, sobrequentador primario e economizador.

No conducto de saída de gases está instalado o prequentador de aire e, por último, o precipitador, que retén as partículas sólidas transportadas polos gases de combustión cun rendemento do 99,75%. As escouras procedentes da combustión son extraídas polas grellas de poscombustión situadas na zona inferior da caldeira.

O xerador produce 1.091.000 kg de vapor por hora.

Turbina-condensador

A central térmica utiliza un ciclo térmico de Rankine rexenerativo con 6 extraccións. A turbina é de condensación de dous corpos. O primeiro alberga os cilindros de alta, intermedia e baixa-intermedia presión, e o segundo, de dobre fluxo, alberga o cilindro de baixa presión.

A parte de alta presión ten unha etapa Curtis e nove etapas de reacción. A parte de media presión está composta de dous corpos con cinco etapas de reacción cada unha, que reciben o fluxo de vapor en sentidos opostos.

A turbina de baixa presión é de dobre fluxo con circulación do vapor desde o centro cara ós extremos; está formada por dous corpos de seis etapas cada un.

A condensación do vapor de auga á saída da turbina de baixa presión realízase no condensador, mediante circulación de auga fría. A capacidade de condensación é de 730 toneladas de vapor por hora, para o que se necesitan 35.200 m³ de auga de refrixeración por hora.

Alternador-excitatriz

O eixe da turbina vai encaixado ó rotor do alternador que se refrixeira, o mesmo que o estátor, mediante hidróxeno.

Parque de transformación

Consta de dúas barras principais e dúas de transferencia colectoras da enerxía xerada polos catro grupos. Está conectado mediante liñas de 400 kV cos seguintes puntos de distribución: Parque de Montearenas (Ponferrada), Parque de Compostilla II (Cubillos do Sil), Parque de Mesón do Vento (Ordes). Tamén ten conexión co Parque do Complexo Alúmina-Aluminio en San Cibrao, co Parque “O Tesouro” da Mina e A Mourela (As Pontes).

Planta de tratamento de efluentes líquidos

Nesta planta trátase a auga de escorrentía que entra en contacto coas superficies da explotación mineira, eliminando os contidos sólidos e corrixindo a súa acidez. Ademais, trátanse tamén tódalas augas residuais procedentes da central térmica.

A planta está deseñada para tratar caudais que poden oscilar entre 0,45 e 30,00 m³/s, e rebaixa-lo contido en sólidos, en condicións extremas, ata máis de mil veces.

As lamas procedentes da decantación son bombeadas a un depósito de cinco millóns de metros cúbicos de capacidade, instalado nas inmediacións da planta, co obxecto de seren almacenadas nas axeitadas condicións medioambientais.

5.4.3 SISTEMAS PRINCIPAIS

Sistema de bombas de condensado

Este sistema está formado por dúas bombas de eixe vertical de tipo somerxido e etapas múltiples con impulsores tipo turbina. A súa capacidade é de 950 m³/h.

Sistema de auga de alimentación

Está integrado por tres bombas: unha bomba principal (turbobomba) accionada por unha turbina de vapor con capacidade para o 100% da carga, e dúas motobombas accionadas por un motor eléctrico cunha capacidade do 35% de carga cada unha para funcionamento de emerxencia. A turbobomba ten unha capacidade de 1.170 t/h, e a motobomba de 380 t/h.

Sistema de refrixeración

O sistema de refrixeración funciona en ciclo cerrado, cunha torre hiperbólica de tiro natural para cada grupo (catro torres). Á saída do condensador, a auga que aumentou a súa temperatura lévase ás torres de refrixeración e alí arrefríase facéndoa caer en forma de choiva e expoñéndoa á corrente de aire que se establece de forma natural polo seu interior. O vapor de auga que arrastra a corrente conforma o penacho característico destas torres. O caudal de auga de refrixeración por torre é de 38.000 m³/h, cun salto de temperatura de 23,90 a 34,80 °C. O abastecemento de auga para estas torres realízase desde unha presa de captación alimentada polo río Eume. A capacidade das bombas de circulación (dúas por grupo) é de 18.500 m³/h.

Sistema de abastecemento de aire e evacuación de gases

A caldeira é de tiro equilibrado, con dobre liña de ventiladores de tiro forzado (VTF, dúas unidades por caldeira) e de tiro inducido (VTI, dúas unidades por caldeira), cos seus correspondentes prequentadores e precipitador electrostático. O caudal de aire régulase con posición de comportas de aspiración dos VTF e variación de revolucións dos VTI. Existen tamén dous ventiladores de recirculación de gases (VRG, dúas unidades por caldeira) para controla-la temperatura nos muíños.

Os gases xerados pola combustión do carbón no interior da caldeira son impulsados polos VTI a través dun conducto vertical ata a súa emisión á atmosfera. Os conductos, un por grupo, van aloxados no interior

dunha cheminea troncocónica de 356 m de altura, 36,5 m de diámetro na base inferior e 18,9 m de diámetro na base superior.

O precipitador é de tipo electrostático, con chapas colectoras entre as que pasan arames emisores que crean un campo electrostático de alta tensión en continua. Está dividido en dúas metades, cada unha delas con tres seccións en serie. Baixo cada sección hai unhas tolvas de recollida de cinzas.

A capacidade do VTF é de 1.900.000 kg/h; o caudal de aire para o VRG é de 254.000 kg/h.

Evacuación de escouras e cinzas

Os residuos de carbón dan lugar á presenza de escouras na grella do fogar, cinzas grosas nas tolvas de caldeira e prequentador, e cinzas voantes recuperadas nos electrofiltros.

A extracción das escouras realízase de xeito continuo con grellas de poscombustión de tipo cinta transportadora metálica, que descargan a un cinceiro formado por unha balsa de auga que fai o cerramento hidráulico do fogar. Do cinceiro extráense por medio dun extractor de escouras e lévanse a un silo a través de cintas; posteriormente, evacúanse ó vertedoiro da mina.

A extracción de cinzas grosas realízase en distintos puntos do conducto de saída dos gases de caldeira, e a extracción das máis finas ten lugar no precipitador electrostático, depositándose en tolvas. Estas cinzas lévanse a un silo (hai un silo por grupo) mediante un sistema de extracción composto por aeroescorregadores con aire de arrastre. A evacuación dos silos faise mediante humectadoras con descarga a cintas.

Existe un parque de emerxencia (punto k) para almacenar escouras e cinzas, empregado cando está indispoñible a cinta da mina que transporta os residuos ó vertedoiro.

Sistema de control

O sistema de control orixinal da central mellorouse coa incorporación de reguladores electrónicos e autómatas programables, constituíndo o actual sistema de control coordinado turbina-caldeira-by-pass.

Os lazos principais de control son:

- Control coordinado turbina-caldeira, que regula a presión da caldeira e a carga do alternador.
- Control de combustión, que regula a relación comburente-combustible mediante analizadores de osíxeno en gases.
- Control da auga de alimentación achegada o calderín, mantendo o nivel desta.
- Control de presión do fogar.
- Control de atemperacións do vapor para axustar as temperaturas do vapor sobrequentado e requentado ás condicións de deseño.
- Control de by-pass de caldeira e turbina, cunha capacidade do 25% do caudal total de vapor.

Planta de auga desmineralizada

Ten como finalidade producir auga de reposición para o ciclo auga-vapor en condicións de alta pureza (conductividade $< 0,06 \mu\text{S/cm}$).

As características máis importantes da planta son as seguintes:

- Sistema de clasificación cunha capacidade de $200 \text{ m}^3/\text{h}$.
- Sistema de ozonización para eliminar materia orgánica.
- Sistema de filtración.
- Catro cadeas de desmineralización, formadas por un aniión forte, catión forte e leite mixto, cunha capacidade de $35 \text{ m}^3/\text{h}$ en tres das cadeas e $50 \text{ m}^3/\text{h}$ na outra. Dúas das cadeas aniión-catión funcionan con rexeneración en corrente directa, e as outras dúas, en contracorrente.
- Alto grao de automatización.

5.5 CENTRO PRODUCTOR DE UNIÓN FENOSA EN MEIRAMA

A Central Térmica de Meirama, pertencente ó grupo UNIÓN FENOSA Generación, está situada no municipio de Cerceda, no límite cos concellos de Carral e Ordes, a 31 km ó sudoeste da Coruña.



Figura 5.8. Central Térmica de UNIÓN FENOSA en Meirama

A superficie que ocupa é de 42 ha e a súa altitude media é de 412 m sobre o nivel do mar; o lugar foi elixido debido á súa proximidade ó xacemento de lignitos pardos situado no val de Meirama.

O xacemento mineiro ten forma rectangular de 3 km por 400 m de anchura e unha profundidade de ata 300 m, co seu eixe coincidindo co val en dirección NW. O xacemento é explotado por Lignitos de Meirama, S.A. (LIMEISA), filial da propiedade da central.

A central térmica ten unha potencia instalada de 563 MW, composta por un só grupo. As características xerais preséntanse na táboa seguinte, cos datos correspondentes ó ano 2000.

Características xerais da central

Características	Grupo único
Potencia (MW)	563
Ano de posta en servicio	1980
Combustible actual	Lignito pardo (*) Hulla importada
Combustible 2004	Carbón importado

(*) Ata o ano 2003/2004. Proxecto de transformación a carbón importado en desenvolvemento

Na figura seguinte amósase o esquema de funcionamento do complexo, que se explica máis detalladamente a continuación.

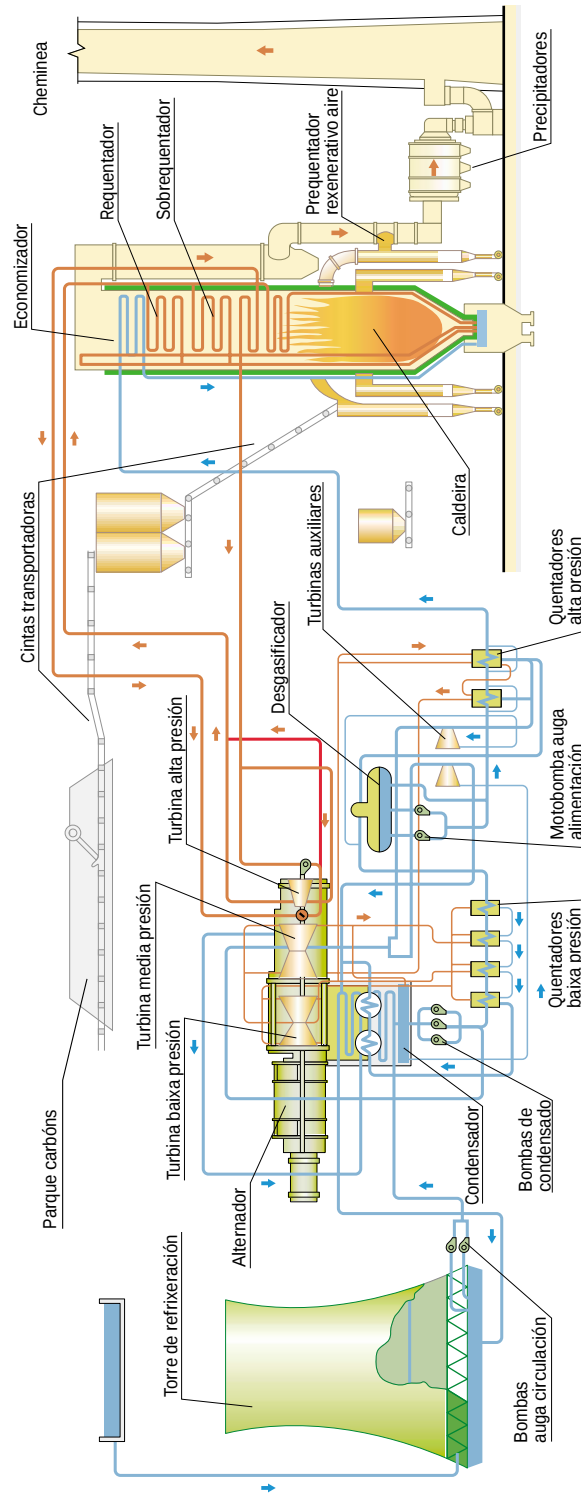


Figura 5.9. Esquema termodinámico de funcionamento do centro produtor de Meirama.

5.5.1 MATERIAS PRIMAS

O combustible básico utilizado na central térmica está composto dunha mestura de lignito pardo local procedente da mina e hulla de importación.

As características do lignito procedente do xacemento son as seguintes:

Parámetro	Porcentaxe en peso
Humidade	50,00
Cinzas	9,24
Carbono	27,02
Hidróxeno	1,02
Nitróxeno	0,29
Xofre	1,30
Osíxeno	9,27
Parámetro	kcal/kg
P. C. S. s/b	2.098
P. C. I. s/b	1.735

Este combustible é a materia prima principal, xunto con hullas de importación, para producir electricidade na central térmica. Sen embargo, existen outras materias primas secundarias e auxiliares que se utilizan no proceso. Na táboa seguinte enumérase e preséntase a cantidade anual consumida de tódalas materias primas empregadas no proceso. Os datos son os correspondentes ó ano 2000.

Tipo	Nome	Consumo	Und.
Materias primas	Lignito	2.785.139	Toneladas
	Hulla subbituminosa de importación	465.176	Toneladas
	Hulla de importación	354.009	Toneladas
Materias secundarias	Fuel óleo	4.858	Toneladas
	Gasóleo C	203.971	Litros
Materias auxiliares	Hidracina ó 15%	3.000	Quilogramos
	Amoníaco	9.000	Quilogramos
	Ácido sulfúrico	54.140	Quilogramos
	Hidróxido sódico	98.020	Quilogramos
	Hipoclorito sódico	311.460	Quilogramos
	Consumo de agua	6,4	Hectómetros cúbicos
Consumos de enerxía eléctrica en servicios auxiliares e perdas por transformación no ano 2.000		152.365	MWh

A capacidade productiva da central é de 4.869 GWh netos. A partir das materias primas enumeradas na táboa anterior, a cantidade de enerxía producida durante o mesmo período (ano 2000) foi unha media do 73% da capacidade productiva.

5.5.2 EQUIPOS PRINCIPAIS

Parque de carbóns

A Central Térmica de Meirama non dispón de almacén de lignito e aliméntase directamente do parque de almacenamento de lignitos de LIMEISA. Para iso utiliza unha cinta transportadora que conduce o lignito desde o parque de LIMEISA á sección de combustión.

Complementaria á cinta transportadora que vai desde o parque de almacenamento de LIMEISA á sección de combustión existe unha tolva de recollida que descarga na cinta transportadora, de xeito que permite engadir hulla ou calquera outro tipo de combustible sólido.

Xerador de vapor

A caldeira é de circulación forzada tipo Benson, de paredes acuotubulares, fogar equilibrado e requeamento intermedio. Ten forma de torre e as paredes da cámara de combustión están formadas por tubos enrolados en forma espiral ata chegar á zona dos sobrequeadores e requeadores, onde os tubos se fan verticais.

A auga de alimentación entra na caldeira a través do economizador, situado na zona máis elevada do tiro de caldeira; logo baixa á parte inferior do fogar e inicia un percorrido ascendente a través dos tubos enrolados en espiral que constitúen as paredes do fogar, onde se produce un queamento á temperatura de evaporación. Posteriormente, o vapor diríxese ós separadores de humidade, nos que se produce a separación da mestura auga-vapor, e, de aquí, ó sobrequeador primario situado na zona de convección e ó sobrequeador final que está na zona de radiación.

O vapor sae do sobrequeador final á presión e temperatura de servizo cara á turbina, onde se expande e regresa outra vez á caldeira

para elevar novamente a súa temperatura nos requeentadores situados na zona de convección e radiación respectivamente; entre eles existen atemperadores de emerxencia, xa que a temperatura final do vapor requeentado se controla por recirculación de gases.

Turbina-condensador

A turbina é de condensación de catro corpos, con dous corpos de baixa presión e o de presión intermedia de dobre fluxo, dispostos en 'tandem-compound' e cilindros de dobre envolvente. Utiliza vapor sobrequeentado nun ciclo rexenerativo con sete etapas de requeentamento intermedio; o vapor sobrequeentado procedente da caldeira chega ás válvulas de parada e regulación, e pasa ó corpo de alta presión, expándese e a maior parte regresa á caldeira, onde se eleva a súa temperatura, e volve á turbina para continua-la súa expansión nos corpos de media e baixa presión, estes últimos conectados directamente ó condensador.

Hai catro válvulas de parada e control do vapor principal, situadas por parellas a ámbolos lados do corpo de alta presión e outras catro de parada e interceptación do vapor requeentado, situadas de idéntica forma no corpo de posición intermedia.

A turbina consta dunha etapa de acción e o resto de reacción. O corpo de alta presión está formado por quince etapas de escalas; a primeira é a de acción, e as catorce restantes, de reacción; o corpo de presión intermedia está formado por dous grupos de catorce escalas de reacción; e cada un dos corpos de baixa presión, por dous grupos de cinco escalas de reacción.

Alternador-excitatriz

O eixe da turbina vai axustado ó rotor do alternador que se refrixe-ra, o mesmo có estátor, mediante hidróxeno e auga.

Parque de transformación

O parque de transformación está previsto para a conexión á rede de 220 kV de Unión Eléctrica Fenosa, S.A. e fornecemento de enerxía a 20 kV á mina que abastece a central.

O parque de 220 kV está formado por dúas barras, unha principal e outra de transferencia e nove módulos, un deles de encaixe.

Planta de tratamento de efluentes líquidos

Existen dous sistemas de tratamento principais:

- Sistema de neutralización de drenaxes.
- Planta depuradora de auga de escorrentía.

Ademais, tamén existe unha planta de tratamento de augas negras e un separador API para o tratamento de augas que poidan arrastrar aceites.

O sistema de neutralización de drenaxes recibe os efluentes da central que presentan un pH ácido ou básico, ou que arrastran os sólidos en suspensión. Unha vez tratados no sistema, estes efluentes condúcense á piscina de abastecemento ó desescourador, que tamén recibe a purga da torre de refrixeración. Unha parte da auga que chega á piscina reutilízase na central para a refrixeración do desescourador e a humectación de cinzas. A auga sobrante pasa por rebordo a un colector xeral. Previa a este colector está instalada unha balsa de salvagarda tralo separador API como elemento de seguridade ante posibles anomalías das características do efluente.

O destino final dos vertidos é a depuradora de LIMEISA.

5.5.3 SISTEMAS PRINCIPAIS

Sistema de condensación e auga de alimentación

O vapor de escape procedente dos corpos de baixa presión da turbina pasa directamente ó condensador e bombéase en estado líquido desde o pozo quente a través do sistema de purificación de condensa-

do, condensador extractor do vapor selado, arrefriador de drenaxes e quentadores de baixa presión ata chegar ó desgasificador. A auga procedente do tanque de almacenamento do desgasificador bombéase por medio das bombas de auga de alimentación da caldeira a través dos quentadores de alta presión ata o economizador.

O vapor de calefacción extráese dos corpos de baixa presión da turbina para os quentadores do corpo de presión intermedia para o desgasificador e do escape do cilindro de alta presión para un dos quentadores; a drenaxe da auga procedente do vapor condensado faise en cascada desde cada quentador ó inmediatamente anterior e, finalmente, ó condensador.

O condensador é de dúas carcacas independentes, de simple paso de auga e dúas presións, tubos horizontais e fluxo de vapor radial; leva no colo dous quentadores e está unido á turbina por xuntas de expansión de goma protexidas do vapor por placas de aceiro inoxidable. A extracción dos incondensables realízase mediante tres bombas de baleiro de anel líquido.

A auga de alimentación faise circular a través dos quentadores de alta presión e da caldeira mediante dúas bombas principais accionadas por turbinas de vapor con capacidade do 50% da plena carga da caldeira, e unha terceira de emerxencia, de igual capacidade, accionada por un motor eléctrico.

Sistema de refrixeración

A calor residual da central elimínase mediante unha torre de refrixeración de tiro natural construída en formigón armado monolítico; a torre leva recheo de placas lisas de fibrocemento e sistema de separación de gotas para diminuí-las perdas de auga.

A auga fría da torre impúlsase ó condensador mediante dúas bombas verticais de fluxo mixto e descarga concéntrica; os tramos principais dos tubos de impulsión e retorno son de formigón con alma de chapa de aceiro.

Sistema de achega de aire e evacuación de gases

O aire necesario para a combustión aspírase desde a intemperie por dous ventiladores axiais de tiro forzado que o impulsan a través de dous prequentadores de aire rexenerativos, onde se absorbe calor dos gases de combustión que abandonan a caldeira e que van cara ós dous precipitadores electrostáticos. Para vencer as resistencias no percorrido de fumes, a continuación dos precipitadores hai dous ventiladores axiais de tiro inducido.

Os fumes de recirculación para regularizala temperatura de vapor requeitado extraíense antes de entraren nos ventiladores de tiro inducido e impúlsanse mediante dous ventiladores radiais á cámara de combustión.

A cheminea é de 200 m de altura e consta dun fuste exterior de formigón e un conducto interior de ladrillo refractario antiácido, entre os que se deixou unha cámara visitable. A velocidade de saída dos gases é elevada para melloralasobreelevación do penacho, e existen orificios para monitores automáticos de medida de diferentes parámetros.

Dispón de dous conductos denominados conducto leste e oeste; cada un deles ten un diámetro de 6*8 m, e ambos dispoñen de orificio de medida a unha altura de 12 m. Estes conductos desembocan na cheminea.

Evacuación de escouras e cinzas

As escouras extraíense de forma continua dos cinceiros das caldeiras mediante un cinceiro inclinado vibratorio onde se queiman os últimos residuos. Caen nunha tolva despois de apagalas cun spray situado ó final do cinceiro.

Para facilitalo transporte das escouras ó final do cinceiro, hai instalado un triturador de rodets co obxecto de reducilas escouras a un tamaño inferior a 100 mm. As escouras saen do triturador e caen sobre unha cinta transportadora que as conduce a un silo de escouras. Á saída deste silo únense ás cinzas para seren transportadas ó vertedoiro por medio dunha cinta xeral de evacuación de escouras e cinzas.

O sistema de extracción de cinzas ten funcionamento continuo ata os silos. As cinzas das tolvas do precipitador e prequentador extráense de forma continua por medio dun sistema pneumático, que elimina o problema dun almacenamento longo nas tolvas, o que podería dar orixe a cementación das cinzas. A extracción de cinzas das tolvas realízase secuencialmente mediante aeroescorregadores que transportan as cinzas a dous elevadores pneumáticos situados ó pé de cada silo de cinzas.

Sistema de control

O sistema de control orixinal da central mellorouse coa incorporación de reguladores electrónicos e autómatas programables.

Os lazos principais de control son:

- Control coordinado turbina-caldeira, que regula a presión da caldeira e a carga do alternador.
- Control da turbina.
- Control da caldeira.
- Control de arranque da turbina.
- Control de by-pass da turbina.
- Outros controis do ciclo.

Tratamento de augas para a súa utilización. Planta de desmineralización

Para a operación da central requírese auga de diferentes calidades. A auga procede dunha presa de captación de auga no río Beduíno, que une o encoro creado por esta presa a través dunha conducción forzada co encoro de regularización de auga e o seu grupo de bombeo.

Hai tres calidades de auga:

- Auga filtrada para abastece-los sistemas de refrixeración e contraincendios.
- Auga desmineralizada utilizada para o ciclo auga-vapor.
- Auga potable para o consumo do persoal e o laboratorio químico.

O tratamento común é a filtración mediante filtros de area. A auga filtrada envíase a unha piscina, onde se distribúe á planta de desmineralización, ós sistemas de refrixeración, ó sistema contraincendios, etc.

A desmineralización consta dun pretratamento no que se eliminan sólidos en suspensión, materia orgánica que dana as resinas de intercambio iónico (con hipoclorito sódico na zona da piscina de almacenamento de auga), materia coloidal (por medio dun coagulante na impulsión das bombas de abastecemento de auga ó tratamento), e cloro residual (mediante dosificación de bisulfito sódico).

A segunda parte da desmineralización é o tratamento para conseguir unha conductividade moi baixa. Este tratamento está formado por:

- Cambiador de catións. A auga, procedente do pretratamento, pasa en sentido ascendente a través do cambiador de catións, cun leito de resina catiónica forte.
- Desgasificador. A auga ponse en contacto cunha corrente de aire en sentido contrario. As dúas correntes tenden a equilibra-lo seu contido en carbónico, coa conseguinte descarbonatación da auga, o que se traduce nunha maior duración da resina aniónica.
- Cambiador de anións. A auga bombéase ó cambiador de anións facéndoa pasar, en sentido ascendente, polo leito de resinas aniónicas composto de cargas aniónica débil e forte, na orde de paso da auga, separadas por un falso fondo intermedio.
- Cambiador de leito mixto. A auga procedente da cadea primaria, practicamente desmineralizada, trátase no cambiador de leito mixto, coa finalidade de acada-la conductividade desexada. Este leito está formado por volumes iguais de resina aniónica e catiónica moi mesturadas.

5.6 CENTRO PRODUCTOR DE UNIÓN FENOSA EN SABÓN

A Central Térmica de Sabón, pertencente ó grupo UNIÓN FENOSA Generación, está situada nas marxes do océano Atlántico, no Polígono Industrial de Sabón, municipio de Arteixo, 13 km ó sur da cidade da Coruña.



Figura 5.10. Central Térmica de UNIÓN FENOSA en Sabón

A superficie dos terreos en que se sitúa a Central é dunhas 18,5 ha e a súa altitude media é de 20-30 m sobre o nivel do mar. Este lugar elixiuse tendo en conta a proximidade á refinería de Repsol Petróleo, S. A. (A Coruña), que subministra o combustible directamente por oleoducto, así como a proximidade ó mar, do que se abastece de auga para refrixera-los condensadores dos grupos.

A central térmica ten instalados dous grupos de produción de enerxía eléctrica. As características xerais preséntanse a seguir. Os datos corresponden ó ano 2000.

Características xerais da central

Características	Grupo I	Grupo II
Potencia (MW)	120	350
Ano de posta en servicio	1972	1975
Funcionamento (horas/ano)	1.579	2.764
Combustible actual	Fuel óleo	Fuel óleo
Consumo anual combustible (t)	29.062	135.342

Nas figuras seguintes amósase o esquema de funcionamento dos grupos do complexo, que se explica máis polo miúdo a continuación.

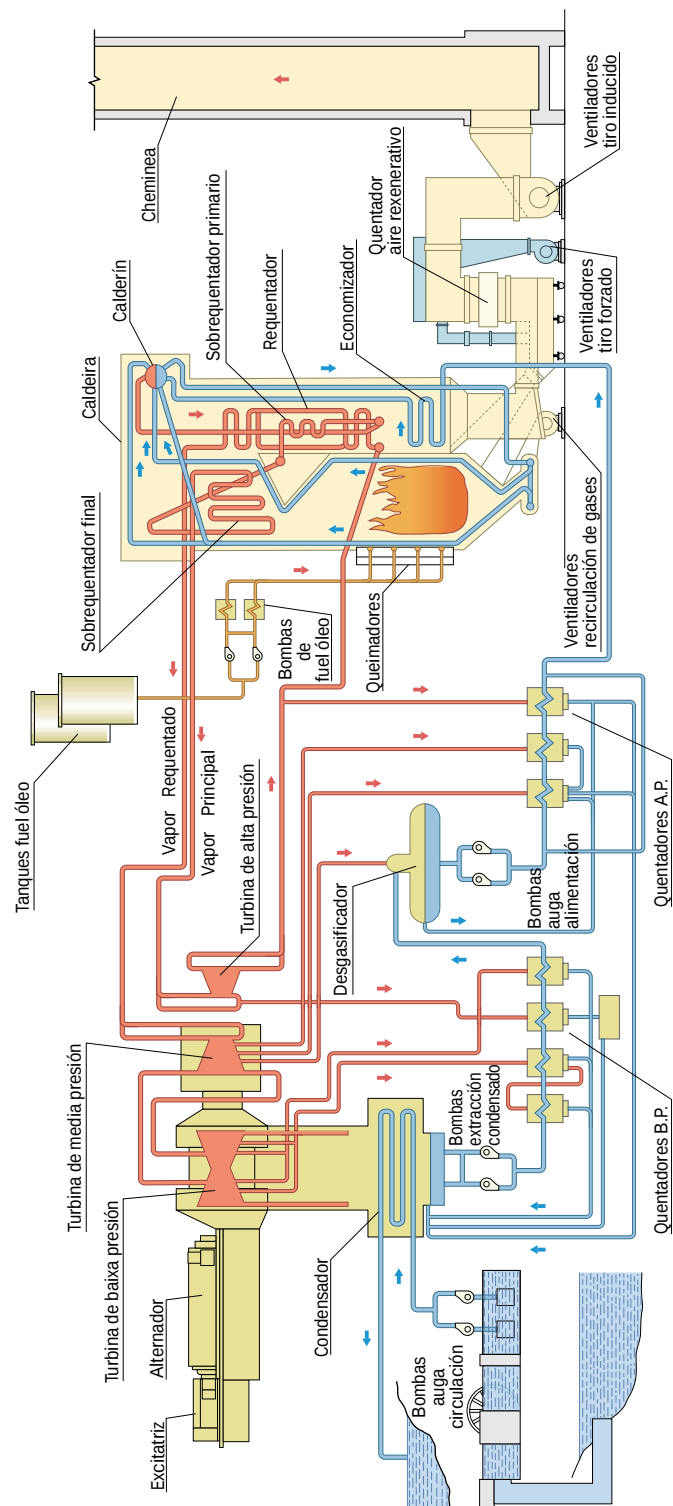


Figura 5.11. Esquema termodinâmico de funcionamento do Grupo I do centro produtor de Sabón.

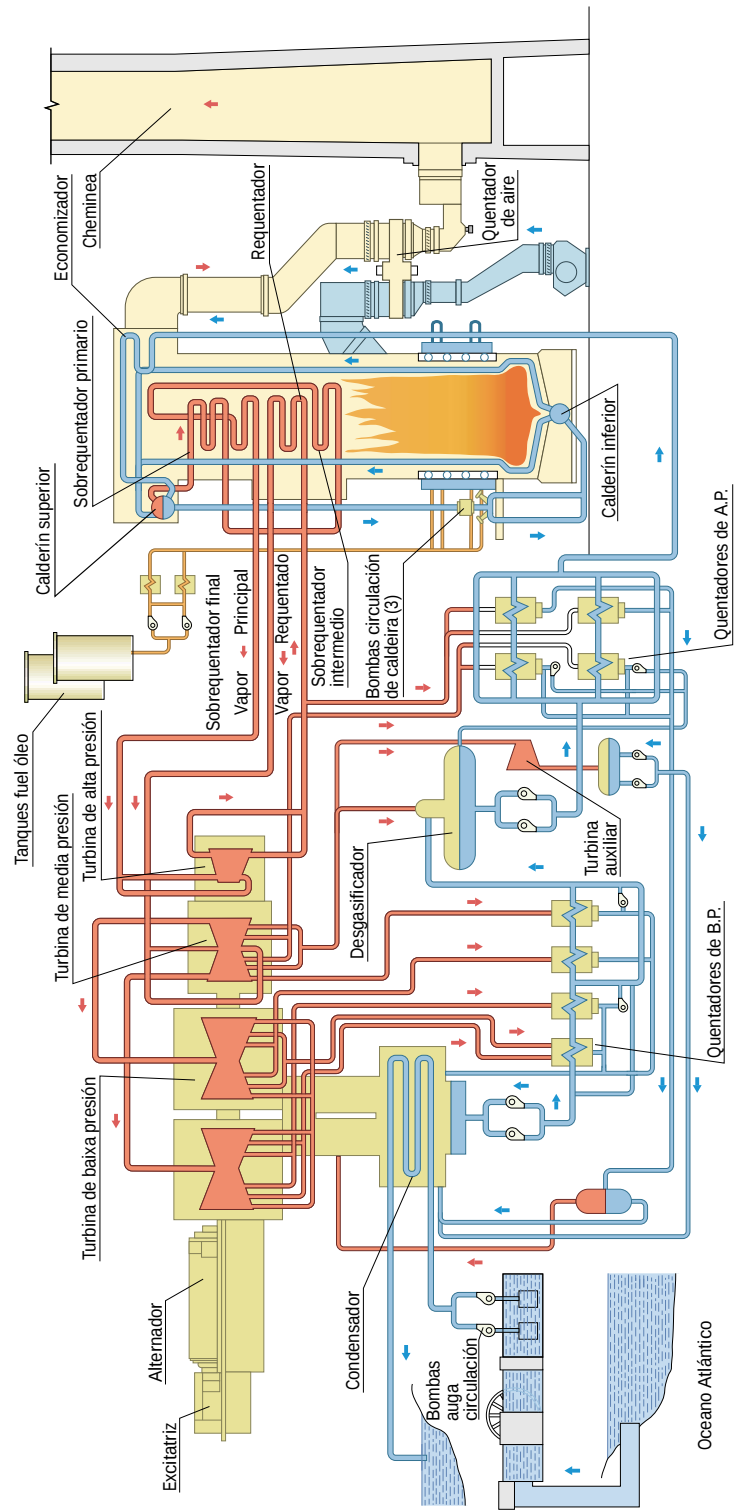


Figura 5.12. Esquema termodinámico de funcionamento do Grupo II do centro produtor de Sabón.

5.6.1 MATERIAS PRIMAS

A Central Térmica de Sabón utiliza basicamente como materia prima combustible fuel óleo, subministrado por oleoducto desde a refinaría Repsol Petróleo, S. A. (A Coruña). Para o arranque no grupo I úsase propano e no grupo II, gasóleo.

As características do fuel óleo utilizado son as seguintes:

Parámetro	Und.	Porcentaxe en peso
Cor	Negra	-
Viscosidade cinemática 100 °C, máxima	mm ² /s	25,00
Xofre, máximo	% en peso	2,70 (1)
Punto de inflamación, mínimo	°C	65,00
Auga e sedimento, máximo	% volume	1,00
Auga, máximo	% volume	0,50
Potencia calorífica superior, mínima	Kcal/kg	10.100
	MJ/kg	42,29
Potencia calorífica inferior, mínima	Kcal/kg	9.600
	MJ/kg	40,19

(1) Cando o contido en xofre desta calidade non supere o 1% en peso, denominarase "fuel óleo número 1 BIA"

O consumo de auga é un parámetro importante neste tipo de centrais. O caudal teórico de auga de refrixeración (auga de mar) ó 100% de carga é de 14.605 m³/h para o grupo I e de 33.800 m³/h para o grupo II. Hai que engadir á parte a auga de desmineralización utilizada.

Na táboa seguinte enumérase e preséntase a cantidade anual consumida de tódalas materias primas e auxiliares utilizadas no proceso. Os datos son os correspondentes ó ano 2000.

Tipo	Nome	Consumo	Undidade
Materias primas	Gasóleo C	1.162.000	Litros
	Fuel óleo	164.404	Toneladas
	Propano	1.380	Litros
Materias auxiliares	Cal	71.630	Quilogramos
	Ácido sulfúrico ó 98%	134.645	Quilogramos
	Hidróxido sódico ó 50%	216.155	Quilogramos
	Sulfato de alumina	10.575	Quilogramos
Consumo de auga crúa do encoro		398.327	metros cúbicos
Consumos de enerxía eléctrica en servicios auxiliares e perdas por transformación no ano 2.000		29.978	MWh

A capacidade productiva da central (os dous grupos) é de 4.117 GWh netos. A partir das materias primas enumeradas na táboa anterior, a cantidade de enerxía producida durante o mesmo período (ano 2000) foi unha media do 15% da capacidade productiva. Hai que ter en conta que a central se encontra en situación de dispoñibilidade e só entra en operación cando é requirido pola Rede Eléctrica Española. Este feito condiciona que a súa produción ó longo do ano sexa descontinua, tanto no tempo como na potencia de funcionamento.

5.6.2 EQUIPOS PRINCIPAIS

A finalidade da central é produci-la enerxía eléctrica que se xera nos turboalternadores accionados por vapor de auga procedente dos xeradores de vapor ou caldeiras.

O vapor principal creado no sobrequentador da caldeira acciona a turbina de alta presión, regresando á caldeira, onde se converte en vapor requentado que se utiliza para acciona-la turbina de media presión, pasando posteriormente á de baixa presión, onde é enviado ó condensador.

Nos condensadores, o vapor pasa a estado líquido para poder ser bombeado de novo ás caldeiras e cerra-lo ciclo.

A auga empregada a este nivel é auga desmineralizada, despois de tratala. Para refrixera-los condensadores, a central utiliza auga de mar en circuíto aberto.

Os gases de combustión son evacuados á atmosfera pola cheminea que posúe cada grupo mediante ventiladores.

Xerador de vapor

Na táboa seguinte móstranse as características da caldeira e auxiliares para cada un dos grupos.

Características da caldeira	Grupo I	Grupo II
Tipo	Circulación natural Fogar en depresión, dobre paso	Circulación forzada Fogar presurizado, paso simple
Producción	356 t/h a 132 kg/cm ²	1.080 T/h A 177 kg/cm ²
Combustible	Fuel óleo	Fuel óleo
Consumo a plena carga	27 t/h Arranque con propano	85,1 kg/h Arranque con gas óleo
Queimadores	12 horizontais fixos Atomización mecánica	16 tanxenciais basculantes Atomización por vapor
Sobrequentador (P e T do vapor á saída)	132 kg/cm ² 540 °C	166 kg/cm ² 540 °C
Requentador (P e T do vapor á saída)	24 kg/m ² 540 °C	41,2 kg/cm ² 540 °C
Economizador (P e T á saída)	135 kg/cm ² 225 °C	172 kg/cm ² 240 °C
Ventiladores	2 de tipo inducido-cheminea 2 de tiro forzado 2 de recirculación de gases	2 de tiro forzado-aire secundario
Prequentadores de aire	2 de aire rexenerativos 2 por vapor	2 de aire rexenerativos 2 por vapor

Turbina-condensador

Na táboa seguinte amósanse as características da turbina e do condensador para cada un dos grupos.

Equipo	Características do equipo	Grupo I	Grupo II
Turbina	Fabricante	AEI	BBC
	Número de corpos	Alta presión	Alta presión
		Media presión	Media presión
		Baixa presión	Baixa presión
	Potencia	160.900 CV	469.350 CV
Condensador	Fabricante	AEI	BBC-MTM
	Número	2	2
	Tipo	Dobre fluxo, de superficie	Dobre fluxo, de superficie
	Caudal	13.638 m ³ /h	31.700 m ³ /h

Alternador-excitatriz

O eixe da turbina vai encaixado ó rotor do alternador que se refrixeira, igual có estátor, mediante hidróxeno no caso do grupo I e hidróxeno e auga no grupo II.

Parque de transformación

O parque de transformación está formado por transformadores de 220, 132 e 65 KV.

5.6.3 SISTEMAS PRINCIPAIS

Sistema de bombas de condensación e auga de alimentación

Na táboa seguinte móstranse as características das bombas de extracción de condensado e auga de alimentación:

Equipo	Características do equipo	Grupo I	Grupo II
Extracción de condensado	Número de bombas	2	2
	Tipo	Centrífugas horizontais en 2 etapas	Centrífugas multietapa
	Caudal unitario (m³/h)	327	886
Auga de alimentación	Número	2	2
	Tipo	Eléctricas	1 Eléctrica 1 Turbobomba
	Caudal unitario (m³/h)	418	Eléctrica: 410 Turbobomba: 1.438

Sistema de refrixeración

Existe unha estación de bombeo da auga de mar que se utiliza na refrixeración dos condensadores de ámbolos grupos. Antes de ser bombeada ó circuíto de refrixeración, a auga sofre un proceso de desarea-do por decantación e, posteriormente, pásase por un sistema de cribos situados nunhas noras onde se separan as algas e demais restos sólidos, que se devolven ó mar.

Os caudais de auga de mar usada na refrixeración do grupo II están distribuídos de distinta forma, como se mostra na táboa seguinte.

Servicio (grupo II)	Caudal de agua derefrixación (m³/h)
Condensador primario	31.700
Condensador auxiliar	2.190
Aceite da turbina principal	100
Aceite da turbina auxiliar	240
Hidróxeno	252
Exectores	60
Auga do estátor	250
Auga de Servicios	250

No caso do grupo I, o caudal total é de 14.605 m³/h.

Sistema de abastecemento de aire e evacuación de gases

A central conta con dúas chemineas. A do grupo I mide 70 m de altura, cun diámetro de 3,89 m na base e 3,06 m na boca. A do grupo II mide 200 m de altura e o seu diámetro é de 4,90 m.

A cheminea do grupo I non dispón de accesos nin plataforma, nin tampouco de orificios libres para as medidas isocinéticas, aínda que ten un orificio para tomar mostras, actualmente ocupado coa sonda para control en continuo. Os controis realízanse nun conducto exterior antes da entrada dos gases á cheminea, a unha altura de 5 m.

A cheminea do grupo II presenta acceso interior e exterior cara á plataforma onde se realizan os controis de emisión, situada a 72 m.

Evacuación de escouras e cinzas

A central non conta en ningún dos seus dous grupos con sistemas depuradores considerados como tales. Sen embargo, os prequentadores realizan unha acción depuradora secundaria, xa que nas “cestas” se depositan cinzas con contido en metais e restos de carácter ácido.

Mediante o control da calidade do combustible utilizado, fuel óleo, é posible limita-las emisións de contaminantes sen necesidade de actuar trala combustión. Para o control das partículas utilízase un promotor da combustión (Acom Aktivator).

Sistema de control

O grupo I ten un sistema de control pneumático, mentres que o do grupo II é analóxico dixital de disparos e alarmas en ordenador.

Tratamento de augas para utilizalas. Desmineralización

A auga empregada na central procede de dúas fontes distintas:

- Auga mariña captada do océano Atlántico e utilizada no proceso de refrixeración de condensadores, como se explica no punto de refrixeración.
- Auga captada do encoro de Rosadoiro, usada no resto dos procesos (augas domésticas e sistema contra incendios).

A auga utilizada na xeración de vapor sométese a un proceso de desmineralización. Os pasos son os seguintes:

- En primeiro lugar faise un pretratamento con sulfato de alúmina e polielectrolito. No reactivador (decantador) sepáranse os sólidos en suspensión.
- A auga obtida no paso anterior fíltrase e pasa ás cadeas de tratamento.
- Cada cadea de tratamento está formada por un cambiador de catións, dous de anións e un de leito mixto.
- A auga xa tratada e desmineralizada envíase ós tanques de auga desmineralizada para o ciclo auga-vapor.
- No ciclo existe tamén un tratamento a base de hidracina que elimina o osíxeno da auga para evita-la corrosión.

6 FONTES POTENCIAIS DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA E O SEU CONTROL

Tradicionalmente, as preocupacións ambientais relacionadas co uso de combustibles fósiles para producir electricidade asociáronse ás emisións atmosféricas. Un combustible ideal sería aquel composto únicamente por carbono e hidróxeno que, queimado cunha cantidade de aire adecuada en exceso e sen que se produzan reaccións secundarias, daría lugar soamente á xeración de dióxido de carbono e vapor de auga, xunto co nitróxeno e o osíxeno en exceso do aire de combustión.

O problema é que os combustibles fósiles están compostos, xeralmente, por outro tipo de substancias ademais do carbono e o hidróxeno, que dan lugar a reaccións secundarias no proceso de combustión.

As emisións atmosféricas máis importantes procedentes das grandes instalacións de combustión son as seguintes:

- SO_2
- NO_x
- Partículas sólidas
- Metais pesados
- Gases de efecto invernadoiro: CO_2 e CH_4

Outras substancias, como é o caso do HF, outros compostos haloxenados, compostos orgánicos volátiles, hidrocarburos policíclicos aromáticos e dioxinas son emitidos en cantidades moi reducidas, pero poden ter un efecto significativo debido á súa elevada toxicidade e resistencia.

Os contaminantes atmosféricos principais que se deben considerar nas GIC amósanse a continuación, de acordo coa Decisión da Comisión 2000/479/CE para a implementación do EPER (Registro Europeo de Fontes Responsables):

Contaminantes	
CH ₄	Cr e os seus compostos
CO	Ni e os seus compostos
CO ₂	Pb e os seus compostos
N ₂ O	PCDD+PCDF (dioxinas e furanos)
NO _x	Hidrocarburos aromáticos policíclicos
SO _x	Cloruro e os seus compostos inorgánicos
As e os seus compostos	Fluoruro e os seus compostos inorgánicos
Cd e os seus compostos	PM ₁₀

Os compromisos actuais de maior importancia son os que se derivan tanto da Directiva 88/609/CE, sobre emisións procedentes das GIC (grandes instalacións de combustión), incorporada ó ordenamento español polo Real decreto 646/1991, do 22 de abril, no que se establecen as novas normas sobre limitación de emisións á atmosfera de determinados axentes contaminantes procedentes das GIC, e modificada pola Directiva 94/66/CE do Consello, do 15 de decembro de 1994; así como da Directiva 99/30/CE do Consello, do 22 de abril de 1999, relativa ós valores límite de dióxido de xofre, dióxido de nitróxeno e óxidos de nitróxeno, partículas e chumbo no aire. Por outra parte, a Directiva 2001/80/CE, recentemente publicada, modifica á Directiva 88/609/CE sobre a limitación de emisións á atmosfera de determinados axentes contaminantes acidificantes procedentes de GIC (dióxido de xofre –SO₂-; óxidos de nitróxeno –NO_x-; e partículas –PM-), e será incorporada ó ordenamento español e autonómico nos prazos establecidos.

Óxidos de xofre

O dióxido de xofre e o resto dos óxidos deste composto teñen a súa orixe nos compostos de xofre inorgánicos e orgánicos existentes no combustible. No carbón o xofre aparece como xofre pirítico e orgánico, sales de xofre e xofre elemental. Durante a combustión, a maioría dos óxidos de xofre dan lugar ó dióxido de xofre (SO₂).

Nos combustibles sólidos e líquidos, do 1 ó 3% do xofre oxídase a trióxido de xofre (SO₃), reacción que tende a ser catalizada polos metais de transición presentes no combustible. O trióxido de xofre for-

mado é adsorbido polas partículas emitidas e, no caso de combustibles líquidos, contribúe a formar sarrio ácido. O gas natural considérase, xeralmente, que está libre de xofre; non así outros gases industriais, para os que é necesaria a desulfuración anterior á combustión.

Os óxidos de xofre, e en particular o SO_2 , poden ser facilmente adsorbidos polo solo e convertidos en presenza de auga en ácido sulfúrico (H_2SO_4). A absorción de SO_2 atmosférico polos solos aumenta a acidez da superficie. Ademais da absorción directa, o SO_2 e os NO_x emitidos transfórmanse na atmosfera en substancias ácidas e precipitan como choiva ácida.

Óxidos de nitróxeno (NO_x e N_2O)

Os principais óxidos de nitróxeno emitidos durante a combustión de combustibles fósiles son o óxido nítrico (NO), o dióxido de nitróxeno (NO_2) e o óxido nitroso (N_2O). Os dous primeiros forman unha mestura coñecida como NO_x , que contén máis do 90% de NO para a maioría das de GIC.

A formación de NO_x vén gobernada por tres mecanismos esenciais:

- NO térmico, produto da reacción entre o osíxeno e o nitróxeno do aire.
- NO combustible, produto do nitróxeno contido no combustible.
- NO inmediato, produto da conversión de nitróxeno molecular na fronte de chama en presenza de hidrocarburos como intermedios. Xeralmente, a cantidade formada mediante este mecanismo é moito menor cá dos outros dous.

A formación de NO térmico depende moito da temperatura. Cando a combustión se pode conseguir con temperaturas por debaixo de $1.000\text{ }^\circ\text{C}$, as emisións de NO_x redúcense. A formación de NO térmico é dominante cando NO_x se xera en instalacións de combustibles gasosos ou líquidos.

A formación de NO combustible depende do contido en nitróxeno no combustible e da concentración de osíxeno no medio de reacción. A cantidade de NO combustible producido é maior en instalacións que usan como combustible o carbón, posto que contén maiores cantidades

de nitróxeno na súa estrutura. Na táboa seguinte sinálase o contido en nitróxeno encontrado en distintos tipos de combustible:

Combustible	Contido en nitroxeno (% peso, base libre de cinzas)
Carbón	0,5 – 2,0
Fuel óleo	<1,0
Gas natural	<0,1

O tipo de proceso de combustión tamén afecta á cantidade de óxidos de nitróxeno emitidos. No caso do carbón, estas emisións son menores se a caldeira é de grella, debido á temperatura relativamente menor e á natureza de avance da reacción na grella; as emisións fanse maiores en caldeira de carbón pulverizado, variando segundo o tipo de queimador e o deseño da cámara de combustión; en caldeiras de leito fluído, as emisións de NO_x son moito menores ca en caldeiras convencionais, sen embargo aumentan as emisións de N_2O .

O mecanismo de formación do óxido nitroso (N_2O) non está moi claro. Unha posibilidade é a través de produtos intermedios (HCN , NH_3), comparable co de formación de NO . Sábese que a baixas temperaturas de combustión (menores de 1.000°C) se producen maiores emisións de N_2O , posto que a molécula é relativamente estable, mentres que a maiores temperaturas se reduce a N_2 . As emisións procedentes de combustión en leito fluído a presión, circulante ou de burbulleo, son relativamente maiores cás procedentes de unidades convencionais.

O óxido nitroso contribúe directamente ó efecto invernadoiro por absorción infravermella térmica na troposfera. O tempo de vida media na troposfera do N_2O é bastante elevado, e a súa interacción con outros gases, nubes e aerosois é mínima. Descomponse en presenza de ozono (O_3) e forma NO_2 e NO_3 .

As emisións de óxidos de nitróxeno contribúen significativamente tanto á destrución da capa de ozono existente na estratosfera que protexe da radiación ultravioleta (en forma de N_2O) como á formación de ozono troposférico (NO e NO_2).

A formación de ozono troposférico asociada ó fenómeno denominado “smog fotoquímico” está baseada no ciclo fotolítico do NO_2 , é dicir, na separación dun átomo de osíxeno procedente da molécula de NO_2 por efecto da luz solar.

A presenza de COV's interfere no ciclo fotolítico do NO_2 orixinando a xeración neta de ozono, que pode afectar á saúde e á vexetación.

Partículas

As partículas emitidas na combustión do carbón proceden case completamente da fracción mineral do combustible, aínda que unha pequena proporción destas poden consistir en partículas moi pequenas formadas por condensación de compostos volatilizados na combustión. Para moitas instalacións, hai que considerar tamén a importancia das emisións difusas procedentes das estacións de almacenamento, transporte, moedura, manipulación do carbón, cinzas, etc.

O tipo de combustión utilizada ten que ver coa proporción de cinzas nos gases de combustión procedentes das caldeiras. As caldeiras de grella producen unha cantidade relativamente menor de cinzas voantes (20-40% das cinzas totais) cás caldeiras de carbón pulverizado (80-90%).

A combustión de combustibles líquidos produce tamén emisións de partículas, aínda que en menos extensión có carbón. Pobres condicións de combustión dan lugar á formación de sarrio, que pode levar a producir aglomerados ácidos con propiedades corrosivas en presenza de trióxido de xofre.

A combustión de gas natural non é unha fonte importante de emisións de partículas.

O tamaño, densidade e forma das partículas son parámetros considerables cando se fala delas como contaminante. Estes parámetros afectan á velocidade de sedimentación, directamente relacionada co tempo de permanencia na atmosfera, á facilidade de movemento co aire e, en último termo, á facilidade de penetración nas vías respiratorias humanas e animais.

As partículas maiores de 10,0 μm sedimentan axiña e o seu impacto prodúcese preto da instalación fonte, polo que non son as máis preocupantes, aínda que poden dana-la vexetación como resultado da súa deposición no solo, aumentando a concentración dos compostos asociados neste.

Sen embargo, a maior parte das partículas emitidas nos procesos de combustión teñen un diámetro que vai desde 0,1 a 10,0 μm (PM_{10}); son especialmente perigosas aquelas de diámetro menor de 2,5 μm ($\text{PM}_{2,5}$). Estas partículas presentan un risco importante para a saúde. Os efectos dependen da concentración, tamaño e composición química das partículas, así como da composición de gases contaminantes en combinación con esta materia. As partículas menores de 6 μm de diámetro poden penetrar nos bronquios, e as menores de 1,0 μm poden, ademais, depositarse nos pulmóns.

Metais pesados

A emisión de metais pesados, tamén coñecidos como metais traza, é debida á súa presenza como compoñentes naturais nos combustibles fósiles. A maior parte dos metais pesados (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn, V) normalmente emítense como compostos (óxidos, cloruros, etc.) en asociación con partículas. Só Hg e Se adoitan estar presentes na fase vapor. Outros elementos menos volátiles tenden a condensar na superficie de pequenas partículas na corrente do gas de combustión.

O contido de metais pesados no carbón é varias veces superior ca no petróleo, exceptuando en ocasións o Ni e V no fuel óleo, e ca no gas natural.

Durante a combustión do carbón, por exemplo, as partículas sofren cambios que producen a vaporización dos elementos volátiles. A velocidade de volatilización dos compoñentes metálicos depende das características do combustible e da tecnoloxía utilizada. Hai que ter en conta que, despois da combustión, as cinzas conteñen os mesmos elementos que orixinalmente están presentes no carbón, pero enriquecidos dependendo das características da instalación e da volatilidade do elemento en particular.

Os elementos en xeral pódense clasificar en tres clases con respecto á súa volatilidade. Moi poucos elementos metálicos son tan volátiles como para permanecer en fase vapor bastante tempo.

A clasificación é a seguinte:

Clase	Elementos	Comportamiento en caldeira de parte inferior seca
I	Al, Ca, Ce, Cs, Eu, Fe, Hf, K, La, Mg, Sc, Sm, Si, Sr, Th, Ti	Non volátiles
Ila	Ba, Cr, Mn, Na, Rb	Volátiles, pero sofren condensación xunto coas partículas de cinza
Ilb	Be, Co, Cu, Ni, P, U, V, W	
Ilc	As, Cd, Ge, Mo, Pb, Sb, Tl, Zn	
III	B, Br, C, Cl, F, Hg, I, N, S, Se	Moi volátiles, condensan dificilmente na planta

O 99,90% das cinzas voantes elimínanse nos sistemas de separación de partículas e, con outro tipo de sistema de desulfuración do gas de escape instalado a continuación, chegan a desaparecer en total o 99,99% das cinzas voantes. Xunto con elas elimínanse tódolos elementos das clases I e II. Polo tanto, as emisións ó aire máis importantes son os elementos máis volátiles, é dicir, os da clase III.

En relación coas emisións de metais pesados, o Protocolo UN/ECE sobre metais pesados, adoptado en Aarhus o 24 de xuño de 1998, especifica que as emisións de Cd, Pb e Hg unidas ás partículas poden ser capturadas por dispositivos de limpeza de po. Consecuentemente, o anexo V deste protocolo especifica un valor límite de emisión para as novas plantas de combustión de 50 mg/m³ para partículas, tanto no caso de combustibles sólidos como líquidos, para reduci-las emisións de metais pesados. Por outra parte a Directiva 96/62/CE do 27 de setembro de 1996, sobre a avaliación e xestión da calidade do aire ambiente, contempla o establecemento de límites para o Ar, Cd, Ni e Hg.

Monóxido de carbono e COV

O monóxido de carbono (CO) é un produto intermedio do proceso de combustión, polo que a súa presenza se debe a malas condicións de combustión. A maior temperatura de combustión, as emisións deste

composto son menores. Os mecanismos de formación de CO, NO térmico e COV están influídos de maneira similar polas condicións de combustión. A importancia das emisións de CO en GIC é moi baixa comparada coas emisións de CO₂.

Gases de efecto invernadoiro: dióxido de carbono (CO₂) e outros

Desde comezos da industrialización, o balance enerxético da terra mudou debido ó incremento das emisións de gases de efecto invernadoiro. Estes gases son, sobre todo, o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e as substancias haloxenadas, CFC e SF₆. Coa acumulación destes gases na atmosfera, nos dous últimos séculos a cantidade de radiación infravermella retida incrementouse, período no que a temperatura media global da Terra aumentou.

Os gases de efecto invernadoiro relevantes na combustión de combustibles fósiles en GIC son o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O).

Inherente á combustión de combustibles fósiles, o dióxido de carbono non se considerou contaminante durante moito tempo, pero a súa contribución ó efecto invernadoiro e ó cambio climático cambiou esta condición. O dióxido de carbono producido polas GIC é o responsable de aproximadamente a terceira parte das emisións globais deste no mundo.

Ácido clorhídrico

O cloro é un elemento traza presente en forma de cloruros nos combustibles fósiles. As GIC son unha das fontes principais de emisión do ácido clorhídrico á atmosfera. A emisión deste composto é debida a cantidades traza de cloruros no combustible, tanto carbón como petróleo. Cando se queima o combustible, emítense estes cloruros que, posteriormente, se combinan con hidróxeno para formar cloruro de hidróxeno. Xunto coa humidade do aire, o cloruro de hidróxeno transfórmasse en ácido clorhídrico aerosol. Sen embargo, é improbable que este composto represente un risco para a saúde humana.

Fluoruro de hidróxeno

O mesmo có cloruro, o fluoruro é un elemento traza presente nos combustibles fósiles. Este composto libérase na combustión co gas residual que, co hidróxeno, se transforma en fluoruro de hidróxeno e, coa humidade do aire ambiente, en ácido fluorhídrico.

As cantidades de fluoruro de hidróxeno emitidas polas GIC non son tan elevadas como para causaren problemas na saúde, pero como se dissolve facilmente en auga, pode ter efectos significativos na vexetación. Estímase que as GIC emiten un 12% das emisións antropoxénicas deste composto.

Amoníaco (NH₃)

A emisión de amoníaco (NH₃) non é o resultado da combustión de combustibles fósiles, senón a consecuencia da reacción incompleta do amoníaco no proceso de desnitrificación. O amoníaco úsase puro ou en solución nas unidades SCR e SCNR. A cantidade que non reacciona (chamada “ammonia slip”) emítese co gas de escape á atmosfera. Neste tipo de instalacións, o desprendemento de amoníaco aumenta cun incremento da relación NH₃/NO_x, e decrece cando a actividade catalítica é menor.

Compostos orgánicos volátiles (COV)

De acordo co Inventario de Emisións Atmosféricas (CORINAIR, 1996), as GIC contribúen aproximadamente cun 10,0% das emisións totais de COV, exceptuando o 2,4%, que se lle atribúe ó metano.

Compostos orgánicos persistentes (COP), HAP, dioxinas e furanos

Os COP que se consideran máis importantes nas emisións de GIC son os hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), policlorodibenzodioxinas (PCDD) e policlorodibenzofuranos (PCDF).

As PCDD e os PCDF son moléculas non moi volátiles que, cando se adsorben sobre partículas producidas na combustión, adquieren unha estabilidade térmica e química moi elevada no medio ambiente, de maneira que só se poden destruír con temperaturas elevadas.

Existen 75 tipos de dioxinas e 135 de furanos. Para cuantifica-las emisións destes compostos segundo a súa toxicidade, utilízase o factor de equivalencia tóxica (TEF – Toxic Equivalency Factor), característico de cada unha das formas moleculares de PCDD/PCDF encontrados na mestura. A substancia de referencia (TEF=1) é a 2,3,7,8 -tetracloro-dibenzodioxina, posto que se considera a máis tóxica. A actividade das dioxinas nunha mestura exprésase coa cantidade equivalente tóxica (TEQ – Toxic Equivalent Quantity), definida segundo a ecuación.

$$TEQ = \sum \text{isómeros} \times TEF$$

A combustión de residuos nas plantas que utilizan carbón ou derivados de petróleo pode aumentar significativamente a emisión de dioxinas. De tódolos xeitos, a combustión de combustibles fósiles non se considera unha importante fonte de emisión de dioxinas e furanos.

6.1 CENTRO PRODUCTOR DE ENDESA NAS PONTES

Na C.T. das Pontes os gases xerados pola combustión do carbón, unha vez que pasan polas zonas de recuperación de calor, atravesan os precipitadores electrostáticos, onde se reteñen, cunha eficacia superior ó 99,75%, as partículas e as cinzas. Tralo seu paso polos precipitadores, os gases impúlsanse por medio dos ventiladores de tiro inducido, a través dun conducto vertical ata a súa emisión á atmosfera.

Os conductos –un por grupo- van aloxados no interior dunha cheminea troncocónica de 356 metros de altura, 36,50 m de diámetro base e 18,90 m de diámetro superior. Os conductos teñen un diámetro de 6,35 m.

6.1.1 EMISIÓNS ATMOSFÉRICAS E O SEU CONTROL

Para determina-la calidade dos gases emitidos na planta 215 da cheminea, moi afastada de calquera perturbación do fluxo de gases e,

xa que logo, nunha zona óptima de medida, a central conta cun sistema de control de emisións constituído por analizadores automáticos de dióxido de xofre, óxidos de nitróxeno, partículas en suspensión, osíxeno e temperatura en cada grupo. Estes analizadores transmiten os datos en tempo real á sala de control da central térmica, de maneira que subministran a información necesaria para manter en todo momento a calidade dos gases dentro dos límites legalmente establecidos. Na táboa seguinte amósanse os parámetros medidos no sistema de control de emisións, a técnica utilizada e a localización da medida.

Parámetro	Técnica	Localización
Óxidos de xofre	Fluorescencia ultravioleta	Cheminea
Óxidos de nitróxeno	Quimioluminiscencia	Cheminea
Partículas en suspensión	Extinción	Cheminea
Osíxeno	Electroquímica (célula de circonio)	Cheminea

Na táboa seguinte indícanse os valores medios mensuais de emisión para o ano 2000.

mes	PAI (horas)	Potencia (MW)	Enerxía (MWh)	SO ₂ (mg/m ³ N)	NO _x (mg/m ³ N)	Partículas (mg/m ³ N)
Xaneiro	744	1.235	888.200	7.196	530	137
Febreiro	696	1.004	681.770	9.860	533	136
Marzo	743	987	724.370	8.831	560	71
Abril	720	1.136	804.110	7.466	560	110
Maio	744	1.267	929.870	7.003	525	88
Xuño	716	1.242	866.160	7.251	514	97
Xullo	744	1.332	991.710	8.153	465	88
Agosto	744	1.278	939.150	7.406	458	118
Setembro	720	1.300	928.710	7.217	464	121
Outubro	744	1.326	968.790	6.559	492	88
Novembro	720	1.337	966.397	7.813	515	55
Decembro	744	1.164	848.159	7.092	543	63
TOTAL	8.779	1.218	10.537.396	7.644	513	97

NOTA: As concentracións refírense a base seca, normalizada a un 6% de osíxeno
PAI: número de períodos horarios con potencia > 200 MW

A estratexia de redución das emisións atmosféricas utilizada durante os últimos anos na central baseábase na paulatina substitución do lignito por carbón de importación, co que se conseguía, como consecuencia adicional, a prolongación da vida útil da mina.

Para iso, no ano 1993 comezouse un proceso de transformación da central térmica, co obxecto de utilizar coa máxima eficiencia mesturas

de lignito local con carbóns subbituminosos de importación caracterizados polos seus baixos contidos en xofre.

Esta transformación, finalizada no ano 1996, foi realizada para cumprir os compromisos establecidos coas administracións central e autonómica, e supuxo unha serie de vantaxes medioambientais, entre as cales merecen ser destacadas as que se citan a continuación.

Emisións de dióxido de xofre

A utilización de combustible medio de mesturas lignito-carbón subbituminoso en proporción 50/50 en enerxía conduce a unha redución global das emisións de SO₂ superior ó 40,00%, permitindo deste modo cumprir unha serie de obxectivos:

- Responder á nova lexislación de emisión aplicable a partir do 1 de xaneiro de 1995 (Real Decreto 646 de abril de 1991), que supón a aplicación de novos límites de emisión, substituindo as bases de referencia utilizadas anteriormente.
- Controlar de forma máis eficaz as emisións atmosféricas de SO₂, variando a dosificación de carbón subbituminoso de importación en función do contido en xofre do lignito local.
- Contribuir ós compromisos de reducións globais de dióxido de xofre en España, acordados na Unión Europea (40% de redución para o ano 1998).
- Cumprir os compromisos adquiridos ante as administracións central e autonómica.

Os resultados acadados no período 1997-2000 (redución específica de SO₂ dun 47,02% con respecto ós anos 1989-1992) demostran a consecución dos obxectivos previstos.

Emisións de partículas

No mesmo período realizáronse unha serie de melloras que contribuíron a unha redución das emisións específicas de partículas dun

58,22% para o período 1997-2000 respecto ós resultados obtidos no período 1989-1992. Estas melloras enuméranse de seguido:

- Cambio de electrodos emisores e do equipo de regulación eléctrica dos precipitadores electrostáticos.
- Diminución da concentración de partículas á entrada dos precipitadores electrostáticos debido ós baixos contidos en cinzas do carbón subbituminoso.

Por outra parte, a mellora no rendemento da instalación asociada á transformación implica descensos adicionais na emisión específica de partículas.

Emisións de óxidos de nitróxeno

A diminución do caudal de gases emitidos ó utilizar mesturas de carbóns, xunto coa recirculación de gases de combustión a temperaturas inferiores ás existentes previamente á transformación, compensou o aumento das concentracións de NO_x de orixe térmica, provocado polo incremento da temperatura do fogar coa utilización de mesturas.

Esta estabilización das emisións de NO_x demóstrase coa diminución do 4,79% de emisión específica no período 1997-2000 respecto ó período 1989-1992.

Emisións de dióxido de carbono

A mellora no rendemento da instalación provocou indirectamente unha diminución nas emisións de dióxido de carbono. Esta diminución das emisións específicas foi para o período 1997-2000 do 11,04% respecto ó período 1989-1992.

6.1.2 CALIDADE DO AIRE

A C.T. das Pontes dispón dunha Rede de Vixilancia e Control da Calidade Atmosférica está formada por 40 estacións manuais e 17 automáticas (na figura 6.1 amósase a situación das mesmas), distribuídas nun radio de 30 km. As automáticas están comunicadas en tempo real,

vía radio, coa central térmica; constitúen unha das redes máis grandes do mundo entre as dedicadas ó control de focos industriais. Na táboa seguinte amósanse as características de cada unha das estacións.

Nome	Código	Municipio	Latitude N	Lonxitude W	Altitude m	Tipo
A1 Campeiras	15070001	As Pontes	43° 34' 25"	07° 51' 10"	370	Manual
A6 Capelada	15022001	Cedeira	43° 41' 00"	07° 57' 40"	415	Automática/Manual
A3 Grañas	15044001	Mañón	43° 36' 00"	07° 45' 30"	453	Manual
A4 Cariño	15901001	Cariño	43° 42' 35"	07° 51' 00"	40	Manual
A5 Castelo	27066001	Viveiro	43° 38' 35"	07° 36' 30"	5	Manual
B1 Magdalena	15070002	As Pontes	43° 27' 00"	07° 50' 50"	363	Automática/Manual
B2 Louseiras	27033001	Muras	43° 32' 10"	07° 44' 20"	540	Automática/Manual
B3 Pedreira	27033002	Muras	43° 27' 30"	07° 40' 40"	650	Manual
B4 Gañidoira	27033003	Muras	43° 29' 30"	07° 41' 10"	760	Manual
B5 Xan Branco	27038001	Ouro	43° 32' 15"	07° 39' 00"	520	Manual
B6 Curuxeiras	27033004	Muras	43° 29' 23"	07° 38' 50"	893	Automática/Manual
B7 Condomiñas	27066002	Viveiro	43° 35' 45"	07° 33' 30"	360	Automática/Manual
C1 Hermida	27021001	Xermade	43° 26' 00"	07° 48' 00"	491	Manual
C2 Carballeira	27021002	Xermade	43° 24' 10"	07° 44' 40"	510	Manual
C3 Lanzós	27065001	Vilalba	43° 23' 00"	07° 37' 40"	540	Manual
C4 Funqueixeira	27033005	Muras	43° 26' 25"	07° 36' 30"	720	Manual
C5 Gontín	27001001	Abadín	43° 26' 00"	07° 29' 30"	670	Manual
C6 Abadín	27001002	Abadín	43° 21' 00"	07° 30' 40"	540	Manual
C7 Cospeito	27015001	Cospeito	43° 15' 20"	07° 35' 30"	430	Manual
D1 Mourela	15070003	As Pontes	43° 25' 50"	07° 51' 20"	450	Automática/Manual
D2 Codesido	27065002	Vilalba	43° 19' 10"	07° 46' 30"	460	Manual
D3 Belesar	27065003	Vilalba	43° 16' 45"	07° 45' 20"	705	Manual
D4 Buriz	27022002	Guitiriz	43° 15' 40"	07° 51' 00"	630	Manual
D5 Parga	27022001	Parga	43° 10' 10"	07° 50' 50"	470	Manual
F6 Fraga do Eume	15050007	Monfero	43° 24' 16"	08° 02' 30"	280	Automática/Manual
E2 Guilfonso	15050001	Monfero	43° 19' 05"	07° 56' 10"	511	Manual
E3 Pena Feixa	15050006	Monfero	43° 20' 00"	07° 59' 50"	705	Automática/Manual
E4 Serra Loba	15003001	Aranga	43° 16' 40"	07° 58' 20"	630	Manual
E5 Orosa	15003002	Aranga	43° 11' 10"	08° 00' 00"	470	Manual
E6 Xora	15027001	Coirós	43° 14' 20"	08° 06' 40"	275	Manual
F1 Vila	15070005	As Pontes	43° 26' 10"	07° 52' 20"	360	Manual
F2 Fraga Redonda	15070006	As Pontes	43° 24' 20"	07° 59' 20"	480	Automática/Manual
F3 Teixedelos	15070007	As Pontes	43° 25' 05"	07° 59' 00"	600	Manual
F4 Taboada	15050003	Monfero	43° 24' 00"	08° 06' 20"	330	Automática/Manual
F5 Bemantes	15048001	Miño	43° 20' 15"	08° 10' 50"	170	Automática/Manual
F7 As Neves	15018001	Capela	43° 26' 07"	08° 03' 20"	420	Automática/Manual
G2 Vılanova	15076001	S. Sadurniño	43° 33' 16"	08° 01' 40"	290	Automática/Manual
G3 Ferrol	15036001	Ferrol	43° 31' 10"	08° 13' 10"	70	Manual
H1 Recemel	15081002	Somozas	43° 30' 31"	07° 55' 40"	410	Automática/Manual
H2 Seixas	15081001	Somozas	43° 31' 45"	07° 52' 10"	525	Manual

As estacións manuais proporcionan medidas diarias de concentracións atmosféricas de dióxido de xofre, partículas en suspensión, e partículas sedimentables mediante dispositivos de mostraxe para a súa posterior análise en laboratorio. Os métodos analíticos utilizados son os seguintes:

Estación	Parámetro	Técnica de análise
Manual	SO ₂	Método Thorina
	Partículas en suspensión	Método do fume negro normalizado
	Partículas sedimentables	Método gravimétrico
Automática	SO ₂	Fluorescencia Ultravioleta
	NO _x	Quimioluminiscencia
	Partículas	Microbalanza
	Ozono	Absorción Ultravioleta

Na táboa seguinte indícanse os valores de inmisión para as estacións manuais da Rede e compáranse cos valores límites segundo a lexislación do ano 2000.

Estación	SO ₂ (µg/m ³ N)			Partículas (µg/m ³ N)		
	Percentil 50		Percentil 98	Percentil 50		Percentil 98
	1/4/99 31/3/00	1/10/99 31/3/00		1/4/99 31/3/00	1/10/99 31/3/00	
A1 Campeiras	5	5	5	2	2	16
A6 Capelada	5	5	11	2	2	6
A3 Grañas	5	5	7	2	2	10
A4 Cariño	5	5	5	2	2	14
A5 Castelo	5	5	8	2	2	8
B1 Magdalena	5	5	5	2	2	15
B2 Louseiras	5	5	16	2	2	4
B3 Pedreira	5	5	5	2	2	6
B4 Gañidoira	5	5	24	2	2	5
B5 Xan Branco	5	5	5	2	2	6
B6 Curuxeiras	5	5	84	2	2	4
B7 Condomiñas	5	5	25	2	2	4
C1 Hermida	5	5	5	2	2	9
C2 Carballeira	5	5	5	2	2	7
C3 Lanzós	5	5	5	2	2	10
C4 Funqueixeira	5	5	41	2	2	4
C5 Guntín	5	5	5	2	2	8
C6 Abadín	5	5	5	2	2	9
C7 Cospeito	5	5	5	2	2	14
D1 Mourela	5	5	5	2	2	9
D2 Codesido	5	5	5	2	2	12
D3 Belesar	5	5	12	2	2	13
D4 Buriz	5	5	5	2	2	9
D5 Parga	5	5	22	2	2	15
F6 Fraga do Eume	5	5	66	2	2	8
E2 Guilfonso	5	5	5	2	2	7
E3 Pena Feixa	5	5	30	2	2	6
E4 Serra Loba	5	5	11	2	2	7
E5 Orosa	5	5	7	2	2	14
E6 Xora	5	5	7	2	2	17
F1 Vila	5	5	5	2	2	19
F2 Fraga Redonda	5	5	113	2	2	6
F3 Tixedelos	5	5	47	2	2	7
F4 Taboada	5	5	83	2	2	7
F5 Bemantes	5	5	25	2	2	9
F7 As Neves	5	5	23	2	2	8
G2 Vilanova	5	5	15	2	2	7
G3 Ferrol	5	5	5	2	2	12
H1 Recemel	5	5	5	2	2	8
H2 Seixas	5	5	6	2	2	10
LÍMITE LEXISLACIÓN	120	180	350	80	130	250

As estacións automáticas proporcionan unha medición continua das concentracións de dióxido de xofre, óxidos de nitróxeno, partículas en suspensión e, nalgún caso, ozono, de acordo coa lexislación vixente. Os

datos transmítense vía radio ó centro de control. Na táboa seguinte sinálanse os valores de inmisión para as estacións automáticas da rede e compáranse cos valores límite segundo a lexislación do ano 2000.

Estación	SO ₂ (µg/m ³ N)			Partículas (µg/m ³ N)		NO ₂ (µg/m ³ N)
	Percentil 50		Percentil 98	Percentil 95		Percentil 98
	1/4/99 31/3/00	1/10/99 31/3/00		1/4/99 31/3/00	1/10/99 31/3/00	
A6 Capelada	5	6	26	-	-	10
B1 Magdalena	4	4	23	21	40	23
B2 Louseiras	4	4	61	20	60	8
B6 Curuxeiras	4	4	90	13	31	10
B7 Condomiñas	8	8	65	13	27	10
C8 Abelleira	4	4	44	15	33	10
C9 Mourence	4	4	26	15	32	25
D6 Vilariño	3	3	38	-	-	25
E3 Pena Feixa	7	7	89	-	-	10
F2 Fraga Redonda	3	4	133	17	36	16
F4 Taboada	5	7	139	19	40	27
F5 Bemantes	4	4	83	18	39	31
F6 Fraga do Eume	4	4	135	-	-	18
F7 As Neves	5	6	33	17	36	16
G2 Vilanova	6	6	35	-	-	53
G4 Furado	4	4	25	16	35	23
H1 Recemel	3	3	23	16	34	18
LÍMITE LEXISLACIÓN	120	180	350	150	300	200

A Rede de Vixilancia e Control da Calidade Atmosférica complementase cunha estación meteorolóxica central, dotada dun sistema remoto de medición meteorolóxica, en altura, mediante sódar acústico e dun mastro de 80 metros de altura con sensores de velocidade e dirección de vento e temperatura a distintos niveis, ademais de sensores de radiación solar, humidade relativa, presión atmosférica e precipitación.

Toda a información procedente dos sistemas de control de emisións, inmisións e meteoroloxía recíbese e xestiónase nun ordenador central, que dispón de periféricos no laboratorio e nas salas de control. Isto permite aplicar medidas correctoras no caso da aparición de episodios de inmisión para mante-los parámetros de calidade do aire por debaixo dos límites legalmente establecidos.

Unha das medidas correctoras foi o desenvolvemento de ferramentas de predicción dos niveis de inmisión nas proximidades da central

térmica para tomar medidas co tempo de antelación suficiente para evitar este tipo de episodios. As ferramentas de predicción da inmisión permiten predicir cándo se vai producir este fenómeno a partir de datos climáticos e evitalo modificando as mesturas de consumo e reducindo a carga.

A transformación realizada na Central Térmica entre 1993 e 1996 para utilizar como combustible unha mestura de carbón posibilitou a utilización puntual dun 100% de carbón de importación de forma que permitiu combater máis eficazmente a aparición de episodios de alteración da calidade do aire, que se producen ocasionalmente no contorno da central térmica en condicións meteorolóxicas adversas para o proceso de dispersión do penacho na atmosfera.

Para controlar estes episodios de inmisión implantouse un Sistema de Control Suplementario da Calidade Atmosférica que, baseado nos datos de calidade do aire subministrados en tempo real pola Rede de Vixilancia e Control da Calidade Atmosférica, e co apoio de ferramentas de predicción de inmisión, supón a realización de operacións específicas de redución de emisións. Algunhas destas medidas son:

- Substitución das mesturas de carbóns de consumo.
- Reducións de carga nos grupos xeradores.

Aínda que esta redución no número de episodios de inmisión é moi variable ano a ano en función das condicións meteorolóxicas existentes, sitúase de forma habitual arredor dun 70%.

Por último, é importante sinalar, no que á calidade de aire se refire, que se está a levar a cabo un redeseño da rede de calidade do aire co fin de adaptala ás novas lexislacións.

6.2 CENTRO PRODUCTOR DE UNIÓN FENOSA EN MEIRAMA

O centro produtor de UNIÓN FENOSA en Meirama consta dunha cheminea de 200 m de altura, cun fuste exterior de formigón e un conducto interior de ladrillo refractario antiácido entre os que se deixou unha cámara visitable. A velocidade de saída dos gases é elevada para

mellora-la sobreelevación do penacho, e existen orificios para monitores automáticos de medida de diferentes parámetros.

Dispón de dous conductos denominados conducto leste e oeste; cada un deles ten un diámetro de 6*8 m, e ambos dispoñen de orificio de medida a unha altura de 12 m. Estes conductos desembocan na cheminea.

O aire necesario para a combustión aspírase desde a intemperie por dous ventiladores axiais de tiro forzado que o impulsan a través de dous prequentadores de aire rexenerativos, onde se absorbe calor dos gases de combustión que abandonan a caldeira e que van cara ós dous precipitadores electrostáticos. Para vence-las resistencias no percorrido de fumes, despois dos precipitadores hai dous ventiladores axiais de tiro inducido que, posteriormente, os emiten á atmosfera.

6.2.1 EMISIÓNS ATMOSFÉRICAS E O SEU CONTROL

As emisións atmosféricas na central térmica de Meirama contrólanse con medidas manuais e automáticas.

A mostraxe manual realízase cunha sonda isocinética, en distintos puntos individuais de mostraxe na sección de cada un dos conductos. Este tipo de medidas lévase a cabo cada 3 meses.

Por outra banda, as medidas automáticas realízanse por medio de monitores automáticos de óxidos de nitróxeno e xofre, osíxeno, partículas e monóxido de carbono. Os equipos de medida están situados nos conductos que conectan os precipitadores electrostáticos coa cheminea. Os equipos de medición de óxidos de xofre e nitróxeno baséanse nunha técnica espectrofotométrica, as partículas determínanse por medio da turbidez con opacímetro, e o osíxeno, por método electroquímico. Na táboa seguinte indícanse os parámetros de control da rede de emisión, a técnica utilizada e a situación da medida.

Parámetro	Técnica	Situación
Óxidos de xofre e óxidos de nitróxeno	Absorción ultravioleta	Conducto oeste Conducto leste
Óxidos de nitróxeno	Absorción ultravioleta	Conducto oeste Conducto leste
Partículas en suspensión	Opacidade/Transmitancia	Conducto oeste Conducto leste
Osíxeno	Electroquímica	Conducto oeste Conducto leste

Na táboa seguinte móstranse os valores medios mensuais de emisión para o ano 2000:

mes	PAI (horas)	Potencia (MW)	Enerxía (MWh)	SO ₂ (mg/m ³ N)	NO _x (mg/m ³ N)	Partículas (mg/m ³ N)
Xaneiro	682	429	326.801	3.191	653	129
Febreiro	678	482	327.052	4.949	512	199
Marzo	743	514	381.715	5.131	562	192
Abril	481	499	239.808	5.284	544	198
Maio	529	425	224.724	5.186	473	160
Xuño	719	462	331.404	5.057	806	134
Xullo	743	468	347.591	3.785	653	128
Agosto	736	475	349.796	3.912	784	148
Setembro	698	518	361.840	3.562	534	151
Outubro	736	500	368.024	3.688	615	167
Novembro	704	479	337.552	5.132	693	143
Decembro	285	385	109.671	4.960	627	126
TOTAL	7.734	470	3.705.978	4.486	621	156

NOTA: As concentracións refírense a base seca, normalizada a un 6% de osíxeno

PAI: número de períodos horarios con potencia > 200 MW

Para reduci-las emisións de partículas úsanse electrofiltros (precipitadores electrostáticos).

As medidas de adecuación medioambiental no que se refire a emisións atmosféricas que a empresa realizou a partir do ano 1995 foron as seguintes:

- Utilización de carbón de importación de menor contido en xofre, transformación levada a cabo no período 1995-1997.
- Substitución e mellora dos equipos de control medioambiental, cambio efectuado no período 1995-1999.

6.2.2 CALIDADE DO AIRE

No contorno da Central Térmica de Meirama configurouse unha rede de estacións de mostraxe a partir dun estudio cos datos climatolóxicos do período que comprende desde xullo de 1977 ata xaneiro de 1981. Polo tanto, as unidades de control situáronse nas direccións predominantes dos ventos locais. A partir dun modelo de dispersión gaussiano de Pasquill-Gifford, con corrección topográfica e as fórmulas de Briggs para o cálculo da sobreelevación do penacho de fumes, obtivéronse datos de inmisión que permitiron defini-las estacións de mostraxe.

Para isto dispónse dunha Rede de Vixilancia e Control da Calidade Atmosférica formada por 4 estacións manuais e 8 automáticas (na figura 6.1 amósase a situación das mesmas); as características de cada unha delas móstranse na táboa seguinte:

Nome	Código	Municipio	Latitude N	Lonxitude W	Altitude m	Tipo
San Vicente de Vigo	15017002	Cambre	8° 18' 40"	43° 15' 02"	160	Automática/Manual
Xalo	15021001	Carral	8° 24' 10"	43° 13' 32"	470	Automática
Mesón do Vento	15021002	Carral	8° 21' 20"	43° 09' 58"	440	Automática/Manual
Cerceda	15024001	Cerceda	8° 28' 10"	43° 11' 41"	340	Automática
Paraxón	15026001	Cesuras	8° 11' 30"	43° 10' 43"	380	Automática
Galegos	15038001	Frades	8° 20' 00"	43° 02' 57"	320	Automática/Manual
Sobreira	15059003	Ordes	8° 25' 50"	43° 02' 03"	260	Automática
Vilagudín	15059002	Ordes	8° 29' 40"	43° 05' 40"	270	Automática/Manual

Nas estacións manuais, os equipos de medida absorben os contaminantes para a súa posterior análise en laboratorio e proporcionan medidas diarias de concentracións atmosféricas de dióxido de xofre, partículas en suspensión e partículas sedimentables. Nas estacións automáticas analízase de forma continua o aire ambiente, proporcionando datos instantáneos de concentracións de dióxido de xofre, óxidos de nitróxeno e partículas en suspensión. Ademais, tódalas estacións son tamén meteorolóxicas con sensores de temperatura, velocidade e dirección do vento. Os métodos utilizados sinálanse na táboa seguinte.

Estación	Parámetro	Técnica de análise
MANUAL	Dióxido de xofre	Método Thorina
	Partículas en suspensión	Método do fume negro normalizado
	Partículas sedimentables	Método gravimétrico
AUTOMÁTICA	Dióxido de xofre	Fluorescencia ultravioleta
	Óxidos de nitróxeno	Quimioluminiscencia
	Partículas en suspensión	Microbalanza ou nefelometría

Na táboa seguinte amósanse os valores de inmisión para as estacións da rede e compáranse cos valores límite segundo a lexislación do ano 2000.

Estación	Tipo	SO ₂ (µg/m ³ N)			Partículas (µg/m ³ N)			NO ₂ (µg/m ³ N)
		Percentil 50		Percentil 98	Percentil 50		Percentil 98	Percentil 98
		1/4/99 31/3/00	1/10/99 31/3/00	1/4/99 31/3/00	1/4/99 31/3/00	1/10/99 31/3/00	1/4/99 31/3/00	1/01/00 31/12/00
San Vicente de Vigo	Manual	12	19	70	3	4	19	45
	Automática	5	4	44	14	15	44	53
Xalo	Automática	12	12	90	13	12	23	24
Mesón do Vento	Manual	10	14	76	4	5	16	
	Automática	8	8	42	11	10	39	57
Cerceda	Automática	9	8	51	14	14	60	71
Paraxón	Automática	10	7	25	17	16	48	32
Galegos	Manual	8	7	40	2	2	14	
	Automática	7	6	86	11	10	38	36
Sobreira	Automática	5	4	51	16	19	63	38
Vilagudín	Manual	9	10	50	2	2	12	
	Automática	3	3	96	13	15	41	32
LÍMITE LEGAL		120	180	350	80	130	250	200

6.3 CENTRO PRODUCTOR DE UNIÓN FENOSA EN SABÓN

O centro produtor de UNIÓN FENOSA en Sabón consta de dúas chemineas, unha por grupo:

- A do grupo I mide 70 m de altura, cun diámetro de 4,66 m na base e 3,66 m na boca. Os controis realízanse nun conducto exterior antes da entrada dos gases á cheminea, a unha altura de 5 m.
- A do grupo II mide 200 m de altura e o seu diámetro é de 4,90 m. Presenta acceso interior e exterior cara á plataforma, onde se realizan os controis de emisión, situada a 72 m.

6.3.1 EMISIÓNES ATMOSFÉRICAS E O SEU CONTROL

As emisións atmosféricas na Central Térmica de Sabón contrólanse con medidas manuais e automáticas.

Na táboa seguinte indícanse os valores medios mensuais de emisión para o ano 2000:

mes	PAI (horas)	Potencia (MW)	Enerxía (MWH)	SO ₂ (mg/m ³ N)	NO _x (mg/m ³ N)	Partículas (mg/m ³ N)
GRUPO 1						
Xaneiro	Non se xeraron emisións ó non entrar en funcionamento					
Febreiro	Non se xeraron emisións posto que entrou en funcionamento tan só 9 horas					
Marzo	146	84	14.115	4.066	501	90
Abril	163	85	13.789	3.542	311	95
Maio	Non se xeraron emisións ó non entrar en funcionamento					
Xuño	18	45	885	4.119	627	89
Xullo	102	73	7.496	3.776	614	153
Agosto	Non se xeraron emisións ó non entrar en funcionamento					
Setembro	445	87	38.966	4.155	478	132
Outubro	407	83	33.957	4.018	571	116
Novembro	40	85	3.404	3.928	549	85
Decembro	Non se xeraron emisións ó non entrar en funcionamento					
TOTAL	1.321	77	112.612	3.943	522	109
GRUPO 2						
Xaneiro	203	223	44.790	3.588	358	132
Febreiro	193	208	40.140	3.658	341	148
Marzo	349	258	97.797	3.714	300	135
Abril	268	265	71.498	3.744	328	150
Maio	Non se xeraron emisións ó non entrar en funcionamento					
Xuño	16	147	2.322	3.859	452	129
Xullo	248	211	52.130	4.291	472	125
Agosto	18	130	2.507	3.768	337	139
Setembro	421	228	95.701	4.287	334	145
Outubro	370	221	82.133	3.977	375	134
Novembro	275	145	43.039	3.783	359	144
Decembro	8	122	973	2.230	306	103
TOTAL	2.369	196	533.030	2.230	360	135

NOTA: As concentracións refírense a base seca, normalizada a un 6% de osíxeno

PAI: número de períodos horarios con potencia > 100 MW no caso do grupo I e potencia >40 MW no caso do grupo II

Para reduci-las emisións de partículas, utilízase un promotor de combustión Acom Aktivator.

As medidas de adecuación medioambiental relativas a emisións atmosféricas que a empresa realizou a partir do ano 1995 foron as seguintes:

- Contraste de medidas automáticas de partículas de inmisión.
- Transmisión automática de datos á Xunta de Galicia.
- Tratamento e transmisión de datos á/da estación de Paiosaco.

- Monitorización da emisión no grupo I.
- Analizador de partículas de inmisión.
- Relocalización da estación de inmisión de Labañou a Sorrizo.
- Contraste analizador de partículas de Paiosaco.
- Contraste analizador de partículas de inmisión.
- Monitorización da emisión no grupo I.
- Implantación de SIGMA na sala de control.
- Acondicionamento da opacidade no/do osíxeno no grupo I.
- Adquisición dun Datalogger de comunicacións AIDA para o SIGMA.

6.3.2 CALIDADE DO AIRE

A Central Térmica de Sabón consta dunha Rede de Vixilancia e Control da Calidade Atmosférica formada por 2 estacións manuais e 3 automáticas (na figura 6.1 amósase a situación das mesmas); as características de cada unha delas amósanse na táboa seguinte:

Nome	Código	Municipio	Latitude N	Lonxitude W	Tipo
Bordeiras	15005001	Arteixo	43° 20' 01"	08° 28' 05"	Manual
Armentón	15005004	Arteixo	43° 18' 00"	08° 31' 24"	Manual
Lañas	15005009	Arteixo	43° 17' 36"	08° 31' 04"	Automática
Sorrizo	15030024	Arteixo	43° 18' 27"	08° 34' 56"	Automática
Paiosaco	15041001	Paiosaco	43° 15' 38"	08° 33' 13"	Automática

Nas estacións manuais, os equipos de medida absorben os contaminantes para a súa posterior análise en laboratorio e proporcionan medidas diarias de concentracións atmosféricas de dióxido de xofre, de partículas en suspensión. Nas estacións automáticas analízase de forma continua o aire ambiente proporcionando datos instantáneos de concentracións de dióxido de xofre, óxidos de nitróxeno e partículas en suspensión excepto na estación de Sorrizo que non dispón de sensor de óxidos de nitróxeno. Ademais, a estación de Paiosaco é tamén meteorolóxica con sensores de temperatura, velocidade e dirección do vento. Os métodos utilizados sinálanse na táboa seguinte:

Estación	Parámetro	Técnica de análise
MANUAL	Dióxido de xofre	Método Thorina
	Partículas en suspensión	Método do fume negro normalizado
AUTOMÁTICA	Dióxido de xofre	Fluorescencia ultravioleta
	Óxidos de nitróxeno	Quimioluminiscencia
	Partículas en suspensión	Absorción beta ou microbalanza

Na táboa seguinte móstranse os valores de inmisión para as estacións manuais e automáticas da rede e compáranse cos valores límite segundo a lexislación do ano 2000.

Estación	Tipo	SO ₂ (µg/m ³ N)			Partículas (µg/m ³ N)			NO ₂ (µg/m ³ N)
		Percentil 50		Percentil 98	Percentil 50		Percentil 98	Percentil 98
		1/4/99	1/10/99	1/4/99	1/4/99	1/10/99	1/4/99	1/01/00
		31/3/00	31/3/00	31/3/00	31/3/00	31/3/00	31/3/00	31/12/00
Bordeiras	Manual	2	12	6	2	13	7	
Armentón	Manual	29	21	3	3	14	31	
Lañas	Automática	27	20	25	11	16	13	62
Sorrizo	Automática	27	15	17	11	15	12	Sen medida
Paiosaco	Automática	41	17	19	21	13	9	42
LÍMITE LEXISLACIÓN		120	180	350	80	130	250	200

A continuación amósase sobre un mapa de Galicia a localización das estacións de medida das tres centrais térmicas expostas: As Pontes, Meirama e Sabón.

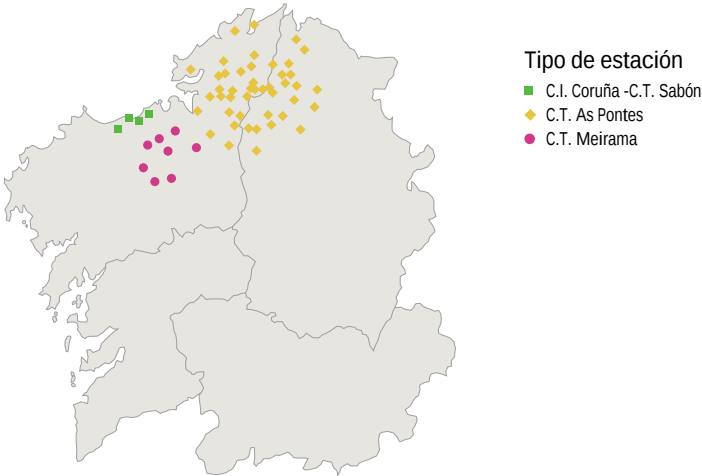


Figura 6.1. Localización das estacións de medida correspondentes ás centrais térmicas de Galicia.

7 FONTES PRINCIPAIS DE CONTAMINACIÓN DA AUGA E O SEU CONTROL

Ademais da xeración de contaminación atmosférica, as GIC tamén son unha fonte importante de vertidos hídricos a ríos, lagos e sistemas mariños. Estes vertidos están en forma de augas residuais ou de refrixeración, e poden causar problemas na calidade das augas, dependendo sobre todo do tipo de combustible usado, da técnica de redución, da técnica de refrixeración e, consecuentemente, da cantidade de auga usada. Os axentes biolóxicos e químicos engadidos para o tratamento destes tamén son un factor que se debe ter en conta no impacto sobre os sistemas hídricos.

Os usos principais de auga nunha central térmica son os seguintes:

- Sistemas de refrixeración.
- Planta de desmineralización e potabilización.
- Depuración de gases de combustión
- Acondicionamento e transporte de residuos sólidos.
- Limpezas periódicas.

Segundo isto, as fontes principais de correntes de efluentes nunha planta de combustión de combustibles fósiles pódense clasificar da seguinte forma:

- Purgas e drenaxes de sistemas de refrixeración.
- Augas residuais da planta de desulfuración dos gases de combustión.
- Auga residual procedente da limpeza de escouras e do transporte de cinzas.
- Augas residuais procedentes da rexeneración de desmineralizadores e sistemas de purificación de condensado.
- Augas residuais procedentes da apagado de caldeiras, prequentadores de aire e precipitadores de cinzas.
- Augas de escorrentías, entre as que se encontran aquelas procedentes das zonas de almacenamento.

A eficiencia térmica dun ciclo de combustión está restrinxida por límites termodinámicos do ciclo de Carnot, que é un ciclo de combustión ideal. Isto significa que non toda a enerxía química do combustible pode transformarse en enerxía mecánica e esta en enerxía eléctrica. O resultado é que unha porción significativa de enerxía subministrada por combustión se disipa ó nivel do condensador e se transfire ós arredores como descargas de combustión. A maior parte das plantas de combustión utilizan grandes cantidades de auga de refrixeración, e procede de fontes superficiais naturais (lagos, ríos, mar) ou artificiais construídas con esta finalidade (encoros).

As instalacións de combustión utilizan para refrixeración circuito aberto ou pechado:

- O circuito aberto transfere a calor residual do sistema hídrico e emprégase normalmente en instalacións pequenas ou cando a refrixeración se efectúa con auga de mar.
- O circuito pechado dispón de torres de refrixeración de forma que a maior parte da calor residual é transferida á atmosfera e non ó medio acuático.

Por outra parte, as correntes de augas residuais mencionadas poden estar contaminadas por diferentes tipos de contaminantes. Os contaminantes principais e parámetros que se deben considerar nas GIC sinálanse a continuación, de acordo coa Decisión da Comisión 2000/479/EC para a implementación do EPER:

Contaminantes	
Fluoruros	Zinc y sus compuestos
Cloruros	Plomo y sus compuestos
Carbono Orgánico Total (COT)	Níquel y sus compuestos
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	Mercurio y sus compuestos
	Cobre y sus compuestos
Benceno	Cromo y sus compuestos
Tolueno	Cadmio y sus compuestos
Etilbenceno	Fósforo total
Xilenos	Nitrógeno total

Debido ó seu comportamento químico, biolóxico e físico, estes compostos poden ter un impacto elevado sobre os sistemas hídricos. Estas

substancias poden causar cambios na auga, aumentando a acidez ou alcalinidade (cambio de pH), salinidade, redución do contido en osíxeno e aumento do crecemento das plantas debido á emisión de nutrientes. A auga do lavado de escouras e transporte de cinzas ten un carácter alcalino debido á composición das cinzas, mentres que a procedente do lavado da caldeira é ácida. A auga residual da planta de desulfuración contén sales como cloruros e sulfatos. Estes efectos teñen as súas consecuencias, xa que a maioría dos organismos posúen límites de tolerancia específicos en relación co pH e a salinidade.

Moitas substancias químicas presentes en augas residuais foron identificadas como tóxicas para plantas e animais. Os grupos máis importantes de contaminantes tóxicos son algúns metais (mercurio, chumbo e cadmio) e algúns compostos orgánicos, gases reactivos como amoníaco, anións como cianuros e fluoruros, ácidos e álcalis. As substancias disoltas son un problema particular, pois actúan sobre a vida acuática, a miúdo de forma pasiva. Estes contaminantes teñen efectos negativos incluso en cantidades moi pequenas; as concentracións de metais da orde de partes por millóns inhiben o crecemento das plantas. O efecto tóxico dalgúns compostos metálicos é debido ó feito de que, baixo condicións químicas correctas, os metais poden entrar en cursos naturais de auga como especies solubles e seren rapidamente e de forma irreversible asimiladas na cadea alimentaria. O efecto de varios contaminantes asociados no ambiente acuático pode ser aditivo, antagonista (onde o efecto combinado nun organismo é menor có predicido por cada un deles cando está sen combinar) ou sinerxista (o efecto é maior cando está combinado ca cando está libre).

7.1 CENTRO PRODUCTOR DE ENDESA NAS PONTES

O abastecemento de auga necesario para o funcionamento da central térmica realízase desde o río Eume, ó que tamén se verten as augas residuais producidas. Este río, cunha lonxitude aproximada de 80 km, diríxese desde o seu nacemento na serra do Xistral, ó norte da provincia de Lugo, pasando pola depresión das Pontes, ata a súa desembocadura na ría de Ares.

Aproximadamente 3 km augas arriba das Pontes construíuse o enco-ro da Ribeira, propiedade de Endesa, o cal, cunha capacidade de 32,8 km³, asegura a subministración de auga á central térmica.

O consumo de auga máis importante da central térmica (do 85%, aproximadamente) está asociado ó funcionamento dos sistemas de refrixeración en circuíto cerrado existentes nos grupos xeradores. Outros consumos de auga están relacionados con operacións de pota-bilización, desmineralización, rega, contraincendios e servicios diver-sos.

As diferentes augas residuais xeradas na central térmica son as seguintes:

- Purgas dos sistemas de refrixeración. Cun caudal aproximado de 150 m³/h por grupo, constitúen as augas residuais máis importan-tes da central térmica. Reutilízanse para apaga-las escouras antes de envialas á planta de tratamento de efluentes líquidos (planta TEL), polo que as súas características fundamentais son o seu alto contido en sólidos en suspensión e a súa temperatura elevada. O caudal xerado é de 6,00 hm³/ano, aproximadamente.
- Augas residuais da planta de tratamento de augas de achega. Asociadas a procesos de limpeza de filtros, rexeneración de resi-nas iónicas, enxaugues, etc. O seu caudal é duns 0,50 hm³/ano.
- Augas sanitarias, cun caudal estimado de 0,20 hm³/ano.
- Augas de servicios xerais. Asociadas a operacións de limpeza, rega, contraincendios, refrixeración auxiliar, etc. O caudal estima-do é de 2,50 hm³/ano.
- Augas pluviais. Aínda que as cantidades xeradas son variables en función da pluviometría existente, estímase unha esorrentía de 0,70 hm³/ano na área de recollida da central térmica.

As augas residuais xeradas en toda a zona envíanse cara á cabecei-ra da planta de tratamento de efluentes líquidos, onde son depuradas conxuntamente cos efluentes procedentes da mina de lignito a ceo aberto e do vertedoiro correspondente.

A planta está deseñada para tratar caudais comprendidos entre 0,45 e 30,00 m³/s, e rebaixa-lo contido dos seguintes parámetros:

- Sólidos en suspensión
- Acidez
- Metais pesados disoltos
- Flotantes, graxas e aceites

A continuación enuméranse as fases das que consta a planta TEL e explícanse brevemente (véxase o diagrama de fluxo -figura 7.1-).

Predesbaste

Nesta primeira etapa extráense os sólidos de maior tamaño que veñen arrastrados polo efluente. Consta de tres reixas de grosos, cunha separación entre barrotes de 200 mm, e un pozo de grosos, que impiden o paso das partículas de maior tamaño.

Canle de medida

Nesta canle, deseñada cunha xeometría específica, mídese o caudal que entra á planta en cada momento.

Desbaste

Consta de trece “reixas de finos”, cunha separación entre barrotes de 12 mm, que impiden o paso de partículas de tamaño superior.

Reactor A

Mediante un proceso H.D.S. (High Density Sludge -lodos de alta densidade), mellóranse os rendementos na neutralización eliminando a acidez das augas, e conséguense uns lodos máis densos. Nesta etapa realízase unha mestura de suspensión de cal apagado e lodo recirculado desde os decantadores. Esta mestura será o axente neutralizante empregado en etapas posteriores.

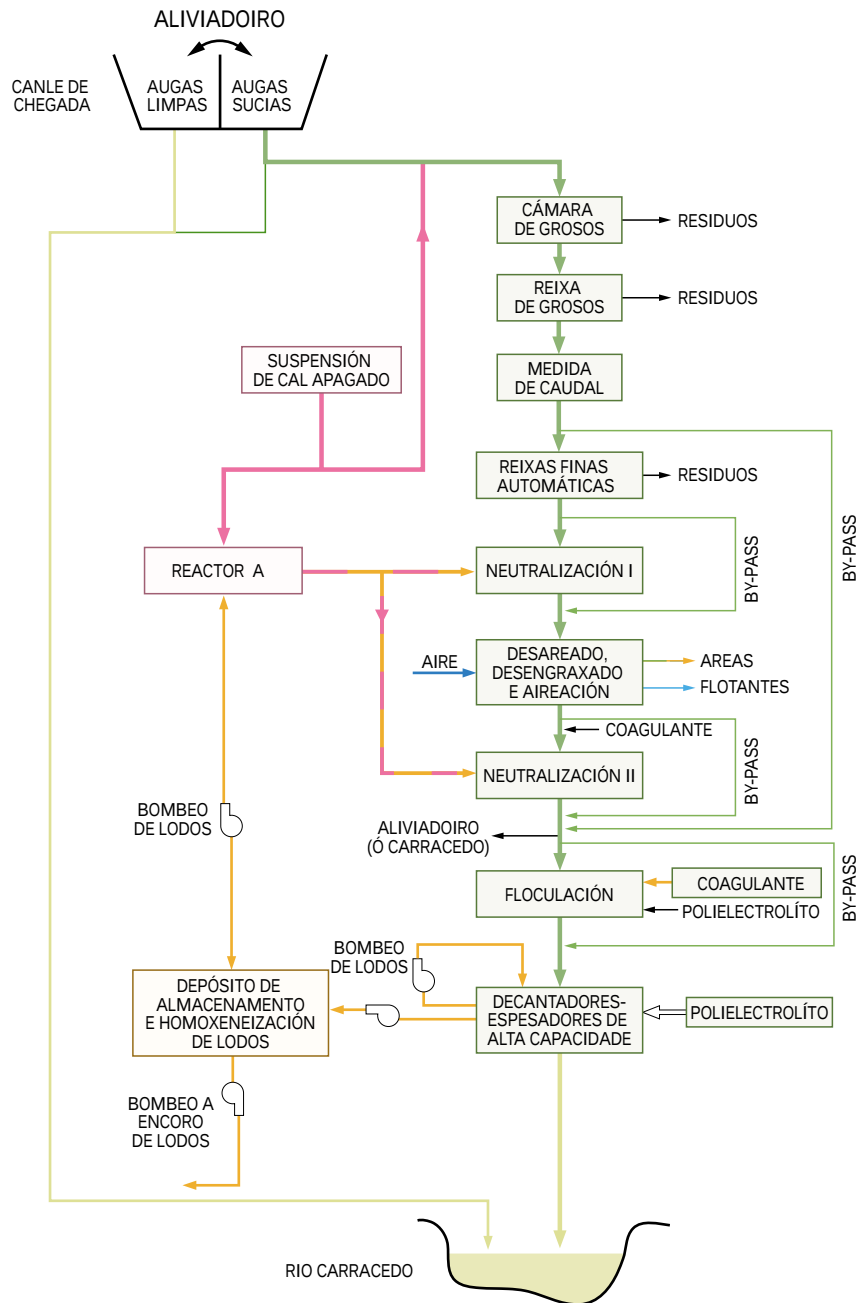


Figura 7.1. Diagrama do proceso de planta TEL da C.T. das Pontes.

Neutralización I

Componse de tres cubas en paralelo nas que se contrarresta a acidez das augas mediante a adición, axitación e mestura do axente neutralizante preparado anteriormente no reactor A.

Desareado-desengraxado

Esta etapa ten seis desareadores instalados en paralelo e agrupados por parellas. Cada parella está equipada cun carro que o percorre lonxitudinalmente e que, á súa vez, consta de:

- Unha varredora de superficie que arrastra as graxas e os aceites postos anteriormente en flotación.
- Unhas bombas que varren o fondo dos desareadores, a función das cales é a de extrae-las areas que se encontran decantadas.

Para favorecer a separación entre os materiais que se queren extraer, inyéctase aire xerado por cinco soprantes.

Neutralización II

Consta de tres cubas situadas en paralelo, nas que se termina de contrarresta-la acidez das augas. A misión deste proceso é axustar de forma precisa o valor do pH ó que se debe chegar ó final do proceso. O seu funcionamento é similar e complementario ó da etapa de neutralización I.

Floculación

Esta etapa consta de catro cubas, cada unha equipada con catro axitadores de velocidade variable, para conseguir unha mestura íntima entre o efluente que se vai tratar e un axente floculante. O seu cometido é formar, a partir das pequenas partículas (microflóculos) que están en suspensión, outras maiores (flóculos) que sexan facilmente decantables.

Decantadores

Son seis unidades circulares de 40 m de diámetro; a súa misión é lograr que os flóculos se dirixan por gravidade cara ó fondo e que a

auga clarificada se dirixa ás canles de saída, o que se consegue mediante unhas velocidades ascensionais da auga moi lentas que impiden o arrastre das partículas cara á superficie.

Canle de auga decantada

Esta canle recolle a auga clarificada da saída dos decantadores antes de vertela ó río. Nel están situadas as tomas das bombas de auga de servizo para a planta.

Sala de reactivos

Os reactivos utilizados no tratamento (suspensión de cal apagada, floculante e coagulante) prepáranse e dosifícanse de forma automática nas concentracións necesarias, para un bo funcionamento do proceso.

Depósito de homoxeneización

É un tanque de 65 m de diámetro no que se deposita o lodo que se extraeu dos decantadores mediante as bombas de purga.

Bombeo de lodos

A misión deste sistema é toma-lo lodo do depósito de homoxeneización e envialo, mediante un tubo, á presa de lodos; ten unha capacidade de 5 hm³. O sistema consta de catro bombas principais, capaz cada unha de subministrar un caudal de 1.600 m³/h ata a presa de lodos. A descarga está situada a unha altura de 35 m e a unha distancia de 2 km.

Sistema de control

A coordinación e o correcto funcionamento de tódolos elementos da planta realízanse desde o sistema de control. Este sistema recibe infor-

mación sobre o tratamento a partir de instrumentos de medida situados ó longo de tódalas etapas do proceso. Conta con nove microprocesadores unidos a un ordenador de “rango superior” por unha rede informática de alta velocidade, o que permite dar ordes.

En tódalas etapas do proceso existen bombas para tomar mostras e envialas ó laboratorio químico da planta. Estas mostras analízanse para comprobar e complementa-los resultados obtidos polos instrumentos de medida en continuo, asegurando desta forma que non existan desviacións dos valores do proceso con respecto ós teóricos. Por outra parte, realízanse ensaios e investigacións para optimiza-lo proceso ante posibles variacións no efluente que se está a tratar.

O vertido final ten as características que se indican na táboa dos valores medios do ano 2000:

Parámetro	Valor
Caudal (m ³ /s)	2,40
Temperatura (°C)	16,30
pH	7,59
Conductividade (μS/cm)	730,00
DQO (mg/L)	4,87
Sólidos en suspensión (mg/L)	4,25
Aceites e graxas (mg/L)	<0,50
Fe (mg/L)	<0,05
AL (mg/L)	0,12
Mn (mg/L)	0,82
Zn (μg/L)	<5,00

O río Eume constitúe o leito receptor dos vertidos hídricos do complexo mineiro-eléctrico das Pontes. Neste sistema, realízanse diversas actividades de caracterización analítica e biolóxica definidas no denominado Plan de Vixilancia do río Eume co obxectivo de controlar en todo momento a calidade das súas augas.

7.2 CENTRO PRODUCTOR DE UNIÓN FENOSA EN MEIRAMA

A Central Térmica de Meirama construíu, no seu momento, un sistema para abastecerse de auga, incluíndo dous encoros (Vilagudín e San Cosmade) e un transvase mediante o que se bombea auga desde o

A presa de San Cosmade construíuse no ano 1979; ten 18 m de altura sobre a canle, e o seu volume teórico é de 1,4 hm³ nunha superficie de 38 ha. A súa profundidade máxima teórica é de 12 m, mentres que a media é de 3,6 m. Os fornecementos naturais da conca ó encoro (arroyo de Fonte da Pedra e Arroio de Ouceira) son pequenas, aproximadamente 250 L/s, pero compénsanse cos bombeos desde o encoro de Vilagudín. A renovación do encoro prodúcese cunha periodicidade de entre un e dous meses.

O esquema hidrolóxico pódese observar de seguido:



106

Como xa se expuxo no capítulo de descrición da central, existen dúas plantas de tratamento principais: sistema de neutralización de drenaxes e planta depuradora de auga de escorrentía, ademais dunha planta de tratamento de augas negras e un separador API para tratar as augas que poidan arrastrar aceites.

O diagrama de fluxo do sistema de vertidos amósase a continuación:

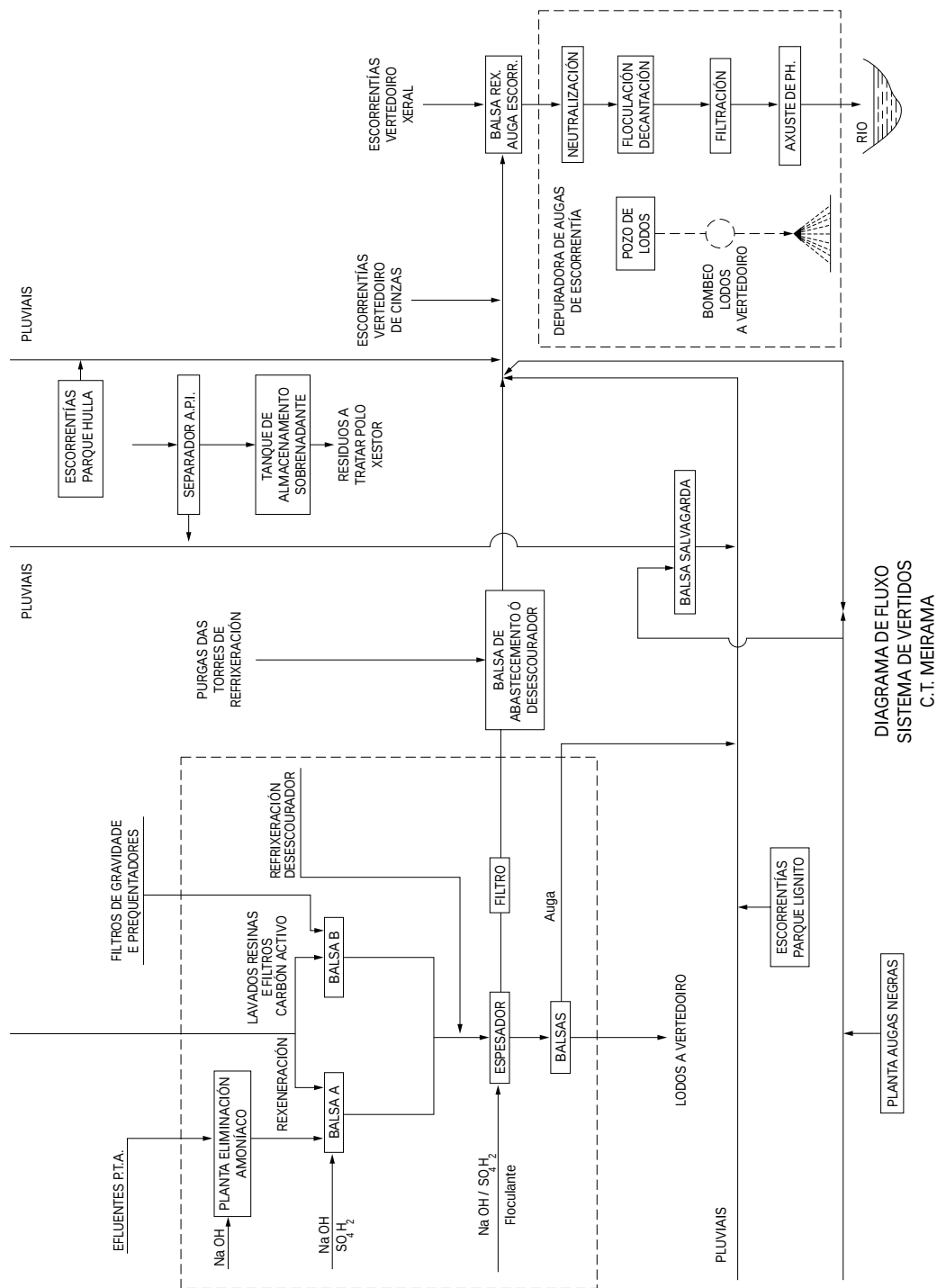


Figura 7.3. Diagrama de flujo do sistema de vertidos C.T. de Meirama.

O sistema de neutralización de drenaxes recibe os efluentes da central que presentan un pH ácido ou básico ou que arrastran sólidos en suspensión. Unha vez tratados no sistema, estes efluentes condúcense á piscina de achega ó desescourador, que tamén recibe a purga da torre de refrixeración. Unha parte da auga que chega a esta piscina reutilízase na central para refrixera-lo desescourador e para humecta-las cinzas. A auga sobrante pasa por rebordamento a un colector xeral. Antes deste colector está instalada unha balsa de salvagarda tralo separador API como elemento de seguridade ante posibles anomalías das características do efluente. O destino final dos vertidos é a depuradora de LIMEISA.

7.3 CENTRO PRODUCTOR DE UNIÓN FENOSA EN SABÓN

O centro produtor de UNIÓN FENOSA en Sabón xera unha serie de vertidos hídricos procedentes do proceso, así como os sanitarios. Na táboa seguinte móstrase para cada tipo a procedencia, así como o volume correspondente ó ano 2000.

Tipo de efluente	Procedencia	Caudal (m ³)
Refrixeración de condensadores	Mar	112.326.000
Vertido final ó colector do Polígono Industrial de Sabón	Encoro	66.694

A auga de mar non se somete a tratamento, posto que unicamente sofre un incremento de temperatura ó non ter contacto co proceso.

O tratamento dos efluentes segue tres liñas de actuación, ademais dun bombeo ó final do colector do polígono industrial. Estas liñas de actuación, a grandes trazos, son as seguintes:

1. Recollida e homoxeneización de augas contaminadas.
2. Tratamento fisicoquímico na planta de efluentes. Nesta planta lévase a cabo unha neutralización conxunta das augas ácidas procedentes do efluente da planta desmineralizadora, pretratamento de augas, balsa de lavado de prequentadores e saída dos separadores API de aceites e graxa. Posteriormente realízase unha floculación das augas neutralizados e trátanse os lodos nun filtro banda.
3. Recollida de tódalas fecais nun colector perimetral.

4. Bombeo final conxunto das augas de saída da planta de efluentes e do colector de fecais.

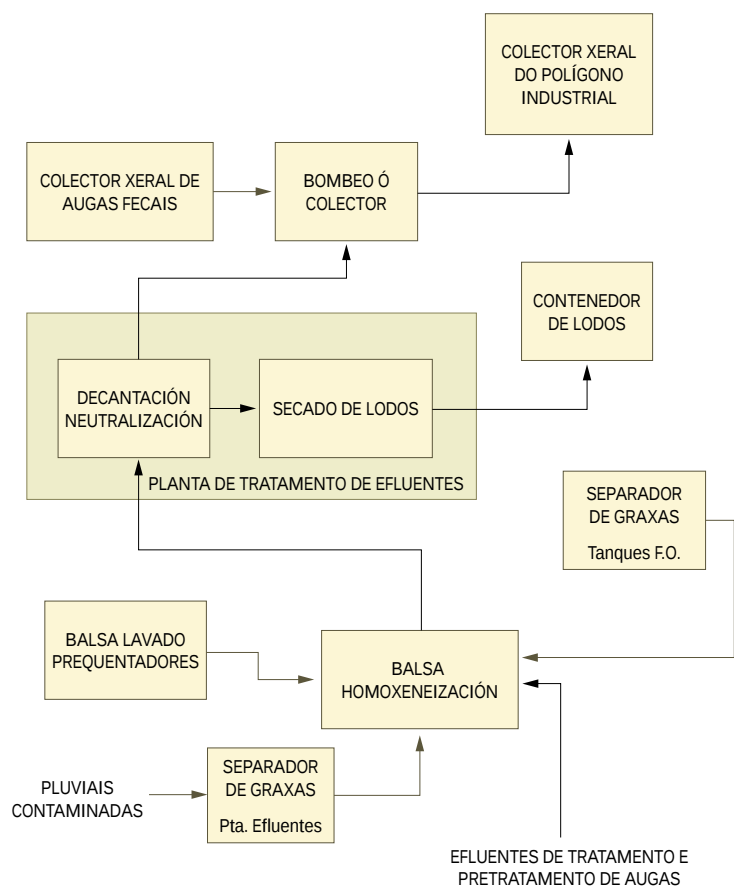


Figura 7.4. Esquema de tratamento de efluentes na C.T. de Sabón.

O destino final dos vertidos é a rede de sumidoiros. Este vertido contrólase mediante análise de diferentes parámetros. Os valores dos parámetros básicos para o ano 2000 foron os seguintes:

Parámetro	Valor
Caudal (m ³ /ano)	66.694
PH	6,72
DQO (mg/L)	36,76
Sólidos en suspensión (mg/L)	60,23
DBO5 (mg/L)	3,00

8 RESIDUOS

A utilización de combustibles fósiles está asociada á xeración dunha variedade de residuos e subproductos. Dependendo da súa orixe, os residuos dunha planta de combustión pódense dividir en residuos directamente relacionados co proceso de combustión e residuos xerados debido á operación da planta e os equipos auxiliares, como muíños de carbón e plantas de tratamento de augas. Os residuos directamente relacionados co proceso de combustión dos combustibles fósiles son cinzas (voantes e de cinceiro) e residuos que se xeran na desulfuración dos gases de combustión:

- Cinzas de cinceiro e/ou escouras de fondo. As cinzas de cinceiro son material incombustible que sedimenta no fondo da caldeira e permanece en forma de cinza non cosolidada. Se a temperatura de combustión é maior cá temperatura de fusión das cinzas, estas quedan en forma de escoura nun estado fundido ata que se eliminan polo fondo da caldeira como escouras de fondo.
- Cinzas do leito. Nunha instalación de combustión en leito fluído para un combustible sólido como o carbón dá lugar á xeración de cinzas de leito, formadas por material sobrance do leito e cinzas do combustible. Elimínanse do fondo da cámara de combustión de leito fluído.
- Cinzas voantes. Representan a parte de material incombustible que sae da caldeira co gas de combustión. Recóllense no equipo de control de partículas (precipitadores electrostáticos ou filtros de mangas) e tamén de diferentes partes da caldeira como o economizador e o prequentador de aire. Nas instalacións que teñen como combustible carbón ou lignito, a cantidade de cinzas voantes é maior ca no resto, anque tamén se xeran cantidades importantes en instalacións de combustibles líquidos.
- Residuos e subproductos da desulfuración do gas de combustión. As diferentes técnicas de desulfuración xeran gran número de residuos e subproductos. Os depuradores húmidos de cal/calcaria producen xeso como subproduto; os sistemas de depuración seca producen unha mestura de adsorbente sen reaccionar (cal, calca-

ria, carbonatos de sodio e de calcio), sales de xofre e cinzas voantes como residuo.

As cantidades maiores de residuos procedentes de GIC son cinzas e residuos da desulfuración do gas de combustión. Estes residuos deposítanse nun vertedoiro, aínda que tamén se poden utilizar como aditivos na produción do cemento, agregado no asfalto, recuperación de minas ou estabilización de residuos, etc. O xeso subproduto da planta de desulfuración emprégase moito como substituto do xeso natural.

Ademais dos grandes volumes de residuos relacionados de forma directa coa combustión, xéranse outros de menor volume relacionados coas operacións auxiliares. Estes residuos son principalmente os seguintes:

- Residuos da limpeza das caldeiras.
- Refugалlos da moedura de combustibles sólidos.
- Lodos das plantas de tratamento de augas.
- Resinas de intercambio iónico.
- Catalizadores dos procesos de redución catalítica selectiva.
- Residuos de laboratorio.

8.1 CENTRO PRODUCTOR DE ENDESA NAS PONTES

Os residuos que se producen nas instalacións da Central Térmica das Pontes poden clasificarse, en función da lexislación vixente e do tipo de tratamento previsto para cada caso, nos seguintes tipos:

- Residuos industriais inertes.
- Residuos perigosos.
- Residuos urbanos ou municipais.

Os residuos industriais inertes son aqueles que, caracterizados pola súa inocuidade, e sendo polo tanto non perigosos, requiren sistemas de xestión específicos e diferenciados dos que se lles aplican ós residuos domésticos.

Os residuos perigosos son considerados como tales por presentar algún dos constituíntes definidos na lexislación vixente e ser un risco para a saúde humana, os recursos naturais ou o medio ambiente.

Os residuos urbanos ou municipais son aqueles con características que lles permiten ser xestionados xunto ós residuos de carácter doméstico.

Co obxecto de lle dar a cada residuo o destino máis adecuado en función das súas características, a central térmica dispón dun sistema de recollida selectiva de residuos que, no caso dos residuos perigosos, leva consigo a súa entrega a un xestor autorizado para as operacións de tratamento, recuperación ou eliminación destes e, en case tódolos residuos industriais inertes, a realización de operacións de valorización e/ou eliminación nas instalacións dispoñibles no propio complexo mineiro eléctrico.

Os residuos industriais inertes xerados de forma habitual son os seguintes:

- Cinzas voantes.
- Escouras.
- Rexeitamentos do sistema de almacenamento, transporte e preparación do carbón.
- Materiais de refugallo de obra civil.
- Residuos das operacións de predesbaste e desbaste da planta de tratamento de efluentes líquidos.
- Residuos das operacións de desareado da planta de tratamento de efluentes líquidos.
- Lodos de decantación da planta de tratamento de efluentes líquidos.
- Materiais de calorifugado.
- Materiais de refractarios.
- Chatarra.

Entre todos eles, os máis relevantes en función das cantidades producidas son as cinzas voantes (1.400.000 t/ano) e as escouras (250.000 t/ano), que constitúen os residuos sólidos directamente asociados ó proceso de combustión do carbón. O destino final destes residuos é o vertedoiro da mina, onde se valorizan ó actuar como materiais correctores da acidez do solo no proceso de restauración mineira.

Os lodos de decantación da planta de tratamento de efluentes líquidos constitúen outro residuo inerte relevante (50.000 t/ano) que finalmente vai ó depósito de lodos, concavidade artificial situada nas proximidades da central térmica.

Os residuos perigosos que se xeran de forma habitual nas instalacións son os seguintes:

- Aceites usados.
- Graxas usadas.
- Disolventes.
- Trapos e papel contaminados con aceites, graxas e disolventes.
- Lámpadas fluorescentes.
- Filtros de aceite e engraxadores.
- Baterías.
- Pilas.
- Residuos con amianto.
- Residuos contaminados con PCB.
- Taladrinas.
- Envases contaminados.
- Gravas, areas e absorbentes granulados contaminados con hidrocarburos.
- Mesturas auga-hidrocarburos líquidos.

A característica fundamental dos residuos perigosos é que ningún deles está directamente vinculado ó proceso productivo. Todos eles se

xeran en procesos ou servicios auxiliares e durante a realización de operacións de mantemento.

Os residuos asimilables a urbanos máis habituais son os seguintes:

- Papel.
- Plásticos.
- Madeira.
- Tóner de impresora e fotocopiadora.
- Restos orgánicos.

Os procedementos e instrucións técnicas, implantados no marco do sistema de xestión medioambiental, aseguran o control global do proceso de xestión de residuos desde a súa xeración inicial ata a súa eliminación ou valorización final, así como a definición e implantación de accións de mellora orientadas á minimización destes.

8.2 CENTRO PRODUCTOR DE UNIÓN FENOSA EN MEIRAMA

Os residuos que se producen nas instalacións da Central Térmica de Meirama poden clasificarse, en función da lexislación vixente e do tipo de tratamento previsto para cada caso, nos seguintes tipos:

- Residuos urbanos ou municipais.
- Residuos industriais inertes.
- Residuos perigosos.

Os **residuos inertes** máis comunmente xerados na central son os seguintes:

- Chatarra. Proceden de residuos mecánicos, taller, etc. Gárdanse no almacén de chatarra e a recollida faise de forma periódica por unha empresa contratada.
- Material illante non tóxico. Proceden dos sistemas de illamento. Estos materiais almacenanse en contedores de residuos asimilables a urbanos ata a recollida municipal.

- Vidro, procedente do comedor e varios. Almacénase en contedores de residuos asimilables a urbanos ata a recollida municipal
- Escouras. Procedentes do proceso de combustión, e son enviadas ó vertedoiro de LIMEISA.
- Cinzas. Procedentes do proceso de combustión, e son enviadas ó vertedoiro de LIMEISA.
- Lodos de depuración. Proceden da planta de neutralización de drenaxes e son enviadas ó vertedoiro de LIMEISA.

Entre todos eles, os máis relevantes en función das cantidades producidas son as cinzas (346.000 t/ano) e as escouras (286.000 t/ano), que constitúen os residuos sólidos directamente asociados ó proceso de combustión do carbón. O destino final destes residuos é o vertedoiro.

Os **residuos asimilables a urbanos** orixínanse en distintos puntos da central, principalmente nas oficinas e no comedor. A xestión dos residuos máis característicos lévase a cabo segundo os procedementos seguintes:

- Cartóns. Proceden de embalaxes; son xerados polo propio almacén xeral ou levados a el polo persoal da contrata de limpeza procedentes das distintas instalacións da central. Gárdanse no almacén xeral baixo a responsabilidade do xestor de almacén ata que se lle entregan a unha empresa especializada en reciclalo.
- Papel. Recóllese nuns contedores debidamente identificados. Procede das distintas dependencias da central. É levado polo persoal da contrata de limpeza ó almacén xeral, onde se almacena baixo a responsabilidade do xestor de almacén ata a súa xestión por unha empresa especializada en reciclalo.
- Plásticos e madeira. Proceden das distintas dependencias da central. Son recollidos polo persoal da contrata de limpeza e almacénanse nos contedores de residuos urbanos para seren recollidos polos servicios municipais.

- Restos orgánicos. Proceden do comedor da central. O persoal da contrata de servicio do comedor é o encargado de recollelos e retiralos.

Os **residuos perigosos e tóxicos** (segundo a lista de residuos perigosos aprobada no Real decreto 952/1997) xerados na Central Térmica de Meirama son, entre outros e sen carácter excluín-te, dos seguintes tipos:

- Aceites usados

Os aceites usados xerados proceden, na súa maioría, das actividades derivadas das áreas de produción e mantemento e perdas dalgúns transformadores e interruptores.

Os aceites usados procedentes das actividades de operación e mantemento recóllense en bidóns para, posteriormente, trasladalos ó almacén específico para aceites usados e xestionalos.

A superficie de almacenamento posúe unha cubeta de retención, provista dun sistema de drenaxe que termina nun pequeno tratamento de separación de graxas para previr posibles fugas e derramos. Nesta superficie tamén se encontran bidóns de mesturas de hidrocarburos e auga.

As perdas e fugas dalgúns transformadores recóllense nas súas respectivas cubetas e canalízanse ata o tanque de recollida de aceites dieléctricos situado nas súas proximidades para xestionalos posteriormente. No resto dos transformadores, as perdas quedan almacenadas na súa propia cubeta para seren logo retiradas por succión.

- Aceites dieléctricos con piralenos

Existen varios transformadores na central que conteñen aceites dieléctricos con piralenos, os cales se identifican adecuadamente. Tódolos transformadores deste tipo posúen cubetas de recollida coa finalidade de reteren as posibles fugas e exsudados.

- Mesturas de hidrocarburo/auga

O residuo xérase como consecuencia da recollida de pluviais con hidrocarburos e da fracción que non queda separada no sistema API. Outro lugar no que se xeran, aínda que en menor volume, é no taller

mecánico, onde se empregan mesturas de hidrocarburos/auga para limpar certas pezas. Estes recóllense en bidóns para almacenalos posteriormente. No sistema API, de separación de aceites e graxas e auga, os residuos son recollidos por succión e descargados nunha cisterna móbil, e cando está chea, o residuo pasa ós tanques de fuel óleo para reutilizalo.

• Disolventes

Orixínanse principalmente no taller mecánico pola limpeza de pezas. No taller está situado un equipo de limpeza provisto de surtidor, pía de lavado e bidón de recollida de disolvente. A recollida faise inmediatamente despois de usa-lo disolvente. Periodicamente o xestor autorizado substitúe o bidón de disolvente por outro novo, polo que non se pode falar de almacenamento do residuo. O equipo encóntrase nunha sala independente destinada á limpeza de pezas.

O resto de disolventes usados son recollidos polos servicios utilizadores e levados ó almacén.

• Resinas

Trátase de resinas aniónicas, catiónicas e mestura de ambas, xeradas no tratamento das augas de consumo. Cando as resinas perden efectividade, substitúense e son retiradas polo xestor autorizado.

• Taladrinas

Créanse unicamente no taller mecánico, nas actividades de moldeado e corte de pezas metálicas. A *taladrina* vaise repoñendo nas cubas de almacenamento dos diferentes equipos segundo se vai esgotando polo uso. Recircúlase a maior parte delas.

• Baterías esgotadas

Son todo tipo de acumuladores, pilas secas e baterías que conteñen electrólitos. As baterías esgotadas almacénanse para seren posteriormente xestionadas por un xestor autorizado, de acordo cos requisitos do presente procedemento.

• Material impregnado con substancias tóxicas e perigosas

Son sobre todo cotóns impregnados (principalmente de aceites usados e disolventes) e terras contaminadas.

- Outros residuos perigosos
 - Residuos sanitarios. Son da clase II, asimilables a urbanos, e xestiónanse como tales. Os da clase III-5, cortantes e punzantes, xerados nas revisións médicas periódicas, son retirados polo prestador deses servicios.
 - Envases baleiros
 - Tubos fluorescentes
 - Productos e materiais fóra de uso

A xestión dos residuos tóxicos ou perigosos inclúe a recollida, o almacenamento, o transporte, a valorización e a eliminación dos residuos, incluída a vixilancia destas actividades, así como a vixilancia dos lugares de depósito ou vertido despois de cerralos.

8.3 CENTRO PRODUCTOR DE UNIÓN FENOSA EN SABÓN

Na Central Térmica de UNIÓN FENOSA en Sabón, os residuos principais producidos clasifícanse dentro de residuos asimilables a urbanos e residuos perigosos.

Os **residuos asimilables a urbanos** orixínanse en distintos puntos da central, principalmente nas oficinas e no comedor. A xestión dos residuos máis característicos lévase a cabo da forma seguinte:

- Papel e cartón. Proceden de embalaxes e das oficinas; son xerados polo propio almacén xeral ou polas oficinas. Son levados ó contedor selectivo de papel polo persoal da contrata de limpeza procedentes das distintas instalacións da central. Almacénanse nese contedor ata a entrega para a súa xestión a unha empresa especializada no seu reciclado.
- Plásticos. Proceden das distintas dependencias da central. Son recollidos polo persoal da contrata de limpeza e almacénanse nos contedores de residuos asimilables a urbanos para seren recollidos polo xestor autorizado.

- Madeira e material de desentullo. Proceden das distintas dependencias da central. Son recollidos polo persoal da contrata de limpeza e almacénanse nos contedores de residuos urbanos ata que o xestor autorizado os recolle.
- Vidro. Procede das distintas instalacións da central. É recollido polo persoal da contrata de limpeza e almacénase nos contedores de residuos urbanos para a súa recollida polo xestor autorizado.
- Restos orgánicos. Proceden do comedor da central. Recóllense e deposítanse no contedor xeral de residuos asimilables a urbanos para seren recollidos polo xestor autorizado.
- Chatarra. Proceden dos talleres e outras instalacións da central. Deposítanse no almacén de chatarra baixo a responsabilidade do xefe de almacén ata a súa retirada pola empresa adxudataria do concurso. O responsable de control económico archiva os rexistros resultantes da retirada de chatarra.
- Material illante non tóxico. Procede das distintas instalacións da central. Almacénase nos contedores de residuos urbanos para a súa recollida por xestor autorizado.
- Antracita. Procede dos filtros de pretratamento de augas, unha vez que a granulometría non é a adecuada para o filtrado. É un residuo que se somete a un lavado previo antes de abandonalo e depositalo no contedor xeral de residuos urbanos para a súa retirada por un xestor autorizado.
- Silicaxel. Procede das distintas instalacións da central, de diversos secadores de aire. Almacénase nos contedores de residuos urbanos para a súa recollida polos servicios municipais.

Na Central Térmica de Sabón pódense xerar principalmente, entre outros e sen carácter excluínente, os seguintes tipos de **residuos perigosos**:

- Aceites e graxas usados, procedentes, na súa maioría, das actividades derivadas das áreas de produción e mantemento e perdas dalgúns transformadores e interruptores.

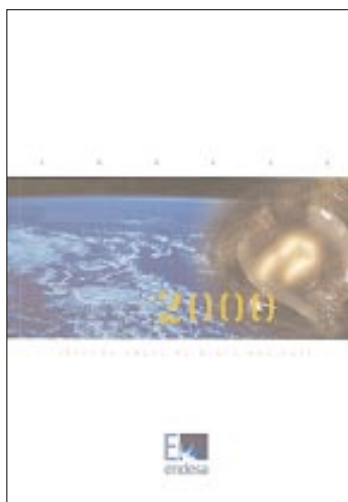
- PCB. Existen varios transformadores na central que conteñen PCB, os cales están identificados adecuadamente. Tódolos transformadores deste tipo posúen cubetas de recollida para rete-las posibles fugas e exsudados.
- Mesturas auga-fuel óleo-hidrocarburos líquidos. O residuo xérase como consecuencia da recollida de pluviais con hidrocarburos na zona de descarga, bombeo e quentamento de fuel óleo e gasóleo, quenllas de conducción e cubetas. No sistema de separación de graxas, os residuos son recollidos para eliminarlos.
- Disolventes (non clorados). Orixínanse principalmente no taller mecánico pola limpeza de pezas; a súa recollida realízase no mesmo recipiente onde se utiliza. Existe un equipo de limpeza situado no taller mecánico, o cal permanece en funcionamento ata que é retirado polo transportista autorizado, polo que non se pode falar de almacenamento do residuo.
- Baterías e pilas esgotadas. Son todo tipo de acumuladores, pilas secas e baterías que conteñen electrólitos. As baterías esgotadas, unha vez retirado o electrólito, que se baleira na balsa de neutralización, entréganse ó almacén. Para a recollida selectiva de pilas e baterías secas existen contedores en diferentes puntos da central. Periodicamente serán recollidas polo servizo de limpeza e entregadas no almacén.
- Residuos sólidos contaminados con aceites, graxas ou hidrocarburos, principalmente de aceites e graxas disolventes e hidrocarburos. Existen diversos puntos de recollida de cotóns e trapos, provenientes de limpeza e mantemento, distribuídos pola central, que son recollidos periodicamente e entregados no almacén para a súa xestión posterior. Outro tipo de residuo destas características é a terra contaminada por derrames accidentais.
- Sarrios e restos de cestas de quentadores. Son residuos de combustión que non se eliminan co lavado de prequentadores.
- Outros residuos perigosos. Estes son: residuos biosanitarios (punzantes ou cortantes e medicamentos), que son xestionados polo servizo médico.

A xestión dos residuos tóxicos ou perigosos inclúe a recollida, o almacenamento, o transporte, a valorización e a eliminación dos residuos, incluída a vixilancia destas actividades, así como a vixilancia dos lugares de depósito ou vertido despois de cerralos.

9 POLÍTICA MEDIOAMBIENTAL DAS PLANTAS

9.1 CENTRAL TÉRMICA DE ENDESA NAS PONTES

A política medioambiental é a declaración de compromiso por parte da organización das súas intencións e principios en relación co seu comportamento medioambiental xeral, que proporciona un marco para a súa actuación e para o establecemento dos seus obxectivos e metas medioambientais.



A unidade de produción térmica das Pontes asume e fai súa a seguinte política medioambiental, establecida por ENDESA para a área de produción térmica, e comprométese a cumprila:

Compromiso medioambiental

ENDESA é consciente de que a protección da Natureza e do contorno natural se deben ter en conta en calquera actividade económica, xa que diso dependerán as futuras xeracións, contribuindo así ó desenvolvemento sostible.

Por este motivo, ENDESA decidiu desenvolver tódalas súas actividades empresariais de maneira respectuosa co medio ambiente, comprometéndose coa eficiencia enerxética debido á escaseza de recursos naturais e non renovables.

Para facer fronte ó desafío medioambiental, ENDESA comprométese a ir máis alá do estricto cumprimento da normativa vixente, intensificando os apoios necesarios e establecendo os procedementos precisos para garanti-lo uso racional dos recursos e a minimización dos residuos, contribuíndo ó desenvolvemento sostible demandado pola sociedade.

En consecuencia, na Carta de Identidade Corporativa de ENDESA establécese: “Sentímonos comprometidos coa eficiencia enerxética e co desafío medioambiental. Este compromiso está presente sempre nas nosas políticas e estratexias comerciais, tecnolóxicas e industriais”.

Código de conducta

Para cumprir este compromiso, aplícanse os seguintes principios:

- Integra-la xestión ambiental e o concepto de desenvolvemento sostible na estratexia corporativa da compañía, utilizando criterios medioambientais documentados nos procesos de planificación e toma de decisións.
- Utilizar racionalmente os recursos e reduci-la produción de residuos, emisións, vertidos e impactos ambientais, mediante a aplicación de programas de mellora continua e o establecemento de obxectivos e metas medioambientais, facendo que as instalacións e actividades de ENDESA sexan cada día máis respectuosas co contorno.
- Manter en tódolos centros un control permanente do cumprimento lexislativo e a revisión periódica do comportamento medioambiental e da seguridade das instalacións, comunicando os resultados obtidos.
- Conserva-lo contorno natural das instalacións mediante a adopción de medidas encamiñadas a protexe-las especies de fauna e flora e os seus hábitats.
- Potencia-lo uso de enerxías renovables e a investigación e o desenvolvemento de tecnoloxías máis limpas e eficientes.

- Promover un maior grao de sensibilización e concienciación para a protección ambiental do contorno mediante a formación interna e externa, e a colaboración coas autoridades, institucións e asociacións cidadás.
- Demandarlles ós contratistas e provedores a implantación de políticas medioambientais coherentes cos presentes principios.
- Fomenta-lo uso racional e o aforro de enerxía entre os usuarios e a sociedade en xeral.

Este compromiso e estes principios básicos de política medioambiental amparan e harmonizan as políticas medioambientais das empresas que constitúen ENDESA.

Política medioambiental da Dirección de Producción

Así mesmo, a Dirección de Producción completa a definición da súa política medioambiental reforzando os compromisos anteriores cos seguintes principios de actuación:

- Implantar un sistema de xestión medioambiental que desenvolva a política medioambiental e proporcione os medios humanos, materiais e organizativos para garanti-lo seu cumprimento.
- Previ-los impactos medioambientais producidos pola operación das instalacións.
- Comunicarlle ó persoal a política medioambiental, así como os compromisos e principios nela contidos e poñela a disposición do público.
- Comprobar periodicamente a eficacia e idoneidade do sistema de xestión medioambiental e actualizar, cando sexa necesario, os seus elementos para garanti-la mellora continua.

A unidade de produción térmica As Pontes ten implantado un sistema de xestión medioambiental de acordo co modelo proposto na norma UNE-EN ISO 14001 (“Sistemas de xestión medioambiental. Especificacións e directrices para a súa utilización”). No ano 2000 AENOR concedeu o Certificado de Xestión Medioambiental número

CGM-00/152, culminando o proceso iniciado en 1998 co desenvolvemento, aprobación e implantación de diversos documentos que formalizan as actuacións e responsabilidades asociadas á xestión medioambiental. Os obxectivos do sistema de xestión medioambiental son os seguintes:

- Facilitar e demostra-lo cumprimento dos requisitos legais e regulamentarios.
- Promove-la mellora continua da central no campo ambiental, mediante o establecemento de políticas e programas de xestión con obxectivos e metas cuantificables.
- Avaliar periodicamente as actividades da central que presentan unha compoñente ambiental, por medio de auditorías independentes.

Os aspectos e impactos medioambientais contemplados e controlados a través do SGMA abarcan tódalas actividades da UPT As Pontes:

- Emisións atmosféricas.
- Calidade do aire.
- Vertidos hídricos.
- Calidade do medio acuático.
- Residuos.
- Substancias perigosas.
- Ruídos.
- Consumos de materias primas, auga e enerxía.
- Impacto visual.

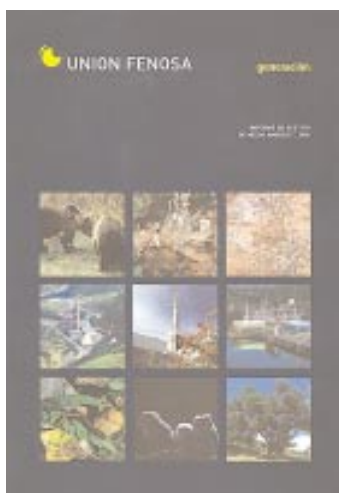
A avaliación de aspectos medioambientais efectúase anualmente mediante metodoloxía definida na documentación de SGMA, e os aspectos medioambientais obtidos, considerados prioritarios no momento de establecer obxectivos e metas de mellora ambiental, son os seguintes:

- Emisións atmosféricas: dióxido de xofre, óxidos de nitróxeno, partículas, dióxido de carbono e emisións fuxitivas do parque de carbóns.
- Vertidos hídricos: pH, sólidos en suspensión, turbidez, aluminio, ferro e manganeso.
- Residuos: cinzas voantes, escouras, lodos planta TEL, chatarra, aceites usados e PCB.
- Consumos: auga, combustibles e enerxía eléctrica.
- Substancias perigosas: produtos petrolíferos e enerxía eléctrica.

Por outra parte, a central conta cun sistema de calidade no que se refire a emisións atmosféricas, meteoroloxía e calidade do aire, segundo a norma internacional UNE-EN ISO 9002, que foi certificado por AENOR co número de rexistro ER-0068/2/98.

9.2 UNIÓN FENOSA XERACIÓN: CENTRAL TÉRMICA DE MEIRAMA E CENTRAL TÉRMICA DE SABÓN

UNIÓN FENOSA é consciente de que as actividades de xeración, transporte e distribución de electricidade, e a preservación do medio ambiente son realidades que deben camiñar unidas, e por esta razón fai seu o concepto de desenvolvemento sostible na súa política medioambiental.



Dentro da súa política medioambiental, UNIÓN FENOSA establece os principios seguintes:

- Garantir que a actividade cotiá se realice de acordo coa lexislación vixente, mantendo unha política de permanente adecuación esta.
- Estudiar, con criterios de prevención e anticipación, a viabilidade técnica e económica de minimiza-lo impacto das súas actividades no medio ambiente.
- Fomenta-la investigación e o desenvolvemento de tecnoloxías e sistemas de xestión que permitan dar resposta ó reto medioambiental.
- Manter un sistema aberto de comunicación cos organismos lexislativos, así como co resto das organizacións sociais.

Baseándose nestes principios, UNIÓN FENOSA establece un Código de Conducta Medioambiental, guía para tódalas persoas da empresa. Os puntos principais son os seguintes:

- Impulsa-lo coñecemento e a lexislación medioambiental e da normativa interna da empresa derivada daquela entre as persoas das que depende o seu cumprimento.
- Elaborar un sistema de xestión medioambiental que facilite o cumprimento da lexislación.
- Utiliza-las auditorías medioambientais como elemento de control e prevención de riscos.
- Fomenta-la utilización de procesos que produzan a menor cantidade de emisións, efluentes e residuos, e reduci-la súa produción nos xa existentes, en cuanto sexa posible, técnica e economicamente.
- Poñer en marcha medidas para mellora-lo rendemento e incrementa-lo aforro enerxético nas propias instalacións.
- Fomentar actuacións que favorezan o aforro e a eficiencia enerxética entre os consumidores.

- Integra-los factores medioambientais na planificación dos novos proxectos.
- Fomenta-la investigación e o desenvolvemento de novas tecnoloxías respectuosas co contorno.
- Elaborar e implantar plans de formación medioambiental a diferentes niveis da empresa.
- Establecer canles de comunicación adecuados co contorno social.

En 1995 UNIÓN FENOSA publicou o seu primeiro Informe de Xestión Medioambiental como representación da preocupación polo medio ambiente da empresa. Entre unha das actuacións principais encóntrase o Programa de Certificación Medioambiental iniciado en 1997; os seus obxectivos son implantar, de acordo coa norma de calidade internacional UNE-EN-ISO 14001, un sistema de xestión medioambiental en cada unha das súas centrais de xeración.

A Central Térmica de Meirama foi a primeira que obtivo a súa certificación por AENOR, segundo a norma anteriormente citada en outubro de 1997. No ano 2000 renovouse a certificación, despois de ser sometida a instalación a auditorías de seguimento anuais realizadas por AENOR. No ano 1999 iniciouse o programa de certificación para a Central Térmica de Sabón, quedando así implantado o sistema de xestión medioambiental no ano 2000.

10 CONCLUSIÓNS E MELLORAS NAS TECNOLOXÍAS

O sector enerxético, dado o seu carácter de soporte do sistema productivo da sociedade e dos usos que configuran a nosa vida cotiá, é un dos máis intimamente relacionados coa problemática asociada ó desenvolvemento sostible, polo que se presenta a necesidade de lograr un equilibrio entre o crecemento económico, o consumo enerxético e o impacto medioambiental.

Dentro do sector enerxético, a electricidade constitúe un motor esencial do desenvolvemento científico, técnico, económico e social. No seu uso final é unha forma de enerxía totalmente limpa; sen embargo, a súa xeración, transporte e distribución dá lugar a diversos impactos sobre o contorno natural. As materias primas utilizadas tradicionalmente para xerar enerxía eléctrica son, na súa maior parte, recursos esgotables, xa que as enerxías renovables, aínda que sexan un apoio, non poden suplir ás primeiras no abastecemento da sociedade. As centrais térmicas de xeración de enerxía por combustibles fósiles seguen sendo o principal abastecedor de enerxía na nosa sociedade. O feito de non podermos prescindir polo momento deste tipo de enerxía eléctrica, xunto coa preocupación polo medio, crea un conflito que só se pode abordar facendo un esforzo no desenvolvemento e aplicación de técnicas e tecnoloxías de redución dos impactos asociados a este tipo de instalacións.

Os impactos potenciais asociados a unha central térmica de xeración de enerxía eléctrica dependen de dous factores esencialmente:

• Combustible empregado

As emisións específicas asociadas ós distintos tipos de carbóns (hulla térmica, antracita ou lignitos) son moi distintas. No mercado internacional existen hullas con características físicas (cinzas) e químicas (contido de xofre, volátiles, etc.) moi diversas, que se reflicten no seu prezo e nas emisións asociadas. No caso do petróleo, hai tipos de baixo contido en xofre, de maior prezo pero de baixas emisións específicas.

• **Tecnoloxía empregada**

Por un lado, considéranse centrais de ciclo simple ou combinado, deseñadas para utilizaren un só combustible ou varios, tecnoloxías de combustión limpa para o carbón, tecnoloxías de pre ou poscombustión.

Neste apartado preséntanse algunhas tecnoloxías que poden reducir o impacto ambiental dunha central térmica e, ademais, expóñense unha serie de técnicas de prevención da contaminación. Hai que ter en conta, sen embargo, que estas tecnoloxías non son aplicables en todos os casos. Débense considera-las características propias de cada situación, tanto desde o punto de vista do contorno como das características intrínsecas da instalación (tecnoloxía, antigüidade, economía, etc.).

10.1 TECNOLOXÍAS DE PRECOMBUSTIÓN

As tecnoloxías de precombustión son aquelas orientadas á mellora da calidade dos combustibles utilizados e, polo tanto, aplican como estratexia xeral de actuación a prevención da contaminación en orixe.

Entre este tipo de tecnoloxías atópanse as seguintes:

1. Substitución do combustible.
2. Mellora da calidade dos combustibles.
3. Conversión do carbón nun combustible limpo: gasificación e licuefacción.

10.1.1 SUBSTITUCIÓN DO COMBUSTIBLE

A selección e mestura de combustibles (carbón de alta calidade, combustión mixta gas/carbón) constitúe unha alternativa pleamente desenrolada xa que permite a redución das emisións de SO_2 e partículas, a custos inferiores que no caso da depuración dos gases de combustión. Outra vantaxe adicional deste tipo de medidas é a súa viabilidade a curto prazo, xa que normalmente existen instalacións ou modificacións das existentes relativamente simples.

Os posibles combustibles a utilizar expóñense a continuación.

Gas natural

Ademais das súas emisións mínimas de óxidos de xofre, a combustión do gas natural dá lugar a baixas emisións de óxidos de nitróxeno e outros subproductos, como se mostra na táboa seguinte.

Emisións en estacións de 250 MW de gas e central térmica de carbón (toneladas/ano)

Emisións	Ciclo combinado de gas	Combustión de carbón con DGC (desulfuración de gas de combustión)
Partículas	9	206
SO ₂	3	4.123
NO _x	1.352	2.385
Lodo	-	168
Cinzas	-	60

Fonte: Sulphur and Coal. IEA Coal Research.

Petróleo de baixo contido en xofre

O contido medio de xofre do petróleo mundial é aproximadamente do 1,3%, aínda que, dependendo das fontes, esta composición é moi variable. No proceso de refinado do petróleo, o xofre distribúese de diferente forma nos produtos; os máis lixeiros, como o gasóleo, conteñen cantidades mínimas de xofre (0,3% ou menos), mentres que os produtos máis pesados chegan a ter ata o 5,0% de xofre. Unicamente son unha alternativa directa á combustión do carbón os produtos máis lixeiros do refinado do petróleo.

Carbón de baixo contido en xofre

Non existe unha definición exacta para o carbón de baixo contido en xofre, pero xeralmente acéptase que o carbón bituminoso con contido en xofre do 1% ou menor é de baixo contido en xofre. O cambio a este tipo de carbón considérase unha medida de redución das emisións de SO₂.

10.1.2 MELLORA DA CALIDADE DOS COMBUSTIBLES

A mellora da calidade do carbón pódese realizar mediante métodos físicos, biolóxicos ou químicos. A limpeza física é o método máis

común, e comprende a separación dos carbóns para obter carbóns con baixo contido en cinzas. Un baixo contido en cinzas axuda a mante-las emisións estándar e o resultado é un baixo custo de operación e de mantemento asociado co tratamento das cinzas. A limpeza do carbón tamén adoita reduci-lo contido de trazas de metais, reducindo o contido de metal nas cinzas. Ademais, a limpeza elimina o xofre do carbón de maneira que se reducen as emisións de SO_2 . Hai un equilibrio entre a redución do xofre e a recuperación de enerxía, xa que a redución en recuperación de enerxía está asociada coa eliminación de xofre.

Os métodos de limpeza química e biolóxica do carbón non se utilizan a escala industrial. A continuación explícanse todos eles con mais detalle.

Limpeza física do carbón

Os métodos físicos de limpeza de carbón aplicados a materiais de reducido tamaño inclúen a flotación, separación por gravidade, aglomeración e floculación, ademais de métodos secos de separación. Estas técnicas poden eliminar do 80 ó 90% do xofre inorgánico presente no carbón.

Para levar a cabo unha redución superior ó 90%, tanto do xofre pirítico como das cinzas que forman minerais, utilízanse columnas de flotación, aglomeración selectiva, ciclóns de líquidos densos, medios densos de magnetita pulverizada e procedementos electrostáticos.

Aínda que o carbón tradicionalmente se limpa cerca da mina, cando este se somete a moedura, como no caso da combustión de combustible pulverizado, débese engadir unha etapa de separación despois da moedura para aproveita-la vantaxe do reducido tamaño das partículas. Deste xeito pódense eliminar cantidades importantes de pirita e cinzas con mínimas perdas de carbón orgánico.

Nalgúns casos, pódense utilizar separadores de partículas de leito fluído despois da moedura e antes da alimentación do carbón ó queimador. Este método úsase en conxunto coa inxección dun adsorbente, ou secado por pulverización, un método eficaz con baixo custo.

Limpeza química do carbón

O interese inicial da limpeza química era elimina-lo xofre orgánico co fin de producir carbóns cunha cantidade de xofre o suficientemente baixa como para permiti-la combustión sen a necesidade de usar tecnoloxías de control.

Algunhas das tecnoloxías de limpeza química do carbón indícanse na táboa seguinte. Os procesos adoitan requirir compostos químicos caros, elevada temperatura e presión, e longos períodos de tempo. Moitos destes métodos desenvolvéronse soamente no laboratorio, excepto o 'TRW Gravimelt' (USA) e CSIRO (Australia).

Procedementos de limpeza de carbón:

Proceso e instalación	Métodos de eliminación de S	Tipos de xofre eliminado
'Gravimelt' – TWR Inc.	Separación gravimétrica de alimentación a gravidade específica de 1.3: o vertido trátase con $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	Máis do 90% de S pirítico
'Microwave irradiation' – General Electric Inc.	Radiación de microondas e tratamento con NaOH	70-90% do xofre total
'Ledxemont' – Kennecott/HRI	Lixiviación oxidativa con O_2 en solución ácida a 130 °C e 1-2 Mpa	90-95% do xofre pirítico
	Lixiviación oxidativa con O_2 en amoníaco a 130 °C e 1-2 Mpa	Máis do 90% do xofre pirítico e máis de 40% do xofre orgánico
'PETC Oxydesulphurization' – DOE	Lixiviación oxidativa con aire en solución ácida a 150-200 °C e 3-7 Mpa	Máis do 95% do xofre pirítico e máis de 40% do xofre orgánico
'Ames Wet Oxidation' – Ames Labs.	Lixiviación oxidativa con O_2 en solución alcalina a 150 °C e 1-4 Mpa	80-90% do xofre pirítico e máis de 50% do xofre orgánico
'ARCO' – Atlantic Richfield	Lixiviación oxidativa con O_2 en solución dun axente de ferro complexante a 120 °C e 2 Mpa	Máis do 80% do xofre pirítico
'JPL' – Jet Propulsion Lab.	Ruptura con cloro nun solvente orgánico	Máis do 92% do xofre pirítico e máis de 72% do xofre orgánico (34-76% do total)
'KVB' – KVB Inc.	O xofre oxídase en NO_2 atmosférico. Os sulfatos quedan descoloridos	60-95% do xofre pirítico e 30-50% do xofre orgánico
'Battelle Hydrothermal' – Battelle Laboratories	Lixiviación cunha solución de NaOH e $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a 250-300 °C e 4-8 Mpa	Más do 90% do xofre pirítico e máis de 50% do xofre orgánico
CSIRO	Tratamento cáustico suave	Principalmente para desmineralización

Fonte: "Sulphur and coal". IEA Coal Research (1991).

Estes métodos, polo xeral, cambian a estrutura do combustible. Isto pode ser debido á pirólise e á perda de volátiles, así como ó ataque químico. Normalmente son procesos caros.

Limpeza biolóxica do carbón

Existen organismos capaces de eliminar selectivamente o xofre do carbón. A desulfuración biolóxica é moi atractiva, xa que o proceso opera a temperaturas baixas e o xofre elimínase sen perdas do carbón. Para elimina-la piritita, utilízase por exemplo o *Thiobacillus ferrooxidans*. O xofre orgánico pódese eliminar con *Pseudomonas*. Desta maneira é posible eliminar máis do 90% do xofre pirítico e orgánico.

A eliminación pódese levar a cabo durante o almacenamento debido ó tempo de residencia necesario, que pode chegar a ser de meses, aínda que é difícil mante-las condicións adecuadas para a lixiviación microbiana.

Os problemas asociados coa biodesulfuración son os seguintes:

- A gran superficie requirida para a acción microbiana.
- Baixas velocidades de reacción con tempos de residencia de varios días, xeralmente, polo que se necesitan reactores grandes.
- Necesidade de controla-las condicións de proceso, sobre todo a temperatura e o pH para mante-los organismos.
- Número limitado de especies.
- Custo de tratamento da auga.
- Presencia de trazas de elementos no carbón que poden ralentiza-los microorganismos ou matalos.

10.1.3 CONVERSIÓN DO CARBÓN A COMBUSTIBLE LIMPO

Gasificación do carbón

A obtención de gases combustibles a partires do carbón é un proceso coñecido dende fai mais de cen anos. Nos anos da Segunda Guerra

Mundial este proceso experimentou un certo impulso en Alemania. Desde fai uns anos tomouse en consideración esta tecnoloxía con vistas á súa aplicación na xeración de enerxía eléctrica por medio do seu uso en ciclos combinados altamente integrados.

O gas de carbón está composto fundamentalmente por monóxido de carbono e hidróxeno e pequenas cantidades de osíxeno, así como metano e outros hidrocarburos, e, como axentes de gasificación do carbón utilízase auga e osíxeno do aire.

O poder calorífico do gas de carbón é baixo no caso de utilizar aire como axente gasificante, motivo polo que se emprega osíxeno nas aplicacións que pretendan aproveitar ó máximo a capacidade de xeración de calor do proceso.

As condicións de temperatura e presión nas que se desenrola o proceso de gasificación inflúen de forma moi notable na composición do gas resultante. Así, un aumento na presión favorece a formación de metano, composto de elevado poder calorífico. Por outra parte, o nivel de temperatura incide na formación de subproductos non desexados (aceites, alquitráns, fenois, etc) que non aparecen no caso de verificarse o proceso a temperaturas elevadas (ata 1.500 °C). Debido a esto e ventaxoso provoca-la gasificación en condicións de alta presión e temperatura.

Os principais tipos de gasificadores son os seguintes:

- Leito descendente.
- Leito fluído.
- Leito arrastrado.

O gas de carbón ten a vantaxe de que se queima dunha maneira tan limpa como no caso do gas natural. O proceso inclúe a reacción do gas de carbón con vapor e un oxidante nunha atmosfera reductora. Un sistema de gasificación de carbón está composto por un sistema de alimentación, reactor, sistema de eliminación de po e sistema de eliminación de xofre, como se mostra na figura.

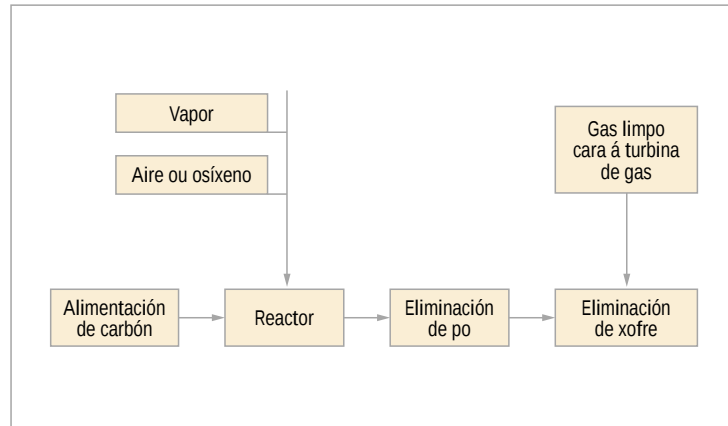


Figura 10.1. Concepto dun sistema de gasificación de carbón.

Fonte: "Coal Gasification for IGCC Power Generation". IEA Coal Research.

No sistema de alimentación de carbón, o combustible móese e sécase dependendo do tipo de gasificador. Ademais do carbón, tamén se alimenta o gasificador con axentes oxidantes, aire ou osíxeno e vapor en proporcións determinadas polo proceso en uso. Dentro do reactor ten lugar simultaneamente a desvolatilización do carbón, parcial oxidación, hidrogasificación auga-gas e outras reaccións a elevadas temperaturas. O resultado é unha corrente de gas produto rico en hidróxeno e monóxido de carbono principalmente, aínda que tamén contén dióxido de carbono e metano sen reaccionar. En sistemas que utilizan aire pola oxidación, o gas produto pode conter tamén nitróxeno como diluente inerte.

Os gases que deixan o reactor tamén conteñen partículas sólidas compostas por cinzas e carbón sen reaccionar, xunto con compoñentes gasosos indesexables de xofre e nitróxeno en forma de sulfuro de hidróxeno e amoníaco, respectivamente. As partículas sólidas elimínanse dos gases no sistema de eliminación de po (ciclóns, filtros ou depuradores de auga). Cando hai unha cantidade significativa de carbón sen reaccionar, adoita engadírselle un dispositivo de reciclado das partículas ó gasificador. O proceso debe recupera-los alcatráns e aceites nesta etapa, reciclándoos tamén ó gasificador.

Os gases sen po envíanse ó sistema de eliminación de xofre, para o que se utilizan depuradores líquidos onde se captura o ácido sulfuro de hidróxeno, e o posible amoníaco disólvese en auga, eliminándose dos gases nesta etapa. Os gases limpos poden requeentarse e, nalgúns casos, saturarse co vapor en preparación para a combustión nunha turbina de gas.

O reactor é a parte fundamental dunha planta de gasificación. Para mellora-la eficiencia da gasificación, débese ter en conta a presión de operación. Outros factores importantes son os seguintes:

- Elevada temperatura. Esta temperatura depende do tipo de gasificador. Para un reactor de leito móbil, a temperatura oscila entre 750 e 900 °C; de 850 a 1.100 °C para un reactor de leito fluído; e de 1.200 a 2.000 °C para un reactor de arrastre.
- Capacidade de conducción de carga.
- Sistemas de alimentación de carbón.
- Oxidantes.
- Sistemas de limpeza.

Licuefacción do carbón

A licuefacción do carbón, e dicir, a conversión dun combustible sólido en líquido mediante a utilización de hidróxeno, é un proceso que actualmente non acadou o nivel de desenvolvemento suficiente para consideralo un proceso comercial.

10.2 TÉCNICAS PARA MELLORA-LA EFICIENCIA DUNHA CENTRAL TÉRMICA

A enerxía calorífica resultado do proceso de combustión se transfíre ó medio de traballo (vapor). Neste proceso co gas de combustión pérdese parte da enerxía. As perdas totais procedentes da xeración de vapor dependen do combustible (cinzas e contido en auga, poder calorífico), da capacidade e operación do xerador de vapor, da mestura aire-combustible, da temperatura final do gas de combustión e do

modo de operación. As perdas de calor nun xerador de vapor divídense da seguinte forma:

- Perdas de calor no gas residual, dependentes da temperatura deste, mestura de aire, composición do combustible e nivel de ensuciamento y/o escouración na caldeira.
- Perdas a través do combustible inqueimado, enerxía química non convertida. Combustión incompleta que dá lugar a CO.
- Perdas debido a material inqueimado nos residuos, tales como carbono nas cinzas.
- Calor perdido vía escouras.
- Perdas por conducción e radiación dependentes principalmente da calidade de illamento do xerador de vapor.

Ademais da calor perdida, cómpre ter en conta o consumo de enerxía necesario para a operación de maquinaria auxiliar (equipo de transporte de combustible, muíños, bombas e ventiladores, sistemas de eliminación de cinzas, limpeza das superficies de quentamento, etc).

A operación nun xerador de vapor require supervisión continua. Os erros na operación diminúen a viabilidade económica, aumentan os impactos ambientais en detrimento da seguridade da planta. Os parámetros que afectan á viabilidade da planta e poden ser controlados para manter unha eficiencia elevada son os seguintes:

- Composición do combustible.
- Finura de moedura do combustible/grado de moedura.
- Composición do gas de combustión (O_2 , CO_2 , CO).
- Mestura de aire e caudal do gas de combustión.
- Fugas de aire no fogar.
- Escouración/Ensuciamento na caldeira.
- Temperaturas do aire de combustión e gases de saída.
- Comportamento da temperatura nas superficies de quentamento.
- Reducción de tiro no fogar.

- Perfil da chama.
- Proporción de combustible no residuo.

A continuación cítanse medidas técnicas para mellora-la eficiencia dunha planta de xeración de vapor.

Combustión

O combustible mestúrase con aire e quéimase na caldeira. Debido ó elevado fluxo de material, non é posible obter unha mestura ideal e submínistrase á caldeira máis aire do necesario có estequiométrico. Ademais, unha pequena cantidade de combustible non sofre combustión completa. A temperatura do gas residual debe manterse o suficientemente elevada como para previla condensación nas superficies de intercambio de calor. A transferencia máxima de enerxía do combustible ó medio de traballo é do 92%.

Carbono inqueimado nas cinzas

A optimización de combustión reduce as cantidades de carbono inqueimado e, polo tanto, do mesmo nas cinzas. As tecnoloxías de redución de NO_x por modificación da combustión (medidas primarias) mostran unha tendencia a aumenta-lo carbono inqueimado.

Exceso de aire

O exceso de aire depende do tipo de caldeira e da natureza de combustible. Normalmente, para caldeiras de carbón pulverizado con extracción de escouras en forma pulverulenta, o aire en exceso é dun 20%. Debido ós requisitos da combustión (formación de CO e carbono inqueimado), á corrosión e á seguridade (riscos de aumentos bruscos térmicas na caldeira), non é sempre posible reducir máis o exceso de aire.

Vapor

Os factores mais importantes para aumenta-la eficiencia son utiliza-las temperaturas e presións máis altas posibles no medio de traballo.

En plantas modernas o vapor expándese parcialmente e a continuación requéntase antes de expandirse unha segunda volta.

Temperatura do gas de saída

A temperatura do gas de saída que se evacúa á atmosfera está entre 120 e 220 °C debido ós riscos de corrosión ácida por condensación de ácido sulfúrico. De tódolos xeitos, algúns deseños incorporan unha segunda etapa de quentadores de aire para baixa-la temperatura por debaixo de 100 °C, pero con revestimentos especiais no quentador de aire e na cheminea que fan que esta redución sexa restrictiva economicamente.

Baleiro no condensador

Despois de deixa-la sección de baixa presión da turbina de vapor, este condénsase en condensadores e a calor transfírese á auga de refrixeración. Co fin de asegurar unha caída de presión máxima inténtase mante-lo baleiro o mínimo posible.

Operación a presión variable e operación a presión constante

Na operación a presión constante, a presión antes das turbinas a tódolos niveis de carga mantense aproximadamente constante cambiando a sección de fluxo de vapor á entrada da turbina. Na operación a presión variable con sección transversal da entrada máxima, a enerxía de saída regúlase por cambios na presión antes de as turbinas.

Bomba de auga de alimentación

A bomba de auga de alimentación forza o medio de traballo a través da caldeira. As bombas de alimentación con vapor teñen unha vantaxe sobre as bombas eléctricas, xa que a enerxía eléctrica non se perde no proceso de conversión.

Condensado e prequentador de auga de alimentación

O condensado sae do condensador e a auga de alimentación da caldeira quéntase con vapor xusto por debaixo do punto de ebulición. A enerxía térmica do proceso de condensación volve a alimentarse ó sistema e reduce a cantidade de calor que, doutra forma, sairía do condensador, mellorando a eficiencia.

Coxeneración

A xeración de calor e enerxía eléctrica aumenta a eficiencia do combustible nuha porcentaxe que pode variar no rango do 70 ó 90%.

10.3 TÉCNICAS PARA CONTROLA-LAS EMISIONS DE PARTÍCULAS

Durante a combustión de combustibles fósiles, a materia mineral (impurezas inorgánicas) convértese en cinzas, e unha parte deixa a caldeira como cinzas voantes xunto co gas de combustión. As partículas suspendidas no gas de combustión como cinzas voantes constitúen a materia particulada primaria que entra no dispositivo de control de partículas.

Neste apartado expóñense as tecnoloxías de poscombustión utilizadas para controlar este tipo de emisións.

Precipitadores electrostáticos

As partículas en suspensión que arrastran os fumes cárganse electricamente debido á xeración dun campo electrostático de alta intensidade. As partículas cárganse negativamente e son atraídas polas placas colectoras cargadas positivamente. As placas límpanse mediante vibración ou golpeo, de forma periódica, e descárgase o material en tolvas situadas na parte inferior.

A colección do po no precipitador segue as seguintes etapas:

- Carga: O campo eléctrico estabilizado entre os electrodos de descarga e as placas colectoras crea unha zona de gas ionizado que carga electricamente as partículas que a atravesas.

- **Migración:** Dependendo da súa carga eléctrica, as partículas móvense por acción do campo eléctrico cara ás placas colectoras.
- **Colección:** Os aglomerados de partículas nas placas forman unha capa.
- **Eliminación:** As partículas acumuladas descárganse periodicamente das placas por golpeo ou vibración. As partículas caen en tolvas situadas na parte baixa do precipitador e elimínanse por un transportador pneumático ou hidráulico. No caso dos precipitadores electrostáticos húmidos, o po acumulado descárgase das placas colectoras por lavado cun líquido adecuado, polo xeral con auga, por pulverización continua ou intermitentemente.

Con estes dispositivos acádanse eficiencias moi elevadas acadando valores entre 99,5 e 99,9% incluso cas partículas máis pequenas. Poden funcionar tanto con temperaturas baixas (120-220°C) como elevadas (300-450°C).

Para mellora-la colección de partículas en casos complicados, moitas veces pódese reduci-la resistividade do po inxectando auga pulverizada ou SO_3 .

As vantaxes do precipitador electrostático son as seguintes: introduce unha baixa caída de presión; ten un tempo de vida elevado; baixos custos de mantemento; as inversións son razoables para grandes instalacións.

As desvantaxes son: o seu funcionamento varía dependendo das características do carbón e das cinzas; as cinzas voantes con elevada resistividade (combustibles con pouco xofre) poden necesitar inxección de aditivos para reduci-la resistividade e mellora-lo rendemento da colección de cinzas; os custos de investimento son elevados para pequenas instalacións.

Filtros de mangas

Os filtros de mangas por onde pasa o gas de combustión están compostos por varias membranas de tecidos permeables ó gas, pero que reteñen o partículas. A medida que o gas atravesa os filtros, fórmase

unha capa de po que vai aumentando de forma progresiva a resistencia ó fluxo de gas. Periodicamente realízanse limpeza mediante fluxo de gas en contracorrente, axitación mecánica, vibración e impulsos de aire comprimido.

A selección dos tecidos faise de acordo coa composición dos gases, coa natureza e tamaño das partículas de po, co método de limpeza empregado, coa eficiencia requirida e co criterio económico. A temperatura do gas tamén se considera, xunto co método de arrefriamento do gas. Os tecidos de Gore-Tex® e Tefaire® (Teflón/Fibra de vidro) utilízanse para un amplo rango de aplicacións, dado que teñen unha gran resistencia e tempo de vida elevado.

Os filtros de mangas conseguen eficiencias superiores ó 99,9%, independentemente da concentración de po no gas de escape.

As vantaxes dos filtros de mangas son as seguintes: ó estar formado por módulos, estes pódense illar para mantemento; o custo é razoable; elimina de forma eficiente partículas finas. En moitas ocasións úsase en conxunción coa desulfuración de gases por vía semiseca, de modo que, á vez que se controlan as emisións de cinzas voantes, tamén se eliminan gases como o SO₂.

Sen embargo, este tipo de dispositivos non se poden usar para cinzas voantes con elevado contido en carbono; o filtro induce unha presión elevada e a enerxía necesaria para compensar esta perda incrementa os custos da operación; os tecidos atáscanse con po graxo procedente de fuel óleo e está suxeito a riscos de inflamación en caso de que o po conteña elevada concentración de carbono inqueimado.

Lavador húmido

Os lavadores húmidos comprenden un grupo de dispositivos de control que utilizan líquido, normalmente auga, para colecta-las partículas, producíndose un impacto mutuo entre as cinzas e as gotas líquidas que terminan englobándolas.

Debido ó seu baixo custo en comparación cos precipitadores electrostáticos e cos filtros de mangas, o lavador húmido preséntase moi

atractivo a escala industrial pero sin embargo supón unha caída de presión relativamente alta e elevados custos de operación, ademais da necesidades de instalar un sistema de tratamento de augas para separa-la cinza captada. O gas de escape débese arrefriar polo que require requeentamento antes de ser emitido á atmosfera, o que fai que se eleve o custo debido á enerxía consumida. Debido a este custo elevado, o uso dos depuradores húmidos diminuíu nos últimos anos. De tódolos xeitos, estes dispositivos usáronse en aplicacións de combustión de elevada temperatura e presión, como é o caso da gasificación integrada en ciclo combinado (IGCC) e combustión en leito fluído a presión (PFBC).

A maior parte dos lavadores húmidos están deseñados para combina-la eliminación simultánea de partículas e dióxido de xofre utilizando cinzas voantes alcalinas como adsorbente. A calcaria engádese para eleva-la eficiencia de eliminación de SO_2 .

Os máis comúns son os depuradores venturi e os de leito móbil, que se expoñen a continuación.

No depurador venturi o líquido depurador introdúcese uniformemente na parte superior da sección do venturi. O gas de escape cargado de partículas e o líquido depurador entran no estreitamento do venturi, onde ten lugar a atomización do líquido de depuración.

Os depuradores de leito móbil para colección de partículas están equipados con esferas de plástico de baixa densidade que se poden mover dentro dos contedores. Empregan fluxo en contracorrente do gas de escape; os contedores mantéñense en movemento constante por acción do gas de escape e do líquido depurador. A colección de partículas mellora utilizando varias etapas de leitos móbiles en serie.

Colectores mecánicos de partículas

O sistema máis utilizado é o ciclón, normalmente en baterías de numerosos equipos individuais, longos e de diámetro pequeno, constituindo os multiciclóns. O proceso aproveita a acción da forza centrífuga e a súa eficiencia atópase entre o 80 e o 90% (ata un 95% nos mul-

ticiclóns), pero son pouco efectivos na captación de partículas inferiores ós 10 μm .

Actúa por vía seca, o seu deseño é sinxelo, de fácil mantemento e baixo custo. Requiren pouco espacio e poden traballar a elevada temperatura, o que favorece o seu emprego en certos casos especiais (por exemplo, en caldeiras de leito fluído). Normalmente úsanse como sistemas previos de separación.

10.4 PROCESOS E TECNOLOXÍAS DE REDUCCIÓN DAS EMISIÓNS DE XOFRE

A redución de emisións de SO_2 realízase cunha ampla variedade de técnicas e procesos de desulfuración que se poden clasificar en tres grupos principais: precombustión, combustión e poscombustión, segundo a fase do proceso a que vaian destinados.

As tecnoloxías de desulfuración dos gases de escape durante ou despois da combustión pódense clasificar como se indica a continuación:

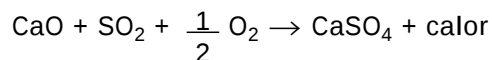
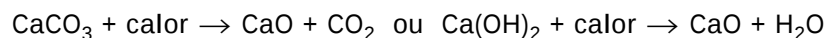
	Procesos non rexenerativos	Procesos rexenerativos
Vía seca	Procesos de inxección de adsorbentes	Carbón activo
Vía semiseca	Absorción por pulverización seca	
	Cal	
	Hidróxido sódico	Wellman-Lord
Vía húmida	Depuración	
	Amoníaco (proceso Walter)	
	Peróxido de hidróxeno	DESONOX
	Auga de mar	

Inxección de adsorbentes

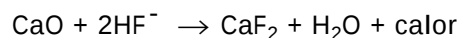
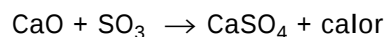
1. Inxección de aditivos ó fogar

O fundamento é potencia-lo proceso natural de fixación de xofre polos compostos alcalinos das cinzas. Para iso, inxéctanse no fogar aditivos fixadores de xofre, como o cal (CO_3Ca), o hidróxido cálcico ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ou a dolomita ($\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3$), conseguindo unha redución nas emisións de SO_2 de entre o 10 e o 40%, dependendo do tipo de fogar e das condicións de combustión.

Coa calor do forno se produce a descarbonatación ou deshidratación do adsorbente para producir partículas de CaO reactivas. A superficie destas partículas reacciona co SO₂ nos gases de escape formando sulfito cálcico (CaSO₃) e sulfato cálcico (CaSO₄). Estes produtos de reacción captúranse coas cinzas voantes nos dispositivos de control de partículas. As reaccións son:



Esta técnica, ademais, elimina o SO₃, cloruros e fluoruros do gas de escape segundo as seguintes ecuacións:



Existen tres posibilidades para a inxección de adsorbente no fogar:

- Inxección do aditivo mesturado co carbón.
- Inxección do aditivo ó redor da chama.
- Inxección do aditivo por enriba da zona de chama.

As principais vantaxes deste método é o seu baixo custo e a súa aplicabilidade a caldeiras existentes, sen precisar nova tecnoloxía. Malia iso, se empregan queimadores deseñados especificamente e pódese lograr, simultaneamente, a redución na formación de SO₂ e de NO_x. Tamén se poden inxectar aditivos alcalinos noutros puntos do circuito de fumes onde a temperatura sexa favorable para a fixación do xofre, como conductos, separadores de po, etc.

A inxección destes aditivos aumenta o contido de partículas dos gases de combustión, o que pode supo-la necesidade de ampliar os equipos separadores de poscombustión, como precipitadores electrostáticos, etc. Por outra parte, esta tecnoloxía soamente é válida para combustibles de baixo-medio contido en xofre, xa que contidos maiores implican un gran caudal de inxección de adsorbentes.

2. Inxección de adsorbentes en conductos

Consiste en procedementos, xeralmente, de difusión limitada, nos que se fai a inxección dun reactivo alcalino seco, en puntos do circuito de gases nos que as condicións de operación favorecen as reaccións de fixación de xofre.

As clases de adsorbentes máis comúns son as seguintes:

- Hidróxido calcio de alta reactividad.
- Bicarbonato sódico.
- Calea de cal.

A inxección do reactivo efectúase antes do sistema de separación de partículas e despois dos prequentadores de aire. Existe a posibilidade de reactiva-las cinzas voantes con alto contido en cal libre por hidratación nun reactor especificamente instalado no circuito de gases de combustión.

3. Inxección híbrida de adsorbentes

Este sistema é unha combinación da inxección de adsorbentes no fogar e nos conductos para mellora-la eficiencia de retención de SO_2 . Utiliza calcaria ó ser máis barata ca cal.

Lavador húmido

Os procesos de desulfuración de gases por vía húmeda baséanse na inxección dun reactivo alcalino na corrente de gases, con separación final do produto de reacción por vía húmida.

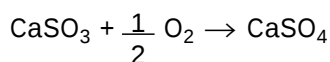
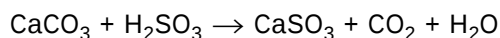
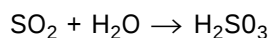
Entre os sistemas de desulfuración, os procesos por vía húmida son os que acadaron maior difusión (80%) ata o momento.

Os reactivos máis utilizados son a calcaria e o óxido cálcico, tanto pola súa abundancia como por razóns económicas, aínda que tamén se usa o carbonato sódico, sulfito sódico, óxido de magnesio, amoníaco e auga de mar.

De forma xeral, o sistema consta de tres seccións netamente diferenciadas:

- Preparación dos reactivos.
- Torre de absorción.
- Sistema de depuración de efluentes e eliminación de residuos.

As reaccións que teñen lugar son as seguintes, no caso xeral dun lavado con suspensión de calcio:



O sulfato de calcio deshidrátase para producir xeso, que precipita como cristais e o líquido recircúlase ó lavador.

As cinzas voantes débense eliminar antes do proceso para obter un subproduto de maior calidade.

As principais características deste proceso son:

- Rendementos elevados de desulfuración.
- Consumos enerxéticos elevados, ó necesitar requentar o penacho.
- Obtención dun subproduto comercial: xeso.
- Fiabilidade.
- Custo de instalación elevado.

Nas unidades existentes deste tipo, o rango de eficiencias de eliminación de SO_2 oscila entre o 90 e o 95%, máis do 50% no caso do SO_3 , e máis do 99% para o HCl e HF. O Hg, como cloruro de mercurio e outros metais pesados, elimínanse xunto coas cinzas voantes por precipitación, cunha eficiencia superior ó 50%.

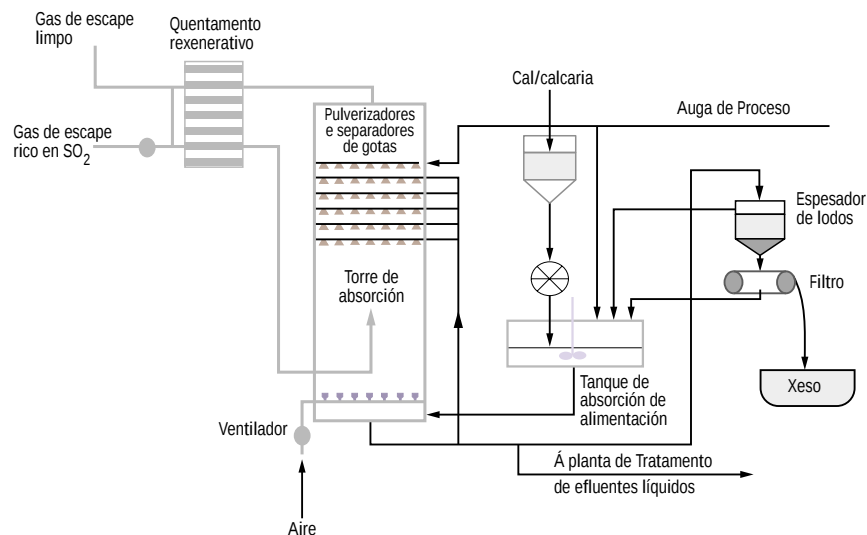
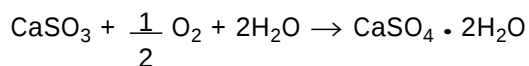
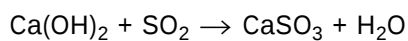


Figura 10.2. Lavador húmedo basado en calcaria.

Procedimiento de absorción por atomización/secado

Estes procesos atópanse nunha posición intermedia entre os de vía húmida e os secos, xa que aínda que se inxecta na cámara de reacción unha disolución ou unha suspensión do reactivo, o produto final obtense directamente en forma de sólido pulverulento seco.

Como reactivos utilizáronse carbonato sódico, bicarbonato sódico e óxido de calcio, pero actualmente téndese ó uso xeralizado deste último produto en forma de calea de cal. As reaccións son as seguintes:



Antes do absorbedor instálase normalmente un precolector para eliminar cinzas voantes. O subproduto pulverulento nestes casos contén menos cinzas voantes e pódese usar máis facilmente.

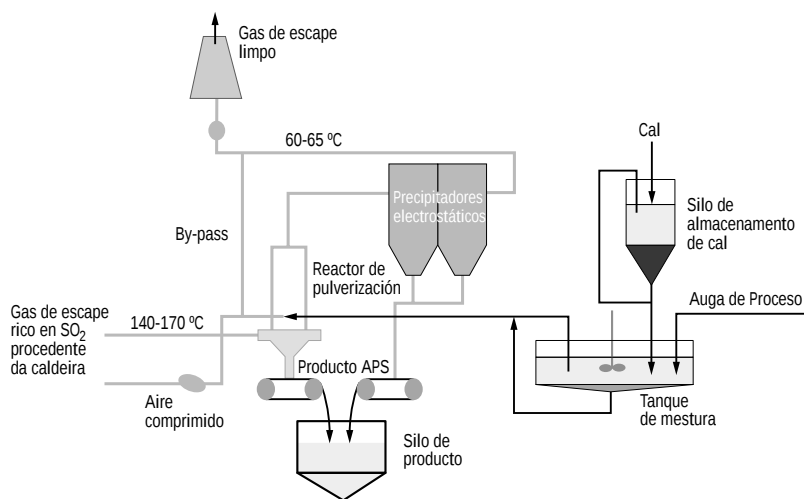


Figura 10.3. Sistema de absorción por atomización/secado.

A capacidade de eliminación de SO_2 nestes sistemas depende dos seguintes parámetros de operación:

- Relación de absorción Ca/S .
- Tamaño da gota da calea de cal.
- Temperatura de entrada do gas de combustión.
- Temperatura de aproximación ó punto de rocío.
- Contido de cloruros do carbón (mellora a eliminación de SO_2).

A eficiencia de separación dos sistemas de absorción por atomización/secado é do 70 ó 95%, dependendo da relación de absorción Ca/S . Tamén se elimina SO_3 e HCl .

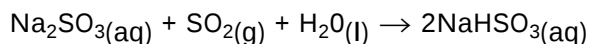
Este método é competitivo para plantas de pequenas cargas posto que os custos de inversión son moito menores ca no caso do depurador húmido. Debido á súa menor eficiencia, esta técnica é menos interesante no caso de plantas de máis de 300 MWth.

10.4.1 PROCESOS REXENERATIVOS

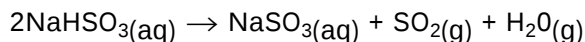
Neste tipo de procesos, o adsorbente reutilízase despois de sometelo a un tratamento químico ou térmico para producir SO₂ concentrado, que se adoita converter logo en xofre elemental. Este tipo de sistemas presentan unha complexidade elevada e altos custos de inversión e operación polo que están pouco difundidos.

Proceso Wellman-Lord

Este proceso está baseado no equilibrio sulfito/bisulfito de sodio. O gas de escape atravesa a unidade de pre-depuración, onde se satura e arrefría e elimina os haloxenuros e algunha partícula. No absorbedor ten lugar a seguinte reacción:



A absorción é en contracorrente. Na área de rexeneración a reacción principal é a seguinte:



de maneira que o produto da absorción se rexenera nos evaporadores de circulación forzada. O sulfito de sodio cristaliza e redisólvese en condensado para produci-lo licor de alimentación ó absorbedor.

Proceso do óxido magnésico

Neste proceso o lavado dos gases realízase cunha calea de óxido magnésico en auga formando sulfito magnésico. A suspensión resultante espésase e centrifuga, e o residuo formado por sulfito, sulfato e óxido magnésicos, descomponse termicamente a 850 °C, producíndose SO₂ e recuperándose o óxido magnésico. O SO₂ obtido pódese transformar en SO₄H₂ ou xofre.

10.5 PROCESOS E TECNOLOXÍAS DE REDUCCIÓN DAS EMISIÓNS DE ÓXIDOS DE NITRÓXENO

Como xa se expuxo anteriormente, os mecanismos de formación de óxidos de nitróxeno durante a combustión están relacionados tanto co combustible como coas condicións de combustión. Debido a esto, desde o punto de vista práctico preséntanse dúas estratexias xerais para aborda-la redución das emisións de NO_x :

- Control da formación de NO_x mediante actuacións sobre a combustión: medidas primarias.
- Eliminación dos NO_x nos gases de combustión antes do seu vertido final a la atmosfera: medidas secundarias.

10.5.1 MEDIDAS PRIMARIAS PARA REDUCIR LAS EMISIÓNS DE NO_x

Existe unha ampla gama de medidas primarias orientadas á redución das emisións de NO_x nas GLC, baseadas na actuación sobre os principais parámetros responsables da formación de NO durante o proceso de combustión. As posibilidades teóricas de redución son principalmente:

- Reducción da temperatura efectiva de combustión.
- Reducción da cantidades de osíxeno dispoñible.
- Acortamento do tempo de residencia na zona de alta temperatura.
- Retraso na mestura de combustible co aire de combustión.

Na figura seguinte preséntase un esquema das técnicas para reducir NO_x para unha caldeira de combustión.

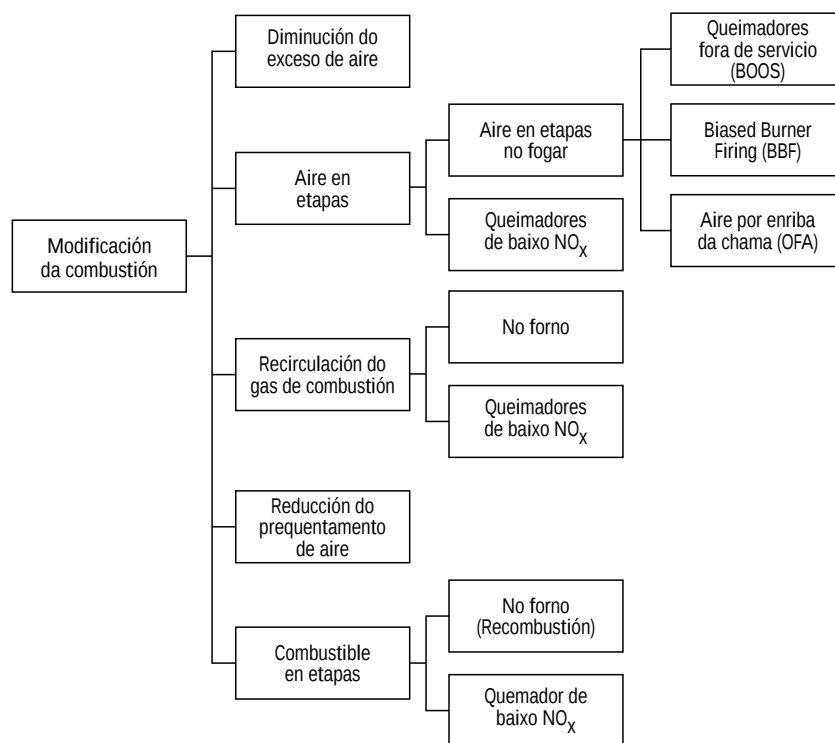


Figura 10.4. Técnicas primarias de redución de NO_x a unha caldeira de combustión

As principais medidas aplicadas actualmente tanto aisladamente como combinadas son as que se expoñen a continuación.

Diminución do exceso de aire na combustión

Ó reduci-la cantidade de osíxeno dispoñible na zona de combustión, a conversión do nitróxeno combustible e a formación de NO_x térmico redúcese. O exceso de aire débese reducir todo o posible sen causar problemas, como son a corrosión, o incremento do carbono inqueimado nas cinzas voantes e o monóxido de carbono no gas de combustión. Dependendo do tipo de combustible, do deseño da caldeira e das condicións de operación, o nivel de exceso de aire varía significativamente.

A redución nas emisións de NO_x pode chegar a ser do rango entre 17 e 44%. Para caldeiras de carbón, o exceso de aire está no rango do 5-9% de O_2 no gas de saída. O baixo exceso de aire de combustión está caracterizado por 3-6% de O_2 , correspondente a unha redución na emisión de NO_x do 20 ó 40%.

Recirculación dos gases de combustión

O gas de combustión reintrodúcese na zona da chama actuando como un diluente e diminuindo a dispoñibilidade de osíxeno e a temperatura da chama, co que se reduce a formación de NO_x . A recirculación do gas de combustión pódese usar tamén para mellora-la mestura de combustible e aire de combustión (secado de combustibles con elevado contido en humidade).

Parte do gas de combustión sepárase do fluxo principal do prequentador de aire despois de separa-las partículas e recircúlase á caldeira. O gas de combustión recirculado mestúrase con aire de combustión. A recirculación do gas supón menos tempo de residencia no forno e maior consumo de enerxía nos ventiladores.

Esta medida é máis eficaz en combustibles líquidos e gaseosos que no caso de combustibles sólidos. As emisións redúcense máis do 75% no caso de instalacións de gas ou fuel óleo mentres que no caso do carbón e do lignito, adoita reducirse aproximadamente un 15%.

Nas caldeiras de lignito a recirculación do gas de combustión seca o lignito nos muíños das caldeiras. O gas de combustión é impulsado ó forno e contribúe reduci-las emisións de NO_x .

Aire en etapas

A redución de NO_x por aire en etapas baséase na creación de dúas zonas de combustión divididas: unha zona de combustión primaria, cunha carencia de osíxeno, e unha zona secundaria de combustión, con exceso de osíxeno para asegura-la combustión completa. O principio da tecnoloxía de aire en etapas é reducir primariamente o nivel do osíxeno dispoñible en zonas onde é crítica a formación de NO_x . A canti-

dade de combustible queimado á temperatura máxima do fogar redúcese. A condición subestequiométrica na zona primaria suprime a conversión do nitróxeno unido ó combustible a NO_x . As consecuencias desta técnica son as seguintes:

- Pódense formar cantidades non desexadas de CO debido a problemas de mestura.
- A cantidade de carbono inqueimado pódese incrementar no caso de reacondicionamento das instalacións existentes, debido á diminución do volume dispoñible entre o final da zona de combustión e o primeiro intercambiador de calor.

O aire pode estar en etapas no forno ou no queimador, aínda que normalmente se utiliza unha mestura entre ambos.

Aire en etapas no fogar

Poden existir tres tipos de instalacións:

- Biased burner firing (BBF). Os queimadores inferiores operan en condicións de combustible rico, mentres que os superiores, con exceso de aire.
- Queimadores fóra de servicio (Burners out of service –BOOS-). Os queimadores inferiores operan en condicións de combustible rico, mentres que os queimadores superiores non se usan, inxectando soamente aire. Esta técnica aplícase xeralmente ós procesos de combustión de gas ou fuel.
- Aire por enriba da chama (Over Fire Air –OFA-). Dispón de conductos de entrada de aire ó fogar por enriba do nivel dos queimadores polos que se inxecta. Deste xeito, os queimadores poden operar con baixo exceso de aire inhibindo a formación de NO_x ; o aire superior asegura a combustión completa.

Estes sistemas non teñen consumo de enerxía adicional. O máis utilizado é o Over Fire Air, que pode chegar a alcanzar reducións de NO_x do 40 ó 50% para caldeiras de carbón, un 45% para fuel óleo e ata un 65% para caldeiras de gas, aínda que aumenta o risco de corrosións e as proporcións de carbono inquemado nos residuos sólidos.

Queimadores de baixo NO_x

Están baseados en modificacións na forma de introduci-lo aire combustible no fogar co obxecto de retrasa-la mestura, diminuí-la dispoñibilidade de osíxeno e reduci-la temperatura de chama. Na maioría dos casos, o aire en etapas produce un incremento da lonxitude da chama. O mecanismo para conseguilo aire en etapas é diferente en función do tipo de queimador.

A continuación clasifícanse os queimadores de baixo NO_x :

- Queimador de baixo NO_x con aire en etapas. No proceso de aire en etapas, o aire primario mestúrase coa cantidade total de combustible, producindo unha chama rica en combustible, relativamente fría e deficiente en osíxeno, de modo que se inhibe a formación de NO_x . A mestura de combustible e aire e o aire secundario crean unha zona de combustión subestequiométrica. Debido ó movemento en remuíño do aire secundario e a entrada cónica do queimador que quenta o combustible rapidamente, créase unha zona de recirculación interna. Os compoñentes volátiles emítense na chama primaria xunto coa maior parte dos compostos de nitróxeno. A oxidación do N a NO está limitada debido á atmosfera deficiente en O_2 e á elevada concentración de CO. De tódolos xeitos, os radicais NH formados baixo estas condicións son capaces de reduci-lo NO xa formado. Xunto co aire secundario, créase unha zona de queimado onde se produce unha combustión lenta de combustible inqueimado a baixas temperaturas. A baixa concentración de osíxeno proporciona o control de NO_x nesta etapa.
- Queimador de baixo NO_x con recirculación do gas de combustión. Nos combustibles sólidos e líquidos domina o NO_x combustible sobre o térmico. Ademais de reduci-la temperatura da chama que actúa sobre o NO_x térmico, tamén é necesario reduci-lo contido en osíxeno sen producir máis carbono inqueimado. A solución consiste en chamas separadas con recirculación interna do gas de combustión. Inxectando unha porción do gas de combustión na zona de combustión ou na subministración de aire de combustión, a tem-

peratura da chama e as concentracións de osíxeno diminúen reducindo a formación de NO_x .

- Queimador de baixo NO_x con combustible en etapas. O queimador de combustible en etapas intenta reduci-lo NO_x xa formado por adición de parte do combustible na segunda etapa. Esta técnica comeza coa combustión dunha porción de combustible con elevado exceso de aire, co resultado dunha temperatura de chama relativamente baixa que inhibe a formación de óxidos de N. A zona de recirculación interna e a combustión case estequiométrica aseguran a estabilidade da chama. Cando a combustión se vai completando na zona primaria, inxéctase combustible adicional para forma-la chama secundaria, que é substequiométrica. Créase unha atmosfera na que o NO_x xa formado se pode reducir a N_2 por radicais de NH_3 , HCN e CO . A zona de extinción da chama fórmase na terceira etapa.

- Queimadores de baixo NO_x de nova xeración. Os deseños máis recentes utilizan unha combinación de aire en etapas, combustible en etapas e recirculación do gas de combustión.

Nestes sistemas existe un consumo de enerxía adicional debido á necesidade de utilizar grandes ventiladores de aire para mellora-la pulverización do carbón. Este sistema, xeralmente, pode reduci-las concentracións de NO_x do 30 ó 50%, ás veces máis do 60%, dependendo do tipo de unidade e do seu tamaño. Para caldeiras de carbón, os máis utilizados son os queimadores de baixo NO_x con aire en etapas ou combustible en etapas cunha redución das emisións de NO_x de 25-35% e 50-60%, respectivamente. Úsanse, polo xeral, en combinación con OFA, sobre todo en caldeiras tanxenciais.

Recombustión

O seu obxectivo é reducir quimicamente os óxidos de N xa formados na primeira combustión a nitróxeno. A recombustión leva consigo a inxección do combustible nunha segunda zona de combustión substequiométrica co fin de reduci-lo NO_x producido nunha zona primaria.

A combustión divídese en tres partes:

1. Zona primaria, na que o combustible principal se queima nunha atmosfera oxidante ou lixeiramente reductora.
2. Zona secundaria, na que o combustible secundario se inxecta nunha atmosfera reducida producindo radicais hidrocarbonados. Estes reaccionan cos óxidos de N producidos na primeira zona para formaren principalmente nitróxeno e outros compostos orgánicos volátiles indesexables, como radicais NH. É a zona de recombustión.
3. Zona de extinción da chama, onde se completa a combustión a partir da adición de aire final.

Como combustible de recombustión, pódense utilizar diferentes combustibles de fácil ignición e con baixo contido en nitróxeno. Os combustibles sólidos deben ter un elevado contido en volátiles e deben ser moi finos. Para reduci-los óxidos de nitróxeno, o gas natural dá os mellores resultados debido á súa fácil ignición.

Os niveis de redución neste proceso dependen dos seguintes parámetros: estequiometría na zona de recombustión, mestura e dispersión do combustible de recombustión no gas, tempo de residencia na zona de recombustión, variabilidade da carga, temperatura na zona de recombustión, exceso de aire na zona de combustión primaria, etc.

Esta técnica pódese utilizar para todo tipo de caldeiras de combustibles fósiles tamén en combinación con técnicas de combustión de baixo NO_x para o combustible primario.

A eficiencia depende do combustible de recombustión e do tempo de residencia. A recombustión pode reduci-las emisións dun 50 a un 60%. En combinación de queimadores de baixo NO_x , a redución pode chegar a ser do 70%.

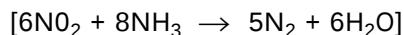
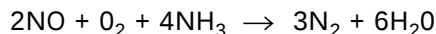
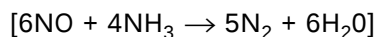
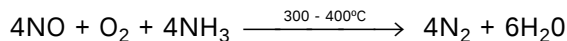
10.5.2 DESNITRIFICACIÓN DOS GASES DE COMBUSTIÓN

Reducción Catalítica Selectiva (SCR)

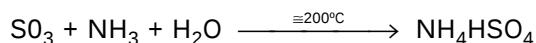
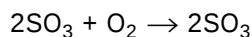
É un proceso baseado na redución selectiva de óxidos de nitróxeno con amoníaco ou urea en presenza dun catalizador. O axente reductor inxéctase en contracorrente con catalizador no gas de escape. Na

superficie do catalizador ten lugar a conversión de NO_x a temperaturas entre 300 e 450 °C para os gases ricos en SO_2 , segundo as seguintes reaccións:

Reaccións catalíticas:



Reaccións indesexables na catálise:



Se o contido en SO_2 no gas de escape non é moi elevado as temperaturas poden reducirse ata 180 °C. As maiores vantaxes desta tecnoloxía son a eficiencia de conversión, a posibilidade de aplicala a gran variedade de combustibles e a ausencia de contaminación secundaria.

Xeralmente, a unidade de SCR colócase despois da caldeira, despois do precipitador electrostático ou ó final do tren de tratamento dos gases de escape. A continuación amósanse tres posibles disposicións SCR:

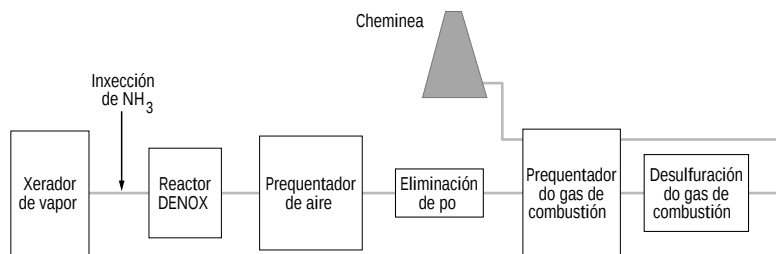


Figura 10.5. Disposición DENOX: SCR-tratamento con alta concentración de partículas.

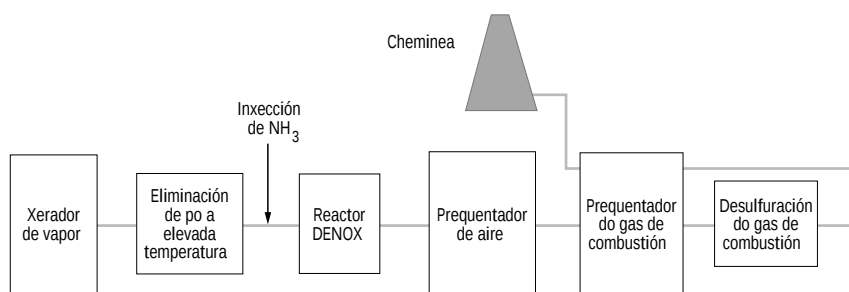


Figura 10.6. Disposición DENOX: SCR-tratamento en baixa concentración de partículas.

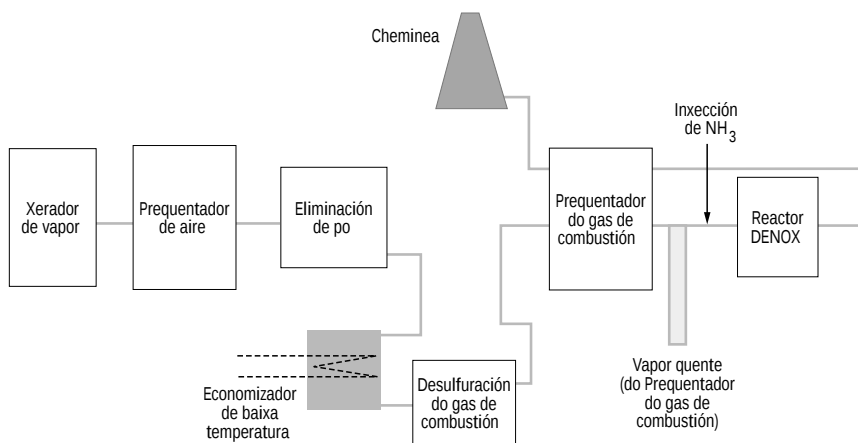


Figura 10.7. Disposición DENOX: SCR-tratamento final.

A eficiencia na redución de NO_x depende sobre todo do volume e da actividade do catalizador, da concentración de NO_x no gas de escape, da relación NH_3/NO_x nos catalizadores e da temperatura de traballo. O rango de redución oscila entre o 70 e o 90%.

Reducción non-catalítica selectiva (SNCR)

A SNCR é unha medida secundaria para reduci-los óxidos de nitróxeno emitidos nos gases de combustión dunha unidade de combustión. Inxéctase un axente reductor no gas de escape onde a temperatura está no rango de 850 a 1.100 °C sen catálise. A eficiencia do proceso depende da temperatura no gas de escape, do tempo de residencia a este rango de temperatura, do axente mesturado co gas e da cantidade de axente reductor inxectado en relación coa cantidade de NO_x presentes neste.

Se o axente reductor é amoníaco ou amoníaco cáustico, a temperatura debe estar entre 850 e 1.000 °C (a óptima son 870 °C). Para a urea, a óptima está en 1.000 °C, e o rango debe estar entre 850 e 1.100 °C. Por enriba da temperatura adecuada, o amoníaco oxídase e prodúcese máis NO_x , e por debaixo, a velocidade de conversión é demasiado baixa e pódese formar amoníaco. O tempo de residencia requirido na zona de temperatura está entre 0,2 e 0,5 segundos.

A eliminación efectiva require que a relación NH_3/NO_x sexa optimizada. A velocidade de eliminación de NO_x favorécese aumentando a relación, aínda que se traduce cun desprazamento do NH_3 levando a un aumento da contaminación. Para neutralizar estes efectos opostos, a relación NH_3/NO_x debe estar entre 1,5 e 2,5.

Unha instalación SNCR consta de dúas unidades principais:

- Unidade de almacenamento do aditivo con sistema de refrixeración para a inxección e evaporación do aditivo.
- Unidade SNCR en si mesma, onde ten lugar a inxección do aditivo e a reacción de NO_x a N_2 e H_2O .

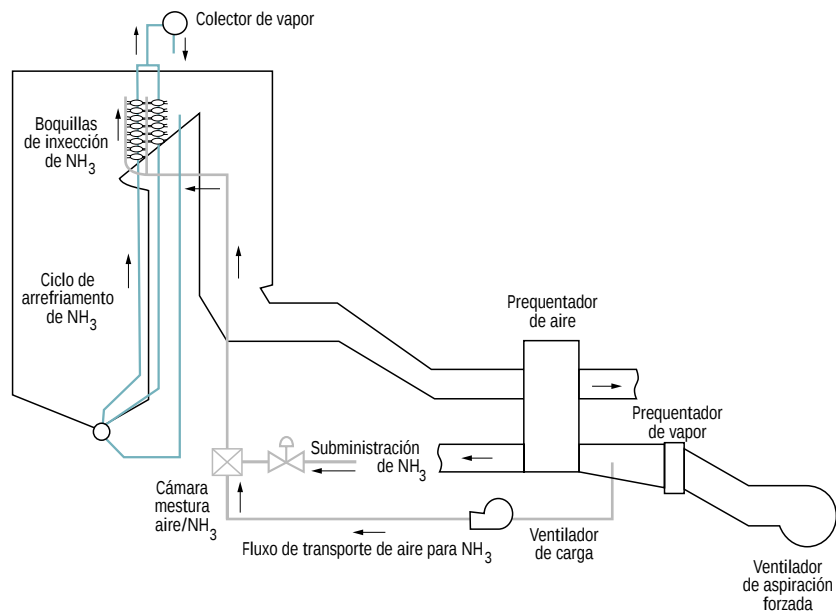


Figura 10.8. Técnica de reducción no catalítica selectiva (SNCR).

Esta técnica é máis axeitada para instalacións pequenas. Ten varias desvantaxes en comparación con SCR que son as seguintes:

- Menor eficiencia de eliminación de NO_x .
- Maior consumo de aditivos químicos.
- Gran potencial para producir amoníaco non reactivo.

As vantaxes son que o custo de operación non é tan elevado como na RCS, xa que non é necesario instalar e manter unidades catalíticas. Pola mesma razón, o sistema require menos espazo e é máis fácil instalar outras tecnoloxías de control de NO_x .

10.6 TÉCNICAS COMBINADAS DE REDUCCIÓN DAS EMISIÓNS DE ÓXIDOS DE XOFRE E NITRÓXENO

Os procesos combinados de eliminación de SO_2 e NO_x foron desenvolvidos co fin substituí-los procesos convencionais de FGD/SCR. Estas

técnicas emplean unha única reacción química para eliminar simultaneamente SO_2 e NO_x .

A continuación amósase unha táboa na que se clasifican este tipo de procesos:

Categorías	Procesos
Adsorción/rexeración sólida	Carbón activo
	Proceso NOXSO
	Proceso do óxido de cobre
	Proceso do óxido de Zinc
Operación catalítica gas/sólido	Proceso WSA-SNOX
	Proceso DESONOX
	Proceso SNRB (SO_x - NO_x - RO_x -Box)
	Proceso Parsons FGC
	Proceso Lurgi CFB
Radiación de haces electrónicos	Fluxo de electróns con amoníaco
Inxección de álcalis	Bicarbonato de sodio
Lavado húmido con aditivos	Fe(II)
	EDTA
	Fósforo amarelo

Moitos destes procesos están en vías de desenvolvemento e investigación polo que unicamente se cita o seu nome e as máis importantes explícanse no capítulo de tecnoloxías emerxentes, outras xa están dispoñibles a nivel comercial e en funcionamento nalgunha instalación.

10.7 TÉCNICAS DE REDUCCIÓN DAS EMISIÓNS DE METAIS PESADOS

Os sistemas de eliminación de metais pesados pódense dividir en dúas categorías:

- Técnicas que se usan para eliminar partículas SO_x e NO_x das emisións.
- Técnicas que se usan expresamente para eliminar elementos traza no gas de escape.

As técnicas deseñadas expresamente para reducir certos metais nas correntes do gas de escape están pensadas, sobre todo, para reducir

emisións de Hg e outros metais tóxicos como o As, Cd e Pb en instalacións de incineración de residuos, pero non se aplican ás centrais térmicas posto que a eliminación dos metais nos gases de escape é suficientemente elevada coas técnicas de eliminación de partículas utilizadas en GIC (filtros de mangas ou precipitadores electrostáticos). Estes sistemas inclúen filtros de selenio, de carbón activo e outros adsorbentes.

10.8 TÉCNICAS DE REDUCCIÓN DOUTROS CONTAMINANTES

10.8.1 HALÓXENOS

As emisións de halóxenos depende dos seguintes factores: contido inicial en halóxeno do combustible e forma na que está presente, condicións de combustión (temperatura, tempo de residencia, etc), e tipos de tecnoloxías de control da contaminación utilizadas. Aquelas tecnoloxías e procesos diseñados para controla-las emisións de SO_x , como a adición de calcaria á caldeira e FGD, poden ser especialmente efectivas para reduci-las emisións dos gases de halóxeno acidificantes.

10.8.2 GASES DE EFECTO INVERNADOIRO

A optimización das condicións de combustión conlevan á vixianza en continuo dos niveis de osíxeno e/ou CO co fin de maximiza-lo rendemento da instalación.

Existen varios métodos, procesos e tecnoloxías para reduci-las emisións de gases de efecto invernadoiro procedentes de GIC, especialmente no caso das emisións de CO_2 . As accións de redución deste tipo de emisións encádranse en dous bloques: o primeiro consiste en evita-las emisións de CO_2 aumentando a eficiencia do proceso de combustión, o uso da enerxía e a conservación. O segundo inclúe o control das emisións de CO_2 por separación do gas de combustión e eliminación, técnica que está nunha etapa moi temprana polo que aínda non se aplica a nivel industrial.

10.9 TÉCNICAS DE CONTROL DAS EMISIÓNS Á AUGA

Nas centrais térmicas prodúcense principalmente dous tipos de efluentes líquidos:

- Descargas térmicas, que se refiren ás augas residuais que poderían orixinar unha contaminación térmica eventual no medio hídrico receptor.
- Vertidos químicos, que se refiren ás augas residuais contaminadas con materiais diversos.

O funcionamento dunha central térmica require o consumo de grandes cantidades de auga, polo que é necesaria unha fonte de abastecemento adecuada e relativamente próxima á central. As fontes de suministro de auga poden ser lagos, embalses, ríos, pozos e o mar.

A calidade e natureza destas augas plantea dificultades adicionais no funcionamento deste tipo de instalacións, xa que para unha serie de operacións na central requírese auga de calidade para alimentar o sistema de xeración de vapor. Este é o caso da auga potable e a desmineralizada para alimenta-lo sistema de xeración de vapor. Por esta razón a central conta con plantas depuradoras que xeneran tamén efluentes residuais.

Os usos máis típicos e continuos de auga e, en consecuencia, os que producen máis efluentes líquidos son os seguintes: xeración de vapor, refrixeración do condensador, tratamento e depuración da auga de alimentación, potabilización da auga, manexo de cinzas por vía húmeda, etc. Tamén se producen efluentes líquidos con outros usos da auga, pero de forma intermitente. Por exemplo, en operacións de limpeza (caldeira, prequentadores, etc.) e na humectación dos parques de carbóns e cinzas.

Tamén é importante sinalar as augas de escorrentías da auga de chuvia, as infiltracións dos parques de carbón e cinzas, e os posibles drenaxes subterráneos das balsas de almacenamento de cinzas.

10.9.1 DESCARGAS TÉRMICAS

A pesar de que certas cantidades de calor residual producido nunha central térmica elimínase cos gases de combustión descargados a través da cheminea, a maior parte desta eliminación ten lugar no condensador mediante a auga de refrixeración.

A calor incorporada o auga de refrixeración debe ser disipada ó medio que se consegue de dúas formas: mediante sistemas de refrixeración en circuito aberto e pechado.

O sistema de refrixeración en circuito aberto emprégase nas centrais refrixeradas con auga de mar, nas que normalmente a auga tomada descárgase totalmente producíndose unha descarga térmica no medio receptor.

O sistema de refrixeración en circuito pechado emprégase xeralmente en centrais que utilizan auga dulce. Nestos sistemas a auga se recircula en circuito pechado, empregándose torres de refrixeración nas que, como consecuencia da evaporación, se produce un incremento da concentración salina da auga do circuito que esixe, para evitala formación de incrustacións ou depósitos no sistema, unha eliminación en continuo dunha certa cantidade de auga, no que se coñece como purga da torre de refrixeración, que será outro líquido a tratar.

Para o tratamento ou redución da contaminación térmica lévase a cabo unha selección cuidadosa da toma de auga fría e do vertido efluente quente, facendo que o salto térmico no medio receptor sexa mínimo e a súa incidencia medioambiental, nula ou despreziable.

10.9.2 VERTIDOS QUÍMICOS

Na táboa seguinte amósase unha clasificación de vertidos hídricos (augas residuais) procedentes de centrais térmicas según a súa orixe e características cuantitativas:

Clasificación	Orixe
Volume alto	Auga de refrixeración sen recirculación do condensador principal Augas para servizos sen circulación Purga do sistema principal de recirculación da auga de refrixeración
Volume intermedio	Sistemas sen recirculación do arrastre de cinzas Tratamento de augas por clarificación Tratamento de augas por ablandamento Tratamento de augas por evaporación Tratamento de augas por intercambio iónico Tratamento de augas por ósmosis inversa Purga do evaporado Purga da caldeira Limpeza dos tubos da caldeira Limpeza do lado do lume da caldeira Limpeza do prequentador de aire Limpeza da cheminea Outras limpeza
Volume baixo	Purga do sistema de recirculación de arrastre de cinzas Limpeza da cubeta da torre de refrixeración Sistemas sanitarios Recirculación da auga doméstica Drenaxe do suelo Outros fluxos
Escorrentías de choiva	Drenaxe do carbón almacenado Drenaxe de patios e aceras

Os efluentes máis importantes clasificados segundo a súa orixe son os seguintes:

- Vertidos procedentes das plantas de tratamento das augas de alimentación á caldeira, que implican a aplicación de técnicas combinadas como clarificación, ablandamento, intercambio iónico, etc. Estes vertidos prodúcese de forma intermitente. Os efluentes procedentes da depuración da auga conteñen, ademais das impurezas eliminadas, os produtos utilizados no proceso correspondente (coagulantes, produtos de rexeneración, etc.)
- Vertidos do sistema de xeración de vapor, como a purga da caldeira e os líquidos de rexeneración dos sistemas de depuración do condensador. A purga da caldeira contén tódolos produtos que se acumulan na operación da mesma: acondicionadores do ciclo, produtos de corrosión, etc.

- Vertidos do sistema de manexo de cinzas e escouras, asociados ós procesos de extracción e transporte hidráulicos das cinzas e ó almacenamento húmido en balsas para a eliminación de cinzas e escouras.

- Efluentes diversos e ocasionais, que se producen de forma intermitente, tales como os sanitarios, os vertidos de laboratorios e sistemas de demostración, augas residuais procedentes da limpeza de equipos e os derivados do lavado químico da caldeira.

O tratamento destes vertidos químicos realízase normalmente concentrando diversas correntes de efluentes líquidos antes do seu paso polas etapas de neutralización, clarificación e filtración, que levan á xeración dun efluente depurado, que se descarga no medio receptor, e de residuos ou lodos. Os lodos precisan dunha xestión posterior axeitada por vertido ou por eliminación controlada.

A continuación explícanse as técnicas utilizadas normalmente nunha planta de tratamento de vertidos líquidos.

Precipitación química

A precipitación química utilízase como un tratamento primario para elimina-los compoñentes solubles como os fluoruros e os iones metálicos do efluente líquido. Os compoñentes solubles poden precipitar desde o auga residual axustando o pH. Ademáis añádese ó efluente un reaxente, como pode ser cal, hidróxido sódico, sufuro sódico, ou unha combinación de reaxentes para formar compostos insolubles. Estes compostos elimínanse por filtración e sedimentación.

A eficiencia da limpeza das augas residuais por precipitación química está influenciada polos seguintes factores:

- Elección do precipitante químico.
- Cantidade de precipitante.
- Eficiencia ca que o complexo precipitado se elimina da solución.
- Manteñemento do correcto valor de pH ó longo do proceso de tratamento.

- Utilización de sales de ferro para eliminar metais específicos.
- Utilización da floculación ou reaxentes coagulantes.

Sedimentación

A sedimentación é unha técnica de separación sólido/líquido que utiliza a gravidade para separar os compoñentes insolubles e partículas sólidas do efluente líquido. Este proceso pode ter lugar en diferentes lugares como lagoas, pilóns, tanques de sedimentación cun dispositivo de eliminación de lodo na parte baixa do tanque. O lodo eliminado na sedimentación pódese deshidratar utilizando un filtro ó baleiro. O filtrado xerado pódese volver a enviar ó principio do proceso de tratamento do efluente ou ó paso do proceso donde foi xerado dependendo do proceso de tratamento. A sedimentación pode utilizarse para separar partículas sólidas de augas residuais usadas para a granulación das cinzas de fondo ou como parte da planta de tratamento dos residuos do FGD.

Filtración

As técnicas de filtración utilízanse para a separación sólido/líquido normalmente, como un paso de clarificación final no proceso de tratamento de augas residuais. A unidade de filtración está localizada normalmente entre o paso de sedimentación e o control final para eliminar os sólidos do paso previo de limpeza. Os sistemas de filtrado poden ser de diferentes tipos:

- O filtro normal consiste en un leito de material a través do que se move o efluente. As partículas finas que non pasan o filtro forman unha pasta que se elimina continuamente ou en discontinuo.
- Os filtros de area están deseñados para a eliminación mecánica de sólidos en suspensión e materiais semisólidos como sedimentos ou hidróxidos metálicos. A purificación da auga residual utilizando filtración en area e práctica debida ós efectos combinados de filtración, adsorción química e asimilación.

- Hiper-filtración ou ósmose inversa utilízase para eliminar partículas moi finas. Este sistema permite eliminar partículas de peso molecular aproximado de 100 a 500, mentras que a ultra-filtración se utiliza no rango de 500 a 100.000.
- Ultra-filtración é un método efectivo no tratamento de auga residual pero necesita moina enerxía. O efluente deisaxe en contacto cunha membrana de ultra-filtración, que contén poros pequenos.

Intercambio iónico

Este método se utiliza ás veces como un paso final de limpeza na eliminación de metais pesados procedentes das augas residuais. Este proceso ten lugar nunha columna de intercambio iónico. A resina de intercambio iónico pode ser rexenerada con ácido hidroc্লórico e sosa cáustica.

10.10 TÉCNICAS DE XESTIÓN DOS RESIDUOS E SUBPRODUCTOS DE COMBUSTIÓN

Os residuos xerados nunha central térmica poden dividirse nos residuos asociados ó proceso de combustión do combustible e aqueles asociados ó proceso de tratamento de augas.

Na táboa seguinte amósanse os residuos asociados ó proceso de combustión:

Procedencia	Residuo
Combustión de carbón pulverizado	Cinzas voantes Escouras
Desulfuración do gas de combustión	Residuos da desulfuración por vía húmida Residuos da desulfuración por vía seca
Combustión en leito fluído	Cinzas de fondo de leito Cinzas
Gasificación	Cinzas ou escouras de gasificación Residuo da limpeza de gases

No caso de plantas de combustión de carbón, os sistemas de eliminación de cinzas no manexo do carbón diferéncianse na frecuencia e

medio de transporte. Como sistemas de transporte utilízanse sistemas de eliminación intermitentes ou continuos.

Estes sistemas de transporte para move-las cinzas dos puntos de colección cara ó almacenamento poden ser hidráulicos, pneumáticos ou mecánicos.

En fornos con saída de escouras recupérase o 100% como escouras granuladas debido ó reciclado de cinzas voantes que ten este sistema. Soamente se tratan separadamente as cinzas cando se encontran baixos niveis de combustible inqueimado nas cinzas voantes.

En plantas con redución catalítica selectiva de po alto unha porción das cinzas voantes non se recicla para aumentar o tempo de vida do catalizador.

En grella e combustión en leito fluído prodúcense elevadas cantidades de cinzas de fondo debido ás grandes partículas de combustibles e baixas velocidades. No leito fluído circulante con precipitación mecánica ou en ciclóns, a maior parte das cinzas voantes volven ó forno, onde se aglomeran ó material do leito e se recuperan como cinzas de fondo. O uso de sorbentes nestes sistemas para desulfuración forma unha mestura de subproductos de desulfuración e cinzas voantes.

Nos sistemas de desulfuración do gas de combustión de cal, o xeso recupérase en estrutura cristalina. Este xeso débese separar das partículas de calcaria e secarse. Unha vez lavado, é un subproduto de alta calidade.

10.10.1 RECICLAXE

As cinzas e as escouras representan o compoñente residual máis importante en cantidade nas plantas de combustibles fósiles. Por esta razón, as posibilidades de reciclaxe para as cinzas son unha forma de previ-la contaminación. Usos típicos inclúen a incorporación das cinzas en materiais de construción, como asfalto ou cemento. A continuación indícanse os usos de mercado para as cinzas:

- Fabricación de cementos Pórtland e puzolánicos.
- Elaboración de formigóns.

- Elaboración de bloques, ladrillos, aglomerados, etc.
- Estabilización de residuos tóxicos.
- Restauracións mineiras de minas.
- Estabilización e corrección de solos.
- Materiais de recheo.
- Recheos estruturais.
- Construcción de carreteras.
- Fertilización de solos.
- Agregado para materiais de construción lixeiros.

10.10.2 SEGREGACIÓN DE RESIDUOS POTENCIAIS

As industrias de xeración de enerxía eléctrica por combustibles fósiles poden reduci-lo custo da eliminación de residuos segregando co-dadosamente as correntes de residuos. En particular, as industrias poden segregar residuos non perigosos procedentes de residuos perigosos para reduci-la cantidade de residuos que deben ser eliminados como residuos perigosos. Por exemplo, pódese segrega-lo aceite desengraxando solventes porque o aceite non contaminado pode reciclarse ou alimentarse á caldeira como combustible suplementario. O aceite contaminado con PCB débese segregar desde outros aceites usados. O material absorbente que non está completamente saturado con aceites, etc. débese almacenar separadamente do material saturado, de maneira que se poida reutilizar.

10.11 MELLORES TÉCNICAS DISPOÑIBLES

Co fin de decidir cales son as mellores técnicas dispoñibles para a combustión de combustibles fósiles desde o punto de vista medioambiental, sen esquecer-los aspectos económicos, no caso das plantas de combustión de combustibles sólidos débense ter en conta os seguintes factores:

- Calidade do combustible (contido en cinzas, humidade, compostos volátiles, xofre, metais, etc.).
- Tipo de caldeira (combustible pulverizado con combustión frontal ou tanxencial, combustión en leito fluído, combustión en grella, etc).
- Capacidade da central térmica.
- Idade da central térmica.
- Réxime de operación: tempo de vida previsto e produción anual. Ten que ver cos custos de investimento.
- Tipo de fonte de refrixeración: influencia sobre o sistema de refrixeración e o deseño de tratamento de augas.
- Espacio libre dispoñible na localización: viabilidade de tratamento a longa escala do gas de combustión, como é o caso do depurador seco, desulfuración e redución catalítica selectiva.
- Dispoñibilidade de materias primas: carbón de baixo contido en xofre, utilización de amoníaco/urea para o proceso de RCS, utilización de cal para o proceso de FGD.
- Instalacións para valorización e tratamento de reaxentes e subproductos: custo de operación e transporte.
- Posibilidades de mercado dos subproductos: xeso, cinzas con elevado contido de carbón non queimado.
- Consumo de enerxía pola técnica, influencia na eficiencia global da instalación: custo da técnica.
- Recursos de auga: deseño do tratamento de augas.
- Estado dos equipos auxiliares: ESP, cheminea que hai que modificar no caso da FGD.
- Nivel das emisións de contaminantes antes de instalar unha técnica para reducilas: custos.
- Equipo dispoñible (posibilidade de utilízalos en vez de colocar outros novos cando se instale unha nova técnica para reducir emisións): custos.

- Existencia dunha técnica primeira para reducir emisións cando se quere instalar unha segunda: custos de operación e investimento, e eficiencia da primeira técnica.

Na táboa seguinte móstranse as técnicas posibles para considerar como mellores en función da finalidade ambiental e cáles non se han de considerar para o mesmo fin.

Finalidade	Técnicas a considerar como MTD
Incremento da eficiencia do proceso	Aumenta-la temperatura e presión do vapor Ciclo auga-vapor con requeamento intermedio Reducción do exceso de aire Reducción da temperatura do gas de saída
Reducción das emisións de partículas	Precipitador electrostático (ESP) Filtros de mangas
Reducción das emisións de SO ₂	Carbóns de baixo contido en xofre Lavador húmido Lavador semiseco Inxección de adsorbente seco (só para caldeiras de combustión en leito fluído)
Reducción das emisións de NO _x	Combustión con baixo exceso de aire Recirculación do gas de combustión Aire en etapas no fogar Aire en etapas en queimadores—queimadores de baixo NO _x Recombustión Reducción catalítica selectiva (SCR)
Tratamento dos efluentes de cinzas (sen metais pesados)	Sedimentación Eliminación de aceite e graxa Combinación de neutralización-coagulación-floculación-sedimentación
Tratamento dos efluentes de cinzas (con metais pesados)	Sedimentación (con eliminación de lodos en vertedoiros controlados) Tratamento das augas residuais dos sistemas de desulfuración
Residuos	Valorización Reutilización e eliminación controlada

10.12 TECNOLOXÍAS EMERXENTES

As políticas de prevención da contaminación en sistemas de combustión de carbón xeralmente teñen como finalidade incrementa-la eficiencia media da combustión (electricidade producida por cantidade de combustible), dando como resultado a reducción dos contaminantes ambientais producidos. A eficiencia da tecnoloxía vén determinada pola porción de enerxía no combustible que se converte en electricida-

de. Polo tanto, o proceso de combustión e transferencia de calor son variables críticas. Considerando as tecnoloxías avanzadas, débese considera-la transferencia medioambiental de residuos dun medio a outro. A non ser que a transferencia represente unha forma máis manexable do residuo, a ganancia medioambiental debe ser pouca ou ningunha.

De seguido ofrécese unha breve descrición das tecnoloxías dos sistemas enerxéticos de combustión, ningunha delas comercialmente viable no presente pero si nun futuro próximo.

10.12.1 CALDEIRAS DE LEITO FLUÍDO

As tecnoloxías das caldeiras de leito fluído están sendo desenvolvidas para incrementar, nun futuro próximo, o tamaño e a eficiencia dos sistemas de combustión de leito fluído (FBC) agora limitados a 750 MWth.

10.12.2 GASIFICACIÓN INTEGRADA CON CICLO COMBINADO (IGCC)

No GICC intégranse as tecnoloxías de gasificación con limpeza de gas, conversión do gas de síntese e tecnoloxías de turbinas enerxéticas para producir enerxía limpa. Esta integración dos procesos de conversión de enerxía proporciona unha utilización máis completa dos recursos enerxéticos, proporcionando eficiencias elevadas e niveis de contaminación moi baixos. Nestes sistemas é posible converter calquera carbón alimentado en produtos como enerxía eléctrica, vapor, hidróxeno, e valorar calquera compoñente químico engadido. As diferentes combinacións de tecnoloxías permítenlle á industria un baixo custo, así como a conversión eficiente de recursos e residuos en enerxía de forma eficiente.

En GICC hai distintas opcións en función do tipo de gasificador (sistema de alimentación de carbón seco ou húmido, soprado de aire ou osíxeno, leito fixo, leito de burbulleo ou gasificación por arrastre) e do nivel de integración do proceso.

O gasificador converte o abastecemento de hidrocarburos en compoñentes gasosos aplicando calor baixo presión en presenza de vapor.

A oxidación parcial da alimentación por medio de aire ou osíxeno inxectado no gasificador proporciona calor. A calor e a presión rompen os constituíntes subministrados, producindo gas de síntese.

Os minerais presentes no abastecemento (cinzas) sepáranse e deíxan a base do gasificador como escouras cristalizadas e outro tipo de produtos sólidos. Soamente unha pequena fracción das cinzas se arrastran, o que require elimina-la corrente baixa. Outros contaminantes potenciais, como compoñentes de xofre, extráense normalmente como xofre elemental ou ácido sulfúrico, ambos como subproductos. Debido á atmosfera reducida no gasificador, non se forma NO_x no proceso de gasificación. O amoníaco formado por reacción nitróxeno/hidróxeno esgótase con auga, así como os cloruros que forman entón ácidos. O gas restante despois da limpeza por separación dos contaminantes úsase, totalmente ou parcialmente, como combustible da turbina de combustión. A turbina move un xerador eléctrico, proporciona aire baixo presión para o gasificador e produce calor (expulsión) coa que crea vapor para o gasificador, co fin de producir enerxía eléctrica ou para outras aplicacións. Este uso combinado de turbinas de combustión e vapor produce unha xeración eficiente. Parte do gas limpo pode usarse tamén para:

- Proporcionar hidróxeno a través de métodos de separación, como combustible ou para aplicacións en refinerías.
- Producir unha ampla gama de compostos químicos e combustibles limpos utilizando procesos de estabilización.

As vantaxes ambientais de GICC inclúen:

- Elevada eficiencia
- Eliminación de NO_x nunha extensión maior do 90% debido ó feito de que o N unido ó combustible se elimina practicamente todo no depurador do gas frío na sección de limpeza. Ademais, a formación de NO_x térmico na cámara de combustión da turbina de gas suprímese por saturación do gas combustible con vapor antes da combustión e por dilución con nitróxeno procedente da unidade de separación de aire. Conséguese reducións das emisións de NO_x

menores 25 mg/Nm³, cun contido de osíxeno do 15% no gas de escape.

- O xofre no gas está na forma de sulfuro de hidróxeno, que é máis facilmente extraíble có SO₂. Conséguese valores menores de 5 mg/Nm³.
- Emisións reducidas de CO₂, en comparación coas caldeiras de combustión de carbón tradicionais.
- Partículas anteriores á adición do aire de combustión.
- Augas residuais.
- Diminución do volume de gas que se debe tratar debido á eliminación de emisións de óxidos de nitróxeno, xofre e partículas anteriores á adición do aire de combustión.

Correntemente, a limpeza de gas en GICC require arrefriamento previo do gas; sen embargo, estanse a desenvolver sistemas de limpeza de gas quente que eliminarán o 99,9% do xofre e que dan como resultado un produto de xofre facilmente vendible.

Sen embargo, o custo de investimento desta tecnoloxía aínda é moi elevado, sobre todo debido ó proceso de gasificación. O investimento é función da electricidade e as produccions de vapor. Polo tanto, soamente será economicamente rendible no caso de que os consumidores de vapor e o barato combustible estean dispoñibles cerca da instalación.

10.12.3 PROCESO DESONOX

Este sistema consiste en que o gas de escape, unha vez que atravesa o precipitador electrostático, entra nun convertedor catalítico en dúas etapas. A primeira consta dun sistema de redución catalítica selectiva (RCS), onde o ácido nítrico e óxidos de nitróxeno se reducen selectivamente a amoníaco. Na segunda etapa catalítica, o osíxeno presente no gas de escape úsase para converter SO₂ en SO₃.

Os gases de escape arrefríanse entón en presenza do vapor formado na combustión e no sistema de RCS o SO₃ condensa como ácido sul-

fúrico. Unha vez lavado o gas para elimina-lo HCl ou HF que poida conter e recolle-las partículas ultrafinas que escapan das unidades superiores do proceso, o gas de escape limpo libérase á atmosfera.

O produto final ten un 70% de ácido sulfúrico, que se pode reutilizar na industria química, por exemplo, dependendo das condicións do mercado.

O proceso amósase na figura 10.9.

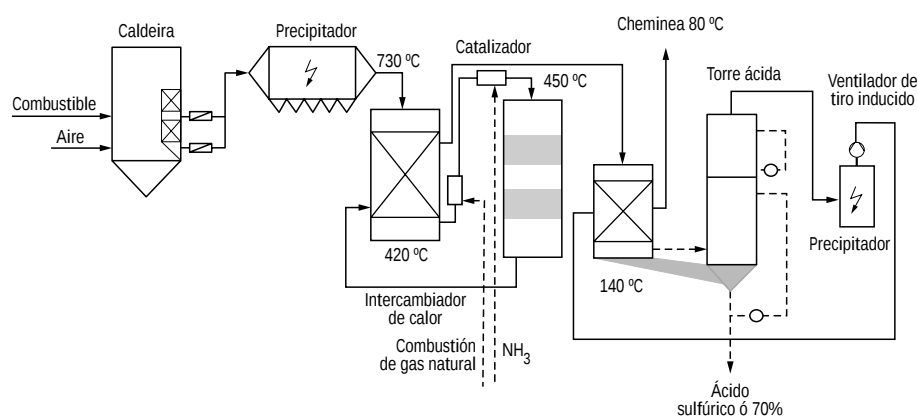


Figura 10.9. Proceso DESONOX.

10.12.4 RECOMBUSTIÓN AVANZADA DO GAS

A recombustión avanzada de gas (RAG) mestura unha recombustión regular de gas con inxección dun axente de nitróxeno (amoníaco ou urea –RNCS) que se instala nunha caldeira de combustión de carbón. Con esta técnica espérase producir unha redución maior de NO_x superior ó 85% para o nivel inicial de NO_x, mais é unha técnica que aínda está sen madurar.

10.12.5 TÉCNICAS DE ELIMINACIÓN DE PO EN DESENVOLVEMENTO

Os filtros cerámicos están en desenvolvemento para usar a temperaturas moi elevadas para avanzar nas tecnoloxías de gasificación para combustibles sólidos e líquidos. Esta técnica é capaz de eliminar partículas do gas de combustión a elevada presión e temperatura. A limpeza efectiva do gas a elevadas temperaturas permítelles ás GIC traballar con moi elevada eficiencia.

11 LEXISLACIÓN

Na bibliografía que aparece na presente publicación están citadas fontes moi amplas referentes a este apartado; de tódolos xeitos, este informe quedaría incompleto se non se citase, polo menos, o máis relevante da normativa vixente en cada campo medioambiental. Isto é o que se trata de conseguir neste apartado.

11.1 NORMATIVA BÁSICA

Europea

- **Directiva 96/61/CE** do Consello, do 24 de setembro de 1996, relativa á prevención e ó control integrados da contaminación (IPPC).

Estatal

- **Real decreto 2414/1961**, do 30 de novembro, polo que se aproba o Regulamento de actividades molestas, insalubres, nocivas e perigosas.

Galega

- **Decreto 442/1990**, de avaliación do impacto ambiental para Galicia (DOG n.º 188, 25 de setembro de 1990).

- **Decreto 327/1991**, de avaliación de efectos ambientais para Galicia (DOG n.º 199, 15 de outubro de 1991).

- **Lei 1/1995**, do 10 de xaneiro, de protección ambiental de Galicia.

Esta lei constitúe unha lei marco sobre a regulación do medio ambiente na nosa Comunidade Autónoma.

No seu título primeiro establece o obxecto xeral da lei, un “sistema de defensa, protección, conservación e restauración (...) do medio ambiente en Galicia”, así como o aseguramento da “utilización racional dos recursos naturais” (cfr. art. 1º).

Esta regulación baséase nos principios e obxectivos de prevención, de avaliación do impacto, dos efectos e da incidencia ambiental, de información pública, obxectiva, permanente e completa, o nivel de acción adecuada complementado co principio de subsidiariedade e de colaboración das instancias autonómica e local, e de coordinación e

unidade de acción mediante o adecuado deseño da administración ambiental no ámbito autonómico (cfr. art. 2º).

11.2 ATMOSFERA

Europea

- **Decisión do Consello 82/459/CE**, do 24 de xuño de 1982, pola que se establece un intercambio recíproco de información e de datos procedentes das redes e das estacións illadas que miden a contaminación atmosférica nos Estados membros.

- **Directiva 88/609/CE**, do Consello, do 24 de novembro de 1988, sobre limitación de emisións á atmosfera de determinados axentes contaminantes procedentes de grandes instalacións de combustión.

- **Directiva 94/66/CE** do Consello, do 15 de decembro, que modifica a lei anterior.

- **Directiva 96/52/CE** do Consello, do 27 de setembro de 1996, sobre avaliación e xestión da calidade do aire ambiente. Esta directiva está sendo desenvolvida por sucesivas normas específicas, coñecidas como directivas “fillas” ou de desenvolvemento.

- **Decisión 101/97/CE**, do Consello, do 27 de xaneiro, polo que se establece un intercambio recíproco de información e datos das redes de estacións illadas de medición de contaminación atmosférica nos Estados membros.

- **Decisión do Consello**, do 23 de marzo de 1998, relativa á celebración pola Comunidade Europea do protocolo do convenio de 1979, sobre contaminación atmosférica transfronteiriza a grande distancia relativo a novas reducións das emisións de xofre.

- **Decisión 99/296/CE**, do Consello, do 26 de abril de 1999, pola que se modifica a decisión 993/389/CEE, relativa ó mecanismo de seguimento das emisións de CO₂ e doutros gases de efecto invernadoiro na Comunidade.

- **Directiva 99/30/CE**, do 22 de abril, relativa ós valores límite de dióxido de xofre, dióxido de nitróxeno e óxidos de nitróxeno, partículas

e chumbo no aire ambiente. Con esta directiva, que se debe traspoñer antes do 19 de xullo de 2001, adoptaranse os novos valores límites de inmisión.

- **Directiva 2000/69/CE**, do Parlamento Europeo e do Consello, do 16 de novembro de 2000, sobre os valores límite para o benceno e o monóxido de carbono no aire ambiente.

- **Directiva 2001/80/CE**, do Parlamento Europeo e do Consello, do 23 de outubro de 2001, sobre a limitación de emisións á atmosfera de determinados axentes contaminantes procedentes de grandes instalacións de combustión: dióxido de xofre (SO₂); óxidos de nitróxeno (NO₂) e partículas (PM). Esta Directiva modifica á 88/609/CE, incorporando reducións adicionais para os contaminantes anteriormente citados, distinguindo entre instalacións existentes e futuras.

- **Directiva 2001/81/CE**, do Parlamento Europeo e do Consello, do 23 de outubro de 2001, sobre os teitos nacionais de emisión de determinados contaminantes atmosféricos. Refírese concretamente a catro contaminantes atmosféricos: SO₂, NO_x, COV's e amoníaco.

Estatutal

- **Lei 38/1972**, do 22 de decembro, de prevención e protección ambiental da atmosfera.

- **Decreto 833/1975**, do 6 de febreiro, que desenvolve a lei anterior. Regula a Rede Nacional de vixilancia e prevención da contaminación atmosférica e o réxime especial nas zonas de atmosfera contaminada. Con este motivo detalla as normas técnicas de niveis de inmisión, relativas á calidade do aire (anexo I). Tamén considera as actividades potencialmente contaminadoras da atmosfera (anexo II) e os principais contaminantes atmosféricos (anexo III). No anexo IV detállanse os niveis de emisión de contaminantes á atmosfera das principais actividades industriais potencialmente contaminadoras, que os titulares de focos emisores das novas industrias estarán obrigados a respectar.

- **Orde do 10 de decembro de 1975**, pola que se aproba o Regulamento de homologación de combustibles líquidos en instalacións fixas.

- **Orde do 10 de agosto de 1976**, pola que se establecen as normas técnicas para a análise e a valoración dos contaminantes de natureza química presentes na atmosfera.

- **Orde do Ministerio de Industria do 18 de outubro de 1976**, sobre prevención e corrección da contaminación atmosférica industrial, que completa o Decreto 833/1975.

- **Orde do 25 de xuño de 1984**, sobre instalación en centrais térmicas de equipos de medida e rexistro da emisión de contaminantes á atmosfera.

- **Real decreto 1613/1985**, do 1 de agosto, polo que se modifica parcialmente o Decreto 833/1975, do 6 de febreiro, e se establecen novas normas de calidade do aire no referente a contaminación por dióxido de xofre e partículas, co fin de incorpora-la Directiva 80/779/CE, do 15 de xullo.

- **Real decreto 1154/1986**, do 11 de abril, polo que se modifica o Real decreto 1613/85, do 1 de agosto, sobre normas de calidade do ambiente: Declaración polo Goberno de zonas de atmosfera contaminada.

- **Real decreto 717/1987**, do 27 de maio, sobre contaminación atmosférica por dióxido de nitróxeno e chumbo: Normas de calidade do ambiente. Modifica parcialmente o Decreto 833/1975, co fin de incorporar-las directivas comunitarias 85/203/CE, do 7 de marzo, e 82/884/CE, do 3 de decembro.

- **Orde do 22 de marzo de 1990**, pola que se modifica a Orde do 10 de agosto de 1976, respecto ó método de referencia para o fume normalizado.

- **Real decreto 646/1991**, do 22 de abril, polo que se establecen novas normas sobre limitación ás emisións á atmosfera de determinados axentes contaminantes procedentes de grandes instalacións de combustión. Adapta a Directiva 88/609/CE e aplícase ás instalacións de combustión que teñan unha potencia térmica nominal de produción de enerxía igual ou superior a 50 MW, calquera que sexa o tipo de combustible que utilicen (sólido, líquido ou gasoso).

- **Decreto 1088/1992**, do 11 de setembro, polo que se establece un réxime especial para previr a contaminación atmosférica procedente de novas instalacións de incineración de residuos municipais, así como para reduci-la ocasionada nas instalacións existentes.

- **Real decreto 1321/1992**, do 30 de outubro, polo que se modifica parcialmente o Real decreto 1613/1985, do 1 de agosto, e se establecen novas normas de calidade do aire no referente á contaminación por dióxido de xofre e partículas, incorporando a Directiva 89/427/CE, do 21 de xuño, que modifica a Directiva 80/779/CE.

- **Real decreto 1494/1995**, do 8 de setembro, sobre contaminación atmosférica por ozono (troposférico), transposición da Directiva 92/72/CE, do 21 de setembro.

- **Real decreto 1800/1995**, do 3 de novembro, polo que se modifica o Real decreto 646/1991, do 22 de abril. Substitúe o anexo II deste último establecendo novos valores límite de emisión de dióxido de xofre de novas instalacións de combustión.

- **Orde do 26 de decembro de 1995** para o desenvolvemento do Real decreto 646/1991, sobre limitación de grandes instalacións de combustión en determinados aspectos referentes a centrais termoeléctricas.

- **Real decreto 1217/1997**, do 18 de xullo, sobre incineración de residuos perigosos e de modificación do Real decreto 1088/1992, do 11 de setembro.

Galega

- **Decreto 156/1995**, do 3 de xuño, de inspección ambiental.

- O imposto sobre contaminación atmosférica de Galicia. Galicia foi pioneira en España na tributación para a protección do medio ambiente atmosférico, mediante a **Lei do Parlamento de Galicia 12/1995**, do 29 de decembro, desenvolvida polo **Decreto 4/1996**, do 12 de xaneiro.

Segundo a exposición de motivos da lei, a finalidade perseguida é a de “conseguir que as empresas afectadas adopten, nun prazo curto, as

medidas anticontaminantes precisas para diminuír substancialmente as emisións”.

A diferenza da proxectada “ecotaxa” comunitaria, que grava as materias primas e produtos que xeran contaminación ó utilízalos, o imposto galego grava un volume de emisións de determinadas substancias contaminantes á atmosfera (dióxido de xofre ou calquera outro composto osixenado de xofre, e dióxido de nitróxeno ou calquera outro composto osixenado de nitróxeno).

A base impositiva do imposto exprésase en “toneladas/ano” como a suma das cantidades emitidas de cada unha das substancias contaminantes por un mesmo foco emisor. A dificultade estriba na súa determinación, ou, o que é o mesmo, nos sistemas de medición.

A tarifa impositiva aplicable prevé tres tipos de gravame: un tipo cero (en realidade, unha exención) de 0 a 1.000 t/ano, un segundo tramo (5.000 pta/t) para os focos que emiten entre 1.001 e 50.000 t/ano, e un terceiro (5.500 pta/ano) para os que emiten de 50.001 t/ano en diante.

- **Decreto 4/1996**, do 12 de xaneiro, polo que se aproba o Regulamento de imposto sobre a contaminación atmosférica.

- **Orde do 26 de xaneiro de 1996**, pola que se aproban os modelos de xestión e liquidación do imposto sobre a contaminación atmosférica.

- **Orde do 30 de maio de 1996**, pola que se regula o exercicio da inspección ambiental única e a tramitación de denuncias ambientais.

11.3 VERTIDOS LÍQUIDOS

Estatal

- **Lei 29/1985**, do 2 de agosto, de augas.

Os seus arts. 92 a 100 traspoñen as normas de emisión sinaladas pola Directiva do Consello 76/464/CEE, do 4 de maio de 1976, relativa á contaminación causada por determinadas substancias perigosas vertidas no medio acuático da Comunidade.

O seu art. 94 traspón as normas de emisión sinaladas na Directiva do Consello 80/68/CEE, do 17 de decembro, relativa á protección das

augas subterráneas contra a contaminación causada por determinadas substancias perigosas.

- **Real decreto 849/1986**, do 11 de abril, polo que se aproba o Regulamento de dominio público hidráulico, que establece a regulación sobre emisións que se prevé na directiva marco comunitaria 76/464/CEE.

Este real decreto foi modificado polo RD 1315/1992, do 30 de outubro, para variar esencialmente determinados aspectos en relación coa contaminación dos acuíferos subterráneos que non foran fielmente traspostos desde o ordenamento comunitario.

Os seus arts. 245 a 273 traspoñen as normas de emisión sinaladas pola Directiva do Consello 76/464/CEE, do 4 de maio de 1976, relativa á contaminación causada por determinadas substancias perigosas vertidas no medio acuático da Comunidade.

Os seus arts. 256 a 258 traspoñen as normas de emisión sinaladas na Directiva do Consello 80/68/CEE, do 17 de decembro, relativa á protección das augas subterráneas contra a contaminación causada por determinadas substancias perigosas.

- **Orde do 23 de decembro de 1986**, pola que se dictan normas complementarias en relación coas autorizacións de vertidos de augas residuais.

- **Orde do 12 de novembro de 1987**, sobre normas de emisión, obxectivos de calidade e métodos de medición de referencia relativos a determinadas substancias nocivas ou perigosas contidas nos vertidos de augas residuais.

- **Lei 22/88**, do 28 de xullo, de costas.

- **Real decreto 1417/1989**, do 1 de decembro, polo que se aproba o Regulamento da lei de costas.

- **Real decreto 1315/1992**, do 30 de outubro, polo que se modifica parcialmente o Regulamento do dominio público hidráulico, aprobado polo Real decreto 849/1986, do 11 de abril.

- **Orde do 13 de xullo de 1993**, pola que se aproba a instrucción para o proxecto de conduccións de vertido desde terra ó mar.

- **Real decreto 484/1995**, do 7 de abril, sobre medidas de regularización e control de vertidos.

Galega

- O canon de saneamento da Lei de administración hidráulica de Galicia. A Comunidade Autónoma de Galicia, o mesmo que fixeron outras comunidades autónomas, como Cataluña, Baleares, Navarra e Valencia, creou o denominado “canon de saneamento”, en aplicación da **Lei 8/1993**, do 23 de xuño, reguladora da administración hidráulica de Galicia, e que ten por obxecto a potenciación da infraestrutura de saneamento das augas continentais administradas pola Comunidade Autónoma de Galicia (é dicir, as cuncas hidrográficas intracomunitarias de Galicia).

En termos xerais, os canons de saneamento pretenden corrixi-las exterioridades que se producen pola contaminación das augas. Para eles, trátase de lle “esixir (ó suxeito contaminador) a propia depuración e saneamento da auga utilizada, ou ben de poder obrigalo a paga-los danos que cause ou a repara-la degradación causada ós bens de dominio público ou, se é o caso, a soporta-lo custo dos servizos públicos de depuración e saneamento”.

- **Decreto 8/1999**, do 21 de xaneiro, polo que se aproba o Regulamento de desenvolvemento lexislativo do capítulo IV da Lei 8/1993, reguladora da administración hidráulica, relativo ó canon de saneamento.

11.4 RESIDUOS

Europea

- **Directiva 75/442/CEE** do Consello, do 15 de xullo de 1975, relativa ós residuos (DOCE n.º L. 194, 25.7.75), coñecida como a “Directiva marco de residuos”.

- **Directiva 91/156/CEE** do Consello, do 18 de marzo de 1991, pola que se modifica a Directiva 75/442/CEE (DOCE n.º L. 78, 26.3.91).

- **Directiva 91/689/CEE** do Consello, do 1 de decembro de 1991, relativa a residuos perigosos. (DOCE n.º L. 377, 31.12.91).

- **Regulamento n.º 259/1993** do Consello, do 1 de febreiro de 1993, relativo á vixilancia e ó control dos traslados de residuos no interior, á entrada e á saída da Comunidade Europea (DOCE n.º L. 25, 22.2.93).

- **Decisión 94/3/CE** da Comisión, do 20 de decembro de 1993, pola que se establece unha lista de residuos de conformidade coa letra a) do artigo 1 da D. 75/442/CEE do Consello, relativa ós residuos (DOCE n.º L. 5, 7.1.94).

- **Decisión 94/904/CE** do Consello, do 22 de decembro de 1994, pola que se establece unha lista de residuos perigosos en virtude do artigo 1, apartado 4, da D. 91/689/CEE (DOCE n.º L. 356, 31.12.94).

- **Directiva 94/62/CE** do Parlamento e do Consello, do 20 de decembro de 1994, relativa ós envases e residuos de envases (DOCE n.º L. 365, 31.12.94).

- **Regulamento n.º 120/1997** do Consello, do 20 de xaneiro de 1997, polo que se modifica o Regulamento n.º 259/1993, relativo á vixilancia e ó control dos traslados de residuos no interior, á entrada e á saída da Comunidade Europea (DOCE n.º L. 22, 24.1.97).

- **Decisión 97/129/CE** da Comisión, do 28 de xaneiro de 1997, pola que se establece o sistema de identificación de materiais de envase de conformidade coa Directiva 94/62/CE do Parlamento europeo e do Consello, relativa ós envases e residuos de envase (DOCE n.º L. 50, 20.2.97).

- **Directiva 1999/31/CE** do Consello, do 26 de abril de 1999, relativa ó vertido de residuos.

Estatal

- **Real decreto 833/1988**, do 20 de xullo (BOE n.º 182, 30.7.88).

- **Orde do 28 de febreiro de 1989**, pola que se regula a xestión de aceites usados (BOE n.º 57, 8.3.89).

- **Orde do 14 de abril de 1989**, sobre a xestión dos policlorobifenilos e policloroterfenilos (BOE n.º 102, 29.4.89).

- O 17 de febreiro de 1995 aprobouse o “Plan Nacional de Residuos Perigosos (1995-2000)”, que ten por finalidade orienta-la actuación do

Goberno e incorpora-los plans autonómicos xa existentes. Entre os seus obxectivos prioritarios atópanse a aplicación do principio de prevención e de responsabilidade do produtor e a redución progresiva do volume de residuos xerados, fomentando a reciclaxe e a reutilización.

- Intimamente relacionado co Plan Nacional de Residuos Perigosos, o Goberno adoptou un acordo polo que se aproba o Plan Nacional de Recuperación de Solos Contaminados.

- **Real decreto 952/1997**, do 20 de xuño, (BOE n.º 160, 5.7.97), polo que se modifica o regulamento para a execución da Lei 20/1986, básica de residuos tóxicos e perigosos, aprobado mediante o RD 833/1988, e co que se pretende adapta-la normativa española á Directiva 91/689.

- **Lei 11/1997**, do 24 de abril, de envases e residuos de envases (BOE n.º 99, 25.4.97), e o **Real decreto 782/98**, do 30 de abril (BOE n.º 104, 1.5.98), que a desenvolve. O obxectivo básico deste regulamento constitúe a articulación concreta dos novidosos mecanismos xa previstos na lei de envases (presididos sempre polo principio de prevención na produción de residuos) para a consecución dos obxectivos da lei en materia de redución, reciclado e valorización, os cales son os mesmos que establece a Directiva 94/62/CE, do 20 de decembro, relativa ós envases e residuos de envases. Estes obxectivos deberanse cumprir en todo o territorio español a partir do 31 de xuño do ano 2001.

O regulamento desenvolve e regula amplamente o que deu en chamarse o “sistema dual” de xestión dos envases e residuos de envases, que xira arredor da posibilidade de optar entre dous sistemas de xestión: o Sistema de Devolución, Depósito e Retorno (DDR) -tamén chamado de Consigna- do que os envasadores poden quedar exentos se participan no segundo dos sistemas previstos representado na figura dos Sistemas Integrados de Xestión (SIX), coñecidos a través do símbolo do punto verde.

- **Lei 10/98** de residuos, do 20 de abril. Introduce un maior grao de control ambiental nas actividades de produción e xestión, de tal forma que a partir de agora as autorizacións para a instalación de industrias productoras de residuos van ter que indicar necesariamente a cantida-

de máxima de residuos que se poden xerar por unidade producida e as súas características, para isto consideraranse, entre outros criterios, as tecnoloxías menos contaminantes en condicións técnica e economicamente viables, co que se introducen xa na nova norma os principios inspiradores da directiva sobre prevención e control integrado da contaminación (IPPC).

- Resolución do 17 de novembro de 1998, da Dirección Xeral de Calidade e Avaliación Ambiental, pola que se dispón a publicación do catálogo europeo de residuos (CER), aprobado mediante a Decisión 94/3/CE da Comisión, do 20 de decembro de 1993 (BOE n.º 7, 8.1.99).

- **Real decreto 1378/1999**, do 27 de agosto, polo que se establecen medidas para a eliminación e xestión dos policlorobifenilos, policloroterfenilos e aparatos que os conteñan.

Galega

- **Decreto 72/1989**, do 27 de abril, polo que se aproba definitivamente o Plan de Xestión e Tratamento de Residuos sólidos Urbanos de Galicia.

- A Comunidade Autónoma de Galicia, desde o ano 1986, puxera en marcha, a través da Consellería de Industria e Comercio, diversos plans e accións para a xestión deste tipo de residuos: os plans de eliminación de aceites usados, de eliminación de pilas usadas, de eliminación de residuos hospitalarios, a xestión de PCB-PCT, e o centro de tratamento de residuos industriais de Galicia.

- En execución dos respectivos plans nacionais, publicouse en novembro de 1995 o documento titulado “Plan de Xestión de Residuos Perigosos e Solos Contaminados de Galicia” para o período 1995-2000.

Este plan diseña unha estratexia específica para a realidade industrial e social da nosa Comunidade Autónoma e orienta cara a unha minimización dos residuos que favoreza a súa redución en orixe e a súa reciclaxe, mediante o establecemento dunha infraestrutura de tratamento.

- **Lei 10/1997**, do 22 de agosto, de residuos sólidos urbanos de Galicia (DOG n.º 168, 2.9.97).

- Publícase o Catálogo de Residuos de Galicia, mediante o **Decreto 154/98**, do 28 de maio (DOG n.º107, 5.6.98).

- **Decreto 260/1998**, do 10 de setembro, polo que se regula a autorización de xestor de residuos sólidos urbanos e a inscrición no Rexistro Xeral de Xestores de Residuos Sólidos Urbanos (DOG n.º189, 29.9.98).

- **Decreto 263/1998**, do 10 de setembro, polo que se regula a autorización e se crea o Rexistro de Productores e Xestores de Residuos Perigosos (DOG n.º190, 30.9.98).

BIBLIOGRAFÍA

- **Ågren, Christer.** (1999) "Getting more for less. An alternative assessment of the NEC directive". Air Pollution and Climate Series, 13. Published by The Swedish NGO Secretariat on Acid Rain, The European Federation for Transport and Environment (T&E) and the European Environmental Bureau (EEB).
- **Allen, D.T., Rosselot, K.S.** (1997). Pollution Prevention for Chemical Processes. John Wiley & Sons, Inc.
- **Asociación Española de la Industria Eléctrica (UNESA).** (1990). Cien años de luz.
- **Asociación Española de la Industria Eléctrica (UNESA).** (1996). La industria eléctrica y el medio ambiente.
- **Asociación Española de la Industria Eléctrica (UNESA).** (1996). La electricidad en España. 232 preguntas y respuestas.
- **Asociación Española de la Industria Eléctrica (UNESA).** (1998). Centrales eléctricas.
- **Bueno, J.L., Sastre, H., Lavín, A.G. (1997).** Contaminación e Ingeniería Ambiental. FICYT.
- **Centro de Información e Tecnoloxía Ambiental,** (2001). Prevención da contaminación no sector enerxético: refino de petróleo. Colección Técnica de Medio Ambiente. Consellería de Medio Ambiente. Xunta de Galicia.
- **CES Galicia (Consello Económico e Social de Galicia).** (1999). Memoria sobre la situación económica e social de Galicia.
- **Cofala, J., Amann, M.** (January 2001). Emission Reductions from Existing Large Combustion Plants Resulting from the Amendment of the Large Combustion Plants Directive. International Institute for Applied Systems Analysis, Austria.
- **Consorcio Zona Franca de Vigo – IGAPE. Ardán Galicia** (2000). 10.000 Empresas de Galicia más 1.000 del Norte de Portugal. Directoría e Informe Económico-financiero. Consorcio Zona Franca de Vigo, Vigo.

- **Corber, P.** (1993). "Enciclopedia of Environmental Science and Engineering", McGraw-Hill, Third Edition.
- **Couch, G. R.** (December 1989). Power generation from lignite. IEA Coal Research-The Clean Coal Center.
- **Ecofys** (2000). Economic Evaluation of Sectoral Emission Reduction Objectives for Climate Change, European Commission, Environment Directorate-General.
- **ENDESA** (1998). Informe Anual de Medio Ambiente.
- **ENDESA** (1999). Anual de Medio Ambiente.
- **ENDESA** (2000). Informe Anual de Medio Ambiente
- **European Comisión. Environment Directorate-General** (2000). "Study on Energy Management and Optimisation in Industry".
- **European Commission, Directorate General JRC** (March 2001). Draft Reference Document on the application of Best Available Techniques for Large Combustion Plants. Joint Research Center, Institute for Prospective Technological Studies, Sevilla.
- **European Commission, Directorate General JRC** (November 2000). Draft Reference Document on the application of Best Available Techniques to Industrial Cooling Systems. Joint Research Center, Institute for Prospective Technological Studies, Sevilla.
- **Finkeldei L.** (2000) "TWG - Large Combustión Plants", First meeting 24 and 25 February 2000. EIPPCB, Institute for Prospective Technological Studies, World Trade Center, Sevilla.
- **Freeman, H.M.** (1998). Manual de Prevención de la Contaminación Industrial. McGraw-Hill.
- **Grimston, M. C.** (August 1999). Coal as an energy source. IEA Coal Research-The Clean Coal Center.
- **Ihobe** (1998). Producción limpia. Gobierno Vasco.
- **Jan L. Vernon, J. A., Jones, T.** (March 1993). Sulphur and coal. IEA Coal Research-The Clean Coal Center.

- **Laboratorio de Medio Ambiente de Galicia** (2001). Laboratorio de Medio Ambiente de Galicia. Recursos para o coñecemento do noso entorno. Colección Técnica de Medio Ambiente. Centro de Información e Tecnoloxía Ambiental. Consellería de Medio Ambiente. Xunta de Galicia.
- **Laboratorio de Medio Ambiente de Galicia** (1996). A contaminación atmosférica en Galicia. Consellería de Industria e Comercio. Xunta de Galicia.
- **Manahan, S. E.** (1993) Fundamentals of Environmental Chemistry. Lewis Publishers.
- **Mark Barret.** (2000). The worst and the best. Atmospheric Emissions from Large Point Sources in Europe. Air Pollution and Climate Series, 15. Printed by Williamssons Offset, Solna, Sweden.
- **Maude, C.** (March 1993) “Advanced power generation – a comparative study of design options for coal”. IEA Coal Research-The Clean Coal Center.
- **Mitchell, S.C.** (April 1998). NO_x in pulverised coal combustion. IEA Coal Research-The Clean Coal Center.
- **Nemerow, N.L., Dasgupta, N.** (1998). Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos. Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- **Paul, B. C., Chaturvedula, S., Newton, B.** (1998). Use of coal combustion by-products for reclamation: Environmental implications. Dept. of Mining Engineering, Southern Illinois University at Carbondale.
- **Pleijel, H., Andersson, I., and Löwblad, C.** (1999). Acidification in 2010. An assessment of the situation at the end of next decade. Air Pollution and Climate Series, 10. Printed by Williamssons Offset, Solna, Sweden.
- **REE (Red Eléctrica de España).** (1999). La energía eléctrica por Comunidades Autónomas.
- **REE (Red Eléctrica de España).** Boletín estadístico de Energía Eléctrica. Diciembre 2000.

- **REE (Red Eléctrica de España).** Boletín estadístico e Energía Eléctrica. Junio 2001.
- **REE (Red Eléctrica de España).** Operación del Sistema Eléctrico. Informe 1999.
- **REE (Red Eléctrica de España).** Operación del Sistema Eléctrico. Informe 2000.
- **Shreve, R. N., Brink, J. A.** (1997). Chemical Process Industries. McGraw-Hill.
- **Soria, A., Russ, P.** (2000). Integrated Gasification Combined Cycle: Environmentally Friendly Coal Power Plants for Tomorrow's Energy Supply, IPTS Report nº 9.
- **Stern, A.C., Boubel, R.W., Turner, D.B., Fox, D.L.** (1984). Fundamentals of Air Pollution. Academic Press, Inc.
- **Tegeder, F; Mayer, L.** (1987). Métodos de la Industria Química Tomo I. Editorial Reverté, S.A.
- **Theodore, L., Dupont, R. R., Reynolds, J.** (1994). Pollution Prevention. Gordon and Breach Science Publishers.
- **Tishmack, J. K.** (1999). "Bulk Chemical and mineral characteristics of coal combustion by-products (CCB)". School of Civil Engineering. Purdue University. West Lafayette, IN.
- **Toshi'ichi Takematsu and Chris Maude** (March 1991). Coal gasification for IGCC power generation. IEA Coal Research-The Clean Coal Center.
- **U. S. Environmental Protection Agency. Office of Compliance** (1997). "Profile of the Fossil Fuel Electric Power Generation Industry". Sector Notebook Project. EPA.
- **UNIÓN FENOSA Generación** (2001). La Central Térmica de Meirama y su entorno.
- **UNIÓN FENOSA Generación.** Informe de Gestión de Medio Ambiente 1999.
- **UNIÓN FENOSA Generación.** Informe de Gestión de Medio Ambiente 2000.

- **Wringht, R. J., Kemper, W.D., Millner, J.F., and R.F. Korcak** (1998). Agricultural uses of coal combustion byproducts. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. Conservation Research Report N° 44.
- **Yolodovski, G.Y.** (1973). Introducción a las centrales térmicas. Ed. Labor.
- **Young, P. C.** (1993). Concise Encyclopedia of environmental systems. Pergamon Press.

