

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS.

PART E OFICIAL.—ARTICULOS DOCTRINALES.—ESTADO DE OBRAS Y PROYECTOS.—DESCUBRIMIENTOS E INVENCIONES.
BIBLIOGRAFIA.

CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LAS CALIZAS Y CALES DE CONSTRUCCION, Y PROCE- DIMIENTO GENERAL PARA EL ANALISIS QUIMICO DE LAS PRIMERAS.

I.

El carbonato de cal conocido generalmente con los nombres de caliza ó piedra de cal, es de una gran importancia como piedra de edificar, pero aun la ofrece mayor por ser la sustancia de que se extrae la cal viva empleada en la confeccion de los morteros ó argamasas. Es evidente que la eleccion que el ingeniero ha de hacer de unas y otras estriba en las propiedades que presentan, y como estas dependen de su composicion, fácilmente podremos conocer que para la eleccion acertada de estos materiales es de suma utilidad, y aun pudieramos decir de necesidad absoluta, conocer exacta y científicamente la composicion química, tanto de las calizas como de las cales que pueden producir. Este es el motivo que nos ha impulsado á escribir el presente artículo, sin otras pretensiones que las de recordar algunas ideas generales respecto de las sustancias ya indicadas, y esponer uno de los varios medios que pueden seguirse para verificar su análisis. Pudieramos desde luego haber entrado en esta segunda parte, que es el objeto principal de nuestro escrito, pero como siempre que tratamos de averiguar la naturaleza de un cuerpo empezamos por examinar sus propiedades físicas, y aquellas que resultan de ponerle en contacto con agentes que puedan modificar, pero no alterar su constitucion, para ver si por este medio se nos manifiestan propiedades que puedan guiarnos en las investigaciones ulteriores, por eso hemos creido oportuno recordar algunas de sus propiedades mas generales é importantes que tienen una relacion intima con su composicion como veremos luego. Esto sentado, entremos en materia.

La aplicacion que de las calizas se hace como piedras de edificar está fundada en la resistencia que oponen á ser alteradas por los agentes atmosféricos, en su dureza, en la her-

mosura de sus colores, en su fácil estraccion, y finalmente en la abundancia con que en la naturaleza se hallan. Su empleo como material para la confeccion de los morteros está basado en la facilidad con que pierden su agua y ácido carbónico espuestos á una temperatura elevada, y la facultad que poseen de apoderarse de nuevo de ambos cuerpos recuperando con ellos sus propiedades primitivas. De estas aplicaciones, la última es la mas importante para nosotros en el momento, y de ella vamos á ocuparnos.

Llámase caliza en la industria, no tan solo al carbonato cálcico puro que la naturaleza nos presenta, sino á toda roca que contenga por lo menos un 50 por 100 de esta sustancia. Lo mas comun es que hagamos uso de estas calizas impuras, y los cuerpos que frecuentemente hallamos en ellas son, ademas del carbonato cálcico, los carbonatos de magnesia, hierro y manganeso, la arcilla y la sílice en granos ó sea la arena. Cuando esto sucede, la cal que resulta de su calcinacion contiene los principios fijos de estos diversos cuerpos.

No es nuestro objeto ocuparnos de la calcinacion que es indispensable esperimenten las calizas para servir á los usos ordinarios de construccion, pues aunque es operacion que merece un estudio especial, no es de interés inmediato para nosotros al presente. Vamos á suponerla practicada para estudiar el producto que de ella resulta, es decir, la *cal viva* que solo difiere de la caliza de que procede en que se halla privada del agua y del ácido carbónico. Si la caliza que se sometió á la accion del fuego era pura, como el mármol blanco ó la buena creta, ó cuando mas contaba un 10 por 100 de sustancias estrañas entre las que no se debe hallar la arcilla, ó si se hallaba, era en proporciones cortisimas, en este caso la cal resultante se presenta blanca ó con una débil tinta amarillenta ó gris, y puesta en contacto del agua la absorbe rápidamente, se eleva la temperatura de un modo muy notable, despréndese gran cantidad de vapor acuoso, se perciben chasquidos fuertes, ocasionados por la dilatacion del aire interior que rompe los

fragmentos, y estos aumentan tres ó cuatro veces su volúmen primitivo; fenómenos todos que reconocen por causa la viva acción química ocasionada por la union del agua al óxido cálcico para formar un hidrato de cal, ó sea una combinacion en que el agua hace el papel de ácido. Si progresivamente vamos aumentando la cantidad de agua, agitando la mezcla continuamente, los fenómenos van siendo cada vez menos perceptibles, concluyendo por formarse una pasta mas ó menos blanda, pero ligeramente glutinosa: la cal que presenta todos estos caracteres se conoce con el nombre de *cal grasa*.

Si la caliza sometida á la calcinacion estaba impurificada por grandes cantidades de los cuerpos arriba mencionados, esceptuando la arcilla, la cal entonces se presenta morena; y puesta en contacto con el agua no ofrecen tanta intensidad como en el caso anterior los fenómenos descritos; la temperatura se eleva menos, el aumento de volúmen es apenas sensible y la pasta resultante carece de la ligera viscosidad que aquella presenta: en este caso se dice que la cal es *árida*. La magnesia es de todas las sustancias que acompañan á las calces la que mas contribuye á su aridez; segun Berthier basta que una cal contenga 20 por 100 de este óxido para que sea árido.

Cualquiera de las calces correspondientes á las dos clases de que hemos hecho mencion, sumergidas por un tiempo considerable en el agua, se disuelven lentamente en ella desapareciendo casi por completo; pero tardan poco en producir un polvo blanco insoluble y sin coherencia entre sí, que está compuesto de carbonato cálcico. Pero si la caliza que ha sido calcinada contenia una cantidad algo considerable de arcilla, que puede fijarse á lo menos en un 10 á un 15 por 100 de su peso, entonces la cal resultante puesta en contacto con el agua presenta fenómenos esencialmente distintos de los que dejamos indicados. La hidratacion se efectúa con poca energia al parecer, pues que la absorcion del agua es muy lenta, se eleva poco la temperatura y el aumento de volúmen es casi nulo, pero la pasta que resulta tiene la singular propiedad de endurecerse considerablemente cuando se la mantiene por algun tiempo bajo el agua, llegando á adquirir una consistencia que iguala, si ya no es que supera, á la de la caliza de donde la cal procede. Esta propiedad de que las artes han sacado un partido inmenso, ha hecho que se empleen las calces que la presentan para la confeccion de morteros que han de reunir materiales constante ó periódicamente sumergidos bajo el agua: por esto se las ha llamado *calces hidráulicas*; conservando el nombre de *comunes* ó *aéreas* para las que carecen de esta propiedad.

Entre las calces hidráulicas hay tambien di-

ferentes variedades: unas, que son las anteriores, se endurecen bien bajo el agua y al aire se mantienen incoherentes, no sirviendo para construcciones aéreas; y otras hay aun mas preciosas, que ademas de adquirir mayor dureza en menos tiempo bajo el agua, la adquieren tambien espuestas al aire. Estas han sido denominadas *cementos*. No hay, pues, mas diferencia entre cal hidráulica ordinaria y cemento, que el diferente grado de hidraulicidad que en estos está, digámoslo asi, en su máximo, lo cual depende de la mayor proporcion de arcilla que contienen, que no debe bajar de un 25 á un 50 por 100.

Veamos ahora como obran estas diferentes clases de calces.

Las calces para ser empleadas en las construcciones deben estar preparadas convenientemente, y la preparacion consiste en darles el agua que necesitan para hidratarse, operacion que se conoce entre los obreros con el nombre de *apagamiento* y el producto con el de *cal muerta*, y ademas en mezclarla con arena á cuya mezcla se denomina *mortero* ó *argamasa*. Esta mezcla tiene que hacerse exactamente y aqui debemos llamar la atencion, porque en general se descuida mucho este requisito, siendo asi que es de gran importancia como se deduce de lo que en su lugar indicaremos respecto al papel que la arena desempeña en las argamasas. El mortero se emplea para reunir los diferentes materiales en virtud de la consistencia que toma pasado cierto tiempo; la causa de esto es puramente química: la indicaremos ligeramente. Cuando colocamos un fragmento de cal recientemente apagada en el agua y le dejamos abandonado al aire libre, cuidando de reemplazar el agua á medida que se evapora, observamos que la cal va lentamente disolviéndose hasta que el agua se ha saturado de toda la que puede disolver y entonces el ácido carbónico, que en el aire existe encontrando al óxido cálcico, por quien tiene grande afinidad, en las mas favorables condiciones para unirse con él, lo verifica formándose un carbonato de cal que es insoluble, y por consiguiente se separa ó precipita bajo la forma de un polvo blanco. Pero el agua que se halla libre de su union con el óxido cálcico disuelve nueva porcion de este, que presenta al ácido carbónico, y le abandona tambien cuando pasa á carbonato, repitiéndose asi estos mismos fenómenos en tanto que queda óxido cálcico que disolver el que, finalmente, desaparece hallándose todo bajo una nueva forma y el agua pierde el que habia disuelto. El carbonato cálcico que resulta puede presentarse coherente ó deleznable segun las condiciones en que se halle: cuando se deseca rápidamente y sobre una superficie lisa, resulta deleznable y quebradizo; pero si conserva la humedad por bastante tiempo y

la superficie sobre que descansa presenta numerosas asperezas ó desigualdades, se colocan sus moléculas de un modo tal, que adquiere gran consistencia y adhiere fuertemente al cuerpo sobre que se halla: en esto estriba su uso. Conviene, pues, que las condiciones en que coloquemos al mortero sean las mas favorables para que produzca su efecto útil. Si le colocásemos, siendo un mortero formado con una buena cal aérea, en un sitio bañado por el agua, esta se apoderaría de la cal que sería arrastrada antes de tener tiempo para carbonatarse, y dejando sola la arena, los materiales se hallarian sin una sustancia capaz de mantenerlos unidos, y la obra quedaría destruida: es pues inútil por esta causa para construcciones hidráulicas.

Cuando le empleamos en construcciones que han de estar espuestas al aire, es necesario tambien observar ciertas reglas fundadas en lo que dejamos dicho: si al tiempo de emplearle no está suficientemente húmedo, el agua que contiene se evapora pronto y lejos de ser útil, es perjudicial, porque carbonatándose solo la capa mas exterior, forma un obstáculo impenetrable para el ácido carbónico y queda la gran masa del mortero privada de su benéfico influjo, ó cuando menos tarda muchísimo en carbonatarse el resto. Pero si en el momento de hacer uso del mortero le humedecemos suficientemente y humedecemos tambien la superficie de los materiales que con el deseamos reunir, entonces se encuentra la cal en las mejores condiciones para su fácil carbonatacion y el efecto es mas rápido y útil: esto explica un hecho constantemente comprobado por todos los constructores que es, que los morteros adquieren mas adherencia cuando han sido empleados en las épocas lluviosas que en las secas. Creemos superfluo indicar que es-

to está comprendido entre ciertos límites que la práctica racional enseña. Es tambien condicion que conviene tener presente; que los morteros que han estado preparados bastante tiempo en las estaciones muy lluviosas son menos útiles porque las aguas arrastran gran cantidad de cal. La arena que á esta se mezcla se creyó en algun tiempo que ejercia accion química, pero hoy está probado que solo obra favoreciéndola: aumenta las asperezas de las superficies sirviendo cada grano de núcleo al rededor del cual se deposita el carbonato formado, por cuyo motivo se prefiere la que presenta granos de superficie rugosa; sirve ademas para evitar la desecacion del mortero que ocasionaría sin duda la compresion que produciria los materiales por su propio peso, y finalmente hace que cuando se contrae la pasta por la desecacion natural queden pequeños poros por donde tiene facil entrada el ácido carbónico. Aun observando todas las condiciones dichas y favoreciendo la carbonatacion por estos medios no se consigue el resultado por completo, y examinados por Jolin fragmento, de mortero extraídos del interior de gruesos muros cuya construccion databa de algunos siglos, ha hallado cal en estado de óxido. Resulta, pues, que la solidificacion del mortero comun es debida solo á la carbonatacion de la cal. bajo ciertas condiciones: será pues preferible para este uso una cal cuanto mas óxido cálcico contenga y menos sustancias extrañas.

Las cales hidráulicas hemos dicho anteriormente que proceden de calizas en que se encuentra la arcilla en proporcion considerable. Mr. Vicat, célebre por sus trabajos sobre este asunto, ha fijado las proporciones de arcilla que dan á las cales diferentes grados de hidráulicidad, de la manera siguiente:

Cuando una caliza contiene 8 á 12 p^{ts} de arcilla produce una cal que se endurece en 15 á 20 dias.

15 á 18

8

20 á 25

4

30 á 40

¼ de hora (cemento)

Mayor proporcion de arcilla tiene graves inconvenientes: en la de 53 por 100 produce una cal que tiene los caracteres de un buen cemento, pero que despues de cierto tiempo pierde estas propiedades y queda reducida á cal comun de mala calidad. Esta clase de cales á que llama Vicat *limites*, son de uso peligroso y aconseja la proscripcion de su empleo.

La hidráulicidad de las mismas, conocida ya perfectamente por los romanos, ha sido objeto de numerosas investigaciones por parte de los químicos. La presencia en casi todas ellas del óxido de hierro y del manganeso fué causa de que algunos, entre los que se cuenta el célebre Guyton de Morveau, viesan, en el

último, el cuerpo á quien debian esta singular propiedad: pero los esperimentos directos de Vicat y Berthier han demostrado la inexactitud de aquella opinion y han aclarado lo que hay de cierto en este punto: despues de sus trabajos estamos autorizados para asegurar que la hidráulicidad depende esclusivamente de la proporcion de arcilla que contienen y que es el resultado de la accion química que se ejecuta entre la cal, la sílice, el agua y probablemente tambien el ácido carbónico. Rápidamente indicaremos el medio empleado por aquellos hábiles observadores para la averiguacion de este asunto importante: la cuestion puede en términos generales expresarse

de la manera siguiente: entre los cuerpos que el análisis demuestra existir en las calizas, buscar uno que unido con la cal forme un compuesto eminentemente insoluble en el agua. En este caso se simplifica, pues que los cuerpos que de preferencia se hallan mezclados con el carbonato de cal, ya hemos dicho que son los carbonatos de magnesia, hierro y manganeso, la arcilla y la arena. Dos son los caminos que han seguido y ambos los han conducido al mismo resultado. Fundidas diferentes mezclas de creta ó carbonato cálcico térreo y arena blanca común, han resultado cales que no poseían la propiedad hidráulica y eran por el contrario bastante áridas. Empleando la arena en un gran estado de division, la cal resultante no es hidráulica, pero si menos árida: y si en vez de la arena sustituimos la sílice gelatinosa (1) resulta una cal bastante hidráulica. Dedúcese de aquí que la sílice puede hacer que una cal sea hidráulica, pero que para ello se necesita que esté en un estado de division muy notable. En comprobación hizo Vicat experimentos con mezclas de 100 partes de creta y 200 de sílice en diferentes estados de agregacion intermedios entre el cristal de roca triturado y el de gelatina, y obtuvo cales que ofrecían grados diferentes de hidraulicidad, comprendidos entre una nada hidráulica que procedía de la mezcla fundida de la creta y cristal de roca, y otra muy hidráulica que provenía de la fundicion de la creta en la sílice gelatinosa. Ahora bien; las arcillas contienen la sílice en un estado de division extremo y segun la mayor parte de los quimicos, simplemente mezclada con la alúmina y demas sustancias que aquellas acompañan, razon por la cual se concibe que la arcilla puede ser suficiente para producir una cal hidráulica.

Pero Berthier y Vicat siguieron aun en sus ensayos; quisieron ver si la alúmina que la arcilla contiene podía tener alguna influencia, y para asegurarse siguieron el mismo camino que para la sílice: mezclaron diferentes proporciones de creta y alúmina y despues de sometidas á la accion del fuego dieron por resultado cales nada hidráulicas, pero con los caracteres de *grasas*. La magnesia, el óxido de hierro y de manganeso no solo no han producido por este medio cales hidráulicas, sino que el producto de su mezcla con la creta, fundido presentaba los caracteres de cales muy áridas. Si ademas de la sílice se mezcla con la creta una corta cantidad de alúmina ó de magnesia, parece que la cal gana en hidraulicidad respecto á la que tendria con la sílice sola.

JULIAN CASAÑA.

(Se continuará.)

(1) Llámase así á la sílice que se separa en forma de copos de una disolucion de un silicato cuando tratamos este por un ácido mas fuerte que el silícico en aquellas circunstancias.

MARTINETE DE VAPOR DE NASMYTH.

(Traducido de la descripcion oficial de las obras públicas de Prusia.)

La lámina 48 representa el martinete de vapor inventado por Nasmyth, Gaskell y compañía, de Patricoft, cerca de Manchester, que se empleó para clavar los pilotes del puente de Dirschau en Prusia.

Las figuras, 1, 2, 3, son la proyeccion vertical del aparato, la planta y un corte de la plata-forma. En la parte anterior de esta plata-forma (fig. 1), está colocada la viga *g*, que se mantiene vertical por medio de cuatro varillas de hierro forjado, que partiendo de la cabeza de esta viga van á parar á los cuatro ángulos de la plata-forma; además está sujeta á la parte superior de la caldera *d* de la máquina de vapor por una tornapunta *f*. El pilote que se trata de hincar *i*, se coloca delante de la pieza *g* y sobre él descansa la caja *a* dentro de la cual se mueve la maza. Sobre la caja *a* y unido á ella está el cilindro de vapor *b* donde se mueve el piston, á cuya varilla va unida tambien la maza de modo que tengan el mismo movimiento ascensional.

Los tubos de conduccion del vapor van á parar á una de las caras laterales del cilindro. Estos tubos son tres, *c c c* unidos á charnela de modo que no dejen escapar el vapor y comunican con otro tubo *c'* sostenido por la varilla *e* sujeta al poste *g*. Encima del cilindro de vapor hay una cadena *k* que pasa por la polea *l* colocada en la parte superior del martinete y luego por un tambor *m* que está sobre la plata-forma. El tambor *m* comunica por una serie de engranages con la manivela de una máquina de vapor horizontal *n* sujeta por tornillos á la plata-forma de madera. Esta máquina tiene por objeto el elevar ó bajar la caja *a* donde se mueve la maza por medio de estos engranages, ya sea para colocar el pilote debajo ó bien para que baje la caja á medida que este se hinca; á veces sirve tambien para sacar los pilotes haciendo mover una serie de engranages que tienen un movimiento en sentido contrario del que hemos dicho antes y que transmiten este movimiento á una rueda *o*, colocada en medio de la plata-forma y sobre la cual se arrolla una cadena que pasa antes por una polea *p* y que engancha el pilote que se trata de sacar; tambien por medio de esta máquina se comunica un movimiento de traslacion á las cuatro ruedas de la plata-forma y finalmente se hace mover la bomba de alimentacion de la caldera de vapor.

La disposicion del martinete está representada en las figuras 4, 5, 6 y 7.

En las figuras 4 hasta la 7, *b* es el cilindro de vapor y *r* el piston cuya varilla *s* va unida de tal modo á la maza *t*, que se mueven simultáneamente. El cilindro de vapor tiene una longitud algo mayor que la que requiere la excursion del piston y por la parte superior está cerrada por una cubierta. En la parte superior de las paredes laterales del cilindro hay cinco aberturas *q' q'* que permiten la entrada del aire. El vapor, que está en la caldera á una presion de 4 á 4 $\frac{1}{2}$ atmósferas entra por debajo del piston y hace que se eleve. Al elevarse pasa junto á las aberturas *q' q'* del cilindro y las cierra, resultando en la parte superior de este una cámara de aire comprimido que, al empezar