

Defloculación

La acción de dispersar las pequeñas partículas de arcilla en una barbotina de manera que dicha barbotina se haga más fluida. Las barbotinas utilizadas para colar en molde se defloculan para conseguir una densidad elevada, es decir, una proporción elevada de arcilla, pero manteniendo una fluidez suficiente para cubrir toda la superficie del molde.

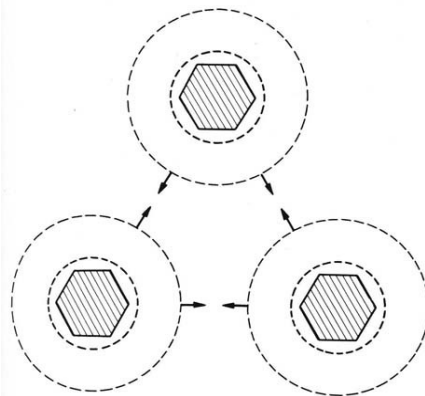
La defloculación se logra añadiendo al agua de la suspensión cantidades adecuadas de sustancias alcalinas solubles denominadas *defloculantes*. Estos intercambian sus iones con los de las partículas de arcilla de modo que todas las partículas de arcilla alcanzan una carga electrostática equivalente (ver *potencial zeta*). En tal estado, las partículas de arcilla se repelen entre si y no se agregan. Sin importar lo cercanas que se encuentren empaquetadas, hay una fuerza de repulsión entre ellas que actúa como lubricante.

Así, puede elaborarse una barbotina que contiene una proporción de arcilla y agua tan alta como diez a uno añadiendo los defloculantes adecuados. Sin embargo, sin ayuda de los defloculantes, para conseguir la misma fluidez la proporción arcilla-agua podría ser diez a seis (600ml de agua para 1Kg de arcilla).

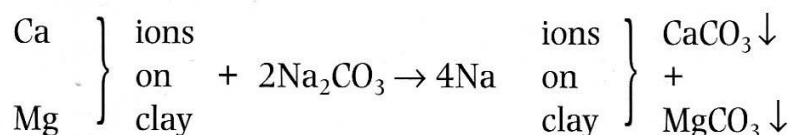
La cantidad exacta de defloculante solo puede establecerse mediante pruebas (ver *barbotinas de colada*). El tipo y cantidad depende del tipo de arcilla. La siguiente receta de una barbotina para colar se incluye para dar una idea aproximada de las cantidades involucradas:

arcilla plástica roja	20 Kg
agua	2 litros
carbonato de sodio	50 g
silicato sódico 75°TW	75 ml

Detalles sobre los defloculantes y sus efectos se darán más adelante. En términos generales, la defloculación consiste en la formación de cargas electrostáticas sobre las partículas de arcilla. Cada partícula tiene dos capas: la capa interna es negativa y la externa positiva (ver *teoría de la doble capa*). Cuando se comprimen las partículas, la capa exterior tiene la propiedad de repeler capas idénticas en otras partículas como se muestra en el diagrama.



El principio de la defloculación es reemplazar los pequeños iones de las capas por otros más potentes y, si es posible, incrementar su número. De este modo, el comportamiento global de la arcilla se modifica. Una posible ecuación para este proceso podría ser:



Aquí el carbonato de sodio, que es soluble, se utiliza para provocar el intercambio iónico. Los iones de calcio y magnesio toman el ion carbonato y precipitan como los compuestos insolubles carbonato de calcio y carbonato de magnesio. Se produce una ligera defloculación cuando se utilizan aglomerantes tipo celulosa en barbotinas para vidriado con bajo contenido de arcilla, pero el efecto puede ser solo temporal (ver SCMC).

La defloculación involucra *defloculantes*, *fluidez*, *tixotropía*, *fuerzas de atracción*, *teoría de la doble capa* y *potencial zeta*, que son tratadas en entradas independientes.

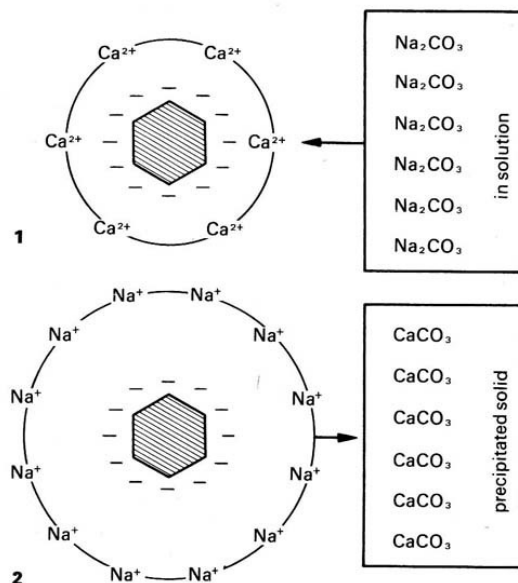
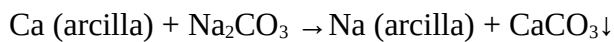
Defloculante

Material que se añade a las suspensiones de arcilla para aumentar su fluidez. El aumento de fluidez sin pérdida de densidad es ventajoso en el proceso de colada en molde. El defloculante crea fluidez incrementando las fuerzas electrostáticas de repulsión entre las partículas de arcilla de forma que estas se repelan entre sí. De este modo las partículas, en lugar de agregarse, se repelen y deslizan unas sobre otras incluso aunque el número de partículas en suspensión sea elevado. Se dice que las partículas están en estado de “dispersión” o “defloculación”. (Ver también *fluidez*)

Los defloculantes son de dos tipos: el tipo catión alcalino y el tipo polianión. Es práctica habitual utilizar una combinación de ambos tipos porque, aunque su acción sobre la fluidez es igual, tienen otros efectos que los diferencian. El más importante de ellos está relacionado con la tixotropía.

Un defloculante de tipo catión alcalino promueve el intercambio catiónico entre él mismo y la partícula de arcilla. El nuevo catión incrementa el potencial zeta de la partícula. Por ejemplo, el carbonato de sodio reemplaza cada catión de calcio en la partícula de arcilla con dos cationes de sodio. Ocurre lo mismo con los cationes de magnesio. El catión desplazado de calcio se une al radical carbonato para formar carbonato de calcio. Este, al ser insoluble, precipita y queda en suspensión como partícula sólida en la barbotina.

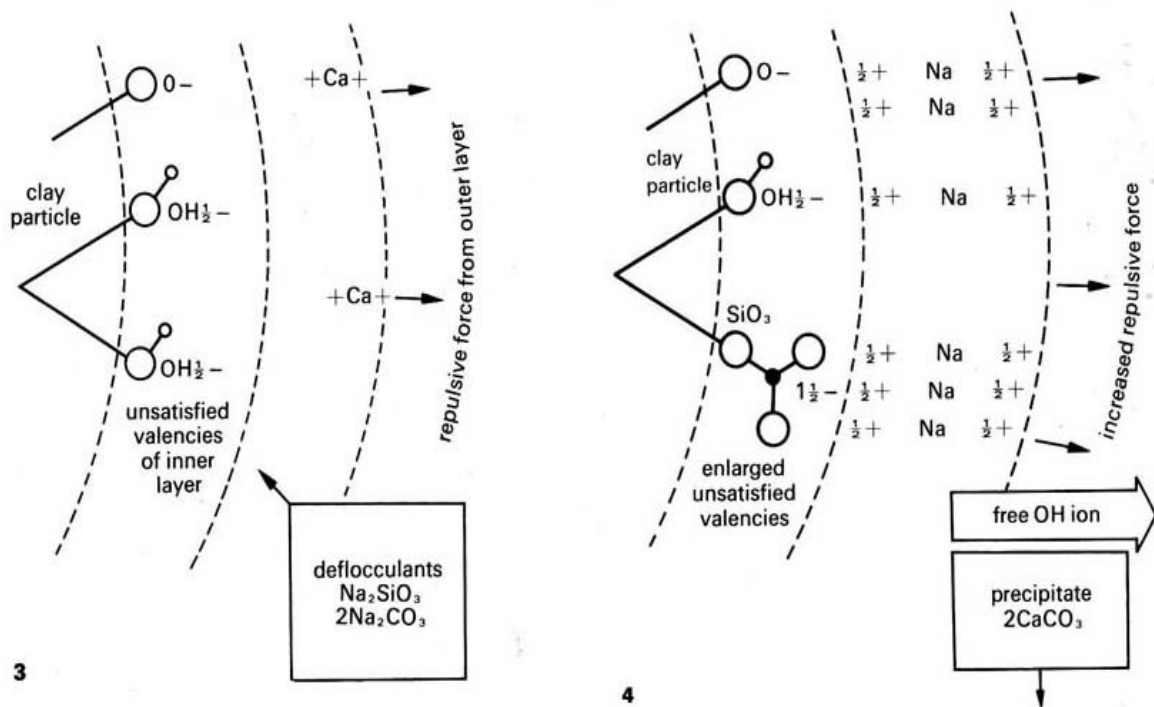
De esta forma, la partícula de arcilla forma una capa externa de cationes de sodio que tiene una gran *barrera de repulsión*. Las figuras de abajo lo muestran gráficamente. La fuerza repulsiva es grande y repele a las partículas (ver *potencial zeta* y *teoría de la doble capa*). La ecuación es:



Ejemplos de defloculantes de tipo catión alcalino son el carbonato de sodio, carbonato de potasio, hidróxido de sodio y oxalato de sodio.

Hay un límite en el efecto defloculante que puede alcanzarse por intercambio catiónico. El efecto completo se logra cuando todos los cationes intercambiables se han reemplazado por otros de mayor alcance en su *barrera de repulsión*. En este momento una barbotina está totalmente defloculada porque y el potencial zeta de la arcilla alcanza su valor máximo. La adición de más cationes alcalinos tiene efecto flocculante, es decir, el efecto opuesto. Los cationes adicionales se apiñan en el sistema de doble capa llenando el hueco de la barrera de repulsión. El efecto es reducir el potencial zeta. Esta superpoblación de cationes que se produce al añadir excesivo defloculante alcalino se denomina “salting-out” o “over-doping”.

El defloculante polianiónico alcanza un resultado similar aunque por un camino ligeramente distinto. El tipo polianiónico suministra cationes para la capa externa (como el defloculante catiónico) pero también se introduce en la capa interna. Aquí la mitad del defloculante polianiónico reemplaza aniones en la partícula de arcilla. Es un intercambio aniónico efectivo en términos de defloculación porque los polianiones de diversas cargas negativas reemplazan los simples grupos hidroxilo con carga negativa unitaria. El resultado global es que la carga negativa aumenta y, por ello, hay lugar adicional para los cationes en la capa exterior. Así, la carga de la capa externa es mayor y el potencial zeta también. El intercambio se representa en los gráficos siguientes:



Ejemplos de defloculantes de tipo polianiónico son el silicato de sodio, polifosfato de sodio, poliacrilato de sodio y tanato de sodio.

De nuevo, existe un límite en el efecto defloculante que puede alcanzarse. Sin embargo, el efecto de “over-doping” no es tan drástico. Una vez que se ha alcanzado el efecto óptimo, mayores adiciones de defloculante polianiónico solo sirve para llenar la doble capa con aniones. Esta adición tiene poco efecto en la efectividad de la capa exterior de cationes ya que afecta poco al valor del potencial zeta, a no ser que se añada un gran exceso. Claramente, el efecto no es tan drástico como el sobredopaje con cationes alcalinos. De hecho, con frecuencia aparece el efecto de *protección* por el cual el relleno de la doble capa por aniones contrarresta el exceso de cationes. Así, el exceso de un defloculante aniónico proporciona cierta protección contra el “over-doping”.

Un equilibrio entre dos defloculantes podría dar mayor control sobre la defloculación. La elección más común del ceramista al preparar barbotina para colar es el carbonato de sodio para el intercambio catiónico y el silicato de sodio para los intercambios catiónicos e iónicos. Cualquier

precipitado entre ambos es inocuo para la suspensión y durante la cocción.

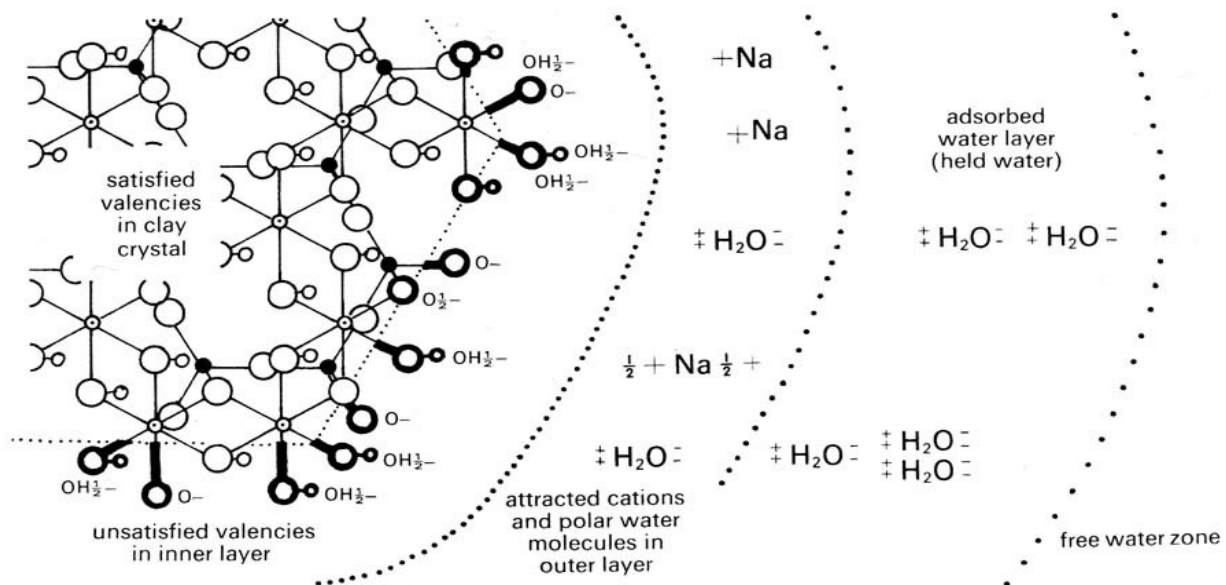
El carbonato de sodio ofrece una efectiva y progresiva defloculación pero con poco efecto sobre la tixotropía. El silicato de sodio ofrece igualmente una defloculación progresiva pero acompañada de una reducción de la tixotropía. Cierta tixotropía es adecuada para una barbotina para moldes por lo que es beneficioso un balance entre los dos defloculantes (ver *barbotina de colada y tixotropía*).

Las materias primas defloculantes solo hacen efecto si hay suficiente agua para disolverlas y, así, poner en juego los iones para el intercambio. También es necesario que la suspensión en cuestión sea de tamaño coloidal. Por tanto las arcillas, sobre todo las de granulometría más fina como arcillas de bola y bentonitas, ofrecen buenos resultados, pero otros materiales como, por ejemplo, los feldespatos apenas muestran ningún efecto. Algunas materias primas seleccionadas en granulometría muy fina, como el silicato de zirconio, pueden presentar cierta reacción favorable y otras, como el cuarzo, no son afectadas por los defloculantes pero sí por los floculantes. De modo que es necesario partir de una suspensión coloidal para deflocular y el defloculante debe ser una solución, aunque este debe ser calculado y pesado como sólido.

Teoría de la doble capa

Teoría que explica las cargas electrostáticas sobre las partículas coloidales de arcilla, por las cuales estas se repelen entre sí y no sedimentan de la suspensión. La teoría contempla los enlaces superficiales (finales) de la red cristalina de la arcilla (ver *arcilla: estructura cristalina*).

Un cristal de arcilla es una hoja continua en la cual los átomos cumplen los requerimientos de valencia de los átomos adyacentes a ambos lados. De esto se deduce que en los límites del cristal habrá valencias sin equilibrar. Esto se conoce como *teoría del enlace roto* y se acepta que las partículas del límite son iones de oxígeno y grupos hidroxilo (O^{2-} y OH^-). Esta carga sin equilibrar es, por tanto, negativa. Esta es la capa interna según se muestra en el diagrama.



La capa externa de la doble capa debe tener entonces carga positiva. Ver el diagrama. Esta formada por cationes de sodio, potasio, calcio y magnesio (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+}) y también moléculas de agua. Esta es la zona donde se enlaza la capa de agua (ver *adsorción*). Las moléculas de agua, aunque neutras con las dos cargas negativas requeridas por el oxígeno satisfechas por las dos cargas de los dos átomos de hidrógeno, tienen polaridad como pequeños imanes. Por ello se orientan hacia la arcilla, con los polos positivos hacia dentro.

Aunque la capa externa contiene diferentes elementos, las arcillas tienden a formar la capa externa con un elemento predominante. Lo más común es que este elemento sea el calcio. El elemento predominante confiere a la arcilla un carácter propio en términos de plasticidad y comportamiento

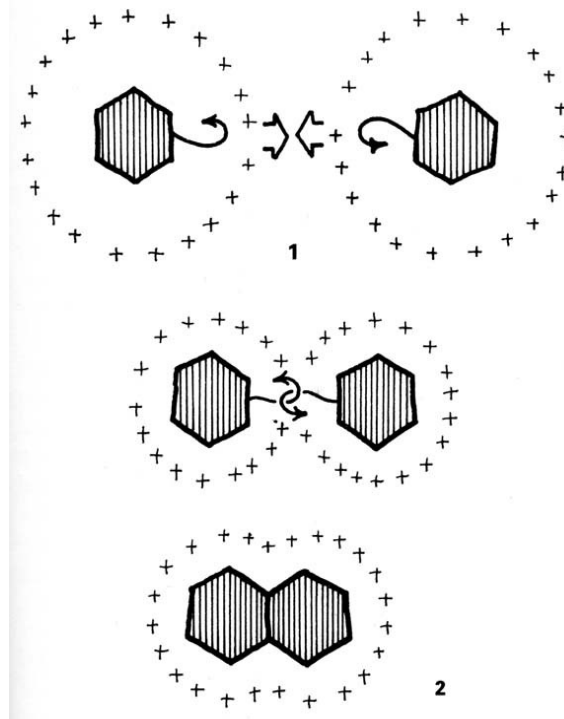
en suspensión. La razón es que los cationes de esos diferentes elementos tienen distintas distancias para sus barreras de repulsión. Esta característica se mide como energía latente para repeler cargas similares (ver *potencial zeta*).

Sin embargo, los cationes que forman las capas pueden ser rápidamente sustituidos por otros de diferentes características. Esto se logra introduciendo los cationes adecuados en la suspensión. El proceso se conoce como intercambio catiónico y ocurre en la defloculación de las barbotinas para colar (ver *fluidez, defloculante y barbotina para colar*).

Potencial zeta

Es una medida de la capacidad de una partícula coloidal para repeler otras partículas similares mediante carga electrostática. El potencial se mide en milivoltios y depende del tamaño de las dos capas que rodean la partícula de arcilla (ver *Teoría de la doble capa*).

La capa externa está compuesta de partículas positivas, y si esta capa está a distancia suficiente de la partícula de arcilla, entonces no llega a haber enlace entre las partículas. Estas se repelen entre sí antes de que las fuerzas de atracción liguen las partículas, como se ve en la figura.



Si la denominada *barrera de repulsión* (stand-off distance) de la capa exterior es pequeña, el potencial zeta será bajo. Las partículas de arcilla serán capaces de unirse mediante sus enlaces sin completar y formarán partículas mayores. En este caso las fuerzas atractivas entre las partículas vencen a las fuerzas repulsivas de la capa exterior (ver *Fuerzas de atracción*).

El potencial zeta es importante al estudiar las barbotinas para colar. La barrera de repulsión aumenta al introducir los cationes adecuados, cuyo equilibrio se logra con una barrera mayor. En tales casos ocurre la sustitución de unos cationes por otros con el resultado de una capa externa más extensa, y la suspensión queda defloculada de modo que las partículas ya no se unen entre sí sino que se deslizan debido a las fuerzas repulsivas. El resultado observable es que la fluidez de la suspensión aumenta visiblemente.

Fuerzas de atracción

Fenómeno por el cual las partículas de arcilla de tamaño coloidal tienden a agregarse. A esto nos referimos en las entradas que tratan sobre la fluidez y la viscosidad como *fuerzas de atracción mutua*. Estas son:

1. La atracción entre cargas negativas y positivas resultado de las valencias insatisfechas de los enlaces rotos en los bordes de la red cristalina. Las partículas coloidales también presentan, a veces, una ligera polaridad que es suficiente para orientar las partículas y aumentar su atracción.
2. Fuerzas de atracción de Van der Waals, que son causadas por el movimiento electrónico de las partículas que forman la red cristalina. Cuando se da cierta coordinación en dichos movimientos, se produce una atracción neta.
3. La fuerza de gravedad, que tiende a unir las partículas que están en contacto o casi en contacto, más que a separarlas.

El resultado conjunto de estas fuerzas es que las partículas coloidales de arcilla en una suspensión tienden a atraerse entre sí. De este modo, se forman los *flóculos* que son el primer estado de agregación. El siguiente estado es la formación de *grumos*, denominados *agregados*, que pueden verse a simple vista. En este estado hay sedimentación por gravedad.

Las fuerzas de atracción son pequeñas y pueden ser superadas por fuerzas repulsivas. Esto sucede cuando todas las partículas poseen una carga positiva adecuada. Entonces se produce una dispersión en lugar de una agrupación. Con los electrolitos adecuados en el agua de la suspensión se logra este efecto.

Tixotropía

Propiedad de las barbotinas de variar su fluidez al reposar; después de un tiempo de reposo las barbotinas se vuelven más viscosas. También es la capacidad de una arcilla mojada para mantener una forma dada.

Todas las suspensiones de arcilla (barbotinas) tienen esta propiedad que es el resultado del establecimiento de enlaces entre las partículas debido a las fuerzas de atracción. La tixotropía comienza a notarse tan pronto como la barbotina entra en reposo. Esto muchas veces pasa desapercibido, pero algunas barbotinas y vidriados contienen arcillas que muestran una pronunciada tixotropía si se dejan unos días en reposo. En un principio, parece que es necesario añadir más agua a la suspensión pero basta con agitarla lo suficiente para que recupere su fluidez original.

Las barbotinas o vidriados en suspensión que presentan gran tixotropía, con frecuencia son consecuencia de ciertas sustancias disueltas en el agua de la suspensión. El óxido y carbonato de magnesio, algunas fritas alcalinas, y la mayoría de las cenizas de madera son responsables de tal fenómeno.

Cantidades excesivas de álcalis en la suspensión, normalmente acaban con la tixotropía. Por ello, al preparar barbotinas para colar suele buscarse un equilibrio entre fluidez y tixotropía. La tixotropía es una propiedad valiosa en las barbotinas para colar ya que permite que la colada recién formada en el molde mantenga la forma mientras permanece con exceso de agua. Una tixotropía excesiva, en cambio, es perjudicial, ya que podría dificultar el vaciado de la barbotina del molde.

Los dos defloculantes más comunes en las barbotinas para colar son el carbonato y el silicato de sodio. Con ambos se logran barbotinas de elevada fluidez, pero el carbonato de sodio tiene poco efecto sobre la tixotropía natural de la arcilla mientras que el silicato la destruye. La tixotropía adecuada para la barbotina, por tanto, se alcanzará con la proporción adecuada entre los dos defloculantes.

Las barbotinas de vidriado floculadas suelen ser tixotrópicas. La floculación de las partículas de arcilla, que provoca un aumento de la viscosidad, también aumenta la tixotropía. Es una propiedad valiosa cuando necesitamos formar una capa de vidriado de mayor grosor sin que este escurra pared abajo. Esta propiedad es especialmente útil sobre bizcochos no porosos. Si nos pasamos con el floculante, la tixotropía del vidriado puede ser excesiva. Este defecto tiene la consecuencia de no formar una capa suave y uniforme aunque el vidriado este recién aplicado y todavía húmedo. Para corregirlo podríamos añadir una ligera cantidad de silicato de sodio.

Fluidez

Propiedad de los líquidos de moverse libremente sin el impedimento de la fricción. La fricción se

ejerce entre partículas o moléculas adyacentes del líquido. El término se emplea en la descripción de barbotinas, por ejemplo, las barbotinas defloculadas para colar en molde de escayola; o para describir los vidriados que se escurren al fundirse en el horno. Lo opuesto de la fluidez es la viscosidad.

Al hablar técnicamente, es práctica común usar el término “fluidez” en barbotinas y otras suspensiones, pero hablar de los vidriados fundidos en términos de “viscosidad”. Por tanto, una barbotina rígida se describirá como de baja fluidez mientras que un vidriado rígido en la fusión se describirá como de gran viscosidad.

La fluidez se mide en función de la viscosidad, es decir, se mide la dificultad al deslizamiento que provocan las partículas entre sí. La unidad de medida para la viscosidad es el “poise”. Los valores de viscosidad permiten calcular la fluidez, cuya unidad es el “rhe”, mediante $rhe = 1/poise$.

Una suspensión relativamente fluida, como una barbotina de vidriado, podría tener una viscosidad de 2 poise, o 0.5 rhe. Una barbotina rígida podría tener una fluidez de 0.002, que es una magnitud muy baja. El agua tiene una fluidez de 100 rhe.

Fluidez de barbotinas y suspensiones de vidriado. Las arcillas plásticas y las sustancias pulverulentas humedecidas que se utilizan para vidriados, tienen viscosidad elevada porque las partículas constituyentes presentan bastante fricción entre sí. Sus viscosidades son alrededor de un millón de veces superior a la del agua. Por ello, cuando añadimos agua, esta constituye un efectivo lubricante que mejora el deslizamiento entre las partículas. La arcilla blanda y fácil de modelar contiene más agua que la arcilla rígida. La arcilla con una cantidad excesiva de agua se vuelve tan blanda que ya no es capaz de resistir la acción de la gravedad. En este estado ya es una barbotina. Del mismo modo una suspensión de vidriado muy aguada será muy fluida y dará una capa muy fina, mientras que otra con poca agua dará capa gruesa y será como una pasta.

Técnicamente se considera que todos esos estados con diferente fluidez pueden medirse en función inversa a la fricción ejercida entre sus partículas constituyentes.

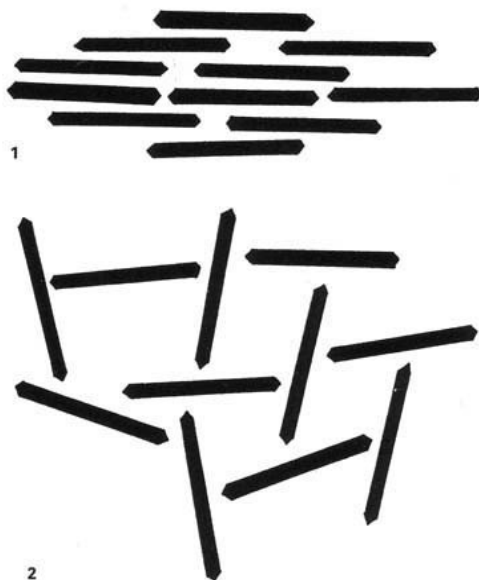
Hay diferentes factores que tienen influencia en la fluidez de una suspensión. Estos son: el tamaño de partícula y, en menor medida, la forma de esta; la respuesta de las partículas a las fuerzas electrostáticas; la densidad; y la fluidez del medio dispersivo. Como este último suele ser agua, despreciaremos las diferencias entre diferentes aguas independientemente de la temperatura. El factor densidad lo aceptamos directamente. Las suspensiones de alta densidad, es decir, las suspensiones pesadas, son menos fluidas que las suspensiones de baja densidad. El tamaño de partícula y las fuerzas electrostáticas requieren una consideración mayor.

Tamaño de partícula. Considerando primero el tamaño de partícula, uno se da cuenta de que si la fricción es proporcional a la superficie de las partículas, las partículas más finas presentan mayor fricción global. Si un terrón de materia se rompe en dos partes, estas presentan dos superficies nuevas, además de las que ya existían, mientras que el peso y volumen total no cambian. El área superficial se ha incrementado, aproximadamente, un 25%. Este incremento del área superficial sigue aumentando si las partículas se rompen progresivamente hasta convertirse en polvo. El área llega a ser de proporciones asombrosas. Una cucharadita de polvo ultrafino podría tener un área superficial doble que el área de todas las páginas de este libro.

Una suspensión de material fino requiere mayor cantidad de agua que otra suspensión equivalente de material más grueso. Esta diferencia es mensurable con distintos minerales que han sido triturados a diferentes tamaños de partícula. También puede ser apreciable con minerales supuestamente iguales de proveedores diferentes. Es especialmente notorio cuando dos arcillas están implicadas.

Una barbotina hecha con arcilla de bola necesita una cantidad de agua casi doble que otra barbotina de caolín con la misma fluidez. Las partículas de arcilla de bola, en promedio, tienen un área que es la quinta parte del área de las partículas de caolín y, por tanto, presentan un mayor área superficial total.

Fuerzas electrostáticas. Al considerar las fuerzas electrostáticas, nos encontramos con otro fenómeno que tiene gran influencia sobre la fluidez. Para comprender el fenómeno hay que considerar la manera como se apilan las partículas de arcilla y relacionarlo con la fricción entre partículas. Las partículas o cristales de arcilla son como platos hexagonales planos. Si estos platos reposan cara contra cara, o uno sobre otro, es posible colocar muchos más en un volumen determinado de agua que si reposan formando ángulos unos respecto a otros. Estas dos situaciones pueden imaginarse como una baraja de cartas recogida o una baraja de cartas formando casitas. Ver la siguiente figura:



Las partículas pequeñas tienden a atraerse entre si para formar partículas mayores. Este efecto se superpone al movimiento propio de la suspensión. Si logramos que las partículas de arcilla se repelan entre si en lugar de atraerse, entonces lograremos una suspensión más fluida.

Combinando el efecto de fricción baja (repulsión) con el de las *cartas recogidas* es posible crear una barbotina con alto contenido de arcilla y, al mismo tiempo, de alta fluidez. Tal barbotina es necesaria para el proceso de colado en moldes de escayola y se logra alterando las fuerzas electrostáticas. El proceso se conoce como *defloculación*.

Al dar fuertes cargas electrostáticas a las partículas, estas se repelen entre si y solapan las fuerzas mutuas de atracción. Estas cargas están concentradas en los bordes de las partículas planas de arcilla y la zona de repulsión es, en realidad, pequeña. Sin embargo, el efecto de las cargas crea una zona en forma de ocho donde las partículas se repelen entre si, como se muestra en la figura siguiente.



Las zonas de repulsión provocan que las partículas no entren en contacto y, por tanto, no haya fricción que disminuya la fluidez. Incluso con alta concentración de partículas –lo que hay en una barbotina que tiene una proporción elevada de arcilla respecto al agua-- las partículas se repelen

entre si. En esta situación se colocan en la posición más equilibrada, que es la de *cartas recogidas*. Una barbotina en este estado se dice que está defloculada.

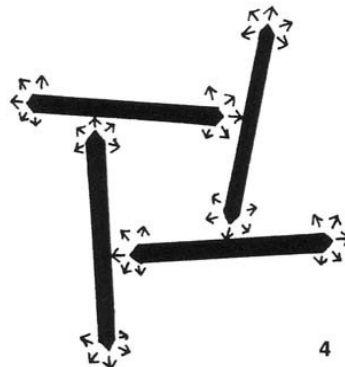
Lo opuesto a la situación que acabamos de describir es una combinación de alta fricción (atracción y rozamiento físico) y estructura de casas. Esto forma una barbotina viscosa con porosidad abierta. Tal barbotina está floclulada.

Esta situación se precisa cuando es necesario secar la barbotina para obtener una arcilla plástica. La permeabilidad que aportan los poros permite que el agua salga por absorción sobre una superficie porosa o presionando sobre un filtro. También, una suspensión de vidriado floclulada que contenga arcilla se secará más rápido que otra sin floclular. Lograremos una capa de vidriado más gruesa sobre bizcochos de baja porosidad y, además, las sustancias pesadas como como cuarzo y bisilicato de plomo se mantendrán mejor en suspensión, en vez de decantar rápidamente. La bentonita, que es una arcilla coloidal, se usa mucho con este fin, para lo que se floclula con cloruro de calcio.

A tamaño coloidal, la fricción entre las partículas es sobre todo por atracción electrostática entre cargas opuestas. Sin embargo, también se dan fenómenos de fuerzas de Van der Waals entre cargas iguales, atracción gravitacional y otros.

Pero para lograr una barbotina de baja fluidez, hay que reducir la fuerza de las cargas que producen repulsión entre las partículas. Las fuerzas de fricción mencionadas arriba pueden provocar atracción entre partículas vecinas.

Cuando la fuerza de la carga electrostática se reduce observamos que las caras planas de las partículas de arcilla tienen una carga neutra o ligeramente negativa, mientras que los bordes tienen carga positiva. Por lo tanto, hay atracción entre las caras y los bordes, como se ilustra en la siguiente figura. Con esta carga escasa en los bordes el efecto de repulsión es insuficiente para provocar el efecto de la figura 3.



La decisión de que haya una carga grande o pequeña es influida por la presencia de electrolitos. Estos son materiales solubles, típicamente sustancias alcalinas y ácidas aunque, para evitar confusión, las describiremos mejor como defloculantes y floclulantes. No todos los álcalis y ácidos dan un resultado satisfactorio y permanente. Los mejores defloculantes son el silicato sódico y el carbonato sódico utilizándolos combinados. Los mejores floclulantes son el cloruro de calcio, ácido hidrocloreídrico, vinagre, sulfato de calcio y sulfato de magnesio. Los detalles sobre el intercambio cationico que se produce y cómo se alteran las cargas, se describen en las entradas sobre floclulación y defloculación.

Las barbotinas con alto contenido coloidal, por ejemplo arcillas de bola, reaccionan drásticamente con los electrolitos. Si se defloculan completamente, serán muy fluidas y parecerán como resbaladizas. No sedimentarán e impedirán el secado superficial de la arcilla pues, ya esté en contacto con un sólido absorbente o con aire, porque se forma una capa compacta e impermeable a través de la cual el agua no puede escapar.

Si la misma barbotina se floclula, las partículas se atraen entre si formando flóculos, los cuales se agregan alcanzando un peso suficiente para sedimentar por gravedad. Una barbotina totalmente defloculada será tan viscosa que no fluirá. Parecerá una arcilla pero sin fuerza, como una gelatina. Será muy permeable, de secado rápido y suave y fácilmente desmenuzable en seco. Es importante

darse cuenta de que los procesos aquí descritos se llevan a cabo sin variar la densidad de la suspensión, es decir la cantidad de agua y arcilla permanecen invariables.

Utilizando algunas arcillas coloidales junto a electrolitos es posible ajustar la fluidez de barbotinas y suspensiones de vidriado manteniendo el control de la densidad.

Fluidez de los vidriados fundidos. Es habitual hablar de los vidriados fundidos en términos de viscosidad. Por ello, pueden encontrarse más detalles en la entrada sobre viscosidad. Sin embargo, para tratar de comprender la fenomenología es útil colocarse en el otro punto de vista, por lo que aquí consideraremos su fluidez.

Todos los óxidos de carácter fundente en el vidriado también aumentarán la fluidez del vidriado fundido. Sin embargo, algunos fundentes provocan mayor fluidez que otros. Por ejemplo, el óxido de potasio produce vidriados muy fluidos que se escurren hacia abajo por el cacharro, a diferencia de los que ocurre con el óxido de magnesio, a pasar de que este último es más activo por encima de 1250°C.

Es posible dar una clasificación de los óxidos fundentes según su influencia sobre la fluidez. Esta ordenación se basa en un equilibrio ideal entre las moléculas del óxido en cuestión y la sílice (como formador de vidrio que es). A 1250°C el óxido que produce la fusión más fluida es el de potasio, seguido por los de litio, boro y sodio. El óxido de sodio se volatiliza a esta temperatura, por lo que es difícil dilucidar su comportamiento en función del número de moléculas involucradas en el proceso. La lista continúa con los óxidos de bario, calcio, zinc, estroncio, magnesio y plomo. De nuevo, no es fácil evaluar el efecto del plomo porque su acción a esta temperatura no es constante. Una tabla completa de los óxidos y su efecto sobre la fluidez a diferentes temperaturas puede consultarse en la entrada sobre viscosidad.

Barbotina para colar (casting slip)

Una suspensión de arcilla y agua utilizada en el proceso de colado en molde de escayola. La suspensión se vierte en un molde de escayola poroso y vuelve a verterse fuera del molde cuando se ha formado una pared de grosor adecuado sobre la superficie del molde. La pieza hueca resultante se seca, repasan las rebabas, se bizcocha, etc.

Hay cinco requisitos para una barbotina de colada:

1. Debe contener todos los ingredientes necesarios para formar un buen cuerpo cerámico tras la cocción.
2. Debe ser lo suficientemente fluida para que al verterse en el molde rellene todos los espacios huecos de este.
3. Debe ser capaz de reproducir con precisión la figura del molde.
4. Debe ser suficientemente permeable para que según se va formando la pared sobre la superficie del molde, el agua pase por dicha pared hacia el molde para que se forme una pieza con el grosor suficiente.
5. Una pieza recién hecha, aunque húmeda, debe ser capaz de mantener la forma hasta que se seque, como lo haría cualquier arcilla.

Estos requisitos se logran de la manera siguiente:

1. La barbotina debe contener unos cuantos minerales. Al menos deben utilizarse dos arcillas para lograr una pasta equilibrada. Debería haber algún feldespato que actúe como fundente viscoso; el cuarzo es recomendable porque aporta blancura y dureza; la arena o chamota puede aportar textura y resistencia; y la cristobalita mejora la adherencia del vidriado. Es necesario seguir una secuencia precisa en la preparación de la barbotina para lograr un buen resultado. Más adelante se describe un ejemplo de ello.
2. La fluidez puede alcanzarse mediante una cantidad suficiente de agua pero tal cantidad de agua va a empapar demasiado el molde. La práctica habitual es añadir defloculantes que

permiten barbotinas fluidas manteniendo una densidad suficiente. Ver fluidez y defloculación. Un litro de barbotina defloculada debería pesar entre 1·7 y 1·9 Kg y mantener la fluidez. Una barbotina igualmente fluida pero preparada sin la ayuda de defloculantes no alcanzará dicho peso, sino, a lo sumo, unos 1·45 Kg por litro.

3. Es inútil tener una barbotina fluida si esta se compone de partículas demasiado gruesas. La mayoría de la barbotina debería pasar por un tamiz de malla 120. Puede tolerarse cierta fracción de material grueso como la chamota, pero que pase por un tamiz de malla 60. Un exceso de material grueso decantaría durante el proceso de colada resultando una composición poco uniforme.
4. La mayoría de las arcillas naturales son permeables. Sin embargo, al deflocularlas, estas mismas arcillas se vuelvan impermeables. Ver *floculación*. Se debe lograr un equilibrio entre la arcilla natural y la defloculada para que tenga una permeabilidad adecuada. La permeabilidad de la barbotina también mejora gracias a las sustancias no arcillosas de la receta. Un cuerpo permeable también seca más deprisa, lo cual es una ventaja apreciable en caso de que la producción sea elevada.
5. Una suspensión se vuelve rígida cuando reposa un rato. Este fenómeno es característico de las suspensiones de arcillas y algunas otras suspensiones. Ver *tixotropía*. La propiedad la destruyen algunos defloculantes pero no todos. Es habitual conseguir un equilibrio utilizando dos defloculantes.

Preparación de la barbotina. Veremos que una barbotina para colar es un compromiso entre varios factores. Aunque partamos de una aproximación científica, la práctica en el taller consistirá a la fuerza en una serie de pruebas y errores, se ensaya y se ajusta el resultado. Para encontrar la barbotina ideal para la propia producción, primero debemos decidir el tipo de producción que queremos y establecer la receta para el cuerpo cerámico. Un litro de barbotina con la consistencia de una crema espesa, con proporción conocida de materia seca y agua, podría valer como punto de partida. Es conveniente omitir en esta fase el uso de material grueso como la chamota.

La barbotina se deflocula progresivamente mediante una mezcla de defloculante compuesta por:

silicato sódico	30 ml
carbonato sódico	30g
agua caliente	60ml

La cantidad de esta mezcla, que se va añadiendo en cada paso de la prueba, debe ser medida con precisión. Con cada adición de defloculante la barbotina debe agitarse a fondo. Después se vierte en una copa Ford y se mide el tiempo de caída.

Los resultados de esta prueba nos muestran el tiempo que tarda en vaciarse la barbotina de la copa Ford para las distintas cantidades añadidas de defloculante.

No será necesario elaborar un gráfico a no ser que se haya obtenido un gran número de pruebas. En este caso, el gráfico nos ayudará a encontrar la proporción adecuada de defloculante con precisión. Un exceso de defloculante provocará que el efecto de este se invierta. Ver *defloculante*. Habría que remarcar que no debe buscarse una defloculación completa porque entonces se destruye la permeabilidad y la barbotina no resulta adecuada para el molde. De nuevo, un gráfico ayuda a encontrar el punto adecuado y su proporción de defloculante.

Una vez que se ha encontrado una barbotina con buenas propiedades se escribe una receta manteniendo las proporciones encontradas entre las diferentes materias primas, incluyendo el defloculante.

A continuación se describe un ejemplo de preparación de una barbotina para molde. Se trata de un cuerpo de color claro para bizcochar a 1000°C y cocer a maduración a 1200°C. La receta es la siguiente:

caolín	10 Kg
--------	-------

arcilla de bola	20 Kg
feldespato potásico	12·5 Kg
cuarzo	5 Kg
caliza	2·5 Kg
chamota malla 60	20 Kg
colorante	60 g
silicato de sodio	60 ml
carbonato de sodio	60 g
agua	+20 l

Aproximadamente la mitad del agua se vierte en un recipiente de mezclado y se añade un cuarto de la arcilla. Esto se mezcla durante varios minutos mientras se disuelve el defloculante en agua caliente. Un cuarto del defloculante se añade a la mezcla y se remueve durante cinco minutos. Se añade el agua restante junto al colorante, que se ha mezclado con agua caliente y pasado por un tamiz de 120 a 200 mallas. Se añaden el resto de la arcilla y el defloculante removiendo la mezcla durante media hora continuamente. La barbotina resultante debería ser muy fluida.

Se añaden el feldespato, el cuarzo y la caliza y continuamos removiendo otra media hora. A continuación se pasa la barbotina por un tamiz de 120 mallas. Queda por añadir la chamota. Esta debería haberse preparado con la granulometría adecuada. Se añade a la mezcla y se remueve bien todo. En este paso, quizás sea preciso ajustar la fluidez añadiendo algo de agua. La cantidad necesaria podría llegar hasta un litro. El tipo de ball clay utilizado y la chamota influyen en el proceso.

En los procesos industriales es normal trabajar con una densidad controlada. En los pequeños talleres cerámicos es más seguro pasarse un poco con la fluidez a costa de esperar un poco más de tiempo a que se forme la pared. El ejemplo anterior de barbotina debe tener un peso aproximado de 170g cada 100 ml. Ver *peso de barbotina (slop weight)*.

Podría ser necesario hacer ajustes ulteriores de densidad y defloculación, pero es difícil modificar barbotinas preparadas excepto añadiendo agua. El uso de barbotinas, sus problemas y soluciones se tratan en la entrada *slip casting*.

Ajuste de la barbotina para colar en molde. Cierta número de defectos pueden surgir en la preparación de piezas por colada en molde de escayola que requieren diagnóstico y medidas correctoras. Junto a esta valoración podrían leerse las entradas sobre *defloculación*, *tixotropía* y *fluidez*. Las cantidades de los ajustes suelen ser pequeñas. Los defectos y sus correspondientes ajustes se enumeran a continuación:

1. *La superficie interna de la pieza no es uniforme y presenta formaciones y desniveles*
La tixotropía de la barbotina es insuficiente. Debería reducirse el silicato de sodio y, si es necesario, aumentar el carbonato de sodio. Mover un poco la barbotina en el molde antes del vaciado también podría ayudar.
2. *Piezas torcidas*
Se ha desmoldeado la pieza demasiado pronto.
3. *Piezas deformadas*
Se ha desmoldeado demasiado tarde.
La pieza se ha liberado de una zona del molde pero ha permanecido adherida a otra, quizás debido a la posición en que se coloca el molde.
El secado no ha sido uniforme.
4. *La pieza es blanda y se deforma al manipularla*
El tiempo en el molde ha sido excesivo debido a que el molde estaba húmedo o a que la barbotina contenía demasiada agua e insuficiente silicato de sodio.
También, si la barbotina se ha floculado al máximo, se produce una capa impermeable que prolonga el tiempo de formación de pared y produce piezas blandas. En este caso hay que

rebajar ambos defloculantes.

5. *Agujeros de alfiler en la superficie de la pieza de la cara en contacto con el molde*
La barbotina tiene una fluidez insuficiente y/o contiene burbujas de aire. El agua y/o los defloculantes deben aumentarse.
La barbotina no cae al molde con suficiente fuerza para “mojar” las paredes del mismo. Habría que revolverla con fuerza.
6. *Marcas horizontales en la pieza*
La barbotina se vierte en el molde muy despacio o con pausas. Hay que llenar el molde deprisa.
7. *La pieza es frágil en dureza de cuero y durante las diferentes etapas del secado*
La tixotropía es demasiado baja de manera que la pieza no llega a compactar adecuadamente
La fuerza del secado es tan grande que provoca fragilidad en la pieza. En ambos casos debería disminuirse el silicato de sodio.
8. *Brillos o manchas que provocan decoloración en la pieza acabada*
La decoloración se debe a un área de diferente composición que se produce cuando la barbotina entra en contacto con la pared del molde. En ese momento, si el molde es muy poroso, una fina capa de barbotina se separa en arcilla y materia no arcillosa. La presión de la barbotina al golpear la pared puede reducirse vertiendo la barbotina de alguna forma más indirecta.