



DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA Y LA ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO Y GRUESO

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

- Establecer la densidad relativa en agregados finos y gruesos en condición saturada superficialmente seca y calcular el porcentaje de absorción de sus partículas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Determinar la gravedad especifica y el porcentaje de absorción del agregado grueso, siguiendo el procedimiento establecido en la norma NTC 176.
- Determinar la gravedad especifica y el porcentaje de absorción del agregado fino, siguiendo el procedimiento establecido en la norma NTC 237.

INTRODUCCIÓN

La densidad relativa o también denominada gravedad especifica, es una propiedad física de los materiales, en este caso de los agregados finos y gruesos y en ambos casos se describe como la relación que existe entre la masa y el volumen de las partículas. Es utilizada en ingeniería civil principalmente en las mezclas de concreto y asfalto para definir la dosificación correcta de cada uno de estos materiales, ya que permite convertir fácilmente de volúmenes a pesos gravimétricos y así obtener una dosificación más práctica y precisa (Gilson Company, n.d.).

Los agregados pueden tener diferentes condiciones de humedad dependiendo del estado de almacenamiento y exposición en el que se encuentren. A partir de esto, los agregados pueden estar en condición seca, húmeda, sobresaturada o saturada superficialmente seca. Esta última es muy importante ya que es la condición que se debe lograr en el laboratorio para determinar las distintas densidades de los agregados (Hanson & Hanson, 2025). Así mismo, se deben controlar estas condiciones ya que esto afecta directamente aspectos como la relación agua-cemento, la trabajabilidad y el volumen final de una mezcla de concreto

Figura 1. Condiciones de humedad de los agregados.



Nota. Humedad en los agregados. Tomado de ResearchGate [Imagen], 2018.

Dentro de la caracterización de los agregados finos y gruesos, se suelen utilizar varios tipos de gravedades específicas, dependiendo de las condiciones y si se consideran o no el volumen de poros saturables dentro del agregado. Dentro de estos tipos se distinguen la densidad relativa seca (ρ_r) la cual es la relación entre la masa seca del material sobre el volumen total que incluye los poros saturables, la densidad relativa saturada superficialmente seca ($\rho_{r_{ss}}$), la cual incluye el peso de agua contenido en los poros así como volumen total de las partículas, por último, la densidad relativa aparente seca ($\rho_{r_{app}}$) que es la relación entre la masa en condición seca, sobre el volumen de las partículas sin incluir sin incluir poros saturables (Pavement Interactive, n.d.).

Dentro de la ingeniería civil el control de calidad de los materiales se define como el conjunto de actividades y procedimientos que permiten conocer las propiedades y medir las características que afectan procesos constructivos, en este caso para el concreto y el diseño de mezcla el ensayo de determinación de la densidad específica de los agregados es muy importante, para asegurar su resistencia, durabilidad y uniformidad. (Isaza & Isaza, 2025)

MATERIALES Y EQUIPOS

- (a) Balanza (legibilidad 0,5 g y 1 g)
- (b) Picnómetro 500 mL
- (c) Molde cónico
- (d) Pisón
- (e) Espátula
- (f) Horno
- (g) Canasta de malla de alambre
- (h) Tanque de agua
- (i) Platos metálicos

(j) Bandeja rectangular

(k) Balanza para pesos sumergidos

Figura 2. Materiales y equipos.



Nota. Registro fotográfico materiales y equipos de laboratorio.

Fuente. Rivera (2026).



PROCEDIMIENTO

Agregado fino:

El procedimiento a realizar es el método gravimétrico, es decir con ayuda del picnómetro, para realizar el método volumétrico donde se requiere el frasco de Le Chatelier revisar el numeral 9.3 de la norma NTC 237.

- Lo primero es la preparación de la muestra de ensayo, se debe tener el agregado en condición seca inicialmente, y luego se debe saturar completamente el material. Para lograr esto se toma una parte del agregado en un platón o recipiente adecuado, y se llena con agua hasta cubrir el agregado.
- Se deja reposar el material durante 24 ± 4 horas, con el fin de saturar correctamente los poros internos. Luego de esto se debe llevar a una condición conocida como saturado superficialmente seco (SSS), para lograr esto se debe retirar el exceso de agua con cuidado para evitar la pérdida de material fino, y con una espátula se extiende el agregado sobre una bandeja metálica.
- Luego se deja la bandeja con el material, en un lugar donde exista una corriente de aire constante, o también se pueden utilizar ayudas mecánicas como ventiladores o secadores con flujos de aire controlados. El material se debe ir mezclando constantemente para que el secado sea uniforme, y para establecer en qué punto el material se encuentra en la condición deseada se debe realizar el procedimiento descrito a continuación.
- Para determinar si el agregado se encuentra saturado, pero con la superficie seca, se debe realizar la prueba del cono, esta consiste en tomar un cono metálico sobre una superficie lisa no absorbente, luego se debe ir llenando con una porción del material que se cree se encuentra en la condición deseada, se debe llenar hasta que se rebose el volumen del cono y con ayuda de un pisón metálico se aplican 25 golpes suaves sobre la superficie del material a una altura de aproximadamente 5 mm. Seguido a esto, se retira la arena suelta en la base y se levanta el molde verticalmente.
- En el caso de que el material siga manteniendo la forma del molde, esto significa que todavía existe humedad superficial en el material y se requiere seguir con el secado de la muestra, por el contrario, si al levantar el cono hay una ligera caída del agregado fino moldeado esto indica que se ha alcanzado la condición deseada y se puede continuar con el ensayo.

Nota: Para llegar a la condición SSS se debe ir mezclando constantemente el material en periodos cortos de tiempo y realizar varias repeticiones de la prueba del cono, ya que, si al primer intento el material indica que no hay humedad superficial, se considera que se ha secado más allá de la condición deseada, y se debe remojar de nuevo una parte del material por al menos 30 min, y reanudar el proceso de secado.

- Con el material en condición SSS, se puede dar inicio al ensayo, lo primero es llenar el picnómetro con agua hasta la marca o altura de calibración y llevarlo a la balanza para conocer su masa, luego se retira el agua hasta que el picnómetro quede parcialmente lleno.
- Se toma una muestra representativa del material en este caso 500 g, y con ayuda de una espátula y un embudo se introducen en el picnómetro. Con todo el material en el interior del picnómetro se adiciona agua hasta completar un 90% de la capacidad del picnómetro.
- Con el fin de liberar el aire atrapado durante el proceso anterior, se debe agitar el picnómetro con movimiento giratorios, invirtiéndolo o agitando manualmente (o usar una combinación de estos movimientos) con el fin de eliminar la mayor cantidad de aire posible.

Nota: El proceso de retirar el aire atrapado normalmente requiere de 15 a 20 minutos aplicando alguno de estos métodos manuales, adicionalmente se puede introducir un algodón o toalla de papel para eliminar la corona de espuma que se forma en la superficie. Es posible utilizar un poco de alcohol isopropílico para que ayude a dispersar la capa de espuma.

- Después de eliminar todas las burbujas de aire visibles, se termina de llenar el picnómetro hasta la marca o altura de calibración y con un paño absorbente se debe secar la superficie completamente, para llevarlo a la balanza y conocer la masa total del picnómetro con la muestra y el agua.
- Por último, se debe sacar la totalidad del agregado fino dentro del picnómetro, esto se puede lograr con movimiento circulares y gravitacionales sobre una bandeja adecuada. Se lleva al horno a una temperatura controlada de 110 ± 5 °C hasta obtener una masa constante, y se registra la masa del material en condición seca.

Agregado grueso:

- Lo primero es la preparación de la muestra de ensayo, se debe tener el agregado en condición seca inicialmente, y luego se debe saturar completamente el material. Para lograr esto se toma una parte del agregado en un platón o recipiente adecuado, y se llena con agua hasta cubrir el agregado.

- Se deja reposar el material durante 24 ± 4 horas, con el fin de saturar correctamente los poros internos. Luego de esto se debe llevar a una condición conocida como saturado superficialmente seco (SSS), para lograr esto se debe retirar el exceso de agua, luego se coloca el agregado sobre un paño absorbente y se comienzan a secar la superficie de las partículas del material.

Nota: En el caso del agregado grueso, las partículas cuando se encuentra húmedas superficialmente tienen un brillo particular que se refleja con la luz, luego que se comienzan a secar con el paño absorbente ese brillo desaparece y se vuelven opacas lo que me garantiza la condición deseada del material.

- Con el material en la condición deseada se toma una muestra representativa que depende directamente del tamaño máximo nominal de las partículas del agregado, y se determina su masa en aire con ayuda de la balanza.
- Luego se lleva la muestra a la balanza que permite medir pesos sumergidos, primero se introduce la totalidad del material en la canasta de alambre y se cuelga del gancho que sobresale de la parte inferior de la balanza. La canasta debe quedar totalmente sumergida dentro del tanque con y se debe remover con cuidado el aire atrapado antes de determinar la masa.

Nota: Para determinar la masa del agregado en el agua, se debe realizar una nivelación de la balanza que en este caso funciona con contrapesos, cuando el indicador se alinea en la mitad de la escala de medición, se puede tomar lectura del peso registrado de la canasta con el material. En caso de no tener la masa de la canasta más el gancho por si solos se debe realizar otro pesaje de estos dos para descontarlo de la masa total y obtener la del agregado solamente.

- Con el peso del material sumergido, se procede a retirar con cuidado la canasta y a devolver el material al platón. Se lleva la muestra al horno a una temperatura controlada de 110 ± 5 °C hasta obtener una masa constante, y se registra la masa del material en condición seca.



ANÁLISIS DE RESULTADOS

A partir de los resultados obtenidos en el laboratorio se deben calcular la densidad relativa, densidad relativa (SSS), densidad relativa aparente y el porcentaje de absorción correspondiente para cada agregado:

Agregado grueso:

$$\rho_r = \frac{A}{(B - C)} \quad [1]$$

$$\rho_{r_{sss}} = \frac{B}{(B - C)} \quad [2]$$

$$\rho_{r_{app}} = \frac{A}{(A - C)} \quad [3]$$

$$Absorción \% = \left(\frac{B - A}{A} \right) \times 100 \quad [4]$$

Agregado fino:

$$\rho_r = \frac{A}{(B + S - C)} \quad [5]$$

$$\rho_{r_{sss}} = \frac{S}{(B + S - C)} \quad [6]$$

$$\rho_{r_{app}} = \frac{A}{(B + A - C)} \quad [7]$$

$$Absorción \% = \left(\frac{S - A}{A} \right) \times 100 \quad [8]$$

A partir de los resultados obtenidos se deben responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es la diferencia entre cada una de las densidades encontradas?
- ¿Por qué es importante la condición SSS para la realización del ensayo?
- ¿Cuál agregado presenta un mayor porcentaje de absorción?
- ¿Cuáles son los valores típicos de absorción según el tipo de agregado?

BIBLIOGRAFÍA

- Gilson Company. (n.d.). *Relative density/specific gravity of fine and coarse aggregate*. GlobalGilson. <https://www.globalgilson.com/blog/fine-coarse-specific-gravity-of-aggregate>
- Pavement Interactive. (n.d.). *Fine aggregate specific gravity*. <https://pavementinteractive.org/reference-desk/testing/aggregate-tests/fine-aggregate-specific-gravity/>
- Hanson, K., PE, & Hanson, K., PE. (2025, June 4). Aggregate moisture content testing. NPCA. <https://precast.org/blog/aggregate-moisture-content-testing/>
- (PDF) Caracterización mineralógica y física de los agregados de la cantera Rodeb y Acopios, aplicada a concretos y filtros. (n.d.). ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/327033164_Caracterizacion_mineralologica_y_fisica_de_los_agregados_de_la_cantera_Rodeb_y_Acopios_aplicada_a_concretos_y_filtros/figures?lo=1
- Isaza, E. G., & Isaza, E. G. (2025, June 11). CONTROL DE CALIDAD DE LOS AGREGADOS. 360 EN CONCRETO. <https://360enconcreto.com/blog/detalle/control-de-calidad-de-los-agregados-1/>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2019). *NTC 176:2019. Método de ensayo para determinar la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado grueso* (3.a ed.). ICONTEC.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2020). *NTC 237:2020. Método de ensayo para determinar la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado fino* (3.a ed.). ICONTEC.



FORMATO TOMA DE DATOS

Tabla 1. Toma de datos agregado grueso.

DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCIÓN AGREGADO GRUESO		
ID	DESCRIPCIÓN	PESO (gr)
Wb	Peso de la bandeja o recipiente	
B	Masa en el aire de la muestra en condición SSS	
C	Masa aparente en el agua de la muestra en condición SSS	
A	Masa en el aire de la muestra en condición seca	

Tabla 2. Toma de datos agregado fino.

DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCIÓN AGREGADO FINO		
ID	DESCRIPCIÓN	PESO (gr)
Wb	Peso de la bandeja o recipiente	
S	Masa en el aire de la muestra en condición SSS	
B	Masa de picnómetro lleno de agua, hasta la marca de calibración	
C	Masa de picnómetro lleno con la muestra y agua hasta la marca de calibración	
A	Masa en el aire de la muestra en condición seca	

OBSERVACIONES: