

1 ESCENARIO GLOBAL DO SECTOR

- PAX. 4 1.1. INTRODUCCIÓN
- PAX. 6 1.2. SITUACIÓN EN ESPAÑA

2 ESCENARIO DO SECTOR EN GALICIA

- PAX. 8 2.1. FACTURACIÓN DA INDUSTRIA DA MADEIRA

3 ESTRUTURA E PROCESO PRODUTIVO DA INDUSTRIA DA MADEIRA

- PAX. 12 3.1. SUBSECTOR DO SERRADO
- PAX. 14 3.2. CARPINTARÍA

4 CONSUMO DE ENERXÍA

- PAX. 19 4.1. DATOS GLOBAIS
- PAX. 20 4.2. CARACTERÍSTICAS DO CONSUMO ENERXÉTICO
- PAX. 21 A) ENERXÍA ELÉCTRICA
- PAX. 23 B) COMBUSTIBLES
- PAX. 25 4.3. REPRESENTATIVIDADE DO ESTUDO
- PAX. 25 4.4. INDICADORES ENERXÉTICOS DO SECTOR
- PAX. 26 4.4.1. ANÁLISE ENERXÉTICA DA INDUSTRIA DA MADEIRA EN GALICIA
- PAX. 28 4.4.2. ANÁLISE PARTICULARIZADA

5 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE ASOCIADOS AO CONSUMO DE ENERXÍA

- PAX. 40

6 RECOMENDACIÓN S PARA O AFORRO E A EFICIENCIA ENERXÉTICA

- PAX. 44 6.1. ENERXÍA ELÉCTRICA
- PAX. 45 6.1.1. CONTRATACIÓN ELÉCTRICA
- PAX. 48 6.1.1.A. A FACTURA ELÉCTRICA
- PAX. 49 6.1.1.B. PERÍODOS
- PAX. 51 6.1.1.C. POTENCIA A CONTRATAR
- PAX. 53 6.1.1.D. CÁLCULO DO TERMO DE POTENCIA
- PAX. 54 6.1.1.E. CÁLCULO DO TERMO DE ENERXÍA
- PAX. 55 6.1.1.F. ENERXÍA REACTIVA
- PAX. 60 6.1.2. ILUMINACIÓN
- PAX. 60 6.1.2.A. TIPOS DE LÁMPADAS
- PAX. 66 6.1.2.B. EQUIPOS AUXILIARES
- PAX. 66 6.1.2.C. MEDIDAS DE AFORRO ENERXÉTICO PARA ILUMINACIÓN INTERIOR
- PAX. 76 6.1.3. MOTORES DE ALTA EFICIENCIA

PAX. 81 6.1.4. AIRE COMPRIMIDO
PAX. 90 6.2. ENERGÍA TÉRMICA
PAX. 90 6.2.1. GENERACIÓN E DISTRIBUCIÓN DE CALOR
PAX. 103 6.2.2. PROCESO DE SECADO
PAX. 108 6.2.3. CLIMATIZACIÓN

7. RESIDUOS

PAX. 116 7.1. APLICACIONES GENÉRICAS
PAX. 117 7.2. VALORIZACIÓN ENERGÉTICA

8. COXERACIÓN

PAX. 122

9. CONCLUSIONES

PAX. 132

10. BIBLIOGRAFÍA

PAX. 140



ESCENARIO GLOBAL DO SECTOR



I. ESCENARIO GLOBAL DO SECTOR

Nun sentido global, a industria da madeira abarca a transformación desta materia prima en produtos de consumo. Facendo unha clasificación sinxela, distinguimos entre industria de primeira transformación, que orixina produtos semielaborados (empresas de tableiros e serradoiros, así como de preparación industrial da madeira), e de segunda transformación, que proporciona produtos finais (empresas de envases e embalaxes, de mobles, carpintarías, etc.).

A Organización das Nacións Unidas declarou o ano 2011 como o «Año Internacional dos Bosques». A FAO publicou un informe titulado «Situación dos bosques do mundo 2011» no que se subliñan datos positivos, como o aumento

da reforestación en países de Asia, como a China, a India e o Vietnam. No devandito informe tamén se analiza o papel das industrias forestais e se resalta a súa contribución ao desenvolvemento sostible mediante a innovación de produtos (papel intelixente, embalaxes sostibles, etc.), a eficiencia enerxética e a xeración de riqueza nas comunidades onde desenvolven as súas actividades.

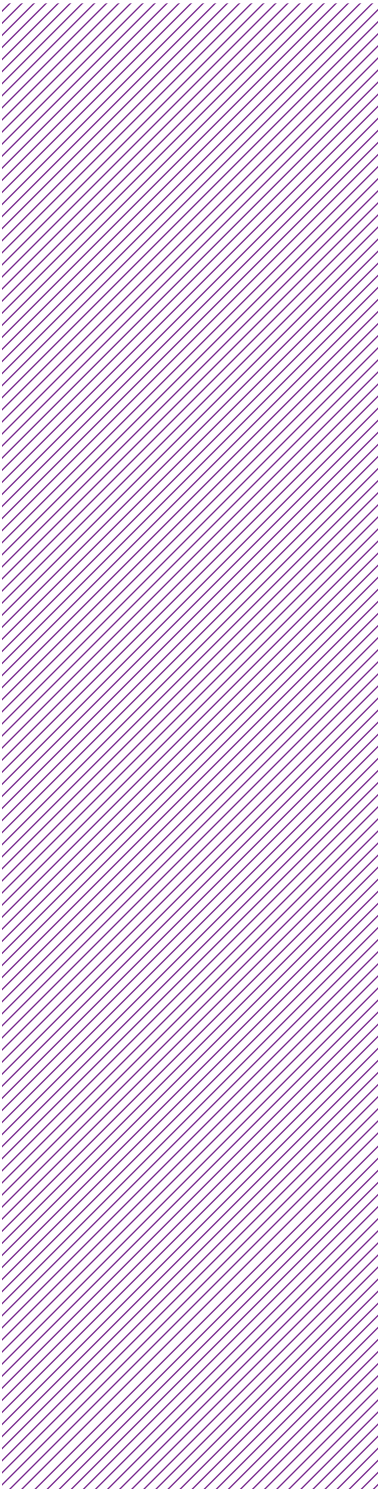
A comezos de 2010, observouse unha lixeira recuperación nalgunhas das economías con maior peso, o cal favoreceu o crecemento dalgúns subsectores da industria da madeira, como é o caso da madeira serrada, que viu aumentar a súa produción nun 7,9 %, (fonte: UNECE Timber Comitee), ou os da pasta de papel e mobiliario, que incrementaron o seu crecemento nun 8,1 % e nun 7 %, respectivamente, (fonte: FAOSTAT e CSIL).

A industria da madeira constitúe unha fonte de ingresos moi importante na UE, sendo un negocio que xera 1.270.000 postos de traballo e unhas exportacións de 7.418 millóns de euros (fonte: ec.europe 2009).

Dende o punto de vista enerxético, o sector da madeira pertence á industria que foi responsable en España, no ano 2009, do gasto de 9.681,89 millóns de euros, aínda que cabe destacar que este gasto foi un 11,8 % menor que o do ano 2007. A industria da madeira (incluídos a cortiza, o papel e as artes gráficas) supuxo un gasto de 1.026,77 millóns de euros respecto ao total, é dicir, un 10,6 %.

A distribución porcentual por tipos de enerxía para este sector foi a seguinte:

%	CARBÓN E DERIVADOS	PRODUCTOS PETROLÍFEROS	GAS	ELECTRICIDADE	OUTROS	TOTAL
SECTOR MADEIRA	0,1%	10,9%	33,6%	51,0%	4,4%	1.026,77 M€
						FONTE: INE



Cabe destacar, segundo os datos do INE, que a fabricación de envases e embalaxes de madeira, o cepillado e o serrado se atopan entre os 10 sectores con maior uso porcentual de produtos petrolíferos (42,1 % e 42,7 %, respectivamente), do mesmo xeito que a fabricación de pasta, papel e cartón tamén se sitúa entre os 10 sectores con maior uso porcentual de gas (48,6 %).

Por último, hai que sinalar que a madeira é un elemento clave na loita contra o cambio climático. Hoxe en día, a loita contra as emisións de CO₂ para diminuír os efectos de dexeneración da capa de ozono fai que nos fixemos na capacidade da madeira para absorber e almacenar CO₂.

Así, en cada metro cúbico de madeira almacénanse 0,9 toneladas de CO₂, mentres que nun m³ de madeira usado en substitución doutros materiais se reducen as emisións de CO₂ en 1,1 toneladas. Polo tanto, cada m³ de madeira aforra un total de emisións equivalentes a 2 toneladas de CO₂.

Segundo os datos de Confemadera, o 15 % da madeira procedente de edificios e demolicións poderíase volver a usar como madeira de serradoiro, mentres que un 36 % se podería reciclar en taboleiros. A madeira é sostible e eficiente, posto que se require un menor consumo enerxético para a fabricación dos seus produtos.



1.2 SITUACIÓN EN ESPAÑA

Segundo o Índice de Producción Industrial, no ano 2010

obsérvanse comportamentos significativamente diferentes dentro desta industria, en función da actividade da cadea da madeira na que nos atopemos.

O Índice de Producción

Industrial relativo ao moble non presenta signos aparentes de recuperación e mostra unha estabilización en valores próximos á metade da produción industrial de 2006.

Pola contra, os sectores de actividade asociados ao papel teñen un comportamento significativamente diferente ao do resto, cun Índice de Producción Industrial que foi recuperándose dende a caída de prezos de mediados do 2008, tal e como sinala o INE.

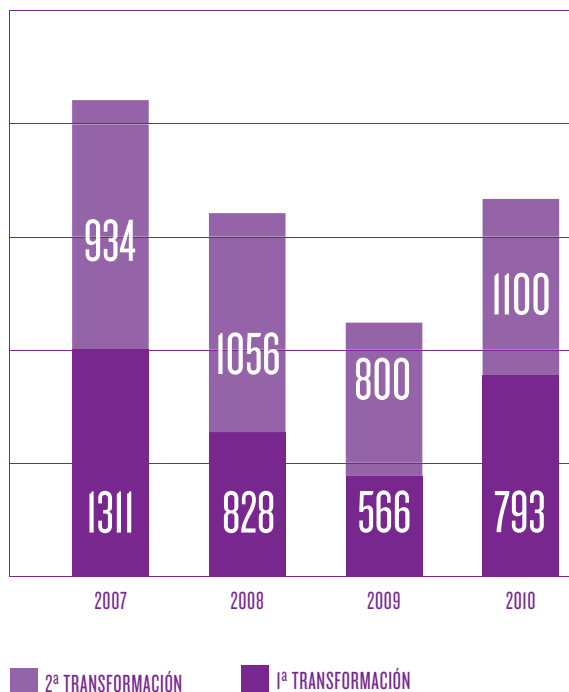
Por outra banda, en termos de exportacións españolas, alcanzáronse para todo o sector os 1.893 millóns de euros, o que supón un aumento do 39 % con respecto ao ano 2009.

Respecto das importacións de produtos de 1.^a transformación, a cifra sitúase en 1.137,8

millóns de euros, o que supón un aumento do 5 % con respecto ao ano 2009.

En canto ás importacións de mobles, a cifra incrementábase un 18,9 %, cunha importación de mobles por valor de 2080 millóns de euros.

EVOLUCIÓN DAS EXPORTACIÓNS NACIONAIS DA INDUSTRIA DA MADEIRA (MILES DE EUROS)



Fuente: ICEX



ESCENARIO GLOBAL DO SECTOR EN GALICIA



2. ESCENARIO DO SECTOR EN GALICIA

Para a determinación dos recursos forestais na nosa Comunidade, a Universidade de Vigo, xunto cun grupo de investigadores da Universidade Politécnica de Madrid, realizou un estudo no cal se analizaron e cartografaron as masas forestais galegas por grupos de especies a escala 1:5000.

Este estudo, denominado Recursos Forestais de Galicia, reflicte unha alarmante diminución da superficie arborada galega, se se compara cos últimos datos recollidos no III Inventario Forestal de Galicia, o cal presenta unha superficie arborada de 1.425.000 ha en 1997, aínda que a súa publicación non se fixo efectiva ata o 2001.

No estudo reflíctese que, no 2008, o millón de hectáreas da superficie arborada galega se repartía da seguinte forma:

Con feras (Piñeiro, etc.)	Fronzosas perennifolias (Eucalipto)	Fronzosas caducifolias (Carballo, etc.)	Total
396.417	215.899	437.550	1.049.863

2.1. FACTURACIÓN DA INDUSTRIA DA MADEIRA

Na conxuntura actual, durante os últimos anos véñese observando unha diminución na facturación global.

O sector máis afectado é o de mobiliario e carpintaría (2.^a transformación), que diminuíu a súa facturación no 2010 nun 9,4 % con respecto ao 2009. Isto trouxo como consecuencia unha diminución no emprego dun

7% en carpintaría e dun 10 % no moble, é dicir, dos 14.246 empregados que aglutinaban estes sectores pasouse aos 13.109.

En canto ás actividades abarcadas na primeira transformación, diferéncianse os serradoiros, taboleiros, rematantes e pasta.

A facturación global en 2010 alcanzou aproximadamente os 1.700 millóns de euros, é dicir, un incremento do 14 % respecto ao ano anterior.

Ao ollar cada actividade en particular, pódese observar que os rematantes incrementaron nun 32 % a súa facturación, debido a que as cortas se recuperaron en 2010, pasando de 6,15 a 6,86 millóns de m³, ao se introducir o eucalipto para se abriren a novos mercados.

Os serradoiros aumentaron a súa produción e facturación nun 7 %, mentres que o subsector do taboleiro tamén as aumentou nun 5 % e un 6 %, respectivamente.

Por último, a única fábrica de pasta de papel galega incrementou a súa facturación nun 13 %.

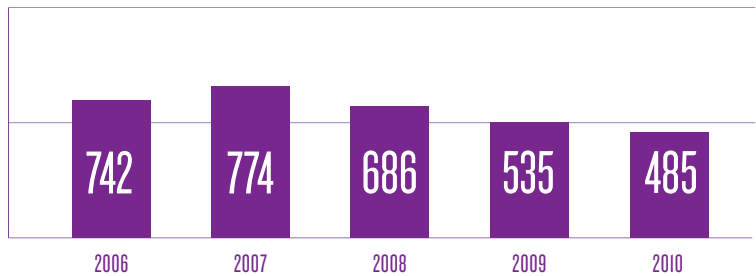
A industria da madeira aglutina a máis de 3.500 empresas galegas, sendo Galicia a novena potencia forestal europea. Por outra banda, este sector representa o 3,5 % do PIB da comunidade, polo que a Xunta de Galicia o considera un sector estratéxico. Alén diso, dá emprego a máis de 21.000 persoas e supón o 25 % do total dos investimentos en I+D.

O consumo total de electricidade para todos os sectores de actividade en Galicia foi de 20.407.564 MWh para o ano 2008. Estes sectores inclúen a pesca,

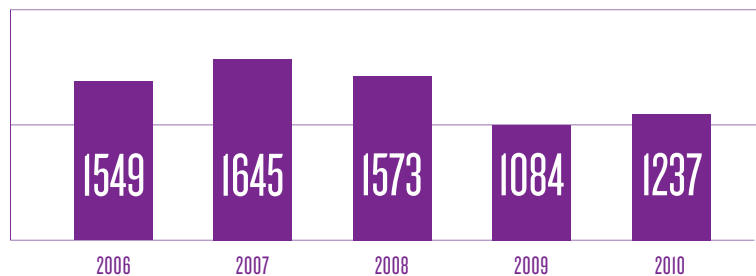
a agricultura, as minas, a industria, a construción, o transporte, os servizos e o doméstico. O consumo para a industria da madeira (a excepción da fabricación de mobles, tal e como se recolle na clasificación estatística do Ministerio por códigos CNAE) aparece reflectido na seguinte táboa, onde se pode observar que segue unha tendencia descendente e que representa un 4,5 % do total do consumo galego para o ano 2008.

Por último, preséntase o consumo eléctrico para este sector (a excepción da fabricación de mobles, tal e como se recolle na clasificación estatística do Ministerio por códigos CNAE), por provincias:

EVOLUCIÓN FACTURACIÓN 2ª TRANSFORMACIÓN EN MILLÓNS DE EUROS



EVOLUCIÓN FACTURACIÓN 1ª TRANSFORMACIÓN EN MILLÓNS DE EUROS

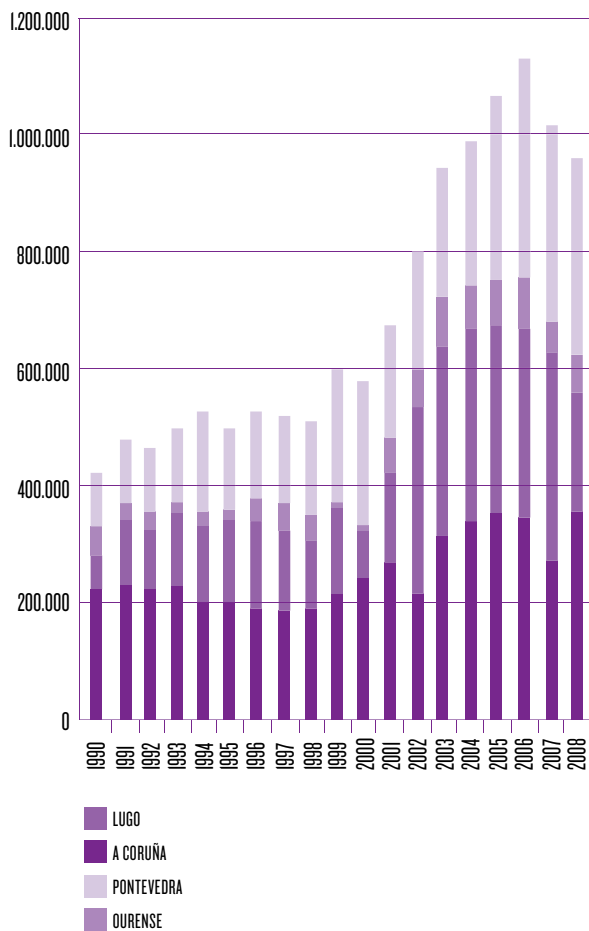


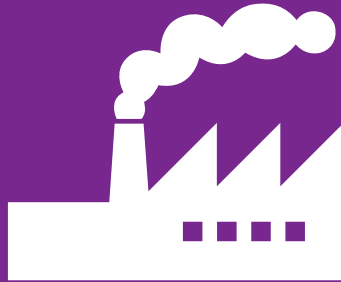
INDUSTRIA DA MADEIRA	2006	2007	2008
MWh	1.069.180	976.067	918.160
FONTE MITYC			

MWh/ano	2006	2007	2008
Lugo	334.325	346.209	191.544
A Coruña	335.801	256.583	331.800
Ourense	69.464	72.070	72.168
Pontevedra	329.590	301.205	322.648



Evolución da distribución do consumo de enerxía eléctrica por provincias





**ESTRUTURA
E PROCESO PRODUTIVO
DA INDUSTRIA
DA MADEIRA**



3. ESTRUCTURA E PROCESO PRODUTIVO DA INDUSTRIA DA MADEIRA

Unha industria da madeira competitiva que queira aumentar o peso económico do sector forestal debe transformar as materias primas en produtos cunha demanda crecente e cun alto valor engadido.

Segundo datos do 2010, os produtos finais da primeira transformación supoñen un volume de 1,19 millóns de metros cúbicos de madeira serrada, 1,39 millóns de metros cúbicos de tableiros e 391.000 toneladas de pasta de papel libre de cloro.

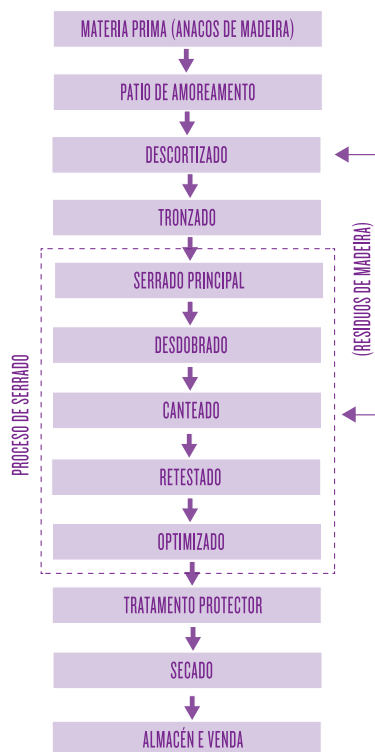
Coa segunda transformación péchase o ciclo da madeira, no cal se elaboran os produtos destinados ao consumidor final: envases, embalaxes, carpintaría e ebanistaría, mobiliario, obxectos de madeira e papel, cartón e derivados.

Aínda que existen numerosas fábricas de madeira en Galicia dedicadas á 2.ª transformación, actualmente só un 22 % da madeira serrada en Galicia, un 33 % da produción de tableiros e menos dun 2 % da pasta de celulosa sofren posteriores transformacións na devandita cadea.

3.1. SUBSECTOR DO SERRADO

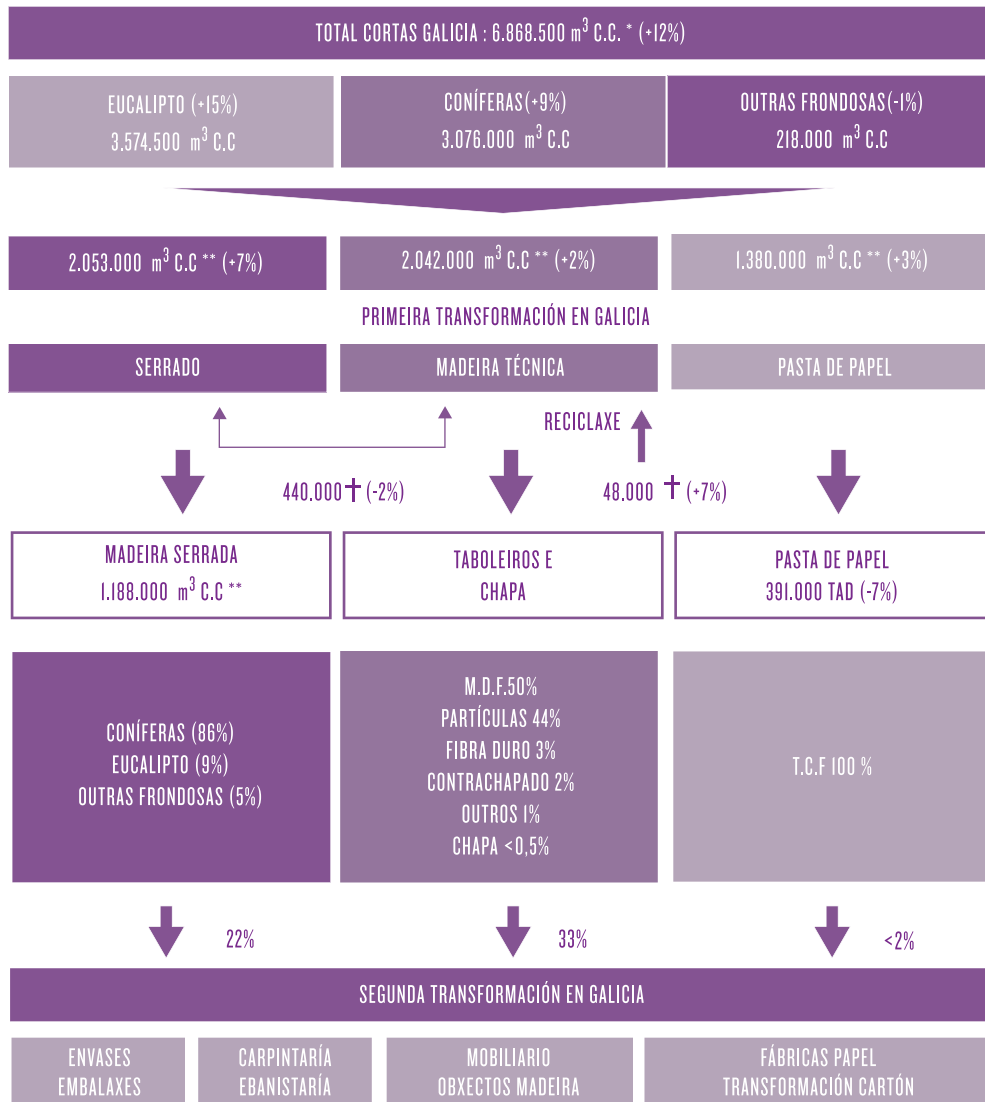
Segundo datos do 2007, Galicia conta con 353 serradoiros, cunha facturación aproximada de 366 millóns de euros. O subsector presenta unha capacidade produtiva de 1,87 millóns de metros cúbicos ao ano, co procesamento en primeiro lugar de madeira de piñeiro (82 %), estando o resto representado por eucalipto (9 %) e outras frondosas.

As etapas do proceso produtivo completo dun serradoiro son as seguintes:



Fonte: Observatorio Industrial da Madeira
2006 Confemadera

OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DA INDUSTRIA DA MADEIRA EN GALICIA



* Non inclúe o aproveitamento doméstico de leños, estimado segundo distintas fontes entre 0,5 e 1 millón de m³/ano, nin outras pequenas cantidades en destinos fóra da cadea da madeira.

** Consumos en Instalacións industriais de Galicia, unha vez considerados os cambios de madeira con outros territorios e o balance de madeira en stock.

Fonte: Clúster da Madeira de Galicia



A continuación desenvolverase brevemente como sería cada unha das etapas anteriormente mencionadas:

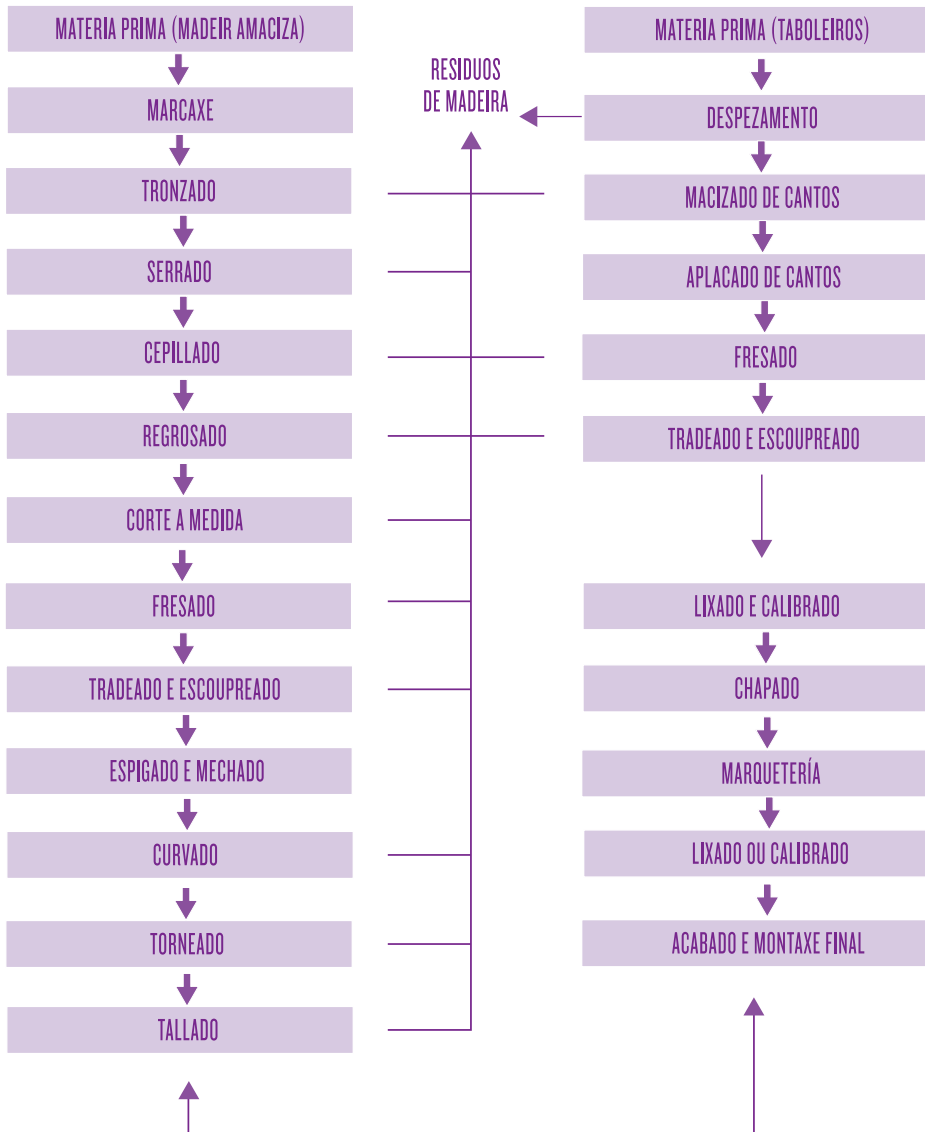
- A madeira atópase amontoada, á espera de pasar á zona de descortizado; nesta zona elimínanse todas as pedras e impurezas que poidan danar as serras. Aos produtos obtidos denomínaselles toradas ou tronzas, debido a que o seguinte paso do proceso é o tronzado de cada peza.
- Cada torada pasa ao serradoiro principal, no que obtemos os taboleiros listos para a venda. Dentro do serradoiro principal prodúcense diferentes etapas, como o desdobrao, canteado, que consiste en realizar cortes perpendiculares aos de referencia, de xeito lonxitudinal, para lograr o ancho de táboa. No retestado, os cortes son transversais para dar o longo de táboa e, finalmente, co optimizado conséguese eliminar as pequenas impurezas e dar un mellor acabado.
- Unha vez obtidas as táboas, dáselles un tratamento protector con axentes bióticos e abióticos para que no proceso de almacenaxe non se

deterioreen. Unha vez obtido o produto xa protexido procédese ao seu secado, que pode ser de dous tipos: ao aire ou ao forno. Para rematar, almacénase e realízanse as vendas.

3.2. CARPINTARÍA

Moitas industrias presentan dúas liñas de produción: fabricación con madeira maciza e fabricación con taboleiro. O proceso produtivo pódese resumir deste xeito:





Fonte: Observatorio Industrial da Madeira, 2006 Confemadera



A continuación procederase a explicar brevemente cada paso dos diferentes procesos.

· No caso da madeira maciza, o primeiro paso é a marcaxe, onde se sinalan os diferentes defectos e imperfeccións que se deben de eliminar. Unha vez marcados, pásase ao tronzado, no cal se cortan as pezas polo seu eixo lonxitudinal de xeito transversal. As táboas obtidas volven ser cortadas en sentido lonxitudinal para obter pezas cun ancho axeitado para o moble que se quere fabricar.

· Estas táboas son cepilladas e regrosadas, dous procesos secundarios mais necesarios para proceder co corte á medida do moble que se desexa fabricar. Posteriormente, realízase o fresado, no cal a peza sofre un mecanizado para resaltar ou mellorar o seu aspecto estético.

· Unha vez que as pezas son as desexadas, pásase á seguinte fase do proceso, que é o tradeado, no cal se realizan orificios cilíndricos ou, no caso do escoupreado, orificios alargados, tanto nas caras como nos cantos das pezas. No espigado realízanse cortes en forma de espiga, como o seu propio nome indica, normalmente nos extre-

mos das pezas, para así poder ensamblar unhas noutras.

As operacións de curvado e torneado permiten obter pezas redondeadas ou con curvas mediante a deformación das fibras da madeira.

Por último, e se o deseño da peza o require, realízase o tallado do moble.

As etapas específicas do proceso de tableiro son as seguintes:

En primeiro lugar, realízase o despeçamento e corte á medida dos tableiros para dimensionalos en anchura e lonxitude. No seguinte paso, denominado macizado, recóbrese o canto de cada tableiro cunha peza de madeira maciza. Esta unión realízase cun encolado e posteriormente cun prensado.

Finalmente calíbrase o macizo ao tableiro mediante lixado, o que permitirá manexar o tableiro coma se fose madeira maciza nas subseguintes operacións. Acto seguido, chápase o tableiro cunha lámina de madeira ou chapa, e realízase o aplacado de cantos, que consiste en recubrir os cantos dos tableiros con fibras ou partículas co fin de embelecelos, do mesmo xeito que se facía coa

etapa de fresado na madeira maciza. Para rematar, realízanse as operacións de tradeado e escoupreado, que xa se explicaron anteriormente.

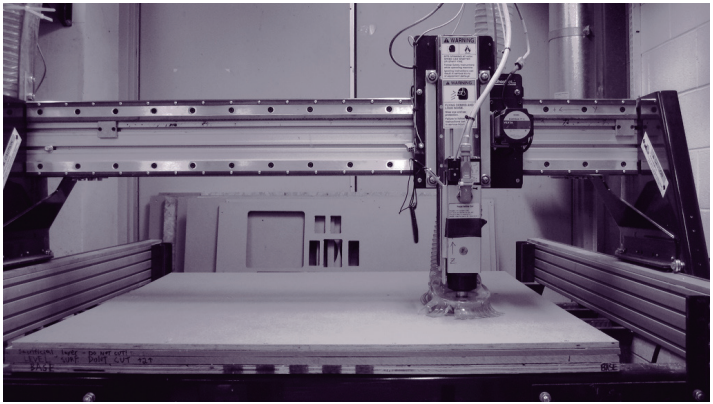
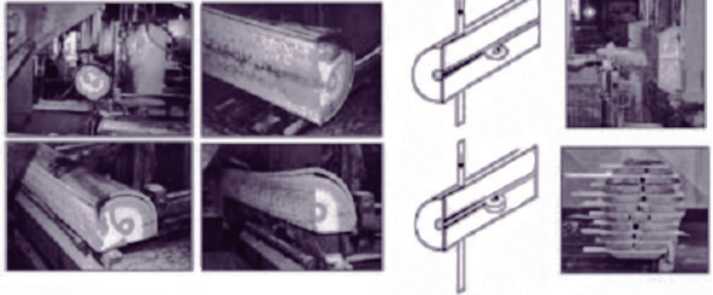
No gráfico de procesos que se mostrou anteriormente, reflectíanse unha serie de etapas comúns para os tratamentos da madeira maciza e os tableiros. Por iso, é moi común que as empresas dedicadas á fabricación de mobles utilicen como material tanto a madeira maciza como o tableiro.

En primeiro lugar atópanse as operacións de calibrado e lixado, para así preparar o material antes de aplicarlle distintos recubrimentos como tinguiduras ou vernices.

Posteriormente, procédese ao chapado do material, onde se volve recubrir a peza cunha lámina fina de madeira ou chapa. Por último, e en función do deseño da peza, ensámblanse as táboas, vólvense tinguir ou tapizar, etc.

Unha vez obtido o produto final, este ensámblase e prepárase para a súa venda, ben sexa ao consumidor final ou ao almacenista, en función do tipo de produción da empresa en cuestión.

OPTIMIZACIÓN ENERXÉTICA DA INDUSTRIA DA MADEIRA EN GALICIA





CONSUMO DE ENERGÍA

4. CONSUMO DE ENERXÍA

4.1 DATOS GLOBAIS

A **nivel nacional**, dende o punto de vista enerxético, este sector industrial foi responsable no ano 2009 do consumo de 32.521 ktep, o 33,3 % da enerxía final. Cabe destacar que, respecto ao ano 2006, o sector industrial perdeu peso no total nacional, xa que neste ano a súa achega ao consumo de enerxía final tiña sido do 34 %.

No **ámbito galego**, o sector industrial contribuíu, no ano 2009, ao consumo eléctrico final nun 54,1 %, con 829 ktep. Respecto ao ano 2006, a achega do sector industrial ao consumo eléctrico final na nosa comunidade diminuíu, xa que nese ano a súa porcentaxe era do 56,8 %.

No **contexto nacional**, a actividade industrial desenvolvida polas **industrias da madeira, cortiza e mobles** constituíu, con 705 ktep, o consumo de enerxía final da industria para o ano 2010. Este sector viu diminuído o seu consumo dende 2005, xa que naquel ano o seu consumo total foi de 775 ktep.

CONSUMO DE ENERXÍA FINAL EN ESPAÑA. SECTORIZACIÓN

	2008		2009		2010	
	ktep	%	ktep	%	ktep	%
Industria	36.625	34,7	32.095	32,9	33.896	34
Transporte	39.920	37,8	37.941	38,9	37.303	37,4
Usos diversos	29.071	27,5	27.567	28,2	28.631	28,7
Total	105.615	100,0	97.603	100,0	99.830	100,0

Fonte: "La Energía en España 2009". MITYC

CONSUMO DE ENERXÍA FINAL EN GALICIA. SECTORIZACIÓN

	2008		2009		2010	
	ktep	%	ktep	%	ktep	%
Industria	3.407	49,1	3.112	48,6	2.980	44,3
Transporte	2.207	31,8	1.969	30,8	2.129	132,1
Usos diversos	1.320	19	1.318	20,6	1.611	24
Total	6.934	100,0	6.399	100,0	6.719	100,0

Fonte: "La Energía en España 2009". MITYC

CONSUMO ELÉCTRICO POR SECTORES NO ANO 2009 EN GALICIA

Sector	Actividade	ktep	%	Evolución 09/05
Primario	Pesca, agricultura e minas	22	1,4	-21,4 %
Secundario	Industria	829	54,1	-9,9 %
	Bombeo	30	2,0	-16,7 %
Terciario	Servizos	292	19,0	6,2 %
	Construcción	16	1,0	33,3 %
	Transporte	3	0,2	-25,0 %
	Doméstico	342	22,3	-1,2 %
Consumo final de electricidad		1.534	100	
Perdas e exportación en baixa tensión		235		
Consumo bruto de electricidad		1.769		

Fonte: «Balance Enerxético de Galicia 2009». INEGA



Na seguinte táboa preséntase a evolución do consumo de enerxía final total para as agrupacións de actividade estudadas na Estratexia de Aforro e Eficiencia Enerxética.

CONSUMO DE ENERXÍA FINAL NAS AGRUPACIÓNS DE ACTIVIDADE EN ktep			
	2007	2010	Evolución 2007/10
Alimentación, bebidas e tabaco	2556	2352	-8,0 %
Téxtil, coiro e calzado	747	597	-20,1 %
Madeira, cortiza e mobles	698	705	1,0 %
Pasta, papel e impresión	2516	2535	0,8 %
Qu mica	5770	4944	-14,3 %
Minerais non metálicos	7519	6093	-19,0 %
Equipo de transporte	788	852	8,1 %
Metalurxia e produtos metálicos	6687	5944	-11,1 %
Maquinaria e equipo mecánico	354	321	-9,3 %
Equipo eléctrico, electrónico e óptico	362	345	-4,7 %
Resto da industria	2058	3522	71,1 %
Total sector industria	30 056	28 209	-5,5 %

Fonte: «Plan de Acción 2011-2020». IDAE

4.2 CARACTERÍSTICAS DO CONSUMO ENERXÉTICO

Para adoptar medidas de conservación da enerxía na industria é necesario realizar unha análise previa dos procesos de produción e dos equipos empregados nos mesmos. A referida análise trata de identificar a cantidade, o tipo e a calidade da enerxía necesaria na actividade industrial para poder determinar potenciais

aforros enerxéticos e analizar os posibles custos e beneficios.

A industria do sector madeira-moble demanda, fundamentalmente, enerxía eléctrica para a maquinaria ou os servizos, e enerxía térmica para o acondicionamento de naves e para a calor de proceso.

A enerxía eléctrica emprégase para o funcionamento da maquinaria e a subministración de servizos, como a produción de aire comprimido, o

funcionamento dos sistemas de ventilación e aspiración, a iluminación, así como para a climatización (nas empresas que empregan bombas de calor, arrefriadores ou acumuladores eléctricos).

A demanda de calor, como se mencionou, prodúcese nos sistemas de calefacción e en diversos procesos, entre os cales destacan o de secado (no subsector de serradoiros, principalmente) e o de prensado (no subsector do moble e carpintaría).

A maior parte das empresas conta cunha flota de transporte, polo que o consumo desta partida pode chegar a contribuír notablemente ao gasto económico e enerxético.

Finalmente, cómpre destacar o emprego de gasóleo B para o funcionamento dalgunha maquinaria de proceso (como as serras) e de carretas de transporte.

A continuación describíense os principais procesos e servizos que demandan algunha destas enerxías.

a) **Enerxía eléctrica**

Dende o 1 de xullo do 2009 extinguíronse as tarifas integrais (RD485/2009, do 3 de abril) polo que todos os consumidores pasaron ao mercado liberalizado. As empresas estudadas optan na súa ampla maioría pola tarifa de acceso 3.0 A, con tres períodos horarios para baixa tensión. Para a alta tensión existe unha analoxía entre as que se acollen á tarifa de acceso 3.1 A, de tres períodos, e a 6.1 A, de seis períodos horarios.

O prezo medio da unidade de enerxía nas empresas estudadas é de 14,03 c€/kWh (incluído o termo de potencia).

Aínda que esta contía oscila bastante en función do tipo de consumidor, atopando valores extremos de 12 c€/kWh para empresas de gran consumo eléctrico e de 21 c€/kWh para pequenos consumidores.

En termos xenéricos, as empresas analizadas teñen contratada unha potencia acorde coas súas necesidades, que adoita ser elevada (da orde de 300 – 500 kW), acorde coa tipoloxía de maquinaria empregada.

A maior parte das empresas visitadas contan con baterías de condensadores para compensar o consumo de enerxía reactiva. Con todo, nas empresas de menor consumo as baterías de condensadores atópanse algo desfasadas respecto das necesidades, o cal reflicte factores de potencia que incorren en penalización.

As instalacións consumidoras de enerxía eléctrica na industria da madeira son, principalmente:



ILUMINACIÓN

As empresas visitadas contan cunha tipoloxía de luminarias diferente atendendo á zona da empresa. Por unha banda, na zona de produción e almacéns predominan as lámpadas de vapor de mercurio, mentres que nas oficinas pódense atopar, sobre todo, fluorescentes. Ademais destes tipos, en menor medida, tamén hai instaladas luminarias de vapor de sodio e haloxenuros metálicos. O número de lámpadas en cada empresa pode alcanzar as 500 unidades. O tipo de balastos empregados, na súa maioría, é de tipo electromagnético, se ben existen empresas que xa teñen instalados os balastos electrónicos.

En canto ao sistema de regulación empregado, obsérvase que só existe na iluminación exterior, nalgúns casos mediante unha programación horaria e, noutros, comandado por unha célula fotoeléctrica. A instalación interior conta unicamente con interruptores manuais.

ASPIRACIÓN

A aspiración é un servizo vital nas empresas desta industria, pois é moi importante absorber os residuos derivados da corta da madeira. Estes residuos son recollidos polo sistema de aspiración e enviados a un silo para a súa posterior eliminación. Normalmente, a aspiración é de tipo centralizado e conta con dous ou tres motores encargados de fornecer a enerxía necesaria para que o proceso se leve a cabo. As potencias dos equipos de aspiración adoitan ser elevadas e, en conxunto, poden alcanzar valores no intervalo de 20 a 300 kW.

AIRE COMPRIMIDO

Os sistemas de aire comprimido son, por termo xeneral, centralizados e están formados por un ou máis compresores. O aire de entrada non adoita ser tratado e a tipoloxía de compresor máis empregada é a dos compresores de émbolo e parafuso. A potencia dos equipos de compresión é variada e, en conxunto, pode alcanzar valores no intervalo de 5 a 100 kW.

EQUIPAMENTOS EN SERVIZOS XERAIS

Nos servizos xerais, alén de existir un consumo eléctrico derivado da iluminación e dos equipos ofimáticos, pode haber un consumo eléctrico asociado á climatización das estancias. A climatización das oficinas adóitase realizar con bombas de calor.

MAQUINARIA

A maquinaria constitúe a principal fonte de consumo eléctrico da industria da madeira. Practicamente todos os procesos produtivos madeireiros demandan enerxía eléctrica (as serras, as moldeadoras, os pantógrafos, lixadoras, etc.) nos procesos que implican corte ou tratamento da madeira, as prensas na sección de prensado (sobre todo se obteñen a calor de prensado mediante resistencias eléctricas) e as plataformas hidráulicas nas seccións de almacén e expedición.

A maquinaria da industria da madeira caracterízase por estar constituída por poucos centros de traballo, normalmente moi automatizados, cunha elevada potencia operativa. Adoitan ser máquinas de entre 1 e 150 kW cunha elevada carga de traballo, o que se traduce en importantes consumos enerxéticos. As potencias instaladas máis importantes atopámolas nas serras e prensas e nos sistemas de aspiración e compresión. Cómpre destacar elementos de elevada potencia instalada como o pantógrafo, con potencias que oscilan entre os 7 e os 64 kW. Nas empresas que contan con secadoiros, o sistema de ventilación dos mesmos representa unha potencia instalada importante.

b) Combustibles

Os combustibles son demandados na industria da madeira para xerar calor de proceso na sección de secado (nos serradoiros) e na de prensado (na industria da carpintería e moble), como

calor de acondicionamento de espazos na nave de produción, almacéns e oficinas, e para accionar motores.

As instalacións consumidoras de enerxía térmica na industria da madeira son, principalmente:

MAQUINARIA

Nas industrias da madeira existen certas máquinas e elementos de transporte interno que funcionan con gasóleo B e que poden representar un custo relevante para as empresas.



XERADORES DE CALOR

Os sistemas xeradores de calor son diversos e inclúen caldeiras, xeradores de aire quente e equipos de consumo eléctrico xa mencionados no apartado anterior, como, por exemplo, as bombas de calor.

As empresas madeireiras utilizan, sempre que poden, biomasa residual que obteñen do seu proceso produtivo. Cando a produción de biomasa é insuficiente adoitan existir caldeiras de gasóleo de apoio. Aínda que a biomasa é considerada por algunhas empresas como un combustible «gratuíto», é recomendable considerar o custo de oportunidade de vender estes residuos en vez de valorizalos. Atendendo aos custos de valorización dos residuos de biomasa obtívose un valor medio de 1,5 c€/kWh.

Outras empresas do sector empregan gasóleo C para producir calor para os seus procesos produtivos, ben por ser insuficiente a biomasa xerada ou por descartar a valorización enerxética de residuos nas súas instalacións. O custo medio do gasóleo foi no período de estudo (facturas do 2009) de 85,9 c€/litro. O rango de potencias das caldeiras empregadas é moi amplo, situándose as máis pequenas en 10 kW e as máis grandes ao redor de 1000 kW.

TRANSPORTE

A maioría das empresas utilizan como medios de transporte os camións e os coches comerciais, xa sexan propios ou subcontratados. Aínda que se acostuma contabilizar o gasto total en combustible, non é habitual controlar o consumo dos vehículos, nin se forma aos condutores en condución eficiente.

4.3 REPRESENTATIVIDADE DO ESTUDO

O presente estudo parte da realización de 21 auditorías enerxéticas en diversas empresas representativas da industria da madeira, levadas a cabo entre 2007 e 2010. Debido á diversidade empresarial existente no sector non se pretende que a mostra estudada sexa representativa dende o punto de vista estatístico, pero si que os resultados obtidos sexan aplicables, en maior ou menor medida, a outras empresas similares. Os estudos enerxéticos realizáronse nos subsectores máis importantes na zona de estudo, como son o serradoiro, o moble e a carpintaría.

Os procesos que se analizaron en maior profundidade foron os que se consideraron máis representativos e cuxa mellora presenta unha maior replicabilidade noutras empresas do sector.

4.4 INDICADORES ENERXÉTICOS DO SECTOR

A partir das auditorías enerxéticas recolléronse datos suficientes para a creación de cocientes enerxéticos que permiten relacionar variables da empresa co consumo enerxético e o gasto económico asociado.

Á hora intentar xeneralizar os resultados obtidos en cada empresa particular existe a dificultade de homoxeneizar a gran disparidade de datos, a cal se agudiza aínda máis coa existencia de efectos cruzados que distorsionan os cocientes obtidos. Por exemplo, as empresas con maior consumo enerxético en electricidade adoitan empregar gasóleo para o proceso de prensado e carecer de secadoiros, polo que os seus custos de operación medios veranse reducidos pola influencia de industrias con secadoiros e caldeiras de biomasa, intensivas no consumo de enerxía a baixo custo.

Para intentar clarificar a estrutura de consumo enerxético e gasto económico da industria da madeira realizárase unha **dobre clasificación**. Nun primeiro termo analizaranse as empresas auditadas no seu



conxunto para, posteriormente, efectuar unha análise de sensibilidade e clasificar cada un dos diferentes colectivos empresariais utilizando como criterios de segmentación a existencia de secadoiros e o consumo enerxético. Deste xeito, obteranse catro grupos nos que se dividirán as empresas auditadas e que se enuncian a continuación:

Grupo 1: Serradoiros cun consumo inferior a 200 tep.

Grupo 2: Serradoiros cun consumo superior a 200 tep.

Grupo 3: Carpintarías e mobliarías cun consumo inferior a 200 tep.

Grupo 4: Carpintarías e mobliarías cun consumo superior a 200 tep.

4.4.1 ANÁLISE ENERXÉTICA DA INDUSTRIA DA MADEIRA EN GALICIA

O conxunto das empresas auditadas suman un consumo enerxético anual de 3.124,38 tep, ao cal se asocia un gasto enerxético de 2.020.000 €/ano. O gasto enerxético representa máis ou menos un 1,69 % da facturación. A facturación media anual rolda os 5,68 millóns de euros, o número de empregados medio é de 57, o volume medio de madeira procesada nos serradoiros

sitúase ao redor dos 17.800 m³/ano e o número de pezas fabricadas nos sectores do moble e da carpintaría ascende a 19.700 uds/ano.

Por termo medio, unha empresa do sector consome anualmente 211,66 tep de enerxía ao ano e gasta para iso 230.143,38 €.

demandada, por diante do consumo da maquinaria, cun 5,77 %, e do transporte, que participa cun 4,49 %.

Débase ter en conta que a presente análise oculta particularidades de cada empresa, como poden ser que algunhas empresas teñen o

DISTRIBUCIÓN DO CONSUMO E GASTO ENERXÉTICO MEDIO

	Consumo anual	Consumo anual	Estrut	Gasto anual	Estrut
	MWh/ano	tep/ano	%	€/ano	%
Enerxía eléctrica	1251,125	107,67	50,87 %	181 284,60	78,77 %
Consumo térmico (Gasóleo C + Biomasa)	956,21	82,29	38,88 %	26 584,22	11,55 %
Maquinaria (Gasóleo B)	141,88	12,21	5,77 %	9753,90	4,24 %
Transporte (Gasóleo A)	110,39	9,50	4,49 %	12 520,66	5,44 %
TOTAL	2459,49	211,66		230 143,38	

O consumo enerxético céntrase, principalmente, na enerxía eléctrica, que contribúe nun 50,87 % ao consumo total. Este alto consumo indica que as máquinas de produción demandan maior cantidade de enerxía que a operación de climatización de naves e a xeración de calor para secadoiros e procesos de prensado. O consumo térmico, cun 38,88 %, representa a segunda fonte de enerxía

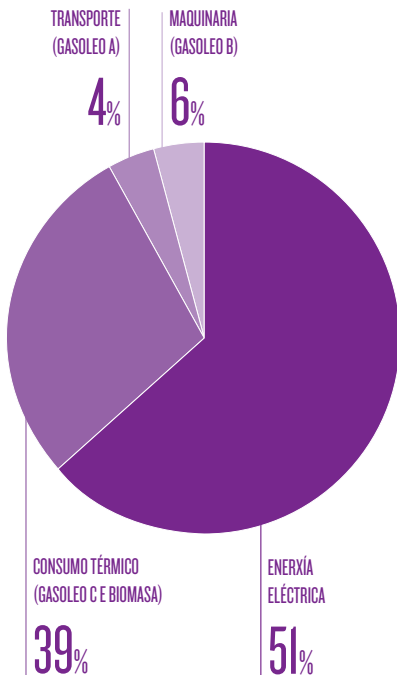
transporte subcontratado, algunhas non empregan gasóleo B por carecer de maquinaria que o necesite e outras non empregan biomasa no proceso de xeración de calor. Como se verá máis adiante, a diferenza máis concluínte establécese entre as empresas que posúen secadoiros e as que non os teñen. Nas primeiras, o consumo térmico pode alcanzar valores de ata o 90 % do global.

A repercusión económica dos **gastos enerxéticos** recae, sobre todo, no consumo eléctrico, o cal alcanza unha porcentaxe do 79 %. Aínda que este consumo era xa representativo, a súa notoriedade aumenta debido ao maior custo por unidade de enerxía da electricidade. O gasóleo C e a biomasa figuran como o segundo partícipe do gasto enerxético, cun 12 % do gasto total. O transporte e a

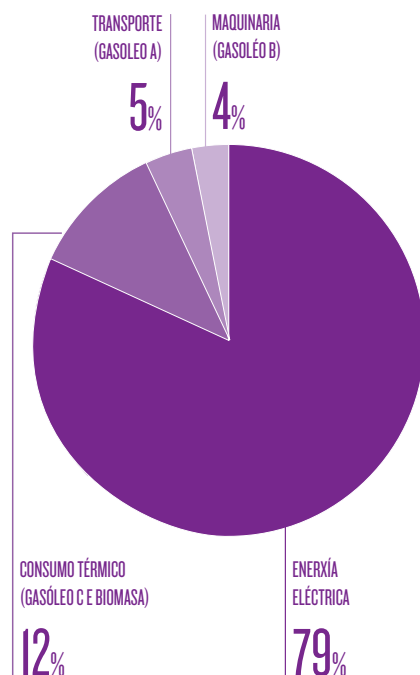
maquinaria atópanse en último lugar de contribución, cun 5 % e un 4 %, respectivamente, do gasto medio global.

O baixo prezo enerxético da biomasa provoca que o gasto medio en consumo térmico se reduza drasticamente. Algunha empresa pasou dun 56,74 % en consumo enerxético térmico a un 7 % en gasto.

DISTRIBUCIÓN DO CONSUMO ENERXÉTICO MEDIO



DISTRIBUCIÓN DO GASTO ENERXÉTICO MEDIO





Se se analizan os custos enerxéticos por unidade de enerxía consumida, obsérvase que unha industria da madeira gasta, por termo medio, 1.087,34 € por tep consumido.

A enerxía máis custosa é a electricidade, con 14,06 c€/kWh, seguida do combustible para o transporte, con 11,60 c€/kWh, do gasóleo C, con 7,31 c€/kWh, do gasóleo B, con 7,01 c€/kWh, e, por último, da biomasa, con 1,5 c€/kWh.

Ademais do consumo enerxético (211,66 tep/ano), o gasto enerxético (230.143,38 €) e a porcentaxe sobre a facturación (4,1 %), a partir dos datos de facturación, empregados e produto final elaborado pódense obter outros cocientes enerxéticos que se enuncian na segunda táboa.

4.4.2. ANÁLISE PARTICULARIZADA

A continuación analizaranse as empresas clasificándoas en **catro grupos** en función da existencia de secadoiros e do seu consumo enerxético.

Serradoiros cun consumo inferior a 200 tep. Grupo 1
O número de empresas que presentan secadoiros e que teñen un consumo inferior a

CUSTOS MEDIOS UNITARIOS DAS FONTES DE ENERXÍA

	Electricidade	Gasóleo C	Biomasa	Gasóleo A	Gasóleo B
c€/kWh	14,06	7,31	1,50	11,60	7,01
€/tep	1634,40	849,99	174,45	1348,94	815,02

COCIENTES SOBRE CONSUMO E GASTO ENERXÉTICO

	Cocientes consumo	Cocientes gasto
Facturación	38,01 tep/M€act	4,1 % gasto/fact
Empregado	3,79 tep/empregado	4037,60 €/empregado
m ³ prod.	12,13 tep/miles m ³	12,93 €/m ³
Pezas prod.	10,96 tep/miles pezas	11,68 €/peza

200 tep constitúen o **30 % das empresas auditadas.**

A facturación media deste grupo de empresas sitúase ao redor dun millón e cen mil euros, o número medio de empregados é de 24 e o número medio de madeira procesada ascende a 6.700 m³.

Por termo medio, unha empresa deste segmento consome anualmente 116,14 tep de enerxía e gasta para iso algo máis de 105.735,3 €. Este gasto enerxético representa, por termo medio, un 9,3 % da facturación.

O **consumo enerxético** céntrase, principalmente, na enerxía térmica, que contribúe nun 68,51 % ao consumo total.

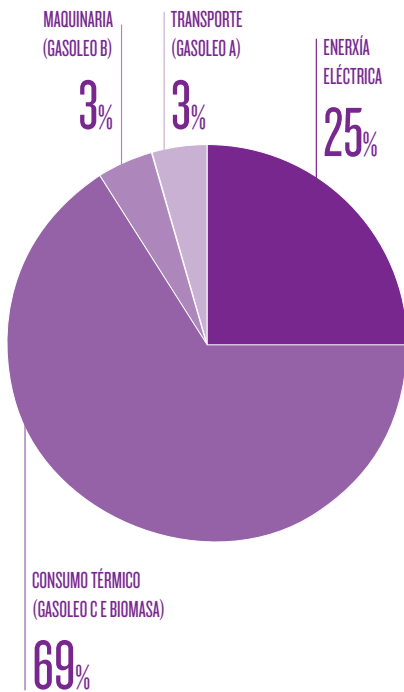
O consumo eléctrico, cun 24,85 %, representa a segunda fonte de enerxía demandada, por diante do transporte e da maquinaria.

Pola contra, o **gasto enerxético** máis representativo correspóndese co da electricidade, cun 46,16 % do global. O gasto térmico reduce a súa contribución ata un 45,8 % debido ao baixo prezo da biomasa. Para as industrias que empregan biomasa, a contribución ao custo total pode descender ata proporcións do 7 %.

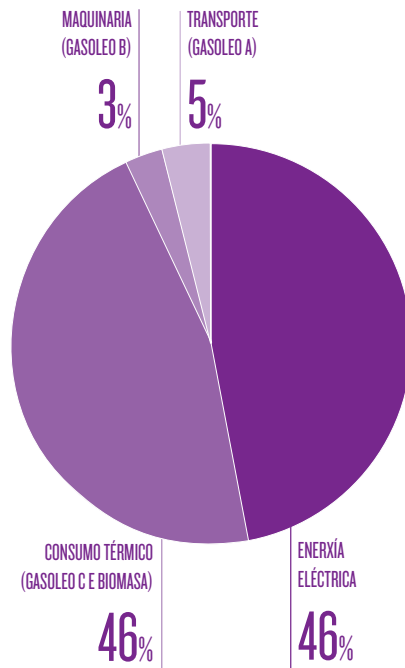
DISTRIBUCIÓN DO CONSUMO E GASTO ENERGÉTICO MEDIO. EMPRESAS GRUPO I

	Consumo anual	Consumo anual	Estrut	Gasto anual	Estrut
	MWh/ano	tep/ano	%	€/ano	%
Energía eléctrica	335,35	28,86	24,85 %	48 807,37	46,16 %
Consumo térmico (Gasóleo C + Biomasa)	924,60	79,57	68,51 %	48 473,97	45,84 %
Maquinaria (Gasóleo B)	44,39	3,82	3,29 %	3071,96	2,91 %
Transporte (Gasóleo A)	45,20	3,89	3,35 %	5381,97	5,09 %
TOTAL	1349,55	116,14		105 735,27	

DISTRIBUCIÓN DO CONSUMO
ENERGÉTICO MEDIO



DISTRIBUCIÓN DO GASTO
ENERGÉTICO MEDIO





Se se analizan os custos enerxéticos por unidade de enerxía consumida, obsérvase que este primeiro grupo gasta, máis ou menos, 910,41 € por tep consumido. A enerxía máis custosa é a electricidade con 14,54 c€/kWh, mentres que a biomasa constitúe a máis barata con 1,5 c€/kWh.

Na segunda táboa móstranse os cocientes calculados a partir de datos de facturación, empregados e produto final elaborado.

Serradoiros cun consumo superior a 200 tep. Grupo 2

O número de empresas que presentan secadoiros e teñen un gasto enerxético superior a 200 tep constitúen o 10% das empresas auditadas.

A facturación media rolda os 12 millóns de euros, mentres que o número medio de empregados é de 45.

Por termo medio, unha empresa deste segmento consome anualmente 1278 tep e gasta para iso case 211 414,89 €. Este gasto enerxético representa, por termo medio, un 1,8 % da facturación.

O consumo enerxético céntrase, principalmente, na enerxía térmica, que contribúe nun

CUSTOS MEDIOS UNITARIOS DAS FONTES DE ENERXÍA. EMPRESAS GRUPO I

	Electricidade	Gasóleo C	Biomasa	Gasóleo A	Gasóleo B
c€/kWh	14,54	7,31	1,50	11,89	6,91
€/tep	1.691,30	849,99	174,45	1.381,96	803,44

COCIENTES SOBRE CONSUMO E GASTO ENERXÉTICO. EMPRESAS GRUPO I

Variable	Cocientes consumo	Cocientes gasto
Facturación	102,27 tep/M€ fact	9,3 % gasto/fact
Empregado	4,84 tep/empregado	4.405,64 €/empregado
m ³ prod.	17,33 tep/miles m ³	15,78 €/m ³

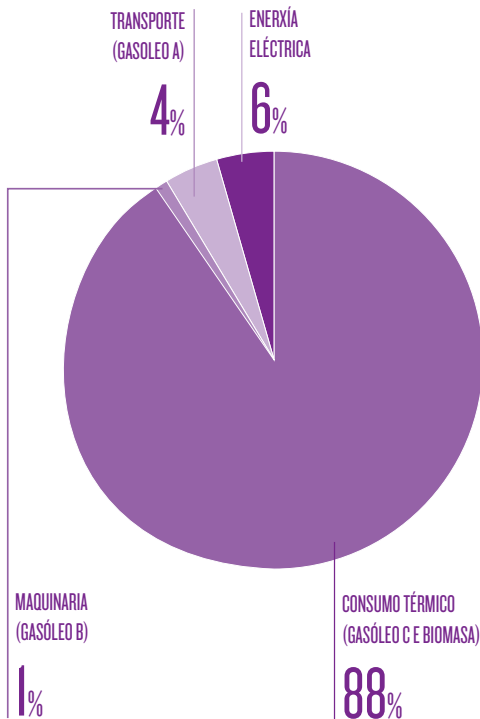
88,09 % ao consumo total. O consumo eléctrico, cun 6,40 %, representa a segunda fonte de enerxía demandada, por diante do transporte e da maquinaria.

Pola contra, o gasto enerxético máis representativo correspóndese co da electricidade, cun 54,67 % do global. O gasto térmico reduce a súa contribución ata un 6,73% debido a que parte da biomasa se compra para axustar o poder calorífico, pero a maioría do consumo procede de recursos propios da empresa, é dicir, os refugallos do proceso utilízanse coma fonte enerxética a coste cero.

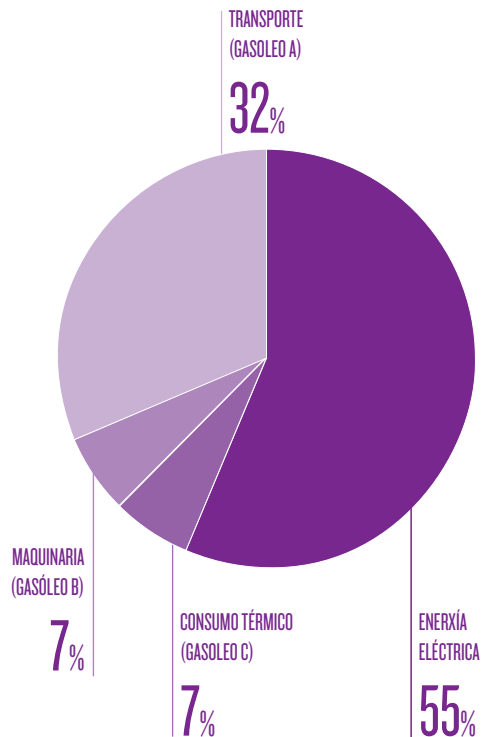
DISTRIBUCIÓN DO CONSUMO E GASTO ENERGÉTICO MEDIO. EMPRESAS GRUPO 2

	Consumo anual	Consumo anual	Estrut	Gasto anual	Estrut
	MWh/ano	tep/ano	%	€/ano	%
Energía eléctrica	950,52	81,80	6,40 %	115.586,82	54,67 %
Consumo térmico (Gasóleo C + Biomasa)	13.084,12	1.126,00	88,09 %	14.227,20	6,73 %
Maquinaria (Gasóleo B)	214,97	18,50	1,45 %	13.874,31	6,56 %
Transporte (Gasóleo A)	604,24	52,00	4,07 %	67.726,56	32,03 %
TOTAL	14.853,85	1.278,30		211.414,89	

DISTRIBUCIÓN DO CONSUMO
ENERGÉTICO MEDIO



DISTRIBUCIÓN DO GASTO
ENERGÉTICO MEDIO





Se se analizan os custos enerxéticos por unidade de enerxía consumida, obsérvase que este primeiro grupo gasta, por termo medio, 165,39 € por tep consumido.

A enerxía máis custosa é a electricidade, con 12,15 c€/kWh, mentres que a biomasa constitúe a máis barata, con 1,5 c€/kWh. Este prezo tan reducido da biomasa débese ao baixo prezo obtido pola biomasa residual nas industrias estudadas.

Na segunda táboa móstranse os cocientes calculados a partir de datos de facturación, empregados e produto final elaborado.

Carpintarías e moblarías cun consumo < 200 tep. Grupo 3

O número de empresas que presentan secadoiros e teñen un gasto enerxético inferior a 200 tep constitúen o 64,7 % das empresas auditadas. A facturación media sitúase ao redor dos 2,4 millóns de euros, o número medio de empregados é de 24, a madeira procesada en serradoiros é da orde dos 40.000 m³, por termo medio, e o número de pezas producidas no sector do moble rolda as 19.704 unidades de media.

CUSTOS MEDIOS UNITARIOS DAS FONTES DE ENERXÍA. EMPRESAS GRUPO 2

	Electricidade	Gasóleo C	Biomasa	Gasóleo A	Gasóleo B
c €/kWh	12,15	0,00	1,50	11,20	6,45
€/tep	1.413,12	0,00	174,45	1.302,44	749,96

COCIENTES SOBRE CONSUMO E GASTO ENERXÉTICO. EMPRESAS GRUPO 2

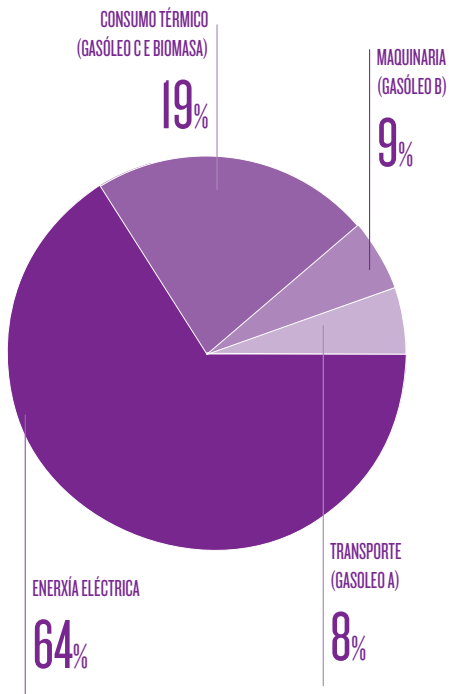
Variable	Cocientes consumo	Cocientes gasto
Facturación	107,19 tep/M€ fact	1,8 % gasto/fact
Empregado	28,41 tep/empregado	37.735,70 €/empregado

Por termo medio, unha empresa deste segmento consome anualmente 111,75 tep e gasta para iso 70.073,45 €. Este gasto enerxético representa, por termo medio, un 2,9 % da facturación.

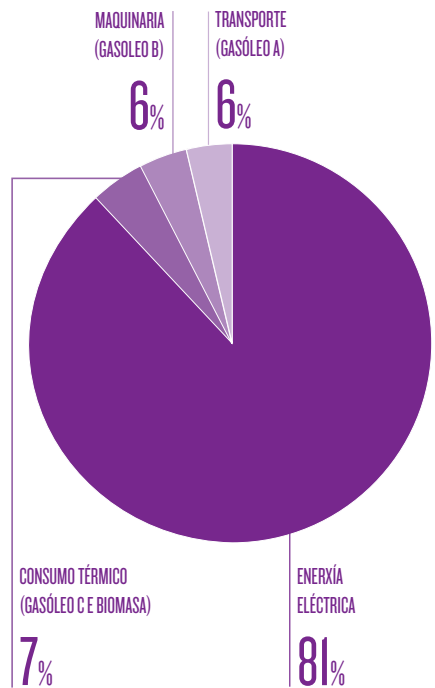
DISTRIBUCIÓN DO CONSUMO E GASTO ENERXÉTICO MEDIO. EMPRESAS GRUPO 3

	Consumo anual	Consumo anual	Estrut	Gasto anual	Estrut
	MWh/ano	tep/ano	%	€/ano	%
Enerxía eléctrica	830,83	71,50	63,98 %	56.844,75	81,12 %
Consumo térmico (Gasóleo C + Biomasa)	248,20	21,36	19,11 %	4801,96	6,85 %
Maquinaria (Gasóleo B)	118,29	10,18	9,11 %	4127,26	5,89 %
Transporte (Gasóleo A)	101,21	8,71	7,79 %	4299,48	6,14 %
TOTAL	1.298,54	111,75		70.073,45	

DISTRIBUCIÓN DO CONSUMO ENERXÉTICO MEDIO



DISTRIBUCIÓN DO GASTO ENERXÉTICO MEDIO





Se se analizan os custos enerxéticos por unidade de enerxía consumida, obsérvase que este primeiro grupo gasta, por termo medio, 627,08 € por tep consumido. A enerxía máis custosa é a electricidade, con 15,16 c€/kWh, mentres que a biomasa constitúe a máis barata, con 1,50 c€/kWh.

Na segunda táboa móstranse os cocientes calculados a partir de datos de facturación, empregados e produto final elaborado.

Carpintarías e moblarías cun consumo > 200 tep. Grupo 4

O número de empresas que presentan secadoiros e teñen un gasto enerxético superior a 200 tep constitúen o 24 % das empresas auditadas. A facturación media sitúase ao redor dos 13 millóns de euros, o número medio de empregados é de 172 e o número de pezas producidas da orde de 19.704.

Por termo medio, unha empresa deste segmento consome anualmente 356,32 tep e gasta para iso 415.882,40 €. Este gasto enerxético representa, por termo medio, un 3,3 % da facturación.

CUSTOS MEDIOS UNITARIOS DAS FONTES DE ENERXÍA. EMPRESAS GRUPO 3

	Electricidade	Gasóleo C	Biomasa	Gasóleo A	Gasóleo B
c€/kWh	15,16	8,67	1,50	11,65	7,34
€/tep	1.763,24	1.008,84	174,45	1.354,23	853,35

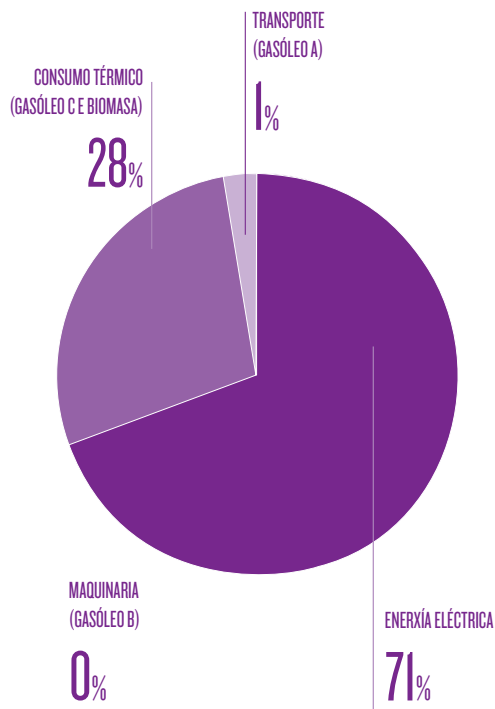
COCIENTES SOBRE CONSUMO E GASTO ENERXÉTICO. EMPRESAS GRUPO 3

Variable	Cocientes consumo	Cocientes gasto
Facturación	46,38 tep/M€ fact	2,9 % gasto/fact
Empregado	4,70 tep/empregado	2.944,26 €/empregado
m ³ prod.	0,28 tep/miles m ³	0,18 €/m ³
Pezas prod.	5,67 tep/miles de pezas	3,56 €/peza

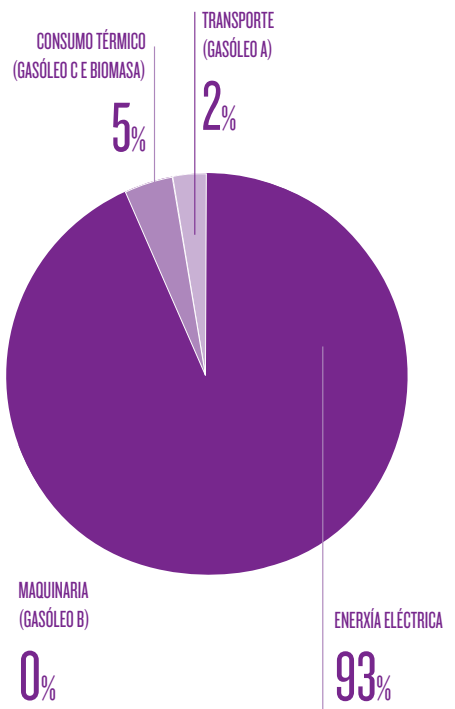
DISTRIBUCIÓN DO CONSUMO ENERXÉTICO E ECONÓMICO MEDIO. EMPRESAS GRUPO 4

	Consumo anual	Consumo anual	Estrut	Gasto anual	Estrut
	MWh/ano	tep/ano	%	€/ano	%
Enerxía eléctrica	2.936,84	252,74	70,93 %	388.481,53	93,41 %
Consumo térmico (Gasóleo C + Biomasa)	1.142,60	98,33	27,59 %	20.474,06	4,92 5 %
Maquinaria (Gasóleo B)	0,00	0,00	0,00 %	0,00	0,00 %
Transporte (Gasóleo A)	61,00	5,25	1,47 %	6.926,81	1,67 %
TOTAL	44.140,44	356,32		415.882,40	

DISTRIBUCIÓN DO CONSUMO ENERXÉTICO MEDIO



DISTRIBUCIÓN DO GASTO ENERXÉTICO MEDIO





Se se analizan os custos enerxéticos por unidade de enerxía consumida, obsérvase que este primeiro grupo gasta, por termo medio, 1.167,17 € por tep consumido.

CUSTOS MEDIOS UNITARIOS DAS FONTES DE ENERXÍA. EMPRESAS GRUPO 4					
	Electricidade	Gasóleo C	Biomasa	Gasóleo A	Gasóleo B
c€/kWh	12,05	0,00	1,50	11,34	0,00
€/tep	1402,00	0,00	174,45	1319,03	0,00

A enerxía máis custosa é a electricidade, con 12,05 c€/kWh, mentres que a biomasa constitúe a máis barata, con 1,50 c€/kWh.

COCIENTES SOBRE CONSUMO E GASTO ENERXÉTICO. EMPRESAS GRUPO 4		
Variable	Cocientes consumo	Cocientes gasto
Facturación	15,14 tep/M€ fact	3,3 % gasto/fact
Empregado	2,07 tep/empregado	2417,92 €/empregado
Pezas prod.	18,09 tep/miles de pezas	21,11 €/peza

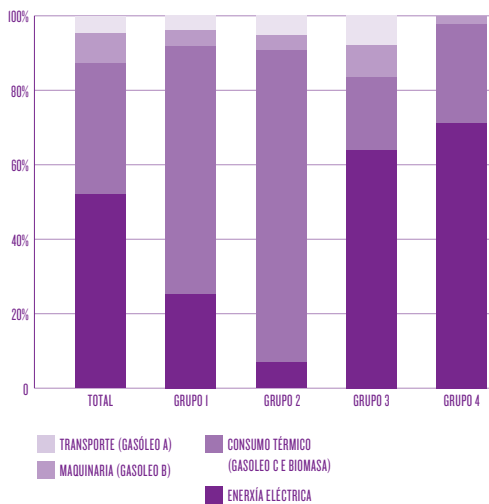
Na segunda táboa móstranse os cocientes calculados a partir de datos de facturación, empregados e produto final elaborado.

Consumo enerxético medio

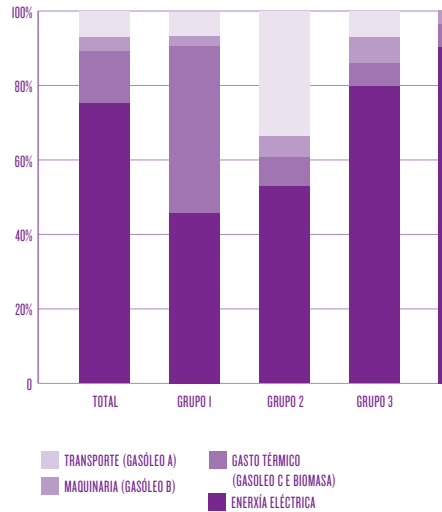
Conclusiones

A continuación móstranse de xeito gráfico as porcentaxes de cada grupo sobre cada unha das enerxías usadas:

Como se observa de forma gráfica, o maior consumo é de gasóleo C, pero debido ao alto prezo da enerxía eléctrica é esta a que implica un maior gasto enerxético.



Gasto enerxético medio



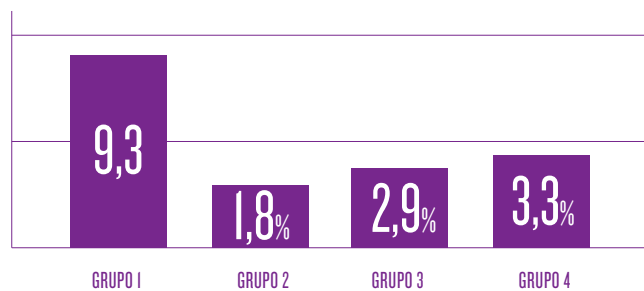
Porcentaxe de gasto fronte á facturación

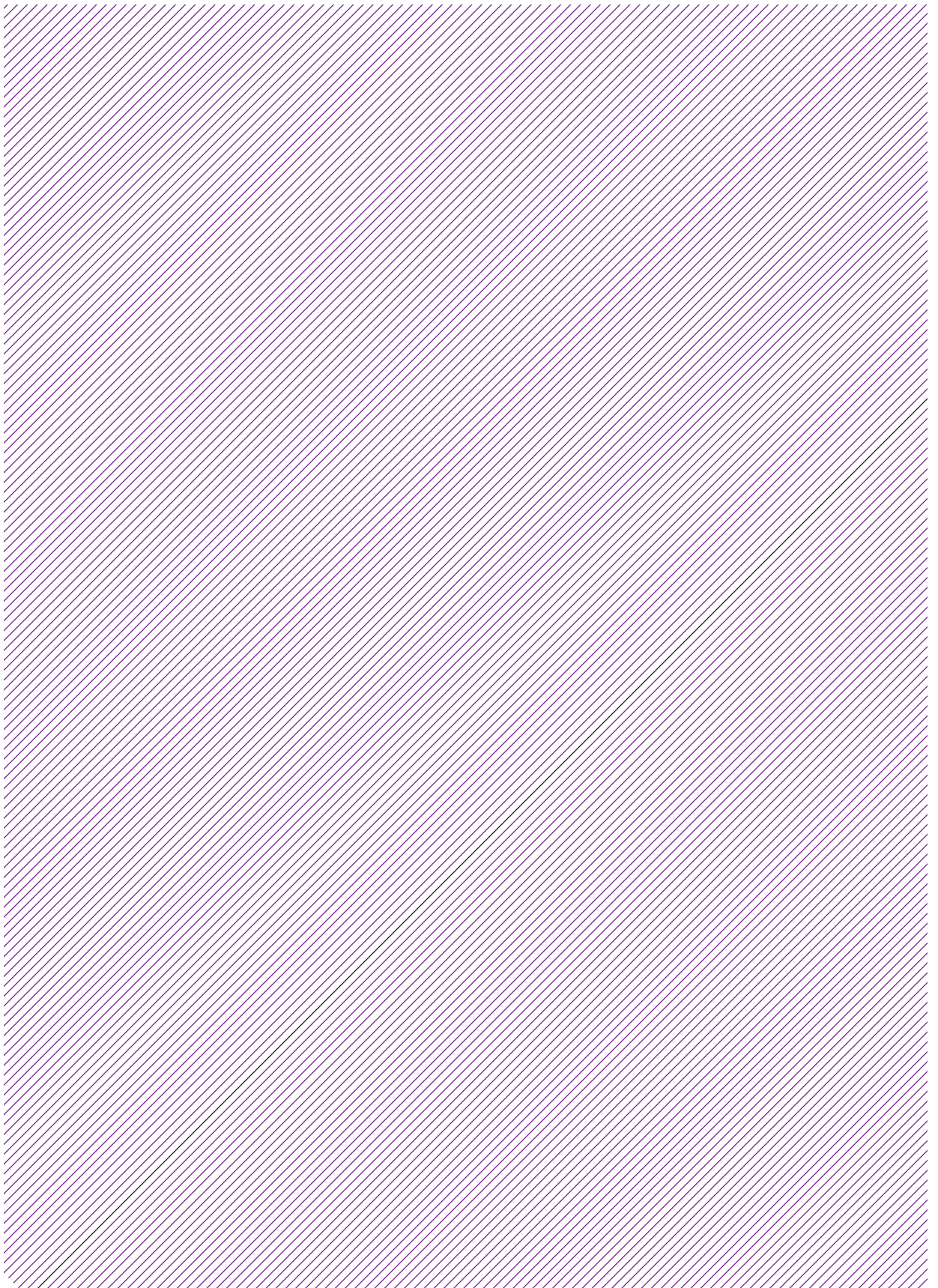
Entre as industrias con secadoiro existe unha gran diferenza de beneficios obtidos: as industrias con máis de 200 tep son as que achegan un maior beneficio, mentres que as empresas con menos de 200

tep son as que menos beneficio achegan.

As industrias sen secadoiro teñen un rango de beneficios moi similar, con só un 0,4 % de beneficio maior nas que superan os 200 tep sobre as que non chegan aos 200 tep.

FACTURACIÓN







INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE ASOCIADOS AO CONSUMO DE ENERXÍA



5. INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE ASOCIADOS AO CONSUMO DE ENERXÍA

O consumo ou a utilización de bens enerxéticos é a principal fonte de emisións de CO₂, xa sexa por parte do consumo final, como polo seu uso nas actividades produtivas, sendo este gas un dos maiores causantes do efecto invernadoiro. Neste apartado descríbese o modelo utilizado para estimar as emisións de dióxido de carbono asociadas ao consumo enerxético da industria da madeira en Galicia.

A formulación base do modelo é a consideración de que as emisións de dióxido de carbono son un subproduto que xeran os sectores enerxéticos. Este subproduto (as emisións) véndese ao sector da madeira, xunto cos bens enerxéticos. Así, con este modelo, o sector demanda dous inputs, o ben enerxético e o CO₂ que emite o uso do sector enerxético.

Neste apartado pártese da base de que para xerar 1 kWh útil en

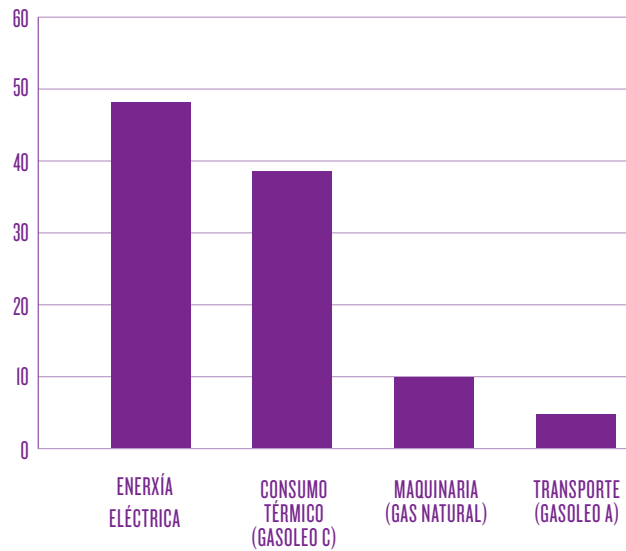
cada empresa precísase unha cantidade de enerxía cunhas emisións asociadas. Deste xeito, a partir da demanda de enerxía, procedente de distintas fontes, pódense determinar as emisións equivalentes asociadas ao correspondente consumo. Con base neste criterio, os factores considerados son os expostos na seguinte táboa.

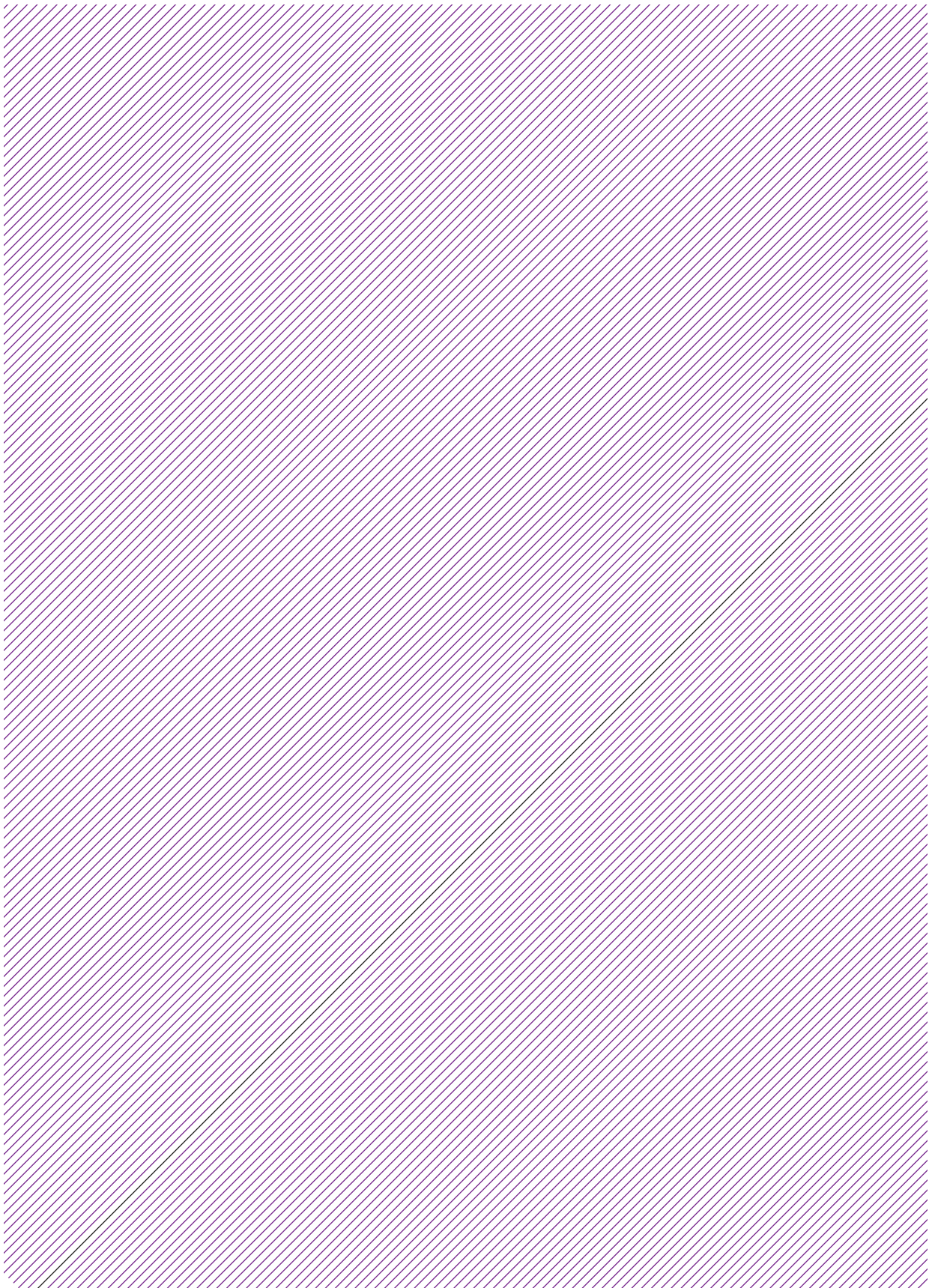
A partir destes factores, e utilizando os datos de distribucións medias dos consumos enerxéticos para o sector obtidos no apartado anterior, pódense concluír as emisións equivalentes de CO₂ asociadas ao uso da enerxía.

EMISIÓN DE CO ₂ EQUIVALENTES ASOCIADAS AOS CONSUMOS ENERXÉTICOS	
	t CO ₂ eq./tep
Enerxía eléctrica	2,95
Consumo térmico (Gasóleo C)	3,06
Consumo térmico (Biomasa)	0,00
Maquinaria (Gasóleo B)	3,06
Transporte (Gasóleo A)	3,06

EMISIÓN EQ. CO ₂ MEDIAS ASOCIADAS AO CONSUMO ENERXÉTICO		
	Emisións eq. CO ₂	Estrut
	t CO ₂ eq./ano	%
Enerxía eléctrica	317,63	49,95
Consumo térmico (Gasóleo C)	251,81	39,60
Consumo térmico (Biomasa)	0,00	0,00
Maquinaria (Gasóleo B)	37,36	5,88
Transporte (Gasóleo A)	29,07	4,57
TOTAL	835,87	

EMISIONES EQ. CO2 MEDIAS ENERXÉTICAS ASOCIADAS
AO CONSUMO ENERXÉTICO EN %







RECOMENDACIONES PARA O AFORRO E A EFICIENCIA ENERXÉTICA



6. RECOMENDACIONES PARA O AFORRO E A EFICIENCIA ENERXÉTICA

O sector madeira-moble constitúe, no ámbito do estudo, unha actividade industrial de grande importancia para a economía, tanto polo número de empresas e emprego xerado, como pola súa facturación.

Para garantir a competitividade e continuidade deste sector é fundamental unha estratexia de mellora continua e de redución de custos, entre os que se atopa a enerxía.

A partir das auditorías enerxéticas realizadas no sector, preséntanse a continuación unha serie de medidas e recomendacións que teñen por obxecto optimizar o consumo enerxético das instalacións destas industrias. Mediante este proceso sistemático de auditoría enerxética obtense un coñecemento fiable do consumo enerxético dunha empresa e detéctanse os factores que

afectan ao referido consumo, o que permite identificar e avaliar as distintas oportunidades de aforro e darlles prioridade en función da súa rendibilidade e período de retorno do investimento.

A continuación fórmulanse unha serie de avances de deseño e operación co obxectivo de optimizar o consumo enerxético destas instalacións, os cales se estudan de xeito independente co fin de poder avaliar a súa viabilidade técnica e económica.

6.1 ENERXÍA ELÉCTRICA

A eficiencia enerxética defínese como a redución de consumos de enerxía a través da diminución das potencias e enerxías demandadas polo sistema eléctrico, mantendo os mesmos servizos enerxéticos, da redución dos custos técnicos e económicos, sen diminuír o confort e a calidade de vida, da protección do medio natural, asegurando o abastecemento e fomentando un comportamento sostible no seu uso. Os custos da enerxía constitúen un dos factores de maior peso dentro dos custos totais dos procesos produtivos.

De se reducireshes custos, obteranse empresas con maior produtividade e calidade, cun menor consumo de enerxía, menor facturación eléctrica, menor investimento en instalacións e maior produtividade.

Estes custos de enerxía débense a un mal uso e desaproveitamento das instalacións e, por esta razón, o coñecemento do funcionamento das instalacións da industria pode axudar a conseguir unha redución nos custos técnicos e económicos do sistema eléctrico.

As principais causas dos custos técnicos nunha instalación son as puntas de demanda de enerxía, a potencia reactiva xerada na instalación, as correntes harmónicas, o desequilibrio de fases e os receptores non eficientes. Estas causas producen perdas por arrefecemento nos condutores, perturbacións e caídas de tensión na instalación.

Ao se reducireshes custos conseguiranse menores consumos, maiores rendementos das instalacións e a redución de perdas e avarías, o que dará lugar a un menor custo de explotación.

Os custos económicos débense a unha factura non optimizada e aos custos técnicos. Algúns destes custos son facilmente detectados na factura eléctrica: unha potencia contratada non axeitada, unha tarifa non idónea, un consumo de enerxía reactiva ou puntas de demanda. Outros custos son máis difíciles de detectar: consumos non desexados, sobrecarga de liñas e transformadores, avarías en máquinas e paradas no proceso produtivo.

De se reducíren estes custos lograríase un menor consumo de enerxía, a diminución da factura eléctrica, a redución de investimentos en instalacións e o aumento da produtividade.

Para conseguir unha mellora continuada da eficiencia enerxética eléctrica na empresa, é necesaria a implantación dun sistema integral de xestión do consumo eléctrico para reducir os custos enerxéticos e as emisións de CO₂.

6.1.1. CONTRATACIÓN ELÉCTRICA

Dende o 1 de xullo de 2009, a subministración eléctrica española liberalizouse co RD 485/2009, do 3 de abril. Isto supón unha transformación fundamental nas condicións

e regras de funcionamento do sistema eléctrico español polo que, agora, calquera consumidor pode entrar no mercado libre da enerxía e procurar tarifas máis baratas entre as subministradoras que operan no mercado. Con esta nova estruturación, o sector eléctrico divídese en catro actividades: xeración, transporte, distribución e consumo.

Nas actividades de transporte e distribución, a competencia significa duplicar as liñas e infraestruturas eléctricas, o que non é nin ambiental nin economicamente razoable.

Por iso, a rede de transporte e a de distribución teñen un titular único en cada zona, pero a propiedade das redes non garante un uso exclusivo, polo que existen uns prezos fixados pola Administración para regular o acceso de terceiros ás redes de transporte.

Pola contra, as actividades de xeración e consumo liberalizáronse, co cal existe:



- Liberalización para a construción de novas centrais de produción eléctrica.
- Creación do mercado da electricidade, onde as empresas produtoras comunican diariamente as condicións de cantidade e prezo ás que están dispostas a vender a electricidade.
- Liberalización da comercialización eléctrica, onde as empresas comercializadoras teñen como función facilitar o dereito á elección dunha subministradora por parte dos consumidores.
- Liberalización do acceso ás redes de transporte e distribución de electricidade. Todos os axentes que operan no sistema eléctrico español poden acceder libremente ás redes de transporte e distribución de electricidade mediante o pago dunha peaxe establecida pola Administración.
- Os consumidores poden escoller o comercializador que desexen e acordar con el as condicións e o prezo do kWh.

Actualmente só existen dúas posibilidades de contratación da subministración eléctrica.

- Contratar a subministración eléctrica no mercado liberalizado dalgún dos seguintes xeitos:
 - A través dunha comercializadora.
 - Acudindo directamente a «pool».
 - Subscribindo un contrato directamente co produtor.
- Acolleuse á tarifa de último recurso (TUR), se ben só é posible para os consumidores cuxa potencia contratada sexa inferior ou igual a 10 kW.

A tarifa de último recurso será a única tarifa que quede no mercado liberalizado. Nela son posibles dúas modalidades:

- A tarifa sen discriminación horaria, que é a tarifa normal.
- A tarifa con discriminación horaria, cuxas características a fan herdeira da antiga tarifa de discriminación horaria, con: 14 horas val (as máis baratas) e tan só 10 horas punta. O consumidor que a teña contratada disporá dun contador que discrimina o día da noite. Pódese chegar a reducir o recibo da luz nun 10 ou 15 %.

As tarifas eléctricas para consumidores pódense clasificar en dous grandes grupos segundo a tensión de subministración: baixa tensión (por debaixo de 1000 V) e alta tensión (máis de 1000 V).

Os prezos das tarifas de aplicación correspondentes á baixa e alta tensión actualízanse periodicamente mediante Real Decreto. As tarifas de baixa tensión teñen maiores perdas, por iso o prezo da enerxía eléctrica, polo xeral, é máis elevado do que nas tarifas de alta tensión.

Basicamente, as facturas eléctricas constan de dous termos fixos, que son o custo da potencia (T_p) e o custo da enerxía (T_e), ben como unha serie de complementos aplicables en función do tipo de tarifa: complemento por enerxía reactiva, complemento por discriminación horaria, aluguer de equipos de medida, imposto sobre a electricidade e IVE.

Nunha factura de baixa tensión poden aparecer todos ou algúns destes complementos, mentres que nunha de alta tensión poden aparecer, ademais, complementos por estacionalidade ou interrompibilidade.

En función dos consumos e potencias demandadas, é posible coñecer se a tarifa utilizada é a óptima, coa posibilidade, en caso contrario, de proceder ao seu cambio. Por suposto, débense ter en conta posibles variacións futuras da demanda eléctrica. Como esquema básico, cómpre salientar a táboa que se mostra a continuación.

Subministracións en baixa tensión con potencias menores ou iguais a 10 kW

Os consumidores poderán acollerse ás tarifas de último recurso (TUR), cuxos prezos son fixados polo Goberno. As TUR xestiónan unicamente as Comercializadoras de Último Recurso. As Comercializadoras de Último Recurso teñen a obriga de atender todas as solicitudes de subministración de enerxía eléctrica dos consumidores que teñan dereito a acollerse a estas tarifas. No entanto, os consumidores das TUR poden acollerse ao seguinte tipo de tarifas.

Subministracións con potencias superiores a 10 kW

Os consumidores terán que optar obrigatoriamente por contratar a subministración de electricidade a un prezo pactado libremente cun comercializador, cun produtor, cun autoprodutor ou cun axente externo, ou ben acudir directamente ao mercado.

Grandes consumidores

Esta opción só é recomendable para grandes consumidores de enerxía eléctrica, porque o consumidor débese facer axente de mercado e cumprir as súas regras de funcionamento, comprando a enerxía ao prezo de mercado.



Antes de solicitar unha oferta a unha comercializadora, é preciso coñecer as características da propia subministración (consumo anual, necesidades de potencia, tensión de subministración e a distribución temporal do consumo).

Unha vez coñecida a referida subministración, cómpre solicitar ofertas a distintos comercializadores e comparar o prezo resultante.

Evidentemente, existen outros factores distintos do prezo que se deben de considerar no servizo eléctrico proporcionado por un subministrador: atención comercial, asesoramento, formas de pago, outros servizos, etc. Mais, en ningún caso, entra en xogo a calidade da subministración, que será garantida polo distribuidor habitual.

6.1.1.A A FACTURA ELÉCTRICA

A facturación no mercado liberalizado, estean explícitos ou non na factura, consta dos seguintes compoñentes:

- Custo do uso das redes eléctricas (tarifas de acceso).
- Custo da enerxía.
- Impostos, alugueres e outros.

As tarifas de acceso constitúen o cargo polo uso das redes de transporte e distribución, polo que inclúen a peaxe e as cotas con destinos específicos.

Tales tarifas aboaránselle ao distribuidor ao que fisicamente se está conectado, ou formarán parte do prezo pactado co comercializador, polo que poden estar incluídas dentro do prezo global pactado. A continuación recóllese a estrutura da facturación:

- Termo de potencia (T_p): a potencia que se irá facturar dependerá da potencia contratada e da potencia demandada. O termo de potencia corresponderase co sumatorio resultante da multiplicación da potencia que se irá facturar polo prezo unitario da potencia de cada período.
- Termo de enerxía (T_e) activa: corresponderase co sumatorio resultante da multiplicación da enerxía activa consumida en cada período polo termo de enerxía correspondente.
- Penalizacións por consumo de enerxía reactiva: cando o factor de potencia é inferior a 0,95 facturaránse penalizacións por exceso de consumo de enerxía reactiva. Non se

terá en conta o consumo no período 3 para as tarifas 3.0 A e 3.1 A, nin o consumo no período 6 para as tarifas 6.

As tarifas de acceso aplicables dependen da tensión de subministración e da potencia contratada. As distintas modalidades de tarifa de acceso recóllense no seguinte cadro.

TARIFAS DE BAIXA TENSIÓN

NOME TARIFA	RANGO POTENCIA	N.º PERÍODOS HORARIOS	NIVEL DE TENSIÓN
Tarifa 2.0 A	$P_c \leq 10 \text{ kW}$	1	$\leq 1 \text{ kV}$
Tarifa 2.0 DHA	$P_c \leq 10 \text{ kW}$	2	$\leq 1 \text{ kV}$
Tarifa 2.0 DHS	$P_c \leq 10 \text{ kW}$	3	$\leq 1 \text{ kV}$
Tarifa 2.1A	$10 \text{ kW} < P_c \leq 15 \text{ kW}$	1	$\leq 1 \text{ kV}$
Tarifa 2.1DHA	$10 \text{ kW} < P_c \leq 15 \text{ kW}$	2	$\leq 1 \text{ kV}$
Tarifa 2.1DHS	$10 \text{ kW} < P_c \leq 15 \text{ kW}$	3	$\leq 1 \text{ kV}$
Tarifa 3.0 A	$> 15 \text{ kW}$	3	$\leq 1 \text{ kV}$

TARIFAS DE ALTA TENSIÓN

NOME TARIFA	RANGO POTENCIA	N.º PERÍODOS HORARIOS	NIVEL DE TENSIÓN
Tarifa 3.1 A	$\leq 450 \text{ kW}$	3	$\geq 1 \text{ kV e } < 36 \text{ kV}$
Tarifa 6.1	$> 450 \text{ kW}$	6	$\geq 1 \text{ kV e } < 36 \text{ kV}$
Tarifa 6.2	-	6	$\geq 36 \text{ kV e } < 72,5 \text{ kV}$
Tarifa 6.3	-	6	$\geq 72,5 \text{ kV e } < 145 \text{ kV}$
Tarifa 6.4	-	6	$\geq 145 \text{ kV}$
Tarifa 6.5	-	6	Conexións internac

6.1.1.B PERÍODOS

Cando existen dous períodos, ademais comprenden distintos horarios en función de que sexa inverno ou verán, tal e como se mostra na seguinte táboa.

INVERNO		VERÁN	
Punta	Val	Punta	Val
12-22 h	0-12 e 22-24 h	13-23 h	0-13 e 23-24 h



No caso de dispor de tres períodos horarios, para cada mes do ano hai distintos horarios aos que pertence cada período (1, 2 ou 3).

Cando se dispón de seis períodos horarios, para cada mes do ano hai horarios aos que pertence cada período (1, 2, 3, 4, 5 ou 6).

Ademais das indicadas no seguinte cadro, son horas tipo 6 todas as dos sábados, domingos e festivos nacionais.

MES/HORA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2
2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2
4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
5	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
6	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
7	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
9	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
11	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2
12	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2

MES/HORA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	6	6	6	6	6	6	6	6	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2
2	6	6	6	6	6	6	6	6	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2
3	6	6	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	4
4	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6a*	6	6	6	6	6	6	6	6	4	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
6b*	6	6	6	6	6	6	6	6	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
7	6	6	6	6	6	6	6	6	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
8	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
9	6	6	6	6	6	6	6	6	4	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
10	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
11	6	6	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	4
12	6	6	6	6	6	6	6	6	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2

(*) «6a» refírese á primeira quincena de xuño e «6b» á segunda

A modo de resumo, na táboa seguinte preséntanse as características principais das modalidades presentadas ata agora para a contratación da subministración eléctrica.

	TARIFA	COLECTIVO DE APLICACIÓN	TP (€/KW ANO)	TE (€/KW ANO)	
			PERÍODOS	DH	PERÍODOS
BAIXA TENSIÓN	2.0A	PC <= 10 kW	1 PERÍODO	NON	-
	2.0DHA	PC <= 10 kW	1 PERÍODO	SI	2 PERÍODOS
	2.0DHS	PC <= 10 kW	1 PERÍODO	SI	3 PERÍODOS
	2.1A	10 kW < PC <= 15 kW	1 PERÍODO	NON	-
	2.1DHA	10 kW < PC <= 15 kW	1 PERÍODO	SI	2 PERÍODOS
	2.1DHS	10 kW < PC <= 15 kW	1 PERÍODO	SI	3 PERÍODOS
	3.0A	PC > 15 kW	3 PERÍODOS	SI	3 PERÍODOS
ALTA TENSIÓN	3.1A	1 kV < T <= 36 kV	3 PERÍODOS	SI	3 PERÍODOS
	6.1	1 kV < T <= 36 kV	6 PERÍODOS	SI	6 PERÍODOS
	6.2	36 kV < T <= 72,5 kV	6 PERÍODOS	SI	6 PERÍODOS
	6.3	72,5 kV < T <= 145 kV	6 PERÍODOS	SI	6 PERÍODOS
	6.4	T > 145 kV	6 PERÍODOS	SI	6 PERÍODOS
	6.5	CONEXIÓNS INTERNAC.	6 PERÍODOS	SI	6 PERÍODOS

6.1.1.C POTENCIA A CONTRATAR

As tarifas TUR, TUR DH, 2.0A, 2.0DHA, 2.0DHS, 2.1A, 2.1DHA e 2.1DHS contan coa instalación do Interruptor de Control de Potencia (ICP) tarado segundo a amperaxe correspondente á potencia contratada. Na modalidade de dous períodos, o control mediante ICP realizarase para a potencia contratada no período diúrno.



Nestas tarifas, se a empresa demanda máis potencia eléctrica da contratada, o ICP corta a subministración do mesmo xeito que o diferencial corta a subministración cando se produce unha sobretensión.

Por este motivo, nestas subministracións recoméndase contratar unha potencia que permita o funcionamento dunha serie de equipos ao mesmo tempo, deixando unha pequena marxe de seguridade.

Nas tarifas 3.0A e 3.1A, o control da potencia demandada realízase mediante máximos. As potencias contratadas nos diferentes períodos serán aquelas nas que a potencia contratada nun período (P_{n+1}) sexa sempre maior ou igual que a contratada no anterior (P_n). A misión que ten un máximo é a de rexistrar a potencia máxima para un cliente durante un período de 15 minutos, o cal serve para establecer o

termo de potencia do período facturado.

Para ilustrar este último caso propónse un exemplo de optimización da potencia contratada:

No caso das tarifas de 6 períodos, o control da potencia demandada realizarase por medio das medicións cuarto horarias dos equipos de medida.

Nas tarifas 3.0, 3.1A e 6, se a empresa consumidora demanda máis potencia eléctrica da contratada, a empresa distribuidora proporcionaralla ata a capacidade máxima que admitan as instalacións, se ben posteriormente lle cobrará unha recarga se consome máis do 105 % da potencia contratada.

Recoméndase contratar unha potencia en cada período lixeiramente superior (da orde dun 10 % se a demanda de potencia é relativamente constante ao longo do ano e dun 20 % se esta

varía en maior medida) á media da potencia demandada.

En calquera dos casos, recoméndase desprazar os consumos de potencia non prioritarios a períodos val e instalar sistemas automáticos de desconexión de cargas para limitar o consumo de potencia eléctrica da empresa e, deste xeito, rebaixar a factura eléctrica.

Exemplo de optimización da potencia contratada:

Nunha empresa obsérvanse os seguintes datos que, de xeito reiterado, se repiten mes a mes:

- Tarifa: 3.0A
- Modo de potencia: 2 (1 máximo)
- Discriminación horaria: sen: DH
- Potencia contratada: 13,20 kW
- Lectura máximo: 20 kW

Que medida se lle pode propor a esta empresa?

PERÍODO TARIFARIO	POTENCIA CONTRATADA (kW)	VÁLIDO	POT. CONTRATADA (kW)	VÁLIDO	POT. CONTRATADA (kW)	VÁLIDO	POT. CONTRATADA (kW)	VÁLIDO
P1	320	SI	320	SI	320	SI	320	SI
P2	360	SI	360	SI	315	NON	320	SI
P3	325	NON	360	SI	325	SI	325	SI

Á empresa propónselle un axuste da potencia contratada. A potencia contratada é de 13,20 kW e a potencia demandada pola instalación de 20 kW. Na súa factura, este consumidor está a pagar unha penalización por un exceso de potencia.

Como se poderá ver no capítulo seguinte, a potencia que se irá facturar axústase aos seguintes parámetros:

- Menos do 85 %: factúrase o 85 % da potencia contratada.
- Entre o 85 % e o 105 % da potencia contratada: factúrase a lectura do maxímetro.
- Máis do 105 %: factúrase pola potencia contratada máis unha penalización.

Facturación en caso dunha lectura no maxímetro superior ao 105 % da potencia contratada.

$$\text{Pot. Facturar} = \text{Pot. Máxim} + 2x(\text{Pot. Máxim} - \text{Pot. Cont.} \times 105 \%)$$

6.1.1.D CÁLCULO DO TERMO DE POTENCIA

A facturación da potencia é o sumatorio resultante da multiplicación da potencia que se irá facturar en cada período tarifario polo termo de potencia correspondente segundo a tarifa

de acceso.

$$FP = \sum tpi * Pfi$$

Onde:

Pfi = potencia que se irá facturar no período tarifario i, expresada en kW

tpi = prezo anual do termo de potencia do período tarifario i

Facturarase mensualmente a doceava parte do resultado de aplicar a fórmula precedente. A determinación da potencia que se irá facturar en cada período tarifario (Pfi) para cada tarifa realizarase do seguinte xeito:

Tarifa 2.0 A: a potencia que se irá facturar será a potencia contratada. Para subministracións acollidas a esta tarifa que opten pola modalidade de tarifa de acceso nocturna 2.0 DHA, a potencia que se irá facturar será a potencia contratada correspondente ás horas diúrnas

Tarifas 3.0 A e 3.1 A: a potencia que se irá facturar en cada período de facturación e cada período tarifario calcularase do xeito que se establece a continuación:



Se a potencia demandada máxima (Pdi) no período tarifario i é inferior ao 85 % da potencia contratada (Pci) nese período tarifario, a potencia que se irá facturar (Pfi) será o 85 % da potencia contratada nese período.

Se a Pdi se atopa entre o 85 % e o 105 % da Pci, a Pfi será a potencia demandada (a potencia rexistrada polo maxímetro).

Cando a Pdi é superior ao 105 % da Pci, a potencia facturada será a potencia demandada máis o dobre da diferenza entre a potencia demanda e o 105 % da potencia contratada nese período tarifario.
 Pot. Facturar= Pot. Máxim + 2x(Pot. Máxim- Pot. Cont. x 105 %)

Exemplo de cálculo de potencia para tarifas 3.0 e 3.1a:

POTENCIA CONTRATADA	MARXES (+5%, -15%)	LECTURA MAXÍMETRO	EXCESO	RECARGA (200%)	POTENCIA FACTURADA
100 kW	85 kW 105 kW	60 kW	-	-	85 kW
		90 kW	-	-	90 kW
		130 kW	25 kW	50 kW	180 kW

Como se pode observar, existe un exceso de potencia rexistrado polo maxímetro, o que implica un sobrecusto na factura eléctrica.

Tarifas 6: a potencia que se irá facturar en cada período tarifario será a potencia contratada. No caso de que a potencia demandada supere en calquera período horario a potencia contratada no mesmo, procederase, ademais, á facturación mensual de todos e cada un dos excesos rexistrados en cada período, de acordo coa seguinte fórmula:

$$FEP = \sum ki * 1,406368 * Aei$$

Onde:

FEP = Facturación por exceso de potencia (€)

Ki= coeficiente que tomará valores dependendo do período tarifario i

O valor de Ki atópase tabulado

PERÍODO	1	2	3	4	5	6
ki	1	0,5	0,37	0,37	0,37	0,17

O valor de Aei calcularase de acordo coa seguinte fórmula:

$$\sqrt{\sum (Pdj - P^2ci)}$$

Onde:

Pdj = potencia demandada en cada un dos cuartos de hora do período i no que se superou a potencia contratada para o período. Expresada en kW

Pci= potencia contratada no período i para o período considerado. Expresada en kW.

6.1.1.E CÁLCULO DO TERMO DE ENERXÍA

O termo de facturación de enerxía activa facturarase mensualmente, incluída a enerxía consumida no mes correspondente a cada período tarifario i. Na tarifa simple de baixa tensión, a facturación poderá ser bimestral. O termo de facturación de enerxía activa será o sumatorio resultante da multiplicación da enerxía consumida e medida polo contador en cada período tarifario polo prezo do termo de enerxía corresponden-

te, segundo a seguinte fórmula:

$$FE = \sum Eitei$$

Onde:

Ei = enerxía consumida no período tarifario i, expresada en [kWh]

tei = prezo do termo de enerxía do período tarifario i

6.1.1.F ENERXÍA REACTIVA

Todos os equipamentos eléctricos necesitan enerxía activa (kWh) para o seu funcionamento e esta é fornecida, fundamentalmente, polas compañías eléctricas. Ademais, moitos destes equipamentos necesitan enerxía reactiva (kVArh) para o seu funcionamento.

Esta subministración pode realízala tamén a compañía distribuidora, que debe transportala polas súas redes de distribución, ou ben pode producila, totalmente ou en parte, a propia instalación mediante baterías de condensadores.

A potencia reactiva, a cal non produce un traballo físico directo nos equipos, é necesaria para producir o fluxo electromagnético que pon en funcionamento

elementos como: motores, transformadores, lámpadas fluorescentes, equipos de refrixeración e outros similares.

Cando a cantidade destes equipos é apreciable, os requirimentos de potencia reactiva tamén se fan significativos, o cal produce unha diminución esaxerada do factor de potencia.

Co obxectivo de reducir os custos enerxéticos da instalación, aconséllase realizar controis periódicos do factor de potencia, xa que se este é inferior a 0,95, na facturación eléctrica aparece a recarga de reactiva, que incide proporcionalmente sobre os termos de potencia e enerxía, e que pode chegar a ser de ata un 50,7 %.

Polo tanto, é aconsellable realizar a medida do factor de potencia (FP), e a súa posterior corrección, mediante a instalación de baterías de condensadores con regulación automática, coa finalidade de evitar pagar a recarga de reactiva citada e, dado o caso, beneficiarse da bonificación máxima que se pode obter para un factor de potencia igual a 1.

O feito de que exista un factor de potencia baixo nunha industria produce os seguintes inconvenientes:

**Á empresa consumidora de enerxía**

Aumento da intensidade de corrente.

Perdas nos condutores e fortes caídas de tensión.

Incrementos de potencia das plantas e transformadores, redución da súa vida útil e da capacidade de condución dos condutores.

A temperatura dos condutores aumenta e isto diminúe a vida do seu illamento.

Aumentos nas facturas por consumo de electricidade.

Á empresa distribuidora de enerxía

Maior investimento nos equipos de xeración, xa que a súa capacidade en KVA debe de ser maior para poder entregar esa enerxía reactiva adicional.

Maiores capacidades en liñas de transmisión e distribución, así como en transformadores para o transporte e transformación desta enerxía reactiva.

Elevadas caídas de tensión e baixa regulación da voltaxe, o

cal pode afectar á estabilidade da rede eléctrica.

O termo de facturación por enerxía reactiva será de aplicación a calquera tarifa, para o que se deberá dispor do contador de enerxía reactiva permanentemente instalado, agás nos casos da tarifa simple de baixa tensión 2.0 A e no período val das tarifas 2.0DHA e 2.1DHA.

Este termo aplicarase sobre todos os períodos tarifarios, agás no período 3, para as tarifas 3.0 A e 3.1 A, e no período 6, para as tarifas 6, sempre que o consumo de reactiva exceda o 33 % do consumo de activa durante o período de facturación considerado ($\cos \varphi < 0,95$) e unicamente afectará a tales excesos.

Os períodos de recarga por exceso de demanda de enerxía reactiva reflíctense na seguinte táboa:

$\cos \varphi < 0,95$ e ata $\cos \varphi = 0,90$
$\cos \varphi < 0,90$ e ata $\cos \varphi = 0,85$
$\cos \varphi < 0,85$ e ata $\cos \varphi = 0,80$
$\cos \varphi < 0,80$

Exemplo de compensación de reactiva:

No cadro da seguinte páxina móstranse os valores mensuais da enerxía activa e reactiva consumida por unha empresa.

O consumo de reactiva no período estival implica unha recarga de 328 euros anuais (sen impostos). É por iso que se recomenda instalar unha batería de condensadores que reduza este exceso de consumo de reactiva. Para o caso exposto sería preciso instalar unha batería de condensadores de 12,5 kVar cuxo investimento sería de, aproximadamente, 1.450 euros.

Per odo de facturación	Consumo de enerx a activa					Consumo de enerx a reactiva	
	P1	P2	P3	Total		kVarh	€
	kWh	kWh	kWh	kWh	€		
Xaneiro	1335	1537	2003	4875	494,4	872	0,0
Febreiro	996	3223	1641	5860	605,6	1080	0,0
Marzo	1088	3519	1791	6398	661,2	646	0,0
Abril	720	2328	1185	4233	437,4	275	0,0
Maio	100	1450	1764	3314	298,7	201	0,0
Xuño	366	1954	2283	4603	427,3	1950	17,9
Xullo	783	2980	3406	7169	676,8	4776	112,6
Agosto	828	3131	3496	7455	705,9	5108	122,0
Setembro	812	3838	3988	8638	816,3	5005	74,4
Outubro	182	2713	2995	5890	536,2	1274	0,0
Novembro	1590	2000	2158	5748	590,2	375	0,0
Decembro	1672	2125	2252	6049	621,7	350	0,0

Para dimensionar a batería de condensadores pátense do $\cos \varphi$ actual (0,95) e fíxase o obxectivo (0,99). Como a instalación é de 68 kW, entón a característica da batería de condensadores é $Q_c = 68 \times 0,186 = 12,5$ kVar.

COS Φ A CONSEGUIR

	0.9	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	I
0.50	1,248	1,276	1,306	1,337	1,369	1,403	1,440	1,481	1,529	1,590	1,732
0.51	1,202	1,231	1,261	1,291	1,324	1,358	1,395	1,436	1,484	1,544	1,687
0.52	1,158	1,187	1,217	1,247	1,280	1,314	1,351	1,392	1,440	1,500	1,643
0.53	1,116	1,144	1,174	1,205	1,237	1,271	1,308	1,349	1,397	1,458	1,600
0.54	1,074	1,103	1,133	1,163	1,196	1,230	1,267	1,308	1,356	1,416	1,559
0.55	1,034	1,063	1,092	1,123	1,156	1,190	1,227	1,268	1,315	1,376	1,518
0.56	995	1,024	1,053	1,084	1,116	1,151	1,188	1,229	1,276	1,337	1,479
0.57	957	986	1,015	1,046	1,079	1,113	1,150	1,191	1,238	1,299	1,441
0.58	920	949	979	1,009	1,042	1,076	1,113	1,154	1,201	1,262	1,405
0.59	884	913	942	973	1,006	1,040	1,077	1,118	1,165	1,226	1,368
0.60	849	878	907	938	970	1,005	1,042	1,083	1,130	1,191	1,333
0.61	815	843	877	904	936	970	1,007	1,048	1,096	1,157	1,299
0.62	781	810	839	870	903	937	974	1,015	1,062	1,123	1,265
0.63	748	777	807	837	870	904	941	982	1,030	1,090	1,233
0.64	716	745	775	805	838	872	909	950	998	1,058	1,201
0.65	685	714	743	774	806	840	877	919	966	1,027	1,169
0.66	654	683	712	743	775	810	847	888	935	996	1,138
0.67	624	652	682	713	745	779	816	857	905	966	1,108
0.68	594	623	652	683	715	750	787	828	875	936	1,078
0.69	565	593	623	654	686	720	757	798	846	907	1,049
0.70	536	565	594	625	657	692	729	770	817	878	1,020
0.71	508	536	566	597	629	663	700	741	789	849	992
0.72	480	508	538	569	601	635	672	713	761	821	964
0.73	452	481	510	541	573	608	645	686	733	794	936

COS Φ ACTUAL



6.1.2 ILUMINACIÓN

Tendo en conta os últimos avances tecnolóxicos dos fabricantes de iluminación e sistemas asociados, agora é o momento perfecto para que os xerentes de planta ou os responsables de mantemento das instalacións das empresas da industria da madeira examinen a través dunha auditoría enerxética como se atopa o estado das lámpadas, balastros, accesorios e sistemas da súa planta. Deste xeito, pódense concretar cales son as novas alternativas.

As melloras en iluminación ofrecen unha excelente oportunidade para reducir os custos operativos. Os aforros son acumulativos e, por este motivo, o custo que conta é o total da iluminación, non o custo da lámpada. Como datos xerais, segundo o U.S. DOE Technology Demonstration GATEWAY Program pódese indicar que:

- As lámpadas representan tan só o 4 % do custo total do seu ciclo de vida.
- Os custos de mantemento e man de obra (instalación) representan tan só o 8 % do total do ciclo de vida dos custos asociados.

- Os custos de enerxía durante a vida útil dunha lámpada poden representar ata o 88 % do custo total.

Unha iluminación máis eficiente supón unha redución de custos de explotación sostible. Ademais, os novos sistemas de iluminación a miúdo ofrecen unha vida útil máis longa do que a iluminación estándar, un factor que pode reducir o traballo de mantemento e os seus custos. A iluminación eficiente pode mellorar a calidade da luz, o que dará lugar a un aumento da satisfacción do traballador e da produtividade.

As tres consideracións principais para garantir a eficiencia enerxética en sistemas de iluminación son as seguintes:

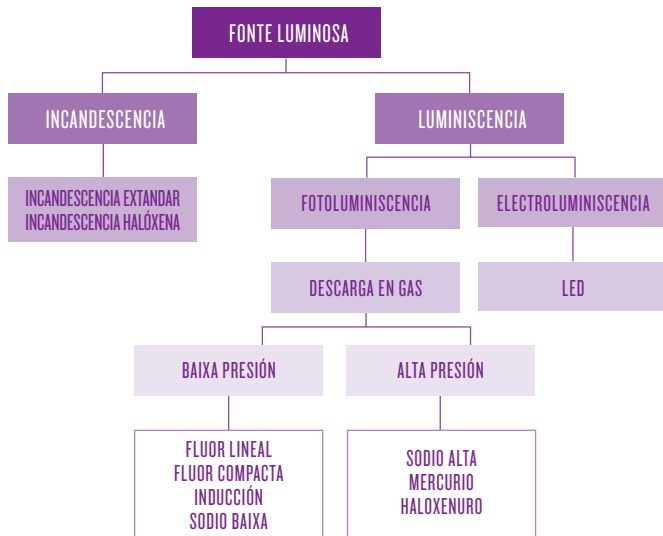
1. Selección da fonte de luz máis eficiente posible para minimizar os custos e o consumo de enerxía.
2. Elección do tipo de lámpada máis axeitada á tarefa de traballo que se leva a cabo ou á estética desexada, en consonancia coa cor, brillo e outros requisitos.
3. Establecemento dos niveis axeitados de luz para manter

a produtividade e mellorar a seguridade.

6.1.2.A TIPOS DE LÁMPADAS

As fontes luminosas artificiais clasifícanse de acordo cos fenómenos involucrados na xeración da luz. Na seguinte figura móstrase esta clasificación.

En función da clasificación anterior, proséguese describindo cada unha das tipoloxías de lámpadas que se utilizan habitualmente nas empresas da industria da madeira.



LÁMPADA INCANDESCENTE NORMAL:

A lámpada incandescente produce luz por medio do arrefecemento eléctrico dun arame (o filamento) a unha temperatura tan alta que a radiación se emite no campo visible do espectro. Son as máis antigas fontes de luz coñecidas coas que se obtén a mellor reprodución das cores, cunha luz moi próxima á luz natural do sol. As súas desvantaxes son unha curta vida de funcionamento, unha baixa eficacia luminosa (xa que o 90 % da enerxía se perde en forma de calor) e a depreciación luminosa con respecto ao tempo. A vantaxe é que teñen un custo de adquisición baixo e a súa instalación resulta simple, ao non necesitar de equipos auxiliares.



LÁMPADA INCANDESCENTE HALÓXENA DE TUNGSTENO:



As lámpadas incandescentes halóxenas de tungsteno teñen un funcionamento similar ao das lámpadas incandescentes normais, coa excepción de que o halóxeno incorporado na ampola axuda a conservar o filamento. Aumenta así a vida útil da lámpada, mellora a súa eficiencia luminosa, reduce o seu tamaño, ofrece maior temperatura de cor e pouca ou ningunha depreciación luminosa no tempo, mantendo unha excelente reprodución da cor

LÁMPADA DE SODIO DE BAIXA PRESIÓN:



Existe unha gran similitude entre o traballo dunha lámpada de sodio de baixa presión e unha lámpada de mercurio de baixa presión. Con todo, mentres que nesta última a luz se produce ao converter a radiación ultravioleta da descarga do mercurio en radiación visible, a través dun po fluorescente na superficie interna, a radiación visible da lámpada de sodio de baixa presión prodúcese pola descarga de sodio. A lámpada producirá unha luz de cor amarela, xa que en case a totalidade do seu espectro predominan as frecuencias próximas ao amarelo. A reprodución de cor será a menos valorada de todos os tipos de luminarias mais, con todo, é a lámpada de maior eficiencia luminosa e longa vida.

LÁMPADA DE SODIO DE ALTA PRESIÓN:



A diferenza de presións do sodio no tubo de descarga é a principal e máis substancial variación con respecto ás lámpadas anteriores. O exceso de sodio no tubo de descarga, para dar condicións de vapor saturado, ademais dun exceso de mercurio e xenon fan que tanto a temperatura de cor como a reprodución da mesma melloren notablemente coas anteriores, aínda que se manteñen algunhas vantaxes das lámpadas de sodio de baixa presión como son a elevada eficacia enerxética e a súa longa vida.

LÁMPADA DE MERCURIO DE BAIXA PRESIÓN:



Cómpre lembrar que estas lámpadas son de descarga de mercurio de baixa presión, na cal a luz se produce fundamentalmente mediante pos fluorescentes activados pola enerxía ultravioleta da descarga. Teñen maior eficacia luminosa que as lámpadas incandescentes normais e moi baixo consumo enerxético. Son lámpadas máis custosas de adquirir e de instalar, pero isto compénsase coa súa longa vida de funcionamento. A reprodución da cor é o seu punto débil, aínda que nos últimos anos se están a conseguir niveis aceptables. Tamén se caracterizan por unha tonalidade fría na cor da luz emitida.

LÁMPADAS DE MERCURIO DE ALTA PRESIÓN:



Nestas lámpadas, a descarga prodúcese nun tubo de descarga que contén unha pequena cantidade de mercurio e un recheo de gas inerte para asistir o acendido. Unha parte da radiación da descarga ocorre na rexión visible do espectro como luz, mais outra parte tamén se emite na rexión ultravioleta. Cubrindo a superficie interior da ampola exterior cun po fluorescente que converte esta radiación ultravioleta en radiación visible, a lámpada ofrecerá maior iluminación que unha versión similar sen a referida capa. Aumentará así a eficacia luminosa e mellorará a calidade de cor da fonte, así como a reprodución da cor.

LÁMPADAS MESTURADORAS:



A lámpada mesturadora derívase da lámpada convencional de mercurio de alta presión. A diferenza principal entre estas dúas é que a última depende dun balastro externo para estabilizar a corrente da lámpada, mentres que a lámpada mesturadora posúe un balastro incorporado en forma de filamento de tungsteno conectado en serie co tubo de descarga. A luz de descarga do mercurio e aquela do filamento caldeado combínanse, ou mestúranse, para lograr unha lámpada con características operativas totalmente diferentes a aquelas que posúen tanto as lámpadas de mercurio puro como as incandescentes. A principal vantaxe é que concentra as vantaxes de ambos os tipos.

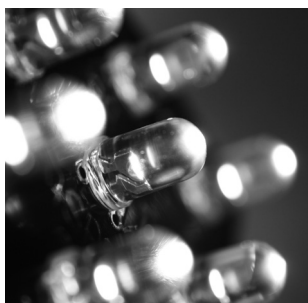


LÁMPADA DE HALOXENUROS METÁLICOS:



As lámpadas de mercurio haloxenado son de construción similar ás de mercurio de alta presión. A diferenza principal entre estes dous tipos é que o tubo de descarga da primeira, ademais do mercurio, contén unha cantidade de haluros metálicos. O vapor de haluros disóciase posteriormente dentro da zona central quente do arco en halóxeno e en metal, e co metal vaporizado irradia o seu espectro apropiado. Ata hai pouco, estas lámpadas tiñan unha mala reputación ao presentar unha cor inestable, prezos elevados e pouca vida. Hoxe en día teñen mellorado e aumentado a súa eficacia luminosa e o índice de reprodución da cor, punto débil no resto de lámpadas de descarga.

LED



Os Díodos Emisores de Luz (LED: Lighting Emitting Diode) están baseados en semicondutores que transforman directamente a corrente eléctrica en luz. Non posúen filamento, polo que teñen unha elevada vida (ata 50.000 horas) e son moi resistentes aos golpes. Ademais, son un 80 % máis eficientes que as lámpadas incandescentes. Por estas razóns, comezan a substituír ás lámpadas incandescentes e ás lámpadas de baixo consumo nun gran número de aplicacións.

A continuación móstrase unha táboa de características dos diferentes tipos de lámpadas utilizadas a nivel comercial en iluminación interior e exterior, ben como o campo de utilización recomendado.

TIPO DE LÁMPADA	Eficacia lum/W	Vida útil horas	Ton	IRC	T.º cor	Potencia (W)	Aplicación no sector téxtil
Incandescentes	10 – 12	1000	Branco	100	Cálida	15-1500	Oficinas
Halóxenas	20	2000	Branco	100	Cálida	20-2000	Mostrarios para realce de produtos
Fluorescentes	80	8000	Branco	50-95	Multi	18-65	Fins xerais onde a altura de montaxe non supere os 4 – 5 metros
Fluorescentes compactas	60 – 70	5000-6000	Branco	75	Intermedia	9-40	Fins xerais e funcionamentos prolongados onde a altura de montaxe non supere os 4 – 5 metros
Vapor de mercurio a alta presión	50	10 000	Branco	50-60	Fía	50-2000	Alumado exterior ou naves industriais
Vapor de mercurio con halóxenos a alta presión	90	4000	Branco	80-90	Intermedia	70-2000	Naves con elevadas alturas de montaxe e altas esixencias de IRC
Vapor de sodio a baixa presión	200	8000	Branco	0	Cálida	18-180	Polo seu elevado rendemento, empréganse onde interesa abundante luz, en detrimento da calidade
Vapor de sodio a alta presión	110	10 000	Amarelo	20	Cálida	150-1000	Alumado exterior ou naves industriais
LED	90-120	50 000	Multi	95	Multi	1-40	Interior e exterior

No caso da industria da madeira, pódense establecer uns rangos específicos de iluminancia media en servizo (lux), que son os seguintes:

MADEIRA E CARPINTARÍA	MÍNIMA	RECOMENDADA	ÓPTIMA
Serra e montaxe	150	200	300
Acabados	300	500	750
PAPEL E ARTES GRÁFICAS	MÍNIMA	RECOMENDADA	ÓPTIMA
Xeral	150	200	300
Encadernación	200	300	500
Control, contraste cores	1000	1500	2000



6.1.2.B EQUIPOS AUXILIARES

Mentres que as lámpadas incandescentes funcionan de xeito estable ao conectalas directamente á rede, a maior parte das fontes de luz requiren un equipo auxiliar para iniciar o seu funcionamento ou evitar aumentos continuos de intensidade. Nalgunhas lámpadas, como as halóxenas de baixa tensión, a tensión de funcionamento é distinta á fornecida pola rede, polo que se requiren tamén equipos auxiliares.

Os equipos auxiliares determinan en gran medida as prestacións de servizo da lámpada no que a calidade e economía na produción de luz se refire. Estes equipos teñen o seu propio consumo eléctrico, o cal debe de ser tido en conta ao avaliar o sistema de iluminación no seu conxunto.

Os equipos auxiliares máis comúns son os balastros, os arrancadores ou cebadores, e os condensadores, ben como os transformadores para lámpadas halóxenas de baixa tensión. En caso de traballar con equipo electrónico, os tres compoñentes necesarios para o axeitado funcionamento da lámpada

(equipo, cebador e condensador) incorpóranse nun só elemento. nunc nobis videntur parum clari, fiant sollemnes in futurum.

Balastros

O balastro é o compoñente que limita (estabiliza) o consumo de corrente da lámpada dentro dos seus parámetros óptimos. É o encargado de proporcionar enerxía á lámpada, polo que as características de tensión, frecuencia e intensidade que fornece determinan o correcto funcionamento do conxunto.

Arrancadores

O arrancador ou cebador é o compoñente que proporciona no momento do acendido, ben por el mesmo ou en combinación co balastro, a tensión requirida para o cebado da lámpada. O arrancador pode ser eléctrico, electrónico ou electromecánico.

As características eléctricas do arrancador teñen unha importancia fundamental na vida da lámpada. A tensión de pico, a corrente máxima (independente/en serie), a posición de fase e a tensión de conexión e interrupción teñen que ser as idóneas para o requirido polo tipo e potencia. Dende o punto de vista da eficiencia enerxética,

os arrancadores supoñen unha perda de entre o 0,8 e o 1,5 % da potencia da lámpada.

Condensadores

O condensador é o compoñente que corrixe o factor de potencia ($\cos \varphi$) aos valores definidos nas normas e regulamentacións en vigor.

6.1.2.C MEDIDAS DE AFORRO ENERXÉTICO PARA ILUMINACIÓN INTERIOR

As esixencias implícitas máis destacables na iluminación industrial e, en concreto, nas plantas da industria da madeira son:

Alta eficacia luminosa para reducir ao máximo as perdas de potencia en forma de calor.

Mimo número de puntos de luz.

Nivel luminoso suficiente co fin de garantir unha boa visibilidade no posto de traballo, reducir a fatiga e obter unha maior produtividade.

Ausencia de cegamento para evitar unha diminución da percepción visual do ollo humano e, como consecuencia, do rendemento da persoa.

Iluminación específica en postos de control debido á necesidade dun bo rendemento de cor.

No caso particular das industrias de madeira, é posible atopar unha ampla gama de tipos de iluminación empregados: fluorescentes, lámpadas incandescentes, de vapor de mercurio, etc., en función de se se trata de áreas de oficina ou das naves propiamente ditas. Polo tanto, vanse propor melloras para cada caso en concreto.

I. Substitución de lámpadas incandescentes convencionais por lámpadas de baixo consumo.

As lámpadas fluorescentes compactas, tamén chamadas de baixo consumo, poden diminuír considerablemente o gasto enerxético. Algunhas das súas vantaxes son:

- Consomen ao redor dun 20 % do consumo medio dunha lámpada incandescente estándar, o cal supón un aforro do 80 % respecto das incandescentes.
- Presentan as mesmas roscas que as lámpadas incandescentes (tipo E27), polo que non existe ningún custo de adaptación.
- A vida media deste tipo de lámpadas é dunhas 10 000 horas, o que equivale a 10 veces a vida das incandescentes.

A reposición dunha lámpada de baixo consumo equivale a 10 reposicións de lámpadas incandescentes estándar.

As equivalencias máis comúns son as seguintes:

- As lámpadas incandescentes de 40 W pódense substituír por lámpadas de baixo consumo de 8 W.
- As lámpadas incandescentes de 60 W pódense substituír por lámpadas de baixo consumo de 15 W.
- As lámpadas incandescentes de 100 W pódense substituír por lámpadas de baixo consumo de 20 W.

II. Substitución de lámpadas fluorescentes convencionais por lámpadas fluorescentes eficientes.

Tense comezado a comercializar tubos fluorescentes de menor potencia que os actuais, grazas á mellor calidade dos sistemas e á investigación nos trifósforos.

- Os tubos fluorescentes de 58 W pódense substituír por tubos de 51 W.
- Os tubos fluorescentes de 36 W pódense substituír por tubos de 32 W.



· Consomen ao redor dun 88 % do consumo medio dunha lámpada fluorescente convencional, o cal supón un aforro do 12 % respecto das convencionais.

Estas novas lámpadas conservan o mesmo nivel de iluminación (mesma cantidade de lumens) mais empregan unha menor cantidade de enerxía.

A súa maior vantaxe é que poden ser substituídos polos tubos fluorescentes actuais sen necesidade de cambiar a luminaria, polo que o único custo asociado é o da compra da nova lámpada.

III. Substitución de balastros electromagnéticos de lámpadas fluorescentes por balastros electrónicos.

O balastro electrónico é un equipo electrónico auxiliar lixeiro e manexable que ofrece as seguintes vantaxes:

Acendido: Con estes balastros, que utilizan un sistema de acendido no que a lámpada sofre menos, auméntase a vida útil do tubo nun 50 %, pasando das 12.000 horas que se dan como vida estándar dos tubos trifosfóricos de nova xeración, ás 18.000 horas. Ademais, existen os balastros con acendido de precaldeo, axeitados para lugares con constantes acendidos e apagados, que evitan a deterioración da lámpada.

Pestanexos e efecto estroboscópico: Por unha banda, conséguese eliminar o pestanexo típico dos tubos fluorescentes e, pola outra, o efecto estroboscópico queda totalmente fóra da percepción humana.

Regulación: Existen balastros regulables cos que é posible regular o nivel de iluminación entre o 3 e o 100 % do fluxo nominal. Isto pódese realizar de varios xeitos: manualmente, automaticamente mediante célula fotoeléctrica e mediante infravermellos.

Vida dos tubos: O balastro electrónico con acendido por precaldeo é particularmente aconsellable en lugares onde o alumado vaia ser acendido e apagado con certa frecuencia, xa que a vida destes tubos é bastante maior.

Fluxo luminoso útil: O fluxo luminoso manterase constante ao longo de toda a vida dos tubos.

Desconexión automática: Incorpórase un circuíto que desconecta os balastros cando os tubos non arrancan ao cabo dalgúns intentos. Con isto, evítase o pestanexo existente ao final da vida útil do equipo.

Redución do consumo: Todos os balastros de alta frecuencia reducen nunha alta porcentaxe o consumo de electricidade. A referida porcentaxe varía entre o 22 % en tubos de 18 W sen regulación e o 70 % cando se lles engade regulación de fluxo.

Factor de potencia: Os balastros de alta frecuencia teñen un factor de potencia moi parecido á unidade, polo que non haberá consumo de enerxía reactiva.

Outras melloras que presentan son que, debido á baixa achega térmica, permiten diminuír as necesidades de aire acondicionado e non necesitan cebador para o seu acendido.

IV. Instalación de interruptores temporais en aseos e detectores de presenza en corredores e zonas de paso.

A xestión centralizada da iluminación, a pesar das vantaxes que presenta en canto a control, supón unha importante desvantaxe en canto a eficiencia enerxética, xa que evita a posibilidade de apagar a luz en zonas onde esta non é necesaria (non hai ninguén) durante longos períodos de tempo. O emprego de dispositivos reguladores pode chegar a supor un aforro importante en zonas de paso pouco frecuentadas, como aseos, arquivos, almacéns (onde a luz adoita permanecer acendida aínda que non se estea a utilizar, xa sexa por esquecemento ou porque non existe un interruptor físico).

Estes interruptores poden conseguir un aforro enerxético de ata un 30 %, e o seu funcionamento é aínda máis eficaz se se combinan con solucións domóticas.



Exemplo:

A continuación preséntase un exemplo de cálculo nunha planta da industria da madeira para comprobar como realizando substitucións no sistema de iluminación se conseguen aforros importantes:

INSTALACIÓN CON FLUORESCENTES + EQUIPOS (BALASTROS):

Potencia TOTAL INSTALACIÓN: 7,3936 kW
Consumo TOTAL INSTALACIÓN: 31.992,0128 kWh
Custo eléctrico ANUAL Total: 4.709,22 euros

Nas modificacións propostas a continuación séguese a manter o mesmo número de grupos, xa que só se cambian as lámpadas, e tamén se conservan o mesmo número de horas e días, porque non existe cambio algún na actividade para a cal se empregan. Tamén se observa a potencia total dos novos fluorescentes e a dos balastros actuais. Con estes datos é posible saber o seu consumo e o custo eléctrico que implicará este tipo de instalación.

Caso I

Cambio único de fluorescentes

(fluorescentes novos + balastros antigos)

FLUORESCENTES NOVOS + BALASTROS ANTIGOS

Potencia TOTAL INSTALACIÓN:6,6276 kW
Consumo TOTAL INSTALACIÓN:28.621,45 kWh
Custo eléctrico ANUAL Total:.....4.213,07 euros

AFORRO ECONÓMICO:

Aforro enerxético * prezo subministración
Aforro económico = $3.370,56 * 0,147 = 496,14$ euros

AFORRO ENERXÉTICO:

(Pi-Pf)*t; consumo inicial-consumo actual
Aforro enerxético = $31.992,0128 - 28.621,45 = 3370,56$ kWh

AFORRO AMBIENTAL:

Aforro enerxético * coeficiente CO2
Aforro ambiental = $3.370,56 * 0,343 = 1.156,1$ kg CO2

PORCENTAXES DE AFORRO:

AFORRO ENERXÉTICO = 10,5 %
AFORRO ECONÓMICO = 4,3 %
AFORRO AMBIENTAL = 34,3 %



Caso II

Cambio de fluorescentes + balastros

Para calcular a potencia total neste caso, sumárase a potencia obtida cos fluorescentes máis a que engade o balastro, tendo en conta que se emprega un só balastro por grupo. Realízase un exemplo hipotético, posto que, neste caso, a potencia dos novos balastros é cero: como a potencia do novo balastro é cero, tanto a potencia como o consumo son os mesmos que para o caso dos novos fluorescentes.

PORCENTAXES DE AFORRO:

AFORRO ENERXÉTICO = 21%

AFORRO ECONÓMICO = 14,7%

AFORRO AMBIENTAL = 34,3%

CAMBIO DE FLUORESCENTES + BALASTROS:

Potencia TOTAL INSTALACIÓN: 5,854 kW

Consumo TOTAL INSTALACIÓN: 25.281,78 kWh

Custo eléctrico ANUAL Total: 3.721,47 euros

AFORRO ENERXÉTICO:

$(P_i - P_f) * t$; consumo inicial-consumo actual

Aforro enerxético = $31.992,0128 - 25.281,78 = 6.710,23$ kWh

AFORRO ECONÓMICO:

Aforro enerxético * prezo subministración

Aforro económico = $6.710,23 * 0,147 = 986,40$ euros

AFORRO AMBIENTAL:

Aforro enerxético * coeficiente CO₂

Aforro ambiental = $6.710,23 * 0,343 = 2.301,60$ kg CO₂

Os investimentos e o período de retorno asociado neste caso resúmense a continuación:

INVESTIMENTO:

Prezo equipo + Prezo instalación

Investimento = $1.946,47 + 445 = 2391,47$ euros

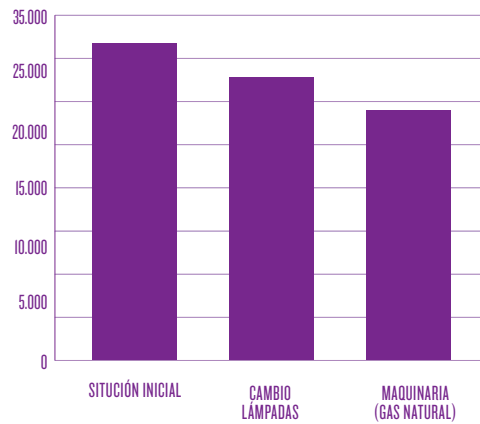
RETORNO:

Investimento/Aforro económico

PRS(anos) = $2.391,47 \text{ euros} / 986,40 = 2$ anos e medio

Este é o resumo de como afectan ao consumo os cambios realizados na instalación:

CONSUMO TOTAL INSTALACIÓN (kWh)



Para finalizar a análise dos sistemas de iluminación, móstrase un exemplo de optimización do alumado exterior.



EXEMPLO

Unha empresa conta coas seguintes instalacións de iluminación nas súas zonas exteriores:

- 1 centro de mando que controla tres liñas de alumado, formadas por 20 farois por liña, con lámpadas de vapor de mercurio de 400 W con balastos electromagnéticos.
- 1 reloxo axustable para o control da instalación, con acendido ás 20:00 h e apagado ás 6:00 h.

Propóñense as seguintes melloras:

- Cambio de lámpadas a vapor de sodio
- Regulador/ Estabilizador en cabeceira

Trátase de dimensionar os novos equipos para realizar unha proposta de aforro enerxético e manter as condicións de confort da iluminación.

Calcularase o aforro enerxético, económico e ambiental da instalación, xunto co período de retorno dos investimentos.

Datos adicionais:

- Custo electricidade: 0,12 €/kWh
- Custo das lámpadas de vapor de sodio: 37,5€
- Custo do regulador/estabilizador: 8.000€

- Horario de pouco tráfico: 23:00h ás 6:00 h
- Por simplicidade, non se considera o consumo enerxético de elementos auxiliares (balastos).

A) CONSUMO ACTUAL

Con base nos datos achegados, pódese determinar o custo actual da subministración eléctrica para o funcionamento do sistema de alumado actual con lámpadas de vapor de mercurio.

FAROIS VAM/LIÑA	20
N.º LIÑAS	3
N.º FAROIS	60
POTENCIA/FAROL (W)	400
POTENCIA TOTAL (W)	24.000

POTENCIA TOTAL (kW)	24
h/d a (22:00-06:00)	10
h/ano	3650
kWh/ano	87.600
custo/ano (0,12 €/kWh)	10.512,00 €

Pódese concluír que o gasto eléctrico anual do sistema actual é de 10.512,00 €.

B) MODIFICACIÓN PROPOSTA

Co cambio de VM a VSAP, en primeiro lugar, conséguese unha redución da potencia instalada, xa que cada lámpada VM é de 400 W e as novas VSAP propostas son de 250 W.

FAROIS VAM/LIÑA	20
N.º LIÑAS	3
N.º FAROIS	60
POTENCIA/FAROL (W)	250
POTENCIA TOTAL (W)	15.000

É dicir, partindo da situación inicial de 24 kW instalados, pásase a unha nova instalación de 15 kW, co que a potencia instalada se reduce nun 37,5 %.

Por outra banda, co sistema de regulación proposto vanse presentar dous escenarios: o primeiro, entre as 20:00 e as 23:00 h, no que a potencia vai

ser o 100 %, e o segundo, entre as 23:00 e as 6:00 h, no que a potencia vai ser o 60 % da instalada, é dicir, 9 kW, grazas á redución do 40 % conseguida co sistema de regulación.

Horario	Potencia (W)	h/d a	h/ano	kWh/ano
20:00-23:00	15.000	3	1.095	16.425
23:00-06:00	9.000	7	2.555	22.995
TOTAL				39.420

Na situación VM, o consumo anual é de 87.600 kWh, mentres que co cambio a VSAP e o sistema de regulación, o consumo anual é de 39.420 kWh, co que se obtén un aforro enerxético de 48.180 kWh/ano, é dicir, un aforro enerxético do 55 % fronte á situación inicial.

kWh/ano	custo/ano (0,12 €/kWh)
39.420	4.730,40 €

O gasto enerxético asociado á nova instalación é de 4.730,40 €, fronte aos 10.512,00 € da situación inicial, é dicir,

obtense un aforro económico anual de 5.781,60 €. Considerando un valor de 0,5 kg de CO₂ por cada kWh utilizado no alumado público, cun aforro de 48.180 kWh/ano

evitaranse as emisións de 24 toneladas de CO₂ á atmosfera cada ano.

C) INVESTIMENTOS ASOCIADOS

O cadro de investimentos necesarios para realizar o cambio proposto é o seguinte:

Concepto	Uds.	Custo unitario (€)	Custo total (€)
Lámpadas de vapor de sodio	60	37,50	2.250,00
Regulador/estabilizador	1	8.000,00	8.000,00
TOTAL			10.250,00

No apartado anterior calculouse un aforro económico anual de 5.781,60 €, co que, considerando o investimento

de 10.250,00 €, se obtén un retorno simple dun ano e nove meses.

D) RESUMO DE RESULTADOS

AFORRO ECONÓMICO
5.781,60 €/ano
AFORRO ENERXÉTICO
48.180 kWh/ano
AFORRO AMBIENTAL
24 t CO ₂ /ano
PERÍODO DE RETORNO
1 ano e 9 meses



6.1.3 MOTORES DE ALTA EFICIENCIA

A utilización de motores eléctricos de alta eficiencia presenta un potencial de aforro no sector industrial de mil millóns de euros, segundo o European Cooper Institute. A continuación preséntase un resumo de cifras que mostran a orde de magnitude deste potencial de aforro.

O total da enerxía producida ao ano no Estado Español ascende a uns 297 TWh (MITYC), dos cales o 33 % se corresponde co consumo industrial, é dicir, 98 TWh. Aínda así, non todo o consumo industrial é de enerxía eléctrica: deste subtotal, o 66,6 % será o consumo dos accionamentos eléctricos, valor que significa 64,7 TWh.

O conxunto dos accionamentos eléctricos están formados por:

- Motor eléctrico
- Motor eléctrico con redutor
- Motor eléctrico alimentado con convertedor de frecuencia (tamén chamado variador de velocidade).

O rendemento nos motores estándar pódese mellorar ata o 8 % en motores de 1 kW, e ata o 1,5 % nos motores ata 100 kW. Estas medidas son válidas na metade dos motores instalados

cun valor de mellora medio que aumenta o rendemento un 4 % sobre 33 TWh, o cal reflicte un aforro de potencia de 1,33 TWh. Dos 64,7 TWh é posible un aforro enerxético mediante o uso de convertedor de frecuencia do 35 % da potencia consumida, o que representa 22,6 TWh. Ao poder regular a velocidade, este valor de 22,6 TWh reduciríase ao 40 %, que equivale a un consumo anual de 9,1 TWh, o que se deriva nun aforro de 13,5 TWh. Este valor, engadido ao aforro anterior por mellora directa do rendemento, suma a cifra de 14,83 TWh anuais. En unidade monetaria, significaría un aforro aproximado de 1.100 millóns de euros.

O aforro enerxético non só significa diminuír o gasto dun país, senón que ten unha relación directa co impacto ambiental que se produce.

Baixo este potencial de aforro e mellora do medio natural, os diferentes países do mundo desenvolveron políticas enerxéticas para incentivaren o uso de motores eléctricos de elevado rendemento.

A intención é a de poder entender a súa evolución para axudar o consumidor ou o fabricante de maquinaria.

Na Unión Europea, os fabricantes de motores, conxuntamente coa Dirección Xeral da Enerxía, asinaron un acordo voluntario onde se comprometen a fabricar soamente motores de rendemento mellorado e alto rendemento.

Os fabricantes de motores que asinaron o acordo marcan os seus motores na placa característica co logotipo rexistrado (figura). Estes fabricantes achegan coa súa experiencia, sistemas de calidade e instalacións de ensaio unha seguridade no cumprimento dos valores de

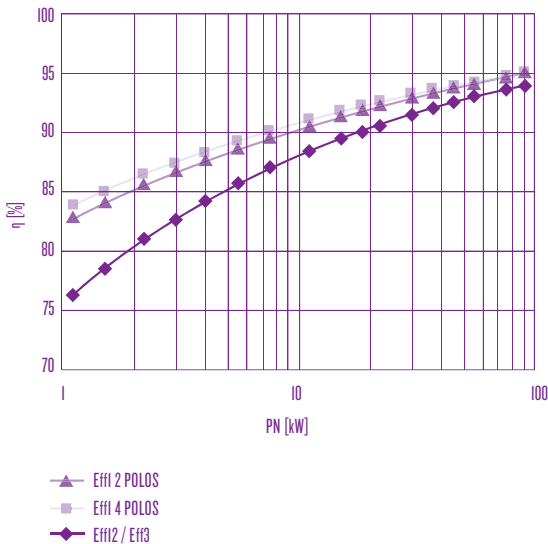
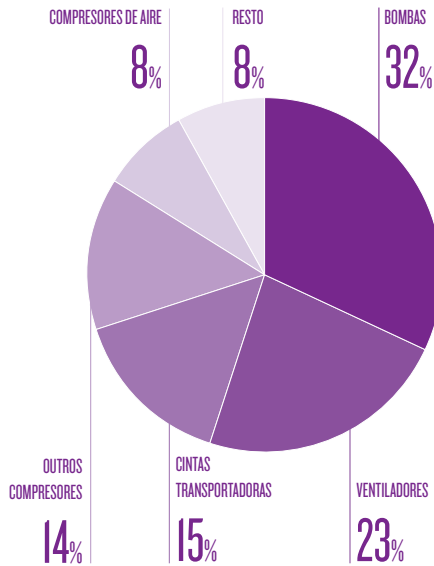


LOGOTIPO INDICATIVO DOS MOTORES DE ALTO RENDIMENTO SEGUNDO O ACORDO VOLUNTARIO EUROPEO

rendemento declarados. Esta fórmula permite distinguir os motores de alto rendemento do resto de motores sen clasificar.

O acordo europeo establece, á súa vez, uns logotipos que indican o rendemento do motor.

DISTRIBUCIÓN DO CONSUMO
ENERXÉTICO NOS DIFERENTES
ACCIONAMENTOS



- EFF1: motores de alto rendimento.
- EFF2: motores de rendimento mellorado.
- EFF3: motores de baixo rendimento.

A distribución das tres clases de rendementos fica do seguinte xeito:

Motor EFF1

Como media, un motor EFF1 reduce as perdas de enerxía por riba do 40 %. Isto significa que, no caso de moitas horas de utilización, por exemplo, 6000 h/ano, nun motor de 15 kW se poderán aforrar máis de 4 MWh ao ano, ou máis de 400 € na factura de electricidade (considerados 0,10 €/kWh).

A mellor calidade dos materiais incrementa normalmente a vida útil do motor. O maior prezo de compra dun motor EFF1 recupérase nun curto prazo de tempo, en comparación coa vida útil do motor eléctrico.

Motor EFF2

Un motor EFF2 reduce as perdas de enerxía ata un 20%, o que significa que, no caso de utilización durante 2.000 h/ano, un motor de 15 kW pode aforrar 0,6 MWh ao ano cun custo adicional mínimo. A clase EFF2 garante unha eficiencia



satisfactoria cun sobrecusto mínimo.

Motor EFF3

En xeral, os motores da clase EFF3 presentan unha moi baixa eficiencia e implican un investimento antieconómico na maioría das situacións, polo que non son recomendables.

Melloras enerxéticas

Un motor sempre se debe empregar segundo a potencia de accionamento para a que está deseñado, xa que, en caso contrario, non traballará no seu punto de rendemento óptimo. As perdas dun motor pódense dividir en:

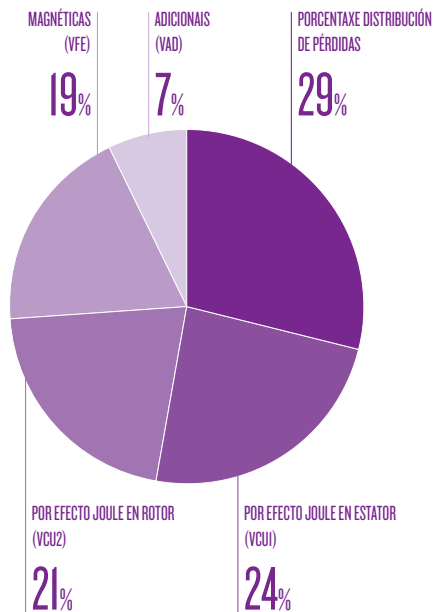
- Perdas polo efecto Joule no estator (VCu1): son as perdas orixinadas pola circulación de correntes polos devanados estatóricos como consecuencia do efecto Joule.
- Perdas magnéticas (Vfe): son as perdas no ferro.
- Perdas polo efecto Joule no rotor (VCu): son as perdas no circuito de inducido que se orixinan co paso das correntes polos devanados do inducido e polos elementos conectados en serie con este último.
- Perdas por ventilación (Vr ventilación): son as perdas mecánicas.

- Perdas por rozamento (Vr rozamento): son as perdas mecánicas.
- Perdas adicionais (Vad): son as correntes parasitas, perdas superficiais no ferro, perdas pulsantes nos dentes, etc.

As perdas, de xeito xeral, pódense dividir en dous tipos:

- Perdas constantes ou de baleiro.
- Perdas que dependen da carga da máquina.

Para un motor de 18,5 kW e 1.500 min⁻¹, a porcentaxe de distribución de perdas é a seguinte:



Melloras prácticas recomendadas

No tocante á operación e mantemento dos motores eléctricos, existen unha serie de premisas básicas que son de aplicación nos sistemas actuais da industria téxtil e que se expoñen na táboa seguinte.

Evitar o arranque e a operación simultánea de motores, sobre todo dos de mediana e gran capacidade, para diminuír o valor máximo da demanda.

Evitar a operación en baleiro dos motores.

Verificar periodicamente o aliñamento do motor coa carga impulsada. Un aliñamento defectuoso pode incrementar as perdas por rozamento e, en caso extremo, ocasionar danos maiores no motor e na carga.

Corrixir a caída de tensión nos alimentadores. Unha tensión reducida nos terminais do motor xera un incremento da corrente, o seu sobrearrefecemento e unha diminución da eficiencia. As normas permiten unha caída de tensión do 5 %.

Para iso, é preciso utilizar condutores correctamente dimensionados.

Equilibrar a tensión de alimentación nos motores trifásicos de corrente alterna. O desequilibrio entre fases non debe exceder en ningún caso o 5 %, se ben canto menor sexa o desequilibrio, os motores operarán con maior eficiencia.

Manter ben axustado e en óptimas condicións o interruptor de arranque dos motores monofásicos de fase partida. O mal funcionamento deste accesorio que se emprega para desconectar o devanado de arranque (e o condensador nos motores de arranque por condensador) provoca un sobrearrefecemento nos condutores, o que ocasiona significativas perdas de enerxía e, en caso extremo, o fallo do motor.

Utilizar arrancadores a tensión reducida naqueles motores que realicen un número elevado de arranques. Con isto evítase un arrefecemento excesivo nos condutores e lógrase diminuír as perdas durante a aceleración.

Substituír nos motores de rotor devanado os reguladores con resistencias para o control da velocidade por reguladores electrónicos máis eficientes, porque as resistencias chegan a consumir ata un 20 % da potencia que o motor toma da rede.

Instalar equipos de control da temperatura do aceite de lubricación das chumaceiras en motores de gran capacidade co obxectivo de minimizar as perdas por fricción e elevar a eficiencia.

Non se recomenda rebobinar os motores máis de 2 veces, porque se poden variar as características de deseño do motor, o cal incrementaría as perdas de enerxía.



Motor estándar fronte a Motor de alta eficiencia

A tecnoloxía na fabricación de motores evolucionou considerablemente nas últimas décadas. Hoxe en día, os motores estándar están a ser substituídos por motores de alta eficiencia, debido a que se obteñen menores custos de operación, o cal implica un aforro no consumo. Os motores de alta eficiencia demandan unha menor potencia do sistema de distribución para obter a mesma potencia de saída necesaria para realizar un traballo específico.

Entre as principais características de fabricación dos motores de alta eficiencia atópanse:

- O ventilador ten un deseño aerodinámico, lixeiro e de baixas perdas de fricción.
- Mellor e maior cantidade de cobre para reducir a resistencia á corrente e diminuír as perdas de corrente.
- Redución da dispersión do campo a través dunha maior área de laminación.
- Armazón de ferro fundido,

resistente á corrosión, excelente disipación e acabado preciso para mellorar a transferencia de calor.

- Embobinado de cobre de alta eficiencia, o cal é resistente á humidade e traballa ata a 200 oC.
- Rodamentos de bólas antifricción de baixo arrefecemento, ruído e perdas por fricción.
- Entreferro máis estreito, o que reduce as perdas magnéticas e por fricción.
- Aceiro ao silicio, reduce as correntes de Foucault e as perdas do campo magnético.

A viabilidade económica de cambiar motores estándar por motores de alta eficiencia depende do tempo de utilización, do factor de carga, da porcentaxe de rendemento incrementado, da potencia dos motores e do incremento no custo dos mesmos. Outras vantaxes que teñen os motores de alta eficiencia fronte aos motores estándar son:

- Os fabricantes ofrecen un maior tempo de garantía.

- Maiores ciclos de lubricación.
- Maior tolerancia ao estrés térmico.
- Habilidade para operar en ambientes de elevadas temperaturas.
- Factor de servizo de, polo menos, 1,15 ou superior.
- Máis resistentes a condicións anormais de operación, como sobrevoltaxes, baixovoltaxes e desbalance de fases.
- Un factor de potencia significativamente maior para potencias de máis de 100 HP, o que diminúe as perdas en distribución e as penalidades.

Por último, preséntase unha táboa onde figura unha comparativa entre os custos de operación dun motor de 50 HP (37,3 kW) estándar e outro similar de alta eficiencia.

Base de comparación	Motor estándar	Motor de alta eficiencia	Diferenza	Comentarios
Prezo de compra (€)	28.540	34.248	5.708	20 % maior
Eficiencia (%)	89,5	93,6	4,1	4,5 % maior
Perdas (%)	10,5	6,4	4,1	39 % menor
Custo anual de enerx a (€)	23.730,3	22.690,8	1.039,5	3,3 e 2,7 veces o custo inicial dos motores

Custo anual de perdas (€)	2491,7	1452,2	1039,5	41,7 % menor
Custo da enerx a en 20 anos (€)	474.606	453.816,7	20.786,4	4,6 % menor
Custo de perdas en 20 anos (€)	49.033,7	29.044,3	20.786,4	3,6 veces o custo da diferenza do prezo de compra

Os investimentos e o período de retorno asociado á compra dun motor de 50 HP eficiente fronte a un motor estándar resúmense a continuación:

6.1.4 AIRE COMPRIMIDO

Neste apartado trataranse os seguintes puntos:

- Tipo de compresores
- Variadores de frecuencia e velocidade.
- Custo e eficiencia da produción de aire comprimido.
- Presión de subministración.
- Illamento de ramais non utilizados.
- Funcionamento en baleiro.
- Mantemento de filtros.
- Calor de refrixeración.
- Reparación de fugas.

INVESTIMENTO

Incremento do prezo (compra motor alta eficiencia)

Investimento = $34.248 - 28.540 = 5.708$ euros

AFORRO ECONÓMICO

Aforro por consumo enerxético)

Aforro económico = $23.730,3 - 22.690,8 = 1.039,5$ euros

RETORNO

Investimento/Aforro económico

PRS(anos) = $5.708 \text{ euros} / 1.039,5 = 5$ anos e medio

PORCENTAXE DE AFORRO

Aforro económico = 4,3 %

Considérase un sistema pneumático todo aquel que funciona con base en aire comprimido, é dicir, aire a presión superior a unha atmosfera, o cal se pode empregar para empuxar un

pistón, como nunha perforadora pneumática, facelo pasar por unha pequena turbina de aire para mover un eixo, como nos instrumentos odontolóxicos, ou expandilo a través dunha tobeira para producir un chorro



de alta velocidade, como nunha pistola para pintar.

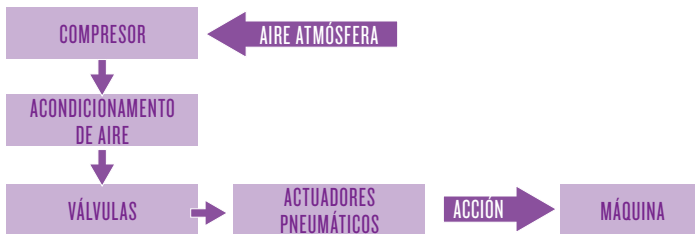
O aire comprimido obtense sometendo aire a presión por medio dun compresor. O aire non só se comprime, senón que tamén se adoita deshumidificar e filtrar.

Unha grande instalación pneumática componse de diferentes dispositivos sinxelos de traballo. O seguinte cadro mostra os diferentes axentes que interveñen na produción, tratamento, distribución, regulación e actuación do aire comprimido.

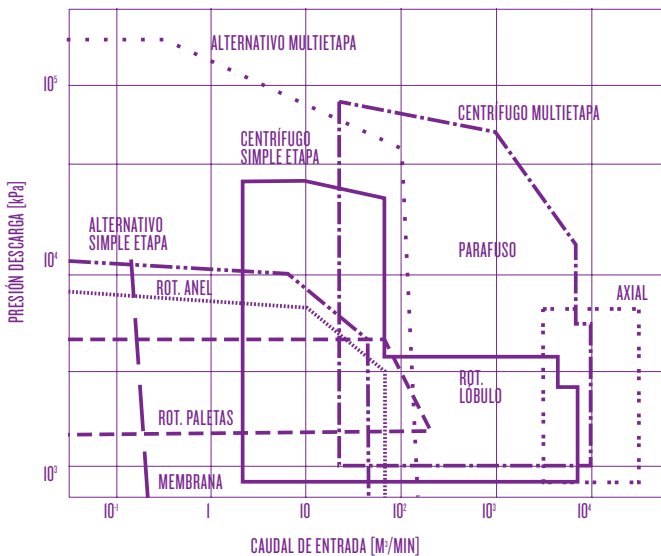
TIPOS DE COMPRESORES

Na actualidade existen diferentes tipos de compresores empregados na industria, que se diferencian principalmente no xeito de comprimir o aire atmosférico. En función da aplicación final do aire comprimido e o rango de operación (caudal e presión de

SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO



RANGOS DE OPERACIÓN PARA COMPRESORES DE GAS



Tipoloxía dos compresores de aire						
Desprazamento fixo					Desprazamento variable (turbocompresores)	
Alternativos		Rotativos			Radial	Axial
Pistón	Membrana	Paletas	Parafuso	Roots		

empregar un ou outro tipo de compresor.

Xeralmente, os compresores alternativos son capaces dun rendemento maior a carga nominal, mentres que os compresores de parafuso permiten unha mellor regulación de carga, polo que, en función das demandas de aire, compensará o emprego dun ou outro. De se consumir o 100 % da potencia nominal, será mellor elixir un compresor alternativo e, en caso contrario, un de parafuso.

A continuación pódense apreciar os rangos de operación recomendados para diferentes tipos de compresores:

Compresores a pistón

Para altas presións é necesario acudir a varias etapas de compresión. Un compresor lubricado durará máis que un que non o está. Hai que ter coidado de non lubricar en exceso, pois a carbonización do aceite nas válvulas pode ocasionar adherencias e sobrearrequementos. Ademais, os tubos de descarga saturados con aceite son un risco potencial de incendio, polo que é necesario colocar corrente abaixo un separador para eliminar o aceite. Os problemas máis

grandes nos compresores con cilindro lubricado son a sucidade e a humidade, pois destrúen a película de aceite dentro do cilindro.

Compresores de membrana

Permiten a produción de aire comprimido absolutamente exento de aceite, posto que este non entra en contacto co mecanismo de accionamento e, en consecuencia, o aire presenta unha gran pureza. Utilízanse en Medicina e en certos procesos químicos onde se require aire sen vestixios de aceite e de gran pureza. En xeral, non se empregan para uso industrial. Os compresores de diafragma accionados mecanicamente fábrícanse unicamente para pequenas capacidades e presións moderadas, tamén como bombas de baleiro. As unidades con accionamento hidráulico son máis axeitadas para a produción de altas presións.

Compresores de paletas

De se requirir aire exento de aceite, as paletas deben estar feitas de materiais autolubrificantes, do tipo teflón ou grafito. Alcanzan unha vida útil de 35.000 a 40.000 horas de funcionamento, dado o escaso desgaste dos órganos móbiles



(paletas) pola abundante presenza de aceite. Este tipo de compresores fornecen un fluxo case sen pulsacións e de xeito continuo a través dun depósito de dimensións reducidas que actúa como separador de aceite.

Compresores de parafuso

A compresión destas máquinas realízase a través de dous rotores helicoidais (macho e femia), similares a dous parafusos engrenados entre eles, e contidos nunha carcasa dentro da cal viran. Os lóbulos échense de aire por un lado e descárganos polo outro en sentido axial. Os dous rotores non están en contacto entre eles, de tal xeito que tanto o desgaste como a necesidade de lubricación resultan mínimos. Isto lógrase a través duns xogos de engrenaxes que manteñen o sincronismo de xiro dos rotores e evitan que estes se preman uns contra outros, garantindo a estanquidade necesaria mediante unha estreita tolerancia entre os xogos de engrenaxes, ben como entre estes e a carcasa.

Constrúense de 1, 2 ou máis chanzos de compresión e entregan un fluxo case continuo, polo que as dimensións do depósito son

reducidas, cumprindo máis ben funcións de colector e separador de aceite que de acumulador.

Compresores Roots

Só transportan o volume de aire aspirado dende o lado de aspiración cara ao de compresión, sen o comprimir durante o percorrido. Non hai redución de volume e, polo tanto, tampouco aumento de presión. O volume que chega á boca de descarga, aínda coa presión de aspiración, mestúrase co aire xa comprimido da tubaxe de descarga e introdúcese na cámara, chegando este á presión máxima para logo ser expulsado. Resultan axeitados cando se require aire comprimido a baixas presións completamente libre de rastros de lubricante.

Turbocompresores radiais

Poden ser dunha ou varias etapas de compresión consecutivas. Son máquinas de alta velocidade, o cal é un factor fundamental no seu funcionamento, xa que está baseado en principios dinámicos. A velocidade de rotación é dunhas 15.000 a 20.000 rpm e, inclusive, superiores. Ofrece unha variación bastante ampla no

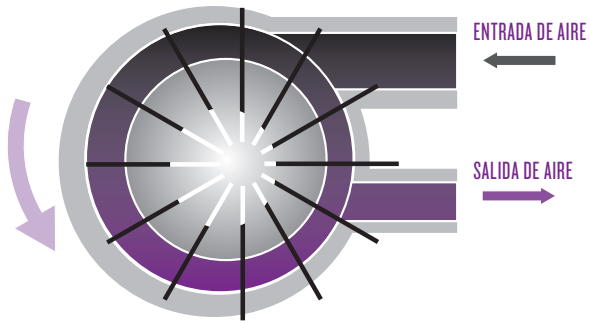
fluxo, cun cambio pequeno na carga. A ausencia de pezas en rozamento na corrente de compresión permite traballar un longo tempo entre intervalos de mantemento, sempre que os sistemas auxiliares de aceites lubricantes e aceites de selado sexan correctos. Pódense obter grandes volumes nun espazo reducido. A súa característica é un fluxo suave e libre de pulsacións.

Un aumento pequeno na caída de presión no sistema de proceso pode ocasionar reducións moi grandes no volume do compresor. Requírese un complicado sistema para aceite lubricante e aceite de selado.

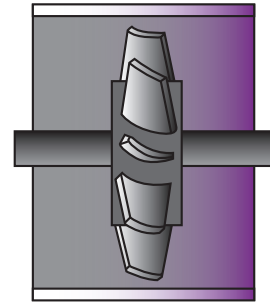
Turbocompresores axiais

A alta eficiencia e a capacidade máis elevada son as únicas vantaxes importantes que teñen os compresores de fluxo axial sobre as máquinas centrífugas para as instalacións estacionarias. O seu menor peso e tamaño non ten moito valor, tendo en conta, sobre todo, o feito de que os prezos son comparables aos das máquinas centrífugas deseñadas para as mesmas condicións. As desvantaxes inclúen unha gama operacional limitada, maior vulnerabilidade á corrosión e á

COMPRESOR DE PALETAS



COMPRESOR AXIAL



erosión, ben como propensión ás deposicións. Destínanse a aquelas aplicacións onde é preciso dispor dun caudal constante a presións moderadas. Os compresores axiais son máis axeitados para aquelas plantas que precisan caudais de aire grandes e constantes. Unha aplicación moi frecuente é o soprado dos altos fornos.

VARIADORES DE FRECUENCIA E VELOCIDADE

O motor de corrente alterna, a pesar de ser un motor robusto, de pouco mantemento, livián e ideal para a maioría das aplicacións industriais, ten o inconveniente de ser un motor ríxido en canto á súa velocidade. A velocidade do

motor asincrónico depende da forma construtiva do motor e da frecuencia de alimentación.

Como a frecuencia de alimentación que entregan as compañías de electricidade é constante, a velocidade dos motores asincrónicos tamén o é, agás que se varíe o número de polos, o escorregamento ou a frecuencia.

O método máis eficiente de controlar a velocidade dun motor eléctrico é por medio dun variador electrónico de frecuencia. Non se requiren motores especiais, son moito máis eficientes e teñen prezos cada vez máis competitivos.

O variador de frecuencia regula a frecuencia da voltaxe aplicada

ao motor para lograr modificar a súa velocidade. Con todo, simultaneamente ao cambio de frecuencia, débese variar a voltaxe aplicada ao motor para evitar a saturación do fluxo magnético cunha elevación da corrente que danaría o motor. Á vez que un variador de frecuencia pode controlar a velocidade, o variador de frecuencia tamén reduce o consumo de enerxía, chegando a aforros dun 60 %. O que fai o variador de frecuencia é reducir a cantidade de enerxía empregada polo motor para lograr o seu fin.

Ata unha redución pequena na velocidade pode representar aforros significativos. Por exemplo, unha bomba centrífuga ou un ventilador que funcione ao 80 % da velocidade



consume só a metade da enerxía en comparación con outro que funcione a plena velocidade.

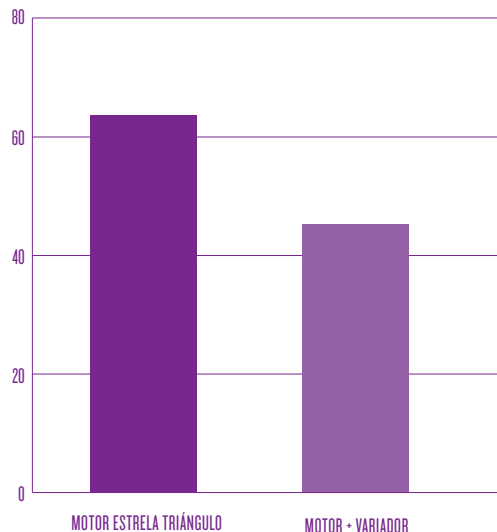
Un claro exemplo é o caso dunha bomba centrífuga ou un ventilador, que, funcionando a media velocidade, só consume un oitavo da enerxía se se compara co seu funcionamento a plena velocidade. Isto é porque o par necesitado para unha bomba ou un ventilador garda unha relación cadrática co volume. Por exemplo, reducir a velocidade dunha bomba ao 80 % soamente require o 64 % do par ($0,8 \times 0,8$). E isto non é todo: para producir o 64 % do par só se require o 51 % da potencia ($0,64 \times 0,8$) debido a que o requirimento de potencia se reduce no mesmo sentido.

Os seguintes gráficos mostran os resultados dunha aplicación dun variador de frecuencia.

Neste caso, mediante a aplicación dun variador de frecuencia obtense unha redución dun 23,5 % de enerxía activa e un 83,3 % de enerxía reactiva. Debido a isto, tense pasado dun factor de potencia de 0,78 a 0,98.

	E. activa (kWh/ciclo)	Consumo l hora (kWh)	Aforro e. activa
Motor estrela/triángulo	2.115	63.225	
Motor + variador	1.619	45.536	23,46 %

ENERXÍA ACTIVA



	E. reactiva (kVARh/ciclo)	Consumo l h (kVARh)	Aforro e. reactiva
Motor estrela/triángulo	1.785	49.971	
Motor + variador	0,298	8.351	83,29 %

CUSTO E EFICIENCIA

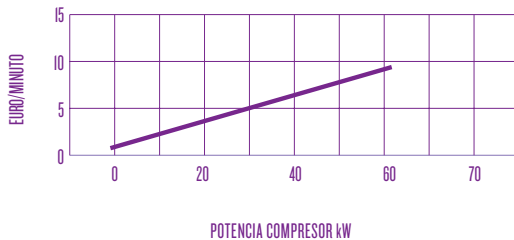
DA PRODUCCIÓN DE AIRE COMPRIMIDO

A produción de aire comprimido na industria é un proceso custoso. Estudos enerxéticos do funcionamento do aire comprimido na industria cifran o gasto económico en 1 céntimo de €/minuto por cada m³/minuto de aire aspirado polo compresor, o que implica un custo medio diario de 14,4 € e anual de 3.500 € pola enerxía eléctrica consumida.

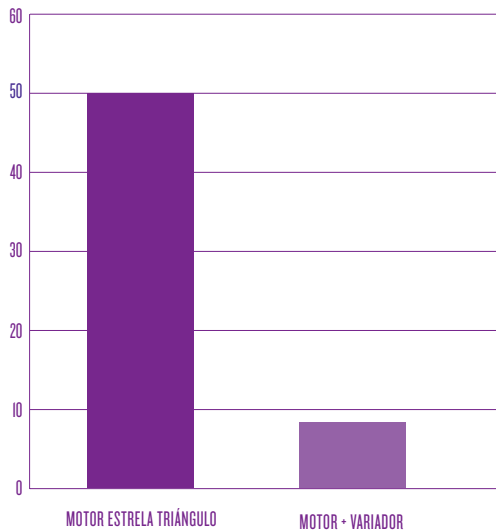
O seguinte gráfico mostra o gasto económico por minuto de funcionamento ao empregar un compresor en función da potencia do aparello.

Débese ter en conta que estes datos son orientadores e que se calcularon a partir dun consumo do compresor de 6,5 m³/min/kW e un custo da enerxía eléctrica 14 c€/kWh). Dende o punto de vista termodinámico, o proceso de compresión do aire é moi ineficiente polo baixo rendemento dos compresores, dado que a maior parte da enerxía se converte en calor. A continuación enuméranse algunhas recomendacións prácticas para a produción e mantemento do aire comprimido na industria.

COSTE DO AIRE COMPRIMIDO



ENERXÍA REACTIVA





Diámetro do orificio (mm)	Fugas a 6 bar (l/s)	Potencia absorbida por fugas (kW)	Funcionamento (h/ano)	Consumo enerxético (kWh/ano)	Custo total (€/ano)
1	1	0,3	1.000	30	24
3	10	3,1	1.000	3.100	248
5	27	8,3	2.000	16.600	1.162
10	105	33	2.000	66.000	4.620

Fonte: Instituto Tecnológico de la Energía (ITE)

Presión de subministración

Convén comprobar a presión mínima de traballo dos equipos conectados e as perdas de presión na rede. A presión de compresión pódese axustar facilmente e convén consultar o manual de instrucións da máquina ou ao subministrador do compresor. O consumo de enerxía incrementase ao aumentar a presión do aire comprimido. Por exemplo, de se traballar a 6 bar en lugar de a 7 bar, o aforro de custos enerxéticos supón un 4 %. Por todo isto se recomenda que as ferramentas pneumáticas se empreguen á menor presión posible.

Illamento de ramais non utilizados

É interesante localizar e identificar as tubaxes de aire non utilizadas na actualidade. Cando se está seguro de que non se van volver usar, é

recomendable desmantelar os circuitos ou cortar a conexión e facela estanca. (CAP soldado, brida cega, etc.).

As tubaxes e ramais non utilizados e sen illar presurízanse e baléiranse cada vez que se presuriza/despresuriza o sistema de aire. Estas tubaxes e ramais poden ser unha fonte potencial de fugas que depende das condicións e dimensións de cada instalación. A continuación móstrase unha táboa na que se representan as perdas enerxéticas e económicas de distintos tipos de fugas.

FUNCIONAMENTO EN BALEIRO

Débese de evitar o funcionamento en baleiro dos compresores, xa que isto supón un custo moi elevado. Para iso recoméndase:

- Un axuste correcto dos temporizadores.
- Posta en marcha dos

compresores só cando hai demanda.

- Parada dos compresores cando non hai demanda durante un tempo prolongado.

MANTEMENTO DE FILTROS

É importante comprobar periodicamente o estado de limpeza dos filtros de aire, xa que cando están sucios incrementan o consumo enerxético e de aire.

O mantemento incorrecto do sistema de tratamento de aire implica un aumento do consumo de enerxía que pode ascender ata un 30 %.

CALOR DE REFRIXERACIÓN

Nos compresores refrixerados por aire, analizar se é sinxelo conducir o aire tépedo e recuperar a calor. Esta recuperación dependerá das características da maquinaria,

axudando ás operacións de secado ou calefacción das naves no inverno e actuando indirectamente como cortina de aire.

REPARACIÓN DE FUGAS

Tamén é recomendable o emprego de instalacións centralizadas (xa que funcionan mellor a cargas parciais), o tratamento de aire de aspiración e a realización periódica de inspeccións nas tubaxes de distribución (detección de fugas).

Exemplo: Reparación de fugas nunha instalación de aire comprimido

Unha industria do sector téxtil posúe un compresor de 15 CV que presenta unha fuga no seu sistema de distribución. As perdas xeradas neste sistema resultan significativas tendo en conta que son perdas en proceso continuo. Débese ter en conta que unha fisura de 1 mm provoca un consumo extra dun kW. No seguinte recadro pódese ver o aforro anual que representa reparar a fuga, ben como o custo de levar cabo a medida e o seu período de amortización.

Reparación de fugas de aire comprimido		
Investimento	Aforro anual	Amortización
100 €	750 €	1,6 meses



6.2 ENERXÍA TÉRMICA

A enerxía térmica é demandada na industria da madeira como calor de proceso na sección de secado (nos serradoiros) e na de prensado (na industria da carpintaría e moble), alén de como calor de acondicionamento de espazos na nave de produción, almacéns e oficinas.

6.2.1 XERACIÓN E DISTRIBUCIÓN DE CALOR

Nos seguintes apartados enúmeranse diferentes medidas orientadas ao aforro enerxético e económico na produción de calor.

- Eficiencia no proceso de produción de calor
- Control e regulación da combustión
- Recuperación de calor nos fumes
- Elección de combustible
- Equipamentos eficientes
- Substitución de caldeiras
- Cambio de queimadores
- Eficiencia no proceso de distribución de calor. Illamentos

Control e regulación da combustión

As principais causas que diminúen o rendemento das caldeiras son as seguintes:

- Exceso de aire na combustión.
- Exceso de temperatura de saída dos fumes pola cheminea.

O exceso de aire corríxese regulando correctamente a entrada de aire no queimador, mentres que o exceso de temperatura de saída dos fumes pódese solucionar instalando un turbulador, limpando a sucidade ou regulando o tiro da cheminea.

Para manter un rendemento axeitado dos xeradores de vapor ou calor débense realizar controis periódicos (polo menos trimestrais) dos parámetros da combustión. Ademais do control da combustión, é moi importante a aplicación do programa de mantemento preventivo que se detalla a continuación, dependendo, en

todo caso, do tipo de caldeira e das recomendacións específicas do fabricante:

A eficiencia na combustión será máxima cando as perdas sexan mínimas, polo que a combustión debe de ser o máis perfecta posible. As perdas principais concéntranse en:

- Calor sensible dos gases. Son máis elevadas segundo aumenta o exceso de aire (menor porcentaxe de CO₂ nos gases) e a temperatura de saída dos gases.
- Calor latente dos gases con combustibles sólidos e líquidos. Aumentan coa presenza de inqueimados gasosos (principalmente CO), consecuencia dun defecto de aire ou dunha mala repartición deste.

Purga de niveis	Diaria
Revisión de queimadores	Semanal
Anotación consumo eléctrico motor queimador	Mensual
Disparo manual de válvulas de seguridade	Semanal
Limpeza de entubados	Mensual
Revisión de bombas e ventiladores	Mensual
Revisión de instrumentación	Mensual
Inspección do illamento da caldeira	Trimestral
Verificación inexistencia de fugas	Semestral
Inspeccións e probas regulamentarias	Anual

- Calor sensible en cinzas. Son practicamente inevitables.
- Calor latente en cinzas con combustibles líquidos e gasosos. Débense a inqueimados sólidos.

Para minimizar as perdas, débense corrixir:

Exceso de aire: o mantemento da correcta relación aire-combustible é o factor máis importante na eficiencia da combustión. O aire en exceso, por riba do requirido para a combustión completa, aumenta as perdas por calor sensible en

fumes e reduce a temperatura da chama.

Para controlar este exceso de aire mídese a porcentaxe de CO₂ ou de O₂ dos fumes, de forma que a maior CO₂ menor exceso de aire, e a maior O₂ maior exceso de aire. Os valores correctos de CO₂ ou de O₂ dos gases de combustión dependen de: tipo de combustible empregado e tamaño deste, no caso dos sólidos; tipo de equipamento de combustión empregado; tipo do fogar da caldeira, etc. A título orientador é válida a seguinte táboa:

Combustible	Exceso de aire (%)	CO ₂ (%)
C. líquido	15-25	14-12
C. gasoso	5-15	10-8
Carbón	30-50	17-13
Madeira	40-70	16-11

Defecto de aire: a combustión con defecto de aire débese de evitar sempre, pois dá lugar á aparición de inqueimados (principalmente CO) e crea depósitos nas superficies de intercambio de calor, os cales reducen a transferencia térmica e orixinan, ademais, obstrucións nos condutos.

A medida de opacidade nos gases permite determinar o grao de inqueimados na combustión. O índice opacimétrico na escala de Bacharach débese de manter en valores 1 e 2, sen superar en ningún caso o valor 3. A graduación, segundo as características da combustión e a produción de deposicións, é a seguinte:



IB (*)	Combustión	Deposición producida
1	Excelente	Inapreciable
2	Boa	Lixeira. Non aumenta a temperatura de gases apreciablemente
3	Media	Hai certa cantidade. Prec sase limpeza unha vez ao ano.
4	Pobre	Condicións l mite. Limpeza frecuente
5	Moi pobre	Moita deposición e moi pesada

(*) IB = Índice de Bacharach

Unha temperatura de gases alta pode ser debida a:

- Exceso de tiro.
- Sucidade nas superficies de intercambio de calor.
- Deterioración da cámara de combustión.
- Equipo de combustión desaxustado.
- Cámara de combustión mal deseñada.

400 ppm (0,04 %), valor especificado nalgúns lexislacións. Os valores por riba pódense deber a:

- Defecto de aire.
- Mestura non homoxénea de combustible e aire.
- Mal deseño ou axuste da cámara de combustión.
- Chama que incide en superficies frías.

Unha baixa proporción de CO₂ pode ser debida a:

- Exceso ou defecto de aire.
- Falta de estanquidade na cámara de combustión.
- Exceso de tiro.
- Chama desaxustada.
- Queimador actuando en períodos de tempo curtos ou mal regulado.
- Boca de pulverización deteriorada ou sucia.
- Mala atomización.

Outros puntos de interese:

- Adecuar a regulación do traballo en instalacións con varias caldeiras para que funcionen cun rendemento o máis próximo posible ao óptimo.
- Comprobar que a caldeira non traballa a unha presión excesiva, innecesaria para o proceso.

Gases opacos: as concentracións de CO non deben de exceder

Exemplo:**Axuste do aire de combustión**

Nunha industria da madeira detectouse que a combustión da caldeira presenta unha porcentaxe incorrecta de aire admitido na cámara de combustión.

Segundo os informes facilitados pola empresa, a partir das medicións realizadas por un organismo de control autorizado dos gases de saída das dúas caldeiras obxecto de estudo obtéñense os seguintes resultados:

TIPO DE CALDEIRAS	OPACIDADE (ÍNDICE DE BACHARACH)	CONCENTRACIÓN DE CO ₂ (% EN VOLUME)	CONCENTRACIÓN DE CO ₂ (% EN VOLUME)
Caldeira de auga quente (1.500.000 kcal/hora)	2	4,9	15,9
Caldera de Aceite Térmico (1.250.000 kcal/hora)	1	5,9	14,9

Un IB de valor 1 indica unha combustión excelente e unha produción de inqueimados inapreciable. Un IB de valor 2 indica unha combustión boa e unha lixeira produción de inqueimados, aínda que non aumenta a temperatura de fumes apreciablemente.

O índice de opacidade debe manterse sempre entre 1 e 2, e non superar nunca o valor de 3.

Tras conversacións cos fabricantes das caldeiras, estes establecen que para un 75 % de carga, e con madeira seca (P.C.I. 3.500 Kcal/h), os valores óptimos da combustión para ambas as caldeiras están comprendidos entre os seguintes intervalos:

Concentración de CO₂ (% en volume): +/-5 a 7 %

Concentración de O₂ (% en volume): +/- 9 a 12 %.

É por iso que se deduce que existe un exceso de aire na combustión de ambas as caldeiras, máis notable no caso da caldeira de auga quente. Isto produce un aumento das perdas por calor sensible en fumes e reduce a temperatura da chama.

- Estímase unhas perdas por cheminea para un 16 % de O₂: 12,7 %
- Estímase unhas perdas por cheminea para un 15 % de O₂: 11,8 %
- Estímase unhas perdas por cheminea para un 11 % de O₂: 7,2 %
- O resto das perdas equivalen a un 5 %, polo tanto:



A perda de rendemento debido ao exceso de O₂ na caldeira de auga quente é:

$$\left(1 - \frac{100 - 12,7 - 5}{100 - 7,2 - 5}\right) \cdot 100 = 6\%$$

A perda de rendemento debido ao exceso de O₂ na caldeira de aceite é:

$$\left(1 - \frac{100 - 11,8 - 5}{100 - 7,2 - 5}\right) \cdot 100 = 5\%$$

Para corrixir esta situación basta con axustar a entrada de aire no queimador, reducíndose así o exceso de aire mencionado. Polo tanto, recoméndase facer a análise de gases de combustión para evitar desviacións do punto óptimo de funcionamento.

RECUPERACIÓN DE CALOR NOS FUMES:

TURBULADORES E ECONOMIZADORES

Economizadores

Nalgúns casos pode ser de interese recuperar a calor dos gases de escape por debaixo da temperatura de xeración de vapor. A solución consiste en pór un economizador ou intercambiador gases-auga ou gases-aire que faga pasar os gases produto da combustión por un lado e o fluído que se irá quentar polo outro.

Estas instalacións son altamente recomendables en caldeiras con fluídos gasosos

polo importante aumento de rendemento que se pode alcanzar (superior a 4 %) e sen problemas de corrosión.

Turbuladores

Nas caldeiras piro-tubulares, no caso de que a temperatura de fumes sexa excesivamente alta, estando os outros parámetros da combustión próximos aos valores recomendados, é aconsellable a instalación de turbuladores nos entubados dun dos pasos de fumes da caldeira para aumentar a transferencia de calor dos fumes á auga.

O seu prezo adoita oscilar entre os 10 e 25 € por metro lineal instalado e o período

de amortización deste avance é de 8 a 12 meses. Convén ter en conta que o ventilador do queimador debe de ser axeitado para vencer a perda de carga adicional debida aos turbuladores, o que pode ser un problema importante, sobre todo en caldeiras con entubados longos e de tres pasos, se ben este tipo de caldeiras non adoitan ter problemas de temperaturas excesivas na saída de gases.

Substitución de combustibles: biomasa

No panorama actual de tendencia de prezos alcista dos pro-

dutos derivados do petróleo e, dada a dificultade para acceder á rede de gas natural por parte das industrias madeireiras, a biomasa preséntase como unha solución atractiva para absorber unha boa parte da demanda enerxética da industria da madeira.

A biomasa é a materia orgánica orixinada nun proceso biolóxico e utilizable como fonte de enerxía. Trátase do primeiro recurso empregado pola humanidade para obter enerxía térmica, aínda que nos últimos séculos perdeu importancia por culpa do impulso experimentado polos combustibles fósiles.

A biomasa forestal está formada polos restos das árbores e procede directamente dos bosques ou de residuos de procesos de transformación que realiza a industria. Os cultivos enerxéticos obtéñense a partir de explotacións agrícolas ou forestais, destinadas unicamente á obtención de biomasa con elevado potencial enerxético. Ambos (biomasa forestal e cultivos enerxéticos) teñen un futuro prometedor de desenvolvemento. Na táboa seguinte reflíctense as características dos diferentes tipos de biomasa:



TIPO DE BIOMASA	PCI medio (kcal/kg)	Densidade media aparente (kg/m ³)	Humidade media (% base húmida)	Kg biomasa equivalentes a 1 kg de gasóleo)
Serraduras húmidas	2500	220	35	4,0
Serraduras secas	3500	160	10	2,8
Labra húmida	2500	110	35	4,0
Labra seca	3250	90	15	3,0
Cortizas non resinosas, verdes	2000	450	50	5,0
Cortiza de piñeiro	2000	200	40	5,0
Po de lixado	4000	280	5	2,5
Restos de carpintaría	3500	150	10	2,8
Restos madeiras duras secas	4500	300	10	2,2
Láminas secas, taboleiro contrachapado	3500	130	5	22,8
Recortes chapas finas ou decorativas secas	3000	120	10	3,3

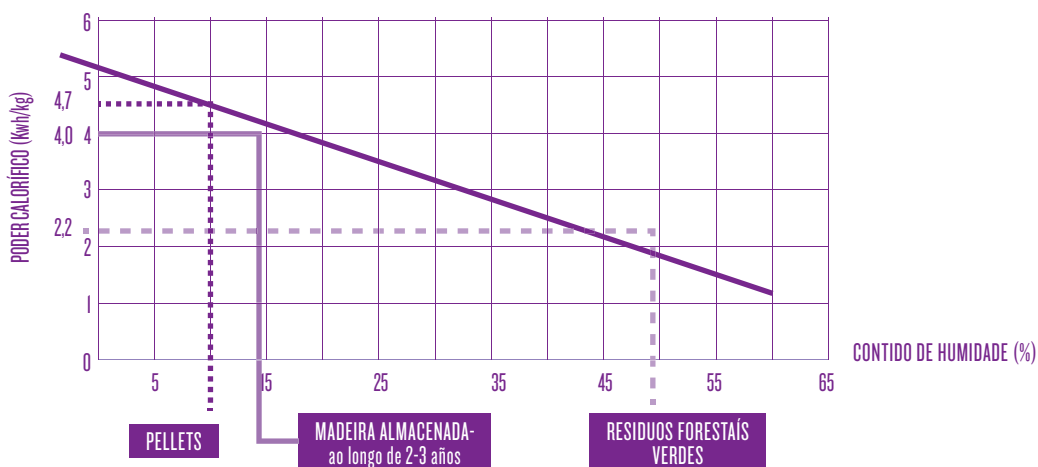


O poder calorífico inferior (PCI) varía coa humidade, tal e como se pode observar na gráfica que segue.

A biomasa é unha fonte de enerxía pouco contaminante e con baixo contido en dióxido de carbono se se compara con outros combustibles fósiles, unha característica que lle permite contribuir á diminución do efecto invernadoiro, ademais de implicar un aforro enerxético se

substitúen combustibles fósiles como o gasóleo C ou o gas.

No caso de que unha industria conte cunha caldeira que utilice como combustible gasóleo C e teña a posibilidade de dispor de biomasa, recoméndase analizar a súa substitución, que consistirá no cambio do queimador ou da caldeira completa.

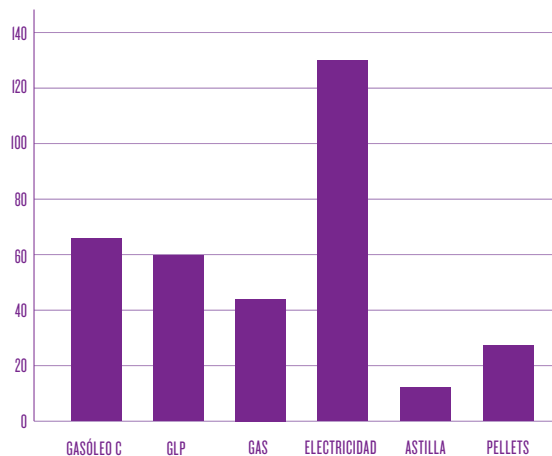


Exemplo: Vantaxes ambientais e económicas do uso de biomasa

Nunha empresa da industria da madeira emprégase biomasa como combustible. Para que o usuario obteña información das vantaxes que supón o uso de biomasa, realizouse un estudo dos custos nos que incorrería a empresa no caso de empregar outros combustibles alternativos en vez de biomasa e os aforros que obtén co emprego da mesma. O custo da biomasa empregada no período de análise supuxo ao redor de 4.500 €. No seguinte gráfico reflíctense os custos derivados do emprego de diferentes fontes de enerxía alternativas para xerar a mesma enerxía que se obtén coa biomasa.

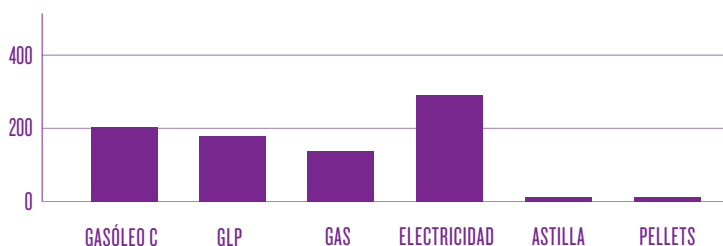
Evidentemente, a mellor opción é a adoptada ata o momento, empregando como combustible a biomasa residual obtida. Ademais, xa dende o punto de vista ambiental, trátase do combustible óptimo, xa que o nivel de emisións de CO₂ é nulo. Tense en conta o cómputo global de emisión-inmisión de CO₂. E, posto que na súa etapa de materia prima ata que é cortado o arbusto a árbore está absorbindo CO₂, no cómputo global considérase emisión cero o emprego de biomasa como combustible. Reflictese a continuación un gráfico cos niveis de emisión de cada un dos combustibles analizados.

PREZO DO CALOR PRODUCIDO
CON DIFERENTES COMBUSTIBLES €/MWh





EMISIONES g CO₂/kWh



Exemplo: Substitución dunha caldeira convencional por unha caldeira de biomasa

A continuación móstrase o exemplo de substitución dunha caldeira de 300 kW convencional por unha de biomasa nunha industria cun gasto en gasóleo de 30.100 € ao ano.

A xeración térmica con biomasa adoita ser economicamente viable no medio prazo, pois os biocombustibles son significativamente máis baratos que os combustibles fósiles. Con todo, os custos de investimento son máis elevados que nos sistemas convencionais.

INSTALACIÓN DUNHA CALDEIRA DE BIOMASA	100 kW	300 kW
Caldeira de biomasa	20.000	50.000
Automatismos funcionais Equipo transportador de combustible, bancada para combustión	2.250	8.550
Cheminea e sonda auxiliar	947	3.600
Ventilacións	492	1.871
Instalación	1251	4.752
Sistema incendios	188	715
Sistema de control de regulación	903	3.431
Illamento	325	1.235
Orzamento total	26.356	74.154

A substitución dunha caldeira convencional de 300 kW por unha de biomasa ten un período de retorno inferior aos catro anos. O referido período é para unha substitución e non se ten en conta se se trata dunha nova instalación, onde o período de retorno estaría mellorado, xa que se tería en conta o importe da caldeira convencional.

RENDIBILIDADE DUNHA CALDERA DE BIOMASA DE 300 KW	
Consumo de gasóleo (€/ano)	30.100
Consumo de biomasa (€/ano)	10.500
Aforro en combustible (€/ano)	19.600
Investimento	74.154
Período de retorno (anos)	3,78

SUBSTITUCIÓN DE CALDEIRAS

Cando as caldeiras contan con máis de 15 anos de antigüidade, considérase interesante realizar un estudo da substitución das mesmas. De modo xenérico, unha instalación nova pode aforrar máis dun 10 % de enerxía respecto dunha instalación de máis de 15 anos. Esta porcentaxe de aforro é un valor medio, o cal depende do equipo que se instale.

QUEIMADORES MODULANTES TODO/NADA

O queimador modulante reduce o consumo de combustibles, xa que os inxecta en función da demanda, e ten múltiples posicións, a diferenza do todo/nada que, como o seu propio nome indica, só ten dúas posicións de funcionamento, co cal, en moitas ocasións, se consome máis combustible do necesario. Recoméndase que no caso de que sexa necesario substituír o queimador actual se faga por un modulante, xa que se conseguirá un aforro da orde do 8 % sobre o combustible consumido.

**Exemplo:****Substitución de queimadores todo/nada por queimadores modulantes**

Unha empresa do sector madeireiro conta cunha caldeira de gasóleo de 800.000 kcal/h na que os queimadores son do tipo todo/nada. Recoméndase que se substitúan por un de tipo modulante xa que se conseguiría unha redución no consumo de combustible da orde do 8 %, posto que inxecta combustible en función da demanda, a diferenza do todo/nada que, como o seu propio nome indica, só ten dúas posicións de funcionamento, co cal, en moitas ocasións, se consome máis combustible do necesario.

O custo de substitución do queimador todo/nada na caldeira é da orde dos 7.000 €.

O aforro que se conseguiría en combustible sería da orde dos 1.800 €/ano, tomando como prezo do gasóleo C uns 85,90 c€.

O retorno do investimento dependería moito do estado do queimador existente. No caso de que o queimador estivese en perfectas condicións, o período de retorno do investimento sería case de 4 anos (supondo un prezo máis ou menos estable do gasóleo nos próximos anos).

Aforro por emprego de queimadores modulantes		
Investimento	Aforro económico	Amortización
7.000 €	1.800 €	4 anos

Esta medida veríase amortizada moito antes no caso de que o queimador non estivese nunhas condicións óptimas de funcionamento e estivese prevista unha futura substitución do mesmo.

Redes de distribución de vapor

Do mesmo xeito que é importante producir o vapor de modo eficiente, débese prestar atención ao sistema de distribución do mesmo.

Illamento

Os elementos a elevada temperatura perden calor por radiación e convección, unha cantidade maior canto máis elevada sexa a diferenza de temperatura entre o foco quente e o seu contorno.

En función do número de horas de utilización anual da instalación, as perdas de enerxía poden chegar a ser significativas, polo que se fai necesario illala convenientemente.

Estímase que un illamento axeitado consegue aforros enerxéticos entre o 2 e o 4 %, cuns períodos de amortización do sistema de illamento inferiores a 3 anos.



Exemplo: Perdas de enerxía en distribución

Detectouse durante unha visita que existen ao redor de 750 m de tubaxe de distribución de calor que están sen illar e que, polo tanto, se está a perder, por convección, unha gran cantidade de calor.

Tendo en conta que a temperatura interior da nave debe oscilar entre os 15 °C e os 25 °C para estas actividades de traballo con madeira en taller e que a temperatura interior da tubaxe é de 90 °C, as perdas nas que se está a incorrer para unha tubaxe de 100 mm de diámetro exterior son de 152 kcal/h por cada metro de tubaxe sen illar.

Supondo que a calefacción permanece acendida unhas 1.800 horas ao ano e a caldeira está funcionando cun rendemento do 90 %, as perdas de calor xerado con biomasa de poder calorífico 3.500 kcal/kg son:

$152 \text{ kcal/h} \times 1800 \text{ h} \times 0,9 = 246.225 \text{ kcal}$ por metro de tubaxe sen illar ou, o que é o mesmo, estanse a consumir 70 kg de biomasa ao ano de máis por cada metro de tubaxe sen illar.

Tendo en conta que hai uns 750 m de tubaxe sen illar, a perda anual alcanza o valor de 52 toneladas de biomasa.

Posto que se está vendendo a tonelada de biomasa a 50 €, o custo anual de ter sen illar estas tubaxes é de 2.600 €.

AFORRO. MELLORA DO ILLAMENTO DAS TUBAXES		
Investimento	Aforro económico	Amortización
4500 €	2600 €/ano	2 anos

6.2.2 PROCESO DE SECADO

No sector madeireiro, a madeira serrada que non se vende verde sécase ao aire ou en forno, mellorando deste xeito a súa comerciabilidade. Ao secar e reducir o contido de humidade a un nivel aceptable aumenta o seu valor. Isto débese a que a madeira resulta estabilizada nas súas dimensións e mellora a súa resistencia e cor, ademais da baixada dos custos de transporte ao se reducir o seu peso.

O secado ao aire supón o amoreamento da madeira serrada ao aire libre ou en alpendres dispostos en terreos debidamente preparados para que esta estea exposta a unha boa corrente de aire ata conseguir o contido necesario de humidade.

Aínda que o secado da madeira comporta uns gastos mínimos de capital e funcionamento, pola contra esixe un grande espazo de terreo, supón grandes existencias, o que implica risco de incendio, e, ademais, as condicións e ritmo do secado áchanse moi fóra do control do encargado do serradoiro.

O secado en forno, en cambio, permite que a madeira serrada seque nun medio pechado e controlado, onde se pode regular a temperatura, a circulación do aire e a humidade, para conseguir unhas condicións de secado o máis económicas posibles sen dar lugar á degradación do produto. Os dous fornos máis comúns son o de lotes ou descontinuo e o continuo.

O primeiro seca a madeira en cámaras por cargas ou quendas, mentres que o segundo a seca mentres avanza ao longo do forno en carretas.

Como o secado en forno da madeira serrada consome un 70-90 % da enerxía total consumida no proceso de serrado, cada día convértese nunha práctica máis universalmente aceptada na industria dos serradoiros o utilizar os seus residuos como fonte de combustible, cuxo valor enerxético pode ata constituír un excedente respecto das necesidades do serradoiro.

O avance experimentado pola industria de fabricación de secadoiros permite dispor de técnicas e tecnoloxías que optimizaron o rendemento

enerxético e a capacidade das cámaras de secado. Por outra banda, a introdución de sistemas e de programas informáticos no control dos secadoiros posibilita a condución do secado de forma «automática», cunha importante redución do tempo destinado á súa supervisión.

Con todo, a variabilidade de comportamentos de secado existente entre as distintas especies de madeira, e incluso dentro da mesma especie, dificulta a aplicación destes sistemas de traballo. Para alcanzar un óptimo aproveitamento dos mesmos, é necesario establecer unha clasificación e homoxeneización previa das partidas de madeira para secar.

Na práctica, fóra de industrias especializadas na fabricación en serie, as empresas transformadoras da madeira vense obrigadas a secar, moitas veces ao mesmo tempo, distintas especies e dimensións de madeira.

En todo proceso industrial búscase a rendibilidade e a eficacia das operacións realizadas, para o que é necesaria unha homoxeneidade



nas condicións de partida. Este precepto xenérico aplícase igualmente no caso dun proceso de secado da madeira, onde a uniformidade da partida de madeira que se desexa secar inflúe positivamente no resultado final do secado e na condución e regulación do propio proceso.

Esta uniformidade conséguese organizando as partidas de madeira antes da súa entrada no secadoiro, establecendo para iso unha metodoloxía de control, identificación e almacenaxe, que permita dispor de material de partida o máis homoxéneo posible.

Os parámetros que permiten homoxeneizar as partidas de madeira, adecuando e optimizando as condicións de secado máis favorables en cada caso, son: a especie, o contido de humidade, as dimensións e a calidade da madeira que se desexa secar.

TECNOLOXÍAS DO SECADO DA MADEIRA

As tecnoloxías cunha maior implantación industrial no secado da madeira son:

Secado ao aire ou natural

Este proceso consiste en secar ao aire, á intemperie, sen



ningún control da humidade e a velocidade do axente secante, é dicir, o aire. O tempo de secado depende do clima local e da súa variabilidade.

A metodoloxía consiste en amorear a madeira recentemente serrada en pías á intemperie ou debaixo de alpendres. Búscase o contacto continuo co aire para favorecer o arrastre de vapor de auga da madeira. Esta circulación a través da pía conséguese separando as capas mediante listóns.

Secado ao aire seguido de secado en cámara

Este método consiste en reducir primeiramente a humidade

da madeira (dende verde ata 25-30 %) mediante secado ao aire para finalizar o proceso de secado na cámara, onde se conseguirá a humidade final requirida.

Este procedemento, que permite aforrar enerxía ao diminuír o tempo de permanencia da madeira nos secadoiros, só é posible se as instalacións da empresa e a localización xeográfica o permiten.

Presecado industrial

Este método realízase para o presecado (ata un 25-30 % de humidade) de madeiras pouco permeables e de alto valor. Consiste no amoreamento de madeira verde en naves de

gran capacidade (500-1.500 m³) equipadas con ventiladores, sistemas de calefacción e sistemas de regulación da humidade relativa.

Secado en cámara con aire climatizado

O secado realízase no interior de cámaras onde o aire climatizado se fai circular polas pías de madeira. O referido aire climatizado obtense ao facelo circular por baterías de calefacción. Os procesos anteriores van acompañados de operacións de humidificación e deshumidificación.

Os secadoiros constan de cámaras de secado, ventiladores que fan circular o aire e sistemas de climatización do aire interior. As cámaras de secado están compostas por uns illamentos adecuados ás condicións de traballo para diminuír a perda de enerxía cara ao exterior. Os métodos de secado mediante aire quente son:

- Secado tradicional a temperatura media (<80 °C)
- Secado a alta temperatura (>100 °C)
- Secado con bomba de calor

O caso particular da bomba de calor consiste en facer pasar

o aire húmido procedente da pía de secado por unha batería fría, a cal arrefría o aire ata que condensa. Desta forma elimínase parte da humidade contida no aire en forma líquida. A enerxía liberada na condensación absorbe a batería fría e transmítese, a través dun líquido refrixerante, a unha batería quente, encargada de quentar o aire de entrada.

Secado ao baleiro

Ao practicar o baleiro na cámara de secado increméntase a velocidade de circulación da humidade polo interior da madeira e diminúese a temperatura de ebulición da auga, co que se consegue unha vaporización moi rápida.

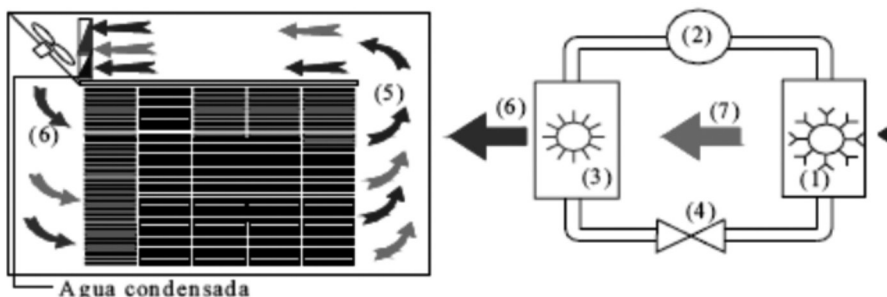
Secado por radiofrecuencia

Este caso do secado da madeira utiliza ondas de radiofrecuencia para producir unha axitación molecular rápida e constante no interior da madeira para que se quente en toda a súa masa.

É unha tecnoloxía aínda en desenvolvemento utilizada sobre todo no secado ao baleiro.



SECADOIRO POR BOMBA DE CALOR



CONSUMO ENERXÉTICO

A enerxía consumida no proceso de secado débese a:

- Enerxía eléctrica para o funcionamento de ventiladores, bombas, compresores, resistencias eléctricas e elementos auxiliares de regulación.
- Enerxía térmica producida na caldeira, que abarca o custo do gasóleo, gas natural ou residuos empregados para o queceamento do secadoiro.

Na seguinte táboa recóllense as cifras indicativas do consumo enerxético en cada un dos procesos de secado, incluídas as perdas por condución e fugas. As cifras están referidas ao kg de auga evaporada.

MÉTODO	FRONDOSAS PESADAS	FRONDOSAS LIXEIRAS	CONÍFERAS	CONSUMO VENTILADORES
Tradicional	1,5-1,6	0,9-1,3	1,04-1,2	0,1-0,28
Alta temperatura	-	1,5-1,8	1,2-1,36	0,04
Bomba de calor	0,6-0,9	0,5-0,6	0,4-0,6	0,06-0,13
Baleiro continuo	1,5-1,7	1,5-1,7	1	0,08-0,17

MELLORAS ENERXÉTICAS XENÉRICAS

Para reducir o consumo de enerxía no secado da madeira é recomendable seguir, na medida do posible, as seguintes recomendacións:

- Introducir a madeira nos secadoiros parcialmente seca ao aire (ao redor dun 25 % de humidade).
- Comprobar a hermeticidade das portas do secadoiro.
- Illar termicamente as cámaras e, sobre todo, os teitos.
- Diseñar correctamente os circuitos de circulación do aire dentro do secadoiro. O aire debe pasar facilmente entre a madeira amontoada.
- Adaptar a velocidade dos ventiladores á etapa do proceso de secado. Ao principio, a velocidade debe ser de 3 m/s e nas etapas finais de 1,3 m/s.
- Comprobar os sistemas de regulación e control.

- Precisar o contido en humidade da madeira secada para que o secadoiro non estea en funcionamento máis tempo do debido.
- Revisar periodicamente a instalación produtora de calor.
- Aproveitar a calor do aire de expulsión para prequecer o aire de impulsión.

SECADO SOLAR DA MADEIRA

O secado con enerxía solar é un método que reduce as desvantaxes do secado ao aire libre (lentitude, defectos na madeira e contido final de humidade inadecuado) e rebaixa o custo do secado en cámara.

O rendemento deste sistema de secado dependerá da localización xeográfica do serradoiro, pois o funcionamento deste tipo de secadoiros depende das condicións ambientais e, principalmente, da radiación solar recibida.

Este procedemento de secado aproveita a enerxía que recibe do sol unha cuberta absorbente, o aire faise circular polo colector solar e, posteriormente, cara á pía de madeira.



As melloras deste proceso de secado respecto ao secado tradicional son, entre outras:

- A calidade da madeira seca polo método solar é superior á do secado ao aire e similar á obtida polo método de secado en cámara.
- A cantidade de kWh consumidos no secadoiro solar por kg de auga evaporada é a décima parte da consumida polo método tradicional en cámara.



6.2.3 CLIMATIZACIÓN

Aínda que non existe ningunha normativa de obrigado cumprimento que regule as condicións interiores de temperatura e humidade en establecementos industriais, é recomendable que as construcións manteñan uns criterios de eficiencia similares aos do sector doméstico e terciario (actualmente regulados polo CTE DB HEI). Nas oficinas e outros establecementos regularizados terase en conta o RITE. *nunc nobis videntur parum clari, fiant sollemnes in futurum.*

Control de sistemas de climatización

A importancia do control dos sistemas de climatización é fundamental para garantir o confort necesario para os traballadores e axustar a demanda de enerxía ás necesidades concretas da nave industrial. Para isto é necesario facer unha división por zonas e realizar o control de cada unha delas en función da ocupación e do uso que se lles estea a dar.

De se instalaren sondas de temperatura e de calidade de aire interior en zonas comúns, pódese permitir o control da entrada de aire exterior en función da demanda de ventila-

ción, logrando así un axuste das necesidades e o correspondente aforro de enerxía.

De se utilizaren sistemas autónomos de control da temperatura por zonas, e regulando as velocidades dos ventiladores ou das bombas de auga, pódense obter aforros que varían entre un 20 e un 30 %. Hai que ter en conta que por cada grao que aumenta a temperatura ambiental, o consumo enerxético incrementase entre un 5 e un 7 %.

No que se refire á regulación recoméndase que:

- Exista unha división en zonas dos espazos que se irán climatizar.
- Se instalen termóstatos de regulación.
- O control da temperatura sexa accesible ao usuario.
- As temperaturas se axusten aos niveis mínimos de confort.
- Os termóstatos estean lonxe das fontes de frío ou calor, e a 1,5 m aproximadamente do chan.

Cerramentos e illamentos

A normativa actual de aplicación nos proxectos de edificación para calcular o illamento térmico é o DB HEI-1 Limitación da demanda enerxética.

O obxectivo que pretende é un uso racional da enerxía necesaria nos edificios, reducindo a límites sostibles o consumo. Segundo cálculos previos, pode supor un aforro enerxético da orde do 15-35 % respecto ao consumo que había coa normativa anterior, dependendo do tipo de edificio e da zona xeográfica.

No tocante ao illamento, unha construción mal illada necesita máis enerxía para manter a temperatura interior.

Un illamento deficiente xera pontes térmicas e pode provocar a aparición de condensacións. Para evitar pontes térmicas, a mellor solución é dar continuidade ao illamento nos encontros entre forxado e fachadas. Nos cerramentos onde o problema é o sobrearrequeseamento no verán (fachadas Este e Oeste e cubertas) é máis eficiente utilizar cámaras de aire ventiladas, que melloran a transmisión térmica e facilitan o control enerxético. Para conseguir os efectos de arrefriado dentro da cámara de aire, esta ten que estar realmente ventilada e asegurar o tiro térmico.

O consumo enerxético nunha instalación de aire pódese reducir mediante un illamento térmico axeitado, tanto do local que se irá acondicionar,

como dos condutos e tubaxes de distribución de fluídos (aire e auga).

No que respecta ao illamento térmico nas redes de condutos, este depende do produto utilizado para o illamento, do seu espesor e das fugas de aire no sistema de condutos.

É importante que as tubaxes de distribución de fluídos quentes ou fríos estean correctamente illadas e se dispoña dun plan de inspeccións periódicas do estado do illamento.

SISTEMAS DE REFRIXERACIÓN E VENTILACIÓN

Na industria da madeira necesítase climatizar as estancias para que os traballadores se atopen nun ambiente de confort. O xeito de climatizar os diferentes departamentos varía segundo a empresa visitada. Pódese distinguir entre calefacción e refrixeración na zona de produción e nas oficinas.

Xeralmente, nas oficinas a calor obtense por un sistema independente do xerador de proceso. En ocasións emprégase unha caldeira de auga dedicada, noutras radiadores eléctricos e, máis frecuentemente, un siste-

ma de climatización por bomba de calor.

Nas naves de produción adóitanse empregar sistemas que aproveitan a calor de proceso a través de aerotermos, ou ben xeradores de aire quente.

En canto ás necesidades de refrixeración, estas son satisfeitas con arrefriadores ou con bombas de calor nas oficinas e mediante arrefriado evaporativo ou ventilación nas naves de produción.

Arrefriado evaporativo

O arrefriado evaporativo é un proceso de transferencia de masa de auga nunha corrente de aire por contacto directo na que se obtén o arrefriado sensible do aire por evaporación da auga.

O principio do arrefriado evaporativo aplicado, entre outros, nas torres de arrefriado e condensadores evaporativos, desempeña un papel fundamental na industria actual. Entre as súas vantaxes cóntanse o aforro enerxético, o respecto cara ao medio natural, a seguridade e unha inmillorable relación entre o investimento e o rendemento.

O arrefriado evaporativo é un dos métodos enerxéticos máis eficientes para arrefriar un recinto.

Ademais, é considerado respectuoso co medio, xa que o proceso non require axentes químicos que danen a capa de ozono.

Baseado no fenómeno físico da evaporación, só é necesaria unha pequena achega de auga para iniciar o proceso. O aire quente faise pasar a través duns filtros de celulosa, de alta eficacia e longa duración, por onde circula a auga nun circuito pechado. A temperatura exterior redúcese polo proceso evaporativo e o aire así arrefriado introdúcese no edificio mediante o ventilador.

Vantaxes:

- Aforro no consumo enerxético.
- Aumento da eficiencia do proceso.
- Sistema máis seguro.
- Redución do impacto acústico.
- Redución do consumo de auga, ao circular esta nun circuito pechado.
- Instalación con menor investimento fronte a sistemas de condensación por aire para as mesmas prestacións e niveis similares de calidade (compresor e motor de accionamento

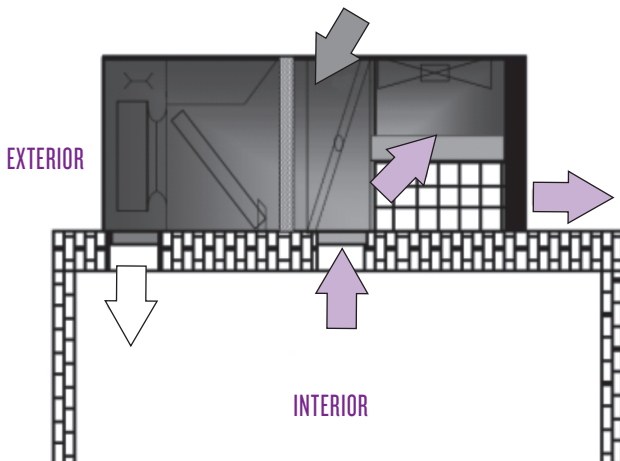


eléctrico e condensador máis pequeno e, polo tanto, máis barato).

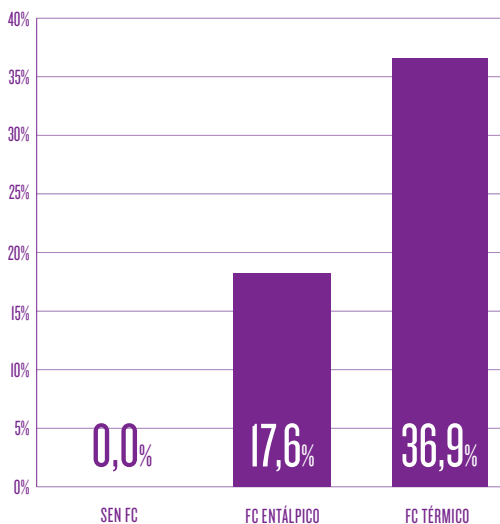
Os equipos de arrefriado evaporativo son axeitados para case todas as aplicacións nas que se require refrixeración: aire acondicionado para edificios, industrias petroquímicas e farmacéuticas, industria alimentaria, industria automobilística, produción de aceiro, fabricación de compoñentes de electrónica e semicondutores, centrais eléctricas, plantas de coxeración, frío industrial e comercial, refrixeración de maquinaria.

Unha das formas de reducir o consumo enerxético é o emprego do sistema economizador denominado **free-cooling**, con aire exterior, co cal se aproveita a baixa entalpía deste cando as condicións exteriores son favorables, como no verán, co obxectivo de diminuír o uso dos equipos de aire acondicionado.

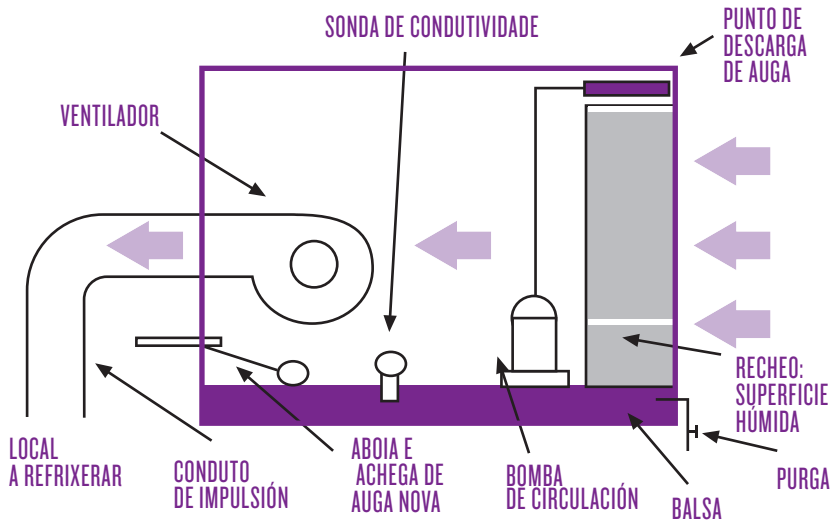
Este dispositivo supón un gran aforro enerxético en climatoloxías suaves, como as que existen en case todas as rexións da xeografía da Península Ibérica.



Porcentaxe de aforro de arrefriado gratu to (free cooling)



ARREFRIADO EVAPORATIVO



Ventilación natural	
Vantaxes	Inconvenientes
NON DEMANDA ENERXÍA	Insuficiente se no local hai máis focos de contaminación que as persoas ocupantes Dificultade de regulación (a renovación depende das condicións climatolóxicas e da superficie das aberturas co exterior)

Ventilación forzada	
Vantaxes	Inconvenientes
Fácil regulación (a taxa de renovación é facilmente axustable e controlable) Pode aplicarse a locais interiores de edificios (sen comunicación directa co exterior)	NECESITA ACHEGA DE ENERXÍA



Na figura anterior (free-cooling) descríbese o sistema máis usual para levar a cabo o free-cooling. Consta dun ventilador na liña de retorno que pode canalizar o aire cara ao exterior ou recirculalo cara á unidade de tratamento de aire. A regulación do cociente de aire expulsado ou recirculado realízase mediante un xogo de comportas en función do grao de apertura ou peche. Unha terceira comporta na toma de aire opera conxuntamente coa de aire evacuado. Cando aumenta o caudal de aire exterior a medida que a comporta se abre, vaise pechando a de aire recirculado e ábrese a de aire expulsado. Os aforros para instalacións con sistemas free-cooling segundo o IDEA son os seguintes:

- Do 17,6 % en instalacións con sistema free-cooling entálpico.
- Do 36,9 % para instalacións free-cooling térmico.

Consideracións
T RETORNO LOCAL = 25 °C
T AIRE IMPULSIÓN MÍNIMA = 15 °C
O pico de carga do local prodúcese ás 14:00 horas

Control por entalpía

Se o control do free-cooling é por temperatura, existe unha zona comprendida entre a temperatura de bulbo seco do local, a temperatura de bulbo húmido e a curva de saturación raída no gráfico onde $TSECA\ AIRE\ EXT < TRETORNO\ LOCAL$ e, polo tanto, pode absorber calor sensible do mesmo, dado que a entalpía do aire exterior é maior que a do aire do local.

Neste caso, é contraproducente o sistema de arrefriado gratuito. Por iso, en zonas nas que un elevado número de días se produce esa circunstancia, debe sempre efectuarse un control entálpico do sistema.

Este consiste en determinar en todo momento os parámetros de temperatura e humidade, integrando automaticamente a entalpía e cantidade de calor do aire exterior e o de retorno dos locais.

MELLORAS PRÁCTICAS RECOMENDADAS

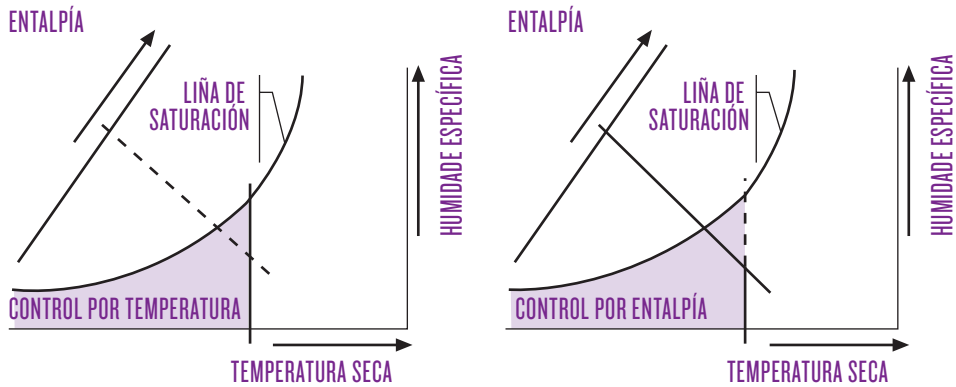
Climatización

Establécense a continuación unha serie de medidas xenéricas a modo de recomendación no relativo á climatización.

- No deseño de instalacións de

climatización débese optar por sistemas con bo rendemento a cargas parciais, o que se maximiza con sistemas centralizados.

- Cómpre dividir en zonas os lugares que se irán climatizar e, en cada un deles, recoméndase instalar equipos de medición, regulación e control que permitan adaptar as condicións ambiente ás recomendables, evitando así o uso irresponsable dos usuarios.
- O deseño da edificación no seu conxunto tratará de evitar as cargas térmicas en épocas estivais e prever elementos de protección solar, como toldos, persianas, cortinas, ben como a redución da carga interna con lámpadas de alta eficiencia, etc.
- As tecnoloxías máis eficientes serán as de compresión mecánica con motor eléctrico, ou ben os ciclos de absorción por chama directa, nos casos nos que non se dispoña da potencia eléctrica necesaria ou, por exemplo, se desexa aplanar a curva de consumo de gas natural ao longo do ano.
- O proxecto de edificación debe de prever o illamento das conducións de transmisión de calor e de frío.
- O sistema de refrixeración debe permitir o aproveitamen-



to da entalpía do aire exterior. Ademais, debe favorecer o aproveitamento da enerxía do aire renovado mediante sistemas rexenerativos.

- O sistema de ventilación artificial debe permitir regular o caudal de ventilación en función da ocupación.

Recoméndase que nas zonas con ventilación artificial se limite o número de fiestras practicables.

Secadoiros

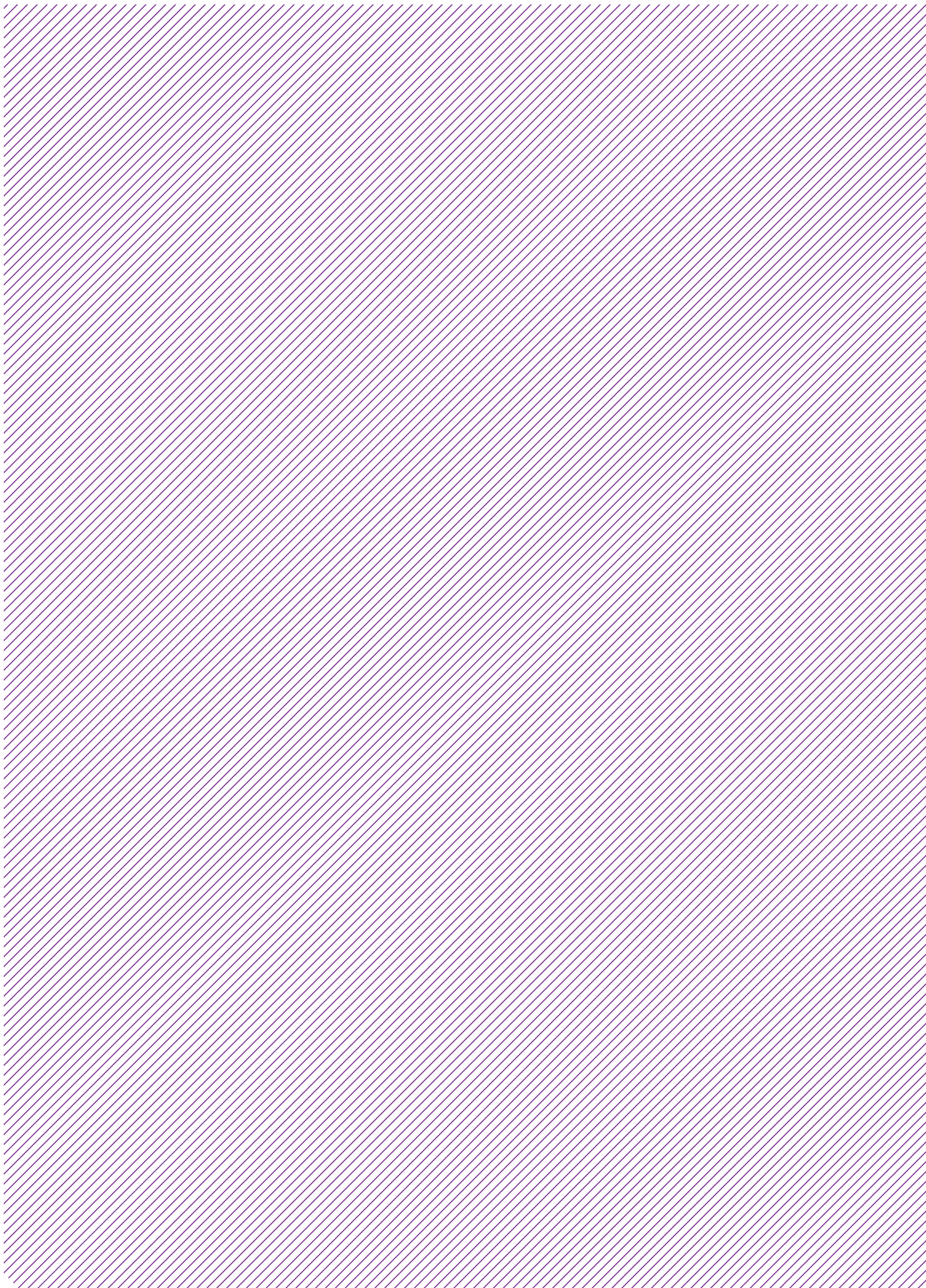
No tocante ao funcionamento do secadoiro, é de suma importancia seguir un programa predeterminado de mantemento preventivo baseado en controis regulares co obxecto de asegurar que a súa operación non se sae do establecido, detectar posibles anomalías, tomar as

medidas correctivas oportunas, se é posible, e acumular datos que sirvan de base para realizar as melloras necesarias no proceso.

Algúns parámetros que se poden controlar:

- Control das materias primas e da composición.
- A manipulación da carga é unha das operacións que necesita unha atención continuada. Un control inadecuado desta fase ten repercusións negativas na operación e a produtividade do secado.
- Débense de comprobar as propiedades físicas e químicas das materias primas para comparar se cumpren as especificacións requiridas.

Para evitar consumos superiores aos prefixados, débese realizar con certa frecuencia unha inspección externa, co obxecto de efectuar posibles aperturas incontroladas e xuntas parcialmente pechadas ou abertas.





RESIDUOS



7. RESIDUOS

A industria da madeira ten a característica de xerar grandes volumes de residuos durante o proceso de explotación e elaboración da mesma. Esta xeración ocorre antes de ser introducida a madeira no proceso propiamente dito, ata a obtención do produto final.

O aproveitamento destes residuos nos procesos industriais, de servizos, así como na esfera residencial, é unha necesidade social co fin de diminuír o consumo de combustibles fósiles e o impacto ambiental que estes producen.

7.1 APLICACIÓNS XENÉRICAS

Os residuos forestais obtidos na produción da madeira en Galicia poden ser clasificados en dous tipos: residuos xerados directamente en aproveitamentos forestais e residuos do procesamento da madeira. No caso destes últimos, ao estaren concentrados nun lugar determinado, a súa utilización resulta máis factible e menos custosa.

Residuos xerados directamente en aproveitamentos forestais

Aínda que a xeración de biomasa pode ter a súa orixe en actividades diversas, como poden ser claras e clareos, podas ou selección de rebrotes, actualmente a maior parte da biomasa forestal producida procede de aproveitamentos forestais que corresponden a cortas finais.

Os métodos de tratamento máis comúns da biomasa residual xerada nestes aproveitamentos son a queima controlada e o acordado do material no monte, quedando, na maior parte dos casos, o material disperso pola zona de corta.

Residuos xerados pola industria de transformación da madeira de Galicia

A elaboración da madeira inclúe: serrado, descortizado e despolpado. Nestes procesos prodúcense determinados residuos, como serraduras e anacos de madeira de pequenas dimensións (lascas, labras, limaduras).

No caso destes residuos, ao estaren concentrados nun lugar determinado, a súa utilización resulta máis factible e menos custosa.

PROCESO DE RECUPERACIÓN DA MADEIRA

O proceso de recuperación engloba o transporte, almacenamento, clasificación, limpeza e redución de volume para a súa posterior reciclaxe ou aproveitamento enerxético.

A reutilización da madeira presenta múltiples vantaxes ambientais, económicas e sociais, entre as cales se poden destacar:

- Diminúese a porcentaxe de madeira virxe empregada na fabricación de tableiros de partículas.
- Minimízase a ocupación de vertedoiros, xa que a madeira é un residuo voluminoso.
- A súa valorización diminúe o efecto invernadoiro ao evitar o consumo de combustibles fósiles.
- Xéranse postos de traballo.

As maiores dificultades na xestión destes residuos son a dispersión dos residuos á hora da súa recollida e a súa separación selectiva, xa que o desprazamento e posterior separación de materiais supoñen un custo difícil de compensar.

Os recuperadores de madeira posúen unha loxística de recollida mediante a cal se concentran os residuos nun único punto: a planta de tratamento.

O produto obtido é lasca de madeira, de aproximadamente 5 cm. De tamaño característico, é reintroducida de novo como materia prima noutras industrias, conseguíndose así alargar o ciclo de vida da madeira.

O produto obtido (lascas) na planta de recuperación é destinado a diversos sectores:

- Fabricación de tableiros de partículas. Representa a maior porcentaxe de destino da lasca recuperada. É unha óptima alternativa de reciclaxe dende o punto de vista ambiental.
- Obtención de enerxía. O emprego de biomasa para obter enerxía tanto eléctrica como térmica é unha alternativa aos combustibles fósiles.
- Fabricación de compostaxe. A produción de fertilizantes a partir de residuos da madeira realízase, fundamentalmente, cos restos de podas, que achegan calidade á compostaxe resultante.
- Camas de gando. As labras pódense empregar como cama de gando. É un destino minoritario.

7.2 VALORIZACIÓN ENERXÉTICA

A combustión de biomasa constituíu, tradicionalmente, a fonte de enerxía máis importante dende o descubrimento do lume ata a revolución industrial.

Nos últimos tempos, este aproveitamento volveu suscitar un grande interese, entre outras razóns, ante a problemática do cambio climático global. Esta circunstancia motivou que aos criterios tradicionais de xestión enerxética, baseados en lograr a maior competitividade de custos e seguridade de subministración posibles, se engadiran outros encamiñados a lograr unha maior protección do medio natural a través dunha política que inclúe o desenvolvemento de enerxías de carácter renovable, entre as que se atopa a biomasa.

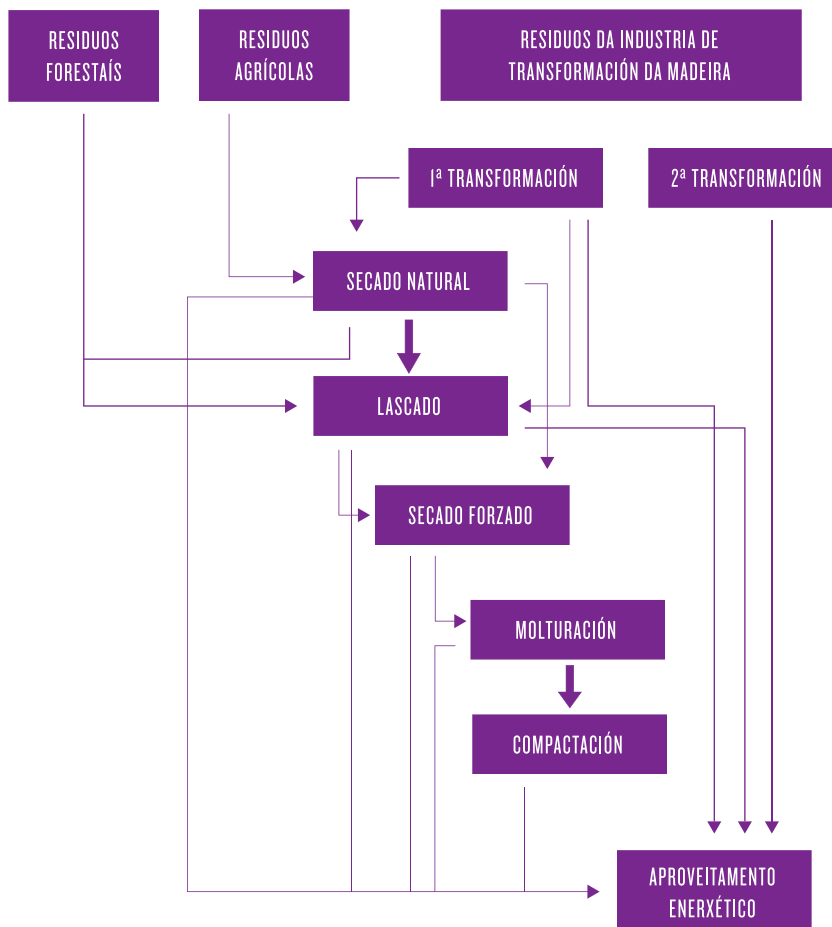
Para a utilización da biomasa residual forestal como combustible é necesario realizar unha serie de operacións previas de transformación física e acondicionamento. Estas operacións fan posible obter produtos de maior valor engadido, o que posibilita a ampliación do seu mercado e o seu consumo. No entanto, para que este acondicionamento previo sexa viable, é necesario que o incremento de



valor do produto final compense os gastos de transformación do material.

Deste xeito, en función do tipo de aplicación á que se destina, será necesario aplicar distintas etapas de transformación e

acondicionamento. As principais etapas de transformación realizables para o tratamento da biomasa residual son o lascado, secado natural, secado forzado, moenda, peneirado e densificación.



Fonte: CIS-MADEIRA. Aproveitamento da Biomasa Forestal producida pola Cadea Monte-Industria

SECADO NATURAL

Normalmente, a biomasa residual forestal presenta un elevado contido de humidade (ao redor do 100 % en base seca), o que implica unha serie de problemas no acondicionamento para a súa utilización con fins enerxéticos.

O secado natural baséase en aproveitar as condicións ambientais favorables para facilitar a deshidratación dos residuos. No caso dos residuos forestais procedentes das cortas existen dúas posibilidades: realizar o secado directamente no monte ou realizar o secado logo da conversión en lascas.

SECADO FORZADO

Co secado natural, contando cunha climatoloxía axeitada e unhas infraestruturas suficientes para o almacenamento durante un período máis ou menos longo de tempo, non é posible alcanzar normalmente humidades por debaixo do 20 % en base húmida.

Cando a humidade conseguida co secado natural non é a adecuada para o procesamento do material, ou ben non se dispón das condicións necesarias para a súa realización, é necesario recorrer ao secado forzado.

Para o secado forzado de biomasa, os equipos máis utilizados clasifícanse en:

Secadoiros directos: a transferencia de calor é por contacto directo entre o material húmido e os gases quentes.

Secadoiros indirectos: a transferencia de calor realízase a través dunha parede de retención.

REDUCIÓN GRANULOMÉTRICA

Esta operación é imprescindible cando se pretende utilizar o material en aplicacións enerxéticas, ben sexan directas ou para a fabricación de elementos densificados. Cando o material se destina á produción de enerxía, a calidade da lasca producida non é un factor primordial, sendo este o rendemento de lascado e o evitar pezas de gran tamaño que poidan producir atascos nos equipos de transporte e alimentación.

De se desexar empregar parte da lasca producida como materia prima para a fabricación de taboleiros derivados da madeira, é necesario conseguir unha lasca de maior calidade e máis homoxénea en tamaño. Actualmente, a maior parte dos equipos de lascado de biomasa residual forestal utilizados en Europa empregan coitelas. Nalgúns casos, tamén se utilizan lascadoras de martelos, pero adoitan destinarse a materiais que conteñen unha gran cantidade de area e pedras que poderían provocar un desafiado prematuro das coitelas.



DENSIFICACIÓN

O emprego enerxético da biomasa forestal residual ten unha serie de desvantaxes con respecto a outros combustibles como, por exemplo, a súa baixa densidade e dificultade de manexo. Unha das posibilidades de transformación física consiste na súa compactación para a obtención de produtos combustibles densificados cun alto poder calorífico e homoxéneos en propiedades e dimensións. Isto permite a automatización dos sistemas de alimentación e control da combustión, ademais duns gastos menores de transporte e almacenamento.

Nos últimos anos produciuse en España un importante auxe do consumo de biomasa residual densificada. A maior parte das instalacións foron concibidas e deseñadas para transformar residuos de industrias de segunda transformación da madeira, os cales escasean, pois xa se están a utilizar como autoconsumo na súa práctica totalidade ou teñen mercados alternativos no sector gandeiro, fabricación de taboleiros, etc.

Aínda que durante os anos 90 o mercado de produtos enerxéticos compactados foi o único que mantivo un incremento cuantitativo sensible e sostido, hoxe en día obsérvase unha certa estabilización do sector debido á dificultade de obter os produtos residuais de industrias da madeira, cos que se viña abastecendo maioritariamente esta industria.

Como se mencionou, as instalacións de produtos densificados xurdiron para solucionar o problema da acumulación de residuos procedentes de serradoiros, carpintarías e fábricas de transformación secundaria da madeira (portas, mobles, parqué, etc.). Desta forma, cerca do 90 % da materia prima obtense de industrias de primeira e segunda transformación da madeira e só se obtén unha porcentaxe residual da limpeza de bosques. Isto demostra que a existencia duns custos de transporte, manipulación e tratamento (secado, lascado, redución granulométrica, etc.) están a facer inviable a obtención de produtos densificados a partir dos residuos forestais.

Por este motivo, para incrementar a produción deste tipo de produtos é necesario potenciar a utilización de fitomasa residual de orixe forestal, que cuantitativamente representa un importantísimo potencial enerxético, pero que técnica e economicamente implica problemas en canto á súa transformación física e manexo, o cal limita a súa viabilidade.



COXERACIÓN



8. COXERACIÓN

Os sistemas de coxeración son sistemas de produción conxunta de electricidade (ou enerxía mecánica) e de enerxía térmica útil (calor) partindo dun único combustible. O gas natural é a enerxía primaria máis utilizada para o funcionamento das centrais de coxeración de electricidade-calor, as cales funcionan con turbinas ou motores de gas. No entanto, tamén se poden empregar fontes de enerxía renovables e residuos como biomasa ou residuos que se incineran. Nun proceso de coxeración, a calor preséntase en forma de vapor de auga a alta presión ou en forma de auga quente.

Por exemplo, pódese utilizar o vapor quente que sae dunha turbina de produción de enerxía eléctrica para fornecer enerxía para outros usos. Ata hai pouco, o habitual era deixar que o vapor arrefriase, pero con esta técnica, coa calor que lle queda ao vapor quécese auga para distintos usos.

No tocante ao aproveitamento da calor residual, os sistemas de coxeración presentan rendementos globais da orde

do 85 %, o que implica que o aproveitamento simultáneo de electricidade e calor favorece a obtención de elevados índices de aforro enerxético, así como unha diminución importante da factura enerxética, sen alterar o proceso produtivo, un aforro enerxético que se incrementa notablemente de se utilizaren enerxías residuais.

Nunha central eléctrica tradicional, os fumes saen directamente pola cheminea, mentres que nunha planta de coxeración, os gases de escape arrefrían transmitindo a súa enerxía a un circuíto de auga quente/vapor. Unha vez arrefriados, os gases de escape pasan á cheminea.

As centrais de coxeración de electricidade-calor poden alcanzar un rendemento enerxético da orde do 90 %. O procedemento é máis ecolóxico, xa que durante a combustión o gas natural libera menos dióxido de carbono (CO₂) e óxido de nitróxeno (NOX) que o petróleo ou o carbón.

Entre as vantaxes asociadas a unha instalación de coxeración destacan:

Diversifica as fontes de abastecemento enerxético.

Garante a subministración eléctrica ante posibles fallos na rede de distribución.

Incrementa a eficiencia da utilización da enerxía: menor consumo de combustible e menores emisións de CO₂, polo que contribúe notablemente ao desenvolvemento sostible.

Incide na competitividade dunha empresa, ao reducir os seus custos enerxéticos.

Diminúe o consumo de enerxía primaria do país.

Reduce as perdas en transporte e distribución, ao achegar a xeración ao consumo.

Xera emprego e potencia sectores de tecnoloxía asociados á coxeración.

Como inconvenientes poderíanse mencionar:

Incerteza ante a evolución dos prezos enerxéticos e dificultades de xestión engadidas á actividade orixinal.

Aumento da contaminación local.

Existen diversas tecnoloxías de coxeración, as máis contrastadas son:

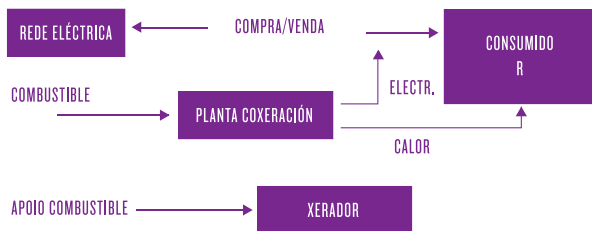
Motor de combustión interna alternativa

Máquinas volumétricas que consisten nun dispositivo cilindro – émbolo nas que se introduce o combustible (gas, gasóleo, gasolina, etc.) e o comburente a través de válvulas.

SISTEMA CONVENCIONAL



COXERADOR



As principais vantaxes desta tecnoloxía son a súa flexibilidade de utilización, un elevado rendemento eléctrico e o seu reducido custo de investimento.

Presentan tres focos de aproveitamento térmico:

- Refrixeración das camisas do motor e de aceite a unha temperatura aproximada de 90 °C.
- Refrixeración do aire de carga do motor a unha temperatura aproximada de 35 °C.
- Calor dos gases de escape da combustión a unha temperatura aproximada de entre 300 e 500 °C.

Turbina de gas

Son turbomáquinas térmicas cíclicas motoras. Compóñense

de compresor, cámaras de combustión e turbina.

A súa principal característica é un elevado cociente de calor/ electricidade, polo que é axeitada para usos nos que se consume unha gran cantidade de calor.

Ademais, toda a calor dispoñible procede dos gases de escape e está a unha temperatura elevada, entre 400 e 500 °C, segundo a instalación concreta.

Outra característica dos gases de escape é que son ricos en osíxeno (15 %) e, xa que logo, adecuados para unha postcombustión en caldeira incrementando o rendemento desta.



Turbina de vapor

A principal vantaxe das turbinas de vapor é que a combustión se realiza nunha caldeira non integrada na máquina térmica e, polo tanto, permite a utilización de combustibles máis heteroxéneos, como biomasa, residuos sólidos urbanos, carbón, etc.

Motores Stirling

Son motores baseados na contracción e expansión dun gas entre dous focos a diferente temperatura. Considéranse motores de combustión externa, co que poden empregar calquera tipo de combustible. As instalacións de coxeración mediante este tipo de motores atópanse en fase de desenvolvemento.

Pila de combustible

Son dispositivos electroquímicos que permiten a conversión directa da enerxía dun combustible en electricidade. Non requiren partes móbiles, polo que son moi silenciosos. Estes dispositivos están en fase de desenvolvemento e o seu funcionamento está inicialmente limitado ao uso de H₂ como combustible. Estanse a investigar membranas que empreguen gas natural e ata gasóleo.

No seguinte cadro móstranse as características principais de cada unha das tecnoloxías máis contrastadas que se poden utilizar nunha planta de coxeración.

TECNOLOXÍA	VANTAXES	INCONVENIENTES
MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA ALTERNATIVA	<ul style="list-style-type: none">• Fiables e comprobados• Compactos• Alto rendemento eléctrico• Alta relación enerx a eléctrica/enerx a térmica• Variedade de combustibles• Alta capacidade de modulación	<ul style="list-style-type: none">• Aproveitamento de enerx a térmica en diferentes focos e a baixa T• Mantemento máis elevado
TURBINAS DE GAS	<ul style="list-style-type: none">• Fiables e comprobadas• Aproveitamento da enerx a térmica nun só foco. Sinxeleza• Alta T da enerx a térmica• Pouco mantemento	<ul style="list-style-type: none">• Baixa relación enerx a eléctrica/enerx a térmica• Menor capacidade de modulación• Menor variedade de combustibles
TURBINA DE VAPOR	<ul style="list-style-type: none">• Máquinas simples e robustas• Maior rendemento global• Acepta toda clase de combustibles• Longa vida de traballo e amplo campo de potencias	<ul style="list-style-type: none">• Baixa relación electricidade/calor• Custo de adquisición elevado• Posta en servizo lenta• Velocidades medias/altas
MOTOR STIRLING	<ul style="list-style-type: none">• Alto rendemento eléctrico• Alta eficiencia• Total versatilidade en combustibles• Baixo mantemento• Pequeno tamaño	<ul style="list-style-type: none">• Equipos pouco comprobados e escasamente comercializados• Alto custo de investimento
PILA DE COMBUSTIBLE	<ul style="list-style-type: none">• Alto rendemento eléctrico• Alta eficiencia• Gran capacidade de modulación	<ul style="list-style-type: none">• Equipos pouco comprobados e escasamente comercializados• Alto custo de investimento• Combustibles limitados

No seguinte cadro móstranse as características principais de cada unha das tecnoloxías máis contrastadas que se poden utilizar nunha planta de coxeración.

A coxeración é unha das solucións máis eficaces para reducir os custos enerxéticos debido á elevada eficiencia enerxética que se logra

ao aproveitar unha calor normalmente residual.

A coxeración é rendible en instalacións cun elevado consumo de calor durante un elevado número de horas ao ano. Ademais, permite garantir a subministración de enerxía eléctrica ante un eventual fallo da subministración da rede.

Para finalizar a descrición da tecnoloxía de coxeración, a continuación propónse un exemplo de aplicación na industria da madeira.

TECNOLOXÍA	Rend. Elect.	Rend. Térm.	Rend. Total	Carga mínima	T (°C)	Ruído (db)	Custo inst (€/kWe)
Mot. comb.	25-45 %	40-60 %	70-90 %	50 %	300-600	62-75	500-3000
Turb. gas	13-35 %	40-60 %	60-90 %	75 %	450-800	52-56	900-2600
M. Stirling	20-50 %	40-60 %	70-90 %	50 %	300-600	56	2500-4500
Pila	25-55 %	40-60 %	70-90 %	Ilimitada	250-500	Moi baixo	2500-4500

Trátase dun serradoiro de pequeno tamaño que dispón anualmente de serraduras propias, moi limpas. As cortizas e os costeiros comercialízaos como cama de gando e para a fabricación de tableiros de partículas. As labras emprégaas como combustible para xerar calor coa que secar as serraduras e, en caso de excedente, para contribuír a cubrir a demanda térmica do secadoiro de tableiros. No entanto, as labras non son suficientes para alimentar o secadoiro de tableiros e, actualmente, estase a consumir fuel óleo nun xerador de aire quente.

DATOS DE PARTIDA

A cantidade anual de serraduras de piñeiro dispoñible é de 3000 t, mentres que o seu PCI é de 3500 kcal/kg. A súa granulometría e composición non varía demasiado ao longo do ano. A demanda de calor do secadoiro, que é de 0,6 MW, mantense constante ao longo do ano, cunha redución do 10 % no verán, e actualmente cóbrese con fuel óleo. A empresa decide valorizar as serraduras, de difícil comercialización, para alimentar o secadoiro da forma máis rendible que sexa posible. Tras realizar os primeiros estudos de demanda, chégase á conclusión de que as serraduras só cubrirían o 50 % da demanda do secadoiro.



En vista diso, recórrese á explotación, como cultivo enerxético, dun monte no que predominan os *Quercus* e cuxo tratamento tradicional foi o monte baixo combinado con gandería extensiva. Realizados os primeiros estudos, compróbase que a posibilidade do monte excede con moito a necesidade de biomasa, o cal fai viable a explotación a longo prazo, sen prexuízo para a fauna e a flora locais.

En consecuencia, o cultivo de monte baixo de *Quercus* proporcionará as 3000 t restantes de combustible necesario, cun PCI de 3500 kcal/kg.

ELECCIÓN DATECNOLOXÍAMÁIS ADECUADA

Dado que se controlará toda a cadea de obtención de ambos os combustibles, e estes son susceptibles de seren transformados en gas mediante gasificación, realízanse probas de laboratorio que aseguren os PCI, a composición elemental e a viabilidade de empregar diferentes mesturas de piñeiro e *Quercus*.

Debido á dureza diferente de ambas as madeiras, óptase por un gasificador de leito fluidizado circulante que reduce ao mínimo os inqueimados sólidos á vez que produce pequenas cantidades de alcatrán.

O gas, unha vez acondicionado, alimentará un motor de combustión interna que accionará un alternador encargado de xerar a electricidade que se irá exportar á rede. A calor de refrixeración do motor empregarase no secadoiro mediante un cambiador auga/auga conectado coa rede existente alimentada, anteriormente, por unha caldeira de fuel óleo.

DIMENSIONAMENTO

O sistema dimensiónase para cubrir a demanda térmica do secadoiro, que é de 0,6 MW. Para dispor de tal cantidade de enerxía é suficiente a calor de refrixeración dun motor de 900 kW eléctrico. Aínda que nun futuro está previsto o aproveitamento da enerxía dos gases de combustión para producir vapor e cubrir así a demanda dunha empresa próxima, de momento só se prevé instalar un recuperador de 100 kW, como apoio á recuperación de calor da auga do motor, para os casos nos que sexa necesaria unha punta de potencia térmica nos secadoiros. Posto que esta recuperación de calor adicional vai ser puntual, non se inclúe no cálculo do REE de momento, pero si se debería ter en conta se o aproveitamento empeza a ser habitual, ou se nun futuro se utiliza para producir vapor.

Adicionalmente, o arrefriado do gas de síntese pode proporcionar 150 kW adicionais se a demanda do secadoiro aumenta.

PREVISIÓN DA OPERACIÓN

O sistema de gasificación funcionará nas horas de traballo do secadoiro de madeira para tratar de aproveitar a maior cantidade de calor posible. Polo tanto, a unidade de gasificación funcionará 7600 horas ao ano.

O sistema proporcionará os seguintes valores de operación de toda a planta (gasificador motor e secadoiro):

- Consumo de biomasa: 6000 toneladas ao ano (2100 tep/ano)
- Produción de gas de síntese: 19 535 MWth
- Produción eléctrica bruta do motor: $19\ 535 \times 35\ \% = 6837$ MWh
- Enerxía térmica dispoñible: 6251 MWh/ano
- Calor útil: $7600\ \text{h/ano} \times 0,6\ \text{MW} = 4540$ MWh/ano
- Autoconsumo eléctrico: 837 MWh
- Electricidade exportada: 6000 MW
- Potencia garantida: 789 Kw

A continuación exponse outro exemplo de sistema de coxeración para a industria.



Exemplo:

Dispónse dunha instalación cos seguintes consumos de gas natural durante o ano:

MES	GN(kWh PCI)
Xaneiro	250 000
Febreiro	215 000
Marzo	170 000
Abril	145 000
Maio	130 000
Xuño	85 000
Xullo	80 000
Agosto	70 000
Setembro	93 000
Outubro	124 000
Novembro	175 000
Decembro	230 000
TOTAL	1 767 000

Pódese considerar que o consumo desta instalación é constante a longo de todos os días, incluíndo fins de semana e festivos. Tendo en conta os seguintes sistemas de coxeración propostos:

Motor coxeración 1	kW	%
Potencia eléctrica	300	39 %
Potencia térmica	330	43 %
Consumo GN	770	82 %
Motor coxeración 2	kW	%
Potencia eléctrica	500	40 %
Potencia térmica	550	44 %
Consumo GN	1250	84 %

Calcularase o rendemento global e o rendemento eléctrico equivalente (REE) de ambos os sistemas funcionando 24 h ao día. Ademais, comprobarase se cumpren o REE mínimo para a venda de enerxía eléctrica en réxime especial. Realizaranse os mesmos cálculos para 8 horas ao día.

A) SOLUCIÓN PARA SISTEMAS EN FUNCIONAMENTO 24 H/DÍA

Para o funcionamento durante 24 h/día, o número de horas totais ao ano é de 8760 horas.

MOTOR COXERACIÓN 1	kW	%	x% x8760 →		kWh	
Potencia eléctrica	300	39 %			E	1 024 920
Potencia térmica	330	43 %			V	1 243 044
Consumo GN	770	82 %		Q	5 531 064	

MOTOR COXERACIÓN 2	kW	%	x% x8760 →		kWh
Potencia eléctrica	500	40 %		E	1 752 000
Potencia térmica	550	44 %		V	2 119 920
Consumo GN	1250	84 %		Q	9 198 000

Para o cálculo do rendemento global e o rendemento eléctrico equivalente utilízanse as seguintes expresións:

$$\eta_g = \frac{V + E}{Q} \quad \eta_{ee} = \frac{E}{Q - \frac{V}{0,9}}$$

Utilizando os datos de cálculo nas ecuacións anteriores, conclúese que:

	g	ee
Motor coxeración 1	0,41	0,25
Motor coxeración 2	0,42	0,26

Segundo o anexo I do RD 661/2007, o rendemento eléctrico equivalente para as instalacións desta clase debe ser do 45 % para poder acollerse ao réxime especial. En vista dos valores obtidos, ningunha das dúas instalacións podería acollerse ao devandito réxime.

B). SOLUCIÓN PARA SISTEMAS EN FUNCIONAMENTO 8 H/DÍA

Para o funcionamento durante 8 h/día, o número de horas totais ao ano é de 2920 horas.

MOTOR COXERACIÓN I	kW	%	x% x2920 →		kWh
Potencia eléctrica	300	39 %		E	341 640
Potencia térmica	330	43 %		V	414 348
Consumo GN	770	82 %		Q	1 843 688



MOTOR COXERACIÓN 2	kW	%	x% x2920 ⇒		kWh
Potencia eléctrica	500	40 %		E	584 000
Potencia térmica	550	44 %		V	706 640
Consumo GN	1250	84 %	Q	3 066 000	

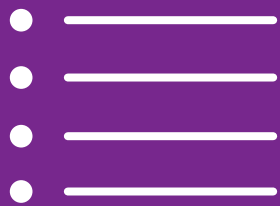
Para o cálculo do rendemento global e o rendemento eléctrico equivalente utilízanse as seguintes expresións:

$$\eta_g = \frac{V + E}{Q} \quad \eta_{ee} = \frac{E}{Q - \frac{V}{0,9}}$$

Utilizando os datos de cálculo nas ecuacións anteriores, conclúese que:

	g	ee
Motor coxeración 1	0,41	0,24
Motor coxeración 2	0,42	0,25

Segundo o anexo I do RD 661/2007, o rendemento eléctrico equivalente para as instalacións desta clase debe ser do 45 % para poder acollerse ao réxime especial. En vista dos valores obtidos, ningunha das dúas instalacións podería acollerse ao referido réxime.



CONCLUSIONES



9. CONCLUSIONES

O presente estudo sectorial ten por obxecto coñecer o perfil de consumo enerxético das industrias da madeira en Galicia.

O conxunto das empresas auditadas suman un consumo enerxético anual de 3124,38 tep, ao cal se asocia un gasto enerxético de 2 020 000 €/ano.

O gasto enerxético representa máis ou menos un 1,69 % da facturación. A facturación media anual rolda os 5,68 millóns de euros, o número de empregados medio é de 57, o volume medio de madeira procesada nos serradoiros sitúase ao redor dos 17 800 m³/ano e o número de pezas fabricadas nos sectores do moble e da carpintería ascende a 19 700 uds/ano.

Por termo medio, unha empresa do sector consome anualmente 211,66 tep de enerxía e gasta para iso 230 143,38 €.

O **consumo enerxético** céntrase, principalmente, na enerxía eléctrica, que contribúe nun 50,87 % ao consumo total. Este alto consumo indica que as máquinas de produción demandan maior cantidade de enerxía que a operación de climatización de naves e a xeración de calor para secadoiros e procesos de prensado. O consumo térmico, cun 38,88 %, representa a segunda fonte de enerxía demandada, por diante do consumo da maquinaria, cun 5,77 %, e do transporte, que participa cun 4,49 %.

Débese ter en conta que a presente análise oculta particularidades de cada empresa, como poden ser que algunhas empresas teñen o

transporte subcontratado, algunhas non empregan gasóleo B por carecer de maquinaria que o necesite e outras non empregan biomasa no proceso de xeración de calor. Como se verá máis adiante, a diferenza máis concluínte establécese entre as empresas que posúen secadoiros e as que non os teñen. Nas primeiras, o consumo térmico pode alcanzar valores de ata o 90 % do global.

A repercusión económica dos **gastos enerxéticos** recae, sobre todo, no consumo eléctrico, o cal alcanza unha porcentaxe do 79 %. Aínda que este consumo era xa representativo, a súa notoriedade aumenta debido ao maior custo por unidade de enerxía da electricidade. O gasóleo C e a biomasa figuran como o segundo partícipe do gasto enerxético, cun 12 %, do gasto total. O transporte e a maquinaria atópanse en último lugar de contribución, cun 5 %

Distribución do consumo enerxético e económico medio

	Consumo anual MWh/ ano	Consumo anual tep/ano	Estrut. %	Gasto anual euros/ año	Estrut
ENERXÍA ELÉCTRICA	1251,125	107,67	50,87 %	181 284,60	78,77 %
CONSUMO TÉRMICO (GASÓLEO C)	956,21	82,29	38,88 %	26 584,22	11,55 %
TRANSPORTE (GASÓLEO A)	141,88	12,21	5,77 %	9753,90	4,24 %
GAS NATURAL	110,39	9,50	4,49 %	12 520,66	5,44 %
TOTAL	2459,49	211,66		230 143,38	

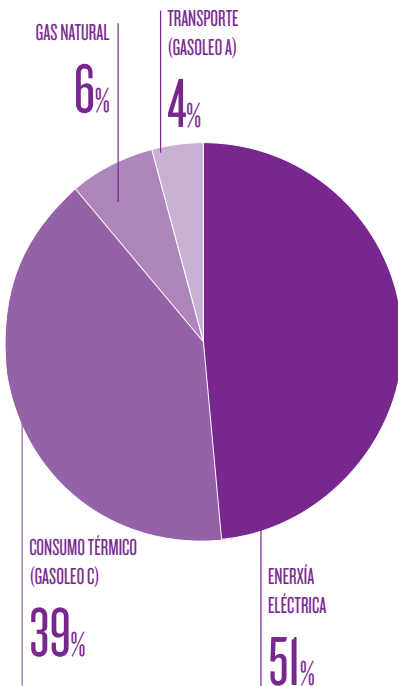
e un 4 %, respectivamente, do gasto medio global.

O baixo prezo enerxético da biomasa provoca que o gasto medio en consumo térmico se reduza drasticamente. Algunha empresa pasou dun 56,74 % en consumo enerxético térmico a un 7 % en gasto.

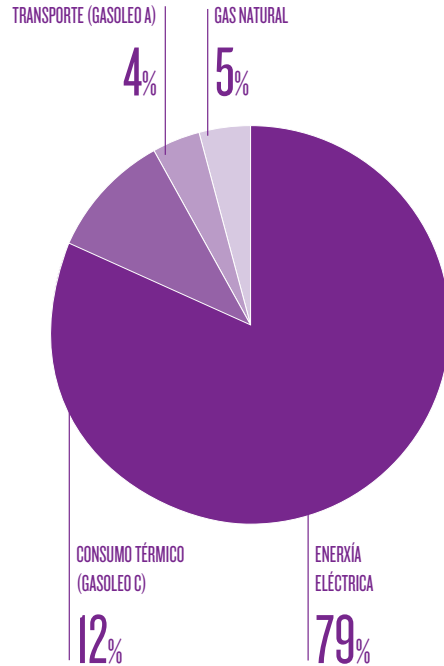
Se se analizan os custos enerxéticos por unidade de enerxía consumida, obsérvase que unha industria da madeira gasta, por termo medio, 1087,34 € por tep consumido.

A enerxía máis custosa é a electricidade, con 14,06 c€/kWh, seguida do combustible para o transporte, con 11,60 c€/kWh, do gasóleo C, con 7,31 c€/kWh, do gasóleo B, con 7,01 c€/kWh, e, por último, da biomasa, con 1,5 c€/kWh.

DISTRIBUCIÓN DO CONSUMO ENERXÉTICO MEDIO



DISTRIBUCIÓN DO GASTO ENERXÉTICO MEDIO





Ademais do consumo enerxético (211,66 tep/ano), o gasto enerxético (230 143,38 €) e a porcentaxe sobre a facturación (4,1 %), a partir dos datos de facturación, empregados e produto final elaborado pódense obter outros cocientes enerxéticos que se enuncian na seguinte táboa.

Dentro dos estudos de auditoría enerxética, a proposta de adopción de medidas de conservación da enerxía fai necesario levar a cabo unha análise minuciosa dos procesos de fabricación e dos equipos empregados. Con esta análise trátase de identificar a cantidade, tipo e calidade da enerxía necesaria para determinar

posibles aforros enerxéticos e analizar os custos e beneficios asociados. Os resultados obtidos poden servir como referencia para outras empresas similares e facilitar a toma de decisións que contribúan á mellora da eficiencia enerxética do sector.

A continuación, e a modo de resumo, móstranse as diferentes actuacións en aforro e eficiencia enerxética propostas que se analizaron ao longo do presente estudo sectorial, de xeito que sirva de guía para que cada industria adopte as medidas que, en cada caso, considere oportunas. Para analizar a viabilidade das mesmas deberase realizar un estudo específico de cada unha delas.

CUSTOS MEDIOS UNITARIOS DAS FONTES DE ENERXÍA					
	ELECTRICIDADE	GASÓLEO C	BIOMASA	GASÓLEO A	GAS NATURAL
c€/kWh	14,06	7,31	1,50	11,60	7,01
€/tep	1634,40	849,99	174,45	1348,94	815,02

COCIENTES SOBRE CONSUMO E GASTO ENERXÉTICO		
VARIABLE	COCIENTES DE CONSUMO ENERXÉTICO	COCIENTES DE GASTO ENERXÉTICO
FACTURACIÓN	38,01 tep/M€ FACT	4,1 % GASTO/FACT
EMPREGADO	3,79 tep/EMPREGADO	4037,60 € /EMPREGADO
m ³ PROD.	12,13 tep/miles m ³	12,93 € /m ³
PEZAS ELABORADAS	10,96 tep/MILES DE PEZAS	11,68 € /PEZA

ENERXÍA ELÉCTRICA
AFORROS NA FACTURACIÓN ELÉCTRICA
OPTIMIZACIÓN DA POTENCIA CONTRATADA
COMPENSACIÓN DA ENERXÍA REACTIVA
AFORROS EN ILUMINACIÓN
SUBSTITUCIÓN DE LÁMPADAS
SUBSTITUCIÓN DE BALASTROS
PLAN DE MANTEMENTO
SISTEMAS DE REGULACIÓN
AFORROS EN AIRE COMPRIMIDO
ADECUAR A PRESIÓN DE SUBMINISTRACIÓN
ILLAR OS RAMAIS NON UTILIZADOS
EVITAR O FUNCIONAMENTO EN BALEIRO
REALIZAR O MANTEMENTO DE FILTROS
REEMPREGAR A CALOR DE REFRIXERACIÓN
REPARACIÓN DE FUGAS
OUTROS CONSUMOS ELÉCTRICOS
EQUIPOS DE MEDIDA
AUTOMATIZACIÓN DE PARADAS
VARIADORES DE FRECUENCIA
CAMBIO DE HORARIO

ENERXÍA TÉRMICA
AFORROS EN XERACIÓN E DISTRIBUCIÓN DE CALOR
CONTROL E REGULACIÓN DA COMBUSTIÓN
RECUPERACIÓN DE CALOR NOS FUMES
SUBSTITUCIÓN DE COMBUSTIBLES: BIOMASA
SUBSTITUCIÓN DE CALDEIRAS
EMPREGO DE QUEIMADORES MODULANTES
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
REDES DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR
MELLORAS EN ILLAMENTOS
MELLORAS EN SECADOIROS
MELLORAS ENERXÉTICAS XENÉRICAS
SECADO SOLAR DA MADEIRA
CLIMATIZACIÓN
CONTROL DE SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN
MELLORAS DE CERRAMENTOS E ILLAMENTOS
EFICIENCIA EN CALEFACCIÓN, REFRIXERACIÓN E VENTILACIÓN

TRANSPORTE
CONDUCIÓN EFICIENTE DE VEHÍCULOS



O custo das medidas que se irán adoptar, o aforro enerxético e económico anual e o prazo de amortización é variable en función de cada empresa obxecto de estudo. A continuación ordénanse, segundo o prazo de amortización, algunhas das medidas que se teñen exemplificado no presente estudo sectorial.

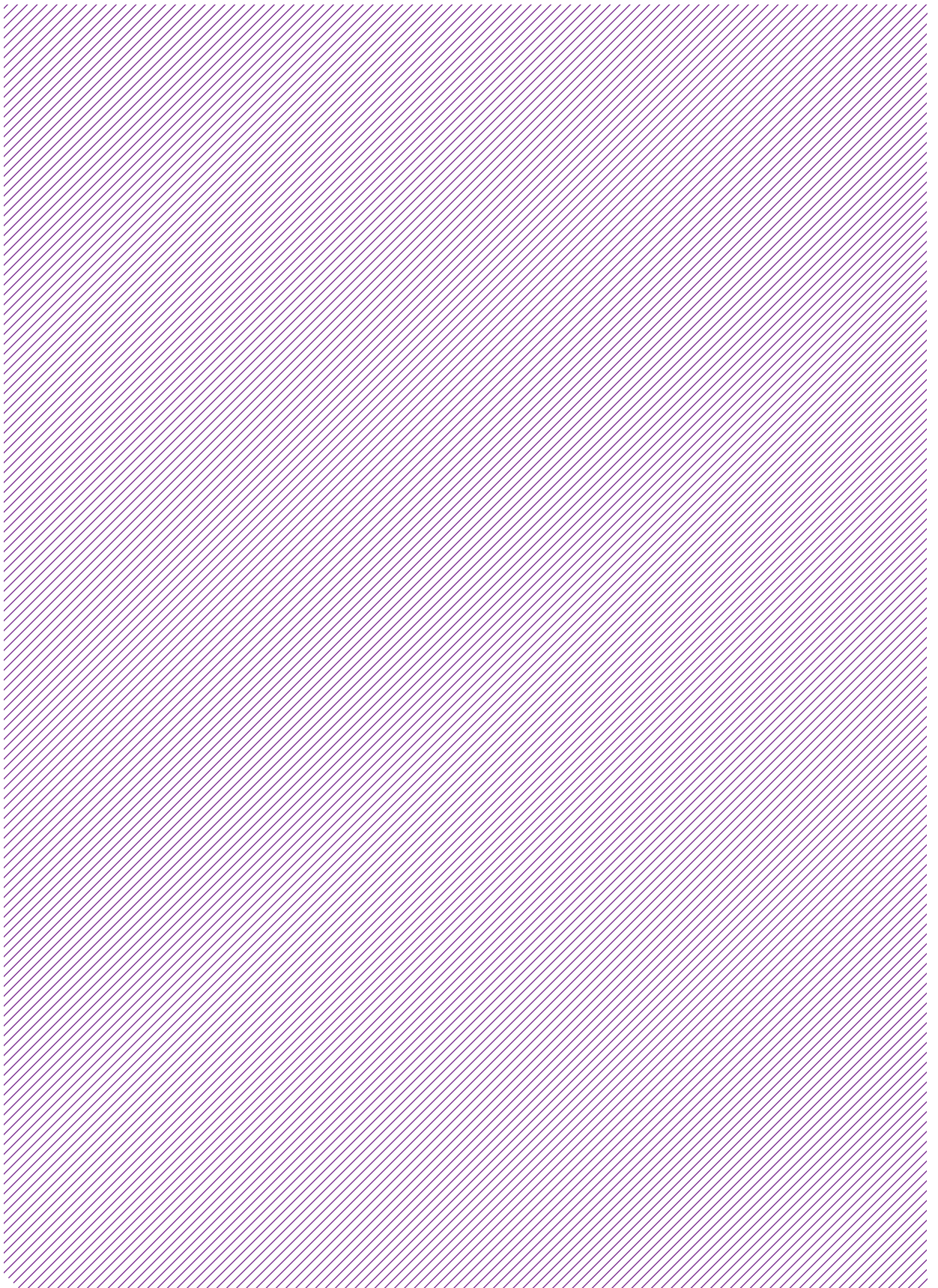
Son datos orientadores, xa que o período de retorno das medidas indicadas dependerá dunha serie de variables como os horarios de funcionamento, a potencia instalada, o estado das instalacións, o prezo da enerxía, etc.

PERÍODO DE RETORNO <= 1 ANO	
MELLORA PROPOSTA	P.R. SIMPLE (ANOS)
OPTIMIZACIÓN DA POTENCIA CONTRATADA	0
CAMBIO DE HORARIO EN PRODUCCIÓN	0
ADECUAR A PRESIÓN DE SUBMINISTRACIÓN DO AIRE COMPRIMIDO	0
REPARACIÓN DE FUGAS	0,1
AXUSTE COMBUSTIÓN ESTEQUIOMÉTRICA QUEIMADOR	0,5
SUBSTITUCIÓN LÁMPADAS VM E FL POR VSAP E FL ALTA EFICIENCIA	0,6
INSTALACIÓN DE INTERRUPTOR CREPUSCULAR	0,9
CONDUCCIÓN EFICIENTE	0,9

PERÍODO DE RETORNO > 1 ANO E <= 3 ANOS	
MELLORA PROPOSTA	P.R. SIMPLE (ANOS)
INSTALACIÓN DE RECUPERADOR DE CALOR	1,3
INSTALACIÓN BATERÍA DE CONDENSADORES	1,3
INSTALACIÓN PORTA ENROLABLE	1,3
INSTALACIÓN VARIADORES DE VELOCIDADE EN MOTORES DE ASPIRACIÓN	1,5
SUBSTITUCIÓN DE LÁMPADAS DE VM	1,6
IMPLANTACIÓN DUN SISTEMA DE CONTROL	1,6
SUBSTITUCIÓN DE LUMINARIAS POR OUTRAS MÁIS EFICIENTES	2,0
SUBSTITUCIÓN DE LÁMPADAS DE VM 400 W POR HM 250 W	2,6
SUBSTITUCIÓN DE FLUORESCENTES POR HM	3,0
MELLORA ILLAMENTO CONDUCCIÓN	3,0

PERÍODO DE RETORNO > 3 ANOS

MELLORA PROPOSTA	P.R. SIMPLE (ANOS)
SUBSTITUCIÓN REACTANCIAS ELECTROMAGNÉTICAS POR BALASTROS ELECTRÓNICOS	4,0
IMPLANTACIÓN DUN SISTEMA DE CONTROL DE ALUMADO	4,0
SUBSTITUCIÓN POR LÁMPADAS LED	5,3
SUBSTITUCIÓN DE FLUORESCENTES	6,1
INSTALACIÓN TUBOS T5 E BALASTROS ELECTRÓNICOS	6,5
CAMBIO QUEIMADOR DE 2 ETAPAS MODULANTE	6,6
INSTALACIÓN DE CLARABOIAS EN CUBERTA	9,6
MODIFICACIÓN REDE DE AIRE COMPRIMIDO	13,2





BIBLIOGRAFÍA



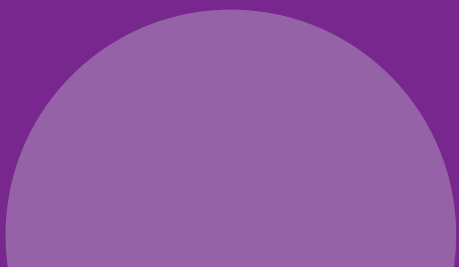
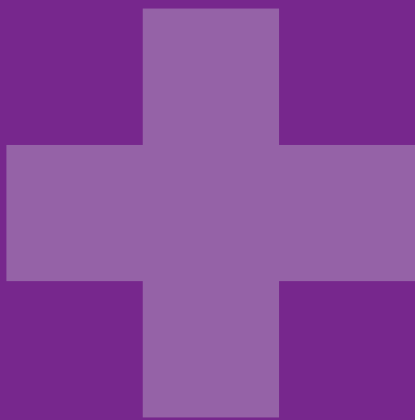
10. BIBLIOGRAFÍA

- Alternativas de xestión forestal para distintos usos da madeira. 2010. Observatorio Industrial da industria da madeira.
- Argumentario para o uso de produtos de madeira fronte ao cambio climático. 2009. Observatorio Industrial da industria da madeira.
- Asociación de Fabricantes Españoles de Maquinaria, Equipos y Productos para Trabajar la Madera. AFEMMA. www.afemma.com
- Asociación de Investigación Técnica das Industria da Madeira. AITIM. www.infomadera.net
- Asociación Nacional de Recicladores de Palets. ANREPA. www.anrepa.com
- Axenda Estratéxica de Innovación. Plataforma Tecnolóxica Galega da Madeira.
- Balance Enerxético de Galicia 2009. Instituto Enerxético de Galicia
- Centro de Innovación e Servizos da Madeira. CIS-MADEIRA. www.cismadeira.com
- Clasificación das competencias profesionais na industria da primeira transformación da madeira. 2010. Observatorio Industrial da industria da madeira.
- Clúster da madeira de Galicia. www.clustermadera.com
- Confederación Española de la Madera. CONFEMADERA. www.confemadera.es
- Energea Bioconsultores. www.energeabc.com
- Estudo de optimización enerxética do sector hoteleiro en Galicia. Xuño 2004. INEGA.
- Estudo de optimización enerxética no sector cárnico en Galicia. 2004. INEGA.
- Estudo de optimización enerxética no sector conserveiro en Galicia. 2005. INEGA.
- Estudo sectorial da coxeración en Galicia. Outubro 2004. INEGA.
- Federación empresarial de serradoiros e rematantes de madeiras de Galicia www.maderasdegalicia.com
- Federación Española de Industrias de la Madera. FEIM. www.feim.org
- Guía sobre a recuperación de residuos da madeira. 2004. Confemadera.
- Informe sobre a situación xeral e conxuntura da industria da madeira en España. 2006. Confemadera.
- Instituto Enerxético de Galicia. www.inega.es
- Instituto Galego de Estatística. www.ige.eu
- Instituto Nacional de Estadística. www.ine.es
- Instituto Tecnolóxico do moble, madeira, embalaxe e afíns. AIDIMA. www.aidima.es
- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. www.mityc.es
- Proxecto de Aproveitamento da Biomasa Forestal producida pola Cadea Monte-Industria. CIS-MADEIRA.
- Secado da madeira: recomendacións prácticas. CIS-MADEIRA.

UNIDADES DE POTENCIA			
		W	kCAL/h
W	VATIO	1	0,86
kW	QUILOVATIO	10^3	860
MW	MEGAVATIO	10^6	$0,86 \cdot 10^6$
GW	GIGAVATIO	10^9	$0,86 \cdot 10^9$
TW	TERAVATIO	10^{12}	$0,86 \cdot 10^{12}$
kcal/h	UILOCALORÍA/HORA	1,16	1

UNIDADES DE ENERXÍA			
		kWh	kCAL
Wh	VATIO HORA	10^{-3}	0,86
kWh	QUILOVATIO HORA	1	860
MWh	MEGAVATIO HORA	103	$0,86 \cdot 10^3$
GWh	GIGAVATIO HORA	106	$0,86 \cdot 10^6$
TWh	TERAVATIO HORA	109	$0,86 \cdot 10^9$
kcal	QUILOCALORÍA	$1,16 \cdot 10^{-3}$	1
TE	TERMIA	1,163	1.000
J	XULIO	$2,778 \cdot 10^{-7}$	$2,389 \cdot 10^{-4}$
TJ	TERAXULIO	$2,778 \cdot 10^2$	$2,389 \cdot 10^5$
tep	TONELADA EQUIVALENTE DE PETRÓLEO	$11,62 \cdot 10^3$	10^7
Ktep	MILES DE TEP	$11,62 \cdot 10^6$	10^{10}
Mtep	MILLÓNS DE TEP	$11,62 \cdot 10^9$	10^{13}
TEC	TONELADA EQUIVALENTE DE CARBÓN	$8,13 \cdot 10^3$	$7 \cdot 10^6$

FACTORES DE CONVERSIÓN EN TEP	
	tep
xulio	$2,34 \cdot 10^{-11}$
kcal	10^{-7}
kWh	$0,86 \cdot 10^{-4}$
MWh	0,086





XUNTA
DE GALICIA



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA, ENERGÍA
Y TURISMO



IDAIE



ahorra
energía

galicia



INSTITUTO

ENERGÉTICO DE GALICIA



Edita

Xunta de Galicia
Consellería de Economía e Industria
Instituto Enerxético de Galicia

Colabora

Energea Bioconsultores

Diseño Gráfico y Maquetación

Verve Creative Group