

- Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento -

619-9 PERFECCIONAMIENTOS EUROPEOS EN LA FABRICACION DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

(Developments in Rock Products and Concrete Industries in Europe)

Autor: F. O. Anderegg

De: "ROCK PRODUCTS", 70, Mayo, 1952.

-----

El Sr. Anderegg, además de ser uno de los editores de la gran revista yanqui Rock Products, ha sido uno de los enviados especiales norteamericanos en el Primer Congreso de Investigaciones de la Construcción celebrado en Londres en Septiembre de 1951. Esta circunstancia, unida a los numerosos viajes que, con motivo del Congreso, llevó a cabo el autor por diversos países europeos, hace que, el artículo presente posea un gran interés por cuanto refleja fielmente las tendencias é innovaciones verificadas en la vieja Europa, en el campo de los materiales de construcción en los últimos tiempos. La pluma certera del Sr. Anderegg se ha dirigido hacia -- campos específicos tales como: empleo de cascotes ó escombros en -- la fabricación de hormigones en Alemania, empleo de enlucidos estucos a base de cal-arena, fabricación de cemento y cal hidráulica y perfeccionamientos en la fabricación y empleo de unidades prefabricadas de hormigón ligero.

Intentaremos hacer una breve reseña de los apartados mas interesantes del extenso trabajo de Anderegg, sin dejar por ello -- de recomendar a nuestros lectores la lectura del artículo original. Como introducción al mismo, incluye el autor una nota concisa sobre las actividades del mencionado Congreso, de las que suponemos enterados a nuestros lectores.

Empleo de escombros como áridos para hormigón.-

Las enormes destrucciones ocasionadas por la guerra en Alemania hicieron que, en las mas importantes ciudades de ésta se formaran ingentes montones de escombros ó cascotes, cuyo aprovechamiento, aparte de suministrar importantes elementos para la reconstrucción, resolvía determinados problemas de disponibilidad de espacio y limpieza de plazas, calles, etc.

En la ciudad de Frankfurt del Main, por ejemplo, existe una de las instalaciones mas acabadas para la recuperación de escombros. Unas grandes palas mecánicas recogen los cascotes que son cargados en camiones y llevados a la fábrica. Aquí se vierten sobre parrillas que separan los finos. Los ladrillos enteros ó útiles para su uso se separan y forman una pila aparte. El resto pasa a un equipo de trituración consistente en molinos de péndulos y de rodillos. El producto final se tamiza y clasifica enviándolo a diferentes silos. Los materiales más finos se mezclan con un poco de escorias de hulla y se mandan a una parrilla de sinterización Lurgi. Así se obtiene un producto llamado Haydite, que no es más que un árido "sintético" que se utiliza para la fabricación de bloques. Los áridos gruesos se emplean tanto para la fabricación de bloques como para la confección de hormigones en general. En Frankfurt, Stuttgart y otras grandes poblaciones de la Alemania Occidental hay grandes instalaciones para la fabricación de bloques, del tipo Schlosser, algunas de cuyas particularidades describe el Sr. Andereg en su trabajo.

En muchas ciudades de Alemania se utilizan los enfoscados y enlucidos a base de mortero de cal (ver nota siguiente), razón por la cual no hay incompatibilidad entre estos áridos "de recuperación" y los aglomerantes. Cuando se utilizan los enlucidos a

base de yeso, no solamente hay que descartar los finos procedentes de los escombros sino que, en los cascotes que forman el árido grueso (trozos de ladrillo) debe haber menos de 1% de yeso.

Otra cuestión que trata el Sr. Anderegg -muy de pasada- es la del "hormigón sin finos". En Alemania se hace ya bastante empleo de esta clase de hormigón para el cual, en general, se utilizan encofrados de acero ó de planchas de cartón que sirven para una docena ó más de operaciones. Las paredes construidas con estos hormigones se recubren, interior y exteriormente con un revestimiento de mortero cal-arena.

#### Los estucos cal-arena en Europa.-

Aquí el autor utiliza el término estuco para significar, unas veces enfoscado, otras revestimiento y, las más de ellas enlucido final ó acabado. En cualquier caso, trata de comparar las ventajas de los morteros cal-arena como revestimientos de interiores y exteriores, con otros tipos conocidos de materiales destinados a la misma finalidad. Los morteros que se emplean generalmente en Alemania están formados por cal grasa hidratada ó apagada, una cantidad considerable de cal hidráulica regularmente cocida y la correspondiente proporción de arena.

Muchas fábricas de cemento hacen una selección de sus crudos separando las piedras de marga que, mecánicamente, se introducen en hornos verticales juntamente con una pequeña cantidad de carbón. La cantidad de hulla introducida viene a ser la correspondiente a la cocción de unos tres cuartos de la piedra empleada. Así se obtienen unas cales hidráulicas con una proporción grande de incocidos lo cual, además de significar un ahorro considerable de combustible proporciona un aglomerante que, después de finamen-

te molido goza de excelentes propiedades. En efecto, los gránulos crudos actúan como núcleos y hacen que las mezclas fabricadas con esta cal posean una excelente trabajabilidad, cualidad muy de apreciar en los revestimientos.

En otras regiones de Alemania, y en general en Europa, se adiciona a los morteros de cal una cierta proporción de portland en lugar de la cal hidráulica. Con ello se aumenta la durabilidad. La proporción suele ser de una parte de cemento para dos partes de cal, y aún menos. En Suecia, la composición que da mejores resultados es la de un volumen de cemento, dos volúmenes de cal y quince volúmenes de arena. Según los estudios realizados por Nycander, si se emplea más ó menos cemento de la proporción indicada hay peligro de agrietamiento. Parece ser que la presencia de una cierta cantidad de finos en la arena es un factor importante en la consecución de buenos resultados.

El mencionado Sr. Nycander ha perfeccionado en Suecia un tipo de mezcladora de alta velocidad con la que se fabrican casi todos los morteros que, en obras de albañilería y estuco se utilizan en Estocolmo. El eje de la mezcladora es horizontal (unos 6 m. de largo) y gira a 200 r.p.m. Los morteros de cal así fabricados pueden emplearse en cualquier lugar de la ciudad dentro de las cuatro horas de su fabricación. En tiempo de invierno el agua de amasado se calienta convenientemente. También existe en Suecia un aparato para medir la resistencia a la indentación ó huella de los revestimientos de cal-arena. Este aparato, debido también al especialista Sr. Nycander ha demostrado la gran superioridad de las mezclas fabricadas en la hormigonera de alta velocidad mencionada, en comparación con las máquinas que giran a 40 r.p.m. En comparación con los morteros mezclados a mano, esta superioridad es aún más notable.

Después de la aplicación del mortero 1:2:15 antes mencionado, suele darse a las paredes un enlucido fino a base de arena blanca, cal y cemento blanco. En algunos países se prescinde del cemento.

Después de dar unas indicaciones sobre los sistemas de aplicación de morteros para enlucidos en diferentes naciones europeas, el Sr. Anderegg cita el empleo de los morteros de espuma en Inglaterra. Los enlucidos a base de este material se aplican mecánicamente, por medio de aire comprimido, empleando unos "cuadros" ó marcos aplicados al muro que se trata de revestir. En una mezcladora de alta velocidad se introducen una parte de cemento, tres de arena, el agua y el agente espumante. La mezcla se lleva luego al recipiente de presión (15 lbs por pulgada cuadrada) desde el que se hace la aplicación. Estos revestimientos de mortero ligero son, como su nombre indica, de poco peso, muy resistentes a las heladas y de gran poder aislante para el frío y el calor. Diversas edificaciones construidas en Londres han resistido varios inviernos sin el menor signo de deterioro.

#### Fabricación europea de cementos.-

La diferencia mas destacable entre las técnicas cementeras europeas y las de Norteamérica estriba, como es sabido, en un punto fundamental: la cuestión combustibles. En algunos países de Europa Central, por ejemplo, los cementeros no saben de donde obtener el carbón para sus hornos. Los ingleses y franceses se llevan tal proporción de la producción hullera del Ruhr que difícilmente puede quedar algún carbón para los demás países. Consecuencia de esto es la escasez de carbón que lleva como secuela el empleo de combustibles malos, de elevado contenido en cenizas, que ocasionan

anillos en los hornos y otras dificultades que constituyen otros tantos quebraderos de cabeza para los químicos de las factorías.

No tiene nada de particular, a la vista de lo mencionado, que las fábricas europeas se hayan orientado en direcciones diferentes de la técnica americana. Los hornos verticales se utilizan cada día en mayor profusión. Los métodos de sinterización, especialmente combinados con hornos rotativos cortos proporcionan economías sensibles en los combustibles, si bien el montaje de un horno vertical resulta más barato.

La molturación del clinker se hace, casi sin excepción, en circuito abierto, en molinos compartimentados, obteniéndose resultados muy buenos, superiores a aquellos en los que se emplea la separación por aire. El Sr. Anselm, conocido de nuestros lectores y excelente amigo y colaborador del Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento, es, en la actualidad una figura indiscutible en materia de molturación. El Dr. Anselm se encuentra actualmente experimentando con un aparato de elutriación, en el cual el cemento se suspende en alcohol absoluto. La suspensión contenida en un cilindro se somete a una ligera agitación por medio de un cilindro de vidrio que sube y baja muy suavemente. Según opinión de su autor, este aparato permitirá la determinación de los tamaños de las partículas de cemento inferiores a los 5 micrones. En la pag. 76 de la Revista "Rock Products", número de Mayo de 1952, se incluye una fotografía del elutriador del Dr. Anselm, que no reproducimos por su mala calidad.

Las cuestiones referentes a molturación fina del cemento y a formación de grietas en las autopistas han recibido considerable atención en los últimos tiempos tanto en Alemania como en los Estados Unidos. Los ingenieros alemanes están llevando a cabo

extensivas é intensivas investigaciones en autopistas del Norte y Sur de Alemania. Una conclusión provisional es la de que la finura del cemento, al menos la determinada por el residuo sobre 176 mallas, no parece tener influencia alguna sobre el agrietamiento de los pavimentos.

En materia de cementos cabe señalar dos nuevas creaciones europeas: el cemento expansivo y el cemento Trief. El ing. - francés Henry Losier, aprovechando la reacción expansiva entre los sulfatos y el aluminato cálcico, ha propuesto el empleo del "cemento expansivo", el cual, por curado en húmedo durante dos semanas, sufre una expansión. Más tarde, cuando se seca, puede volver a alcanzar su volumen original, o muy cerca de él, dependiendo de la cantidad de agente expansivo empleado. Este agente no es mas que sulfato de aluminio fundido que debe ser cuidadosamente mezclado y molido con el cemento portland. Los hormigones pretensados fabricados con estos cementos presentan determinadas ventajas, sobre todo en la reparación de arcos rotos. Este cemento se fabrica por la casa Poilet y Chausson de Paris.

Cuando una escoria apropiada de alto horno se muele finamente y se mezcla con cemento portland se obtienen aglomerantes con los que se pueden fabricar hormigones. Si este hormigón se trata con solución saturada de cloruro sódico, en condiciones apropiadas de temperatura, se obtienen resistencias muy altas. Este es el "cemento Trief". Pueden encontrarse algunas dificultades cuando la temperatura es demasiado baja.

Para terminar, mencionaremos otro tipo de aglomerante típicamente europeo, el "Surciment", formado por escoria de alto horno, cemento y yeso. Este cemento ha sido fabricado, intermitentemente, en Francia y Bélgica y, al parecer, posee excelente re -

sistencia a las aguas sulfatadas. Actualmente hay una fábrica alemana que lo produce.

El empleo de hormigones aireados no tiene en Europa, indudablemente, el mismo predicamento que en América. La razón parece ser que, los hormigones relativamente secos utilizados en el viejo Continente no necesitan tanto la incorporación de aire y, por otra parte, tampoco lo admiten con facilidad. Las mezclas empleadas en Norteamérica son mucho más húmedas que las europeas.

Respecto a investigaciones, aparte de las mencionadas del Dr. Anselm, de Heildelberg, la Asociación Alemana del Cemento Portland, bajo la dirección del Dr. Keil, esta realizando interesantes trabajos, tales como aquellos que se refieren a la presencia de la magnesia en el clinker. La Asociación del Cemento de Austria, que posee nuevos edificios en Viena, ha emprendido diversas investigaciones en este campo bajo la dirección del Sr. W. Czernin.

Y, para terminar, mencionaremos, en lo que respecta a la extracción de crudos, que se está extendiendo en Europa el empleo de las perforadoras mecánicas para la puesta a punto de barrenos en las canteras. También existe cierta tendencia al empleo de palas mecánicas cada vez mayores.

#### Fabricación de cal hidráulica.-

Hace más de 2.000 años que se fabrica la cal hidráulica en Europa. Sin embargo, desde los años 1929-1930 la industria de la cal hidráulica no ha progresado mucho. En muchas naciones europeas existen yacimientos de un tipo de marga blanda que, cocida en horno vertical, proporciona calces hidráulicas, con cierta proporción de incocidos, muy adecuada para albañilería, revestimientos y estucos. La molturación de estos productos muy friables es muy sen



cilla y poco costosa. En Inglaterra existe una de estas fábricas - que funciona desde hace más de 65 años con la misma maquinaria.

Para la hidratación de las cales hidráulicas existen diversos tipos de aparatos automáticos tales como el hidratador Clyde. En ocasiones, no obstante, se acude al simple expediente de incorporar un poco de agua al molino de bolas en el que se verifica la molturación de la cal.

En general, en Europa, se prefieren las buenas cales hidráulicas para la fabricación de morteros para enlucidos y enfoscados. Sin embargo, este producto tiene un poderoso competidor en las mezclas de cemento portland y cal grasa, que se utilizan asimismo para morteros.

#### Perfeccionamientos en la fabricación de bloques de hormigón ligero.-

Puede decirse que la mayor parte de nuestros conocimientos sobre hormigones celulares, de espuma, aireados, de gas y, en general, hormigones ligeros, se encuentran en el conocido libro de Otto Graf ("Schaumbeton und Leichtholhbeton".- Stuttgart, 1949).

La mayor parte de los hormigones ligeros caen dentro de tres categorías: Hormigones con árido ligero, del tipo de la piedra pómez; mezclas de cemento, con o sin arena, y agua, expansionadas mediante gas producido por una reacción química dentro de la masa plástica; hormigones aireados mediante batido de la masa, ayudado por ciertos agentes espumantes, (hormigones de espuma).

El tratamiento de cualquier clase de hormigones por vapor en autoclave, produce una considerable mejora en los mismos. Los hormigones ligeros, no solamente incrementan su resistencia dentro de límites notables, sino que reducen su retracción, desventa-

ja notoria de esta clase de materiales poco densos.

El Sr. Anderegg describe con bastante detalle numerosas máquinas de hacer bloques de hormigón ligero, de uso corriente en Europa, comenzando con aquellas en las que se tratan hormigones - de áridos ligeros, especialmente pómez. Es digno de notarse que, en Alemania, existen más de 2.000 instalaciones para la fabricación de bloques, desde la pequeña máquina a mano hasta las grandes plantas completamente mecanizadas. Casi todas ellas trabajan con pómez. Una característica de los bloques prefabricados en Europa es la casi infinita variedad de formas existentes. Parece como si cada arquitecto quisiera tener su bloque especial para su uso particular. Una gran parte de estos bloques se destinan a la construcción de pisos. Aquí también hay la gran variedad de formas y dimensiones a que aludíamos anteriormente.

Los bloques también se fabrican con áridos de cenizas, arcillas sinterizadas y aun cascotes de ladrillo. En algunos países, Inglaterra por ejemplo, las escorias y pizarras esponjadas encuentran un empleo extensivo en la construcción de bloques.

Los suecos son, sin duda, los maestros en la fabricación de hormigones, o mejor morteros, a base de expansión por gas. Existen dos empresas rivales que se reparten exclusivamente los mercados. Los productos denominados "YTONG" y "SIPOREX" son demasiado conocidos por nuestros lectores para que insistamos sobre ellos. Las materias primas utilizadas (todos estos procedimientos están protegidos por patentes y no son demasiado bien conocidos) son, cemento portland, cal grasa, esquistos y pizarras, arena, cenizas volantes, piedra caliza y otras. Como agente productor de gas se utiliza casi exclusivamente el polvo de aluminio, mezclando con el agua de amasado a la que se añaden proporciones determinadas de es

tabilizadores de espuma, o mejor burbujas. En el trabajo que estamos comentando (páginas 136 y 137) se hace una amplia exposición gráfica de la planta principal de Siporex en Suecia y de diversos detalles de las construcciones verificadas con bloques Siporex.

Los hormigones "de espuma" también han alcanzado un gran desarrollo en diversas naciones de Europa, especialmente Inglaterra y Alemania. Las sustancias que se emplean como agentes espumantes suelen ser hidrolizados de proteínas o proteínas mismas, jabones, saponinas y diversos hidrocarburos alquílicos o arílicos sulfonados. En las formulaciones que cada firma utiliza se incluyen, aparte de los agentes de espuma, uno o varios agentes estabilizadores de espuma. En el párrafo de esta misma nota dedicado a estucos cal-arena se habló ya de un material para revocos formado por arena fina, cemento y un agente espumante.

Las espumas se producen, generalmente, en el interior de un cilindro que contiene la mezcla adecuada y al cual se inyecta aire a una presión de 65 lbs/pulg<sup>2</sup>. El cilindro lleva unas paletas agitadoras, a alta velocidad, que ejecutan la mezcla y espumado de la masa. Cuando se fabrican bloques y otras unidades de construcción con este material, es posible someter las piezas fabricadas, a la acción del autoclave con lo cual, como es sabido, se mejoran considerablemente las propiedades de los mismos. Sin embargo, cuando este mortero espumado se utiliza "in situ", como por ejemplo en la fabricación de suelos o revocos es evidente que ha de prescindirse del tratamiento con vapor.

Entre los materiales ligeros típicamente europeos, hay que mencionar también los paneles aislantes fabricados a base de residuos vegetales y un aglomerante. En Alemania se emplean como aglomerantes para viruta de madera y otros materiales análogos, el

cemento portland, oxisulfato de magnesio y yeso. En Suiza, por ejemplo, se emplea el portland casi exclusivamente para esta finalidad.

Los materiales aglomerados pueden ser trozos, astillas o virutas de madera obtenidos como subproducto de otras industrias o fabricados exclusivamente con esta finalidad. Cuando se emplea como aglomerante el cemento, es conveniente hacer previamente una "mineralización" de los residuos vegetales. Esta operación puede verificarse agitando las virutas, durante 24 horas, en agentes diversos tales como silicato sódico, cal, cal hidráulica, caliza e incluso cemento. Estos tratamientos previos, sobre los cuales las diversas empresas guardan el más celoso secreto, sirven para neutralizar los ácidos presentes en la madera, los azúcares y otras sustancias que podrían perjudicar posteriormente.

Estas mezclas portland-madera están sometidas a una retracción considerable (del orden de 0,3 á 0,7%) durante el secado. Se necesita, por lo tanto, un cuidado especial en el control de la humedad de las masas. La práctica europea consiste en utilizar mezclas lo más secas posibles, de tal modo que, una vez prensadas pueden sacarse de los moldes en el periodo de tiempo más breve, a poder ser inmediatamente después del moldeo, sin esperar al fraguado.

La fábrica alemana más importante de este tipo de bloques utiliza como aglomerante el oxisulfato de magnesio. La magnesia procede de magnesitas australianas y el sulfato del Este de Alemania. Las virutas se mezclan bien con soluciones de óxido y sulfato y la masa se prensa entre bandas de acero, al mismo tiempo que se somete al calor en estufa para que se inicien las reacciones de fraguado. La fabricación se hace en banda continua y la longitud total -

de la mesa, incluyendo las diversas secciones de prensado, estufa, secado, corte etc. es de unos 60 metros. El 40% aproximadamente de todos los paneles aislantes empleados en Alemania es suministrado por esta planta. Hay otras instalaciones mas pequeñas que fabrican paneles análogos e incluso una fábrica del Sur de Alemania suministra piezas cortadas que, convenientemente ensambladas, proporcionan un tipo de casa prefabricada conocida como "Fertige Häuser". El radio de acción práctico de esta industria es de unos 600 km.

El final de este interesante trabajo de Anderegg incluye diversas notas referentes a los sistemas de vibrado, técnicas de premoldeo, construcción de suelos, pretensado y otras particularidades constructivas de las técnicas europeas.

- - - -