



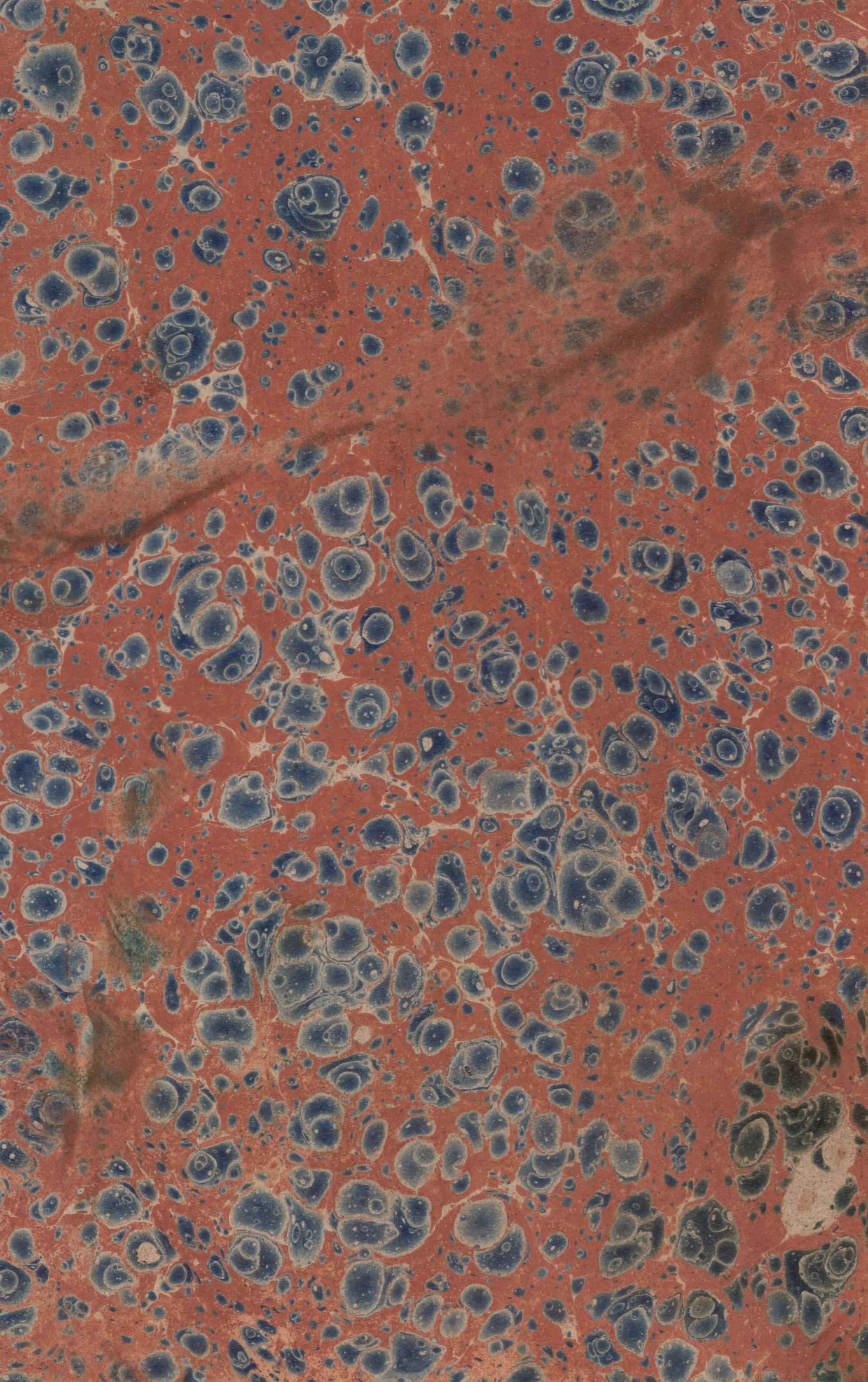
SPINOR
GALER
Y
CEMENTO
DE LA
PROVINCIA
DE
VIZCAYA

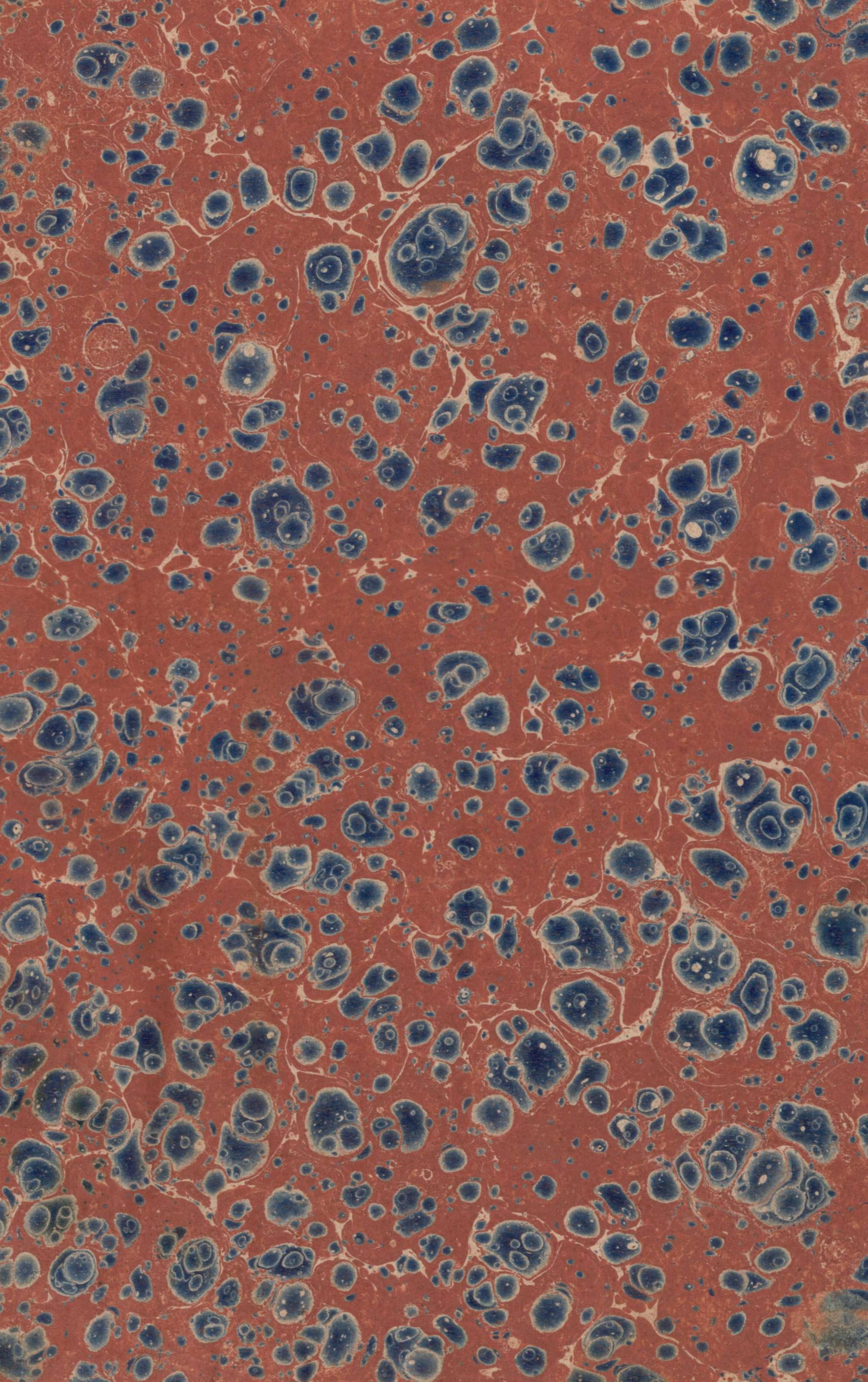
1840



43 bis
1

S
A





00192

2043615

OBSERVACIONES

SOBRE

2º

LAS CALES Y CEMENTOS

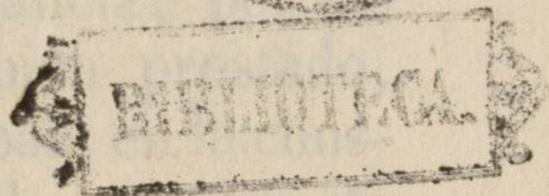
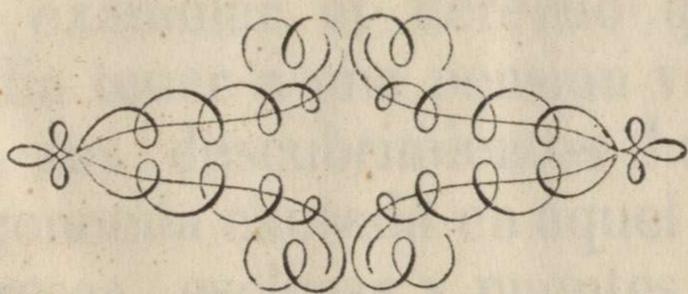
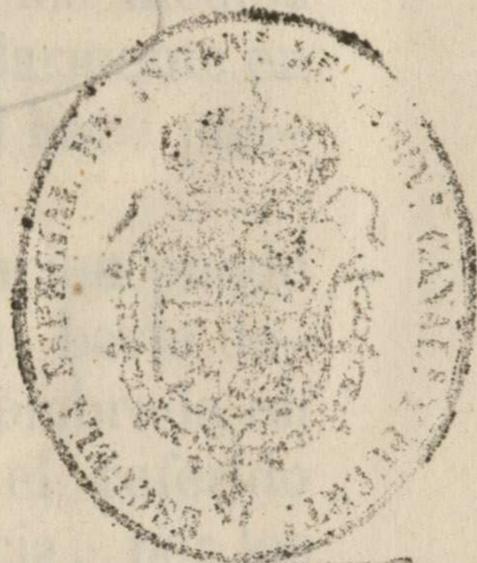
DE LA

Provincia de Vizcaya,

É INSTRUCCION PARA EL CONOCIMIENTO Y EMPLEO DE LAS
CALES, CEMENTOS, MORTEROS Y HORMIGONES.

POR EL INGENIERO 1.º DEL CUERPO NACIONAL DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS,

D. P. C. ESPINOSA.



TOLEDO:

Imprenta de José de Cea,

1849.

3º

OBSTACULOS

SOBRE

LAS CALLES Y CEMENTOS

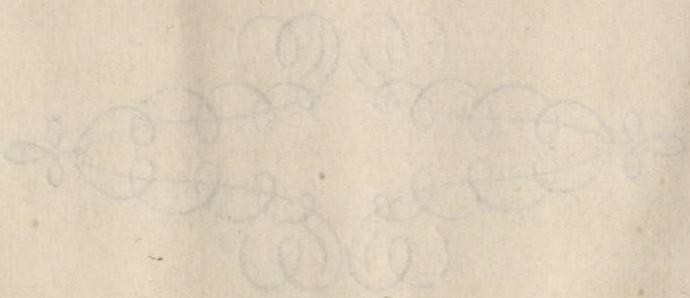
DE LA

Provincia de Jicaguá

INSTRUCCION PARA EL CONOCIMIENTO Y EMPLEO DE LAS CALLES, CEMENTOS, MORTEROS Y HORMIGONES.

POR EL INGENIERO F.º DEL TIEMPO NACIONAL DE CAMINOS, CARRETERAS Y PUERTOS.

Nº 2442



TORREÓN

Imprenta de José de los Ríos

1888

OBSERVACIONES

RELATIVAS A LAS CALES DE LA PROVINCIA DE VIZCAYA, É INSTRUCCIONES PARA EL EMPLEO DE LAS CALES Y CEMENTOS.

LA utilidad de las cales hidráulicas en las construcciones se apreció debidamente desde que el distinguido Ingeniero Vicat sentó los verdaderos principios que debían guiar en la investigación de las diversas calidades de las calizas y sus aplicaciones. Las ventajas que proporcionan las cales hidráulicas son de tal consideración, que debe procurarse por todos los medios posibles estender su empleo, y mas particularmente en aquellas localidades que por su proximidad hace puedan obtenerse fácilmente.

Para demostrar el interes que su aplicacion puede traer en la economía de las construcciones, basta decir que segun el informe de la comision nombrada en Francia para examinar el derecho que el referido Mr. Vicat podia tener á una pension vitalicia, por los servicios que sus descubrimientos habian prestado, valuaban la economía causada en aquel pais en la construccion de presas, esclusas y puentes durante los 25 años desde que el uso de los hormigones y cales hidráulicas ha sustituido en las fundaciones á otros medios usados antes, en mas de 182 millones de francos, esto sin tener en cuenta la gran economía de tiempo en la construccion de las obras, y la mayor solidez y duracion de estas; ademas hay que tener presente los beneficios que su uso ocasiona para la salubridad de los edificios.

Los anteriores resultados hacen ver la importancia de examinar los terrenos, y formar estadísticas que den á conocer las diversas calidades de las calizas de que en cada localidad puede disponerse: así es que en Francia fue encargado el referido Vicat de verificarlo, en lo cual ha empleado bastantes años. En España no se han hecho trabajos de esta especie todavía, solo algunos ensayos particulares, y sería sumamente útil verificarlo, haciendo conocer á los prácticos las ventajas que podrán proporcionarse del uso de las cales hidráulicas, y formar estadísticas en cada provincia, que unidas despues podrian ser de utilidad general y servir de guía á los constructores.

Estas consideraciones me han movido á ocuparme del exámen de algunas calizas de la provincia de Vizcaya, abundante en esta clase de rocas, trabajo incompleto, pero que podrá sucesivamente mejorarse.

Con el objeto de hacer mas útiles estas reseñas estadísticas, sería conveniente que acompañase á ellas instrucciones para el uso de las cales, por lo que he añadido á los apuntes estadísticos un resúmen de las que con arreglo á los conocimientos actuales deben tenerse presentes, recomendados por Vicat y otros constructores modernos, y algunas observaciones que he tenido lugar de hacer con las cales y cementos.

NOTAS

RELATIVAS Á LOS CUADROS ESTADÍSTICOS.

Examinando los cuadros estadísticos se ve que de los puntos hasta donde se han estendido estas investigaciones se encuentran los mejores cementos que son los límites inferiores (véase la instrucción que acompaña) idénticas á las de Zumaya y San Sebastian, de que tan buenos resultados se obtienen, ó que mas se aproximan á estos, en las jurisdicciones de Güecho, ó Algorta, Barrica, Verriz, Güeñes etc. cales eminentemente hidráulicas en Barrica, Algorta, Portugalete, ademas una porcion de diversas clases en otros puntos.

Hasta ahora, como no sea la cantera de Barrica (n.º 2 y 23) no tengo noticia que se haya explotado espresamente como caliza hidráulica otra alguna, haciendo aplicaciones de ella; pues que se ha empleado en parte de la construccion de un muelle de Plencia y otros usos; sin embargo de que en algunos cauces de molinos y varios artefactos han usado cales hidráulicas; pero sin conocimiento exacto de sus calidades.

En los montes que rodean á Plencia, en la proximidad de la costa, y en la costa misma, desde este punto hasta Algorta, existen las mejores canteras de donde pueden estraerse cales hidráulicas y cementos.

La divisoria sobre que está fundada Munguía en sus ramificaciones á Guernica por un lado, y Lejona por el otro tambien suministra cementos y cales hidráulicas.

Las divisorias y estribos que ocupan las jurisdicciones de Verriz y Mayavia tambien contienen las calizas hidráulicas y cementos.

En un pais en que tan frecuentes son las obras hidráulicas, y particularmente la gran aplicacion que estas y los cementos puedan tener para la construc-

cion y reparacion de los muelles de la importante ria y puerto de Bilbao, y que hasta ahora se estrae para diversos usos de las canteras que se esplotan en San Sebastian y Zumaya, en Guipúzcoa, traerá grandes ventajas el tener en la misma provincia formaciones que pueden suministrar aquellos.

El no haberse esplotado las canteras de las clases indicadas, para aplicar las cales que pueden suministrar á las construcciones, consistirá sin duda, en mucha parte, que no siendo posible apagar los cementos como las cales comunes por la necesidad que hay de pulverizarlos despues de cocidos, cuando en general pasan de un 23 por 100 de arcilla: los que esplotan aquellos que ignoran sus cualidades creen despreciables las calizas que los producen; de suerte que solo casualmente llegan á obtener á veces cales hidráulicas de las clases que puedan apagarse mas ó menos fácilmente por los métodos que acostumbran emplear.

Los análisis aproximados que se indican podrán servir al menos de guía para encontrar cementos y cales hidráulicas en varios puntos de la provincia; pero debe tenerse muy presente tambien que muchas veces una misma cantera suministra diversas calidades de calizas, no solo en sus diferentes capas, sino tambien en una misma capa: puede entre otros ejemplos presentarse el de la de Barrica (n.º 2 y 23), en uno de sus bancos contiene la caliza eminentemente hidráulica y en otros cementos límites, por lo que segun en la instruccion se indica deben hacerse experiencias preliminares antes de emplearlos en construcciones de alguna importancia.

En los cuadros estadísticos se ha seguido el método indicado por Vicat, y de las ventajas de este veamos lo que dice el mismo en una de sus memorias.

«Debimos adoptar una marcha menos científica; »pero mas propia para vulgarizar las investigaciones. »Los resultados han justificado los medios, procedien-

»do por la simple indicacion de canteras y sitios, es-
 »pecificando el color y la testura de cada muestra,
 »se facilita á cualquiera estender y multiplicar con
 »fruto sus investigaciones en una misma localidad por
 »la sola analogía del color y la testura.”

Tambien adoptó el análisis mas espedito por la cantidad de residuo insoluble dejado por cada sustancia sometida á la accion de un ácido; pues un análisis completo exige mucho tiempo, y aunque puede haber alguna diferencia en el resultado para la clasificacion, se obtienen los necesarios para conocer muy aproximadamente las calidades de los materiales disponibles.

NOTA.

Escrita esta memoria ha publicado el Ingeniero del Real Cuerpo de Minas de Bélgica D. Carlos Collet, el reconocimiento geológico del señorío de Vizcaya, y en ella se confirman las observaciones anteriores respecto de los puntos en que con mas abundancia pueden mostrarse las calizas que producen las cales hidráulicas y cementos, que es en el grupo que llama de Munguía, compuesto de calizas arcillosas, litográficas y cementos, y cuyos límites estan comprendidos entre la línea de la costa mas allá de Somorostro, atraviesa la ria de Bilbao cerca del puente de Luchana, sigue por Amoravieta á Echano y Monte Oiz; la línea límite retrocede despues de este punto y vuelve otra vez á cambiar de direccion pasando por cerca de Elorrio hasta la costa; sigue esta hasta cerca de Berriatua, vuelve por Cenarruza y Arrazua hasta Mundaca, y retrocede la línea límite por Luno Groñoz y por cerca de Munguía hasta la costa, á la proximidad de Baquio.

Tambien en el grupo que llama de Orduña se encuentran en abundancia las calizas arcillosas que constituyen las cales hidráulicas.

En el terreno Liásico en que está el convento de

S. Agustin, cerca de Bilbao y Begoña se encuentran cementos; pero con estension limitada.

Todas las demas calizas que se presentan en los cuadros de esta memoria como las de Güeñes, Ereño etc. que no corresponden á los grupos indicados que pueden producir cementos ó cales hidráulicas, deben considerarse como accidentales y muy escasas.

INSTRUCCION

para el empleo de las cales, cementos, morteros y hormigones.

CALES Y CEMENTOS.

Clasificacion. Las cales se dividen en comunes é hidráulicas, y aquellas en áridas ó secas: las primeras son aquellas que amasadas convenientemente y sumergidas en agua, conservan la blandura primitiva ó casi la misma al cabo de años; generalmente aumentan al apagarse hasta el doble ó mas de su volúmen, y se disuelven completamente en agua removida ó corriente.

Las cales hidráulicas son aquellas que, sumergidas en el agua despues de amasadas convenientemente, endurecen en un tiempo dado, mas ó menos próximo, que depende de su composicion, aumentando poco de volúmen; secas ó áridas las que teniendo la misma propiedad de las grasas, respecto de no adquirir dureza por la sumersion en el agua, no aumentan nada ó muy poco de volúmen al apagarse, aunque no se disuelven tan completamente como aquellas; el residuo que dejan no tiene consistencia; estas cales no deben emplearse.

La propiedad de ser hidráulica una cal depende

de la parte de arcilla que contiene en su composicion: asi es que despues de muchos años de estudio sobre este objeto, Vicat ha clasificado las cales del modo siguiente, analizadas en su estado natural antes de co- cerse:

1.^a CALES GRASAS. Aquellas que no contienen ar- cilla en su composicion, ó solo de 1 á 6 por 100, siendo sus propiedades en el agua las que se espresó antes.

2.^a CALES SECAS. De 15 á 30 por 100 de arena silíceas, magnesia, óxido de hierro y manganeso, etc.

3.^a CALES MEDIANAMENTE HIDRÁULICAS. Las que contienen de 8 á 12 por 100 de arcilla. Apagadas y su- mergidas en el agua formando una pasta de consisten- cia arcillosa, no empiezan á endurecer ó fraguar hasta quince ó veinte dias; al cabo de un año de sumergidas presentan una consistencia como de jabon seco.

4.^a CALES HIDRÁULICAS COMUNES. Las que contie- nen un 17 por 100 (entre 15 y 18 de arcilla) fraguan próximamente á los ocho dias; al cabo de un año de sumersion presentan la consistencia de piedra tierna, y el agua no las ataca.

5.^a CALES EMINENTEMENTE HIDRÁULICAS. 20 por 100 de arcilla, fraguan próximamente de los dos á cuatro dias de sumersion, y al cabo de seis meses están como piedras calizas absorbentes, presentando una fractura escamosa cuando se parten.

6.^a CALES LÍMITES. 23 por 100 (mas del 20 y me- nos del 25) de arcilla; al rededor de este tipo las cales se apagan con dificultad y hay que tratarlas como se dirá para los cementos: entonces al usarla suele fraguar muy pronto; pero pierden su energía des- pues de sumergidas, y suelen quedar con menos fuer- za que una cal débilmente hidráulica; por esto son de uso peligroso en las construcciones, aunque suelen trasformarse en cementos por cocion incompleta.

7.^a CEMENTOS LÍMITES INFERIORES. 27 por 100 de

arcilla, fragua de quince á veinte minutos de sumergidas y aun menos endureciendo progresivamente. A los diez meses dureza de ladrillo cocido.

8.^a CEMENTO COMUN. 36 por 100 de arcilla, hasta este grado suele fraguar casi instantáneamente sumergidos en el agua.

9.^a CEMENTO LÍMITE SUPERIOR. 61 por 100 de arcilla.

10.^a TIPO DONDE EMPIEZAN LAS PUZOLANAS 83 POR 100 DE ARCILLA. Las proporciones tomadas en los tipos anteriores se pueden considerar como términos, al rededor de los cuales se agrupan, por decirlo así, en límites bastantes aproximados, de los que se apartarían solo probablemente en el caso de calizas muy cargadas de magnesia, hierro, etc., haciendo esto que la arcilla que entra en la composición de la caliza, se apartase mucho del caso de las arcillas comunes; en general están mezcladas con proporciones variables de magnesia, óxido de hierro y manganeso.

Conocimiento
de las cales por
sus cualidades
aparentes.

El aspecto exterior y cualidades físicas de las piedras calizas, no es una indicación segura de la clase de cal que puede suministrar; sin embargo como dice Vicat en sus últimas memorias, y he tenido ocasión de observar en diversas calizas, la arcilla se encuentra mas frecuentemente en la composición de las piedras tiernas y de una dureza media, de color generalmente gris súcio, ceniciento verdoso ó azulado, que en las calizas duras de testura compacta ó sacaroidea y de color claro; así es que algo puede servir esta observación para deducir, por analogía de la testura y color, la calidad de una caliza; aunque como se dijo antes no sea indicio exacto.

Las calizas que producen los cementos he observado provenir de las que se presentan en capas generalmente delgadas; se puede decir que son calizas pizarrosas, tanto mas en general y mas tierna, cuanto mas cargada de arcilla estan: así es que no las usan en

las obras, y los aldeanos suelen llamarla piedra podrida, desechándola como inútil, del mismo modo que estos y muchos prácticos miran como mejor cal aquella que aumenta mas de volúmen ó que hincha mas; empleando muchas como la mejor aquella que es la peor para los usos que suelen destinarlas.

Cualquiera puede cerciorarse prácticamente de la calidad de la cal que producirá una caliza dada: para esto conocido que la piedra es caliza, lo que puede verificarse echando sobre ella algunas gotas de ácido nítrico ó muriático (agua fuerte ú espíritu de sal) ó cualquiera otro aunque sea vinagre fuerte; se observará si se forma alguna ebullicion, en cuyo caso será caliza, á medida que está mas cargada de arcilla es menor la efervescencia. Asegurado que es caliza la piedra, se tomarán pedazos pequeños como del tamaño de una nuez ó algo mas, y se cocerán metidos en una vasija de barro cocido, en la cual se hayan hecho muchos agujeros; se colocará en la parte alta de un horno de cocer cal ó ladrillo, y al cabo de quince á veinte horas se quita del fuego (cuando la esperiencia sea en grande puede cocerse como se procede en general); si no se empieza la prueba pronto se guardan al instante los pedazos cocidos en una vasija bien cerrada hasta que se continúe la esperiencia. Cocida la cal y desechados los pedazos demasiado quemados ó crudos, se meten en un cesto ó lienzo y se sumergen en agua clara durante seis á ocho segundos; se saca, se deja escurrir y se echa en un almirez de piedra ó hierro.

Conocimiento
práctico de las
calizas.

Asi que se note empieza la cal á agrietarse, se va echando por los bordes del almirez agua en poca cantidad que vaya penetrando por su parte superior; se remueve con una espátula ú hoja de cuchillo, añadiendo poco á poco si fuese necesario agua, de modo que resulte una masa de consistencia como una pella de arcilla; pero de ningun modo convirtiéndola en

lechada ; pues si por descuido asi se hubiese hecho se procederá á nueva esperiencia.

Hecho esto se deja reposar esta pasta hasta que esté completamente fria , concluyéndose de amasar bien si fuese necesario. En seguida se echa en un vaso como hasta los dos tercios , llenando el resto del vaso con agua ; se tapa y se deja sin mover teniendo el cuidado de apuntar el dia y la hora de la sumersion.

Al cabo de dos , cuatro dias etc. , se va observando si ha afraguado ; es decir , si ha empezado á endurecer , lo que se conocerá viendo si presenta resistencia al dedo ; y en este caso segun el tiempo que haya tardado en fraguar , se clasificará ó se dirá que es de las calidades esplicadas anteriormente.

Este método ya no podrá usarse cuando la caliza llegue al grado de cemento , por no apagarse y reducirse por los métodos comunes : en este caso hay que pulverizarla despues de cocida , amasarla como el yeso y hacer con ella bolas ó tortas , se sumerge en agua tranquila y clara , observando el tiempo que empieza á endurecer , que como se dijo antes suele ser de siete á quince minutos , si es cemento límite inferior ó aun antes , por lo que es necesario observarla con frecuencia.

Por lo espuesto se ve que no debe despreciarse una piedra caliza , porque no pueda apagarse como las demas que producen las cales comunes y aun las hidráulicas. Los que no están enterados de estas propiedades de las calizas desprecian las que no tienen las propiedades de aquellas que acostumbran á manejar ; abandonando quizá las que pudieran serles mas útiles ; asi en las calizas que se viese no se apagaban , y por consiguiente no podian esperimentarse por el primer método espuesto antes , se recurrirá al segundo.

Cocion ó quemado de la cal.

Es necesario cuidar en la cocion de las cales , el que segun sea su calidad , asi sufre mas ó menos horas de fuego , en general cuanto mas pura es la caliza sufre

mas : la caliza hidráulica se fríe (1) con mas facilidad y exige mas precauciones, resultando cuando está demasiado quemada que se hace muy pesada, negruzca y con una especie de escoria exterior, y hasta suele perder sus propiedades hidráulicas.

Cualquiera de las dos especies de cales se apagan mal cuando están mal cocidas. Se aconseja por algunos constructores experimentados, que se queme hasta perder $\frac{1}{8}$ de su peso. La experiencia debe guiar respecto del quemado de la cal: en general á fuego igual, la cocion se opera tanto mas viva cuanto la testura de la piedra es menos cerrada y los pedazos menores.

El vapor de agua economiza combustibles y favorece la calcinacion; se puede procurar la corriente de vapor echando agua sobre las leñas de la entrada del horno. La calcinacion se considera terminada cuando se eleva la llama sin mezcla de humo, que toda la masa experimenta un asiento brusco y las piedras han mudado de color. Aunque el tiempo de la cocion es muy variable segun la cantidad y calidad de las calizas, método empleado, calidad de combustible etc. cuando el asiento es de $\frac{1}{5}$ ó $\frac{1}{6}$ se considera terminada la operacion; para un horno de capacidad de 250 pies cúbicos próximamente con sesenta y dos ó sesenta y tres horas de fuego moderado son suficientes. Para un cemento de 53 por 100 de arcilla cuatro dias y medio próximamente es suficiente para cocer unos 900 quintales en horno cuadrado de doce pies de alto y doce de ancho; en mas pequeño 48 á 60 en general segun dijimos antes.

De las formas de los hornos las que parecen haber producido mejores resultados son las de figura de dos conos truncados, unidos por su base mayor; la abertura mayor en su parte superior.

El carbon de piedra se emplea para quemar la pie-

(1) *Se adopta este nombre para espresar exceso de quemado.*

dra caliza: en este caso se coloca el carbon y la caliza por capas alternadas de cinco á seis pulgadas de espesor: la cantidad de carbon de piedra empleada viene á ser de vara y media cúbica por cuatro de caliza: conviene en este caso que los pedazos de piedra sean los mas iguales que sea posible, que el material no suba mas que hasta enrasar con la parte superior del horno, y que este no sea demasiado alto. Empleando este combustible sale generalmente mas igual la cocion que con la leña y ramaje. De todos modos debe ensayarse en cada pais comparando al mismo tiempo el costo.

En los cementos hay menos esposicion en su grado de cocion que en las cales comunes ó hidráulicas, con tal que no se calcinen demasiado, pues aun estando algo crudos en general conservan su energía. Puede tambien suceder que, por una cocion incompleta, una caliza arcillosa dé un cemento que daría por la completa una cal límite ó hidráulica; por lo que se vé que puede esto dar motivo á causas de error.

Consideran algunos prácticos estar mejor cocida la cal cuando queda su color gris que cuando este es azulado despues de la cocion.

La cal de la capa inferior de la hornada generalmente debe desecharse por demasiado cocida, y la superior por demasiado cruda.

Apagado de la cal.

Escepto los cementos que, como se ha dicho, no pueden apagarse como las demas cales, sino que hay que pulverizarlas despues de cocidas y usarlas como el yeso, las demas pueden apagarse por tres medios principales diferentes: 1.º el método ordinario ó de aspersion, 2.º por sumersion, 3.º por la accion de la atmósfera.

El primer método consiste en echar agua sobre la cal cocida: este método es generalmente empleado en las obras: cuando se apaga la cal ya suele haberse empezado á verificar por la accion de la atmósfera, lo

que es perjudicial para las cales hidráulicas. Los operarios abusan del agua de tal modo que hacen lo que suele llamarse ahogar la mezcla, reduciéndola á una lechada clara para emplearla en los morteros, lo que hace pierda su energía.

La cal bien apagada debe tener una consistencia pastosa como arcilla, no debiendo conseguirse esta propiedad sino habiendo empleado solo el agua mas precisa en la operacion. Estará bien apagada cuando ademas de las circunstancias anteriores esté la masa fria y no tenga partes duras llamadas hueso, se probará introduciendo un palo en diferentes puntos y viendo si saca este adherida la cal bien igual, pastosa y sin pedazos mal apagados: todo esto se consigue á fuerza de amasar con la batidera: puede suceder que haya pedazos de cal mal cocidos que se desecharán. Cuando quiera obtenerse una cal muy fina, como para blanquear etc., es conveniente echar de una vez el agua para no tener que añadirla despues, y caso que quedasen partes crudas debe añadirse el agua muy poco á poco hácia las partes secas solamente. El método de apagar la cal que se acaba de indicar es el que deshace mejor las cales grasas é hidráulicas.

Para apagar las cales hidráulicas y eminentemente hidráulicas por el método indicado debe echarse la cal viva en un depósito impermeable, estendiéndola en capas de unas ocho pulgadas de espesor, vertiendo el agua poco á poco de modo que circule y penetre fácilmente en los huecos, echando sucesivamente agua y cal.

El segundo método ó por sumersion consiste en meter la cal cocida en un saco ó cesto é introducirla durante algunos segundos dentro del agua, retirándola antes de empezar la fusion. Las cales grasas cocidas, cuyos pedazos son de gran tamaño cuando antes de la sumersion han estado espuestos á la intemperie, se apagan dificilmente, aunque se tenga bastante tiempo

en el agua: para evitar esto conviene reducirlos á pedazos pequeños antes de sumergirlos, y despues depositarlos en montones ó meterlos en toneles.

El tercer método ó estincion espontánea consiste en dejar la cal cocida y estendida espuesta á la accion lenta de la atmósfera debajo de un cobertizo.

Puede convenir el segundo método cuando la cal haya de guardarse ó trasportarse.

Para guardar las cales grasas que no se emplean inmediatamente se puede formar con ellas montones piramidales sobre un suelo seco que se cubre con telas, paja, arena, etc., conservándose mas tiempo en general cuando han sido apagadas por el segundo ó tercer método.

Las cales hidráulicas despues de apagadas endurecen en poco tiempo, pero pueden guardarse vivas durante cinco ó seis meses y en bastante cantidad en un almacén en que no haya humedad, estendiendo sobre el suelo una capa de unas diez pulgadas de la misma cal apagada por el segundo método y reducida á polvo: sobre esta capa se empila la cal viva bien apretada, encajonada ó bien recubiertos los taludes con una capa de cal recién apagada tambien por el segundo método. Para trasportar estas clases de cales se apagan por el segundo método y se meten en toneles bien cerrados.

Los cementos se pueden guardar en piedra despues de cocidos ó bien en polvo, y trasportarlos del mismo modo en toneles perfectamente cerrados.

Manipulacion.

Los obreros que no están acostumbrados á manejar cales hidráulicas, al verlas, como se dijo antes, endurecer pronto, la tienen por cal de mala calidad y procuran retardar el endurecimiento echando mucha agua, machacándola despues de endurecida y volviéndola á amasar, lo que es perjudicial; deben tenerse presente las reglas prescritas y solo hacer en general la masa necesaria para el uso diario.

La influencia del modo de amasar las cales hidráulicas y cementos para su energía y fraguado ulterior es notable: he observado en un cemento amasado con demasiada agua y sumergido de consistencia blanda, no fraguar hasta una hora, en vez de un cuarto de hora que tardó amasado de consistencia de pasta arcillosa; debe cuidarse mucho por consiguiente en el modo de apagar la cal y no fiarlo á obreros descuidados.

USOS DE LA CAL.

MORTEROS.

Los morteros que se usan en las construcciones comunes, compuestos de cal grasa y arena, producen malos resultados en parajes espuestos á la humedad; así es que su efecto se ve en las habitaciones bajas y húmedas, en los revoques de edificios, etc. De aquí la utilidad y continuas aplicaciones que podrán tener los morteros compuestos con cales hidráulicas y los cementos; en particular en los países montañosos y húmedos como en Vizcaya, en que tanto abundan los artefactos, y en cuyos edificios es donde mas ventajosa aplicación podrán obtenerse del uso de los morteros hidráulicos, en las construcciones de presas, cauces, etc. Con las cales y otros materiales se hacen mezclas que sirven para unir las mamposterías, rellenar los huecos de estas y otros usos; cuando estan hechos con cales hidráulicas toman el nombre de morteros hidráulicos, y de hormigones cuando además están mezclados estos morteros con piedra de cierto tamaño. Hablaremos de los morteros, dando alguna idea de su composición y de sus aplicaciones, del mismo modo que de los hormigones.

Para la confección de los morteros se emplea como mezcla con la cal, la arena, la arcilla, algunos pro-

Confección de los morteros.

ductos volcánicos, arenas arcillosas calcinadas y las escorias de ferrerías y otras fabricaciones.

Puzolanas.

Se da en general el nombre de puzolanas á los productos volcánicos que se emplean para componer morteros hidráulicos, y se distinguen con el nombre de puzolanas artificiales aquellos productos calcinados artificialmente que se emplean con el mismo objeto, arcillas, arenas arcillosas, escorias, residuo del carbon de piedra, etc.

Materiales que se mezclan con las cales para formar los morteros.

Los materiales que con la cal concurren para la confeccion de morteros, Vicat los clasifica segun la energía que producen con la cal grasa, para fraguar en mas ó menos tiempo, sumergidos en el agua, y por la dureza que pueden adquirir en un tiempo dado: asi es, que llama muy enérgicos á los que mezclados formando una pasta de consistencia arcillosa con la cal grasa, apagada por el método ordinario, fraguan del primero al tercero dia de sumergidos, y al cabo de un año tiene la consistencia como de ladrillo bien cocido, dando con la sierra un polvo seco; en este caso suelen estar las puzolanas, aunque es muy variable su energía, segun sea su composición química. Simplemente enérgicas cuando con las circunstancias dichas produce un mortero que fragua del cuarto al décimo dia, y al cabo de un año de sumersion tienen una dureza como piedra tierna, y da polvo húmedo, en este caso están igualmente las puzolanas. Poco enérgicas cuando el fraguado se verifica del primero al segundo dia, y al cabo de un año la dureza es como el jabon seco y el polvo muy húmedo, en este caso se encuentran las arenas arcillosas; y por último, sustancias inertes cuando mezcladas como dijimos antes no hacen variar en nada las propiedades de la cal grasa, como sucede con las arenas comunes. Mas que el tiempo del fraguado, la dureza adquirida al cabo del tiempo indicado, es lo que debe guiar para la clasificacion.

Indicaremos solo las sustancias mas fáciles de obtener para fabricar puzolanas artificiales que son las arcillas y arenas arcillosas. Puzolanas artificiales.

Las arcillas finas, suaves al tacto, aunque tenga óxido de hierro y algo de carbonato de cal, suelen ser las mejores; se pueden cocer en las partes mas elevadas de los hornos para que resulte una coccion mas regular, que debe ser menor que la que generalmente se da al ladrillo, y solo lo necesario para privarlas de su agua de combinacion; para que el aire penetre se hacen panes antes de cocerla amasándola y mezclándola con pajas, virutas, etc., procurando que sean pequeños los ladrillos y dejándolos secos antes de cocer. Las arcillas de un color rojo subido, ó naranja, suelen ser las que mas fuego exigen.

Los polvos de ladrillo ó teja suelen emplearse como puzolanas artificiales; pero es difícil resulten con ellos buenos morteros por introducirse en este caso pedazos mal cocidos ó compuestos de arcilla de mala calidad; lo mismo sucede en las escorias que no dan generalmente sino puzolanas poco enérgicas, y que en realidad muchas veces si producen buenos resultados es por emplearse con cales hidráulicas sin saberlo.

Cuando se trata de elegir el mortero mas á propósito para adquirir mucha dureza en el agua, bajo de tierra ó paraje constantemente húmedo, hay que combinar con las cales grasas las puzolanas muy enérgicas; con las cales hidráulicas, las puzolanas poco enérgicas, ó las enérgicas con mitad próximamente de arena. Con la cal eminentemente hidráulica las arenas, escorias, etc. De todos modos debe hacerse siempre esperiencia con los materiales disponibles, que podrán segun los casos modificar algun tanto las reglas anteriores. Eleccion de ingredientes.

Para que los morteros puedan adquirir gran dureza al aire, resistir á las lluvias, calores y frio,

no puede conseguirse en general con las cales grasas y ninguna clase de puzolana, ni aun completamente con las cales medianamente hidráulicas, y las arenas ú otras materias inertes como polvos de caliza etc.

Los cementos pueden emplearse con arreglo á las observaciones que se harán despues.

Composicion y empleo de los morteros y hormigones segun los usos á que se destinen.

Morteros para dentro del agua.

Aunque las proporciones de los ingredientes que entran en composicion con la cal para constituir morteros hidráulicos, es muy variable, segun el grado de las calidades de ambos; en general se considera necesitarse las siguientes:

Cuando se emplean cales hidráulicas y eminentemente hidráulicas con arena, la mitad de su volúmen próximamente y aun algo mas de cal; con las puzolonas enérgicas y muy enérgicas de $\frac{4}{10}$ á $\frac{6}{10}$ de cal. Con las arenas arcillosas y arcillas reducido á polvo seco, de $1\frac{1}{2}$ á 2 décimas con la cal grasa, 2 ó $2\frac{1}{2}$ con la cal medianamente hidráulica, ó $2\frac{1}{2}$ ó 3 con la cal hidráulica; en general es mejor echar mas bien cal de menos que de mas cuando se emplean cales grasas y puzolanas; y al contrario con las cales hidráulicas y las mezclas inertes.

En cada caso particularmente con cales grasas y puzolanas deben hacerse esperiencias segun el uso á que se destinen.

Será conveniente, en el caso de usar morteros compuestos de cales grasas ó medianamente hidráulicas, emplear con preferencia la estincion ó apagado espontáneo, ó tercer método; y cuando cales hidráu-

licas y eminentemente hidráulicas, la ordinaria. Cuanto mas hidráulica es la cal, mas perjudicial es el método tercero.

Para mezclar la cal con los demas materiales que constituyen el mortero, deberá tener una consistencia pastosa; de modo que resulte como pellas de arcilla segun se dijo antes, y no emplearse mas agua que la precisa para que no se reduzca á lechada, cosa que es sumamente fácil con un pequeño descuido, y muchas veces aunque haya endurecido algo al usarla, se puede volver á buena consistencia sin necesidad de mas agua, maceándola; lo mejor para la confeccion de morteros es el emplear pilones de hierro, pues con la batidera no se puede conseguir la pasta con la perfeccion indicada; y es tal la influencia en la dureza que ha de adquirir cuando está destinado á inmersion inmediata el mortero, que á veces no suele llegar mas que al tercio y menos de la fuerza si se abusa del agua y deja demasiado blando.

Sucedede en los morteros que se emplean dentro del agua, cuando están compuestos con cales grasas y puzolanas poco enérgicas, que se ablanda la parte que está en contacto con ella; lo que no sucede ó al menos es insensible empleando puzolanas muy enérgicas, ó cales hidráulicas ó eminentemente hidráulicas; cosa que debe tenerse presente en particular cuando esten espuestos al agua corriente.

La fabricacion de morteros en todos los casos debe hacerse bajo cobertizos, y sobre suelo embaldosado ó firme y seco, en particular cuando se amasan con pilones. Tambien se usan máquinas para este efecto.

La arena que se emplea con los morteros, debe ser limpia y exenta de tierra. Las arenas de mar son generalmente malas, en particular en contacto con madera si no se las hace perder lavándolas las sales que contienen, para lo cual se las deja espuestas algun tiempo á las lluvias; la arena pura de mina es buena.

El pronto endurecimiento que adquirieran los cementos, es una de las mayores ventajas que proporciona su empleo en el agua. Con el objeto de emplearlos en las obras, hice algunas experiencias para ver el partido que podia sacarse de los cementos que por demasiada arcilla no pueden fraguar en el agua, resultando lo siguiente: un cemento de 53 por 100 de arcilla con $\frac{1}{5}$ de cal grasa fraguó á las veinte y seis horas, y á las ocho horas presentaba regular dureza. Con $\frac{4}{5}$ del mismo cemento y $\frac{1}{5}$ de cal grasa produjo próximamente el mismo resultado. El mismo cemento en proporcion de $\frac{2}{3}$ con $\frac{1}{3}$ de cemento de 25 por 100 de arcilla y $\frac{1}{6}$ del todo de cal grasa, á los ocho dias se deshacia con facilidad. Empleando solo el mismo cemento, tambien se desmoronaba fácilmente. Hecha tambien la experiencia con el cemento de 26 por 100 de arcilla solo, sin mezcla alguna, resultó que de los siete á quince minutos de sumergido en el agua fraguó; á los diez meses de sumergido presentaba una dureza como de ladrillo y con la sierra daba polvo seco, mezclando este mismo con $\frac{1}{2}$ de cal grasa no produjo buen resultado.

Sucede algunas veces como en las cauces de molinos etc. que se puede emplear el mortero en seco, aunque despues tiene que estar espuesto á la accion del agua; hice tambien varias experiencias con el objeto de ver el partido que podia sacarse, bien de los cementos muy cargados de arcilla, ó bien de los buenos cementos mezclados con otras cales, conveniente de verificar, cuando salen estos muy caros por su distancia al paraje donde han de usarse: 1.º cemento de 53 por 100 de arcilla amasado de consistencia arcillosa, despues de fraguar al aire libre, en que tardó próximamente dos horas, inmediatamente sumergido, á las diez y seis horas se habia ablandado: 2.º despues de fraguar y estar cuatro dias al aire libre, sumergido despues, al mes presentaba la misma dureza; con la

sierra daba polvo húmedo, á los trece meses fractura de arenisca tierra y polvo mas seco que el anterior. 3.º El mismo cemento con $\frac{2}{3}$ de cal grasa, sumergido á las cuarenta y ocho horas de fraguar al aire, presentó próximamente los mismos resultados que la anterior; se mezcló esta cantidad de cal grasa para imitar las proporciones del cemento límite inferior, aunque no creyendo pudiera imitarle completamente por ser diferente esta union mecánica á la combinacion química de aquellos. El mismo cemento con $\frac{1}{3}$ de cal grasa á los cuarenta y cinco minutos de espuesto al aire, sumergida fraguó á los tres dias y medio, y al aire libre á la hora y media; al año de sumergido presentaba polvo muy húmedo y consistencia de arenisca bastante tierna. 5.º Cemento de 26 por 100 de arcilla con $\frac{1}{16}$ de cal grasa despues de estar diez minutos al aire libre; sumergida, fraguó próximamente á las dos horas, al aire fraguó á la hora. 6.º El mismo cemento con $\frac{1}{20}$ de cal grasa sumergido á los diez minutos de estar al aire libre, fraguó próximamente como el anterior; al cabo de un año presentaba la resistencia de arenisca de mediana dureza; con la sierra daba polvo húmedo. La cal grasa se mezcló en pasta, cuanto mas dura era la pasta tanto menos tardaba en fraguar.

Con las cales grasas, cualquiera que sea la puzolana que con ellas se mezcle, no debe tenerse mucha confianza en sus buenas propiedades ulteriores.

Como se dijo antes, las cales límites ó compuestas de un 21 á un 25 por 100 de arcilla, son de un uso peligroso en las construcciones, debe atribuirse muchas veces á esto la degradacion de morteros empleados como hidráulicos; pues como se dijo no persisten en el fraguado que adquieren al principio.

El cemento límite inferior, es el mejor por su consistencia invariable; sea que se les sumerja inmediatamente ó se les deje espuestos al aire, su exceso de

cal sobre los otros cementos, hace se les pueda mezclar cierta parte de arena.

Hormigones.

Los hormigones compuestos con los morteros que hemos indicado y la mezcla de piedra conveniente, se emplean ademas de otros usos en las fundaciones dentro del agua.

La piedra que se emplea para mezclar con los hormigones, en general es grava y recortes de piedra del tamaño como de un huevo próximamente, en las proporciones de mitad de piedra de ambas clases y mitad de mortero, aunque esto es variable.

El mortero debe manipularse antes y mezclar con él la piedra despues de hecho éste como se dijo antes, echando la piedra poco á poco y mezclándola con la pala y con el pilon. No debe echarse agua sobre el hormigon durante la mezcla del mortero y la piedra; vale mas mojar esta antes de emplearla, teniendo cuidado de que esté bien limpia de tierra, para lo que se debe lavar antes; los pilones de hierro de ocho á diez libras son de buen uso para la fabricacion de morteros y hormigones; se suele usar balas de cañon para este objeto.

Cuando se emplea el hormigon en el agua, particularmente cuando esta es corriente, conviene echarle de modo que aquella no le lave; para lo cual es necesario encajonarle y preservarle de su accion.

Los cementos pueden emplearse en la confeccion de hormigones, y en general es la mejor aplicacion que pueden tener cuando conviene un pronto endurecimiento; pero debe tenerse presente lo dicho en este caso para los morteros.

Los hormigones hidráulicos tienen una gran aplicacion á la construccion de puentes, presas, cauces de molino y esclusas etc.

Morteros es-
puestos á la in-
temperie.

Los preceptos dados para los morteros que se usan en el agua, respecto á las precauciones de manipulacion y consistencia, deben tenerse presentes en el caso actual.

Los morteros de cal hidráulica pueden perder hasta $\frac{4}{10}$ y mas de su fuerza si se amasan como generalmente lo hacen los albañiles con exceso de agua.

No hay ninguna clase de arena que por su color ni forma pueda si es inerte contribuir á mejorar la calidad de un mortero hecho con cal grasa, asi como con las cales hidráulicas y eminentemente hidráulicas cualquiera arena limpia cuyo grano sea duro y de cierto grueso produce muy buenos resultados.

Se considera en general como preferible para las cales hidráulicas y eminentemente hidráulicas las arenas finas, llamando finas aquellas cuyo grano viene á tener media línea de diámetro; para las cales medianamente hidráulicas la mezclada de grano fino y grueso como de una línea y media de diámetro; aun los polvos de piedra calcárea producen buenos morteros con las cales hidráulicas.

Los morteros compuestos de cal grasa y arena no debieran usarse al menos en obras de alguna consideracion por lo que no se dirá mas de estos. Con las cales hidráulicas aunque ninguna regla puede darse respecto á las proporciones de la mezcla; sin embargo puede admitirse que cuando con estas cales apagadas por el método ordinario pasa de 1 á $1\frac{1}{4}$ por 1 de cal disminuye en resistencia, y cuando apagadas por inmersion ó espontáneamente $1\frac{7}{10}$ de arena por 1 de cal. Generalmente no ejercen tanta influencia en la dureza que puede adquirir un mortero al aire, el modo de apagarla como en el caso de los morteros empleados en el agua; á pesar que el método ordinario se considera como mejor para las cales hidráulicas y eminentemente hidráulicas, segun se dijo al principio.

Cuando se emplean morteros de cales hidráulicas no debe hacerse mas que el necesario para emplear en el dia y fabricarlo en paraje cubierto.

Los morteros unen mejor con las piedras ásperas

y porosas que con las de grano fino y lisas, y mejor con las areniscas que con las calizas.

Los cementos se emplean igualmente al aire libre; tienen la desventaja en este caso de fraguar demasiado pronto, teniendo que usarle como el yeso: para que no endurezca y dé lugar á su empleo en las mamposterías, conviene en vez de echarles demasiada agua mezclarles con cal grasa: he hecho la experiencia con $\frac{1}{16}$ á $\frac{1}{30}$ de cal grasa en pasta para imitar las proporciones de una cal eminentemente hidráulica y tardó en fraguar al aire libre de hora á hora y media que da bastante lugar para su uso en las mamposterías.

Con cualquier clase de morteros que se use en las mamposterías y particularmente en las hidráulicas, es muy perjudicial, como ya se ha dicho, el añadir agua para ablandarlos ó volverlos á amasar; lo que debe hacerse, sobre todo en tiempos secos, es tener los materiales húmedos, para lo cual puede estar la mampostería en montones que se riegan antes de emplearlos; tambien debe evitarse se sequen con demasiada prontitud los morteros cuando estan espuestos en las obras á vientos fuertes ó al sol, conviene entonces humedecerlos salpicándolos con una brocha etc. El secarse rápidamente les hace perder fuerza.

Para los morteros empleados con cales y puzolanas se procederá en todo como se esplicó para cuando se emplean en el agua. Cuando las cales hidráulicas se emplean con arena hay que tener presente: 1.º que el procedimiento del apagado ó estincion de la cal preferente es como se dijo para los morteros empleados al aire, 2.º que no debe emplearse arena demasiado fina. La cantidad de mezclas mas conveniente es por uno de cal hidráulica $\frac{9}{10}$ á 2 y $\frac{4}{10}$ de arena de lo que no conviene escederse.

Morteros que se emplean debajo de tierra ó en contacto con tierra húmeda.

Hay que tener presente que los morteros de cales grasas y sustancias poco enérgicas, y de cales medianamente hidráulicas y arenas inertes que endurecen

regularmente en el agua pierden mucho cuando estan espuestos á vientos cálidos y secos. Cuando estan compuestos de cales hidráulicas ó eminentemente hidráulicas, y que han endurecido bajo tierra húmeda, producen buen resultado al aire y en el agua; pero cuando estan compuestos de puzolanas, habiendo endurecido como se dijo antes, suelen alterarse puestos despues al aire. Cuando los morteros hidráulicos han endurecido bien al aire conservan su consistencia metidos despues en el agua. No hablamos de los morteros comunes de cal grasa, pues estos valen poco; aun los compuestos con puzolanas y esta cal son generalmente heladizos. Los morteros hidráulicos á los seis ó siete meses quedan en disposicion de resistir completamente.

Muchas son las aplicaciones que pueden obtenerse con los morteros de cales hidráulicas y los cementos: asi es una ventaja considerable la que poseen las localidades en que se encuentran; pues con ellas ademas de los usos que se han citado pueden construirse habitaciones sólidas, sanas y baratas. Aplicaciones.

Los cimientos de las habitaciones en parajes húmedos deben construirse con hormigones hidráulicos, evitando la humedad de este modo, y preservar las fachadas de los edificios, en particular las espuestas á los vientos húmedos, con los revoques de cales hidráulicas y cementos.

Se han construido ya con hormigones hidráulicos edificios, y en particular como se indica anteriormente se han empleado en los muros subterráneos, bóvedas y en los revestimientos de pozos y estanques.

Tambien se hace con morteros hidráulicos cubos ó depósitos para el vino en las bodegas; parece tienen sobre las de madera las ventajas de no estar espuestas á las fermentaciones, no toma en ellas mal gusto el vino y son de mas duracion.

Se emplea tambien el hormigon en el solado de azoteas y otra porcion de usos que sería largo enume-

rar, no dando mas que estas indicaciones; pues el detenerse en los detalles de construccion es fuera del objeto de esta reseña y la alargaría demasiado.

Cales hidráu-
licas artificiales

Terminaremos indicando ligeramente el modo de hacer cales hidráulicas artificiales en los parajes en que estas no pueden obtenerse.

El mejor medio es mezclar con la cal grasa, ya apagada por cualquiera de los métodos indicados, una cantidad de arcilla variable, segun la clase de cal hidráulica que quiera imitarse, para lo cual seguirán las mismas proporciones de aquellas y que depende tambien de la clase de arcilla disponible; se forman tortas ó bolas que se queman despues con la cal. Las proporciones se pesarán en seco.

Este procedimiento se llama de doble cocion, para distinguirle de otro que se sigue; pero que no es tan bueno y consiste en pulverizar la piedra caliza y la arcilla mezclándolas y cociéndolas despues. Solo puede hacerse con gran éxito con margas ó calizas tiernas.

Notas.

1.ª Puzolanas artificiales. — De una gran série de esperiencias hechas por Vicat se deduce: 1.º Que la cantidad de arcilla que contiene una tierra es la que indica su calidad para la fabricacion de puzolanas, y que la arcilla pura es la tierra por escelen-
cia propia para aquel objeto. 2.º Que á iguales proporciones de arcilla, y todo quedando igual entre dos tierras, la mejor es la que su arcilla contiene la mayor proporcion de sílice, sin pasar cierto límite que no escluye con mucho toda la alúmina. 3.º Que en identidad de proporciones y principios, es la puzolana mas pesada la que debe preferirse. 4.º Que el grado de cocion para impedir desleirse y formar de nuevo á la arcilla pasta con el agua, es la que desenvuelve en mas alto grado las cualidades puzolánicas de las arcillas, y tierras, exentas de carbonato de cal ó que no contienen sino á lo mas el 12 á 15 por 100. Esta débil cocion es la que llama Vicat normal. 5.º La cocion supranormal ó aquella en que, supliendo la intensidad del fuego por su duracion, se consigue descomponer la mayor parte del carbonato de cal de las arcillas margosas, sin pasar de 700° á 750° centígrados, conviene á todas las tierras ó arcillas en que la proporcion del carbonato de cal esté comprendido entre 20 y 25 por 100. La puzolana artificial, de polvo de ladrillo ó teja, no debe hacerse mas que cuando no hay proporcion de hacer puzolanas mas enérgicas. Segun Vicat, la arcilla despues de una primera cocion dando en combinacion con la cal una energía representada por 1, por doble quemado ó cocion, esta energía está representada por 0^m30 y semi-vitrificada por 0,^m19, por lo que el ladrillo mas cocido no es el mas conveniente para hacer morteros hidráulicos.

2.ª Debe combinarse por peso y no por volúmen

las puzolanas y cales, pues unas puzolanas pesan mas que otras. No pasando de las proporciones de 18 á 20 por 100 de cal cáustica (cal ya cocida) muy pura, da esta proporcion con 100 partes de puzolana muy poco cargada de materias inertes, el máximo de cohesion, hasta el 10 por 100 de cal para puzolanas estraidas de arcillas margosas. En la mezcla de cales y arenas no hay inconveniente en hacer la mezcla por volúmenes.

3.^a Construcciones en que deben emplearse exclusivamente las mezclas puzolánicas. = Sería imposible unir las mamposterías espuestas al aire con las mezclas que al hacerse se contragesen mucho, como sucede con las arcillas puras y las cales apagadas por el proceder ordinario. Toda mezcla puzolánica espuesta á la accion atmosférica, no produce buenos resultados en general por permanecer desmoronaliza y heladiza, que es lo que sucede á los revestidos de cal grasa y polvos de ladrillo; resultados que pueden modificarse bajo ciertas influencias, como por ejemplo las lluvias que sobrevengan inmediatamente despues de la construccion de una mampostería etc.; pero siempre hay eventualidad en el empleo de esta clase de mezcla, á lo que hay que añadir su contraccion y débil adherencia.

4.^a Suelen atacar mas ó menos las aguas del mar á las mezclas hidráulicas, en particular las de puzolanas y cales segun la calidad y circunstancias de su manipulacion: estos detalles no son del objeto de esta reseña, pues los que hayan de dirijir trabajos podrán consultar las obras de Vicat, que es donde estensamente se trata de todas estas cuestiones, apoyadas en numerosas esperiencias. Basta saber que cuando tenga que emplearse arena de mar habrá de dejarse espuesta á la accion de las lluvias algun tiempo para hacerla perder la sal que contenga.

5.^a Proporciones de mezcla. = No hay mas que esperiencias directas que indiquen las proporciones de

cal y arena que deben entrar en la composición de los morteros. = Varían de $1\frac{1}{2}$ á 3 partes de arena por una de cal. El volúmen de la cal no debe ser menor que el de los vacíos ó huecos que quedan entre los granos. Este volúmen se determina llenando de la arena que se experimente y bien seca una medida determinada, echando agua suficiente para enrasar la superficie de la arena. El volúmen del agua echada es el de los huecos.

6.^a Cales hidráulicas artificiales. = Las calizas que pueden pulverizarse con facilidad como las margas, eretas etc., que se mezclan en polvo con la arcilla igualmente reducidas, se cuecen en forma de ladrillos; el método de doble cocion se reduce á apagar la cal grasa espontáneamente en paraje cubierto y seco, luego amasarla con un poco de agua y la cantidad de arcilla conveniente.



CUADRO ESTADISTICO

de varias calizas de la Provincia de Vizcaya.

Números de orden.	Jurisdiccion donde se encuentran.	Canteras ó sitios.	PROPIEDADES FÍSICAS.		Residuo insoluble por 100 de cal.	Clasificacion aproximada á que pertenecen.	OBSERVACIONES.
			Testura y dureza.	Color.			
1	Abando	Cantera de Basurto.....	Dura.....	Gris oscuro.....	3	Cales grasas.	Se explota para mampostería. = Atravesada por filones de espato.
2	Abando	Cantera frente á San Francisco.....	Id	Id. id.....	5		Id. id.
3	Güeñes	Cantera de Becharte.....	Compacta dura..	Ceniciento.....	5		Se explota para cal.
4	Id	Cantera de .....	.....	Gris azulado oscuro	5		Id. para mampostería y cal.
5	Mendata	Cantera de Eremostegui.....	Compacta id.....	Gris oscuro.....	5		Para cal.
6	Murelaga.....	Cantera de Narea.....	.....	Id. id.....	5		Id. id.
7	Güeñes.....	Cantera del	Compacta id.....	Gris azulado oscuro	4, 5		Para mampostería. = En masa.
8	Basauri.....	Cantera próxima al pueblo	Dura	Gris oscuro.....	3, 13		Se explota para cal y sillería.
9	Mallavía.....	Carretera de Durango antes de Ermua.....	Compacta id.....	Id. id.....	3, 8		En masas.
10	Lemona.....	Al lado del pueblo.....	Id	Id. id.....	3, 2		Para construccion y hacer cal.
11	.....	Cantera de Larrazabal .....	.....	Ceniciento sucio...	3,		Se explota para losa.
12	Berriatua	Cantera de .....	.....	Ceniciento.....	2, 9		Puntos brillantes. = Se explota para cal.
13	Begoña	Cerca de la Fábrica	Muy dura.....	Gris oscuro.....	2,		
14	Ereño	Camino de Lanchove á Guernica.....	Compacta id.....	Ceniciento oscuro.	2,		Para mampostería.
15	Lequeitio	Cantera de .....	.....	Gris oscuro.....	2,		Con puntos brillantes. = Se explota para cal.
16	Id	Idem de	Dura	Gris pardo.....	2,		Id. id.
17	Zalla.....	Cantera de Arana.....	Compacta	Id. id.....	1, 8		Para cal.
18	Jemein.....	Al lado de la ermita de San Miguel.....	Dura.....	Gris oscuro.....	1, 5		
19	Murelaga	Cantera de Santa Eufemia.....	.....	Id. id.....	1, 5		Id.
20	Jemein.....	Al lado de la ermita de San Miguel.....	Dura.....	Blanco	0,		Es caliza laminar en filones.
21	Zaldúa.....	Monte entre Areitio y Ermua.....	Compacta	Gris verdoso oscuro	25, 5 de arena arcillosa.		Cal seca ó magra.

CUADRO ESTADÍSTICO

de varias calizas de la Provincia de Nicaragua

Observaciones	Localización aproximada a que pertenecen.	Pérdida por 100 libras de cal.	PROPIEDADES FÍSICAS.		Calizas ó sílice.	Jurisdicción donde se encuentran.	Número de calizas.
			Color.	Textura y dureza.			
Se espota para mampostería. = Atravesada por filones de espato.	Calizas grasas.	3	Gris oscuro.....	Dura.....	Cantera de Baruta.....	1	
Id. id.		5	Id. id.....	Id. id.....	Cantera frente a San Francisco.....	2	
Se espota para cal.		5	Concisa dura.....	Compacta dura.....	Cantera de Becharé.....	3	
Id. para mampostería y cal.		5	Gris azulado oscuro.....	.....	Cantera de.....	4
Para cal.		5	Gris oscuro.....	Compacta id.....	Cantera de Rinostegui.....	5	
Id. id.		5	Id. id.....	Id. id.....	Cantera de Narea.....	6	
Para mampostería. = En masa.		4, 5	Gris azulado oscuro.....	Compacta id.....	Cantera del.....	7	
Se espota para cal y sillera.		3, 13	Gris oscuro.....	Dura.....	Cantera próxima al pueblo.....	8	
En masa.		2, 8	Id. id.....	Compacta id.....	Cantera de Durango sales de Bruma.....	9	
Para construcción y hacer cal.		3, 2	Id. id.....	Id. id.....	Al lado del pueblo.....	10	
Se espota para losa.		8	Concisa sucia.....	.....	Cantera de Lataxabal.....	11
Puntos brillantes. = Se espota para cal.		2, 9	.....	.....	Cantera de.....	12
Para mampostería.		2	Gris oscuro.....	Muy dura.....	Cerca de la Fábrica.....	13	
Con puntos brillantes. = Se espota para cal.		2	Concisa oscura.....	Compacta id.....	Camino de Lanchove a Guernica.....	14	
Id. id.		2	Gris oscuro.....	.....	Cantera de.....	15
Para cal.		1, 8	Gris pardo.....	Dura.....	Idem de.....	16	
Id.		1, 5	Id. id.....	Compacta.....	Cantera de Arana.....	17	
Id.		1, 5	Gris oscuro.....	Dura.....	Al lado de la ermita de San Miguel.....	18	
Id.		1, 5	Id. id.....	Id. id.....	Cantera de Santa Rufina.....	19	
Es caliza laminar en filones.		0	Blanco.....	Dura.....	Al lado de la ermita de San Miguel.....	20	
		25, 5	Gris verdoso oscuro.....	Compacta.....	Monte entre Ateño y Bruma.....	21	

Cal. seca ó magra. de arena arenosa.

Observaciones

Jurisdicción donde se encuentran.

Número de calizas.

PROPIEDADES FÍSICAS.

Color.

Textura y dureza.

Calizas ó sílice.

CUADRO ESTADÍSTICO

de varias calizas de la Provincia de Vizcaya.

Números de orden.	Jurisdicción donde se encuentran.	Sitios ó canteras	PROPIEDADES FÍSICAS.		Residuo insoluble por 100 de cal.	Clasificación aproximada á que pertenecen.	OBSERVACIONES.
			Testura y dureza.	Color.			
CALES HIDRAULICAS.							
1	Portugalete...	A la orilla del mar	Compacta	Gris claro.....	21,	Eminent.º hidráulica...	En capas muy inclinadas atravesado por filones de espato.
2	Barrica	Monte de Barrica-baso frente Plencia.....	Compacta	Pardo	20,	Id	Capas casi verticales; se explota como cal hidráulica.
3	Begoña	Pasado el portazgo del camino de Bermeo.....	Hojosa.....	Gris oscuro.....	19, 5	Id	Capas delgadas.
4	Mallavía.....	Carretera de Marquina bajada la cuesta.....	Compacta	Rojizo.....	17, 5	Hidráulica.....	En bancos; se explota para mampostería; parece litográfica.
5	Ermua.....	Salida á Eivar á 2000 pies.....	Compacta	Gris oscuro.....	17,	Id	En capas pizarrosas; se explota para mampostería y cal.
6	Berango	Cantera frente á la casa de Aguirre.....	Compacta	Gris algo claro.....	16,	Id.	Conchífera; se explota como marmol. Variable su análisis por el espato calizo que contiene.
7	Ereño	Carretera de Elanchove á Guernica.....	Semicompacta...	Rojizo.....	16,	Id	
8	Zaldúa.....	Monte de Izaga.....	Compacta	Gris pardo.....	16,	Id	En capas pizarrosas.
9	Munguía.....	Monte próximo al pueblo al lado de la carretera de Bilbao.....	.....	Rojizo.....	15,	Id	Se explota para el firme de la carretera.
10	Portugalete...	Quinta de D. Manuel Uhagon.....	.....	Gris oscuro.....	12, 5	Medianam.º hidráulica.	
11	Lejona.....	Encinales de Mantulis.....	Compacta dura..	Pardo verdoso.....	12, 3	Id	Bancos delgados.
12	Zaldúa.....	Cantera de Yañaga	Compacta dura..	Rojizo oscuro.....	12,	Id	Se explota para mampostería.
13	Mallavía	Cantera de Marquina, fin de la cuesta.....	Compacta dura..	Ceniciento claro...	12,	Id	Se explota para mampostería, parece litográfica.
14	Güeñes.....	Cantera Glazal.....	Compacta dura..	Gris oscuro.....	11, 2	Id	Puntos brillantes en bancos irregulares para cal.
15	Mendata	Cantera de Urrecha.....	.....	Rojizo sucio oscuro	11,	Id	En bancos delgados; se explota para cal.
16	Güeñes.....	Cantera de Andarreta.....	Compacta dura..	Gris oscuro.....	10,	Id	Se explota para cal.
17	Zaldúa.....	Cantera de Yañaga.....	.....	Gris ceniciento.....	8, 5	Es comun.....	En capas pizarrosas; se explota para mampostería.
18	Munguía.....	Monte próximo al pueblo camino de Bilbao...	Compacta	Ceniciento claro...	7, 5	Id	Se explota para el firme de la carretera.
19	Elanchove....	Cabo Ogoño	Compacta	Gris pardo.....	7,	Id	Tiene filones de espato.

ESTADÍSTICO de varias colinas de la Provincia de Vizcaya.

Observaciones.	Clasificación aproximada a que pertenecen.	Posición aproximada por 100 de cal.	PROPIEDADES FÍSICAS.		Estructura o canchales.	Jurisdicción donde se encuentran.	Número de colinas.
			Textura y dureza.	Labor.			
			CAJAS HIDRÁULICAS				
En capas muy inclinadas atravesado por bloques de espato.	Eminentemente hidráulica...	21	Grises claros	Compacta		Portugalete...	1
Capas casi verticales; se espota como cal hidráulica.	Id.	20	Parbo	Compacta		Barrica...	2
Capas delgadas.	Id.	19	Grises oscuros	Hojosa		Begoña...	3
En bancos; se espota para mampostería; parece litográfica.	Hidráulica	17	Hojoso	Compacta		Malavita...	4
En capas pizarrosas; se espota para mampostería y cal.	Id.	17	Grises oscuros	Compacta		Ermas...	5
Conchilera; se espota como marmol.	Id.	16	Grises algo claros	Compacta		Berango...	6
Variable en análisis por el espato calizo que contiene.	Id.	16	Hojoso	Semicompacta		Erño...	7
En capas pizarrosas.	Id.	16	Grises parbo	Compacta		Saldaña...	8
Se espota para el firme de la carretera.	Id.	15	Hojoso			Munguía...	9
Bancos delgados.	Mediana, hidráulica.	13	Grises oscuros			Portugalete...	10
Se espota para mampostería.	Id.	12	Parbo verdoso	Compacta dura		Lejona...	11
Se espota para mampostería, para cenefas y cal.	Id.	12	Hojoso oscuro	Compacta dura		Saldaña...	12
Puntos brillantes en bancos irregulares para cal.	Id.	12	Genio claro	Compacta dura		Malavita...	13
En bancos delgados; se espota para cal.	Id.	11	Grises oscuros	Compacta dura		Erño...	14
Se espota para cal.	Id.	10	Hojoso oscuro	Compacta dura		Medeta...	15
En capas pizarrosas; se espota para mampostería.	Id.	8	Grises oscuros	Compacta dura		Ermas...	16
	Id.	8	Grises cenicientos			Saldaña...	17
Se espota para el firme de la carretera.	Id.	7	Ceniciento claro	Compacta		Munguía...	18
Tiene filones de espato.	Id.	7	Grises parbo	Compacta		Elanchove...	19

CUADRO ESTADÍSTICO

de varias calizas de la Provincia de Vizcaya.

Números de orden.	Nombres de las jurisdicciones donde se encuentran.	Nombres de las canteras ó sitios.	PROPIEDADES FÍSICAS.		Residuo insoluble por 100 de cal.	Clasificación aproximada á que pertenecen.	OBSERVACIONES.
			Testura y dureza.	Color.			
CEMENTOS.							
1	Abando Alvía.	En el desmonte del camino del puente de hierro.	Compacta tierna	Gris sucio.....	82, 5	Puzolana caliza.....	En capas pizarrosas manchas de óxido de hierro.
2	Zaldivar	Entre el alto de Areitio y Ermua en el monte.	Tierna compacta	Gris pardo	71,	Id	En capas pizarrosas.
3	Verriz.....	Camino de la carretera á la casa de Arguinzonio.	Semicompacta...	Pardo oscuro.....	62,	Cemento límite superior	Id.
4	Rigoitia.....	Cerca del pueblo camino de Munguía.....	Algo tierna.....	Gris oscuro.....	61,	Id	Se explota para mampostería.
5	Abadiano.....	Divisoria del camino de Durango á Ermua...	Compacta.....	Rojizo duro.....	55, 5	Cemento ordinario.....	En capas delgadas.
6	Luno.....	Camino de Güernica á Munguía.....	Hojosa.....	Pardo	51, 5	Id	Id.
7	Echevarría...	Cortadura pasado el puente nuevo.....	Semicompacta...	Gris oscuro	50,	Id	Id. teñido de ácido negro mezclado con arena silícea.
8	Portugalete...	Orilla del mar hacia Santurce	Tierna compacta	Gris claro.....	49,	Id	Id. muy inclinadas atravesadas por espato calizo.
9	Zaldivar	En el monte entre Areitio y Ermua.....	Tierna compacta	Gris verdoso claro.	44,	Id	Id. pizarrosas.
10	Verriz.....	Camino á la casa de Laruen.....	Tierna	Gris claro.....	40, 8	Id	En capas pizarrosas.
11	Zaldivar.....	Próximo al río Allondo.....	Compacta tierna	Verde oscuro.....	40,	Id.	
12	Verriz.....	Cerca de Olacuenta.....	Semicompacta...	Gris pardo.....	38, 5	Id	En capas pizarrosas ; tienen puntos brillantes.
13	Algorta.....	A la orilla del mar.....	Compacta	Gris algo verdoso.	37, 5	Id.	
14	Begoña	En la Salve ; paseo de Bilbao.....	Hojosa	Gris oscuro.....	34,	Id	En capas pizarrosas ; tienen puntos brillantes.
15	Verriz.....	Camino de Durango á Tolosa cerca de Balerreitia.....	Tierna.....	Gris claro.....	33,	Id	En bancos delgados.
16	Rigoitia.....	En el camino de Munguía.....	Compacta	Gris claro.....	32,	Id.	
17	Begoña	Bajada desde el camino de Bermeo á la Iglesia.	Hojosa	Gris oscuro.....	29, 5	Id. límite inferior	En capas pizarrosas ; tienen puntos brillantes.
18	Güeñes.....	Cantera de Basoris y Cirivai.....	Semicompacta...	Gris oscuro.....	29,	Id	Bancos delgados ; se explota solo para losado.
19	Lejona.....	Inmediación de los molinos de San Miguel de Leuros.....	Compacta	Pardo claro verdoso	28,92	Id	En capas delgadas.
20	Barrica	Monte Barrica-baso frente de Plencia.....	Compacta	Pardo claro.....	27,	Id	En bancos delgados.
21	Verriz.....	Cantera de Laruen.....	Compacta	Gris claro.....	26,	Id	Id. No se explota mas que para afirmar la carretera.
22	Id	Camino de Marquina	Compacta	Gris claro.....	25,	Id	Se emplea en el afirmado de la carretera.
23	Id	En el monte cerca de la casa Zavala de Acá...	Compacta	Gris.....	25,	Id	En capas pizarrosas ; tienen puntos brillantes.

ANALISIS DE CALIZAS ARCILLOSAS

POR EL INGENIERO DE MINAS MR. COLLET.

Los números de órden corresponden á los que estan pegados en las muestras de la coleccion que existe en el museo provincial de Vizcaya.

Números de órden.	Sitios de estraccion de las muestras.	Color y testura de la piedra.	Cantidad de arcilla sobre 100 partes de la piedra ensayada.	Cantidad de carbonato ferroso, sobre 100 partes de la piedra ensayada.	Clasificacion aproximada de la cal que puede producir la muestra.	OBSERVACIONES.
1	San Sebastian.....	Amarillo verdoso.=Compacta.....	26,11	»	Cemento límite, inferior.	
2	Algorta, cerca del puerto.....	Gris claro.=Compacta.....	19,50	»	Eminentemente hidráulica.	
3	Igual depósito que el del número anterior.	Verde sucio.=Compacta.....	26,00	»	Cemento límite, inferior...	Arcilla roja despues de la calcinacion.
4	Convento de San Agustin (Bilbao).....	Azul oscuro.=Compacta muy seca.	53,09	6,14	Cemento límite, superior...	Arcilla parda y suave despues de la calcinacion.
5	Algorta. Algo al S.....	Gris oscuro.=Subgranuda.....	41,81	»	Cemento ordinario.	
6	Entre Elorrio y Elgueta.....	Pardo amarillo.=Compacta.....	41,13	»	Id.	
7	Maruelas. (Entre Bilbao y Munguía).....	Rojo sucio.=Muy compacta.....	12,56	3,00	Medianamente hidráulica...	Caliza litográfica.
8	Maruelas.....	Gris claro.=Muy compacta.....	6,32	Huella.....	Poco hidráulica.....	Id.
9	Igual depósito que el del número anterior.	Gris amarillo.=Compacta.....	59,20	3,94	Cemento límite, superior...	Arcilla muy coloreada despues de la calcinacion.
10	Igual depósito que el del número anterior.	Gris claro.=Compacta.....	37,20	8,76	Cemento.	
11	Id. id.....	Gris claro.=Compacta.....	54,90	4,38	Cemento límite, superior.	
12	Id. id.....	Gris claro.=Compacta.....	59,80	2,19	Id.	
13	Id. id.....	Rojo de sangre.=Compacta.....	12,56	2,06	Medianamente hidráulica.	
14	Saracho.....	Gris azul.=Compacta.....	17,60	»	Hidráulica.	
15	Id.....	Gris oscuro.=Compacta.....	14,80	Huella.....	Id.	
16	Entre Saracho y Londoño de Abajo.....	Gris.=Muy compacta.....	17,60	2,19	Cemento límite, inferior.	
17	Igual depósito que el del número 14.....	Gris.=Subgranuda.....	29,40	2,92	Cemento límite, inferior...	Alternan en bancos pequeños con el núm. 14.
18	Peña de Orduña.....	Gris pardo claro.=Compacta.....	13,00	Huella.....	Hidráulica.	
19	Zornoza.....	Gris azulado.=Compacta.....	26,50	2,49	Cemento límite, inferior...	Abundante.
20	Id.....	Gris oscuro.=Subgranuda.....	39,70	0,14	Cemento.	
21	Id.....	Gris oscuro.=Subgranuda.....	33,60	2,92	Id.	

ANÁLISIS DE CALIZAS ARCILLOSAS

POR EL INGENIERO DE MINAS D. D. COLLET.

Los números de orden corresponden á los que están pegados en las muestras de la colección que existe en el museo provincial de Vizcaya.

Número de orden	Sitio de extracción de las muestras	Color y estado de la piedra	Cantidad de arcilla sobre 100 partes de la piedra ensayada	Cantidad de carbón sobre 100 partes de este terreno, sobre 100 partes de la piedra ensayada	Clasificación aproximada de la cal que puede producir la muestra	OBSERVACIONES
1	San Sebastián	.....	26,11	.....	Cemento límite inferior	
2	Algorza, cerca del puerto	.....	19,80	.....	Excesivamente hidráulica	
3	Igual depósito que el del número anterior	.....	26,00	.....	Cemento límite inferior	Arcilla roja después de la calcinación
4	Convento de San Agustín (Ribes)	.....	23,00	.....	Cemento límite superior	Arcilla parda y suave después de la calcinación
5	Algorza, Algo al S.	.....	41,81	.....	Cemento ordinario	
6	Entre Etxoria y Etxoria	.....	41,13	.....	Id.	
7	Marulles (Entre Ribes y Marulles)	.....	12,86	.....	Mediamente hidráulica	Caliza litográfica
8	Marulles	.....	6,32	.....	Poco hidráulica	Id.
9	Igual depósito que el del número anterior	.....	29,20	.....	Cemento límite superior	Arcilla muy coloreada después de la calcinación
10	Igual depósito que el del número anterior	.....	27,20	.....	Cemento	
11	Id.	.....	24,90	.....	Cemento límite superior	
12	Id.	.....	29,30	.....	Id.	
13	Id.	.....	12,86	.....	Mediamente hidráulica	
14	Saracho	.....	17,60	.....	Hidráulica	
15	Id.	.....	14,80	.....	Huella	
16	Entre Saracho y Landoño de Ajaio	.....	17,60	.....	Cemento límite inferior	
17	Igual depósito que el del número 14	.....	29,40	.....	Cemento límite inferior	Altera en panes pequeños con el núm. 14
18	Paña de Ordoña	.....	13,00	.....	Hidráulica	
19	Zornotza	.....	28,20	.....	Cemento límite inferior	Abundante
20	Id.	.....	39,70	.....	Cemento	
21	Id.	.....	22,60	.....	Id.	



UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID



040070569X

