

3.1. *Vía seca o vía húmeda*

JUAN M.^a TORRÉNTS TERRÉS
Ingeniero Industrial
Sociedad Financiera y Minera, S. A.

Si nos remontamos a los orígenes de la fabricación del cemento, después de muchos ensayos y pruebas realizadas por los primeros investigadores, Smeaton, Higgins, Parcker y otros, hasta llegar a Vicat en 1818, que dio un gran impulso, no sólo a la parte práctica de su fabricación, sino también a la parte química de su composición y análisis, la vía húmeda fue la primera empleada. Se mezclaba la caliza con la arcilla, molidas a mano o con las máquinas rudimentarias disponibles en aquella época, formaban una papilla con agua, la secaban por el calor del sol o por la acción del fuego y la trataban troceándola convenientemente en un horno parecido a los de cal.

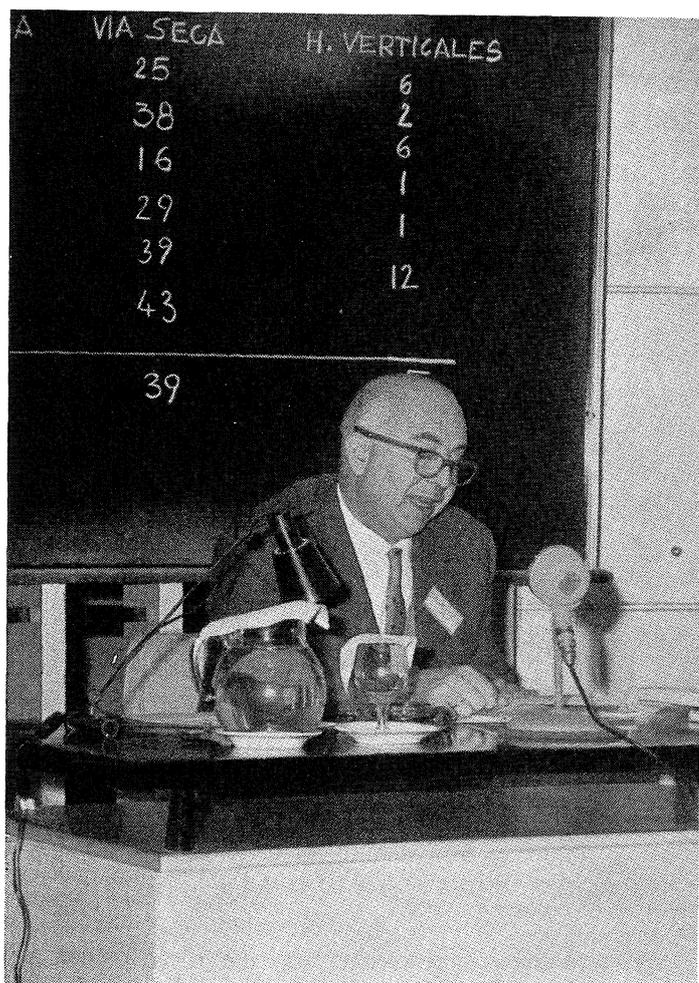
Aspdin, en 1824, en vez de caliza molida empleó cal apagada por su mayor facilidad de molidura, pero usando siempre la vía húmeda.

Hasta unos años después, en 1850, fue el mismo Vicat quien estableció en Grenoble la primera fábrica de vía seca, a base de hornos verticales, implantándose también por Saylor en América, muy poco tiempo después.

Al aplicarse el horno rotativo a la fabricación de cemento, tuvo la vía seca un predominio total, siendo Ransome el que empleó dicho horno con éxito en su fábrica de Grays, junto al Támesis, e implantándose en Norteamérica en 1899 el primer horno rotativo, que tenía 7,62 m de largo por 1,52 m de diámetro. Las ventajas de este tipo de horno para la producción americana fueron tan notorias, que revolucionaron completamente el proceso de fabricación del cemento, aumentándose su tamaño y la productividad de los mismos en cantidades insospechadas.

Al mismo tiempo en Europa, entre 1900 y 1920, se mejoró el proceso de fabricación del horno rotativo por vía húmeda, pasando su predominio a las fábricas norteamericanas de 1920 a 1940, en las que todas las grandes unidades montadas fueron por este sistema, empleándose la vía seca sólo en determinados casos y en fábricas de no muy elevada capacidad.

En Europa, en cambio, volvió otra vez la vía seca por sus fueros a base de los hornos verticales automáticos y con la aparición de los primeros hornos con recuperación por parrilla móvil, recibiendo luego un gran impulso al mejorar los sistemas de homogeneización de crudos, en los



que prácticamente se regulariza la marcha del horno, e instalar los nuevos hornos con recuperador de calor.

Es decir, que desde los primeros tiempos de la fabricación del cemento, la tendencia a vía seca o vía húmeda ha oscilado como una balanza, según los adelantos o perfeccionamientos de cada sistema, inclinándose en la actualidad, en determinados casos, el fiel de la misma hacia la vía seca, por su menor consumo de combustible y regularidad de marcha obtenida. Por estas causas, últimamente varias fábricas de vía húmeda se han transformado en vía seca.

¿Quiere esto decir que es mejor la vía seca que la vía húmeda? Nosotros creemos que no, pues se siguen instalando grandes unidades, verdaderamente gigantescas, por vía húmeda, cuando las características y circunstancias de estas nuevas fábricas así lo aconsejan.

Según nuestra modesta opinión, la preferencia por uno u otro sistema, además de ser un problema técnico, es un problema económico; y aun teniendo en cuenta el menor consumo de combustible de la vía seca y que al mejorar los sistemas de homogeneización se ha casi igualado la calidad de los cementos obtenidos por ambos métodos, intervienen otros factores que hay que analizar detenidamente antes de efectuar la elección. Para decidirse por una de las dos soluciones, habrá que estudiar, punto por punto, todas las circunstancias que intervienen en la fabricación del cemento y las características tanto físicas como químicas de las primeras materias, precio de las mismas, facilidad de molturación, precio de la mano de obra y energía eléctrica, cantidad y calidad del agua disponible, combustible empleado y su costo, calidad del clínker, transporte tanto de las primeras materias como del combustible y cemento, etc., etc. Teniendo además en cuenta la técnica de la fabricación no sólo en la fecha en que se realiza el proyecto, sino los estudios, pruebas, modificaciones que están desarrollando las casas constructoras, para que en el momento de decidirlo, caso de que, calibradas las ventajas e inconvenientes de los dos sistemas estén en equilibrio, el buen ojo clínico del proyectista acierte con la solución mejor.

Vamos a mencionar, para dar temas de discusión a los técnicos que dominan uno o los dos procedimientos, los factores que puedan influir en la elección de uno u otro de los dos sistemas.

PRIMERAS MATERIAS

Las propiedades físicas y químicas de las primeras materias es uno de los factores fundamentales en lo que a elección de método se refiere.

La gran mayoría de materiales son aptos para la fabricación de cemento por vía húmeda; en cambio, la cantidad de agua contenida, la plasticidad y la homogeneidad de los mismos juegan un importante papel en la elección del sistema por vía seca.

La humedad de las primeras materias es, a menudo, un factor decisivo, principalmente cuando éstas son cretas y arcillas, como sucede en Dinamarca y muchos países del noroeste de Europa, cuyos materiales tienen tan alto contenido de agua que el suplemento que hay que añadirles para producir la pasta requerida es pequeñísimo y la utilización de la vía húmeda es obligada.

Cuando el máximo de humedad no pasa del 8 por 100, aproximadamente, no siendo demasiado plástico el material, podrá escogerse en muchos casos la vía seca.

En algunas canteras las primeras materias están mezcladas con impurezas que hay que separar para obtener una dosificación correcta; esta separación puede ser realizada simplemente con un lavado y cribado posterior; si empleásemos la vía seca sería prácticamente imposible, más bien muy difícil, su eliminación.

Si el contenido de impurezas es de tal naturaleza que solamente pueden ser suprimidas por el proceso de flotación, en el cual se requiere que las primeras materias estén en suspensión, fácil es la elección en tales casos, pues todas las ventajas se inclinan hacia la vía húmeda.

En otros casos, las canteras tienen materias como la bentonita, con las cuales únicamente es posible hacer la pasta con un alto contenido de agua; no es aconsejable entonces la vía húmeda, a pesar de poder tener un alto tanto por ciento de humedad las primeras materias.

Si uno de los componentes es arcilla de gran plasticidad y alto contenido de agua, será muy difícil su manipulación, y su homogeneización previa si ésta es necesaria, y difícil también de alimentar, almacenar y secar. Hay que considerar la complicación de su tratamiento antes de elegir el proceso.

La homogeneidad de las primeras materias tiene también que ser tenida en cuenta. Cuando la composición de los materiales que se explotan de una cantera varían de un día a otro en diferencias apreciables, es necesario recurrir a la prehomogeneización. Esta instalación es muy costosa, requiere mucho espacio y aumenta el coste de producción.

Además de determinar el tanto por ciento de agua de las primeras materias, hay que conocer su variación en las diferentes estaciones del año; puede darse el caso que unas margas o arcillas sean tan plásticas en los períodos lluviosos que no puedan ser manipuladas por los medios normales, necesitando una complicación en la instalación que hay que valorar antes de elegir el método.

Hay, incluso, fábricas que usan la vía húmeda por ser el acceso de la cantera a la fábrica muy difícil, y es ventajoso convertir en pasta las primeras materias y luego, mediante bombas, transportarlas por tuberías a la fábrica. Existe también la posibilidad de convertir el material en polvo en la misma cantera, o sea por vía seca, y transportarlo a la fábrica por medio de compresores de aire, aunque sea esto sólo practicable en distancias bastante cortas.

Mencionaremos también aquí el proceso semi-húmedo, en el que las primeras materias son tratadas como en vía húmeda, pero en vez de alimentar directamente el horno, se rebaja su cantidad de agua por medio de filtros prensas o de vacío hasta el 14 ó 20 por 100, alimentando luego con la pasta obtenida o bien siendo ésta nodulizada, y después con estos nódulos se alimenta el horno, que puede ser largo o con recuperadores de calor.

Hablando de las primeras materias, hay una que debemos mencionar por la importancia que tiene en la elección del proceso: el agua. Toda fábrica que emplee el proceso por vía húmeda utiliza un metro cúbico más de agua por tonelada de cemento producida que una de vía seca. En muchos lugares es muy difícil el obtener cantidades suficientes de agua y, aunque en algunas fábricas se ha intentado el añadir cierta cantidad de agua del mar, no creemos que estos procedimientos prosperen, siendo entonces descartada en estos casos la vía húmeda por la vía seca.

CONSUMO DE COMBUSTIBLE

En este capítulo no hay duda que todas las ventajas son para la vía seca, y teniendo en cuenta que dicho consumo representa el 20 ó 30 por 100 del precio de coste de la fabricación de cemento en Europa, no ha lugar a duda de la importancia que puede tener este capítulo en la rentabilidad de una fábrica de cemento. La posibilidad de utilizar el calor de los gases de escape para secar las primeras materias hace que la vía seca sea plenamente utilizada.

Sin embargo, en otras comarcas en que la economía de combustible no es tan importante, se prefiere el secado de primeras materias aparte, no usando los gases del horno para ello y prefiriendo una instalación más simple y menos complicada.

Hay también muchas fábricas que están situadas muy cerca del suministro de combustible y el precio de éste es lo suficientemente bajo, para que no tenga importancia el calor consumido en el horno; así que la elección del sistema depende en estos casos de otros factores.

El consumo de calor en el procedimiento por vía húmeda, según la cantidad de agua de la pasta cruda, aun tratándose de instalaciones muy modernas, oscila entre 1.100 y 1.300 kcal/kg, y en vía seca puede alcanzarse un consumo de calor de alrededor de 750 en los hornos verticales o con recuperadores de calor y de 950 en los hornos largos.

Los números más bajos obtenidos en vía húmeda han sido de 1.080 y 725 kcal/kg, en vía seca. Estos números corresponden a la utilización óptima de combustible en cada uno de los dos procesos, pero no siempre es posible obtener estos resultados porque intervienen mucho otros factores. En vía húmeda la cantidad de agua de la pasta puede hacer aumentar el consumo, y en vía seca el contenido de álcalis de las primeras materias o la dificultad de nodulación de éstas puede hacer el mismo efecto. Finalmente, un gran número de diferentes factores en conexión con la maquinaria, mantenimiento, operaciones, puede influir en ello; así que en la práctica los números de consumo son unas 100 ó 200 kcal/kg más altas que los óptimos indicados.

El ahorro en calorías de emplear la vía seca a la vía húmeda es, pues, aproximadamente, de 300 a 350 kcal/kg; este ahorro, junto con los adelantos en la molturación y homogeneización de la vía seca, han hecho decidir a algunas fábricas de vía húmeda a transformarse en vía seca. En Alemania, un famoso grupo de fabricantes de cemento ha reformado tres de sus fábricas para que trabajen por vía seca, no decidiéndose la conversión de la mayor fábrica del grupo porque el contenido de agua de las primeras materias presentaba un promedio anual del 15 por 100 de humedad.

MOLTURABILIDAD DE LAS PRIMERAS MATERIAS

Antiguamente la vía seca exigía una mayor cantidad de fuerza consumida para la molienda de las primeras materias que la vía húmeda. Esto ha perdurado durante mucho tiempo, hasta que las mejoras en los métodos empleados han reducido esta diferencia a cantidades inapreciables.

En las fábricas de vía seca, en las que se han eliminado los secaderos de primeras materias empleándose molinos con secado en circuito cerrado, se ha logrado una gran simplificación. De todos modos, siempre son más complicadas sus instalaciones que las de vía húmeda, exigen más estanquidad en sus máquinas, tienen más facilidad en la producción de polvos, necesitando un mayor factor de utilización de filtros de todas clases, de mangas, eléctricos, etc., para poder lograr igual perfección en sus instalaciones.

Hay, sin embargo, casos en que las primeras materias son 100 × 100 lavables y se consigue un ahorro de fuerza si es adoptado el proceso por vía húmeda.

REGULARIDAD EN LA MARCHA DEL HORNO

La regularidad en la marcha del horno se consigue con una perfecta alimentación del mismo y una mezcla u homogeneización del crudo o pasta para que su dosificación sea siempre la correcta.

Grandes han sido los adelantos alcanzados en la homogeneización de crudos por vía seca, habiéndose logrado, refiriéndose a la valoración de carbonatos, que los desvíos en los mismos no sean mayores que la precisión de los métodos de ensayo empleados para obtenerlos. La ventaja que tenía la vía húmeda ha quedado enormemente reducida, aunque siempre creemos que la mezcla de partículas en un medio líquido se realiza más íntimamente que la mezcla del polvo seco, a pesar de que la distorsión en los análisis de ambos métodos tenga las mismas variaciones.

La vía húmeda tiene además la gran ventaja de una fácil y perfecta corrección de las pastas, que en vía seca exige mucha más instalación de maquinaria, no resultando nunca la mezcla tan

perfecta y no realizándose muchas veces por la complicación de la misma. La vía húmeda, por su facilidad de preparación y mezcla da una regularidad absoluta en la dosificación del crudo. En cuanto a la alimentación del horno, a pesar de los grandes adelantos logrados en vía seca con la instalación de parrillas, alimentadores, básculas electrónicas, etc., y conseguirse con ello una alimentación casi perfecta, la alimentación en vía húmeda, con la misma perfección, es mucho más simple y sencilla que aquélla.

FLUIDO ELECTRICO

El consumo de energía eléctrica tiene relativamente poca importancia, en lo que se refiere a la elección del sistema para fabricación del cemento, cuando esta energía es adquirida a una empresa suministradora.

El consumo de fluido eléctrico es un poco superior, normalmente, en las fábricas de vía seca que en las de vía húmeda, por tener éstas algo más de complicación en su maquinaria y en su molienda. En la vía húmeda todos los transportes de material son realizados por bombas de pasta; en la misma homogeneización del crudo seco, normalmente, se gasta más aire que en vía húmeda, y el consumo de kilovatios en un sistema de homogeneización, según la complicación o sencillez del mismo, puede ser de 0,5 a 2,5 kilovatios por tonelada de crudo.

Cuando la energía eléctrica tiene que ser producida en la misma fábrica por calderas de recuperación, todas las ventajas están de parte de la vía seca, pues el calor requerido para la evaporización del agua en el interior del horno en los de vía húmeda no está ya disponible para el calentamiento de las calderas.

OTROS FACTORES

La fabricación de cemento es, normalmente, una empresa comercial. Su primer objeto debe ser el producir un cemento que cumpla determinadas condiciones, teniendo en cuenta su lugar de emplazamiento, al más bajo costo posible.

Otra condición importante es el capital con que se cuenta para implantar la industria; puede darse el caso de elegir un sistema de fabricación con un precio de coste más alto que otros, por así exigirlo las disponibilidades de capital de la empresa.

Generalmente, sin embargo, el precio de coste será el capítulo esencial para la elección; si este precio es prácticamente igual para los dos sistemas, la elección sólo puede ser decidida después de un estudio completo y proyecto de ambos procedimientos.

Otros factores hay que tener en cuenta para la elección del sistema, como son la calidad del cemento y el factor de marcha (run-factor de los americanos); pero hoy en día se puede decir que, tanto si es elegido uno como otro sistema, se pueden obtener los mismos resultados, dependiendo sólo del proyecto de la instalación y de la organización de la fábrica.

Con respecto al factor de marcha, cuanto más simple sea el proceso de fabricación mejor será dicho factor, especialmente en lugares donde sea difícil el conseguir personal capacitado, aunque con una buena asistencia técnica y una bien establecida organización la vía seca proporcionará tan buenos resultados como pueda dar la vía húmeda.

Las exigencias de eliminación del polvo, cada día más severas en las diferentes naciones, han obligado a proveer tanto la vía seca como la vía húmeda de instalaciones de precipitación.

Las pérdidas de polvo en las instalaciones por vía húmeda hace unos años eran toleradas; actualmente no, aunque económicamente tienen menos importancia que en vía seca.

Indudablemente, la vía húmeda tiene una simplificación de maquinaria que no posee la vía seca. El transporte de la pasta se hace mediante bombas, los depósitos empleados y todas las manipulaciones son de gran sencillez. La vía seca es más complicada, el polvo requiere no sólo una maquinaria estanca, sino una inversión mayor en filtros y precipitadores, para cumplir las prescripciones cada día más severas en lo que a atmósferas pulverulentas se refiere.

En cuanto al coste de instalación, el horno vertical puede construirse con menos coste que uno rotativo, pero hay que tener en cuenta que el horno es solamente una parte del total del coste de una fábrica y que los hornos verticales, aunque dan una gran flexibilidad, no son a propósito para grandes producciones. En una fábrica de mediana capacidad, el ahorro obtenido con el empleo de hornos verticales puede calcularse alrededor del 10 al 20 por 100 del coste total. Sobre la diferencia de coste entre dos instalaciones de vía seca o vía húmeda, no puede decirse nada en general; todo depende de las condiciones locales y de los factores antes reseñados. De todos modos, normalmente, el precio de una instalación por vía seca es de un 5 a un 10 por 100 más caro que una instalación por vía húmeda. Hay que tener en cuenta también, además de los gastos de instalación, los gastos de conservación y atención, ya que, al ser el proceso de fabricación más complicado, serán mayores y hará falta además más personal y que esté más capacitado.

La vía húmeda es, prácticamente, aplicable a todos los casos, no así la vía seca, que en algunos de éstos tendrá que ser eliminada.

En los últimos años la vía seca ha tenido un gran desarrollo, porque la calidad de su cemento ha igualado al de la vía húmeda y por su gran economía en calor, pero es imposible, debido al gran número de factores que intervienen en la elección del método, en decidirse anticipadamente en favor de uno u otro de los dos sistemas. El problema tendrá que ser investigado con mucho cuidado, sumando los pros y los contras en cada instalación para que, después de un detenido estudio tanto técnico como económico, se pueda llegar a una decisión acertada.

Finalmente, pueden ustedes ver unos cuadros estadísticos en los que están indicadas la distribución de las capacidades de horno por vía seca y vía húmeda en diferentes partes del mundo y hornos instalados por los dos sistemas en los últimos años.

**Distribución mundial de las capacidades en vía seca y vía húmeda hasta el 1 de enero de 1960
(No incluyendo las naciones con economía centralizada)**

	Vía húmeda	Vía seca	Hornos verticales
Africa	69	25	6
Asia	60	38	2
Australia	78	16	6
Centro y Sudamérica	70	29	1
Norteamérica	60	39	1
Europa	45	43	12
Tanto por ciento en todo el mundo	56	39	5

Hornos instalados en las naciones del OEDC en los últimos años

	Vía húmeda	Vía seca	Hornos verticales
1955	14	14	3
1956	7	20	17
1957	13	17	6
1958	9	16	2
1959	11	16	7
1960	10	17	2
1961	14	33	6
1962	18	30	5
	96	163	39
Número de hornos instalados en U.S.A. de 1950 a 1963	134	94	—