



Para tranquilidad de ustedes tengo prisa en aclarar que estoy aquí no para dar una conferencia, para lo cual no tengo la menor autoridad, sino para abrir con estas notas un coloquio en el cual hemos de cambiar impresiones sobre un tema de tan palpitante interés en el momento actual de la industria cementera española, lanzada a una expansión como quizá no ha conocido en su historia.

Y digo que no es conferencia por una razón fundamental: porque vamos a charlar sobre unos tipos de hornos sobre los cuales en España aún tenemos poca experiencia; me refiero a lo que se ha dado en llamar horno europeo, con una producción diaria de 800 a 1.300 t o más de clínker. De esta producción se están instalando o están en proyecto actualmente en España, según nuestras noticias, más de doce unidades por vía seca y tres o cuatro por vía húmeda. Por lo tanto, nos vamos a limitar a trazar los rasgos fundamentales de los diferentes sistemas, al objeto de que sirva de base para el coloquio subsiguiente, del cual espero que todos saquemos algún provecho.

Mi modesto equipaje para desarrollar un tema de tanta envergadura no es mi experiencia, ya que ésta se limita a la vía húmeda, sino la circunstancia de haber visitado en el transcurso de los dos últimos años una docena de fábricas, en diferentes países europeos, dotadas con este tipo de horno, al objeto de comparar los diferentes procedimientos en vigor.

A nuestro entender, se han producido en estos últimos años una serie de hechos que han obligado a la industria cementera europea a dar un fuerte viraje. Los enumeramos en orden de importancia: perfeccionamiento en los sistemas de homogeneización del crudo seco, rápido ascenso del precio de la caloría mineral, cierta estabilidad en el precio de la energía eléctrica, escasez de mano de obra y avance en las técnicas de automatización. Los tres primeros han conducido a nuestra industria por el camino de la vía seca, desplazando al procedimiento húmedo, que durante tantos años desempeñó un papel de «vedette» en la producción de clínker. Los rasgos fundamentales que caracterizan la vía seca son: muy inferior consumo de calor; calidad de clínker tan buena como en vía húmeda, y consumo de energía eléctrica igual o ligeramente superior a la misma. Los otros dos hechos que caracterizan nuestro tiempo, escasez de mano de obra y perfeccionamiento de los automatismos, han condicionado la construcción de grandes unidades y su automatización casi completa—no nos atrevemos a decir completa—, con las consiguientes ventajas de funcionamiento y calidad.

No vamos a describir los sistemas actuales de hornos, ya que son conocidos perfectamente por ustedes, y nos referiremos a ellos clasificándolos en cuatro grupos: intercambiador de suspensión

en gases, calentador de parrilla, horno largo con cadenas o cruces y horno largo de vía húmeda. Además de los mencionados hay algún otro sistema, bien derivado de éstos o bien complementario, y a ellos nos referiremos brevemente al final de esta charla.

En nuestra opinión, no hay una clara preponderancia de unos sistemas sobre otros, en lo que a vía seca se refiere. Esto nos lo demuestra el hecho de que hoy en nuestra patria se están instalando aproximadamente en la misma proporción unos que otros, de modo que es muy difícil sacar una conclusión definitiva; en cuanto a vía húmeda queda condicionado su empleo por las características de las materias primas, ya que el consumo calorífico es muy superior al procedimiento seco.

Por otra parte, la literatura de que disponemos sobre este tema, al menos la que nosotros conocemos, es casi siempre interesada y contribuye a enmascarar la verdad.

Para no caer en el mismo defecto pretendemos en nuestra exposición decir lo que pensamos sobre cada sistema, para que a nadie le venga a la memoria el consabido avestruz.

Como, en definitiva, en toda industria lo que a fin de año interesa es el rendimiento económico de la instalación, enfocaremos la cuestión desde el doble punto de vista: técnico y económico. Para ello analizaremos los siguientes puntos de los sistemas antedichos:

- a) Calidad de clínker.
- b) Consumo de energía.
- c) Dificultades de marcha y entretenimiento.
- d) Personal necesario y grado de automatización.

a) *Calidad del clínker.*—Los cuatro procedimientos son aptos para producir una excelente calidad de clínker, naturalmente dependiendo de otras muchas circunstancias, como son: buenas materias primas, preparación adecuada, etc., etc. Sin embargo, nos atrevemos a decir, a título de impresión personal, que existe una pequeña diferencia a favor del clínker del horno con intercambiador de suspensión en gases; a igualdad de crudo, combustible y personal, presenta un porcentaje menor de cal libre; bien entendido que siempre dentro de los márgenes tolerables para calificar de excelente la calidad de cualquiera de los clínkeres de los diversos procesos. Además, esto nos parece razonable, dado que los componentes de la reacción están en forma de polvo en el citado sistema.

Por lo demás, no cabe hacer más diferencias en lo que a calidad se refiere, pues si bien se está demostrando que la automatización, hasta cierto grado, influye beneficiosamente en la calidad del clínker, cualquiera de los sistemas que estamos analizando es susceptible de estas automatizaciones en forma semejante.

Hay una circunstancia que diferencia el clínker de unos sistemas de hornos a otros: la molturabilidad, que, si bien no influye en la calidad, puede tener importancia económica a la hora de moler el clínker. Parece que el clínker de horno equipado con parrilla es más molturable que los demás, aunque hemos oído opiniones contradictorias sobre el asunto y no podemos dar una idea clara sobre el mismo; de todos modos será necesario a la hora de comparar tener en cuenta la composición del clínker y el sistema de enfriamiento, ya que ambas cosas podrían influir en un sentido u otro.

b) *Consumo de energía.*—Aquí tenemos el punto más importante y sobre el que hemos de discutir con sumo cuidado, para que no se nos escape la kilocaloría, esa kilocaloría que hace unos años para que nos preocupase tenía que llegar al centenar, pero que ahora con una decena basta para traernos de cabeza. En este aspecto no vamos a tratar del horno largo equipado con cadenas o cruces, ya que no hemos podido reunir datos fidedignos y las garantías de las casas constructoras andan por las 1.000 kcal/kg de clínker, si bien parece que este tipo de hornos está evolucionando y que en un próximo futuro se acercarán a las 800 u 850, que garantizan los otros sistemas. Aquí tenemos una diferencia a favor de estos últimos de unas 20 ptas./t de clínker, al precio actual de la caloría.

En cuanto al horno largo de vía húmeda prácticamente sigue con un consumo calorífico de 1.400 kcal/kg de clínker, oscilando esta cifra según los tantos por ciento de agua en las pastas.

A continuación nos vamos a ocupar, por tanto, de los dos sistemas de horno corto. Si entregamos crudo seco a los hornos equipados con intercambiador y con parrilla, y calculamos el calor consu-

mido por todos los conceptos hasta que el clinker sale por el enfriador, nos encontramos con un balance muy parecido, que oscila, en ambos casos, entre las 750 y las 800 kcal/kg de clinker. Hay quien asegura que existe diferencia de 20 ó 30 kcal/kg de clinker a favor de uno u otro sistema según que los ciclones estén en contracorriente o en paralelo; es posible, sin embargo, pero no nos encontramos con fuerzas, ni tenemos los argumentos suficientes para entrar en semejantes profundidades, dado que además no podemos comprobarlo, por ahora, en nuestras instalaciones.

En ambos sistemas tenemos un calor residual aprovechable: en el sistema de intercambiador los gases llevan una temperatura que oscila entre 300 y 350° C a la salida del último ciclón, lo cual nos permite secar con ellos todo el crudo necesario para abastecer al horno cuando tiene un 8 ó 9 por 100 de humedad como máximo. Aún podemos aprovechar los gases procedentes del enfriador, bien sumándolos a los anteriores para secar el crudo o bien para secar el carbón, caso de que el horno utilice este combustible.

En el sistema de parrilla también podemos utilizar los gases del enfriador para secar el crudo, pero en este caso sólo hasta un contenido máximo de humedad de 3,5 por 100. Estas cifras reflejan que en el procedimiento de intercambiador podemos aún recuperar unas 100 kcal/kg de clinker más que en el procedimiento de parrilla, lo cual representa unas 10 ptas./t de clinker; claro está que estas 10 pesetas nos rentarán solamente en instalaciones que puedan aprovechar estas calorías, pues nada hacemos con disponer de ellas si tenemos las materias primas prácticamente secas en cantera.

Hasta aquí lo que se refiere a consumo de energía calorífica; pasamos a continuación a estudiar el consumo de energía eléctrica:

Según los datos que poseemos, hay aquí también diferencia, pero esta vez a favor del horno de parrilla, que consume unos 7 u 8 kWh/t menos que el de intercambiador, debido, en gran parte, a la menor pérdida de carga de los gases en el primer sistema y a la menor dimensión de los captadores electrostáticos de polvo, ya que los gases del horno de parrilla van más descargados de polvo que los procedentes de horno equipado con intercambiador de suspensión en gases. Esta diferencia representa unas 5 ptas./t de clinker a favor del horno de parrilla, que quizá puedan ser aumentadas en el caso de que el clinker presente una mejor molturabilidad que el sistema en competencia.

c) *Dificultades de marcha y entretenimiento.*—Este punto es posible que sea el más oscuro de cuantos analizamos, ya que intervienen tal cantidad de variables típicas de cada instalación que nos encontramos con los resultados más contradictorios; debido a ello, nos referiremos en líneas generales a las dificultades características de cada uno de los sistemas.

El horno de intercambiador que tan sugestivo es en este aspecto, ya que casi el 50 por 100 del proceso se realiza en un artilugio completamente estático, tiene su gran enemigo en los álcalis, especialmente si coexisten con cloruros; si la riqueza en estos componentes sobrepasa un determinado umbral, aparece el famoso círculo de álcalis y en poco tiempo ciega los conductos de entrada al horno, con la consiguiente parada de éste para proceder a su limpieza, que es el problema más temible en los hornos con intercambiador, y para él, hasta ahora, sólo se han encontrado soluciones mediocres, la más eficaz de las cuales parece ser la de construir un by-pass para lanzar un tanto por ciento de los gases a la atmósfera. Este porcentaje puede oscilar entre un 10 ó 15 por 100, pero esto tiene el inconveniente de perjudicar el balance térmico, y si el by-pass se hace directamente a la atmósfera puede traer complicaciones a causa del polvo lanzado al exterior. Los otros sistemas son también afectados por los álcalis, formando anillos y pegaduras diversas, aunque su sensibilidad a ellos sea menor que en el intercambiador.

Por lo demás, el horno con intercambiador es de marcha sencilla, se puede automatizar casi por completo y requiere una cierta atención en cuanto a la vigilancia del cuadro de control, pero sin presentar mayores dificultades. Es importante, en nuestra opinión, para que la marcha de este horno sea regular, el que la alimentación sea gravimétrica, y que el enfriador esté automatizado o semi-automatizado al objeto de mantener, siempre que sea posible, el aire secundario dentro de unos márgenes estrechos de caudal y temperatura.

El horno de parrilla necesita como condición imprescindible un material que nodule bien, ya que, de no ser así, las irregularidades de marcha tirarán por tierra el balance térmico y, en definitiva, el rendimiento económico del horno. Cuando el material nodula bien y los nódulos tienen suficiente estabilidad como para no reventar, sobre todo en la parrilla, es un horno de

marcha regular y normalmente sencillo de llevar, pudiendo ser automatizado en el mismo grado que el anterior con la consiguiente regularidad de marcha y calidad de clínker. El entretimiento de la parrilla es muy diferente de unas instalaciones a otras, posiblemente dependiendo un poco de las características de las materias primas. Junto a instalaciones que no tienen necesidad de detenerse por causa de la parrilla en ningún momento, tenemos otras que paran sistemáticamente ocho horas semanales para verificar su estado y hacer limpieza y reparación.

El horno largo, tanto de vía húmeda como seca, que por su simplicidad pudiera parecer, bajo el aspecto de que estamos tratando, el más eficaz, tiene también sus desventajas. Debido a su gran longitud es difícil conseguir una marcha regular del material dentro del horno. Este fenómeno es muy frecuente en los hornos largos de vía húmeda y nos tememos que pueda suceder algo parecido en vía seca, si bien no podemos afirmarlo. Las causas de estas irregularidades no las hemos podido concretar, posiblemente porque no sea solamente una, sino una suma de causas y sobre las cuales, a veces, no podemos influir a nuestra voluntad. En cuanto a las cadenas y las cruces, tienen dos desventajas: en primer lugar, su reparación y sustitución es laboriosa y larga, y en segundo lugar, son precalentadores que durante la campaña del horno van disminuyendo de rendimiento, debido al desgaste de las cadenas y a las pegaduras y desgaste de las cruces, contribuyendo estas circunstancias a aumentar las irregularidades de marcha.

En cuanto al comportamiento mecánico del horno largo es fácil comprender que siempre es más delicado que un horno corto, puesto que los desplazamientos, bien por dilatación, bien por falsa postura de los rodillos son mayores; las luces entre apoyos son de mayor magnitud y el número de apoyos prácticamente doble, con lo cual cualquier irregularidad nos puede hacer aparecer esfuerzos incalculables con los que nunca habíamos contado.

d) *Personal necesario y automatización.*—Pocas diferencias podrán encontrarse entre el número de personas que necesita un horno, racionalmente proyectado, sea por un sistema u otro. Prácticamente se reducen todos ellos a un hornero que, lógicamente, debiera ser un técnico por lo menos de grado medio; un hombre vigilando y limpiando cuando sea necesario en la alimentación del horno, ya en la torre de ciclones, plato nodulador, alimentador volumétrico o báscula; además de éstos, que son el personal de horno propiamente dicho, es necesario contar con electricista, mecánico y engrasador. Todo esto lo estamos refiriendo a una instalación que, aunque tenga un grado de automatización medio, cuente con un cuadro informativo suficientemente completo. Llevando la automatización a grados superiores, ya no se consigue ahorrar más personal, debido a la naturaleza atómica del hombre—atómica en cuanto es indivisible—, lo que sí se logra es aumentar la regularidad de marcha de la instalación e incluso la calidad del producto. El automatizar o no una instalación es, para nosotros, sólo una cuestión de rentabilidad. ¿Hasta dónde es rentable? Hemos visitado recientemente una fábrica donde la inversión en instalación eléctrica y electrónica alcanzaba el 50 por 100 de la inversión total. Desde luego, daba gusto verla.

*Otros sistemas.*—Actualmente se están efectuando algunos ensayos con procesos mixtos; tenemos noticias del procedimiento semi-húmedo—del que el Dr. Weber nos habla en *Zement-Kalk-Gips* en el número de noviembre de 1963—, que consiste en la preparación de nódulos con pasta molida para vía húmeda a la que se añade harina seca con objeto de rebajar el tanto por ciento de agua. Este puede ser un proceso de transición, cuando una fábrica va a cambiar de vía húmeda a seca, ya que no lo consideramos rentable de otra manera, pues hay que tener dos molineras de crudo completamente diferentes.

También sabemos que se están realizando ensayos para filtrar las pastas; parece que los más interesantes son los que se llevan a cabo con filtros-prensa automáticos. Hemos tenido ocasión de ver estos filtros; y si bien el automatismo está conseguido, quedan aún algunos problemas por resolver: por un lado hay que montar bastantes unidades filtrantes, pues al ser de trabajo discontinuo han de alternarse las máquinas, que además no son de mucha capacidad; por otro lado, el rendimiento de los tejidos filtrantes aún no es ni muy regular ni muy adecuado, más que por el valor del tejido por la parada que supone su recambio. Otro aspecto no resuelto aún es el paso de la torta que nos produce el filtro a la forma definitiva que ha de tener el crudo para su introducción en el horno. Los rendimientos con diferentes pastas son muy variables y dependen de las características de cada caso, si bien pueden ser mejorados con algunos aditivos.

Y bien, señores, he intentado dar una visión panorámica del estado actual del horno rotatorio para la fabricación de cemento portland; si no lo he conseguido, les pido mil perdones y espero que el coloquio que ahora se abre les compense de mi incompetencia.