



## ARTÍCULO ORIGINAL

# Medición comparativa de la viscosidad y trabajabilidad del mortero utilizando el método del embudo – Cajamarca 2023

Comparative measurement of the viscosity and workability of the mortar using the funnel method – Cajamarca 2023

• Danny Vasquez <sup>1</sup><sup>1</sup> Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú.Correo electrónico: [N00277283@upn.pe](mailto:N00277283@upn.pe)ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2153-2786>

Recibido: 24 junio del 2023 / Revisado: 30 agosto del 2023 / Aprobado: 09 octubre del 2023 / Publicado: 22 de enero del 2024

## RESUMEN

En este estudio se utiliza el método del embudo para medir la viscosidad del mortero y se comentan los resultados obtenidos. Resultó que la viscosidad del mortero está relacionada con la resistencia y durabilidad del material; La viscosidad es una propiedad muy importante en el ámbito de la construcción ya que esta influye en su trabajabilidad y la resistencia, si bien no existen muchos métodos para medir a este fluido no Newtoniano. Sin embargo, es importante tener en cuenta las limitaciones del método del embudo y considerar otros factores como la relación agua-cemento y la calidad de los agregados. Se realizó la medición de la viscosidad se midió utilizando un embudo en Cajamarca, se utilizó mortero con relación 1/3 y 1/4, para luego determinar quién tiene mayor viscosidad y trabajabilidad, para lo cual hemos tomado como referencia a la norma chilena 2257/4. Los resultados ayudan a comprender el efecto de la viscosidad en los materiales de construcción y pueden ayudar en la investigación de nuevos materiales y tecnologías para mejorar la calidad y durabilidad de las estructuras. La investigación realizada es de tipo experimental y los resultados obtenidos nos indican que en la relación 1/4 cuenta con una mayor consistencia y viscosidad que la de relación 1/3, esto influye en la trabajabilidad teniendo en cuenta que a mayor cantidad de agua se obtendrá una menor resistencia.

**Palabras clave:** Viscosidad; Mortero; Resistencia; Relación agua-cemento; embudo.

## ABSTRACT

In this study the funnel method is used to measure the viscosity of the mortar and the results obtained are discussed. It turned out that the viscosity of the mortar is related to the resistance and durability of the material; Viscosity is a very important property in the field of construction since it influences its workability and resistance, although there are not many methods to measure this non-Newtonian fluid. However, it is important to keep in mind the limitations of the funnel method and to consider other factors such as the water-cement ratio and the quality of the aggregates. Viscosity was measured using a funnel in Cajamarca, mortar with a ratio of 1/3 and 1/4 was used, to then determine who has the highest viscosity and workability, for which we have taken the Chilean standard 2257 as a reference. /4. The results help to understand the effect of viscosity in construction materials and can help in the investigation of new materials and technologies to improve the quality and durability of structures. The investigation carried out is of an experimental type and the results obtained indicate that in the 1/4 ratio it has a greater consistency and viscosity than the 1/3 ratio, this influences the workability taking into account that the greater the amount of water you will get less resistance.

**Keywords:** Viscosity; mortar; resistance; water-cement ratio; funnel

## 1. INTRODUCCIÓN

La viscosidad es una propiedad fundamental de los materiales empleados en la construcción. Según Moreno Bazán (2018), Smith y Johnson (2015) y Bustos García (2018) en sus tesis, han demostrado que la viscosidad de estos materiales tiene una influencia significativa en sus

propiedades mecánicas y su comportamiento. El análisis de la viscosidad y su aplicación en la industria de la construcción es de gran interés en la investigación de nuevos materiales y técnicas innovadoras para mejorar la calidad y durabilidad de las estructuras.

La viscosidad del mortero es una medida de lo fácil o difícil que es mover el material. En general, se asume que una mayor viscosidad está asociada con una mayor resistencia a la compresión. Sin embargo, la relación exacta entre la viscosidad y la resistencia puede depender de muchos factores, como la cantidad de agua en la mezcla, la calidad de los materiales y la relación a/c (agua/cemento).

Para medir la viscosidad del mortero, se puede utilizar un viscosímetro, que mide la fuerza necesaria para hacer que el mortero fluya a través de un tubo. El tipo específico de viscosímetro a utilizar puede depender de la viscosidad del mortero, así como de otros factores.

La viscosidad del mortero se puede medir a través del ensayo de flujo en V, que consiste en medir el tiempo que tarda el mortero en fluir a través de un cono con un cierto diámetro y ángulo. Este ensayo permite conocer la consistencia del mortero, es decir, su capacidad para fluir y retener su forma sin colapsarse. La resistencia del mortero está relacionada con su viscosidad, ya que un mortero más viscoso tendrá una mayor resistencia a la deformación y a la falla bajo carga. Esto se debe a que la alta viscosidad impide el movimiento de las partículas de agregado, lo que aumenta su cohesión y resistencia. Sin embargo, un exceso de viscosidad en el mortero puede tener un impacto negativo en su trabajabilidad.

Para comprender mejor la relación entre la viscosidad del mortero y su resistencia, es importante considerar la relación agua/cemento utilizado en la mezcla. Una relación agua/cemento mayor puede aumentar la viscosidad del mortero, lo que a su vez puede

conducir a una mayor resistencia. Sin embargo, es fundamental encontrar el equilibrio adecuado, ya que un exceso de agua puede debilitar la resistencia del mortero. Además, otros factores, como la cantidad y calidad de los agregados utilizados, también pueden influir.

La viscosidad en el mortero ha sido ampliamente estudiada. Una de las principales aplicaciones de la viscosidad en estos materiales es su efecto en la trabajabilidad, lo que puede repercutir significativamente en las propiedades mecánicas de las estructuras [1].

La viscosidad del mortero se ve afectada por varios factores, como la cantidad de agua, el tipo de cemento y la cantidad y tipo de agregados. Estos factores influyen en la trabajabilidad del mortero. Una viscosidad adecuada es necesaria para garantizar una buena trabajabilidad y, por lo tanto, una buena calidad. Además, la viscosidad también influye en la resistencia y durabilidad; una viscosidad demasiado baja puede provocar una segregación de los materiales y una reducción en la resistencia de la mezcla, mientras que una viscosidad demasiado alta puede dificultar la manipulación.

A medida que la construcción se convierte en una industria cada vez más exigente, es de gran importancia continuar investigando la influencia de la viscosidad en estas mezclas. A través de este estudio, se podrá entender mejor las propiedades de estos elementos y su implicancia en la construcción. La viscosidad se medirá mediante métodos encontrados en la investigación y aplicados en el laboratorio; se analizarán los datos obtenidos para determinar cuál es la viscosidad adecuada del mortero y qué sucede en cada ensayo

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

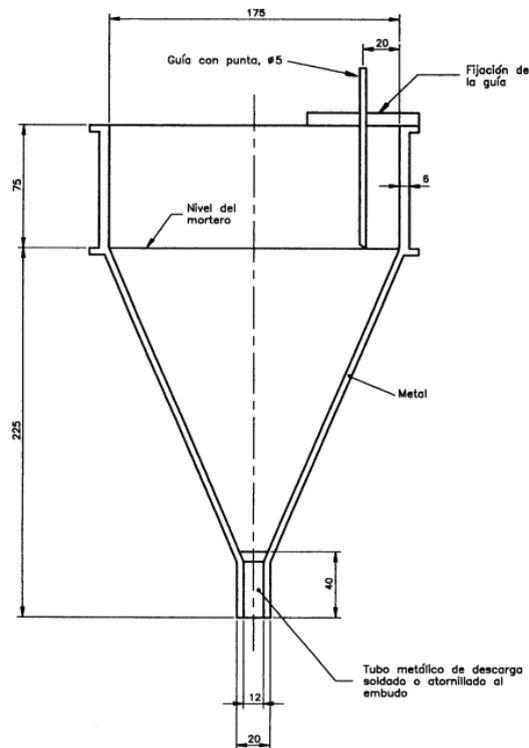
Uno de los métodos utilizados habitualmente para medir la viscosidad del mortero es el método del embudo, sin embargo, también existe un método casero que consta de verter un líquido en una fuente antes habiendo trazado un círculo con radio conocido para posteriormente medir cuanto se expande el fluido en estudio, y analizar los datos, pero para el mortero esto no funciona.

El método del embudo es un enfoque sencillo y ampliamente utilizado para determinar la

viscosidad del mortero. Consiste en medir el tiempo que tarda el mortero en fluir a través de un embudo estándar. El mortero se vierte en el embudo y el tiempo que tarda en pasar completamente a través del orificio se registra como el tiempo de flujo. Este método se basa en la observación de que la viscosidad del mortero está inversamente relacionada con la velocidad de flujo.

**Figura 1**

*Embudo cónico para medir la consistencia de los morteros fluidos.*



Nota: Norma Chilena 2257/4

Si bien este embudo es un uno estándar proporcionado por la Norma Chilena 2257/4, para el ensayo utilizamos uno de plástico.

**Figura 2**

*Embudo marca Rey.*



**Tabla 1**

Especificaciones del embudo utilizado

Largo	11.6 cm
Ancho	10.4 cm
Alto	12.4 cm
Diámetro	13 cm

A continuación, se realizará el procedimiento:

- Preparar el mortero: Mezclar el mortero según las instrucciones del fabricante y dejar reposar durante unos minutos para que se hidrate adecuadamente.
- Preparar el embudo: Colocar un embudo de tamaño estándar sobre una superficie plana y nivelada.
- Medir el tiempo de flujo: Verter una cantidad determinada de mortero en el embudo y

medir el tiempo que tarda en fluir a través del embudo. El tiempo de flujo se puede medir con un cronómetro o un reloj.

- Volumen de muestra: Registra el volumen de muestra utilizado en mililitros (ml).
- Masa de mortero: Registra la masa del mortero utilizado en gramos (g).
- Flujo: Mide el tiempo que tarda el mortero en pasar por el embudo y calcula el flujo

dividiendo el volumen de muestra entre el tiempo en segundos (ml/s).

- Fórmula: Flujo (ml/s) = Volumen de muestra (ml) / Tiempo (s).
- Viscosidad: Calcula la viscosidad utilizando la fórmula proporcionada en la Norma Chilena 2257/4.

• Fórmula: Viscosidad (cP) = (Flujo (ml/s) × 2500) / Masa de mortero (g)

- Consistencia: Calcula la consistencia dividiendo la viscosidad entre el flujo.
- Fórmula: Consistencia = Viscosidad (cP) / Flujo (ml/s).
- Repite el proceso varias veces y compara los resultados.

La dosificación recomendada de cada componente varía según el productor y según el

uso del mortero. La siguiente tabla indica una proporción estándar para fabricar morteros:

**Tabla 2**

*Dosificación recomendada para fabricar mortero de cemento*

Tipo de Mortero	Cemento (Bolsa)	Arena (parihuela*)	Agua (litros)
Enlucidos	1	6	35
Masillados	1	3	27
Juntas (mampostería de ladrillo o bloque liviano)	1	4	30
Juntas (mampostería de piedra o bloques macizo)	1	3	27

\*1 parihuela (30x30x30 cm) = 0.027 m<sup>3</sup>

Nota: Dosificación de componentes de mortero de cemento (Modanese, 2018).

En el ensayo a realizar se utilizó un cemento MOCHICA Portland tipo GU, este está diseñado para ser utilizado en obras que no serán expuestas a condiciones especiales.

La ficha técnica de este material nos proporciona los siguientes datos

**Tabla 3**

*Valores promedios referenciales a cada lote*

Ensayos	Tipo	Valor	Und	Norma	Resultados
Contenido de aire	Max.	12	%	NTP 334.048	6
<b>Finura</b>					
Superficie específica	-	-	Cm <sup>2</sup> /g	NTP 334.002	5580
Retenido M325	-	-	%	NTP 334.045	2.0
Expansión de autoclave	Max.	0.8	%	NTP 334.004	0.04
<b>Resistencia a la compresión</b>					
3 días	Min.	13.0 (1890)	MPa (psi)	NTP 334.051	21.5 (3120)
7 días	Min.	20.0 (2900)	MPa (psi)	NTP 334.051	28.6 (4150)
28 días	Min.	28.0 (4060)	MPa (psi)	NTP 334.051	36.1 (5240)
<b>Tiempo de Fraguado Vicat</b>					

Fraguado inicial	Min.	45	Minuto	NTP 334.006	155
Fraguado final	Máx.	420	Minuto	NTP 334.006	270
Expansión Barra de mortero a 14 días	Máx.	0.020	%	NTP 334.093	0.008

Nota: Pacasmayo. <https://bit.ly/45PxJm0>

Además, utilizamos arena gruesa obtenida de la cantera Choctopampa ubicada al sur de la ciudad de Celendín, al costado izquierdo de la carretera

a Cajamarca a una altitud de 2770 m.s.n.m. No se cuenta con una ficha técnica para este agregado.

### 3. RESULTADOS

Luego de haber realizado una profunda indagación elaboramos el ensayo con mortero de relación 1/3 y 1/4 respecto a la relación con el agregado.

Por regla general, se deben emplear cuatro partes de arena para cemento por una de cemento

(Portland o gris) y una de arena. Dependiendo del tipo de cemento (de albañilería, por ejemplo), la proporción puede variar, pasando a ser de tres partes de arena por una de cemento.

Al realizar este ensayo obtuvimos los siguientes resultados:

**Tabla 4**

*Resultados obtenidos en el ensayo de viscosidad y consistencia para un mortero en relación 1/3*

N° de muestra	Volumen de muestra	Masa de mortero	Tiempo (s)	Flujo (ml/s)	Viscosidad (cP)	Consistencia
1	100	120	4.0	25.0	520.83	20.83
2	150	180	6.25	24.0	333.33	13.89
3	200	240	11.1	18.01	187.69	10.42
4	120	144	5.33	22.5	390.87	17.36
5	180	216	9.23	19.5	225.71	11.57

**Tabla 5**

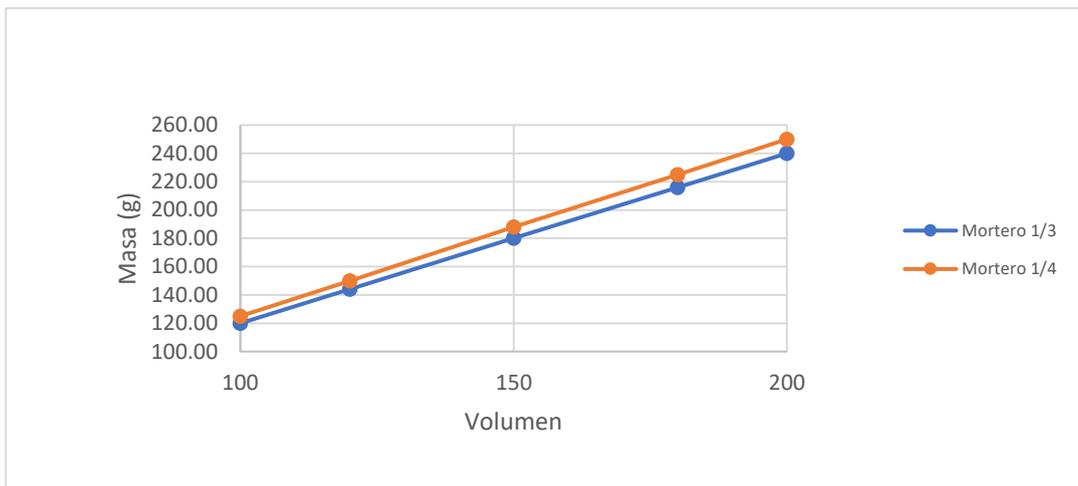
*Resultados obtenidos en el ensayo de viscosidad y consistencia para un mortero en relación 1/4*

N° de muestra	Volumen de muestra	Masa de mortero	Tiempo (s)	Flujo (ml/s)	Viscosidad (cP)	Consistencia
1	100	125	4.34	23.04	460.83	20.0
2	150	188	7.69	19.51	259.39	13.3
3	200	250	12.5	16	160.00	10.0
4	120	150	6.0	20	333.33	16.67
5	180	225	10.29	17.49	194.36	11.11

Con los valores obtenidos podemos realizar una serie de gráficos, los cuales nos ayudaran en la mejor comprensión de resultados.

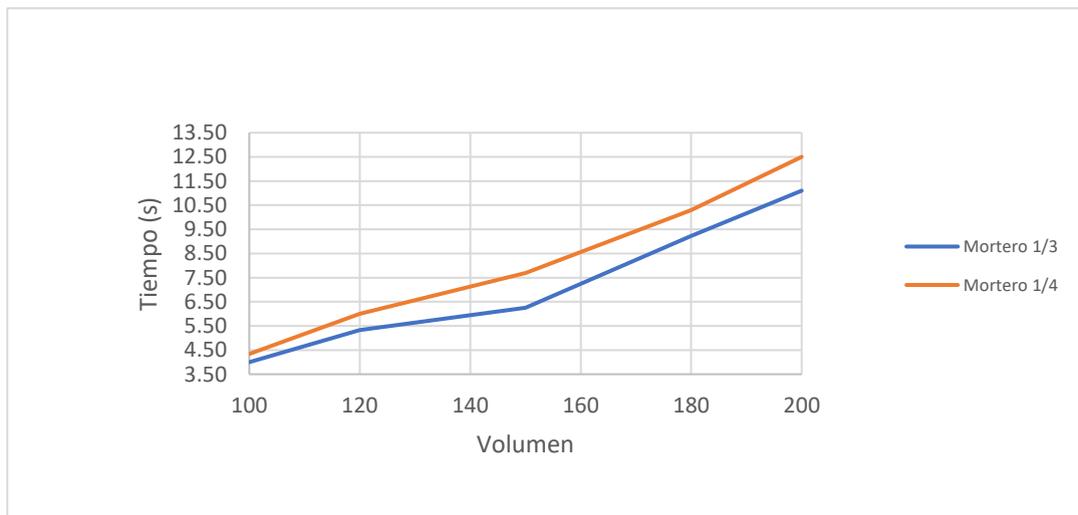
**Figura 3**

*Comparación de masas respecto a los volúmenes de muestra*



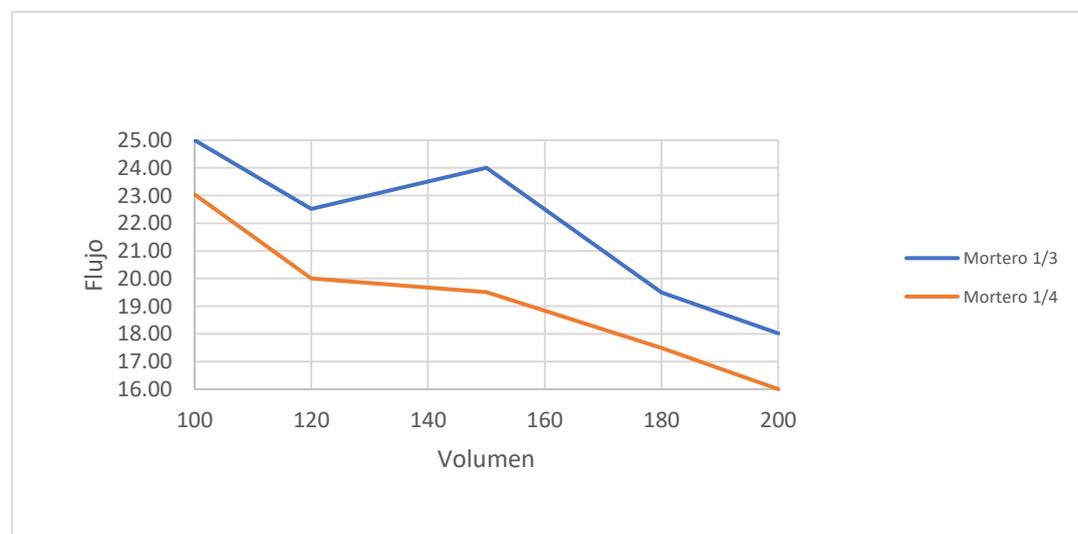
**Figura 4**

*Comparación de masas respecto a los tiempos*

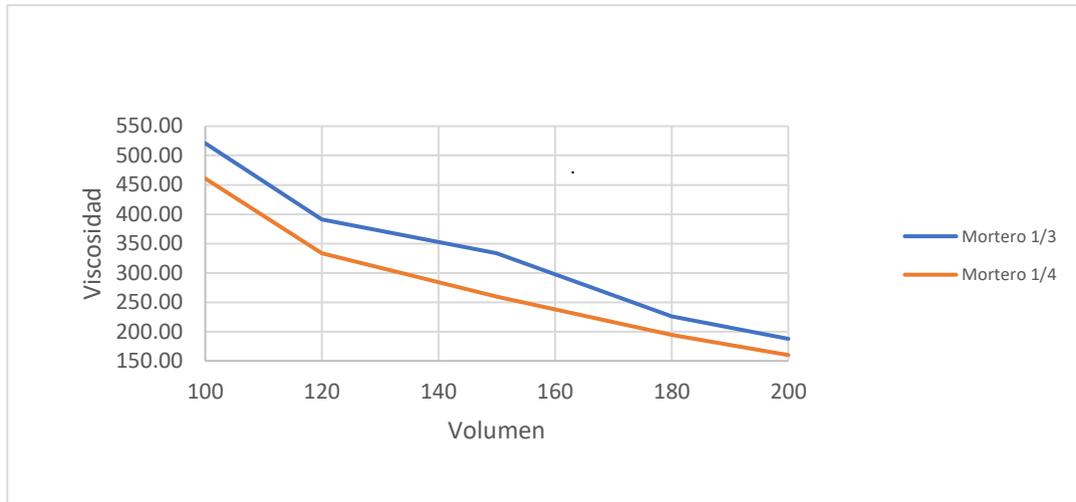


**Figura 5**

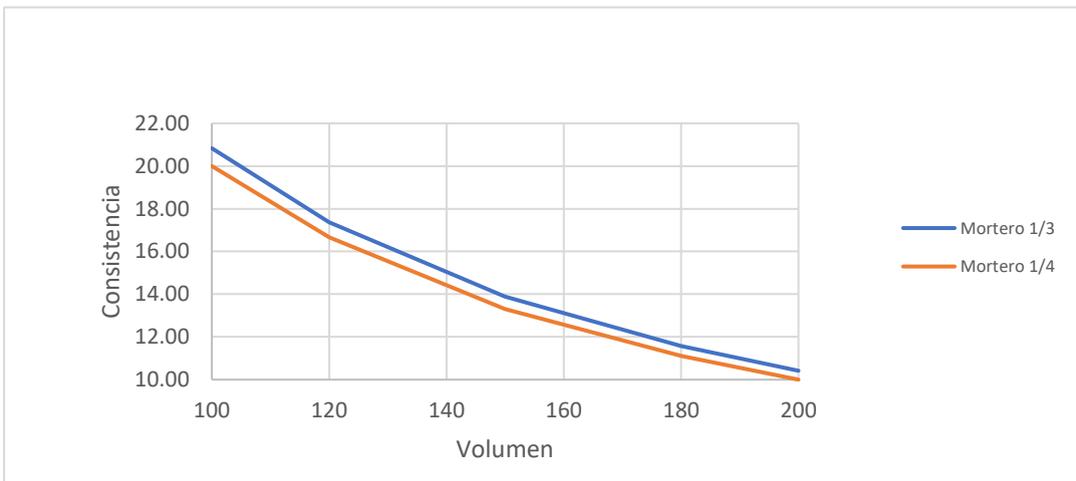
*Comparación de masas respecto a los flujos*



**Figura 6**  
Comparación de masas respecto a las viscosidades



**Figura 7**  
Comparación de masas respecto a las consistencias



#### 4. DISCUSIÓN

Segun Bustos G. (2018), la viscosidad es una propiedad fundamental de los materiales de construcción, y su influencia en las propiedades mecánicas y el comportamiento de estos materiales ha sido ampliamente estudiada. El principal inconveniente de los morteros, tanto de los de cemento como de los de cal hidráulica, es su comportamiento relativamente frágil cuando están sometidos a solicitaciones mecánicas. Su baja capacidad de absorción de energía supone un problema en determinadas situaciones. Por ejemplo, en caso de sismo, se puede producir con relativa facilidad la rotura y el desprendimiento del revestimiento.

En este estudio se utilizó el método del embudo para medir la viscosidad del mortero y se

discuten los resultados obtenidos. El método del embudo es una técnica simple y ampliamente utilizada para determinar la viscosidad del mortero. Se basa en medir el tiempo que tarda el mortero en fluir a través de un embudo estándar. Este estudio siguió los procedimientos descritos en estudios previos.

Los resultados obtenidos mediante el método del embudo permitieron establecer correlaciones entre la viscosidad del mortero y otras propiedades, como la relación agua-cemento, el contenido de agregado y los aditivos utilizados. Estas correlaciones son importantes para comprender cómo afecta la viscosidad a la resistencia y durabilidad del mortero.

El método del embudo se describe detalladamente en el estudio realizado por Zhang, H., Wang, Z. y Li, Z. (2010) en su investigación, los autores llevaron a cabo pruebas de flujo de mortero utilizando diferentes composiciones y proporciones de mezcla. Utilizaron un embudo estándar de diámetro de salida de 10 mm y midieron el tiempo de flujo del mortero a través del embudo. Los resultados obtenidos les permitieron establecer correlaciones entre la viscosidad y las propiedades del mortero, como la relación agua-cemento, el contenido de agregado y los aditivos utilizados.

En otro estudio, Smith y Johnson (2015) realizó una comparación entre diferentes métodos de medición de la viscosidad del mortero, incluido el método del embudo. Su investigación abarcó una amplia gama de morteros con diferentes proporciones de mezcla y aditivos. Los resultados mostraron una buena coincidencia entre los valores de viscosidad obtenidos mediante el método del embudo y otros métodos más sofisticados, lo que respalda su aplicabilidad y confiabilidad en la determinación de la viscosidad del mortero.

El método del embudo sigue siendo una técnica muy utilizada para la determinación de la viscosidad del mortero debido a su practicidad y facilidad de implementación. Sin embargo, es importante comprender sus limitaciones y considerar algunos factores que pueden afectar los resultados obtenidos.

Una de las limitaciones del método del embudo es que proporciona una medida de la viscosidad aparente del mortero en lugar de la viscosidad real. Esto se debe a que el flujo a través del embudo está influenciado por varios factores, como la interacción entre las partículas del mortero, la reología de la mezcla y la presión ejercida por el propio embudo. Por lo tanto, es fundamental interpretar los resultados del método del embudo con precaución y considerarlos como una indicación general de la viscosidad del mortero.

Además, es necesario tener en cuenta que las condiciones de ensayo, como la temperatura y la humedad, pueden afectar los resultados del método del embudo. Por ejemplo, en el estudio realizado por Lee W. (2002), se disminuyó la viscosidad del mortero a medida que la

temperatura aumentó. Algunos estudios han demostrado que la temperatura puede tener un impacto significativo en la viscosidad del mortero.

La relación agua/cemento es un factor clave en la resistencia del mortero de cemento. Una relación menor significa un mortero más resistente, mientras que una relación mayor dará como resultado un mortero más débil y menos duradero. Esto se debe a que el agua excesiva debilita la estructura cristalina del cemento, lo que reduce su resistencia a largo plazo. La resistencia del mortero también depende de otros factores, como la calidad de los materiales, la técnica de mezclado y la curación adecuada.

El tipo y la calidad de los agregados también influyen en la resistencia y viscosidad del mortero de cemento. La granulometría de los agregados y la densidad de empaquetado son propiedades que afectan la resistencia del mortero. Además, la absorción de agua de los agregados y su influencia en la relación agua/cemento pueden afectar la viscosidad y la resistencia del mortero.

La trabajabilidad del mortero se refiere a la facilidad con la que el material se puede mezclar, colocar, compactar y acabar sin segregación excesiva o pérdida de homogeneidad. Una de las propiedades que influyen en la trabajabilidad del mortero es la viscosidad [6], que se refiere a la resistencia del material a fluir. En general, un mortero con una baja viscosidad tendrá una mayor trabajabilidad que uno con una alta viscosidad. Sin embargo, la trabajabilidad depende de varios factores, como la calidad de los materiales, la relación agua-cemento, la proporción de agregados, la dosificación de aditivos, entre otros. Es importante tener en cuenta que una trabajabilidad excesiva puede resultar en una segregación, mientras que una falta de trabajabilidad puede dificultar la colocación y compactación del mortero.

Si no se dispone de un viscosímetro para medir la viscosidad del mortero, se puede utilizar un método recomendado por la Norma Chilena 2257/4 del BEST CONCEPT GROUP. (Enero 21, 22).

## 5. CONCLUSIÓN

Con los resultados de las tablas 2 y 3, obtenidas por el método del embudo, en la cual realizamos el ensayo con relación de mortero (agua/cemento) de 1/3 y 1/4, encontramos que, de las muestras estudiadas, la que tiene una mayor viscosidad y consistencia es la de relación 1/4.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que el método del embudo proporciona una medida de la viscosidad aparente del mortero en lugar de la viscosidad real. Esto se debe a que el flujo a través del embudo está influenciado por varios factores, como la interacción entre las partículas del mortero y la presión ejercida por el embudo. Por lo tanto, los resultados del método del embudo deben interpretarse con precaución y considerarse como una indicación general de la viscosidad del mortero.

Otra consideración importante según Soto A. & Soto C. & Madariaga L. (1996) enuncia que las condiciones de ensayo, como la temperatura y la humedad, pueden afectar los resultados del método del embudo. Estudios anteriores han demostrado que la viscosidad del mortero disminuye a medida que la temperatura aumenta. Por lo tanto, es necesario controlar cuidadosamente las condiciones de ensayo para obtener resultados precisos y comparables.

En general, se asume que una mayor viscosidad está asociada con una mayor resistencia a la compresión. Sin embargo, la relación entre la viscosidad y la resistencia exacta puede depender de muchos factores, como la cantidad de agua, calidad de los materiales y la relación a/c (agua/cemento). Con este concepto podemos asumir que la mezcla de 1/3 con relación agua cemento, tiene una mejor trabajabilidad respecto a una mezcla de 1/4, sin embargo, esta última al ser más viscosa y tener una mejor consistencia ayuda de mejor manera en la adhesión de los ladrillos o materiales a unir.

La proporción de agua a cemento es el principal factor que afecta la resistencia y durabilidad del mortero. Las proporciones más bajas dan como resultado morteros más fuertes, mientras que las proporciones más altas debilitan la estructura cristalina del cemento y reducen su resistencia a largo plazo. En este estudio, se encontró que la viscosidad del mortero estaba relacionada con la relación agua-cemento, lo que sugiere que una mayor viscosidad puede estar asociada con una mayor resistencia.

Además, Smith, A. y Johnson, B. (2015) en su trabajo de investigación determinó que la calidad y la cantidad de agregados utilizados también afectan la resistencia y la viscosidad del mortero. El tamaño de partícula y la densidad de empaque del material mineral son propiedades que afectan la resistencia del mortero. Asimismo, la absorción de agua del agregado afectará la

relación agua-cemento y, por lo tanto, afectará la viscosidad y la resistencia del mortero. La trabajabilidad del mortero es otro aspecto importante para considerar en la construcción. La viscosidad del mortero afecta su trabajabilidad porque se refiere a la resistencia del material a fluir. En general, las lechadas de baja viscosidad son más útiles que las de alta viscosidad. Sin embargo, la trabajabilidad también depende de otros factores, como la calidad del material, la relación agua-cemento y la cantidad de aditivos utilizados.

Los resultados obtenidos en el ensayo de viscosidad y consistencia se presentan en las Tablas 4 y 5. En el caso del mortero con una relación de 1/3, se observa que a medida que aumenta el volumen de muestra, el tiempo de flujo disminuye. Esto indica que cuanto mayor es la cantidad de mortero, menor es la viscosidad y mayor es la consistencia del mortero. Los valores de viscosidad obtenidos oscilan entre 187.69 cP y 520.83 cP, mientras que los valores de consistencia van desde 10.42 hasta 20.83

En el caso del mortero con una relación de 1/4, también se observa una disminución en el tiempo de flujo a medida que aumenta el volumen de muestra. Esto indica una disminución en la viscosidad y un aumento en la consistencia del mortero a medida que se incrementa la cantidad de mortero. Los valores de viscosidad obtenidos oscilan entre 160.00 cP y 460.83 cP, mientras que los valores de consistencia varían de 10.0 a 20.0. Estos resultados sugieren que tanto en el mortero con una relación de 1/3 como en el de 1/4, a medida que se aumenta la proporción de cemento en comparación con el agregado, se obtienen morteros con menor viscosidad y mayor consistencia. Esto puede deberse a que un mayor contenido de cemento en la mezcla proporciona una mayor cantidad de partículas cementantes, lo que facilita el flujo del mortero y aumenta su trabajabilidad.

En el comportamiento reológico de morteros y hormigones de AACs juega un papel fundamental, sino también sus condiciones de activación, las relaciones líquido/sólido y árido/precursor, la presencia de aditivos, y la granulometría y naturaleza de los áridos empleados.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos resultados son específicos para las condiciones de este ensayo y pueden variar en función de factores como la calidad de los materiales, la técnica de mezclado y las condiciones ambientales. Además, la viscosidad y la consistencia del mortero son solo algunas de las propiedades que influyen en su resistencia y durabilidad, por lo que es necesario considerar otros factores en futuros estudios

## 6. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- BEST CONCEPT GROUP. (Enero 21, 22). *Propiedades principales del cemento*. Revista Edición Digital.
- Bustos Garcia (2018). *Morteros con propiedades mejoradas de ductilidad por adición de fibras de vidrio, carbono y basalto*. Tesis doctoral. [https://oa.upm.es/54114/1/ARTURO\\_BUS\\_TOS\\_GARCIA.pdf](https://oa.upm.es/54114/1/ARTURO_BUS_TOS_GARCIA.pdf).
- Gismera Diez (2019). *Comportamiento reológico de cementos y morteros activados alcalinamente: influencia de las variables del proceso*. Tesis doctoral. Recuperado de: [https://eprints.ucm.es/id/eprint/56785/1/T4\\_1352.pdf](https://eprints.ucm.es/id/eprint/56785/1/T4_1352.pdf)
- Hermosillo Mendoza R. (agosto, 2010). *Investigación sobre las propiedades mecánicas, reológicas y microestructurales de cementos activados mecano-químicamente*. Recuperado de: <http://eprints.uanl.mx/2155/1/1080194455.pdf>
- Lee W.K.W. (2002). *Solid gel interaction in Geopolymers*. Melbourne, Australia: The University of Melbourne.
- Moreno Bazán, Á. (2018). *Optimización en la incorporación de nanoadiciones al cemento para la mejora de sus prestaciones y durabilidad* (Doctoral dissertation, Caminos).
- Restropo J. Willam. (2018). *Mortero geopolimérico aligerado con espuma rígida de poliuretano*.
- Soto A. & Soto C. & Madariaga L. (1996). *Morteros – Determinación de consistencia – Parte 4: Método del embudo*. Anexo 2.
- Smith, A. y Johnson, B. (2015). *Estudio comparativo de propiedades en fresco y métodos de medida de viscosidad de morteros cementosos*. *Construcción y Materiales de Construcción*, 93, 557-564.
- Zhang, H., Wang, Z. y Li, Z. (2010). *Determinación de la viscosidad del mortero para hormigones autocompactantes mediante el ensayo de embudo en V*. *Construcción y materiales de construcción*, 24(9), 1662-1668.