

Propiedades de las arcillas: plasticidad.

¿Qué es la plasticidad?

La **plasticidad** es la capacidad de un material para ser deformado sin ruptura durante la aplicación de una fuerza externa, y conservar la deformación tras el cese de la fuerza deformadora.

A primera vista puede parecer que la plasticidad sea una propiedad interesante únicamente en el moldeo de pastas en barro, es decir en estado plástico (extrusión, calibrado, prensado en húmedo, moldeo en torno de alfarero, moldeo a mano, etc.). Sin embargo, también es una propiedad importante en otros tipos de conformados, como el colado o el prensado en semiseco, ya que influye en propiedades importantes, como la resistencia mecánica que tendrán los productos conformados y secos. En el colado, además, influye de una manera decisiva en la velocidad a la que se forma la pared de las piezas en el molde.

El **comportamiento plástico de una arcilla** puede resumirse del siguiente modo: supón que dispones de una cierta cantidad de arcilla en polvo y que vas añadiéndole agua, y amasando, poco a poco. Llega un momento en el que la cantidad de agua que has añadido **permite el moldeo** de la mezcla, es decir, que al aplicar una fuerza a la mezcla arcilla-agua aparece una **deformación que permanece incluso después de ceder la fuerza que la produjo**. Se dice entonces que la arcilla es moldeable a partir de esa humedad, que se conoce con el nombre de “agua de moldeo”. Sin embargo si continuas añadiendo agua a la mezcla, llega un momento en el que el moldeo se hace cada vez más difícil, porque la mezcla se vuelve cada vez más pegajosa, hasta que se llega a un contenido de agua en la que el moldeo es ya imposible.



Figura 1. Amasado de arcilla en estado plástico. Fotografía Ana Monferrer.

Por supuesto, no todas las arcillas se comportan igual, unas necesitan muy poca agua para ser moldeables y mantienen su capacidad de moldeo en un rango elevado de humedades. Son arcillas muy plásticas, porque el rango de humedades en el que son moldeables es muy amplio. Otras, en cambio, no permiten su moldeo más que en un estrecho margen de contenido de agua, y decimos de ellas que son poco plásticas.

Así pues, el comportamiento plástico no se presenta en cualquier estado de la arcilla, ya que para que esta pueda considerarse moldeable su contenido en agua debe estar comprendido entre ciertos valores, de manera que no sea excesivamente rígida (arcilla seca), o que no se comporte como un líquido viscoso (barbotina). Estos puntos reciben el nombre de **límites de Atterberg** y permiten establecer un índice relacionado con la plasticidad de las arcillas y pastas (figura 2).

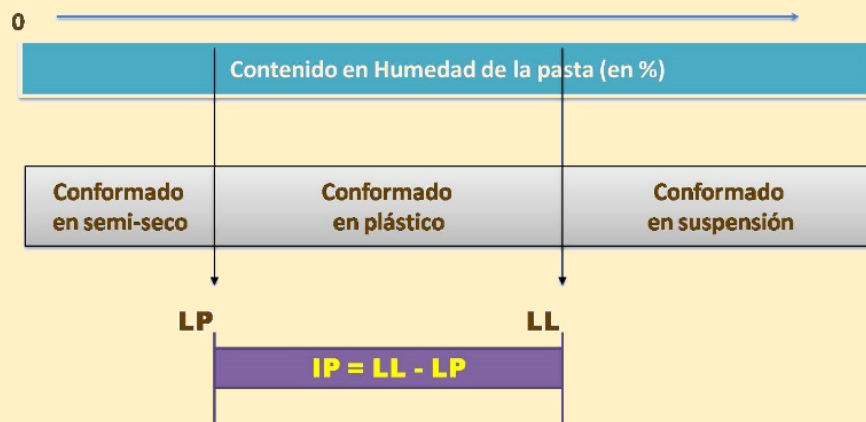


Figura 2. Límites de Atterberg.

- El **límite plástico (LP)** es la mínima cantidad de agua que permite el moldeo de una arcilla o de una pasta. Por debajo de esta cantidad consideramos que el material está en estado semiseco.
- El **límite líquido (LL)** es la máxima cantidad de agua que permite el moldeo de una arcilla o de una pasta. Por encima de este valor consideramos que el material es una barbotina viscosa.

Una evaluación de la plasticidad del material nos la puede dar la **diferencia entre estos dos contenidos de humedad o rango de humedades entre las cuales la arcilla o la pasta es moldeable**. Este rango se denomina "Índice de plasticidad" (IP).

- El "**índice de plasticidad**" (IP) se define como la diferencia entre el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP). Da una medida del comportamiento plástico de un material.

$$IP = LL - LP$$

¿De qué depende la plasticidad de una arcilla?

La plasticidad solo se manifiesta en las mezclas arcilla-agua, es decir en las masas plásticas. Las masas plásticas, al igual que las suspensiones, son mezclas de un sólido y un líquido, por lo que **los factores que afectan a la plasticidad**, son los que afectan al comportamiento reológico (comportamiento frente a fuerzas deformantes) de las suspensiones, esto es:

1. **Composición mineralógica de la arcilla** (tipo de mineral arcilloso, proporción y tipo de desgrasantes, etc.). La plasticidad de una arcilla depende de la proporción en la que se encuentran los minerales arcillosos y de la naturaleza de los mismos. La composición mineralógica afecta mucho la plasticidad de la arcilla. Así por ejemplo las arcillas montmorilloníticas son mucho más plásticas que las illíticas y estas a su vez lo son más que las caolíníticas. Existen, sin embargo, muchas excepciones ya que el tamaño de partícula y el grado de cristalinidad ejercen una marcada influencia.

La plasticidad de las arcillas depende también de la proporción, tipo y distribución granulométrica de los materiales desgrasantes, que rebajan la plasticidad, o de la cantidad de materia orgánica coloidal que contenga la arcilla, que la aumenta.

2. **Tamaño y forma de las partículas.** La presencia de una fracción de partículas de tamaño medio inferior a 1 μm (tamaño coloidal) aumenta la plasticidad, de forma que esta propiedad depende en gran medida de la naturaleza de esta fracción, de gran importancia y frecuentemente diferente del resto de la arcilla. Sin embargo, no solo la finura de las partículas es responsable de la plasticidad, ya que otros materiales como el cuarzo o la alúmina apenas desarrollan esta propiedad, aunque se moliden muy finamente.

Al igual que el tamaño, la **forma** de las partículas es también importante. Los materiales arcillosos están constituidos por partículas laminares muy finas que les proporcionan una **superficie específica elevada**. La **forma laminar** proporciona una superficie específica mucho mayor que otras formas frecuentes en las partículas como la esférica (o con cierto grado de esfericidad) o las cúbicas, aunque la forma de por sí no es suficiente para explicar la plasticidad, ya que existen minerales constituidos por partículas laminares, como la mica, con una plasticidad mucho menor que las arcillas. Puede establecerse una correlación bastante satisfactoria entre el índice de plasticidad y la superficie específica de forma que cuando ésta aumenta, la plasticidad aumenta de forma lineal.

3. **Estado de desfloculación** de las partículas. Un sistema plástico está constituido por partículas y agua, por lo que la **interacción entre las partículas** ejercerá una importancia determinante en el flujo plástico. Así pues, según predominen fuerzas de atracción o de repulsión entre las partículas, esto es, según el sistema esté floculado o desfloculado, se tendrán diferentes tipos de comportamiento plástico.

En general los floculantes (Ca^{2+} , H^+ , etc.) aumentan la plasticidad, y los desfloculantes, sino están en exceso, la disminuyen. Esto se debe a que en las masas plásticas floculadas, es decir con predominio de las fuerzas de atracción entre las partículas, estas tienden a aglomerarse formando una estructura porosa del tipo "castillo de naipes" que retiene una abundante cantidad de agua y que necesita la adición de una importante cantidad de agua para fluir; en cambio en las masas

desfloculadas, en las que predominan las fuerzas de repulsión, las partículas no se aglomeran de forma que la cantidad de agua retenida entre las partículas es mucho menor y en consecuencia requieren de poca agua para que la masa fluya.

¿Cómo afecta la plasticidad al comportamiento de las arcillas en los procesos cerámicos?

Es frecuente relacionar la plasticidad de los materiales arcillosos con su comportamiento en el proceso de fabricación de productos cerámicos antes de la cocción, ya que las propiedades de las arcillas que determinan su comportamiento plástico también determinan las propiedades que controlan dichas etapas (resistencia mecánica, permeabilidad, compacidad, etc.). Esto hace que la plasticidad sea un parámetro habitual a tener en cuenta en la formulación de composiciones cerámicas.

A primera vista puede parecer que la plasticidad es una propiedad interesante únicamente en el moldeo en estado plástico. Sin embargo se trata de una propiedad importante en otros tipos de moldeo, como el colado o el prensado en semiseco.

Como norma general puede decirse que la **plasticidad óptima** es la mínima necesaria para que el proceso de moldeo se realice adecuadamente, y para que no existan problemas posteriores de deformaciones del producto en verde con facilidad.

En la tabla 1 puedes ver, de manera resumida, la influencia de la plasticidad en el conformado en estado semiseco (prensado); plástico (extrusión) y suspensión (colado).

Tabla 1. Influencia de la plasticidad en las operaciones del proceso cerámico.

Extrusión	<p>Las pastas con baja plasticidad dan bajas compactaciones en verde, por lo que pueden producirse deformaciones del producto en verde con facilidad e intervalos de humedades de trabajo estrechos.</p> <p>Las pastas con alta plasticidad dan dificultad en el secado, debido a la mayor tendencia a la retención de agua y a una escasa permeabilidad y aumento de la tendencia a la formación de grietas.</p>
Colado	<p>Las pastas con alta plasticidad dan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dificultad en el secado, debido a la mayor tendencia a la retención de agua y a una escasa permeabilidad. • Aumento de la resistencia mecánica en verde. • Aumento de la tendencia a la formación de grietas. • Disminución de la velocidad de formación de pared. • Dificultad para la desfloculación. • Aumento de la tixotropía y del punto de fluencia ("yield point") de la pasta.
Prensado	<p>La plasticidad de la pasta a la humedad a la que se realice la operación de prensado influye en la fuerza de extracción, la resistencia mecánica en verde y en seco, la permeabilidad, la facilidad para el secado, la humedad de equilibrio</p>