

ACTIVIDAD 1.

ANÁLISIS DE LA CONSIDERACIÓN COMO SUBPRODUCTO DEL YESO ARTIFICIAL OBTENIDO EN LA PRODUCCIÓN DE COBRE ELECTROLÍTICO PARA SU USO EN LA FABRICACIÓN DE CEMENTO PORTLAND

OCTUBRE 2018

(ACTUALIZACIÓN MAYO 2021)

[Página dejada intencionadamente en blanco]

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	4
1.1	CONTEXTO.....	4
1.2	ANTECEDENTES	4
1.3	OBJETO Y ALCANCE	5
2	ANÁLISIS DE LA SOLICITUD DE DECLARACION DE SUBPRODUCTO	5
1.1	CARACTERIZACIÓN DEL RESIDUO Y PROCESO EN EL QUE SE GENERA	5
2.1.1	Tipo de residuo y características fisicoquímicas	5
2.1.2	Proceso productivo en el que se genera el residuo	10
2.1.3	Destino actual del residuo.....	11
2.2	MATERIA PRIMA A LA QUE SUSTITUYE Y PROCESO EN EL QUE SE UTILIZA.....	12
2.2.1	Proceso en el que se emplea el yeso artificial.....	12
2.2.2	Comportamiento ambiental.....	13
2.2.3	Materia prima sustituida	16
2.2.4	Requisitos normativos o estándares	18
3	ANÁLISIS DE SU CONSIDERACIÓN COMO SUBPRODUCTO.....	20
4	CONCLUSIONES	24
5	REFERENCIAS.....	26

ANEXOS

Anexo I. Documentación facilitada en la solicitud de declaración de subproducto

1 INTRODUCCIÓN

1.1 CONTEXTO

Tanto la Directiva Marco de Residuos¹ como su transposición al ordenamiento jurídico español mediante la *Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados*, definen las condiciones para que una sustancia u objeto, resultante de un proceso de producción y cuya finalidad no sea la producción de esa sustancia u objeto, pueda ser considerada como un subproducto y no como un residuo, cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- a) Que se tenga la seguridad de que la sustancia u objeto va a ser utilizado ulteriormente,
- b) que la sustancia u objeto se pueda utilizar directamente sin tener que someterse a una transformación ulterior distinta de la práctica industrial habitual,
- c) que la sustancia u objeto se produzca como parte integrante de un proceso de producción, y
- d) que el uso ulterior cumpla todos los requisitos pertinentes relativos a los productos, así como a la protección de la salud humana y del medio ambiente, sin que produzca impactos generales adversos para la salud humana o el medio ambiente.

Para poder considerar una sustancia u objeto como subproducto, estas cuatro condiciones deberán cumplirse de forma simultánea; esto es, sólo si se satisfacen todas y cada una de ellas, estaremos ante un subproducto; en caso contrario el régimen jurídico aplicable será necesariamente el de los residuos.

1.2 ANTECEDENTES

Con fecha 28 de mayo de 2017, la empresa Atlantic Copper S.L.U, localizada en Huelva, y la Agrupación de Fabricantes de Cemento de España (OFICEMEN), solicitaron conjuntamente a la Comisión de Coordinación en materia de residuos del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA), **la declaración como subproducto del yeso artificial para su uso en la fabricación de cemento Portland.**

Para ello, se presentaron los siguientes documentos:

- Contenido mínimo de la solicitud general para la declaración de un residuo de producción como subproducto.
- Informe justificativo para la consideración del yeso artificial como materia prima para la fabricación de cemento Portland, realizado por el Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA).

Esta documentación se adjunta en el Anexo I del presente documento.

- Tras la revisión de la documentación se consideró necesario llevar a cabo una consulta, realizada el 5 de abril de 2021, con objeto de aclarar los siguientes puntos: Si el laboratorio (LOEMCO) que ha

¹ Directiva 2008/98/CE del Parlamento y del Consejo, de 19 de noviembre de 2018 sobre los residuos.

realizado la analítica del yeso artificial facilitada en el informe justificativo se encuentra acreditado para el análisis de todos los parámetros. En caso contrario, enviar una nueva analítica realizada por laboratorio acreditado. Adicionalmente, enviar una analítica realizada por laboratorio acreditado que incluya los siguientes parámetros: Fe, Si, Al, Co, Cd, V y pH.

- Procedencia/origen de la Tabla 5: Comparación de dos cementos, incluida en el informe justificativo, indicando si se trata de datos puntuales, si el análisis se ha realizado bajo un laboratorio acreditado, fecha de realización o si los datos proceden de fuente bibliográfica.
- Si el yeso artificial al que se hace referencia en dicha tabla se trata del yeso para el que se solicita la declaración de subproducto o se trata de otro tipo de yeso artificial.
- Indicar el tipo de cemento Portland que se puede obtener empleando yeso artificial.

El día 7 de mayo de 2021 se recibió contestación a dicho requerimiento adjuntando un informe en el que se da respuesta a todas las cuestiones planteadas.

1.3 OBJETO Y ALCANCE

El objeto de este estudio es, **analizar la consideración como subproducto del yeso artificial obtenido durante la producción de cobre electrolítico para su uso en la fabricación de cemento Portland** y, si procede, en función de los resultados de esta evaluación, **proponer las condiciones y requisitos que deberá cumplir dicho material para ser declarado subproducto.**

Para conseguir este objetivo, además de la revisión y análisis de la documentación facilitada por la empresa en la correspondiente solicitud de declaración de subproducto, se llevó a cabo una revisión bibliográfica relativa al sector productivo en el que se pretende emplear el residuo de producción: fabricación de cemento Portland.

La elaboración de este documento ha sido encargada por la antigua Dirección General de Calidad, Evaluación Ambiental y Medio Natural del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, en la actualidad Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITECO), a la Empresa para la Gestión de Residuos Industriales (EMGRISA) tras la solicitud conjunta realizada por la empresa Atlantic Copper y la Agrupación de Fabricantes de Cemento de España (OFICEMEN).

2 ANÁLISIS DE LA SOLICITUD DE DECLARACION DE SUBPRODUCTO

2.1 CARACTERIZACIÓN DEL RESIDUO Y PROCESO EN EL QUE SE GENERA

2.1.1 Tipo de residuo y características fisicoquímicas

- **Residuo:** yeso artificial que, según la información facilitada en la solicitud, es una sustancia inorgánica que **proviene del tratamiento de las soluciones diluidas de ácido sulfúrico con hidróxido de calcio.**

- Código LER:

- o 10 13 07 **Lodos y tortas de filtración del tratamiento de gases.**

- [Redacted content]

[Large redacted content block]

[Redacted text block]

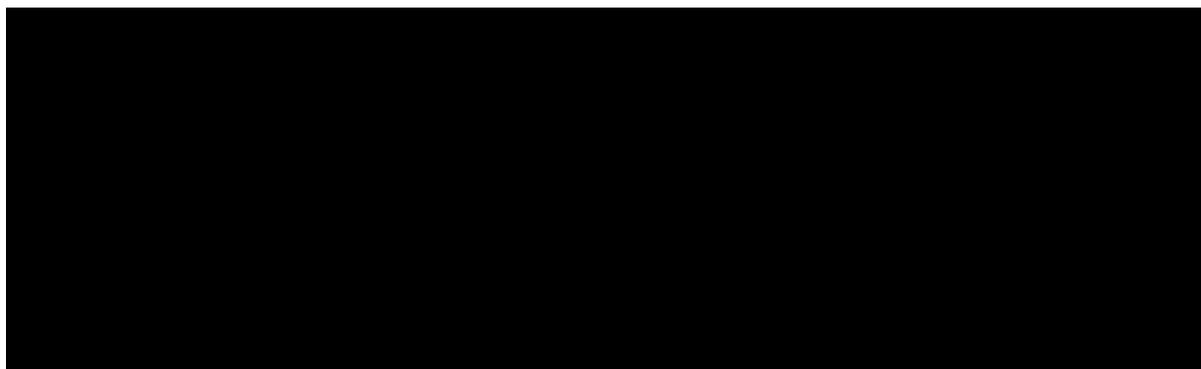
[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Large redacted text block]

En respuesta al requerimiento, se adjunta una analítica realizada por el laboratorio Labs & Technological Services AGQ S.L en abril de 2021, laboratorio que se encuentra acreditado para el análisis físico químico de muestras sólidas, en la que se incluyen los metales pesados adicionales que se solicitaron en el requerimiento, así como el pH. No se incluyen el Fe, Si y Al, aclarando el solicitante que el cemento ya contiene elevadas cantidades de estos parámetros, por lo que el contenido que pudiera detectarse en el yeso (del orden de ppm) no afectaría a la composición ni a la calidad del cemento final.

[Redacted text block]

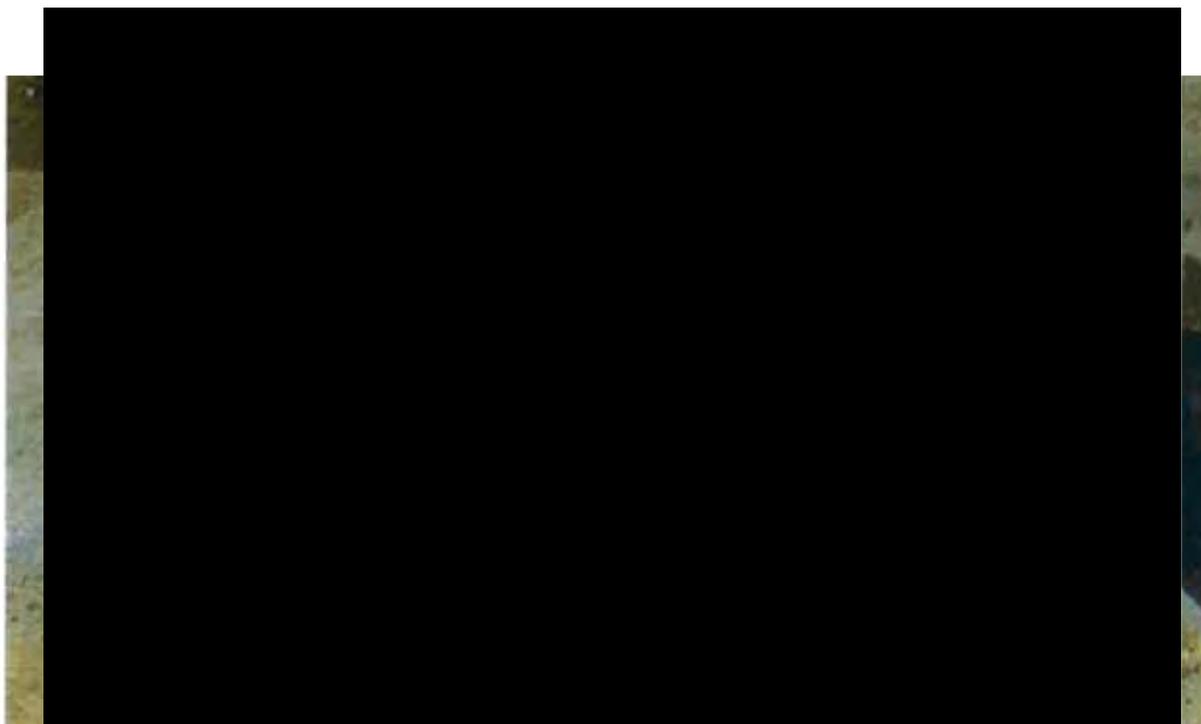


Así mismo, en el informe justificativo se adjunta la siguiente tabla, donde se resumen los datos incluidos en el registro REACH:

Tabla 2.1-3. Propiedades físicas y químicas del yeso artificial

Parámetro	Resultado
Aspecto	Sólido. Cristalina en polvo granulado
Olor	Neutro
Color	Variable (blanco, beige, Amarillo claro, gris, rojizo o rojo ladrillo)
pH	En condiciones de entrega: no aplicable. En solución acuosa: alrededor de 7 a 20°C
Punto de fusión	1.450°C
Inflamabilidad	No inflamable
Densidad relativa	2,96 g/cm ³
Solubilidad (es)	Alrededor de 2 g/l (20°C)
Temperatura de descomposición	Alrededor de 140°C a CaSO ₄ x ½ H ₂ O y H ₂ O Alrededor de 700°C a CaSO ₄ y H ₂ O Alrededor de 1.100°C a CaO y SO ₃
Propiedades explosivas	No explosiva
Propiedades comburentes	No comburente

En el informe justificativo se adjuntan varias fotografías del yeso artificial almacenado en el centro de producción de Huelva:



- Cantidad anual generada (t/año): Se pretende gestionar como subproducto en su totalidad.

En la solicitud se presentan las cantidades generadas del yeso artificial. No se aporta información sobre el volumen de aguas ácidas generadas en el proceso a partir de las cuales se genera este yeso.

Tabla 2.1-4. Códigos de identificación del yeso artificial

Cantidad	2015	2016
Yeso artificial	28.983	35.384

- REACH: En el informe justificativo se señala que el yeso artificial se encuentra registrado y no cumple los criterios para ser clasificado como peligroso de conformidad con el Reglamento (CE) nº1272/2008. Se ha consultado dicho registro y realmente la sustancia registrada es el sulfato cálcico, incluyendo dentro de los múltiples nombres comerciales permitidos, el yeso sintético.

Tabla 2.1-5. Códigos de identificación del REACH

Material	N.º REGISTRO REACH	CLASIFICACIÓN CLP 1272/2008
Sulfato Cálcico	01-2119444918-26-0120	No clasificada

2.1.2 Proceso productivo en el que se genera el residuo

El yeso artificial se genera en una planta específica dentro de las instalaciones de Atlantic Copper, donde se lleva a cabo el proceso de obtención del cobre electrolítico a partir de la reacción química entre las trazas de SO_3 (aguas ácidas), obtenidas tras el proceso de depuración/descontaminación húmeda de los gases contaminados generados en los distintos hornos del sistema productivo, y el hidróxido cálcico¹.

1. Generación de gases con elevado contenido en SO_2 durante el proceso de producción principal

La fabricación del cobre electrolítico implica varios procesos de oxidación y reducción de los concentrados de cobre en los que se utilizan diferentes tipos de hornos donde se separan del cobre los restos de azufre y otros metales, que dotan al metal de mayor pureza a medida que avanza en la cadena productiva.

Como resultado de los diferentes procesos que tienen lugar en los hornos del sistema productivo principal, se generan **gases sulfurosos que tienen un elevado contenido en SO_2** , por lo que, **tras pasar por una caldera de recuperación térmica y una depuración/descontaminación** (desempolvado en electrofiltros y lavado), **son empleados para fabricar ácido sulfúrico**.

La producción de ácido sulfúrico a partir del SO_2 de los gases generados en la metalurgia del cobre, para reducir la contaminación atmosférica debido a las emisiones de dicho gas, se encuentra incluida **como MTD en el documento *Guía Tecnológica Directiva 96/61 relativa a la prevención y control integrados de la contaminación. Epígrafe 2.5². Metalurgia del cobre***.

Se señala que el rendimiento de estas plantas depende de la efectividad de los sistemas de limpieza de los gases a la hora de eliminar las posibles impurezas que contienen (sólidos, fluoruros y cloruros).

2. Descontaminación de los gases sulfurosos

[REDACTED]

¹ En la página web de Atlantic Copper se describe el proceso: "El yeso artificial proviene de las soluciones electrolíticas tratadas con hidróxido cálcico, obteniendo un material muy homogéneo con un contenido medio de sulfato de calcio del 97%, fácilmente manejable, totalmente blanco y registrado en REACH. Entre otros usos, su principal destino es la industria cementera, donde se aporta a las moliendas como retardante de fraguado." <http://www.atlantic-copper.es/proceso-y-comercializacion/productos>

²<http://www.prtr-es.es/data/images/Gu%C3%ADa%20Tecnol%C3%B3gica%20Metalurgia%20del%20Cobre-0441750440462F44.pdf>

3. Obtención de yeso artificial

La planta de yeso artificial utiliza como materia prima fundamental un flujo continuo de ácido débil, que contiene cierta cantidad de sólidos y metales. La empresa solicitante no aporta ningún análisis de la composición de estas aguas ácidas.

[Redacted text block]

P [Redacted text block]

[Redacted text block]

[Large redacted text block]

2.1.3 Destino actual del residuo

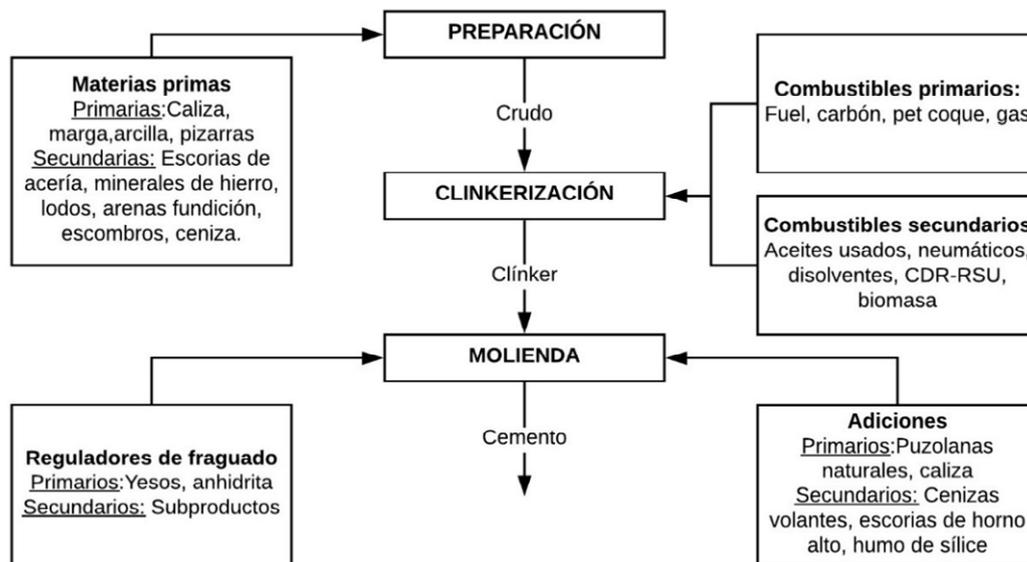
La solicitud apunta que, en la actualidad, el yeso artificial se transporta a dos fábricas de cemento en camiones. Concretamente se traslada a la fábrica de Niebla del Grupo Votorantim (a 32 km) y la fábrica de Alcalá de Guadaira, del Grupo Cementos Portland Valderribas (a 230 km).

2.2 MATERIA PRIMA A LA QUE SUSTITUYE Y PROCESO EN EL QUE SE UTILIZA

2.2.1 Proceso en el que se emplea el yeso artificial

El yeso artificial se emplea en el proceso de fabricación de cualquier cemento regulado en la norma UNE 197-1:2011¹; que comprende las etapas que tienen lugar en una fábrica integral de cemento que se resumen en la siguiente imagen:

Imagen 2.2-1. Proceso de fabricación del clínker de cemento Portland



Fuente: Informe justificativo

La última etapa del proceso de fabricación es la molienda conjunta del clínker del cemento Portland con el sulfato de calcio empleado como regulador del fraguado y, en ocasiones, adiciones de diferente naturaleza. Esta es la fase en la que se utiliza el yeso artificial como regulador del fraguado, **sólo o mezclado con yeso natural**, debido a que el sulfato reacciona con los aluminatos (clínker) para formar ettringita y, de esta forma, evitar que se produzca un fraguado rápido.

¹ UNE-EN 197-1: 2011: Cemento. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes.

Según bibliografía consultada¹, la proporción de yeso que se añade al cemento durante su fabricación oscila entre el 3 -5%.

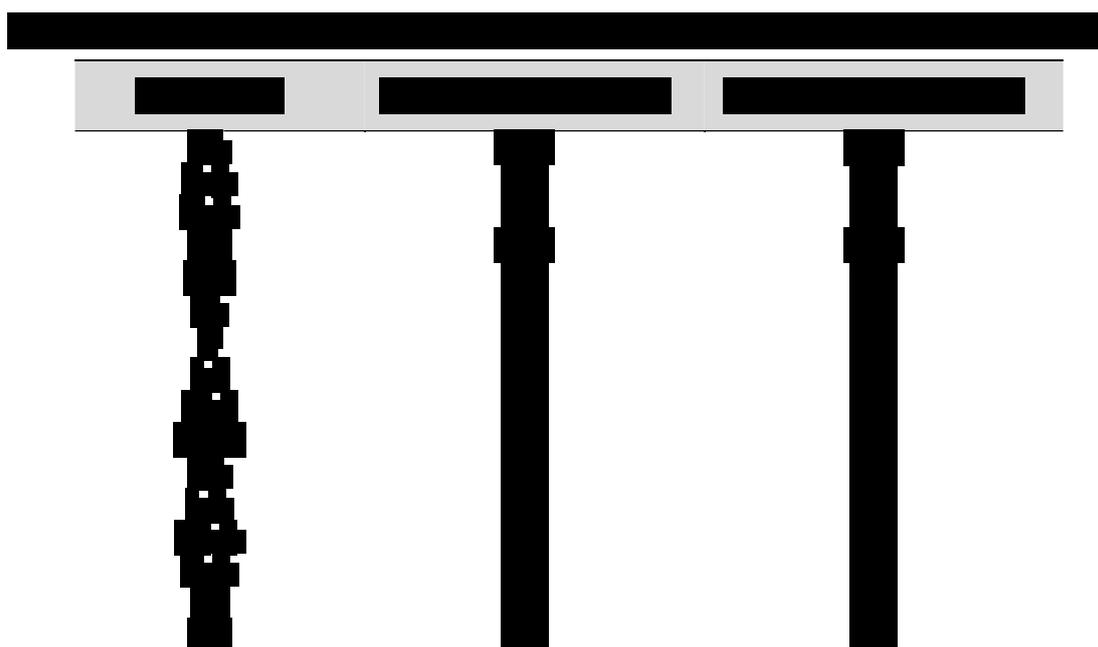
El yeso artificial se somete a un control en la recepción para verificar el cumplimiento de los requisitos requeridos (ver apartado 4. Requisitos normativos o estándares).

En el documento BREF relativo a la industria de fabricación de cemento, cal y óxido de magnesio², en su apartado 1.2.4.2 Uso de residuos como materia prima, se establecen los tipos de residuos más utilizados para la producción de cemento, entre los que se incluye el yeso artificial procedente de la desulfuración de gases de combustión y de la producción de ácido fosfórico.

2.2.2 Comportamiento ambiental

El informe justificativo adjunta una tabla comparativa entre los compuestos minoritarios de dos cementos, el primero fabricado empleando yeso natural y el segundo fabricado con el yeso artificial objeto de estudio. Estas analíticas fueron realizadas por el Laboratorio Central de Calidad de Cementos de Lafarge en abril del año 2017 sobre muestras puntuales de yeso, laboratorio que se encuentra acreditado para el análisis de materiales como el hormigón, derivados y constituyentes, como el crudo, clínker y cemento.

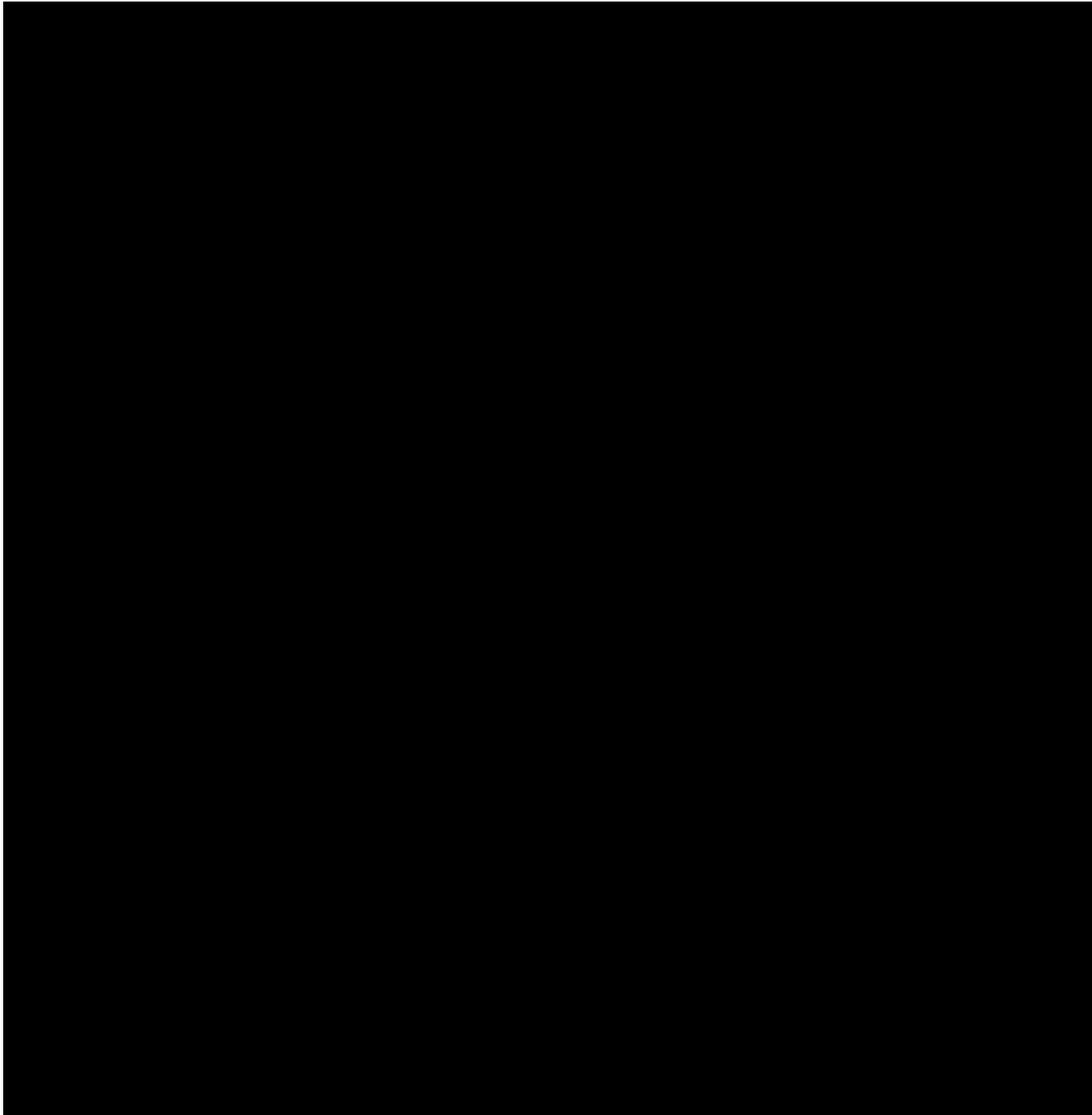
Se adjunta la tabla comparativa indicando en negrita aquellos valores que se incrementan respecto al cemento con yeso natural:



¹ <http://personales.upv.es/fbardisa/Pdf/Composici%C3%B3n%20Cementos.PDF>

<https://cimentajon.files.wordpress.com/2016/04/tema-2-cementos.pdf>

² JRC. Reference Document on Best Available Techniques in the Cement, Lime and Magnesium Oxide Manufacturing Industries. 2010



Con el fin de poder valorar el contenido de metales en cementos normales, EMGRISA ha realizado una revisión bibliográfica, de la que se ha identificado información en dos documentos publicados en Alemania. Esta información se resume en la siguiente tabla:

Tabla 2.2-2. Contenido de metales pesados en cementos normales (Alemania)

Elemento	Contenido en cemento ¹ (ppm)	Contenido en cemento (ppm) ² Average trace elements of normal cements	Contenido en cemento (ppm) ² Normal cements 1998, n=410, VDZ,2000
As	5	6,8	55
Be	1	1	2,5
Cd	<0,5	0,7	-
Co	10	10	28
Cr	58	40	110
Cu	22	25	280
Hg	<0,05	0,07	-
Ni	28	24	80
Mn	500	680	4.200
Mo	1	-	-
Pb	17	27	200
Sb	1	6	-
Sn	3	4,6	-
V	66	56	-
Zn	310	140	440
Tl	<0,5	-	-

Fuente: Estudios técnicos de la Asociación Alemana de Cementeras e.V. y el Centro de Investigación Karlsruhe (Alemania).

Considerando estos valores como referencia, el contenido metálico de los cementos (tanto el producido con yeso natural como el fabricado con yeso artificial) analizados por el solicitante, es superior al de un cemento normal, para gran parte de los elementos analizados.

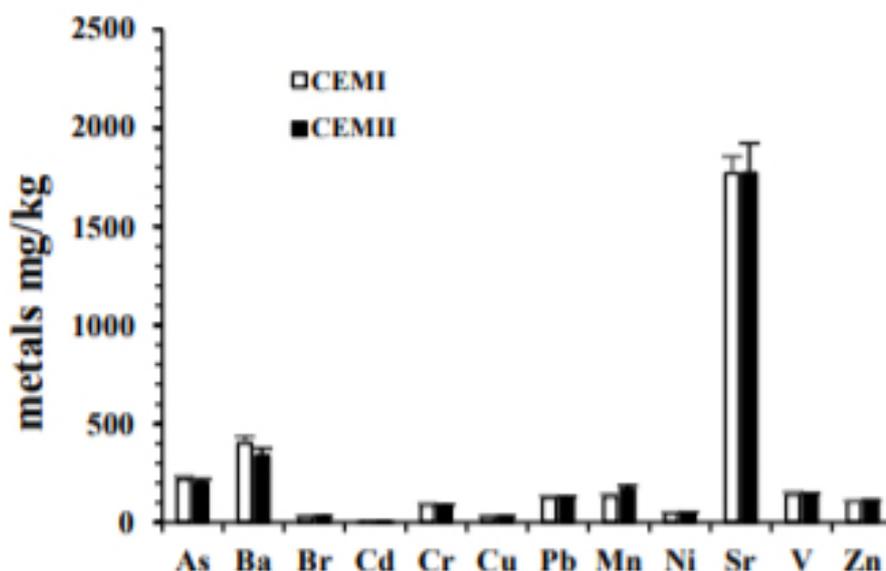
No obstante, en otra de las referencias consultadas³, el contenido metálico presente en dos tipos de cementos se encuentra en el rango de concentraciones detectado en las analíticas de cemento aportadas por el solicitante, como se puede ver en la siguiente imagen:

¹ Instituto de Investigación de la Industria del Cemento alemán. *Environmental compatibility of cement and concrete. Manufacture, application and use of alternative materials. Information from the Concrete* (año desconocido). <https://www.wbcscement.org/pdf/tf2/betonen.pdf>

² Oficina Federal de Medio Ambiente. Centro de Investigación Karlsruhe. Asociación Helmholtz. *Plan de investigación ambiental del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear. Heavy metals in cement and concrete resulting from the coincineration of wastes in cement kilns with regard to the legitimacy of waste utilization. Informes científicos. 2003.* <http://www.its.kit.edu/pub/v/2003/acua03b.pdf>

³ Saidi, Ibtihel; Ben Abdelmalek, Jamel; Ben Said, Olfa; Chicharo, Luis; Beyrem, Hamouda. *Chemical Composition and Heavy Metal Content of Portland Cement in Northern Tunisia. 2020.*

Imagen 2.2-2. Distribución de metales pesados en cemento Portland CEM I y CEM II (cementos de Túnez)



Según este documento, el contenido metálico de los cementos proviene fundamentalmente de las materias primas (caliza, minerales de hierro, etc.) empleadas en el proceso, del proceso de molienda del crudo, así como de los combustibles, ladrillos refractarios del horno y aditivos utilizados.

En consecuencia, teniendo en cuenta el amplio rango de concentraciones de metales pesados que pueden detectarse en los cementos según la bibliografía consultada y que este depende de un gran número de factores, no es posible determinar que la variabilidad de la concentración de metales en el cemento se deba exclusivamente a la concentración de metales en el yeso. Además, considerando la proporción de yeso que se emplea en la fabricación de cemento, tan solo una pequeña parte del contenido metálico detectado en los cementos provendría del yeso.

2.2.3 Materia prima sustituida

El sulfato de calcio que se añade durante la fabricación del cemento para controlar el fraguado puede ser yeso (sulfato de calcio dihidratado, $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$), hemihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$), anhidrita (sulfato de calcio anhidro, CaSO_4), o cualquier mezcla de ellos.

En la naturaleza el sulfato de calcio se encuentra en dos formas fundamentalmente, como sulfato de calcio dihidratado, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ o piedra aljez, y como anhidrita, CaSO_4 .

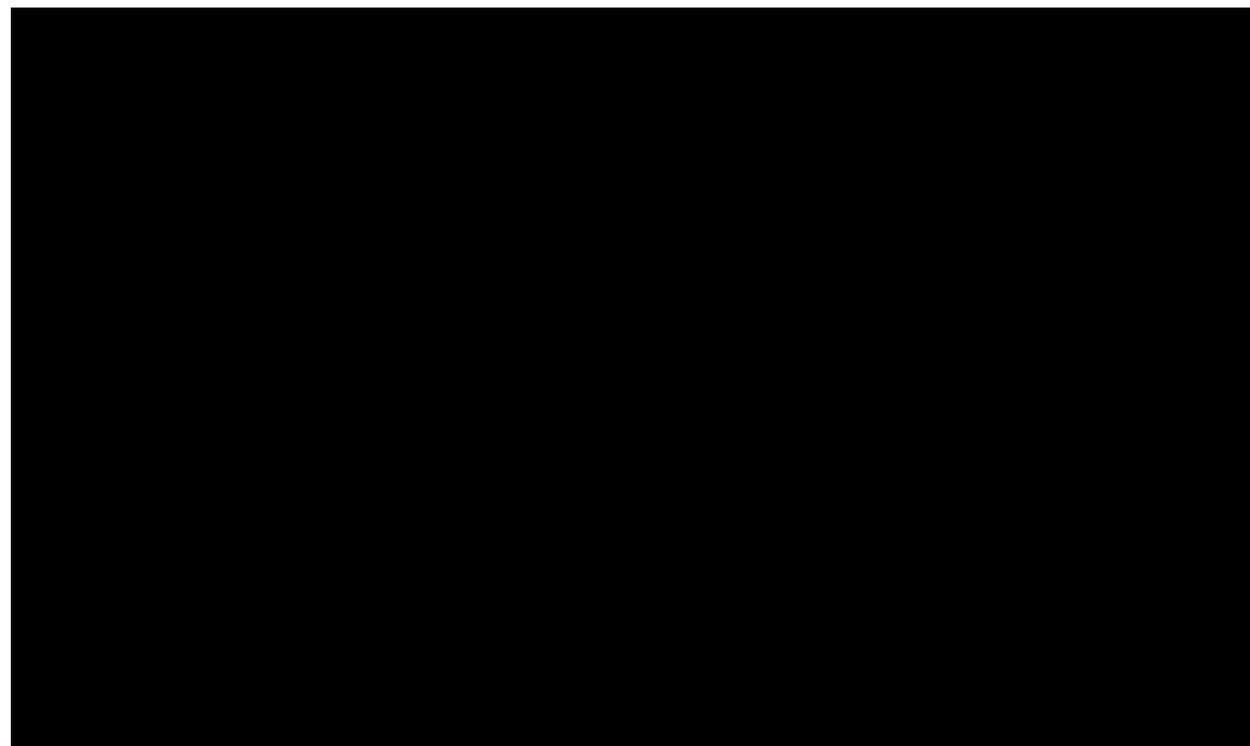
En el informe justificativo no se indica exactamente la forma del sulfato cálcico obtenido en las instalaciones de Atlantic Copper.

En el informe justificativo se adjunta la siguiente tabla, en la que se muestra el histórico del consumo de yeso total en España durante el periodo 2006 - 2015, así como la utilización del yeso artificial como regulador del fraguado en España.



En la siguiente imagen se muestra la producción del clínker gris frente a la utilización de yeso artificial desde el año 2006 hasta el año 2015.

1 <https://www.oficemen.com/wp-content/uploads/2017/05/Informe-base-Plan-CRECIMENTA-20%C2%B730-ilovepdf-compressed.pdf>



2.2.4 Requisitos normativos o estándares

Las especificaciones del cemento Portland y sus constituyentes se encuentran en la norma armonizada UNE-EN 197-1:2011¹ y en los documentos regulatorios que recogen los requisitos reglamentarios que le atañen (entre otros, las Instrucciones del hormigón y cemento, EHE-08² y RC-16³, respectivamente).

En el apartado 5.4 de la norma UNE, se define el sulfato de calcio utilizado para regular el fraguado del cemento Portland, permitiendo el uso de sulfato cálcico sintético:

“El sulfato de calcio puede ser yeso (sulfato de calcio dihidratado, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), hemihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$), o anhidrita (sulfato de calcio anhidro, CaSO_4), o cualquier mezcla de ellos. El yeso y la anhidrita se encuentran en la naturaleza. El sulfato de calcio también puede obtenerse como subproducto de ciertos procesos industriales”.

¹ UNE-EN 197-1: 2011: Cemento. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes.

² Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural (EHE-08).

³ Real Decreto 256/2016, de 10 de junio, por el que se aprueba la Instrucción para la recepción de cementos (RC-16).

El Real Decreto 256/2016, de 10 de junio, por el que se aprueba la Instrucción para la Recepción de Cementos (RC-16) tiene por objeto establecer las prescripciones técnicas generales que deben satisfacer los cementos, así como regular su recepción, con el fin de que los productos de construcción en cuya composición se incluya cemento permitan que las obras de construcción en que se empleen satisfagan los requisitos esenciales exigibles.

En el Anejo III de la norma, donde se indican los componentes del cemento y sus características, se contempla el sulfato cálcico, incluyendo la definición establecida en el apartado 5.4 de la norma UNE anteriormente citada.

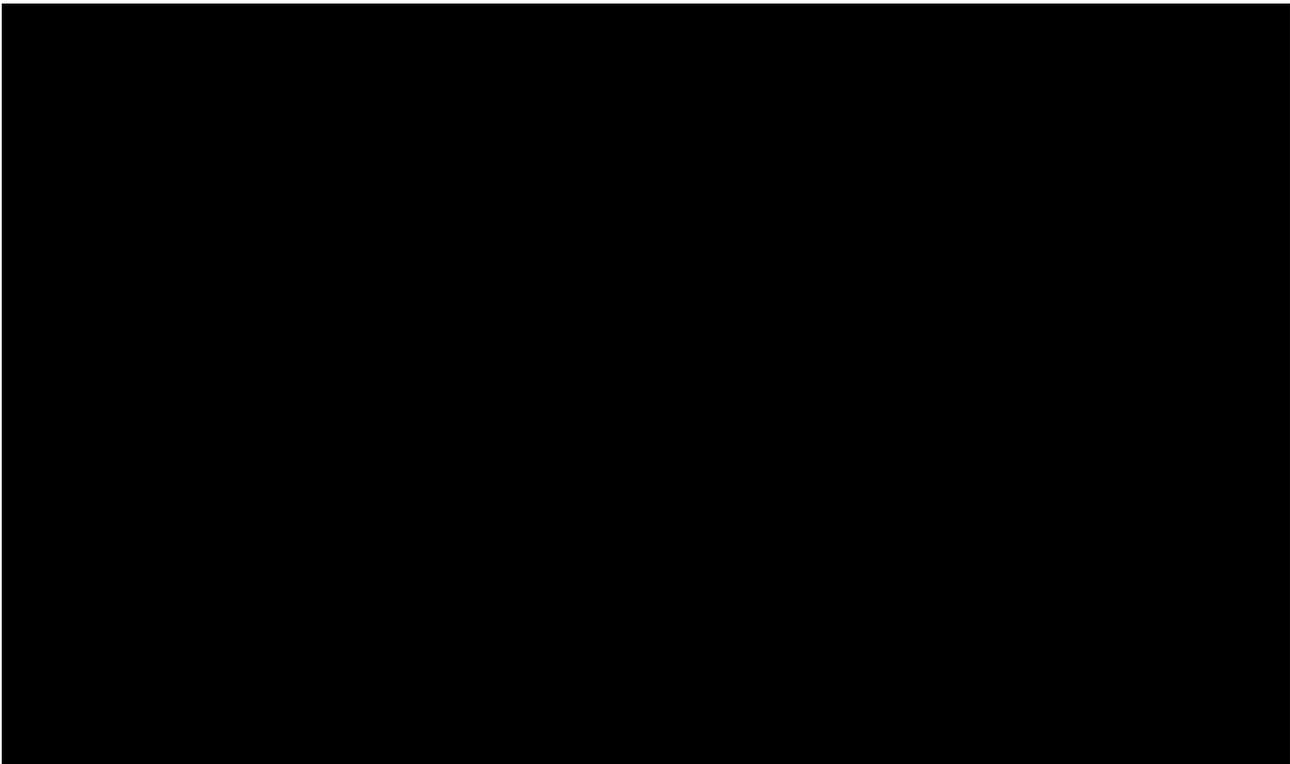
Por otra parte, en el informe justificativo se señala que existen estándares que debe cumplir el yeso artificial para el proceso de fabricación del cemento Portland que vienen **definidos en las especificaciones de compra y en los manuales de calidad de empresas fabricantes de cemento** en el sector cementero español, que son los siguientes:

Tabla 2.2-5. Estándares que debe cumplir el yeso artificial para el proceso de fabricación del cemento en España

Compuesto/ parámetro	Contenido
CaO	> 30 %
SO ₃	> 40 %
MgO	< 3 %
H ₂ O	< 20 %
pH	>5

Según la composición química del residuo facilitada en el informe justificativo, el yeso generado en las instalaciones de Atlantic Copper cumple con los estándares definidos por empresas fabricantes de cemento en España para que el yeso artificial pueda ser utilizado en el proceso de fabricación de cemento.

La siguiente imagen presenta los resultados del control en la recepción del yeso artificial de dos fábricas de producción de cemento Portland españolas con relación al contenido de SO₃.



En el informe justificativo no se indica si, del mismo modo que se controla el contenido de SO₃, se verifica el contenido de los otros compuestos que deben cumplir los estándares anteriormente expuestos.

Criterios ambientales

ORDEN PRE/1954/2004, de 22 de junio, por la que se modifica el anexo I del Real Decreto 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos (nonilfenol, etoxilados de nonilfenol y cemento).

En esta orden se señala que el cemento y los preparados de cemento que contienen cromo hexavalente (cromo (VI)) pueden causar reacciones alérgicas en determinadas circunstancias. Por lo que, con el fin de proteger la salud humana, se limita el contenido de cromo (VI) en el cemento y en preparados del cemento a 2 ppm en el caso de actividades manuales en las que existe riesgo de contacto con la piel.

El cemento o bien es naturalmente bajo en cromo (VI) soluble o se le añaden agentes reductores para controlar los niveles de sensibilización de cromo (VI) soluble por debajo de 2mg/kg (0,0002%) del peso seco total del cemento de acuerdo con la legislación especificada. El cromo deberá medirse bajo la norma UNE-EN 196-10 Métodos de ensayo de cementos. Parte 10: Determinación del contenido de cromo (VI) soluble en agua en cementos.

3 ANÁLISIS DE SU CONSIDERACIÓN COMO SUBPRODUCTO

Se ha llevado a cabo la verificación del cumplimiento de las condiciones establecidas en el artículo 4.1 de la *Ley 22/2011, de 28 de julio*, para que un residuo de producción pueda ser declarado subproducto.

¿La sustancia u objeto resultante del proceso de producción va a ser utilizado ulteriormente?

Según la información facilitada, el yeso artificial generado en Atlantic Copper se ha empleado en las fábricas de cementos españolas desde hace varios años en sustitución del yeso natural. Concretamente, la cantidad producida en 2015 fue de 28.983 toneladas habiéndose comercializado en su totalidad, incrementándose esta cantidad en el año 2016 con 35.384 toneladas.

En el documento *Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España de fabricación de cemento* del año 2010, se cita al yeso procedente de la desulfuración de gases como uno de los tipos de residuos más frecuentemente empleados como materias primas en la industria del cemento europea.

No obstante, no se ha identificado ningún documento en el que se mencione el uso del yeso artificial generado a partir de las aguas ácidas generadas tras el lavado de los gases ricos en azufre para su conversión en ácido sulfúrico.

Por último, hay que destacar que en el apartado 1.2.6 Residuos, de la *Decisión de ejecución (UE) 2016/1032/ de la Comisión de 13 de junio de 2016, por la que se establecen las conclusiones sobre las mejores técnicas disponibles (MDT) conforme a la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, para las industrias de metales no ferrosos*, se expone la MTD 54.

Esta MTD tiene como objeto reducir las cantidades de residuos enviados para su eliminación procedentes de la producción de cobre primario y secundario, de modo que se facilite la reutilización de los residuos del proceso o, si no fuera posible, su reciclado.

Entre los diferentes residuos enumerados se propone específicamente "*reutilizar o vender los compuestos de calcio (por ejemplo, yeso) generados por la reducción de SO₂*", aunque la aplicabilidad de esta técnica puede verse restringida por el contenido metálico y la disponibilidad de un mercado.

Finalmente, se ha consultado la Tesis Doctoral *Nuevas aplicaciones de recursos yesíferos. Desarrollo, caracterización y reciclado* realizado por José Luís Guillén Viñas, de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid, publicada en 2005. Concretamente, se ha revisado especialmente la parte III, relativa a los yesos sintéticos, reciclado y aplicaciones.

En el apartado de otros yesos sintéticos (ya que se desarrollan principalmente los yesos procedentes de la desulfuración y los fosfoyesos), se indica que, en general, cualquier proceso químico que implique la utilización de ácido sulfúrico, es susceptible de ser considerado como fuente potencial de yeso. La neutralización del ácido sulfúrico con cal proporciona sulfato de calcio, cuyo empleo dependerá del contenido de impurezas.

En función de lo anterior, se puede considerar que se cumple la primera condición.

¿La sustancia u objeto resultante del proceso de producción puede utilizarse directamente sin tener que someterse a una transformación ulterior distinta de la práctica industrial habitual?

En la documentación aportada por el solicitante se expone que el yeso artificial generado en la empresa productora se almacena y se transporta hasta las fábricas de cemento. Una vez allí, se envía directamente al molino donde se mezcla con el clínker del cemento y en ocasiones, adiciones de diferente naturaleza. El yeso artificial actúa como regulador del fraguado, sólo o mezclado con yeso natural.

También se indica que se trata de un material de similar composición al yeso utilizado en la fabricación de cemento de las dos plantas a las que actualmente se está destinando, por lo que se incorporan directamente al proceso de producción.

En consecuencia, según lo anterior, se puede considerar que se cumple la segunda condición.

¿El yeso artificial generado se produce como parte integrante de un proceso de producción?

El yeso artificial se obtiene en una planta específica dentro de las instalaciones de Atlantic Copper, donde se lleva a cabo el proceso de obtención del cobre electrolítico, tras el proceso de descontaminación húmeda de los gases con alto contenido en azufre generados en los distintos hornos del sistema productivo, para su posterior transformación en ácido sulfúrico.

Tras este proceso de depuración húmeda consistente en un desempolvado en electrofiltros y en un lavado, el gas se enfría, precipitando los metales y condensando las trazas de SO₃ en un efluente líquido, denominado “ácido débil”.

Este ácido débil (SO₃), que contiene cierta cantidad de sólidos y metales, se recircula a unos pulverizadores situados en los propios equipos, realizándose una purga continua que es la que se envía a la planta de yeso artificial. En esta planta, el flujo de SO₃ se neutraliza con hidróxido cálcico y se somete a una precipitación, obteniendo el yeso puro, que es lavado y filtrado para su comercialización, y otro efluente líquido que se somete a un proceso de tratamiento por su contenido en metales.

En consecuencia, según el informe justificativo, el residuo objeto de estudio se produce como resultado de la descontaminación de los gases sulfurosos, un proceso auxiliar al sistema productivo principal.

En función de las conclusiones a las que se llegó en el GT de diciembre de 2020, en las que se tuvo en cuenta que tanto la Comunicación de la Comisión¹, en el caso de los yesos de desulfuración, como Irlanda, consideran estos procesos auxiliares como parte integrante de un proceso de producción, al realizar una interpretación amplia del proceso productivo, se puede considerar que se cumple la tercera condición.

¹ Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo - Comunicación interpretativa sobre residuos y subproductos / COM/2007/0059 final /

¿El uso de la sustancia u objeto resultante cumple todos los requisitos pertinentes relativos a los productos, así como a la protección de la salud humana y del medio ambiente, sin que produzca impactos generales adversos para éstos?

Requisitos relativos a los productos

Las fábricas cementeras someten al yeso artificial a un control en la recepción para verificar el cumplimiento de los requerimientos normativos, así como de los estándares definidos en las especificaciones de compra y en los manuales de calidad de las empresas fabricantes de cemento. Según la composición química del residuo facilitada en el informe justificativo, el yeso generado en las instalaciones de Atlantic Copper cumple con dichos estándares.

En el informe justificativo se señala que se puede considerar que el material puede ser apto para ser utilizado en la fabricación de cementos como regulador del fraguado, debiendo ser dosificado en las proporciones que la experiencia técnica requiera.

Requisitos relativos a la protección humana o el medio ambiente

Como se ha indicado en el apartado 2.1.1, en la analítica del yeso artificial generado en las instalaciones de Atlantic Copper se detectan concentraciones significativas de metales pesados, como arsénico, plomo y cobre, así como un contenido en cloro de 90 ppm. Estos metales podrían incorporarse en el cemento final fabricado a partir del residuo.

No obstante, según bibliografía consultada, la proporción de yeso que se añade al cemento durante su fabricación suele oscilar entre el 3-5%. En función de este dato, el contenido metálico que podría incorporarse en el cemento debido al yeso sería, en el peor de los casos, 20 veces menor que el detectado en el residuo de producción, por lo que su contribución al contenido metálico final puede no resultar significativo.

Por otra parte, el solicitante adjunta unas analíticas en las que se muestra que el contenido metálico del cemento fabricado con yeso artificial producido en la empresa productora es del mismo orden que el fabricado a partir de yeso natural.

Según la revisión bibliográfica, ciertos estudios técnicos alemanes demuestran la variabilidad que puede existir en las concentraciones de metales en los cementos, aunque en la mayor parte de los casos son inferiores a las concentraciones detectadas en el cemento fabricado con yeso artificial analizado por el solicitante. Sin embargo, en otra de las referencias consultadas, el contenido metálico en dos tipos de cementos se encuentra en el rango del detectado en el cemento producido con el yeso objeto de estudio.

Considerando que el contenido metálico en los cementos puede proceder de otras muchas de las materias primas utilizadas en su fabricación y, teniendo en cuenta la proporción en la que el yeso se emplea en el cemento, es probable que dicha variabilidad no sea causada principalmente por el contenido metálico del yeso.

En consecuencia, se podría considerar que durante el empleo del cemento producido con yeso artificial no se van a generar impactos adversos a la salud humana y al medio ambiente, distintos a los generados durante el uso de cemento fabricado con yeso natural, por lo que se cumple la cuarta condición.

4 CONCLUSIONES

El presente estudio ha tenido como objeto evaluar la consideración como subproducto **del yeso artificial obtenido durante la producción de cobre electrolítico para su uso en la fabricación de cemento Portland**. Según la información facilitada, el yeso artificial se emplea como sustituto del yeso natural como regulador del fraguado en la fabricación de cemento, sólo o mezclado con yeso natural.

[REDACTED]

En relación con el cumplimiento de las cuatro condiciones para ser declarado subproducto, la empresa indica que el yeso artificial generado en Atlantic Copper se ha empleado en las fábricas de cementos españolas desde hace varios años en sustitución del yeso natural, habiéndose comercializado la totalidad del yeso generado en dichas instalaciones, básicamente en dos fábricas situadas en Huelva y Sevilla.

Además, en diferentes documentos consultados, como en el BREF de la industria del cemento o en el documento de las MTD para las industrias de metales no ferrosos, se reconoce al yeso obtenido durante determinados procesos industriales como materia prima para la industria del cemento u otras.

En función de lo anterior, se cumple la primera condición.

En cuanto a la segunda condición, según la información del solicitante, el yeso producido se trata de un material de similar composición al yeso utilizado en la fabricación de cemento de las dos plantas a las que actualmente se está destinando, siendo incorporado directamente al proceso de producción sin ningún tipo de acondicionamiento previo, por lo que se considera que se cumple la segunda condición.

En relación con la tercera condición, el yeso artificial se obtiene en una planta específica dentro de las instalaciones de Atlantic Copper, donde se lleva a cabo el proceso de obtención del cobre electrolítico, tras el proceso de descontaminación húmeda de los gases con alto contenido en azufre generados en los distintos hornos del sistema productivo para su posterior transformación en ácido sulfúrico.

La sustancia u objeto resultante que se obtiene en la descontaminación es el flujo continuo de ácido débil (trazas de SO₃) que se obtiene tras el lavado de los gases (ricos en SO₂ generados en el proceso productivo), mediante la técnica de depuración/descontaminación húmeda. Según el informe justificativo, el flujo de las purgas que contienen estas trazas de SO₃ se envía a la planta de yeso artificial, donde se neutraliza mediante la adición de hidróxido cálcico. El material resultante de la precipitación es “yeso puro”, que es lavado y filtrado a continuación para poder comercializarlo.

En función de las conclusiones a las que se llegó en el GT de diciembre de 2020, en las que se tuvo en cuenta que tanto la Comunicación de la Comisión, en el caso de los yesos de desulfuración, como Irlanda, consideran estos procesos auxiliares como parte integrante de un proceso de producción al realizar una interpretación amplia del proceso productivo, se puede considerar que se cumple la tercera condición.

En cuanto al cumplimiento de los requisitos relativos a los productos, en el informe justificativo se señala que el residuo de producción se almacena en las fábricas cementeras en zonas señalizadas y se somete a un control de recepción en la planta para valorar el cumplimiento de los estándares y especificaciones de compra establecidas en los manuales de calidad de las empresas fabricantes de cemento, relativas a la composición química del material.

Según la composición química del residuo facilitada en el informe justificativo, el yeso generado en las instalaciones de Atlantic Copper cumple con dichos estándares, por lo que se considera que se cumplen los requisitos relativos a los productos.

En cuanto a su afección ambiental y a la salud de las personas, en el yeso artificial generado se detectan concentraciones de metales pesados, como arsénico, con 110 ppm, plomo con 37 ppm y cobre, 23 ppm. También se detecta un contenido de cloro de 90 ppm. Estos metales podrían incorporarse en el cemento final fabricado a partir del residuo.

No obstante, según bibliografía consultada, la proporción de yeso que se añade al cemento durante su fabricación suele oscilar entre el 3-5%. En función de este dato, el contenido metálico que podría incorporarse en el cemento debido al yeso sería, en el peor de los casos, 20 veces menor que el detectado en el residuo de producción, por lo que su contribución al contenido metálico final puede no resultar significativo.

Por otra parte, se adjuntan unas analíticas en las que se muestra que el contenido metálico del cemento fabricado con yeso artificial producido en la empresa productora es del mismo orden que el fabricado a partir de yeso natural.

Según la revisión bibliográfica, ciertos estudios técnicos alemanes demuestran la variabilidad que puede existir en las concentraciones de metales en los cementos, aunque en la mayor parte de los casos son inferiores a las concentraciones detectadas en el cemento fabricado con yeso artificial analizado por el solicitante. Sin embargo, en otra de las referencias consultadas, el contenido metálico en dos tipos de cementos se encuentra en el rango del detectado en el cemento producido con el yeso objeto de estudio.

Considerando que el contenido metálico en los cementos puede proceder de otras muchas de las materias primas utilizadas en su fabricación y, teniendo en cuenta la proporción en la que el yeso se emplea en el cemento, es probable que dicha variabilidad no sea causada principalmente por el contenido metálico del yeso.

En función de lo anterior, se podría considerar que durante el empleo del cemento con yeso artificial no se van a generar impactos adversos a la salud humana y al medio ambiente distintos a los generados durante el uso de cemento fabricado con yeso natural y, por tanto, se cumple la cuarta condición.

5 REFERENCIAS

Comisión Europea. Draft Guidelines on the interpretation of key provisions of Directive 2008/98/CE on waste. 2012.

Comisión de las Comunidades Europeas. Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo (COM). Comunicación interpretativa sobre residuos y subproductos. 2007.

Documento de Referencia de Mejores Técnicas Disponibles en la Industria del Cemento, Cal y Óxido de Magnesio del año 2010.

Decisión de ejecución (UE) 2016/1032/ de la Comisión de 13 de junio de 2016, por la que se establecen las conclusiones sobre las mejores técnicas disponibles (MDT) conforme a la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, para las industrias de metales no ferrosos.

Fundación Entorno. Empresa y Medio Ambiente. Ministerio de Industria y Energía (MINER). Guías Tecnológicas Directiva 96/61 relativa a la prevención y control integrados de la contaminación. Epígrafe 2.5.

Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España de fabricación de cemento. 2004.

Goonan, T. Flows of selected materials associated with world copper smelting. U.S. Geological Survey. Open File Report- 2004-1395. 2004.

Instituto de Investigación de la Industria del Cemento alemán. Environmental compatibility of cement and concrete. Manufacture, application and use of alternative materials. Information from the Concrete (año desconocido). <https://www.wbcdcement.org/pdf/tf2/betonen.pdf>

Oficina Federal de Medio Ambiente. Centro de Investigación Karlsruhe. Asociación Helmholtz. Plan de investigación ambiental del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear. Heavy metals in cement and concrete resulting from the coincineration of wastes in cement kilns with regard to the legitimacy of waste utilization. Informes científicos. 2003. <http://www.itas.kit.edu/pub/v/2003/acua03b.pdf>

Saidi, Ibtihel; Ben Abdelmalek, Jamel; Ben Said, Olfa; Chicharo, Luis; Beyrem, Hamouda. Chemical Composition and Heavy Metal Content of Portland Cement in Northern Tunisia. 2020.

En Madrid, 17 de mayo de 2021.

Elaborado por:

Autorizada la emisión del estudio por:



Jefe de Proyecto

Dirección de Operaciones y Tecnología



Gerente de Cuenta

Dirección de Operaciones y Tecnología