

DOCUMENTS DE REFERÈNCIA SOBRE LES
MILLORS TÈCNIQUES DISPONIBLES
APLICABLES A LA INDÚSTRIA

2

LA INDÚSTRIA
DEL VIDRE



Generalitat de Catalunya
Departament de Medi Ambient

Biblioteca de Catalunya - Dades CIP:

Pueyo Bes, Enric

La indústria del vidre. - (Documents de referència sobre les millors tècniques disponibles aplicables a la indústria ; 2)

ISBN 84-393-5989-6

I Catalunya. Departament de Medi Ambient II Títol III Col·lecció: Documents de referència sobre les millors tècniques disponibles aplicables a la indústria ; 2

1. Vidre - Indústria i comerç - Aspectes ambientals
666.1:504.06

La indústria del vidre

(Documents de referència sobre les millors tècniques disponibles aplicables a la indústria; 2)

©Generalitat de Catalunya

Departament de Medi Ambient

<http://www.genocat.net/mediamb/>

Primera edició: Juny de 2003

Tiratge: 1000 exemplars

Disseny: MTMGRUP

Autor: Enric Pueyo Bes, Direcció General de Qualitat Ambiental.

Coordinació tècnica: Albert Avellaneda Bargués i Salvador Samitier Martí (DG Qualitat Ambiental)

Col·laboradors: Ramón Queralt Torrell (Agència Catalana de l'Aigua), Albert García Lus, Isabel Hernández Cardona, Helga Pérez Revuelto i Meritxell Rodríguez Viloca (DG Qualitat Ambiental), Antoni Sans Mesalles (DT Medi Ambient Tarragona), Enric Elias Cao (Junta de Residuos), José Ignacio Macho González, Jesús Rebordinos Cubero i Jean Yves Perrault (Saint-Gobain Cristalería, SA)

Aquesta publicació ha estat realitzada amb paper ecològic estucat mat de 125 g i les cobertes en cartolina ecològica de 400 g.

DL:

ISBN:

Índex

1. Introducció	4
2. El vidre i la indústria del vidre	7
2.1 Introducció	7
2.2 Descripció del procés	9
2.2.1 Recepció, mòlta i mescla de matèries primeres	12
2.2.2 Formació del vidre (fusió)	18
2.2.3 Procediment de conformació i modelatge del vidre	34
2.2.4 Refredament i recuita del vidre	35
2.2.5 Acabats i comercialització	36
3. Aspectes ambientals de la Indústria del vidre i tècniques de control	38
3.1 Aspectes ambientals	38
3.2 Tècniques de control	41
4. Les millors tècniques disponibles	50
5. Límits d'emissió proposats	68
6. Annex	73
Condicions per a la determinació i el control dels nivells d'emissió de contaminants a l'atmosfera.	

INTRODUCCIÓ

1. Introducció

El mes d'octubre de l'any 2000, l'Information Exchange Forum (IEF), d'acord amb l'article 16.2 de la Directiva 96/61/EC, relativa a la prevenció i el control integrat de la contaminació (IPPC), va aprovar el document de referència (BREF) sobre les millors tècniques disponibles aplicables a la indústria del vidre. L'esmentat BREF va ser adoptat per la Comissió Europea per Decisió 2002/C 12/04, de data 21 de desembre de 2001, publicada en el DOCE, sèrie C, número 12, de 16 de gener de 2002. Les activitats industrials compreses en aquest document són les especificades a les seccions 3.3 i 3.4 de l'annex 1 de l'esmentada directiva:

3.3 Instal·lacions per a la fabricació de vidre, incloent-hi la fibra de vidre amb una capacitat de fusió superior a 20 tones diàries.

3.4 Instal·lacions per a la fusió de materials minerals, incloent-hi la producció de fibres minerals amb una capacitat de fusió superior a 20 tones diàries.

Les activitats industrials que queden compreses dins l'àmbit d'aquestes descripcions de la Directiva com a indústria del vidre la formen vuit sectors en funció dels productes fabricats, tot i que és inevitable una certa coincidència o superposició entre ells. Aquests sectors són: vidre d'envasos, vidre pla, fibra de vidre de filament continu, vidre d'ús domèstic, vidres especials (incloent-hi el vidre soluble), llana mineral (amb dos subsectors: llana de vidre i llana de roca), fibra ceràmica i frita.

L'objectiu d'aquest informe és elaborar un document de síntesi que, d'acord amb l'article 8 del Reglament general de desplegament de la Llei 3/1998, de 27 de febrer, d'intervenció integral de l'Administració ambiental i l'article 7.2 del Decret 155/1999, d'1 de juny, de modificació de l'estructura del Departament de Medi Ambient, permeti una comprensió més àgil del document esmentat a les parts interessades, i serveixi com a orientació en les tasques que té encomanades el Departament de Medi Ambient (unitat tècnica central i unitats tècniques territorials) en la fixació de límits d'emissió i prescripcions tècniques

INTRODUCCIÓ

de caràcter general a les activitats sotmeses al règim d'autorització ambiental dins de l'àmbit territorial de Catalunya. Com és obvi, en aquest document no es poden tenir en consideració els condicionaments específics d'una determinada activitat.

L'informe s'estructura en sis parts que són: introducció, el vidre i la indústria del vidre, aspectes ambientals de la indústria del vidre i tècniques de control, les millors tècniques disponibles, límits d'emissió proposats i un annex relatiu a condicions per determinar i controlar els nivells d'emissió de contaminants a l'atmosfera.

Per a elaborar aquest document , s'ha comptat amb el suport tècnic de personal del Departament de Medi Ambient i la col·laboració de l'Associació Nacional d'Empreses de Fabricació Automàtica d'Envasos de Vidre (ANFEVI) i l'Associació Nacional de Fabricants de Vidre Pla (FAVIPLA) .

Finalment, cal agrair els tècnics i directius de les empreses del sector les seves opinions en l'elaboració d'aquest document, el seu suport i col·laboració.

2. El vidre i la indústria del vidre

2.1. Introducció

La complexitat de la majoria dels vidres i la seva diferent naturalesa química no permet definir-los atenent la seva composició. En l'aspecte tecnològic els seus camps d'aplicació són tan diversos que tampoc és fàcil arribar a una unificació de criteris des del punt de vista utilitari.

Si únicament es consideren les seves principals propietats tècniques, el vidre comú pot definir-se com un producte inorgànic amorf, constituït predominantment per sílice, dur, fràgil i transparent, d'elevada resistència química i deformable a alta temperatura. La densitat del vidre és de $2,5 \text{ kg/dm}^3$, la seva duresa és de 6,5 en l'escala de Mohs i presenta una resistència a la compressió de 6.300 a 12.000 kg/cm^2 i una constant tèrmica (k) de $5,47 \text{ kcal/h m}^2$.

Entre els vidres elementals figuren sobretot els constituïts per elements corresponents al grup VI i VIb del sistema periòdic. No obstant el grup més important de compostos que donen lloc a vidres és el dels

EL VIDRE I LA INDÚSTRIA DEL VIDRE

òxids, sobretot el SiO_2 i el Na_2O i CaO per la seva importància pràctica. Tot seguit podem veure esquemàticament la classificació general de diferents tipus de vidre, segons la seva composició:

GRANS CATEGORIES DE VIDRE				
PRINCIPALS COMPONENTS	SODICÀLCICS	AL PLOM	BOROSILICATS 1	BOROSILICATS 2
SiO_2	71 < % < 75	54 < % < 65	70 < % < 80	53 < % < 60
Na_2O	12 < % < 16	13 < % < 15	4 < % < 8	
CaO	10 < % < 15			
PbO		24 < % < 30		
B_2O_3			7 < % < 15	5 < % < 10
$\text{K}_2\text{O} + \text{CaO}$				20 < % < 24
Al_2O_3			2 < % < 7	5 < % < 10
PRINCIPALS PROPIETATS	bona transmissió lluminosa. bona resistència mecànica	alta densitat, alt índex de refracció, brillantor i sonoritat	alta resistència a la corrosió química i a canvis de temperatura	alta resistència a la corrosió química, baix coeficient d'expansió
PRINCIPALS APLICACIONS	vidre pla, envasos de vidre, cristalleries normals	cristalleries d'alta qualitat, objectes decoratius	recipients de laboratori i cuina, flascons de farmàcia, il.luminació	filaments continus, llana de vidre

Aquesta variabilitat de tipus de vidre i components fa que el sector del vidre presenti una diversitat molt àmplia, tant pel que fa als productes fabricats com a les tècniques de fabricació emprades o als volums de producció que en molts casos es troba per sota de les 20 tones diàries.

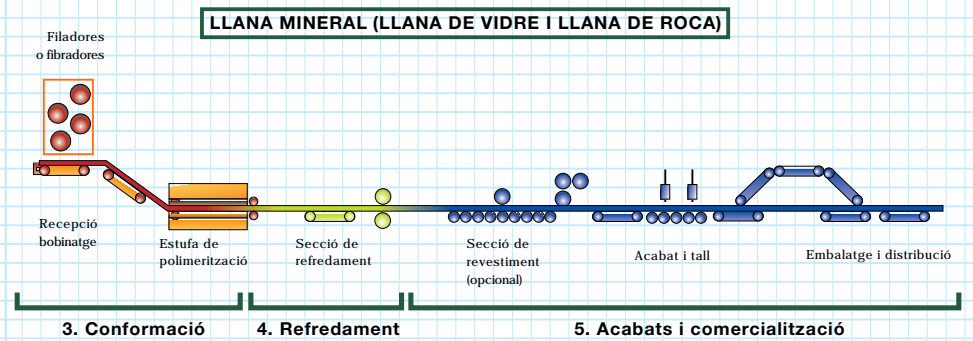
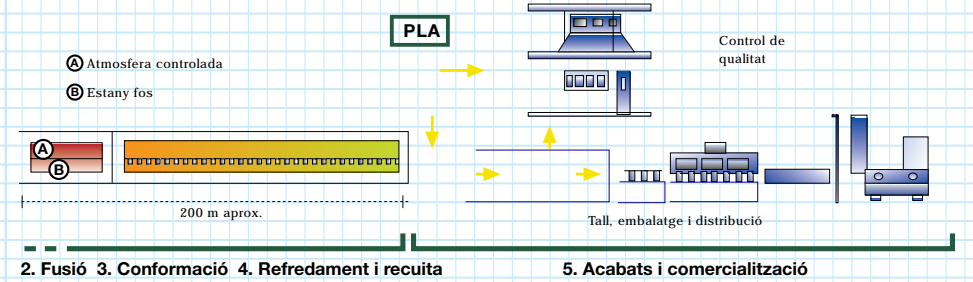
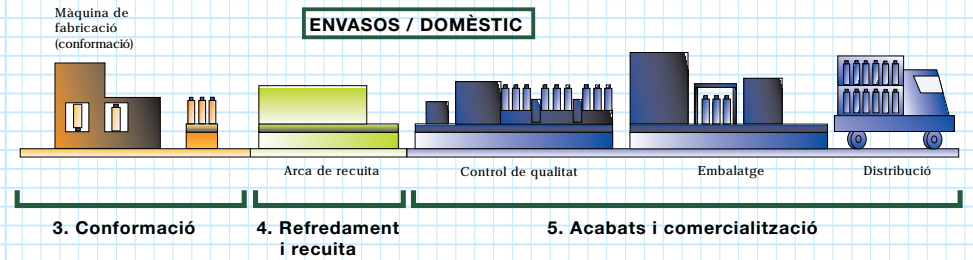
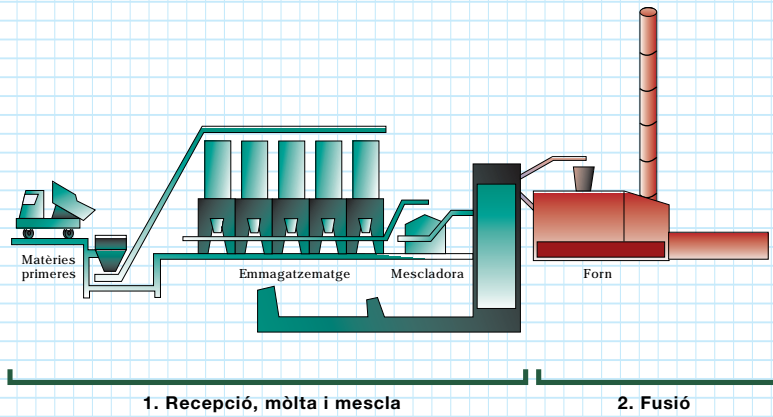
La indústria del vidre és essencialment una indústria de productes bàsics, malgrat que a certs productes s'han desenvolupat múltiples modalitats d'addició de valor afegit per augmentar la seva competitivitat. Més del 80% de la producció es ven a altres sectors, i són els sectors de la construcció, de l'alimentació i de l'automoció els seus tres grans clients.

2.2.Descripció del procés

La fabricació de vidre és un procés relativament simple amb variacions específiques segons els sectors que es tracti i que requereix un control acurat. Els principals sectors de la indústria del vidre

existents a Catalunya són el sector de vidre d'envasos, vidre domèstic, vidre pla, vidre especial i llanes minerals. Les diferències més significatives entre els diferents sectors en el procés d'elaboració són principalment les matèries primeres utilitzades, el tipus de forn de fusió i el tipus de maquinària i mètode de conformació. El procés d'elaboració del vidre parteix de la recepció de matèries primeres amb una posterior fusió i reacció d'aquestes a altes temperatures (1550° C). Cadascuna d'elles aporta components necessaris i imprescindibles per al procés. La sorra de sílice (SiO_2), per exemple, aporta la sílice; la pedra calcària (carbonat càlcic- CaCO_3), el calci necessari per donar estabilitat; la sosa (Na_2CO_3), per baixar el punt de fusió i d'altres components secundaris que aporten els elements específics segons processos i tipus de vidre a elaborar. Un cop foses, han de ser afinades i homogeneïtzades fins a obtenir una massa vítria que servirà per elaborar el producte final.

Essencialment, el procés es pot esquematitzar de la manera següent:



Pel que fa al sector de vidre especial, com per exemple la fabricació de tub de vidre, les dues primeres etapes són molt semblants a la resta de sectors, tot i que poden presentar particularitats en funció de les especificacions del producte. Les diferències més importants es troben en el procés de conformació per definir la forma i característiques finals del producte.

Les principals etapes que tenen lloc en el procés d'elaboració del vidre són les següents:

2.2.1 Recepció, mòlta i mescla de matèries primeres
(primàries, secundàries i additius)

2.2.2 Formació del vidre (fusió)

2.2.3 Procediment de conformació i modelatge del vidre

2.2.4 Refredament i recuita del vidre

2.2.5 Acabats i comercialització

12

**2.2.1 Recepció, mòlta i mescla de matèries primeres
(primàries, secundàries i additius)**

Les matèries primeres emprades per a la fabricació de vidres convencionals poden classificar-se, seguint un criteri empíric basat en el paper que assumeixen durant el procés de fusió, en quatre grups principals: vitrificants, fonents, estabilitzants i components secundaris

a) Vitrificants

Aquesta denominació genèrica agrupa totes les substàncies típicament formadores de vidre:

Sílice

Constituent principal (3/4 de la composició total) de la majoria de vidres comercials. Hi ha fins a 22 variants diferents de sílice (depenent de la temperatura d'exposició). La més important és l'arena de quars o sorra de sílice, que és la que consumeix principalment la indústria del vidre.

Sovint acompanyen les arenes, feldspat, caolí i altres minerals de l'argila que es poden eliminar mitjançant un procés de rentatge, flotació i separació magnètica i/o elèctrica.

Se sol establir el diàmetre màxim de gra entre 0,1 i 0,3 mm per a la fusió en gresol i de 0,5 mm o més en forns.

Òxid de bor (B_2O_3)

S'utilitza en casos molt excepcionals. Component essencial dels vidres neutres per a laboratori, dels vidres termoresistents d'alta estabilitat a canvis sobtats de temperatura per la seva baixa dilatació, de les fibres de vidre i de molts vidres especials.

Òxid de fòsfor (P_2O_5)

La utilització del P_2O_5 es limita únicament a alguns vidres òpals o a vidres de propietats òptiques especials per la seva transparència a l'interval ultraviolat i baixa transmissió de la banda infraroja.

14

b) Fonents

Aquests components tenen la finalitat d'afavorir la formació del vidre, rebaixant la temperatura de fusió i facilitant la seva elaboració. Són modificadors de xarxa (òxids modificadors).

Òxids de sodi

- Carbonat sòdic: El més emprat

Òxids de potassi

Confereixen més brillantor i qualitat al vidre. Reservat per a vidres més nobles i especials que els elaborats amb carbonat sòdic.

Òxids de liti

Són els òxids alcalins menys utilitzats a la indústria vidriera.

Òxids de calci

El carbonat càlcic és el que més comunament s'empra.

Òxids de magnesi

Milloren les propietats del vidre com, per exemple, major estabilitat i reducció de la seva tendència a la desvitrificació. Per exemple, dolomita ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$).

c) Estabilitzants

Òxids de bari

Augmenten la densitat, índex de refracció i lluentor del vidre i milloren la seva sonoritat. Augmenten la densitat del vidre i el fa més fàcil de treballar. S'extreuen de la baritina i la witherita.

Òxids d'alumini

Augmenten la resistència mecànica i l'estabilitat química, conferint al vidre una elevació de la refractarietat, una disminució del coeficient de dilatació tèrmica i una millor resistència al xoc tèrmic. Els vidres aluminosos requereixen temperatures de fusió més altes i presenten majors dificultats per al seu afinament. Formen aquest grup els feldspats, els hidròxids d'alumini (es limita el seu ús a certs tipus de vidre verd) i els caolins (es limita a fabricació de fibra de vidre).

Òxids de plom

Proporcionen un alt índex de refracció i lluentor, una elevada densitat i una bona sonoritat. Fonen amb facilitat i resulten molt mal·leables. Utilitzats per a vidres òptics, vidres amb aplicacions elèctriques i electròniques, en vidres especials (absorbents de radiació X i radiació gamma) i en vidres artístics i decoratius. Si conté més d'un 24% de PbO se l'acostuma a anomenar, erròniament, cristall.

Òxids de zinc

Millora la resistència química del vidre, elevant-ne l'índex de refracció, augmentant-ne la duresa i reduint-ne el coeficient de dilatació tèmica.

d) Components secundaris

S'inclouen altres constituents minoritaris amb funcions determinades: colorants, descolorants, opacificants, fluidificants, etc. Els fluorurs s'utilitzen majoritàriament com a fluidificants i opacificants, i determinats àcids metàl·lics (estany, coure, crom i altres) com a colorants.

2.2.2 Formació del vidre (fusió)

També es pot anomenar fase de vitrificació encara que normalment es coneix com a fase de fusió. Podem diferenciar quatre etapes: reacció de components, dissolució de l'excedent de la sílice sense reaccionar, afinament i homogeneïtzació, i, en darrer lloc, repòs i condicionament tèrmic.

En aquesta fase se succeeixen totes quatre etapes dins del forn seguint un programa tèrmic curosament establert amb un augment progressiu de la temperatura fins a un màxim de 1550° C seguit d'un refredament i d'un període d'estabilització en què la massa vítria obté una rigorosa homogeneïtat tèrmica, necessària per a la seva immediata conformació.

a) Reacció de components

La formació de vidre suposa una sèrie de transformacions físiques

i reaccions químiques a alta temperatura, mitjançant la qual la mescla vitrificable es converteix en una massa vítria.

Durant aquest procés els components de la mescla experimenten múltiples modificacions que inclouen transformacions cristal·lines, l'evaporació de l'aigua d'humitat, la deshidratació de les sals hidratades, la dissociació dels carbonats i sulfats, les reaccions entre les diferents espècies químiques, la seva fusió i la dels productes de reacció, i la seva dissolució en la fosa que es va formant.

b) Dissolució de l'excedent de la sílice sense reaccionar

Després d'haver reaccionat els components de la mescla vitrificable i d'haver donat lloc a la formació d'una base fosa, resta encara un excés de sílice sense digerir pel vidre. La seva incorporació es du a terme mitjançant un lent procés de dissolució regit per un mecanisme de difusió. Un fenomen característic que es produeix durant la dissolució de la sílice en el vidre és la formació de nombroses

bombolles produïdes per l'augment d'acidesa que experimenta la fosa.

c) Afinament i homogeneïtzació

Un cop dissolts en la fosa els darrers residus sòlids de la mescla, la massa vítria resultant presenta encara nombroses heterogeneïtats. El procés d'homogeneïtzació de la massa vítria fosa i d'eliminació de part dels gasos dissolts i de les bombolles ocloses reben el nom d'afinament. La importància d'aquest procés radica en la complexitat i diversitat de les reaccions que es duen a terme, així com que aquest procés determinarà en gran mesura la qualitat del producte obtingut.

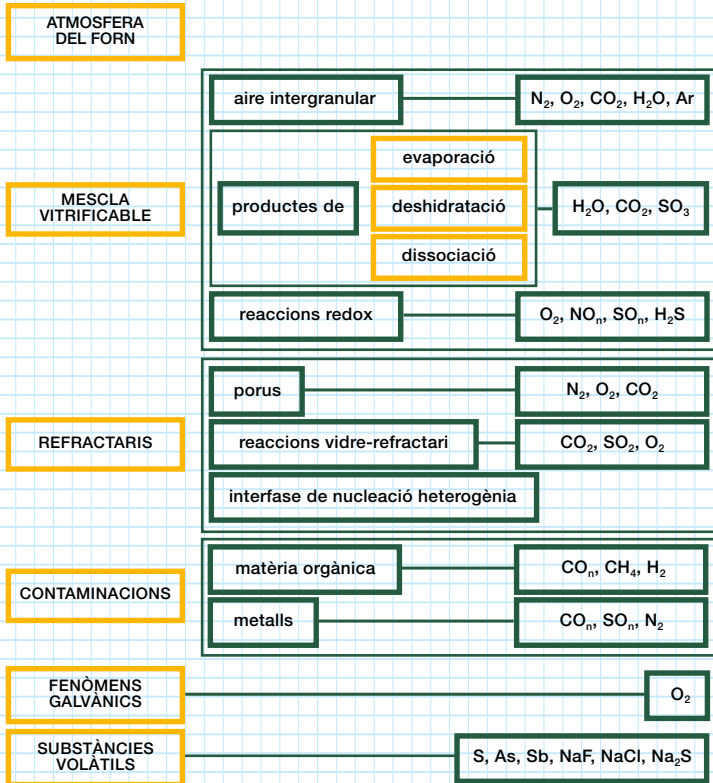
La mescla vitrificable aporta la major part dels gasos al vidre, bé en forma d'humitat i d'aire, físicament retinguts entre els seus components, bé formant part de la seva constitució química mateixa. Així, juntament amb l'oxigen i el nitrogen de l'aire, s'incorporen principalment diòxid de carboni i l'òxid de sofre (VI) procedents de la descomposició dels

carbonats i sulfats, i òxid de sofre (IV) que resulta de la reducció d'aquests. La quantitat total de gasos introduïda per cada kg de mescla vitrificable pot estimar-se entre 50 i 200 litres, mesurats en condicions normals. També poden ser causa generadora de gasos les impureses que acompanyen les matèries primeres així com els materials refractaris en el lent procés de corrosió d'aquests per la massa vítria fosa.

Encara que una gran part dels gasos que queden en llibertat en el vidre fos es desprenen en forma de bombolles, una part considerable s'absorbeix formant una veritable dissolució i sovint amb valors propers als de saturació. Això suposa una potencial adversitat pel que fa a la qualitat del vidre ja que tot aquest gas dissolt, que pot arribar a ser tres vegades el volum del vidre fos mateix, pot formar bombolles o alteracions de la qualitat del vidre en el cas que en les fases següents del procés hagi alguna petita alteració de les condicions que mantenen l'equilibri de la dissolució.

EL VIDRE I LA INDÚSTRIA DEL VIDRE

Principals fonts d'aportació gasosa al vidre durant les etapes de reacció dels seus components



Mentre que gran part de les bombolles formades al vidre arriben per si mateixes a la superfície i esclaten en ella, moltes altres, de menors dimensions o situades a major fondària, no disposen de temps suficient per escapar de la massa fosa. L'eliminació d'aquestes bombolles que, juntament amb l'homogeneïtzació de la massa vítria, constitueix la finalitat principal de l'operació d'afinament, es pot realitzar de maneres diferents, o bé mitjançant procediments químics, o bé per medis tèrmics o mecànics.

Agents químics d'afinament

Donat que les bombolles formades després de les etapes de reacció i de digestió de la sílice estan constituïdes predominantment per CO_2 , N_2 i H_2O , s'utilitzen preferentment afinants que cedeixin O_2 i SO_2 .

Com agents afinants en vidres sodicàlcics s'utilitza principalment sulfat de sodi, que deixa anar SO_2 . Per a vidres al bor s'utilitzen òxids

d'arsènic i d'antimoni en unió de nitrats, que cedeixen O_2 ; òxids i peròxids que aporten O_2 ; halogenurs, que es volatilitzen, i clorats i perclorats, que proporcionen O_2 .

Procediments físics

Solen reforçar l'actuació dels agents químics.

Els principals processos físics utilitzats per facilitar el moviment de la massa fosa són:

- Agitació mecànica mitjançant borbolladors o mitjançant agitadors
- Agitació per corrents de convecció, generats mitjançant elèctrodes situats al fons del forn.

d) Repòs i condicionament tèrmic

Després de l'etapa d'afinament cal un refredament del vidre fos entre uns 300 i $350^\circ C$ fins que s'assoleixi uniformement, en tota la seva massa, la temperatura adequada al procés de conformació a la que

vagi a ser sotmesa. Amb aquest procés s'intenta també igualar la viscositat i, per tant, la velocitat de flux i el repartiment de matèria per aconseguir gruixos uniformes i evitar defectes de forma.

Amb el condicionament tèrmic finalitza el procés de fusió del vidre i aquest resta en disposició de ser extret i modelat en la seva forma definitiva.

La diversitat que presenta la indústria del vidre dóna lloc a l'ús d'una àmplia gamma de matèries primeres. La fusió i reacció de les matèries primeres individuals a alta temperatura és la fase essencial de la producció del vidre.

El procés de fusió es du a terme de manera pràctica amb la utilització de diferents tècniques que varien en funció de la font energètica, del volum de producció, de l'aprofitament energètic i del tipus de vidre i del producte final.

Principals tècniques de fusió

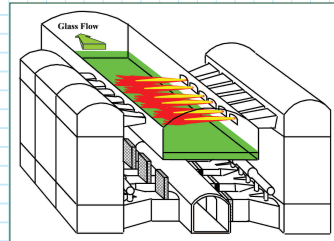
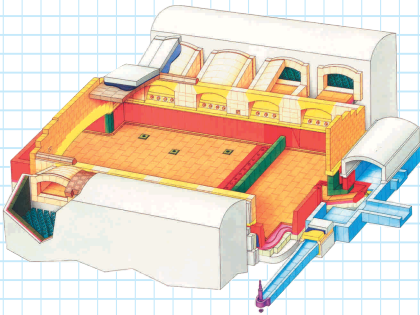
Forns regeneradors (*cross fired* i *end fired*)

Utilitzen sistemes de recuperació de calor. Els cremadors solen col·locar-se a l'interior o per sota de les entrades/sortides de l'aire de combustió/gasos residuals. L'escalfor dels gasos residuals s'utilitza per escalfar una cambra que conté material refractari, que absorbeix l'escalfor que servirà per preescalfar l'aire abans de la combustió.

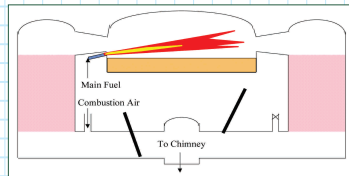
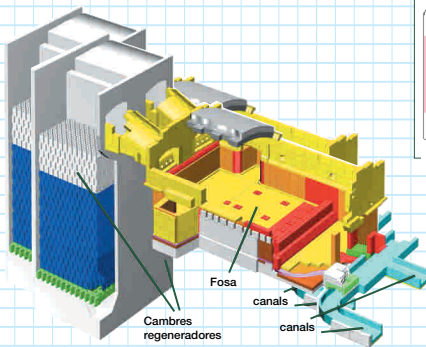
Poden assolir-se unes temperatures màximes de preescalfament de 1400° C, la qual cosa es tradueix en unes eficiències tèrmiques molt elevades. El forn solament s'encén per una banda simultàniament.

En el cas del forn regenerador *cross fired* les entrades/sortides de combustió i els cremadors es col·loquen al llarg dels laterals del forn, així com les cambres regeneradores. En el forn regenerador *end fired*, els principis que regeixen el funcionament són els mateixos, però les dues cambres regeneradores estan situades a un extrem del forn.

Forn regenerador (Cross fired) © Copyright SEPR



Forn regenerador (End fired) © Copyright SEPR

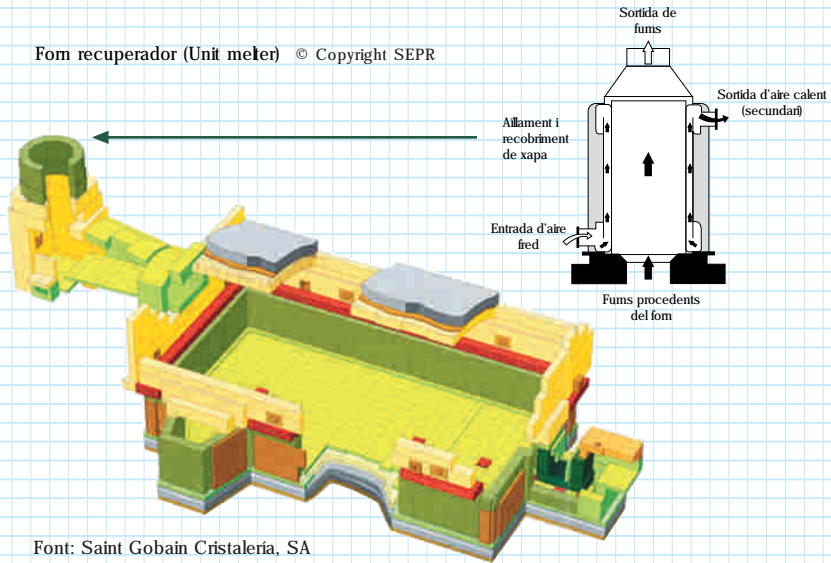


Font: Saint Gobain Cristalería, SA

Els forns recuperadors metàl·lics (Unit melter)

Utilitzen bescanviadors de calor (recuperadors tèrmics) per a la recuperació de calor, amb preescalfament continu de l'aire de combustió mitjançant els gasos residuals. Les temperatures de preescalfament de l'aire estan limitades a uns 800° C pel que fa als recuperadors metàl·lics. La capacitat de fusió específica (per unitat d'àrea de fusió) dels forns recuperadors és aproximadament el 30 % inferior a la dels forns regeneradors. Els cremadors se situen al llarg de cadascun dels laterals del forn, transversals al flux del vidre, i cremen contínuament des d'ambdós costats. Aquest tipus de forn s'utilitza principalment en aquells casos en els quals es requereix una elevada flexibilitat de funcionament, especialment en aquells vidres el procés de fabricació del qual provoca grans condensacions de gasos que bloquejarien les cambres de regeneració. Resulta més adequat per a instal·lacions de petita capacitat, tot i que els forns de capacitat més elevada (fins a 400 tones diàries) no són del tot infreqüents.

Forn recuperador (Unit meler) © Copyright SEPR



Font: Saint Gobain Cristaleria, SA

L'escalfament per oxicombustió a fuel

Implica la substitució de l'aire de combustió per oxigen (>90% de puresa). L'eliminació de la major part del nitrogen de l'atmosfera de combustió redueix el volum dels gasos residuals en unes dues terceres parts. Això suposa una important reducció de les emissions de NOx i un estalvi energètic considerable. El disseny bàsic del forn

és com el dels forns amb recuperador unit meler, amb cremadors laterals múltiples i una única sortida dels gasos residuals, però sense recuperació de calor.

Els forns elèctrics

Consten d'un motlle amb revestiment refractari, suportat per un bastiment metàl·lic. L'energia necessària per a la fusió se subministra mitjançant l'escalfament d'elèctrodes. La tècnica sol aplicar-se a petits forns, sobretot per a vidres especials. Hi ha un límit superior de viabilitat econòmica dels forns elèctrics pel que fa a les dimensions, que depèn del cost de l'electricitat, en comparació amb els combustibles fòssils. La substitució de combustibles fòssils al forn evita la formació de productes de combustió.

Fusió combinada de combustible fòssil i electricitat

Poden adoptar dues modalitats: l'encesa de combustible fòssil predominantment amb suport elèctric; o l'escalfament principalment

elèctric amb el suport del combustible fòssil. El suport elèctric és un mètode que consisteix en l'addició de calor extra a un forn de vidre, fent passar un corrent elèctric a través d'uns elèctrodes situats a la base del forn. Una tècnica menys comuna consisteix en l'ús de gas o de fuel com a combustible de suport per als forns d'escalfament principalment elèctric.

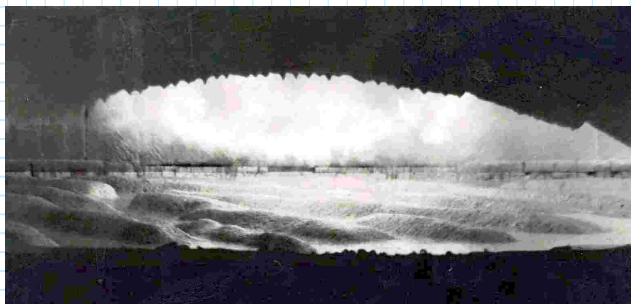
Els forns de fusió discontinua

S'utilitzen en aquells casos en els quals calen quantitats més reduïdes de vidre, especialment si la formulació del vidre es veu modificada amb regularitat. En aquests supòsits, s'utilitzen forns de gresol o cubilots (*day tank*) per a la fusió de composicions específiques de matèries primeres.

Els dissenys de forns especials

S'han creat per millorar l'eficàcia i el comportament ambiental. Els més coneguts d'aquests tipus de forns són el forn amb cremadors de baixa emissió de NO_x i el forn Flex.

EL VIDRE I LA INDÚSTRIA DEL VIDRE



Interior del forn de fusió. Etapa de fusió. Vidre pla.
Font: Saint-Gobain Cristalería, SA

Principals tècniques de fusió utilitzades, segons el sector

TÈCNiques DE FUSIÓ
forn regenerador
forn recuperador metàl·lic
forn d'oxicombustió a fuel
forn d'oxicombustió a gas
forn elèctric
fusió combinada (fuel i electricitat)
forn de fusió discontinua (gresol o cubilots)
forn especial: baixa emissió de NOx
forn especial: forn Flex

SECTOR	TÈCNICA DE FUSIÓ
vidre d'envasos	totes
vidre pla	forn regenerador
fibra de vidre de filament continu	forn recuperador, forn d'oxicombustió a fuel
vidre d'ús domèstic	totes
vidres especials	forn regenerador, forn recuperador, forn elèctric, forn d'oxicombustió a gas, forn de fusió discontinua (gresol o cubilots)
llana de vidre	forn recuperador
llana de roca	cubilots d'injecció d'aire calent per combustió de coc
fibra ceràmica	forn elèctric
frita	forns continus o discontinus a fuel o gas amb recuperador metàl.lic. A plantes modernes de frita solen utilitzar forns d'oxicombustió a fuel

2.2.3 Procediment de conformació i modelatge del vidre

El comportament plàstic i viscos que presenten tots els vidres a alta temperatura, permet modelar-los al llarg d'un interval tèrmic més o menys ampli, per diferents procediments, com són el colament, el bufat, l'estirament, el laminatge i el premsatge.

a) Fabricació de vidre buit

El procés de conformació es duu a terme en dues fases, i existeixen dos procediments:

- Premsatge - bufat
- Bufat - bufat

b) Fabricació de vidre pla

Vidre pla és tot aquell que ha estat conformat en làmines. Existeixen diversos procediments: colament, laminatge i flotació.

c) Fabricació de vareta i tub de vidre

Els principals procediments emprats són: mandrí giratori i estirament.

d) Fabricació de llana de vidre

Els principals procediments emprats són: estirament i centrifugació.

e) Fabricació de filaments continus de vidre

El principal procediment utilitzat és l'estirament mecànic.

2.2.4 Refredament i recuita del vidre

Un cop que el vidre ha pres la seva forma, encara cal sotmetre'l a un dels processos més delicats: el del seu refredament controlat o recuita. Això és perquè el pas del vidre del seu estat plàstic a un estat rígid cal que es faci amb la suficient lentitud perquè la seva estructura es relaxi tan uniformement com sigui possible i no es

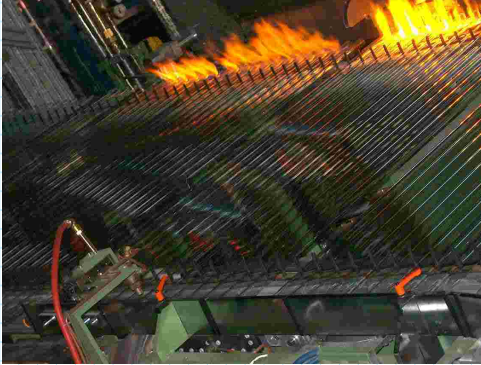
produueixin tensions mecàniques que el farien inservible per a qualsevol futura utilització.

El vidre trempat s'obté refredant bruscament en lloc on s'utilitza el procediment abans descrit.

2.2.5 Acabats i comercialització

Els clients de la indústria del vidre solen ser altres indústries que necessiten aquests productes per a la comercialització dels productes propis. Per aquest motiu, els aspectes ambientals associats a la fase del procés *downstream processing* no es tindran en compte en aquesta guia i s'haurien de contemplar en la indústria o sector receptor.

EL VIDRE I LA INDÚSTRIA DEL VIDRE



Acabat i tall
Etapa d'acabats i comercialització
Vidre especial (tub de vidre)
Font: Schott Atevi, SA



Empaquetadora
Etapa d'acabats i comercialització
Vidre especial (tub de vidre)
Font: Schott Atevi, SA

3. Aspectes ambientals de la indústria del vidre i tècniques de control

3.1 Aspectes ambientals

3.1.1 Els principals aspectes ambientals per a la indústria del vidre són les emissions a l'aire i el consum energètic.

3.1.2 Les principals emissions a l'atmosfera que es produeixen són els diòxids de sofre i de carboni i òxids de nitrogen. Les emissions dels fons també poden contenir metalls pesants així com considerables quantitats de partícules. Es considera que el sector del vidre és el responsable del 0,7% de les emissions totals d'aquestes substàncies dins de la UE.

3.1.3 Presenta un potencial significatiu d'emissions de pols (emissions difuses). Tots els sectors compresos en la indústria del vidre es nodreixen de matèries primeres polvoritzades o granulades amb els conseqüents

ASPECTES AMBIENTALS DE LA INDÚSTRIA DEL VIDRE I TÈCNIQUES DE CONTROL

processos d'emmagatzematge i manipulació.

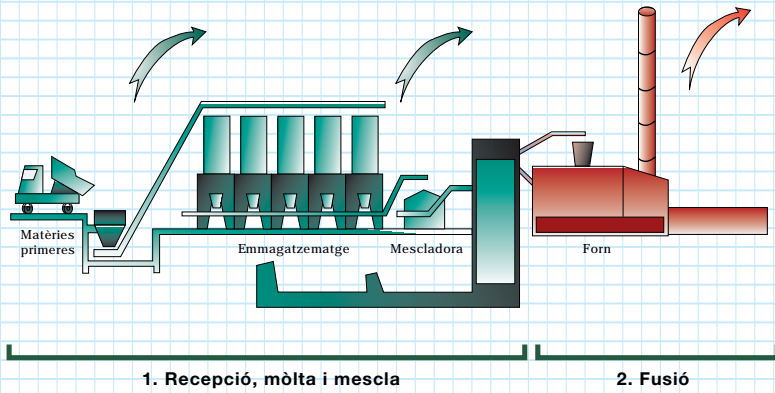
3.1.4 Requereix una aportació energètica intensa donades les altes temperatures de treball. Les fonts d'energia són el fuel, el gas natural i l'electricitat.

3.1.5 La indústria del vidre en general no és una gran consumidora d'aigua, ja que es realitza un alt percentatge de recirculació. Aquesta, s'utilitza en processos de refredament, de neteja i d'humidificació dels components.

3.1.6 A tots els sectors es pot generar una quantitat de residus de vidre corresponent a peces fora d'especificacions. A la majoria dels casos es pot aprofitar de nou reintroduint-lo en el procés de fusió. Només en els casos de producció de vidres caracteritzats per una elevada qualitat tant de composició com d'estructura, no és possible el seu reciclatge en la mateixa planta.

**ASPECTES AMBIENTALS DE LA INDÚSTRIA DEL VIDRE
I TÈCNiques DE CONTROL**

Principals fonts emissores de partícules i altres contaminants a l'atmosfera

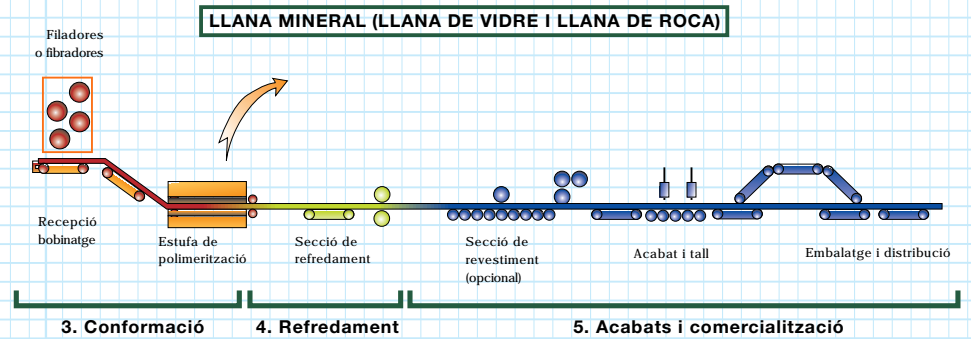
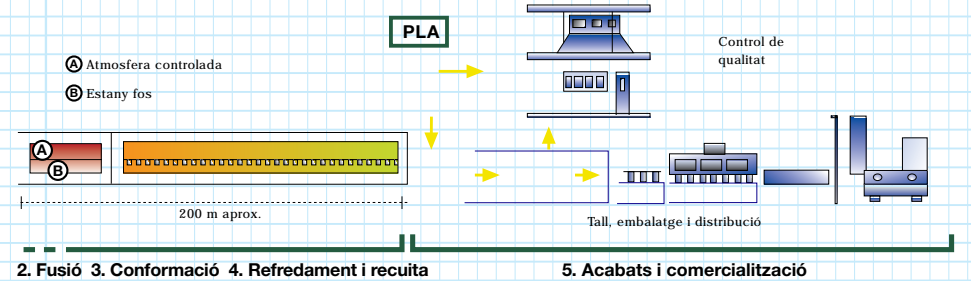
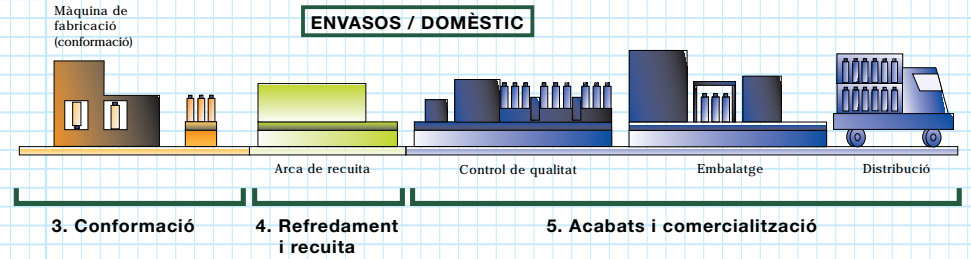


Principals punts d'emissions de partícules

Xemeneia del forn (partícules i d'altres contaminants)

Emissions de compostos orgànics volàtils (COV)

Els principals focus d'emissió de contaminants a l'atmosfera estan localitzats en les dues primeres etapes del procés d'elaboració del vidre.



3.2 Tècniques de control

Molts dels sectors que pertanyen a la indústria del vidre utilitzen foms continus de grans dimensions amb unes vides útils que poden arribar a 12 anys. Degut al cost dels foms i la necessitat del seu funcionament de manera continuada al llarg de tota la campanya, les modificacions o aplicacions de tècniques secundàries, si aquestes són complexes, ha de coincidir amb el final de la campanya, moment en el que es realitzen les activitats pròpies de reconstrucció i manteniment.

Les tècniques que es poden utilitzar per aconseguir els nivells d'emissió desitjats es troben compreses en dos grans grups: tècniques primàries i tècniques secundàries. Entenem per tècniques primàries aquelles mesures i/o tècniques que eviten o minimitzen la generació dels contaminants en qüestió. Anomenem tècniques secundàries aquelles mesures i/o tècniques que retenen, tracten o inertitzen totalment o parcialment els contaminants generats. No cal utilitzar tècniques secundàries si es poden assolir els nivells d'emissió desitjats mitjançant tècniques primàries.

Les següents tècniques se centren bàsicament en el control de les emissions a l'aire, ja que són les més significatives:

**ASPECTES AMBIENTALS DE LA INDÚSTRIA DEL VIDRE
I TÈCNIQUES DE CONTROL**

3.2.1 Partícules

TÈCNICA	OBJECTIU	EFICÀCIA	INSTAL·LACIONS	NIVELLS ASSOLIBLES	PARTICULARITATS	COST
Modificacions forns	Variable	Menor que les tècniques secundàries		Menor eficiència que amb tècniques secundàries		Variable
Precipitador electrostàtic (PE)	Partícules de 0,1 a 10 micròmetres	95-99%	Totes excepte cubilots de llana de roca	20 mg/m ³ o menys	Molt espai	0,5-2,75 M€ Cost op. anual: 0,03-0,2 M€
Filtres de mànega	Partícules de 0,1 a 10 micròmetres	95-99%	Pràcticament totes	Menys de 10 mg/m ³ (poden assolir 0,1 a 5 mg/m ³)	> 240° C calen mesures tècniques afegides (1)	Semblants a PE

Tècniques primàries

Tècniques secundàries

(1) Tècniques afegides com per exemple mànegues de detecció d'incendis i sistemes de refrigeració dels gasos.

3.2.2 Òxids de nitrogen (NOx)

TÈCNICA	EFICÀCIA	INSTAL·LACIONS	NIVELLS ASSOLIBLES	PARTICULARITATS	COST
Menor proporció aire/combustible	40-60%		< 650-1.100 mg/Nm ³ (sola o en combinació)		Baix Cost operatiu: Baix
Combustió per etapes	40-60%		< 650-1.100 mg/Nm ³ (sola o en combinació)		Baix Cost operatiu: Baix
Disseny de forns amb cremadors de baixa emissió de NOx	40-60%		< 650-1.100 mg/Nm ³ (sola o en combinació)	Certes restriccions al procés	
Procés FENIX (paquet d'optimització de la combustió per mesures primàries per a un forn concret)			510 mg/Nm ³ (1,1 kg/tona) (sola o en combinació)		Cost de la patent
Oxicombustió a fuel		Qualsevol		Risc financer elevat (cost O ₂ i emplaçament)	
Reducció química mitjançant combustible (3R)		Forns regeneradors	< 500 mg/Nm ³	6-10% d'increment consum combustible	Cost de la patent. Major cost pel combustible, compensable amb sistemes de recuperació d'energia i combinació de tècniques primàries
Reducció química mitjançant combustible (Recuita)		Forns regeneradors	En desenvolupament	En desenvolupament	Major cost pel combustible, compensable amb sistemes de recuperació d'energia i combinació de tècniques primàries
Sistemes catalítics de reducció selectiva (SRC)	75-95%	Qualsevol però possibles problemes amb forns de fuel pesant, llana de vidre o filament continu	< 500 mg/Nm ³	Cal precipitador electroestàtic (PE) i rentatge de gasos	1-4,5 M€ amb cost operatiu 0,075-0,5 M€
Sistemes no catalítics de reducció selectiva (SRNC)	30-70%	Qualsevol		Sistemes d'aplicació correcta de l'amoniac en plantes existents i forns regeneradors	0,2-1,35 M€ amb cost operatiu 23.000-225.000 €

Tècniques primàries

Tècniques secundàries

**ASPECTES AMBIENTALS DE LA INDÚSTRIA DEL VIDRE
I TÈCNiques DE CONTROL**

3.3.3 Òxids de sofre (SOx)

Per al control de les emissions de SOx es recorre principalment a les tècniques de selecció de combustible, la formulació de la composició i el rentatge dels gasos àcids.

Es pot produir SOx pel combustible, per la composició dels materials per fondre o per diferents orígens en el cas de la producció de llana de roca.

44

TÈCNICA	EFICÀCIA	INSTAL·LACIONS	NIVELLS ASSOLIBLES	PARTICULARITATS	COST
Fuel baix en sofre		Directiva 1999/32/CE	1230 mg/Nm ³ amb contingut 8% oxigen	Sol ser més car	Segons mercat. Normalment a menys sofre més car
Gas	Quasi lliure de sofre			Adequar cremadors i altres modificacions	Segons mercat. Sol ser més car que el fuel
Coc i escòries amb baix contingut en sofre en la prod. Llana de vidre				Disponibilitat reduïda	
Rentatge sec de gasos	Variable			Cal afegir precipitador electrostàtic (PE) o filtre de mànega	
Rentatge semisec de gasos	Variable			Cal afegir precipitador electrostàtic (PE) o filtre de mànega	
Reciclatge de la pols de filtre de circuit tancat	50%	Forns regeneradors	200-800 mg/Nm ³ per a gas 800-1.600 mg/Nm ³ per a fuel sofre a l'1%		

Tècniques primàries

Tècniques secundàries

ASPECTES AMBIENTALS DE LA INDÚSTRIA DEL VIDRE I TÈCNiques DE CONTROL

3.3.4 Àcid fluorhídric (HF) i àcid clorhídric (HCl)

Les emissions d'HF i d'HCl generalment provenen de la seva volatilització en els materials de la composició, tant si hi són presents a tall d'impureses com si s'hi afegeixen intencionadament per conferir unes característiques específiques del producte o de processament concretes al vidre.

TÈCNICA	EFICÀCIA	INSTAL·LACIONS	NIVELLS ASSOLIBLES	PARTICULARITATS	COST
Reformulació dels components		Tots		Que sigui tècnicament viable	
Rentatge		Fibra de vidre de filament continu			

Tècniques disponibles de reducció de HF i HCl

Tècniques primàries

Tècniques secundàries

3.3.5 Emissions d'activitats no procedents de la fusió

Les emissions del processament aigües avall (*drownstream processing*) són específiques del sector. Llevat del sector de la llana mineral, les emissions solen ser molt més baixes que les corresponents a les activitats de fusió. Les tècniques de reducció de la contaminació, en general, es basen en la recollida convencional de pols i en tècniques de rentatge humit amb certa oxidació tèrmica.

3.3.6 Emissions a l'aigua

En general, les emissions al medi ambient hidràulic són relativament poc importants. L'aigua s'utilitza principalment per a la neteja i el refredament i pot reciclar-se o tractar-se fàcilment mitjançant l'ús de tècniques estàndards com les que es mostren a la llista següent.

ASPECTES AMBIENTALS DE LA INDÚSTRIA DEL VIDRE I TÈCNiques DE CONTROL

Llista de tècniques de tractament potencials de les aigües residuals d'aplicació a la indústria del vidre.

TRACTAMENT FÍSIC I QUÍMIC	TRACTAMENT BIOLÒGIC
Desgreixatge	Llot activat
Decantació	Biofiltració
Centrifugació	Tamisatge
Filtració	
Neutralització	
Aireig	
Precipitació	
Coagulació i floculació	

Poden suscitar-se problemes específics de contaminació orgànica a partir dels processos de llana mineral i de fibra de vidre de filament continu en el cas que no s'hagi aplicat el tractament adequat i també poden plantejar-se problemes quant als metalls pesants (especialment el plom) derivats de les fases de manipulació en els processos dels vidres especials, de la frita i del vidre d'ús domèstic.

3.3.7 Residus sòlids

Una característica de la indústria del vidre és que la majoria de les activitats produeixen uns nivells relativament baixos de residus sòlids. Els residus del procés principal són matèries primeres no utilitzades, vidres residuals que no han estat convertits en producte i productes residuals. Entre altres residus sòlids, cal incloure els refractaris residuals i la pols recollida en l'equip o conducte de fums de reducció. Per regla general, els residus no fibrosos es reciclen fàcilment al procés.

48

3.3.8 Energia

La fabricació del vidre és un procés que requereix una aportació d'energia intensa i les eleccions de la font energètica, la tècnica d'escalfament i el mètode de recuperació de calor són cabdals per al disseny del forn i per al rendiment econòmic del procés. Les mateixes eleccions són alguns dels factors més importants que afecten el rendiment ambiental i l'eficàcia energètica de l'operació de fusió. En general, l'energia necessària per a la fusió del vidre

ASPECTES AMBIENTALS DE LA INDÚSTRIA DEL VIDRE I TÈCNIQUES DE CONTROL

representa més del 75% de les necessitats energètiques totals de la fabricació del vidre. Les tècniques principals per a la reducció del consum energètic es mostren tot seguit:

- Tècnica de fusió i disseny del forn (per ex.: regeneradors, recuperadors, oxicombustió a fuel).
- Control de la combustió.
- Ús de la calcina.
- Preescalfament de la calcina/composició.
- Valorització energètica de residus.

4. Les millors tècniques disponibles

4.1 General

Una característica important de moltes instal·lacions de la indústria del vidre és la reconstrucció periòdica dels forns. El cicle de reconstrucció significa també que l'edat del forn és important en la determinació de l'acció idònia a emprendre des del punt de vista de les millors tècniques disponibles (MTD).

Les condicions de referència són:

- Per als gasos de combustió: ambient sec, temperatura de 0° C (273 K), pressió de 101,3 kPa, 8% d'oxigen per volum (forns continus) i 13% d'oxigen per volum (forns discontinus). Pel que fa als sistemes alimentats per oxicombustió a fuel, l'expressió de les emissions corregides al 8% d'oxigen té escàs valor i les emissions procedents d'aquests sistemes s'haurien de discutir des del punt de vista de la massa.

- Quant a altres gasos (incloent-hi les emissions procedents dels foms de cura i assecatge sense incineració de gas de sortida): temperatura de 0° C (273 K), pressió de 101,3 kPa, i sense correcció d'oxigen ni concentració de vapor d'aigua.

4.2 Partícules/pols

En general, les MTD per al control de les emissions de pols són l'ús d'un precipitador electrostàtic o d'un sistema de filtre de mànegues, que funcionin sempre que s'escaigui, juntament amb un sistema de rentatge de gasos àcids sec o semisec. El nivell d'emissions de partícules associat a l'ús d'aquestes MTD és de 5 - 30 mg/Nm³, que equival generalment a menys de 0,1 kg/t de vidre fos. Aquestes xifres es basen en un període mitjà típic no inferior a 30 minuts ni superior a 24 hores. En alguns casos, l'aplicació de les MTD per a les emissions de metalls poden donar lloc a uns nivells d'emissions inferiors pel que fa a partícules. En general, les mesures secundàries per a la reducció de partícules representen les MTD per a la majoria dels foms de vidre, a menys que es puguin assolir unes emissions equivalents amb mesures primàries.

LES MILLORS TÈCNiques DISPONIBLES

TÈCNICA	TÈCNICA ASSOCIADA SI ÉS NECESSARI	EMISSIONS ASSOLIDES	EQUIVALÈNCIA MASSICA
Precipitador electrostàtic	Rentatge sec o semisec de gasos àcids	5-30 mg/Nm ³	0,1 kg/tona de vidre fos
Filtre de mànegues	Rentatge sec o semisec de gasos àcids	5-30 mg/Nm ³	0,1 kg/tona de vidre fos

MTD de reducció de partícules/pols

4.3 Òxids de nitrogen

La selecció de les tècniques representatives de les MTD per reduir les emissions de NOx dependrà en gran mesura de:

- L'emplaçament
- La tècnica de fusió emprada
- L'antiguitat del forn

Determinades tècniques poden assolir resultats diferents en diverses aplicacions, i es pot incórrer en costos diferents, depenent de les condicions específiques de cada indret.

En general, aplicant únicament mesures primàries, es poden assolir nivells d'emissió compresos entre 600 i 850 mg/Nm³ per a la majoria de sectors i valors de 1500 mg/Nm³ per al sector del vidre domèstic (utilització de nitrats a la formulació).

En els sectors de vidre d'envasos, el vidre pla, els vidres especials (incloent el vidre soluble), la llana mineral i la frita; el nivell de les emissions dels òxids de nitrogen (expressats com a NO₂), associats a les MTD és de 500-700 mg/Nm³. Les tècniques que poden emprarse per assolir-ho poden variar segons els sectors degut a:

- els costos associats
- la dificultat relativa de la seva aplicació

i els nivells d'emissió poden variar quan:

LES MILLORS TÈCNIQUES DISPONIBLES

- s'utilitzin nitrats a la formulació
- s'utilitzin determinats materials reciclats
- els foms s'apropin a la fi de la seva campanya

El sector del vidre d'ús domèstic té un consum energètic específic més elevat i un augment del potencial de formació de NOx (igual que el sector de vidre d'envasos) degut a:

- restriccions relatives a la qualitat del producte
- uns volums de producció inferiors
- dimensions mitjanes dels foms més reduïdes
- restriccions relatives a la calcina
- temperatures més elevades
- temps de residència més prolongats

i en general, en els supòsits que la fusió elèctrica (bé del 100% o bé predominantment elèctrica) sigui econòmicament viable, i concretament quant a la fabricació de cristall, vidre de cristall i vidre opali, la tècnica es considera com a MTD. En aquest cas, el nivell d'emissions associat a les MTD, per regla general, seria de 0,2-1,0 kg/tona de vidre fos. En els casos que la fusió elèctrica no sigui econòmicament viable, la tècnica més idònia serà, generalment, específica de cada instal·lació. Es preveu que el nivell d'emissions corresponent als òxids de nitrogen (expressats com a NO_2) associats a les MTD sigui de 500-700 mg/Nm^3 (o de 0,5 - 1,75 kg/tona de vidre).

Els cubilots de llana de roca no donen lloc generalment a emissions substancials de NO_x i poden assolir-se unes emissions inferiors a 0,5 kg/tona de fusió sense la utilització de tècniques de control específiques. Quan s'empren cubilots, el nivell d'emissions associat a les MTD es considera equivalent al de la fabricació de llana de vidre. La fibra ceràmica es produeix exclusivament amb foms elèctrics

LES MILLORS TÈCNIQUES DISPONIBLES

i les emissions de NOx estan, per regla general, significativament per sota dels 0,5 kg/tona de fusió.

SECTOR	TÈCNICA DE FUSIÓ	EMISSIONS ASSOCIADAES A MTD
Vidre d'envasos, vidre pla, vidre especial, llana mineral i frita	Variable	500-700 mg/Nm ³
Filament continu	Oxicombustió a fuel compatible amb SRNC Altres tècniques de combustió amb aire	0,5-1,5 kg/tona de vidre fos 500-700mg/Nm ³
Vidre d'ús domèstic	Fusió elèctrica (quan és econòmicament viable) Altres Oxicombustió a fuel o SRNC amb mesures primàries o Forns regeneradors amb 3R/recuita i mesures primàries	0,2-1,0 kg/tona de vidre fos 500-700 mg/Nm ³ 0,5-1,5 kg/tona de vidre fos
Cubilots de llana de roca	Sense controls específics	0,5 kg/tona de fusió
Cubilots de llana de roca	Fusió en cubilots	Com la llana mineral (500-700 mg/Nm ³)
Fibra ceràmica	Exclusivament forn elèctric	<0,5kg/tona de fusió

MTD de reducció de NOx

4.4 Òxids de sofre

Un factor molt important que determina el nivell d'emissions de SO_x és l'elecció del combustible i del seu contingut de sofre. Es preveu que, en la majoria dels casos, les MTD relatives a les emissions de pols impliquin l'ús d'un sistema de reducció que, sovint, inclourà rentatge de gasos àcids. Els residus sulfatats produïts, generalment, poden reciclar-se amb les matèries primeres del forn per tal d'evitar la generació d'un corrent de residus sòlids. Malgrat tot, hi ha un límit al nivell fins al qual el vidre pot actuar a mode de col·lector del sofre i el sistema pot assolir ràpidament l'equilibri amb la remissió d'una quantitat significativa de sofre reciclat.

Les opcions econòmicament viables per al reciclatge del material fora de la planta són summament limitades i la via d'eliminació que té més punts a favor és la deposició controlada. A la pràctica, hi ha molts casos en els quals es pot assolir un nivell d'emissions molt baix amb el reciclatge íntegre de les partícules generades.

LES MILLORS TÈCNIQUES DISPONIBLES

La taula següent ens permet observar els nivells d'emissió de SO_x associats a les MTD, i segons el combustible utilitzat i segons es prioritzi la reducció de SO₂ o la minimització de residus sulfatats.

SECTOR/PRIORITAT	NIVELLS D'EMISSIONS DE LES MTD (mg SO ₂ /Nm ³)		COMENTARIS
	GAS	FUEL	
Vidre d'envasos amb reducció de SO ₂ com a prioritat	200 - 500	500 - 1.200	
Vidre d'envasos amb minimització de residus com a prioritat	< 800	< 1.500	Quan l'equilibri de masses no permet assolir les xifres anteriors.
Vidre pla amb reducció de SO ₂ com a prioritat	200 - 500	500 - 1.200	
Vidre pla amb minimització de residus com a prioritat	< 800	< 1.500	Quan l'equilibri de masses no permet assolir les xifres anteriors.
Vidre d'ús domèstic	200 - 500	500 - 1.300	Si la composició és de baix contingut en sulfat, aleshores < 200 per a la combustió de gas. De l'interval de valors, la xifra superior està associada al reciclatge de la pols.
Vidres especials, incloent el vidre soluble	200 - 500	500 - 1.200	De l'interval de valors, la xifra superior està associada al reciclatge de la pols.
Llana de vidre	generalment < 50	300 - 1.000	Generalment, vidre de baix contingut en sulfat.

MTD de reducció de SO_x

LES MILLORS TÈCNIQUES DISPONIBLES

4.5 Eficiència de rentatge en sec [Ca(OH)₂] juntament amb precipitador electrostàtic (PE) o filtre de mànegues

CONTAMINANT	PE		FILTRE DE MÀNEGUES
	400° C	200° C-280° C	
SO ₂	50%	10%	10%
SO ₃	80%	90%	95%
HCl	70%	35%	80%
HF	95%	95%	95%
SeO ₂	90%	70%	90%

60

4.6 Altres emissions procedents de la fusió

Les més significatives són l'àcid clorhídric (expressat com a HCl), l'àcid fluorhídric (expressat com a HF) i els metalls i els seus compostos. Les MTD, per a la major part dels sectors, relatives a aquestes substàncies són generalment equivalents. Les MTD per al control d'aquestes emissions són la selecció de les matèries primeres per a la minimització de les emissions, combinada amb el rentatge dels gasos àcids, quan s'escaigui.

LES MILLORS TÈCNiques DISPONIBLES

Es considera que el rentatge dels gasos àcids constitueix una MTD si els nivells identificats més avall no poden assolir-se mitjançant l'adopció de mesures primàries

El nivell d'emissió associat a les MTD corresponent a aquests metalls i als seus compostos és $< 0,2 \text{ mg/Nm}^3$.

CONTAMINANT	MTD	NIVELLS
Àcid clorhídric (HCl)	Selecció de matèries primeres + Rentatge dels gasos àcids (si cal)	$< 30 \text{ mg/Nm}^3$
Àcid fluorhídric (HF)	Selecció de matèries primeres + Rentatge dels gasos àcids (si cal)	$< 5 \text{ mg/Nm}^3$
Metalls del Grup I + Grup II	Selecció de matèries primeres + Rentatge dels gasos àcids (si cal)	$< 5 \text{ mg/Nm}^3$
Metalls del Grup I	Selecció de matèries primeres + Rentatge dels gasos àcids (si cal)	$< 1 \text{ mg/Nm}^3$

MTD de reducció d'altres emissions procedents de la fusió

Metalls del grup I (As, Co, Ni, Se, Cr (VI))

Metalls del grup II (Sb, Pb, Cr (III), Cu, Mn, V, Sn)

LES MILLORS TÈCNIQUES DISPONIBLES

Tot seguit, es representa l'esquema d'altres contaminants que, potencialment, poden presentar-se en les emissions de certs sectors i els nivells d'emissió d'aquests contaminants, associats a les MTD:

SECTOR	COMPONENT	NIVELLS
Sector frita i vidres especials	Cadmi i tal·li	< 0,2 mg/ Nm ³
Fibra de vidre de filament continu	Fluorur	5 mg/ Nm ³ per composició sense fluorur afegit 15 mg/ Nm ³ per composició amb fluorur afegit
Llana de roca	CO	< 200 mg/ Nm ³
Llana de roca	SH ₂	< 5 mg/ Nm ³

Casos específics

Emissions a l'aigua

Les emissions al medi aquàtic procedents de les activitats de la indústria del vidre són generalment baixes i no específiques d'aquesta indústria. Els nivells d'emissions que podrien assolir-se, mitjançant l'ús d'aquelles tècniques que generalment són considerades representatives de les MTD, són els següents:

LES MILLORS TÈCNIQUES DISPONIBLES

Sòlids en suspensió	< 30 mg/l
Demanda química d'oxigen	100 - 130 mg/l (Nota 1)
Amoniàc (Kjeldahl)	< 10 mg/l
Sulfats	< 1.000 mg/l
Fluors	15 - 25 mg/l
Arsènic	< 0,3 mg/l
Antimoni	< 0,3 mg/l
Bari	< 3,0 mg/l
Cadmi	< 0,05 mg/l
Crom (Total)	< 0,5 mg/l
Coure	< 0,5 mg
Plom	< 0,5 mg/l (Nota 2)
Níquel	< 0,5 mg/l
Estany	< 0,5 mg/l (Nota 3)
Zinc	< 0,5 mg/l
Fenols	< 1,0 mg/l
Àcid bòric	2 - 4 mg/l
pH	6,5 - 9
Oli mineral	< 20 mg/l

(Nota 1) - Quant al sector de la fibra de vidre de filament continu, aquesta xifra es considera que és de 200 mg/l.

(Nota 2) - Quant als processos del vidre d'ús domèstic que empen quantitats significatives de compostos de plom, es considera que 1,0 mg/l és el nivell més apropiat. No obstant no es coneixen obstacles tècnics significatius que impedeixin anibar a 0,5 mg/l.

(Nota 3) - Quant als processos de vidre d'envasos que empen rentadors de gasos de via humida, es considera més adequat un nivell d'emissions < 3 mg/l.

LES MILLORS TÈCNIQUES DISPONIBLES

En el cas de la fabricació de vidre bufat (ampolles) hi ha pèrdues d'aigua i oli als motlles. Fet que incideix en les característiques de les aigües residuals, per això les concentracions de contaminants seran més elevades.

4.7 Conclusions i recomanacions del BREF

La indústria és summament diversa i no sol ser adequat especificar una única tècnica com a MTD en la majoria dels casos. No obstant sí que es poden proposar uns límits d'emissions que es poden aconseguir utilitzant les MTD adequades segons el sector del vidre concret.

Tot seguit representem 3 gràfics, un per cada contaminant, amb els nivells associats a l'ús de les MTD.

CONTAMINANT	SECTOR	MTD *	NIVELL D'EMISSIÓ ASSOCIAT A MTD ***	
			EMISSIÓ CONCENTRACIÓ	EMISSIÓ MÀSSICA
PST	Envasos Domèstic Especial Pla Llana de vidre	Filtre de mànega ** Precipitador electrostàtic	5-30 mg/Nm ³	<0,1 kg/t

* En ocasions caldrà un rentador semisec de gasos àcids per optimitzar el funcionament de la mesura correctora

** Més proper a 5 mg/Nm³

*** Amb mesures primàries no es poden assolir aquests valors

LES MILLORS TÈCNIQUES DISPONIBLES

CONTAMINANT	SECTOR	MTD	NIVELL D'EMISSIÓ ASSOCIAT A MTD	
			EMISSIÓ	EMISSIÓ MÀSSICA
NO _x	ENVASOS	Mesures primàries (modificació combustió)	600-850 mg/Nm ³	0,9-1,3 kg/t vidre
		Oxicombustió a fuel	aprox.500 mg/Nm ³	0,5 kg/t vidre fos
		3R/Reburning per forn regenerador	500-700 mg/Nm ³	0,5-1,1 kg/t vidre fos
		SNCR/SCR		
	DOMÈSTIC *	Modificació combustió	1000-1500 mg/Nm ³	2,5-3,75 kg/t vidre fos
		Fusió elèctrica		0,2-1,0 kg/t vidre fos
		SNCR/SCR/3R per a forns regeneradors	500-700 mg/Nm ³	0,5-1,75 kg/t vidre fos
		Oxicombustió a fuel		
	ESPECIAL	Mesures primàries	600-850 mg/Nm ³	
		Oxicombustió i SNCR o SCR	500-700 mg/Nm ³	
	PLA	Mesures primàries (oxicombustió)	600-850 mg/Nm ³	
		Modificació combustió (no oxicombustió)	850 mg/Nm ³	2,2 kg/t vidre fos
		Tècniques primàries	500-700 mg/Nm ³	1,25-1,75 kg/t vidre fos
		Tècniques primàries + 3R/Reburning Oxicombustió i SNCR/SCR	500 mg/Nm ³	1,25 kg/t vidre fos
	LLANA DE VIDRE	Oxicombustió o forn elèctric	500-700 mg/Nm ³	0,5-1,4 kg/t vidre fos
		Mesures secundàries	700 mg/Nm ³	1,4 kg/t vidre fos

* Els nivells habituals d'emissió en aquest sector sense mesures correctores són : 1500-2000 mg/Nm³ (no oxicombustió) /3,75-5 kg/t vidre fos.

CONTAMINANT	SECTOR	MTD	NIVELL D'EMISSIÓ ASSOCIAT A MTD		
			EMISSIÓ	EMISSIÓ MÀSSICA	
SOx	ENVASOS	Prioritat reducció SOx	Gas - Rentador via seca o semiseca	200-500 mg/Nm ³	0,3 - 0,75 kg/t vidre fos
			Fuel - Rentador via seca o semiseca	500-1200 mg/Nm ³	0,75 - 1,8 kg/t vidre fos
		Prioritat valorització pols i calcina	Gas - Rentador via seca o semiseca	800 mg/Nm ³	1,2 kg/t vidre fos
			Fuel - Rentador via seca o semiseca	1500 mg/Nm ³	2,25 kg/t vidre fos
	DOMÈSTIC	Prioritat reducció SOx	Gas - Rentador via seca o semiseca	200 mg/Nm ³	0,5 kg/t vidre fos
			Fuel - Rentador via seca o semiseca	500-1300 mg/Nm ³	1,25 - 3,25 kg/t vidre fos
		Prioritat valorització pols i calcina	Gas - Rentador via seca o semiseca	200-500 mg/Nm ³	0,5 - 1,25 kg/t vidre fos
			Fuel - Rentador via seca o semiseca	1300 mg/Nm ³	3,25 kg/t vidre fos
	ESPECIAL	Prioritat reducció SOx	Gas - Rentador via seca o semiseca	200 mg/Nm ³	
			Fuel - Rentador via seca o semiseca	500-1200 mg/Nm ³	
		Prioritat valorització pols i calcina	Gas - Rentador via seca o semiseca	200-500 mg/Nm ³	
			Fuel - Rentador via seca o semiseca	1200 mg/Nm ³	
	PLA	Prioritat reducció SOx	Gas - Rentador via seca o semiseca	200-500 mg/Nm ³	0,5 - 1,25 kg/t vidre fos
			Fuel - Rentador via seca o semiseca	500-1200 mg/Nm ³	1,25 - 3 kg/t vidre fos
Prioritat valorització pols i calcina		Gas - Rentador via seca o semiseca	< 800 mg/Nm ₃	2 kg/t vidre fos	
		Fuel - Rentador via seca o semiseca	< 1500 mg/Nm ₃	3,75 kg/t vidre fos	
LLANA DE VIDRE		Gas	< 50 mg/Nm ₃		
		Fuel - Rentador via seca o semiseca	300-1000 mg/Nm ³		

5. Límits d'emissió proposats

En primer lloc cal dir que el rang de valors d'emissió que s'associen a l'ús de les millors tècniques disponibles en el sector del vidre s'ha determinat sense poder tenir en compte tots els condicionaments locals, ja que es tracta d'un document de referència d'aplicació a tot el territori de la Unió Europea. Aquest rang requereix una adaptació d'acord amb les circumstàncies i característiques de les instal·lacions producte dels condicionaments territorials. Igualment, s'ha de tenir en compte que el progrés econòmic i social ha de ser compatible amb el respecte al medi ambient. S'exclou de l'aplicació d'aquests límits la fabricació artesana de vidre. Caldrà tenir en compte la vida útil dels forns de fusió i en quin moment de la campanya (10 anys aproximadament) està específicament cada activitat o empresa. És important remarcar que aquesta proposta té un caràcter orientatiu, i en tot cas s'haurà de procedir a l'estudi individual de cada instal·lació i de les característiques específiques dels productes que elabora, per tal de fixar els corresponents límits d'emissió en l'autorització ambiental.

CONTAMINANT	FONT ENERGÈTICA	INSTAL·LACIÓ	ENVASOS		DOMÈSTIC		ESPECIAL		PLA		LLANA DE VIDRE		
			mg/Nm ₃		mg/Nm ₃		mg/Nm ₃		mg/Nm ₃		mg/Nm ₃		
SO ₂	fuel gas natural o electricitat mixt	nova existent nova existent qualsevol	F	1200/1500 (1) 1600 800 900 (2)	F	1300 500	F	1200 500	F	1200/1500 (1) 1600 800 900 (2)	F	1000 50	
NOx (3)	fuel gas natural o electricitat	qualsevol	F	850 900	F	1500	F	850 (4)	F	850 900	F	700	
PST	qualsevol	nova existent	F/P	30 40	F/P	30	F/P	30	F/P	30 40	F/P	30 50	
Cl-	qualsevol	qualsevol	F/P	30	F	30	F	30	F/P	30	F	30	
F-			F	5	F/P	5	F/P	5	F/P	5	F	5	
Metalls (I i II) (5)			F	6 (6)	F/P	6 (6)	F/P	6 (6)	F/P	6 (6)	F	6 (6)	
Metalls (I) (5)			F	1	F	1	F	1	F/P	1	F	1	
Sn			P	5									
H ₂ S			F	5									
CO			F	200									
COT	P	50											
NH ₃	P	65											

F: Límit aplicable únicament al fom de fusió
P: Límit aplicable als focus de procés.

- (1) Prioritat reducció d'emissió de SOx/Prioritat reducció residus.
- (2) Límit ponderat per l'energia aportada per cada combustible.
- (3) Els límits d'emissió podran ser més estrictes en cas que la fàbrica estigui situada en zones amb capacitat restringida o vulnerabilitat alta respecte a aquest contaminant.
- (4) Aquest límit podrà ser més tolerant en cas d'utilització de nitrats en la formulació.
- (5) Grup I As, Co, Ni, Se, Cr (VI)
Grup II Sb, Pb, Cr (III), Cu, Mn, V, Sn
- (6) Pb no pot ser superior a 1,5 mg/Nm₃

LÍMITS D'EMISSIÓ PROPOSATS

Límits d'emissió sempre referits a $T = 273^{\circ} \text{K}$, $P = 101,3 \text{ kPa}$ i a més

- en el cas de fons continus: gas sec i 8% d' O_2 .
- en el cas de fons discontinus: gas sec i 13% d' O_2 .
- en el cas de fer servir combustió enriquida amb oxigen no s'aplicarà el corresponent percentatge de referència d'oxigen.

Amb una freqüència màxima trimestral es trametraran les dades corresponents a les tones de vidre foses per cada fom a la DGQA. En el cas de la determinació dels límits d'emissió mitjançant mesuraments puntuals, el seu període de mostreig serà de com a mínim 1 h.

LÍMITS D'EMISSIÓ PROPOSATS

D'acord amb la Decisió 2000/479/CE sobre la implantació d'un registre/inventari europeu d'emissions contaminants (EPER) (DOCE L192/36 de data 28 de juliol de 2000), els contaminants per als quals la indústria del vidre ha de facilitar dades d'emissió són els següents:

EMISSIONS A L'AIGUA	EMISSIONS A L'ATMOSFERA
General	
Nitrogen total Fòsfor total	CO CO ₂ NH ₃ COVNM NO _x SO _x
Metalls i els seus compostos	
As i compostos Cd i compostos Cr i compostos Cu i compostos Hg i compostos Ni i compostos Pb i compostos Zn i compostos	As i compostos Cd i compostos Cr i compostos Cu i compostos Hg i compostos Ni i compostos Pb i compostos Zn i compostos
Altres compostos	
Fluorurs	Clor i compostos inorgànics Fluor i compostos inorgànics PM10
Altres compostos orgànics	
Benzè, toluè, etilbenzè, xilè Carboni orgànic total (TOC)	

LÍMITS D'EMISSIÓ PROPOSATS

No obstant, cal fer esment que la relació de contaminants de la taula té caràcter orientatiu, és a dir, que això no significa que les indústries del sector hagin d'establir una metodologia sistemàtica de control de tots i cadascun d'aquests contaminants, sinó únicament d'aquells per als quals es fixin directius en la corresponent autorització ambiental.

6. Annex

Condicions per a la determinació i el control dels nivells d'emissió de contaminants a l'atmosfera

6.1. Pautes per a la determinació dels nivells d'emissió

a) Mesurament automàtic en continu de:

- Contaminants: PST, NO_x, SO_x, (CO únicament per al sector de llana de vidre)
- Paràmetres: Cabal o velocitat de sortida de gasos, T, %O₂ i (%H₂O).

No caldrà el mesurament de la humitat en el cas que tots els analitzadors en continu de contaminants i paràmetres proporcionin resultats referits a gas sec.

b) Mesuraments manuals puntuals periòdics (1 cop cada 2 anys):

El període de mostreig d'aquests serà de com a mínim 1 h.

Metalls pesants (grup 1 i 2), HF, HCl i / o H₂S (llana de vidre) a mesurar en funció del tipus de vidre a fabricar i als focus de procés, a més a més també s'hauran de mesurar PST, COT i/o NH₃ quan s'escaigui.

c) Altres requisits per al mesurament en continu:

Per als equips de mesura en continu d'emissió de partícules o gasos que controlin focus puntuals d'emissió en fàbriques de vidre s'haurien de tenir en compte els aspectes següents:

Calibratge:

- El calibratge i la ubicació dels equips de mesurament en continu de partícules es farà d'acord amb el que s'especifica en la instrucció tècnica corresponent del DMA.
- Durant el calibratge es determinaran els valors dels intervals de confiança del 95% per als diferents contaminants mesurats. Els valors dels intervals

no podran superar els percentatges següents respecte dels valors límit:

Partícules sòlides: 30%

Òxids de nitrogen: 20%

Diòxid de sofre: 20%

Monòxid de carboni: 10%

Elaboració de mitjanes:

Els equips faran lectures de concentració de les emissions cada minut.

Les lectures es validaran restant-los el valor de l'interval de confiança del 95% definit anteriorment i se n'obtindran així els valors validats. Amb aquests valors validats s'obtindran les mitjanes semihoràries. La mitjana diària s'obtindrà a partir de les mitjanes semihoràries.

Disponibilitat dels equips de mesurament:

La disponibilitat dels equips de mesurament entesa com a proporció de períodes de temps en què s'observen registres vàlids, haurà de ser

almenys del 90% del temps de funcionament anual, excepte autorització expressa de l'autoritat competent. Es consideren temps de registre no vàlids els de manteniment, avaria o funcionament incorrecte dels equips de mesurament.

Tramesa de dades a l'Administració:

- Caldrà trametre mensualment a l'Administració les incidències detectades, els períodes de calibratge i la justificació de les anomalies com per exemple la superació dels límits o el funcionament anòmal.
- En cas de no estar connectats a la Xarxa d'Emissions a l'Atmosfera de Catalunya, caldrà trametre mensualment, en suport CD, les dades enregistrades en períodes d'un minut, així com també les dades de compliment, d'acord amb els límits estipulats (% de mitjanes semihoràries i diàries que superin el límit estipulat, hores d'avaries, etc.) d'acord amb els criteris del SVCA.

d) Mètodes de mostreig de referència per al calibratge de mesuradors automàtics en continu i per als mesuraments manuals puntuals.

Paràmetres generals:

- Cabal i velocitat: UNE 77225:2000
- Humitat: UNE 77223
- Pressió i temperatura: UNE 77223:1997
- O₂: EPA CTM-030

Contaminants:

CONTAMINANT	MÈTODE DE MESURA
HCl	UNE-EN 1911
HF	EPA 13B
SO ₂	UNE 77216
NOx (com a NO ₂) (1)	EPA 7C
CO	EPA CTM- 030
Metalls	EPA 29
Partícules	EN 13248-1:2001
COT	VDI 3481
H ₂ S	Mèt. 701 del Intersociety Committee of Air Sampling
NH ₃	Mèt. 401 del Intersociety Committee of Air Sampling

(1) Per a instal·lacions de combustió/cogeneració es fa servir el mètode EPA CTM-030 per a mesurar els NOx (com a NO₂)

6.2. Condicions per a la determinació del compliment dels límits d'emissió:

Els límits d'emissió estaran referits a les condicions de temperatura, pressió, humitat i percentatge d'oxigen anteriorment especificats.

a) Mesuraments en discontinu:

- Es considera que es compleixen els límits d'emissió si la mitjana dels mesuraments efectuats està per sota del valor límit corresponent.

b) Mesuraments en continu:

- Es considera que no se superen els límits d'emissió si es compleixen les condicions següents:
 - Si diàriament, el 96% dels valors mitjans semihoraris no supera el 120% del valor límit d'emissió.
 - Si diàriament, cap dels valors mitjans semihoraris no supera el 200% del valor límit d'emissió.
 - Si mensualment, el 96% dels valors mitjans diaris no supera el valor límit d'emissió.