

CO₂ en el mundo del cemento

Molino vertical.

Jose Luis Sáez Hostaled

Licenciado en Ciencias Químicas

(Gerente de Producción. CEMEX ESPAÑA, S.A. Fábrica Morata)

Juan Miguel Romero Morales

Ingeniero Técnico de Minas

(Director Facultativo CEMEX ESPAÑA, S.A. Fábrica Morata)

El Protocolo de Kioto, firmado en 1992 en la famosa Cumbre de la Tierra, definía unos objetivos de reducción del 5% de emisión de gases de efecto invernadero, con un horizonte situado en el año 2012. Veremos, a lo largo de este artículo, cuál ha sido el grado de cumplimiento de España en el marco de la Unión Europea. Posteriormente, el autor, se adentra en el mundo de la fabricación y características del cemento, generación de CO₂, consumo de energía y el uso cada vez más común de combustibles alternativos en la industria cementera en la Unión Europea.



PROTOCOLO DE KYOTO Y PERIODOS DE ASIGNACIÓN

Comencemos por definir qué es el Protocolo de Kyoto: es un instrumento internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un porcentaje de un 5%, dentro del periodo 2008 - 2012, en comparación a las emisiones del año 1990.

Este instrumento se encuentra dentro del marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, suscrita en 1992 dentro de lo que se conoció como la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro (Gráfica 1).

La Política ambiental de la Unión Europea viene de lejos y Mercado Común significa normas comunes. En 1997 la Unión suscribe el Protocolo de Kyoto y adquiere un compromiso de reducción.

El porcentaje de reducción para la Unión Europea es global y cada país tiene sus propios porcentajes individuales de emisión. Los estados miembro de la Unión que

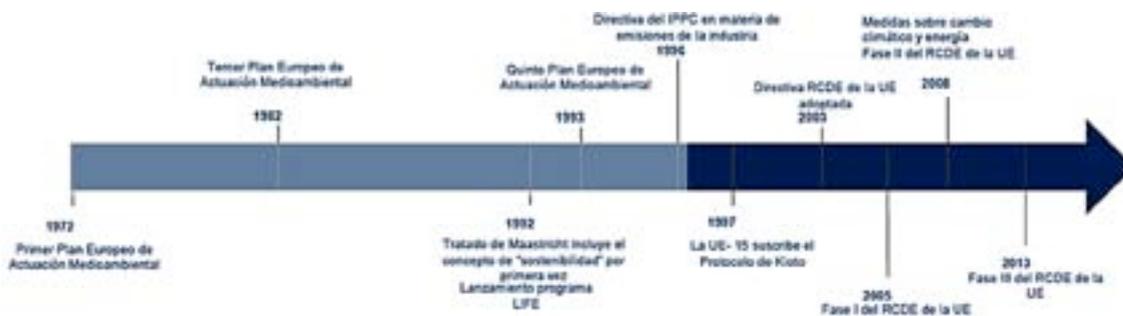
pasaron a formar parte de ella con posterioridad a 1997 tienen sus propios objetivos.

La Unión Europea, en conjunto debía reducir un 8%, y dentro de ella cada Estado Miembro tiene objetivos diferentes. El “reparto de la carga” de los 15 estados miembros de la UE en 1990 era el siguiente:

Bélgica – 92,5%	Dinamarca – 79%	Alemania – 79%
Grecia – 125%	España – 115%	Francia – 100%
Irlanda – 113%	Italia – 93,5	Luxemburgo – 72%
Países Bajos – 94%	Austria – 87%	Portugal – 127%
Finlandia – 100%	Suecia – 104%	Reino Unido – 87,5 %

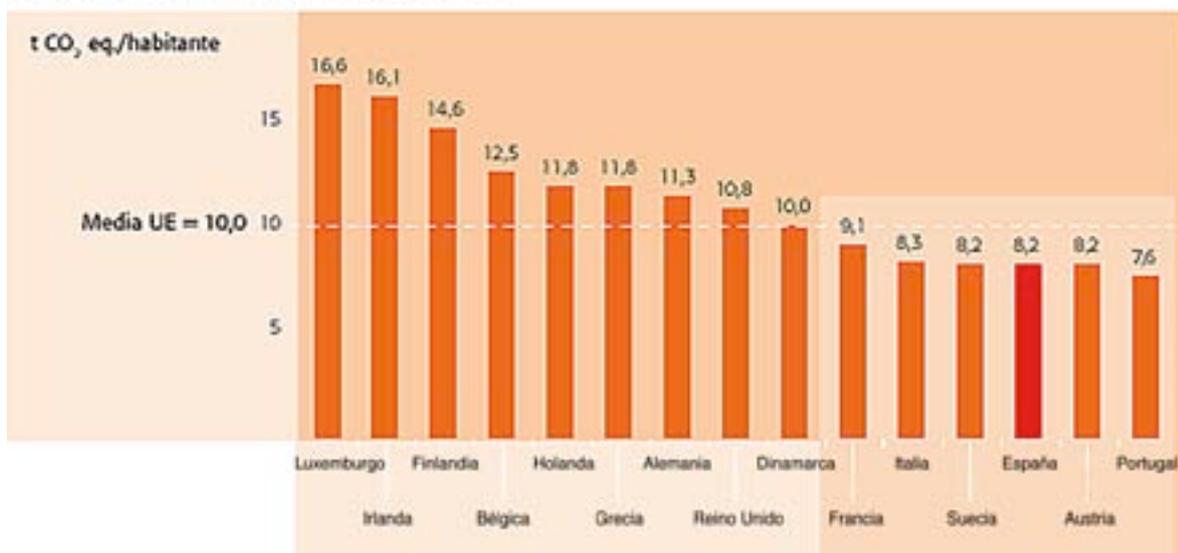
A priori, España salió beneficiada en el reparto de cuotas de CO₂... ¿no? Si observamos la siguiente gráfica (Gráfica 2) comprenderemos más fácilmente porque España no logra cumplir el objetivo.

Nótese que, en los planes de la Unión, un luxemburgués tipo emitiría más del doble que un español tipo y eso a pesar de ver reducida su cuota como país al 72%. Parece claro que España, entre otros, no resultó tan favorecida en el reparto como parecen indicar los porcentajes de referencia.



Gráfica 1. Fuente Bloomberg Energy.

Emisiones GEI objetivo de Kyoto per cápita (2010).



Gráfica 2: Emisiones GEI objetivo de Kyoto per cápita (2010). Fuente Oficemen.



Gráfica 3. Fuente Bloomberg Energy

	Fase I (2005-07)	Fase II (2008-12)
Instalaciones comprendidas	11.000	12.000
Países incluidos	La UE-25 junto con Bulgaria y Rumania sumándose en 2007.	La UE-27 con Islandia, Noruega y Liechtenstein vinculados.
Sectores incluidos	Eléctrico, siderúrgico, de cemento y cal, de refino del petróleo, de vidrio, cerámico, pasta de papel y papel.	Añadidas instalaciones de combustión y acero. La aviación a incluirse a partir de 2012.
GEI incluidos	CO ₂	CO ₂
Asignación gratuita	99 % del límite asignado gratuitamente.	95 % del límite asignado gratuitamente y el 4 % restante se subasta.
Prórrogas	No se permite la prórroga de cuotas a la Fase II.	Cantidad limitada de cuotas que pueden transferirse a la Fase III.
Consumo RCDE	Limitado según cada PNA	1,4 GtCO ₂ e
Miscelánea	Multa de 40 € / MtCO ₂ e por no ceder las cuotas a tiempo (las cuotas aún deben cederse posteriormente).	Multa de 100 € / MtCO ₂ e por no ceder las cuotas a tiempo (las cuotas aún deben cederse posteriormente).

Gráfica 4. Fuente Bloomberg Energy.

Los intentos de establecer un impuesto que gravase las emisiones de gases de efecto invernadero fracasaron debido a presiones políticas, en su lugar se habilita una nueva herramienta como la forma más rentable de disminuir la emisión de gases de efecto invernadero: el Régimen de Comercio de Derechos de Emisión.

Esta herramienta fue adoptada como directiva en 2003 y comenzó su fase I en 2005.

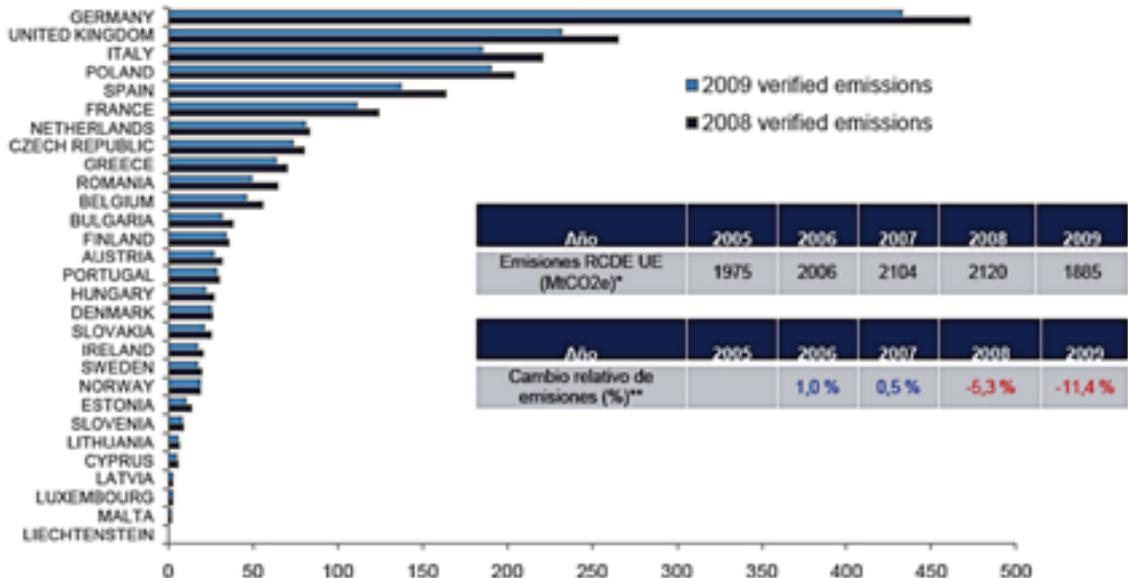
FASES I (2005-2007) Y II (2008-2012).
FASES DE “PRUEBA”

En estas fases, cada país realizó su Plan Nacional de Asignación, PNA, en el que “repartió” por sectores productivos los derechos de emisión, y finalmente asignó unos derechos a cada instalación particular (instalación concreta, no a una empresa o sociedad). Solamente se consideraron las emisiones de CO₂ y unos sectores determinados (Gráfica 3).

Estos son los valores globales para la Unión Europea en las fases I y II (Gráfica 4), y, si vemos la siguiente gráfica (Gráfica 5), parece ir arrojando resultados, si bien insuficientes, si van en la dirección correcta.

Para la fase I la asignación del PNA español para el sector cementero fue de 85 MtCO₂. A finales de 1985 las impresiones del sector cementero eran las siguientes: (Gráfica 6).

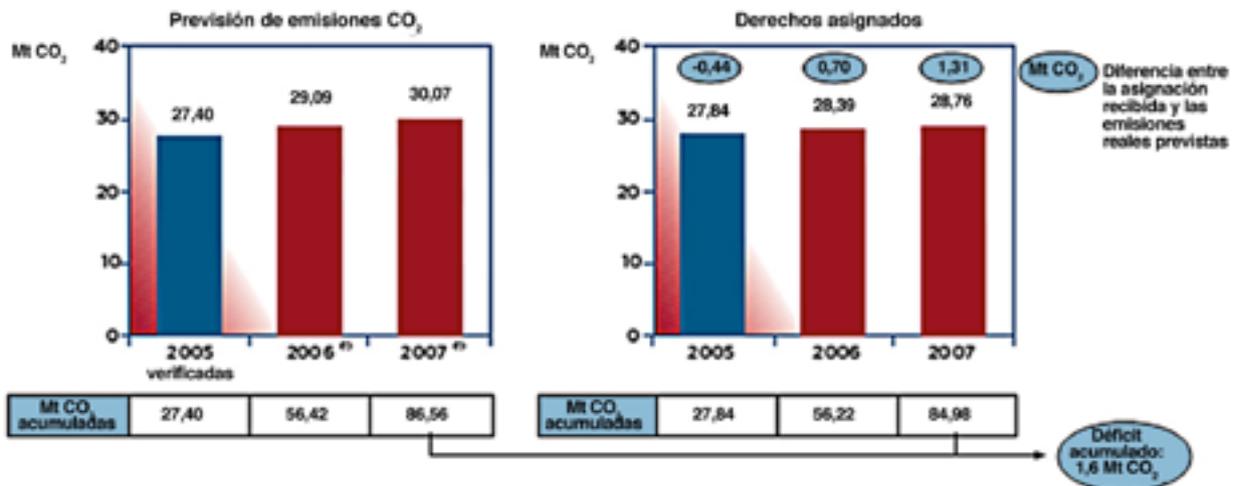
Gráfica 5:
Emisiones RCDE UE por país (MtCO₂e). Fuente Bloomberg Energy.



* Emisiones absolutas incluyen todas las instalaciones notificadoras sin importar el cambio de cobertura de año en año.
** Emisiones relativas solamente incluyen las instalaciones que han informado cada año a partir de 2005-09.



Previsión de emisiones CO₂ y derechos asignados



Gráfica 6. Fuente Oficemen.

Sin embargo, al cierre del periodo, el sector en su conjunto consiguió ahorrar 2,7 millones de toneladas de CO₂, gracias, fundamentalmente, a que la industria invirtió más de 600 millones de euros en los últimos seis años en mejoras encaminadas a proteger el Medio Ambiente.

Para la fase II el PNA español pretende alcanzar el objetivo de emitir el 137 % con respecto al año base (es decir, un 22 % más que el objetivo asignado en el Protocolo de Kyoto) y asigna a la industria 29,015 MtCO₂/año. De acuerdo con los datos disponibles en 2008, el sector está consiguiendo importantes reducciones como muestra la tabla adjunta (Tabla 1).

FASE III 2013-....

¿Cuáles son las principales diferencias entre la fase III y las precedentes? El objetivo es más amplio, se incluyen otros gases de efecto invernadero distintos del CO₂, se incluyen más sectores generadores de emisiones y desaparecen las asignaciones gratuitas para algunos sectores.

La asignación es global para toda la UE, impidiendo que los gobiernos “protejan” a sectores específicos en sus respectivos países (Gráfica 7).

Sin embargo, para reducir gastos y siempre que el estado miembro tome medidas para equivalentes para tratar estas emisiones, se excluyen las pequeñas instalaciones (aquellas que emiten menos de 25.000 tCO₂/año). En España y en la UE las pequeñas instalaciones

País	Verificado (Mt CO ₂ Cemento y Cal)	Asignado (Mt CO ₂ Cemento y Cal)	NVA Cemento y Cal	Verificado (Mt CO ₂ Total)	Asignado (Mt CO ₂ Total)	NVA Total
Alemania	29.001.869	29.930.068	97%	472.999.698	388.770.693	122%
Austria	3.993.304	3.449.785	118%	32.155.618	30.150.656	107%
Bélgica	2.970.361	8.327.707	96%	55.463.954	55.183.716	101%
Bulgaria	No verificado	No asignado		No verificado	No asignado	
Chipre	No verificado	No asignado		No verificado	No asignado	
Dinamarca	2.236.640	2.967.181	87%	26.545.239	23.983.404	111%
Eslavaquia	2.954.090	4.136.842	77%	24.937.851	32.166.094	78%
Eslovenia	1.114.652	879.487	127%	8.856.866	8.214.360	108%
España	25.348.307	31.194.419	87%	163.090.666	151.722.382	107%
Estonia	37.916	39.582	96%	13.548.577	11.678.257	116%
Finlandia	1.688.286	2.039.997	87%	36.101.200	36.530.616	99%
Francia	16.837.971	18.583.763	97%	122.052.350	129.512.054	94%
Grecia	10.467.737	11.603.154	90%	69.892.321	63.683.498	110%
Holanda	858.642	1.105.146	78%	83.494.199	76.756.732	109%
Hungría	2.513.598	No asignado		27.196.893	No asignado	
Irlanda	3.696.340	4.262.798	86%	20.361.898	20.243.031	101%
Italia	28.667.940	30.432.053	94%	219.969.803	197.486.865	111%
Letonia	361.017	307.297	104%	2.796.317	2.719.247	103%
Lituania	902.179	1.058.555	89%	5.937.969	7.009.836	79%
Luxemburgo	641.079	746.132	86%	2.098.894	2.488.228	84%
Malta	No verificado	No asignado		No verificado	No asignado	
Polonia	12.353.214	12.930.698	96%	200.176.306	198.880.796	101%
Portugal	6.782.263	7.207.913	94%	29.913.826	30.496.607	98%
Reino Unido	11.354.096	14.280.766	80%	265.052.694	214.079.037	124%
República Checa	4.057.380	3.836.121	106%	77.905.765	85.445.875	91%
Rumania	2.421.064	9.193.282	87%	60.690.765	69.708.718	87%
Suecia	3.039.275	3.243.816	94%	20.003.418	20.555.601	97%
TOTAL UE 27	184.329.274	201.394.534	93%	2.040.683.137	1.857.936.303	110%

Tabla 1. Fuente Oficemen



Gráfica 7. Fuente Bloomberg Energy

Tabla 2.
Fuente Bloomberg
Energy.

Sector	¿Riesgo significativo de F&C?
Refinado de petróleo	✓
Fabricación de acero	✓
Cemento y cal	✓
Pasta de papel y papel	✓
Cobre	✓
Aluminio	✓
Sustancias químicas	✓
Metales no féreos	✓
Vidrio	
Vidrio plano	✓
Vidrio hueco	✓
Fibra de vidrio	✗
Vidrio hueco	✓
Cerámica	
Uso doméstico y sanitario	✓
Aislantes	✓
Refractaria	✓
Azulejos y losas	✓
Ladrillos, tejas y material de construcción de arcilla cocida	✗

suponen el 60 % de las instalaciones, pero tan solo el 3 % del total de emisiones.

El sector eléctrico, salvo en aquellos países (10 en total) que recibirán un tratamiento especial) deberá acudir a subasta para adquirir los derechos de emisión que necesite.

Los diferentes sectores industriales recibirán una asignación gratuita del 80 % que irá disminuyendo hasta el 30 % en el 2.020 y deberá adquirir todos los derechos que necesite en el 2027 salvo que el sector esté expuesto a fugas de carbono (deslocalización en países no sujetos a control de emisiones), en cuyo caso recibirá el 100 % de la asignación establecida.

Se fijan dos criterios para definir si en un sector existe riesgo de fuga de carbono:

- Si la cantidad de gastos adicionales directos e indirectos provocados por la aplicación de esa Directiva conllevara un aumento considerable de los gastos de producción calculados como parte proporcional del valor bruto añadido, es al menos un 5%.

- Si la intensidad del comercio con terceros, definida como la proporción entre el valor total de las exportaciones a esos países y el total del tamaño del mercado comunitario (volumen anual más el total de importaciones de terceros países), supera el 10%.

Cuya aplicación arroja como resultado que prácticamente todos los sectores involucrados se encuentran en riesgo de fuga de carbono (Tabla 2).

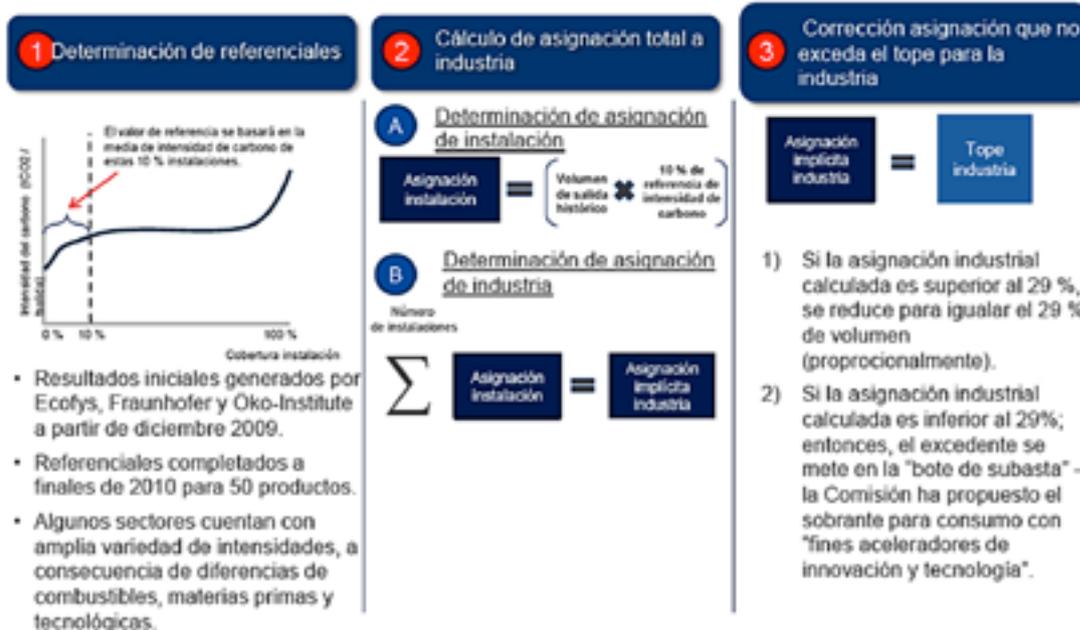
El modo previsto de asignación es el siguiente:

- La UE establecerá un volumen total global de emisión.
- Basándose en los valores verificados para el periodo de la fase I (2.005 - 2.007), establecerá el tope máximo para la industria.
- Dentro de cada sector industrial, la asignación gratuita individual se realizará mediante un marco de referencia de intensidad del carbono (tCO₂ emitidas por t de producto fabricado), a partir del 10 % de las instalaciones más eficaces. (Gráfica 8)

El reglamento de subastas todavía está en fase de reglamento pero:

- El precio será homogéneo – una ronda – licitación cerrada.
- El calendario será previsible.
- Habrá una plataforma de subastas que será un mercado regulado por la Directiva de mercados financieros (MiFID).
- La plataforma será común, lo que garantizará una licitación competitiva conjunta de los Estados miembros y la Comisión Europea y estará abierta a intercambios ya existentes, nuevos participantes podrán solicitar la entrada.
- Los Estados miembros tendrán derecho a no participar y designar una plataforma de subastas propia. Alemania, Reino Unido, Polonia y España ya han manifestado su interés en hacerlo así.
- Existirá elección de producto – “de disposición inmediata” o de “disposición futura”. Los dos son contratos al contado diferenciándose únicamente en la supervisión normativa.
- Muchas instalaciones pequeñas podrán pujar a través de terceros (bancos, intermediarios financieros, etc.).





Gráfica 8. Fuente Bloomberg Energy.

Desde las materias primas y hasta la obtención del cemento, son necesarias unas operaciones de preparación, manipulación, procesos e instalaciones

FABRICACIÓN DEL CEMENTO

En esencia, el cemento es el producto resultante de la mezcla y molienda conjuntas de clinker, yeso y adiciones.

El clinker, componente fundamental y responsable de las propiedades mecánicas y químicas del cemento, es el resultante de la combinación a alta temperatura de los componentes de las materias primas, fundamentalmente caliza y arcilla, molidas y homogeneizadas adecuadamente en unos porcentajes determinados.

El yeso, roca natural, es el responsable de la velocidad de fraguado del cemento, es decir, de la manejabilidad durante el amasado con el agua del cemento y las primeras horas tras el amasado.

Las adiciones son productos naturales o subproductos industriales que mejoran las características del cemento ya sea modificando su resistencia química o mecánica.

Así pues, desde las materias primas y hasta la obtención del cemento, son necesarias unas operaciones de preparación, manipulación, procesos e instalaciones que describiremos a continuación.

Materias primas

En el análisis de un clinker Pórtland encontramos los siguientes elementos, expresados en forma de óxidos, como componentes principales, CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, Na₂O, K₂O, SO₃ y cloruros.

Sin embargo, hoy en día conocemos que aquello que hace al clinker tan especial es su composición mineralógica y, más concretamente, la presencia de silicatos y aluminatos cálcicos (Silicato tricálcico, C₃S o SiO₂·3CaO; silicato bicálcico, C₂S o SiO₂·2CaO; aluminato tricálcico, C₃A o Al₂O₃·3CaO) y otras fases mineralógicas en menor proporción.

De acuerdo con esto, las materias primas básicas para la obtención de clinker son un aportador de cal (CaO) y un aportador de sílice (SiO₂).

Entre las fuentes más habituales de cal encontramos calizas, cretas y margas, en la que el calcio se encuentra



Ejemplo de voladura de grandes barrenos.

en forma de carbonato cálcico, Aunque es obviamente antieconómico, también el mármol sería un aportador adecuado de cal.

Como aportadores de sílice es frecuente utilizar arcillas y margas, en las que el silicio se encuentra formando silicatos complejos con aluminio, hierro, sodio... entre otros.

En función de la naturaleza del material, las canteras se explotan mediante la técnica de voladuras de grandes barrenos, método frecuente para las canteras de caliza, o mediante ripado, método frecuente en el caso de canteras de arcilla.

Los tamaños de partícula que se obtienen tras la extracción de la cantera no son adecuados para su manipulación, por lo que los materiales extraídos son sometidos a una trituración primaria.

Dados los requisitos de calidad existentes hoy en día, no suele ser habitual disponer de un único material con la composición adecuada para la fabricación de clinker (cemento natural), ni tan siquiera dos materiales que mezclados satisfagan todos los requisitos necesarios. Este hecho obliga al uso de los llamados correctores.

Los correctores son materiales naturales o artificiales que “completan” la dosificación de las materias primas en aquellos elementos que carecen.

En función de la naturaleza del material, las canteras se explotan mediante la técnica de voladuras de grandes barrenos

Algunos ejemplos de correctores son la arena, como corrector de sílice, la hematites parda o la limonita, como correctores de fundentes (en general, se denomina fundentes a los óxidos de alúmina y hierro).

Estos materiales se introducen en las tolvas de las básculas dosificadores que alimentan al molino de crudo. Para conseguir la mayor estabilidad posible en las características de los materiales alimentados al molino de crudo, las materias primas se suelen proceder a un proceso de prehomogeneización.

Existen dos posibilidades básicas: homogeneizar cada una de las materias primas por separado u homo-





Molino de bolas.

La reducción de tamaño de las materias primas se realiza en molinos verticales o en molinos de bolas.

geneizar una premezcla en las proporciones deseadas de las diferentes materias primas.

El modo de realizar el proceso de apilamientos y lechos de mezcla es muy variado y depende de la capacidad de producción, espacio disponible, etc.

Crudo

Al conjunto de materias primas finamente molidas se le denomina harina cruda o, simplemente, crudo. Con el

objeto de facilitar su homogeneización y aumentar su reactividad, durante el proceso de molienda, el tamaño de partícula se reduce desde los 50 mm originales de las materias primas hasta que solamente un 18 % es mayor que 0,09 mm.

Esta reducción de tamaño se lleva a cabo en molinos verticales o en molinos de bolas.

- En los molinos verticales la alimentación cae sobre una mesa giratoria y es obligada a pasar bajo unos rodillos que giran locos a la vez que se mantienen con una gran presión. Como resultado, las partículas se fragmentan debido a las fuerzas de cizalladura que se generan.
- En los molinos de bolas el material es alimentado a un cilindro giratorio en cuyo interior se han colocado cuerpos molidores metálicos bien sean estos bolas esféricas o cylpebs (con forma cilíndrica). El movimiento giratorio del molino origina un movimiento “en cascada” de los cuerpos molidores que golpean a las materias primas fragmentándolas. Con objeto de alcanzar las consignas de calidad fija-

das, el crudo producido por el molino debe ser frecuentemente monitorizado y corregidos los porcentajes de las básculas dosificadoras.

Una vez que el crudo ha sido molido, para conseguir la mayor estabilidad posible tanto para la marcha del horno como para la calidad de los productos fabricados, el crudo se homogeneiza en silos.

En estos silos de homogeneización se generan, mediante la inyección de aire a presión, zonas en lecho fluido en las que se lleva a cabo la mezcla.

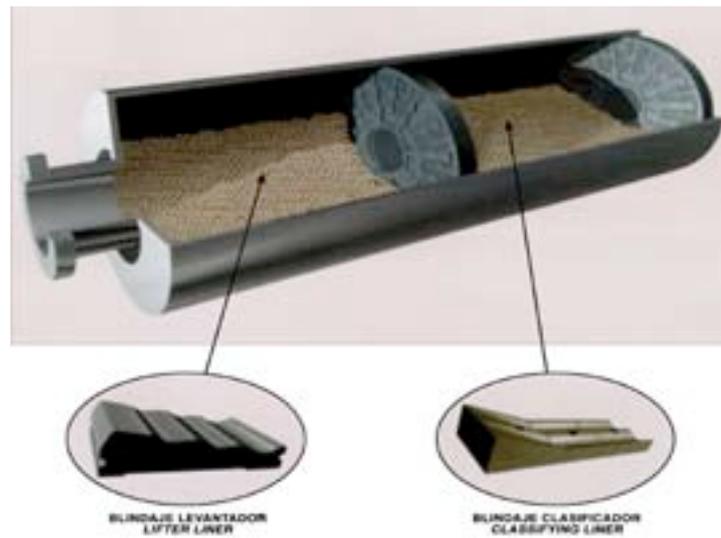
Clinker

El crudo homogeneizado se alimenta al horno rotatorio mediante una báscula dosificadora. En el horno, conforme aumenta la temperatura desde los 50 a 100 °C (entrada) hasta los 1.450 °C (temperatura máxima), las materias primas que conforman el crudo irán perdiendo la humedad, el agua adsorbida y de coordinación de las arcillas, se descompondrán en óxidos y descarbonarán hasta, finalmente, producirse las reacciones de clinkerización que producen las fases mineralógicas que hacen al clinker un producto tan especial. Estas fases, estables a la temperatura de 1.450 °C, pueden sufrir alteraciones si se realiza un enfriado lento del clinker.

Por ello, la salida del clinker del horno se realiza a través un sistema de refrigeración sólido/aire en el que se aprovecha el calor del clinker para precalentar el aire necesario para la quema de los combustibles que han de aportar la energía térmica necesaria para la clinkerización.

Los combustibles “convencionales” utilizados más frecuentemente en nuestro entorno son el carbón o el coque de petróleo, utilizándose otros combustibles, denominados combustibles alternos, provenientes del

La tecnología de los hornos de clinker ha cambiado mucho desde los primeros hornos



Tecnología de los hornos de clinker.

reaprovechamiento de biomasa, residuos plásticos, industriales, etc.

La tecnología de los hornos de clinker ha cambiado mucho desde los primeros hornos verticales hasta los hornos rotatorios que aparecieron a finales del siglo XIX.

El primer horno rotatorio de la industria del cemento fue introducido por Frederik Ransome en 1885, tenía un diámetro de 2 m, una longitud de 25 m y la “enorme” producción de 50 t/día.

Los hornos que se construyen hoy en día tienen diámetros superiores a los 5 m, disponen de sistemas de recuperación de calor de los gases de escape y precalentamiento del crudo a la entrada del horno y producciones superiores a las 5.000 t/día.

Carbón

La energía necesaria para los procesos de clinkerización es el carbón, ya sea este de piedra natural o coque de petróleo. Para favorecer su combustión, el carbón inyectado en el mechero del horno es molido previamente en molinos de bolas, o en molinos verticales, hasta alcanzar tamaños de partícula en los que solamente de un 3 a un 5 % es superior a 0,09mm.

Adicionalmente, desde hace unas décadas, cada vez es mayor el porcentaje de combustibles alternos, no fósiles, que se utiliza en la industria del cemento. Estos combustibles provienen habitualmente del tratamiento/recuperación de residuos y volveremos a hablar de ellos más adelante.



Cemento

Finalmente, el cemento no es sino la molienda conjunta de clinker, yeso y adiciones.

El clinker, en el caso de ser molido y amasado con agua, fragua y endurece rápidamente. No es posible obtener un mortero que mantenga la trabajabilidad más de unos pocos minutos lo que hace necesaria la adición de un componente que regule esta velocidad de fraguado. Esta misión es encomendada al yeso, sulfato cálcico, que hace que la pasta mantenga su trabajabilidad durante algunas horas.

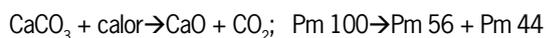
Las adiciones son productos naturales, como rocas puzolánicas, calizas, por ejemplo, o artificiales, como cenizas volantes, escorias de horno alto, etc., que se añaden con el objeto de modificar las propiedades del cemento mejorando su resistencia mecánica o su resistencia al ataque de agresivos químicos.

GENERACIÓN DE CO₂ Y ESTRATEGIAS DE DISMINUCIÓN

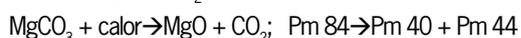
En el proceso de fabricación de cemento el CO₂ se libera durante la fase de clinkerización. En esta fase, se produce la descarbonatación de las materias primas y formación de las fases mineralógicas del Clinker, siendo aportada la energía por diferentes combustibles.

Veamos estos procesos (en la combustión solamente tendremos en cuenta aquellas reacciones que generen CO₂).

Proceso de descarbonatación:

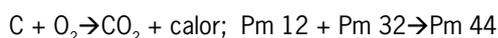


Es decir, por cada 100 g de CaCO₃ descarbonatado se liberan 44 g de CO₂.



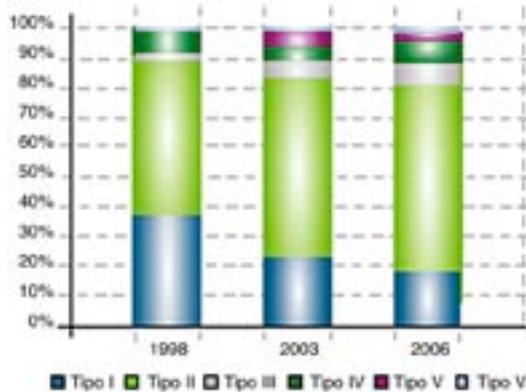
O, de otro modo, por cada 84 g de MgO descarbonatado se liberan 44 g de CO₂

Proceso de combustión:



Por cada 12 g de carbono quemados se generan 44 g de CO₂

Podemos establecer que por cada tonelada de Clinker producido se emiten aproximadamente 0,85 t de CO₂ (no se tienen en cuenta ni el uso de materias primas alternativas ni el posible uso de combustibles alternativos). De ellas 0,3 son debidas a la combustión del car-



Gráfica 9.
Evolución de la producción por tipos de cemento.
Fuente: memoria 2008 Oficemen.

bón necesario para la clinkerización y 0,55 t son debidas a la descarbonatación de las materias primas.

A la vista de esto, aparecen diferentes estrategias para reducir la cantidad de CO₂ emitido por tonelada de cemento producido.

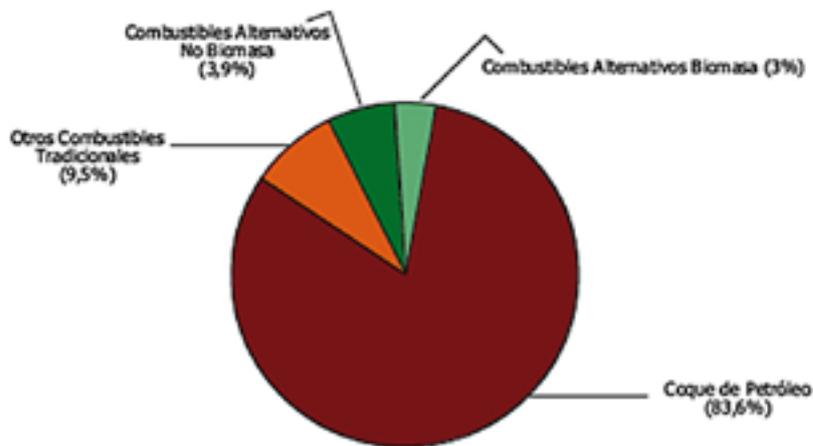
a) Fabricar cementos con menos Clinker.

Recordemos que el cemento está compuesto por Clinker + yeso + adiciones y que estas adiciones se utilizan para modular las propiedades del cemento. Es obvio que, si utilizamos menos Clinker y maximizamos en lo posible las adiciones, reduciremos la cantidad de CO₂ emitido por tonelada de cemento producido.

El cemento, en tanto que es material básico para la construcción, está fuertemente regulado. El mercado CE, obligatorio para su comercialización en la Unión Europea, obliga al cumplimiento de la norma armonizada UNE-EN 197-1, entre otras. Dicha norma fija la tipología, cantidad y calidad de las adiciones que se pueden utilizar en la formulación de los cementos y también los diferentes tipos de cemento que se pueden producir. El uso de adiciones es antiguo en la fabricación de cemento y una tendencia creciente en el mercado es el uso de cementos tipo II, con adiciones de hasta el 20 % de su masa. (Gráfica 9).

En su conjunto, en el año 2008, el sector utilizó más de 3,4 millones de toneladas de adiciones (principalmente cenizas volantes y escorias granuladas de horno alto), lo que supuso un ahorro de emisiones de 3,1 millones de toneladas de CO₂ asociadas al Clinker que fue sustituido.

Como imagen gráfica, 3,1 millones de toneladas de CO₂ corresponderían a la emisión de 1 millón de automóviles durante un año.



Gráfica 10. Aporte calórico por tipos de combustibles en 2008 (Kilotermias). Fuente: memoria 2008 Oficemen.

b) Utilizar materias primas descarbonatadas en la fabricación de crudos para la producción de Clinker.

En un análisis “tipo” de un clinker para cemento portland encontramos, entre otros, los siguientes elementos (expresados como óxidos):

CaO.....	65 %
SiO ₂	21 %
Al ₂ O ₃	5 %
Fe ₂ O ₃	3 %
MgO.....	2,5 %
SO ₃	1,3 %

En principio, cualquier aportador de silicio, calcio, aluminio o hierro, podría ser una materia prima para la fabricación de Clinker, pero la presencia de azufre y cloro, que provocarían problemas en el proceso de fabricación, o la presencia de cromo, cuyo contenido en el cemento como cromo soluble esta limitado a 2 ppm, hacen difícil encontrar materias primas utilizables para la fabricación de cemento.

Aun así, a lo largo de 2008 el sector utilizó 0,7 millones de toneladas de residuos industriales tales como cenizas de escorias de procesos térmicos, cascarilla de hierro, lodos de papeleras, arenas de fundición, lodos de potabilizadora de aguas... etc., lo que permitió ahorrar espacio en nuestros vertederos por una superficie equivalente a 10 campos de fútbol. Sin embargo, la disponibilidad de materiales descarbonatados aptos para la fabricación de Clinker es escasa.

c) Utilizar combustibles alternativos.

A la hora de hablar de las estrategias de ahorro de emisiones en combustión, puede parecer que se omite la

búsqueda de procesos más eficientes, que requieran menores consumos de energía en la fabricación del Clinker.

Si bien esto no es así, y se investiga constantemente en la búsqueda de tecnologías más eficientes, es justo reconocer que la industria cementera española se encuentra entre las tres más eficientes energéticamente del mundo, tan solo superada por Corea y Japón.

El consumo de energía calorífica en la industria cementera española se distribuye del siguiente modo (Gráfica 10).

El uso de combustibles alternativos, aquellos diferentes de los combustibles fósiles tradicionales como carbón, coque de petróleo, fuel, etc. es práctica común en la industria cementera en la Unión Europea (Gráfica 11).

Si bien en España, como puede verse en el gráfico siguiente, todavía nos encontramos en “él furgón de cola”, su uso está cada vez más extendido en la industria nacional (Gráfica 12).

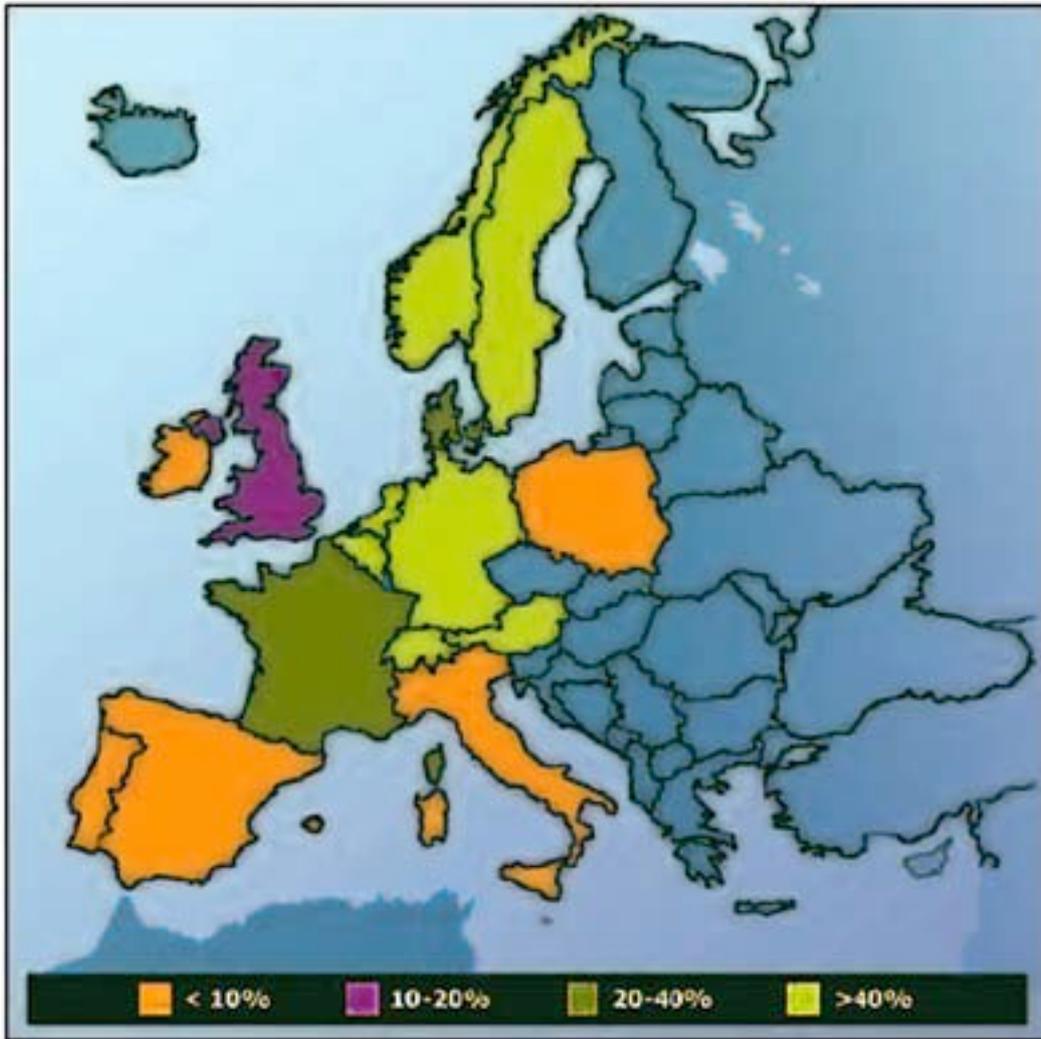
La utilización de este tipo de combustibles tiene múltiples ventajas ambientales y, por qué no decirlo, sociales.

- Aumenta la vida útil de los vertederos existentes al aprovechar residuos que, de otro modo, acabarían en los vertederos.
- Disminuye la emisión global de CO₂ a la atmósfera. Gran parte de estos residuos contienen carbono proveniente de biomasa susceptible de fermentar en los vertederos y generar CH₄. Por cada tonelada de residuos que se depositan en vertedero se generan 350 kilos de metano. El efecto sobre el calentamiento global de cada mol de CH₄ equivale al de 21 moles de CO₂, por lo que cada tonelada de residuos depositada en vertedero equivale a la emisión de 7,35 t de CO₂.
- Recupera parte de la energía que costó fabricar los productos de los que provienen estos residuos.
- Al ser una energía “renovable”, pues es consustancial al hombre la generación de residuos, disminuye nuestra dependencia energética del exterior y preserva recursos fósiles para generaciones venideras.

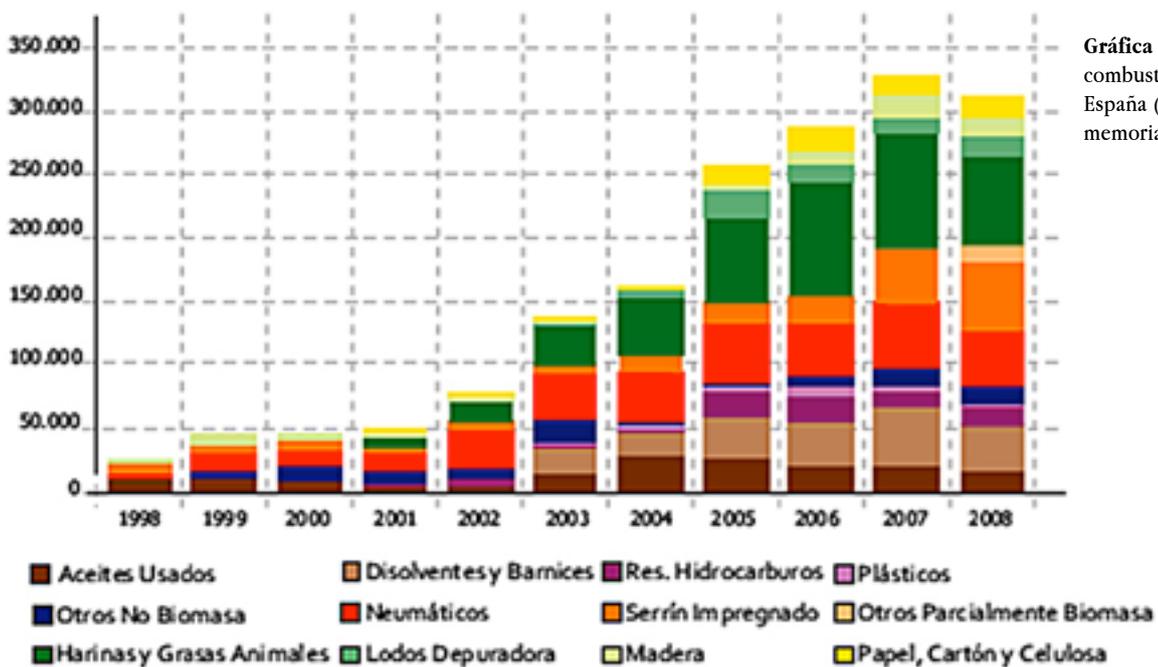
A pesar de ello, y de las cifras presentadas anteriormente, su uso en España avanza con lentitud.

Las competencias medioambientales recaen sobre las Administraciones Autonómicas y Locales, lo que genera una legislación desigual a lo largo del territorio dándose la paradoja de que el combustible alterno que no es posible utilizar en una Comunidad Autónoma se utiliza en la Comunidad Autónoma limítrofe. ■





Gráfica 11. Grado de sustitución de combustibles fósiles por alternativos en la industria cementera en algunos estados europeos. Fuente: memoria 2008 Oficemen.



Gráfica 12. Uso de combustibles alternativos en España (Toneladas). Fuente: memoria 2008 Oficemen.