

---

NORMA TÉCNICA  
PERUANA

---

NTP 400.017  
1999

---

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI  
Calle De La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

---

Lima, Perú

## AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado

AGGREGATE. Standard Test Method for Unit Weight and Voids in Aggregate

**1999-04-21**  
**2ª Edición**

R.0021-99/INDECOPI-CRT.Pública el 99-04-29

Precio basado en 10 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Hormigón, Método de ensayo, Probetas cilíndricas, curado de la probeta

## ÍNDICE

	página
ÍNDICE	i
PREFACIO	ii
1. OBJETO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. TERMINOLOGÍA	2
4. SIGNIFICADO Y USO	2
5. APARATOS	2
6. MUESTRAS DE ENSAYO	3
7. CALIBRACIÓN DE LA MEDIDA	4
8. SELECCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	4
9. PROCEDIMIENTO DE APISONADO	4
10. MÉTODO DE PERCUSIÓN	5
11. DETERMINACIÓN DEL PESO SUELTO	5
12. CÁLCULOS	5
13. EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS	6
14. PRECISIÓN	7
15. ANTECEDENTES	10

## PREFACIO

### A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana fue elaborada por el Comité Técnico Permanente de Agregados, Hormigón, Hormigón Armado, Hormigón Pretensado, en reuniones realizadas entre los meses de abril de 1996 a agosto de 1998, mediante el Sistema 2 u Ordinario, utilizando como documento inicial la norma ASTM C 29/C 29M:1991.

A.2 El Comité Técnico Permanente de Agregados, Hormigón, Hormigón Armado, Hormigón Pretensado, presentó a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - CRT, con fecha 98-11-13, el PNTP 400.017:1998; para su revisión y aprobación, siendo sometido a la etapa de Discusión Pública el 99-03-22, oficializándose como Norma Técnica Peruana **NTP 400.017:1999 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.** 2ª Edición el 29 de abril de 1999.

A.3 La presente Norma Técnica Peruana reemplaza a la NTP 400.017:1977. Esta presenta cambios editoriales referidos principalmente a terminología empleada propia del idioma español y ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

### B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

SECRETARÍA

SERVICIO NACIONAL DE  
CAPACITACIÓN PARA LA  
INDUSTRIA DE LA  
CONSTRUCCIÓN - SENCICO

PRESIDENTE

Carlos Pérez Bardález

SECRETARIA

Vanna Guffanti Parra

**ENTIDAD**

**REPRESENTANTE**

UNICON

Rodolfo Hilbck

ACERCO PERUANA S.A.

Eduardo Ríos de Armero

CEMENTOS LIMA	Telmo Bazán
PREMIX S.A.	Jorge Saravia
DURACRETO S.A.	Francisco Gómez de la Torre
ARENERA SAN MARTIN.	Enrique Oyague
CEMENTO ANDINO S.A.	Juan Carlos
ACEROS AREQUIPA S.A.	Víctor Granados
SAG CONCRETO S.A.	Carlos Moreno
ETERNIT S.A.	Mauro Quezada Diego Fernández
CAPECO	Dina Carrillo
GREMCO	César Ponce
Ministerio de Transportes, Comunicación, Vivienda y Construcción	José Domínguez Julio César Manrique
INFES	Hugo Chávez
INADE	Augusto Pehovaz
ASOCEM	Manuel Gonzáles de la Cotera
ARPL Tecnología Industrial S.A.	Wilfredo Quintana
CIP-Capítulo de Ing. Civil	Ana Biondi
UNI	Carlos Barzola
URP	Gonzalo Luque
SENCICO	Carlos Pérez
UNA	Rosa Miglio

---0000000---

## AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado

### 1. OBJETO

Este método de ensayo cubre la determinación del peso unitario suelto o compactado y el cálculo de vacíos en el agregado fino, grueso o en una mezcla de ambos, basados en la misma determinación. Este método se aplica a agregados de tamaño máximo nominal de 150 mm .

### 2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia en todo momento.

#### Normas Técnicas Peruanas

- |     |                  |  |
|-----|------------------|--|
| 2.1 | NTP 400.010:1976 | AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras  |
| 2.2 | NTP 400.021:1977 | AGREGADOS. Método de ensayo para la determinación del peso específico y la absorción del agregado grueso |
| 2.3 | NTP 400.022:1979 | AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino          |

### **3. TERMINOLOGÍA**

- 3.1 Masa = Cantidad de materia de un cuerpo.
- 3.2 Peso Unitario = Peso por unidad de volumen.
- 3.3 Peso = Fuerza ejercida sobre un cuerpo por la gravedad.
- 3.4 Vacíos en un volumen unitario de agregado - El espacio entre las partículas en una masa de agregado, no ocupado por materia mineral sólida (Nota).

Nota: La determinación por este método no incluye los vacíos permeables o impermeables dentro de las partículas.

### **4. SIGNIFICADO Y USO**

- 4.1 Este método se utiliza siempre para determinar el valor del peso unitario utilizado por algunos métodos de diseño de mezclas de concreto.
- 4.2 También puede utilizarse para la determinación de la relación masa/volumen para conversiones, en acuerdo con el comprado ya que no se conoce la relación entre el grado de compactación del agregado en una unidad de transporte o depósito y aquella contiene humedad absorbida y superficial (que posteriormente puede afectar la capacidad), mientras que este método determina el peso unitario seco.
- 4.3 Se incluye un procedimiento para calcular el porcentaje de vacíos entre las partículas del agregado a partir de este método de peso unitario.

## 5. APARATOS

**5.1 Balanza:** Una balanza con aproximación a 0,05 kg y que permita leer con una exactitud de 0,1% del peso de la muestra.

**5.2 Barra Compactadora:** Recta, de acero liso de 16 mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud y terminada en punta semiesférica.

**5.3 Recipiente de Medida:** Cilíndricos, metálicos, preferiblemente con asas. Estancos con tapa y fondo firmes y parejos, con precisión en sus dimensiones interiores y suficientemente rígido para mantener su forma en condiciones severas de uso. Los recipientes tendrán una altura aproximadamente igual al diámetro, pero en ningún caso la altura será menor del 80% ni mayor que 150% del diámetro. La capacidad dependerá del tamaño del agregado de acuerdo con los límites establecidos en la Tabla 1. El espesor del metal se indica en la Tabla 2. El borde superior será pulido y plano dentro de 0,25 mm y paralelo al fondo dentro de 0,5%. La pared interior deberá ser pulida y continua.

Si la medida se usa también en la determinación del peso unitario del concreto, deberá ser hecho de acero u otro material adecuado, resistente al ataque de la pasta de cemento.

**5.4 Pala de Mano:** Una pala o cucharón de suficiente capacidad para llenar el recipiente con el agregado.

**5.5 Equipo de Calibración:** Una plancha de vidrio de por lo menos 6 mm (1/4 pulg) de espesor y 25 mm (1 pulg) mayor del diámetro del recipiente a calibrar.

## 6. MUESTRAS DE ENSAYO

6.1 Una extracción y preparación de la muestra se hará de acuerdo con la norma NTP 400.010 .

6.2 La muestra de ensayo será de aproximadamente 125% a 200% de la cantidad requerida para llenar la medida y será manipulada evitando su segregación. Secar el agregado a peso constante en un horno preferiblemente a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  .

## **7. CALIBRACIÓN DE LA MEDIDA**

7.1 Llene la medida con agua a temperatura ambiente y cubra con la placa de vidrio de tal manera de eliminar las burbujas y el exceso de agua.

7.2 Determine el peso del agua en la medida.

7.3 Mida la temperatura del agua y determine su densidad, de la Tabla 3, interpolando si es necesario.

7.4 Calcule el volumen "V" de la medida dividiendo el peso del agua requerida para llenar la medida entre su densidad. Alternativamente, calcule el factor del recipiente (1/V) dividiendo la densidad del agua entre el peso requerido para llenar el recipiente de medida.

7.5 Los recipientes de medida deberán ser calibrados por lo menos una vez al año o cuando exista razón para dudar de la exactitud de la calibración.

## **8. SELECCIÓN DEL PROCEDIMIENTO**

El procedimiento para la determinación de peso unitario suelto se usará sólo cuando sea indicado específicamente. De otro modo, el peso unitario compactado será determinado por el procedimiento de apisonado para agregados que tengan un tamaño máximo nominal de 37,5 mm (1 ½ pulg) o menos; o por el procedimiento de percusión para agregados con tamaño máximo nominal entre 37,5 mm y 150 mm (1 ½ pulg a 6 pulg).

## **9. PROCEDIMIENTO DE APISONADO**

9.1 Se llena la tercera parte del recipiente de medida y se nivela la superficie con la mano. Se apisona la capa de agregado con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. Se llena hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compacta con 25 golpes como antes. Finalmente, se llena la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora; el agregado sobrante se elimina utilizando la barra compactadora como regla.

9.2 Al compactar la primera capa, se procura que la barra no golpee el fondo con fuerza. Al compactar las últimas dos capas, sólo se emplea la fuerza suficiente para que la barra compactadora penetre la última capa de agregado colocada en el recipiente.

9.3 Se determina el peso del recipiente de medida más su contenido y el peso del recipiente sólo y se registra los pesos con una aproximación de 0,05 kg (0,1 lb).

## 10. MÉTODO DE PERCUSIÓN

10.1 El recipiente de medida se llena en tres capas aproximadamente iguales. Cada capa se compacta colocando el recipiente con el agregado sobre un piso firme (v.g. un piso de concreto), se inclina hasta que el borde opuesto a la base de apoyo diste unos 5 cm del piso, para luego dejarlo caer en forma tal que dé un golpe seco. Mediante este procedimiento, las partículas del agregado se acomodan de modo compacto. Cada capa se compacta, dejando caer el recipiente 50 veces en la forma descrita, 25 veces cada extremo. El agregado sobrante se elimina con una regla.

10.2 Se determina el peso del recipiente de medida más su contenido y el peso del recipiente y se registran los pesos con una aproximación de 0,05 kg (0,1 lb).

## 11. DETERMINACIÓN DEL PESO SUELTO

11.1 **Procedimiento con pala:** El recipiente de medida se llena con una pala o cuchara hasta rebosar, descargando el agregado desde una altura no mayor de 50 mm (2") por encima de la parte superior del recipiente. El agregado sobrante se elimina con una regla.

11.2 Se determina el peso del recipiente de medida más su contenido y el peso del recipiente y se registran los pesos con una aproximación de 0,05 kg (0,1 lb).

## 12. CÁLCULOS

12.1 **Peso Unitario.-** Calcular el peso unitario compactado o suelto, como sigue:

$$M = (G - T)/V \quad (1)$$

$$M = (G - T)*F \quad (2)$$

donde:

M = Peso Unitario del agregado en kg/m<sup>3</sup> (lb/p<sup>3</sup>)

G = Peso del recipiente de medida más el agregado en kg (lb)

T = Peso del recipiente de medida en kg (lb)

V = Volumen de la medida en m<sup>3</sup> (p<sup>3</sup>), y

F = Factor de la medida en m<sup>-3</sup> (p<sup>-3</sup>)

El peso unitario determinado por este método de ensayo es para agregado en la condición seco. Si se desea calcular el peso unitario en la condición saturado con superficie seca (SSS), utilice el procedimiento descrito en este método y en este caso calcule el peso unitario SSS utilizando la siguiente expresión:

$$M_{SSS} = M[1 + (A/100)] \quad (3)$$

donde:

M<sub>SSS</sub> = Peso Unitario en la condición Saturado Superficial Seco, en kg/m<sup>3</sup> (lb/p<sup>3</sup>);

y

A = Porcentaje de absorción del agregado determinado de acuerdo con la norma NTP 400.021 ó NTP 400.022

**12.2 Contenido de Vacíos:** Calcular el contenido de vacíos en el agregado utilizando el peso unitario calculado según 12.1, como sigue:

$$\% \text{ vacíos} = 100[(S \times W) - M]/(S \times W) \quad (4)$$

donde:

M = Peso Unitario del agregado en kg/m<sup>3</sup> (lb/p<sup>3</sup>)

S = Peso Específico de masa (base seca) determinado de acuerdo con la norma NTP 400.022, y

W = Densidad del agua, 998 kg/m<sup>3</sup> (62,3 lb/p<sup>3</sup>)

## 13. EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

13.1 Reporte los resultados del peso unitario con una aproximación de 10 kg/m<sup>3</sup> (1

lb/p<sup>3</sup>), como sigue:

13.1.1           Peso unitario compactado por apisonado, o

13.1.2           Peso unitario compactado por percusión, o

13.1.3           Peso unitario suelto.

13.2             Reporte los resultados del contenido de vacíos con una aproximación de 1%, como sigue:

13.2.1           Vacíos en el agregado compactado por apisonado, %, o

13.2.2           Vacíos en el agregado compactado por percusión, %, o

13.2.3           Vacíos en el agregado suelto, % .

## 14.             **PRECISIÓN**

### 14.1            **Agregado Grueso (Peso Unitario):**

**14.1.1           Precisión para un sólo operador (REPETIBILIDAD):** La desviación típica ha sido establecida en 14 kg/m<sup>3</sup> (0,88 lb/p<sup>3</sup>). Luego los resultados de dos ensayos realizados por un sólo operador con el mismo material no diferirán en más de 40 kg/m<sup>3</sup> (2,5 lb/p<sup>3</sup>).

**14.1.2           Precisión Multilaboratorio (REPRODUCTIBILIDAD):** La desviación típica ha sido establecida en 30 kg/m<sup>3</sup> (1,87 lb/p<sup>3</sup>). Luego dos resultados realizados en dos diferentes laboratorios con el mismo material no diferirán en más de 85 kg/m<sup>3</sup> (5,3 lb/p<sup>3</sup>).

14.1.3           Estos índices de precisión, desviación típica y máxima diferencia, han sido establecidos para peso normal y de tamaño máximo nominal de 25 mm (1"), utilizando un recipiente de medida de 14 L (1/2 p<sup>3</sup>) de capacidad.

## 14.2 Agregado Fino (Peso Unitario):

**14.2.1 Precisión para un sólo operador (REPETIBILIDAD):** La desviación típica ha sido establecida en  $14 \text{ kg/m}^3$  ( $0,88 \text{ lb/p}^3$ ). Luego los resultados de dos ensayos realizados por un sólo operador con un mismo material no diferirán en más de  $40 \text{ kg/m}^3$  ( $2,5 \text{ lb/p}^3$ ).

**14.2.2 Precisión Multilaboratorio (REPRODUCTIBILIDAD):** La desviación típica ha sido establecida en  $44 \text{ kg/m}^3$  ( $2,76 \text{ lb/p}^3$ ). Luego dos resultados realizados en dos diferentes laboratorios con el mismo material no diferirán en más de  $125 \text{ kg/m}^3$  ( $7,8 \text{ lb/p}^3$ ).

14.2.3 Estos índices de precisión, desviación típica y máxima diferencia, han sido establecidos para peso unitario suelto, utilizando un recipiente de medida de  $2,8 \text{ L}$  ( $1/10 \text{ p}^3$ ).

TABLA 1 - Capacidad de la medida

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO		CAPACIDAD DE LA MEDIDA <sup>A</sup>	
mm	Pulgadas	L ( $\text{m}^3$ )	$\text{p}^3$
12.5	½	2.8 (0.0028)	1/10
25.0	1	9.3 (0.0093)	1/3
37.5	1 ½	14.0 (0.014)	1/2
75.0	3	28.0 (0.028)	1
112.0	4 ½	70.0 (0.070)	2 1/2
150.0	6	100.0 (0.100)	3 1/2

<sup>A</sup> La medida indicada será utilizada para ensayar agregados con Tamaño Máximo Nominal igual o menor.

TABLA 2 - Requisitos para los recipientes de medida

Espesor del metal, mínimo			
Capacidad de medida	Fondo	Sobre 1 ½ pulg ó 38 mm de pared <sup>A</sup>	Espesor Adiciona l
Menos de 0,4p <sup>3</sup>	0,20 pulg	0,10 pulg	0,10 pulg
De 0,4 p <sup>3</sup> a 1,5p <sup>3</sup> , incluido	0,20 pulg	0,20 pulg	0,12 pulg
Sobre 1,5 a 2,8p <sup>3</sup> , incluido	0,40 pulg	0,25 pulg	0,15 pulg
Sobre 2,8 a 4,0p <sup>3</sup> , incluido	0,50 pulg	0,30 pulg	0,20 pulg
Menos de 11 L	5,0 mm	2,5 mm	2,5 mm
11 a 42 L, incluido	5,0 mm	5,0 mm	3,0 mm
Sobre 42 a 80 L, incluido	10,0 mm	6,4 mm	3,8 mm
Sobre 80 a 133 L, incluido	13,0 mm	7,6 mm	5,0 mm

<sup>A</sup>El espesor adicional en la porción superior de la pared puede obtener por la colocación de una banda de refuerzo alrededor de la parte superior de la medida.

TABLA 3 - Densidad del Agua

Temperatura		kg/m <sup>3</sup>	lb/p <sup>3</sup>
°C	°F		
15,6	60	999,01	62,366
18,3	65	998,54	62,336
21,1	70	997,97	62,301
(23,0)	(73,4)	(997,54)	(62,274)
23,9	75	997,32	62,261
26,7	80	996,59	62,216
29,4	85	995,83	62,166

**15. ANTECEDENTES**

- 15.1 ASTM C 29/C 29M:1991 Standard Test Method for Unit Weight and Voids in Aggregate.
- 15.2 NTP 400.017:1977 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.