

## **ENSAYOS DE LADRILLOS CERÁMICOS**

### **+ CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES:**

- El fabricante indica las dimensiones nominales en cm.
- Se admiten tolerancias tanto en el valor nominal como en la dispersión.
- Se toman 6 ladrillos enteros y se miden las diferentes aristas (soga, tizón, grueso) con una regla graduada y con precisión de 1 mm:
  - ◆ SOGA:
    - ◇ LV: 1 medida en el eje de la cara vista.
    - ◇ LNV: 1 medida en el eje de uno de los cantos.
  - ◆ TIZÓN:
    - ◇ Para " tipo: Se halla el valor medio del eje de cada testa.
  - ◆ GRUESO:
    - ◇ LV: 1 medida en el eje de la cara vista (en el canto visto)
    - ◇ LNV: 1 medida en el eje del canto no visto (en " de los 2)
- RESULTADOS: Si uno de los 2 valores (respecto al valor nominal o a la tolerancia) no cumplen, SE RECHAZA LA PARTIDA.
  - ◆ Respecto al valor nominal: se hará la media de las 6 medidas tomadas, y aplicando las tolerancias deben cumplir todas.
  - ◆ Respecto a la dispersión: tomo la diferencia en valor absoluto entre el valor medio y el valor individual de cada probeta, y el más desfavorable debe estar dentro de los límites de la tabla.

### **+ CARACTERÍSTICAS DE FORMA:**

- Se toman 6 ladrillos enteros de la muestra para determinar la posible curvatura y alaveo de sus caras. Se utiliza el desviómetro o en su defecto una regla y una galga.
- Se mide siempre en las diagonales.
- El desviómetro se apoya en sus puntas en los extremos de la diagonal, pasándolo de lado a lado.
- En LV: se mide la flecha en una de las diagonales de cada una de las 3 caras vistas y en una de las tablas.
- En LNV: se mide la flecha en una tabla y en un canto (en ")

### **+ CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS:**

- MASA:
  - ◆ Sólo para perforados.
  - ◆ Existe una tabla en RL-88 que indica el valor mínimo en gr que deben tener los ladrillos en función de su clase (V o NV)
  - ◆ Para ello tomamos 6 ladrillos enteros, los desecamos en estufa a  $100^{\circ} \pm 10^{\circ}$  hasta peso constante, pesándolos con precisión de 1 gr.
  - ◆ Se toma el valor medio de las 6 pesadas debiendo ser dicho resultado " que el valor de la tabla.
- RESISTENCIA A COMPRESIÓN:
  - ◆ En los ladrillos M y P no será nunca inferior a 100 kp/cm<sup>2</sup> y en los H 50 kp/cm<sup>2</sup>
  - ◆ Se toman 6 ladrillos y se sierran por corte transversal.
  - ◆ Se humedecen y se superponen las 2 mitades por tabla unidas con capa de mortero de dosificación normalizada 1:3:0.5 y de espesor máximo de 0.5 cm.
  - ◆ Se cubre con el mismo mortero las otras 2 medias tablas, con el mismo espesor. No rellenar

los taladros.

- ◆ Dejar 24 h al aire y posteriormente sumergir en agua durante 48 h. Pasado este tiempo, sacarlas, secarlas con un paño y someterlas a máquina de rotura a compresión.
- ◆ Siendo:

$$R_{ci} = \frac{Q_{rot}}{Superf}$$

$$Superf = \frac{Superf_{sup} + Superf_{inf}}{2}$$

◆ RESULTADOS:

◇ Se saca el valor medio de las 6 determinaciones ( $R_{cm}$ )

◇ Se obtiene la dispersión:  $\delta = \sqrt{\frac{(R_{ci} - R_{cm})^2}{n-1}}$

◇ Se calcula:  $R_{ck} = R_{cm} - 1.64$

◇ La  $R_{ck}$  debe ser " que la resistencia nominal del ladrillo. Si no es así: SE RECHAZA LA PARTIDA.

• HELADICIDAD:

- ◆ Sólo para LV. Deben ser NO HELADIZOS.
- ◆ Se toman 12 ladrillos enteros y numerarlos del 1 al 12.
- ◆ Cortarlos por serrado transversal, designando a 12 mitades A y a las otras 12 B, de forma 1.A, 2.A, 1.B, 2.B, etc.
- ◆ A las 12 mitades A se les somete a 25 ciclos de hielo-deshielo, y a las 12 mitades B se reservan para el posible ensayo comparativo de resistencia a compresión.
- ◆ Las 12 mitades A se introducen el tanque de agua a temperatura de  $15^\circ \pm 5^\circ$  durante 48 h.
- ◆ No sumergir de golpe. La inmersión completa tardará no menos de 3h.
- ◆ Pasadas las 48 h sacar los ladrillos del agua, escurrirlos durante 1 min. Y luego se introducen en cámara frigorífica a temperatura de  $-15^\circ \pm 5^\circ$  durante 18 h.
- ◆ Se sacan y se meten en el tanque de deshielo (el mismo de antes) durante 6 h.
- ◆ Este ciclo se repetirá 25 veces.

◆ RESULTADOS:

◇ Si al final de los 25 ciclos se observan exfoliaciones, desconchados o fisuras, se dará por finalizado el ensayo, considerando al ladrillo como HELADIZO.

◇ Si no es así, o hay dudas, se deberá realizar el ensayo comparativo de resistencia a compresión.

◇ Para ello se preparan 6 probetas con la serie A (correlativas: 1.A-2.A, 3.A-4.A, etc.) y otras 6 probetas con la serie B (correlativas). Se rompe cada probeta en la máquina de rotura a compresión. Se obtiene el valor medio de cada serie:  $R_{mA}$  y  $R_{mB}$ .

◇ Se calcula  $K = \frac{R_{mA}}{R_{mB}}$

◇ Si:

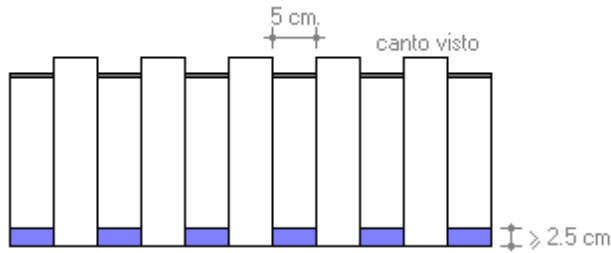
- $K < 0.7$  ! HELADIZO
- $0.7 \leq K < 0.8$  ! POTENCIALMENTE HELADIZO
- $K \geq 0.8$  ! NO HELADIZO

+ EFLORESCENCIAS:

- Son manchas superficiales en las caras de los ladrillos, generalmente blanquecinas y producidas por la cristalización de sales solubles arrastradas por el agua hacia el exterior del ladrillo en los ciclos de

humectación-secado.

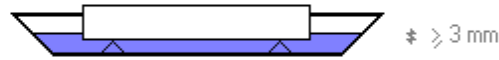
- Los ladrillos de clase V deberán obtener la clasificación de:
  - ♦ NO EFLORESCIDOS
  - ♦ ó LIGERAMENTE EFLORESCIDOS.
- PROCEDIMIENTO:
  - ♦ Se cogen 6 ladrillos enteros y se conserva 1 como patrón. Los otros 5 se someten a ensayo.



- ♦ Se introducen las 5 probetas apoyadas por el canto en un recipiente que no produzca sales, lleno de agua destilada y con cierre que sólo deje visto el canto visto del ladrillo.
- ♦ El nivel de agua destilada debe ser  $> 2.5$  cm. Desde la base del recipiente.
- ♦ Se ajusta el cierre, debiendo tener los ladrillos una separación entre tablas de 5 cm. Así permanecerán 7 días.
- ♦ Se sacan y se introducen las 5 probetas más la patrón en estufa a  $110^{\circ}$  durante 24 h.
- ♦ Se sacan y se colocan para contrastarlas.
- ♦ RESULTADOS:
  - ◊ Se colocan los 6 ladrillos juntos apoyados por una testa y separados suficientemente para observar los cantos vistos, pudiendo ser:
    - NO EFLORESCIDO: no se observa diferencia con el ladrillo patrón.
    - LIGERAMENTE EFLORESCIDO: se observa un velo homogéneo blanquecino de capa fina en todo el canto, o bien, cuando se observan manchas blanquecinas en las aristas y vértices del canto visto.
    - EFLORESCIDO: existen manchas diferenciadas en el canto visto o cuando la eflorescencia invade la totalidad de las caras vistas.
  - ◊ La calificación de la muestra será la del mayor número de piezas, salvo que exista 1 pieza eflorescida, en cuyo caso se repetirá en ensayo. Si hubiera más 1 pieza eflorescida SE RECHAZA.

#### + SUCCIÓN:

- Es la capacidad de imbibición de agua por capilaridad mediante la inmersión parcial del ladrillo en un periodo corto de tiempo (1 min).
- En ningún caso la succión será  $> 0.45 \text{ gr/cm}^3 \times 1 \text{ minuto}$ .
- PROCEDIMIENTO:
  - ♦ La muestra será de 6 ladrillos enteros.
  - ♦ Se pesa el ladrillo y se deseca a temperatura de  $110^{\circ}$  hasta peso constante, obteniendo así el peso desecado Pd.
  - ♦ Se mide el área de la cara que va a estar en contacto con el agua (generalmente 1 tabla) descontando la superficie de los taladros (si los tiene), obteniéndose así el área A.



- ♦ Se coloca el ladrillo según croquis y se llena la bandeja de agua hasta el borde, manteniendo ese nivel.
- ♦ Se mantiene en esta posición durante 1 min. Se saca de la bandeja, se seca con un paño y se pesa, obteniendo el peso  $Q$ .
- ♦ La succión será:  $S = \frac{Q - P_d}{A}$  (gr/cm<sup>3</sup> x 1 minuto)

◇ RESULTADOS:

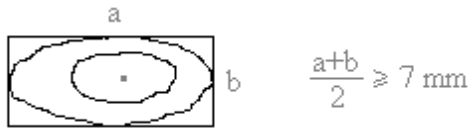
- Como resultado se dará el valor individual de cada probeta y el valor medio de las 3 determinaciones, debiendo ser el valor " 0.45.
- Si fuera mayor SE RECHAZA.

+ COLORACIÓN:

- Los ladrillos con la clase V tendrán una coloración uniforme, aunque podrán presentar variaciones en tonos e intensidad, siempre que se mantenga una entonación homogénea a lo largo de todo el suministro de la obra.
- Los ladrillos de clase V coloreados superficialmente se someterán a un ensayo de cocción en horno eléctrico a 600° durante 2 h, no debiendo sufrir las superficies de las caras coloreadas variación de color ni de aspecto.

+ DEFECTOS:

- Los ladrillos no presentarán defectos que deterioren el aspecto de la fábrica y que pongan en peligro su durabilidad.
- La Norma distingue los siguientes defectos: fisuras, exfoliaciones y desconchados por caliche.
  - ♦ Fisuras:
    - ◇ Son las hendiduras más p menos irregulares que afectan a la totalidad del espesor de una pared del ladrillo.
    - ◇ Tomando 6 ud. De la muestra no se admitirá más de una pieza fisurada.
  - ♦ Exfoliaciones:
    - ◇ Engloban todos los defectos de moldeo, consistentes en una estructura hojosa o laminar del ladrillo.
    - ◇ Ningún ladrillo de la muestra presentará síntomas de exfoliación.
  - ♦ Desconchados por caliche:
    - ◇ Caliche: grano de CaO (óxido cálcico) producido durante la cocción del ladrillo que se expansiona al hidratarse, dando lugar a la aparición de desconchados.
    - ◇ Desconchado: desprendimiento de una parte superficial del material, de dimensión media superior a 7 mm (cráter más o menos profundo en el ladrillo)
    - ◇ La dimensión media de un desconchado en la media aritmética de los lados del menor rectángulo circunscrito a dicho desconchado.



- ◇ Tomando 6 ud. De la muestra no se admitirá más de 1 pieza que tenga 1 desconchado por caliche en sus caras no perforadas, y en ningún caso que el desconchado tenga una dimensión > 15 mm. Si es así SE RECHAZA.

### **ENSAYOS DE YESOS Y ESCAYOLAS**

#### **+ FÍSICO-MECÁNICOS:**

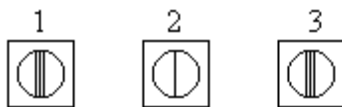
##### **• TRABAJABILIDAD:**

#### **A) Yeso de amasado a saturación:**

- ◇ Se cogen 100 gr de agua destilada (ph 6.5-7) a temperatura de 20°.
- ◇ Se vierten en un recipiente cilíndrico con cuidado de no mojar las paredes laterales, y se pesa el conjunto ( $P_i = P_{\text{recip}} + P_{\text{agua}}$ )
- ◇ Se espolvorea yeso hasta que quede una película en la que no veamos el agua (aproximadamente 3 min)
- ◇ Se deja reposar unos 40 seg, y volverá a aflorar agua.
- ◇ Se vuelve a espolvorear yeso hasta que no se vea el agua, y así hasta que definitivamente no vuelva a aflorar agua. Este proceso nunca deberá superar los 4 min.
- ◇ Se pesa el recipiente con el agua y el yeso.  $P_f = P_{\text{agua}} + P_{\text{recip}} + P_{\text{yeso}}$
- ◇ Y obtenemos:  $P_{\text{yeso}} = P_f - P_i$
- ◇ Se realiza esta operación 3 veces y se hace la media de los 3 pesos, no debiendo haber una variación de los resultados parciales > 5 gr.

#### **B) Tiempo de pasar del estado líquido al plástico (Tiempo de principio de fraguado):**

- ◇ Se toman 100 gr de agua y se espolvorea el yeso obtenido para el amasado a saturación ( $P_{\text{yeso}}$ ) en un tiempo máximo de 2 min.
- ◇ Al empezar a espolvorear se pone el cronómetro en marcha ( $T_o$ )
- ◇ Se remueve con una varilla y se vierte el contenido sobre 3 placas de vidrio de 10x10 cm, formándose una masa en forma de galleta de un espesor medio de 5 mm.
- ◇ Sobre 2 de estas galletas se realizan cortes cada 30 seg con un cuchillo de hoja recta y limpia (limpiar y secar cada vez)
- ◇ Se considera terminado el ensayo cuando los bordes de las hendiduras hechas por el corte no se unen. Este es el tiempo, contado desde  $T_o$ , en pasar el yeso del estado líquido al plástico ( $T_1$ ), también denominado principio de fraguado.

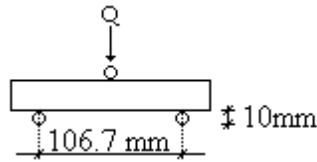


#### **C) Duración del estado plástico:**

- ◇ Se ejerce una presión con la yema del dedo índice con una fuerza de 5 kp aproximadamente, y con un radio de 6–10 mm, presionando en el centro de la galleta cada 5 seg (se hace en las galletas 1 y 3)
- ◇ Se considera duración del estado plástico desde que los bordes de la hendidura no se unan hasta que no se deja huella con el dedo, acabando aquí el fraguado.
- ◇ El tiempo final de fraguado se cuenta desde To.

• RESISTENCIA A FLEXOTRACCIÓN:

- ◆ Se utilizan 3 probetas de 40x40x160 mm y una pasta con relación w/c de 0.8 realizando 2 amasadas.
- ◆ Se cogen 640 gr de agua y 800 gr de yeso. Se remueve la pasta durante 2 min y se vierte en el molde, debiendo sobrepasar la superficie del mismo.
- ◆ Al endurecer se quita el sobrante y se alisa sin producir presión.
- ◆ Al fraguar se desmoldan las probetas y se meten en cámara húmeda en posición vertical durante 5 días.
- ◆ Pasado este tiempo se sacan de la cámara húmeda y se introducen en estufa (110°) durante 48 h, y pasado este tiempo se introducen en desecador durante 3 h para enfriarlas.
- ◆ Se someten las 6 probetas resultantes al ensayo de rotura por flexotensión. Para ello colocamos la probeta según croquis:



- ◆ No someter a carga directa la cara en la que se enrasó la probeta. Se usan siempre las caras laterales.
- ◆ La carga se aumentará a razón de 5 kp/seg hasta rotura.
- ◆ Siendo:  $R_f = \frac{3Ql}{2ab^2}$
- ◆ Se obtiene la resistencia de las probetas de las series A y B. Se calcula el valor medio de cada amasada (RmA, RmB) no debiendo diferir ningún valor individual con respecto a la media en  $\pm 5\%$ .
- ◆ Si cumple, se obtiene el valor medio total (Rm)
- ◆ RmA y RmB no diferirán en  $\pm 15\%$  del valor de la media total (Rm)
- ◆ Si no cumple con cualquiera de los % SE ANULA el ensayo.

• DETERMINACIÓN DE LA FINURA DE MOLIDO:

- ◆ Se determina por tamizado de una muestra con el tamiz de 0.2 que tiene tapa y fondo.
- ◆ En las escayolas la muestra se pasará también por el tamiz 0.8.
- ◆ PROCEDIMIENTO:
  - ◇ Se toman 100 gr de yeso desecado en estufa hasta peso constante (Pi)
  - ◇ Se colocan en el tamiz poniendo el fondo y la tapa.
  - ◇ Tamizamos imprimiendo un movimiento de vaivén, y cada 50 sacudidas se golpean ligeramente los laterales.
  - ◇ El tamizado se considera concluido si durante 1 min no pasa por el tamiz más de 0.05 gr de yeso.
  - ◇ Se pesa el yeso retenido en el tamiz (P.ret)

◇ Siendo:  $\% F.M. = \frac{P_{ret}}{P_i} 100$

◇ Se efectuarán dos determinaciones con proporciones distintas de yeso.

◇ El resultado será la media de ambas determinaciones, siempre que la diferencia entre ambos resultados no sea superior al 0.5% del valor medio.

#### + QUÍMICOS:

##### • AGUA LIBRE:

◆ Se toman por cuarteo 500 gr de yeso de la muestra recibida en el laboratorio.

◆ De estos 500 gr se cogen 50 gr (Pi)

◆ Se desecan en estufa a 42° durante 2h.

◆ Se enfría en desecador con gel de sílice y se vuelve a pesar (Pf)

◆ Siendo:  $\% \text{ AGUA LIBRE} = \frac{P_i - P_f}{P_i} 100$

##### • AGUA QUÍMICAMENTE COMBINADA:

◆ Se toma aproximadamente 1 gr de la muestra desecada anteriormente (Pi).

◆ Se coloca en un crisol y se introduce en un horno a 250° hasta peso constante, o a 400° durante 1 h.

◆ Se saca y se enfría en desecador con gel de sílice, y se pesa de nuevo (Pf)

◆ Siendo:  $\% \text{ AGUA COMBINADA} = \frac{P_i - P_f}{P_i} 100$

##### • DETERMINACIÓN DEL pH O ACIDEZ:

◆ Se determina por la medida de la diferencia de potencial de una pila eléctrica formada por una lámina de platino introducida en la disolución a ensayar y un electrodo patrón.

##### ◆ PROCEDIMIENTO:

◇ Se utiliza un pHmetro comercial.

◇ Se confecciona una serie de disoluciones patrón de pH conocido.

◇ Se calibra el pHmetro con las disoluciones patrón.

◇ Preparación de la muestra: disolución de yeso con relación w/y igual a 2. Se agita durante 3 min y se deja reposar durante 2 min.

◇ En el líquido sobrenadante se introducen los electrodos del pHmetro, efectuando 3 medidas en la misma disolución.

◇ Se acepta como pH del yeso el valor medio de las 3 determinaciones, no admitiéndose una dispersión superior a 0.2 ud de pH.

##### • DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PUREZA:

◆ El índice de pureza de un yeso es el contenido teórico total de sulfato de calcio (SO<sub>4</sub>Ca) y agua combinada del producto, expresado en % en peso y referido a la muestra desecada a 45°, viviendo dado por la expresión: % I.P. = 1.7·(% SO<sub>3</sub>=) + (% A.C.)

#### ENSAYOS DE CEMENTOS

#### + GENERALIDADES:

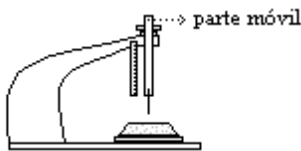
- Repetibilidad: nos da el intervalo entre dos resultados sucesivos obtenidos con el mismo procedimiento y producto en un espacio corto de tiempo y con las mismas condiciones de operario, aparato y laboratorio.
- En todos los ensayos las masas se expresan en gr con precisión diezmilésimal.
- Así mismo los volúmenes se expresarán en ml con precisión centesimal.

#### + DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA POR CALCINACIÓN. PÉRDIDA AL FUEGO:

- Se realiza en una atmósfera oxidante, calcinando la masa a  $975 \pm 25^\circ$  eliminándose el gas carbónico y el agua, oxidándose los elementos oxidantes presentes, lo que nos permite cuantificar las impurezas de dicho cemento.
- PROCEDIMIENTO:
  - ♦ Se coge 1 gr de cemento de la muestra ( $P_i$ )
  - ♦ Se introduce en el horno eléctrico y se calcina durante 5 min a  $975 \pm 25^\circ$  dejando la muestra en el horno 5 min más acabada la calcinación.
  - ♦ Se enfría en el desecador con gel de sílice y se pesa hasta masa constante ( $P_f$ ).
  - ♦ Siendo:  $\% \text{ P.F.} = \frac{P_i - P_f}{P_i} 100$

#### + ESTABILIDAD DE VOLUMEN Y DETERMINACIÓN DE TIEMPO DE FRAGUADO:

- *Determinación de una pasta de masa constante:*
  - ♦ Se utiliza el aparato de Vicat. El peso de las partes móviles del aparato es 300 gr. Dispone de una sonda de 50 mm de longitud y " 10 mm
  - ♦ Se dispone de un molde de caucho duro de forma troncocónica y de una placa de vidrio.



- ♦ PROCEDIMIENTO:
  - ♦ Se pesan 500 gr de cemento y 140 gr de agua aproximadamente.
  - ♦ En el recipiente de la amasadora se echa primero el agua y posteriormente el cemento.
  - ♦ Cuando se termina de añadir el cemento al agua empieza el tiempo 0 ( $T_0$ )
  - ♦ Se amasa a velocidad lenta durante 90 seg, se para 15 seg y se vuelve a amasar otros 90 seg.
  - ♦ El amasado debe acabarse en un tiempo aproximado de 3 min.
  - ♦ Posteriormente se coge el molde, se llena y se alisa.
  - ♦ Se calibra el aparato de Vicat. Se baja la sonda hasta que haga contacto con la pasta y se suelta la parte móvil.
  - ♦ A los 30 seg se lee la penetración. Si la distancia entre la placa base y la sonda es de  $6 \pm 1$  mm se dará por terminado el ensayo.
  - ♦ Si no es así se cambiará el % de agua hasta que esto ocurra.
  - ♦ Una vez obtenida la cantidad de agua la anotamos, la cual será la necesaria para obtener una pasta de consistencia normal.
- *Determinación del tiempo de fraguado:*
  - ♦ Utilizando una pasta de consistencia normal, determinada según Norma correspondiente, llenamos el molde de caucho con dicha pasta.



- ◆ Se coge el aparato de Vicat y se sustituye la sonda por una aguja.
- ◆ Se coloca el molde con la pasta en el aparato (dando la vuelta al molde con respecto a la determinación de pasta de consistencia normal)
- ◆ Se baja la aguja hasta ponerla en contacto con la superficie de cemento (añadiendo el peso necesaria a la parte móvil hasta alcanzar los 300 gr)
- ◆ La aguja penetrará en la masa, y cuando entre la aguja y la placa base halla una distancia mínima de  $4 \pm 1$  mm tomamos ese tiempo como el de principio de fraguado con precisión de  $\pm 5$  min.
- ◆ Se recomienda hacer los pinchazos en la masa con una separación de 10 mm, tanto del pinchazo exterior como del molde.
- ◆ Se invierte el molde y se coloca en la aguja un accesorio anular para medir pequeñas penetraciones.
- ◆ Cuando la aguja penetre 0.5 mm en la pasta o cuando el accesorio anular deja por primera vez de hacer señal en la masa se tomará ese como el tiempo de final de fraguado, con precisión de  $\pm 15$  min.

#### + ENSAYO DE EXPANSIÓN O ESTABILIDAD DE VOLUMEN:

- Se realiza con una pasta de consistencia normal.
- La expansión del cemento puede producirse al hidratarse la cal y la magnesia libres.
- Para determinar dicha expansión utilizamos un molde de latón con unas agujas en su extremo, denominado agujas de Le Chatelier.
- El molde tiene una elasticidad tal que permite desplazar las agujas hasta  $17 \pm 2.5$  mm
- PROCEDIMIENTO:
  - ◆ Se realiza el ensayo sobre probeta de pasta de consistencia normal.
  - ◆ Se rellena el molde sin compactar evitando que las agujas se separen. Lo colocamos entre dos placas de vidrio de 75 gr de peso.
  - ◆ Se introduce el conjunto en cámara húmeda durante 24 h. Al pasar dicho tiempo se mide la distancia entre las agujas ( $L_i$ )
  - ◆ Posteriormente se sumerge el conjunto en agua y se calienta durante 30 min hasta ebullición, manteniéndole en este estado durante 3 h.
  - ◆ Se deja enfriar a temperatura ambiente y se mide la separación entre los extremos de las agujas ( $L_f$ )
  - ◆ Siendo la expansión:  $Exp = L_f - L_i$  "10 mm
  - ◆ Si se rebasa esta distancia se considera que el cemento es expansivo, y se procederá de la siguiente manera:
    - ◇ Se coge la muestra de cemento, se extiende sobre una superficie lisa e impermeable en un lugar ventilado, no siendo la capa de cemento superior a 7 cm, durante 7 días.
    - ◇ Transcurrido este periodo de tiempo se repetirá el ensayo.
    - ◇ Si en este segundo ensayo no resulta expansivo lo ACEPTO.
    - ◇ En caso contrario lo RECHAZO.

#### + DETERMINACIÓN DEL RESIDUO INSOLUBLE:

- Este ensayo no se realiza a los cementos que tengan en su composición principal puzolanas y/o cenizas volantes.
- *Determinación mediante ácido clorhídrico (Cl H) y carbonato sódico:*
  - ◆ Se coge una muestra de cemento de 1 gr ( $P_i$ )
  - ◆ Se trata con una disolución de Cl H.
  - ◆ El residuo resultante se ataca con una disolución hirviendo de carbonato sódico.
  - ◆ Se calcina ( $1000^\circ$ ) hasta masa constante, consiguiendo así el peso del residuo ( $P_{res}$ )

♦ Siendo:  $\% R.I. = \frac{P_i}{P_{res}} 100$

- *Determinación mediante Cl H e hidróxido potásico:*

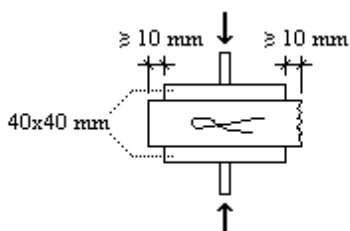
♦ Igual que el anterior sustituyendo el carbonato sódico por hidróxido potásico.

#### + ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN:

- Se realiza fabricando probetas cilíndricas de mortero normalizado con una relación en peso de 1:3:0.5 partiendo de 450 gr de cemento y con una arena rica en sílice.

- **PROCEDIMIENTO:**

- ♦ En el recipiente de la amasadora se echa el agua y el cemento. Se pone a velocidad lenta. A los 30 seg se añade la arena. Se deja amasando durante 90 seg y posteriormente otros 60 seg a velocidad rápida.
- ♦ Se introduce la pasta resultante en los moldes, rellenándolo en dos tongadas.
- ♦ Se alisa la superficie y se lleva el conjunto a la cámara húmeda.
- ♦ A las 24 h se desmoldan las probetas. Si el ensayo es a la edad de 24 h se desmoldarán 20 min antes de la rotura.
- ♦ Se sumergen en agua con separación mínima entre probetas de 5 mm, y se sacan 15 min antes del ensayo.
- ♦ A la edad requerida se coge la probeta y se le somete a la prensa de rotura por flexotracción (nunca cargando sobre la cara enrasada)
- ♦ Se obtienen dos medias probetas que se mantendrán húmedas hasta someterlas a la máquina de compresión.



Si estas distancias no se pueden cumplir por la forma de rotura de la probeta SE REPETIRÁ el ensayo.

- ♦ Se ensayan las 6 semiprobetas a compresión, colocándolas en los platos de la prensa sobre las caras laterales, y sometiéndolas a esfuerzo hasta rotura.
- ♦ Se saca el valor medio de las 6 determinaciones, no debiendo diferir ningún valor individual en  $\pm 10\%$  del valor medio.
- ♦ Si esto ocurre con un valor se desecha dicho valor y se vuelve a hacer la media con las 5 determinaciones restantes.
- ♦ Si hubiera más de un valor que difiriera en  $\pm 10\%$  se repetirá el ensayo.

#### + PESO ESPECÍFICO REAL:

- Se coge un volumenómetro de Le Chatelier.
- Se llena con un líquido que no reaccione con el cemento hasta un nivel de 1cm<sup>3</sup> (Li)
- Se introducen 64 gr de cemento poco a poco. Se coloca un tapón y se gira el volumenómetro para poder libera el aire.
- Se vuelve a girar y se anota la lectura del nuevo nivel (Lf).

• Siendo: 
$$\rho = \frac{P_{cem}}{L_f - L_i}$$

#### + HUMEDAD:

- Se coge un recipiente con tapadera y se pesa (P1)
- Se introducen entre 8 y 10 gr de cemento y se vuelve a pesar (P2)
- Se mete todo en estufa (110°) durante 2 h.
- Se introduce en desecador de gel de sílice para enfriarlo.
- Se vuelve a pesar (P3)
- Siendo: 
$$\% H = \frac{P_2 - P_3}{P_2 - P_1} 100$$
- Se harán 2 determinaciones por duplicado y en días distintos, siendo el resultado la media de las dos.

#### + FINURA DE MOLIDO:

- *Tamizado en seco:*
  - ♦ Se utiliza un tamiz cilíndrico con abertura de malla de 90 (micras)
  - ♦ Se pesan unos 10 gr de cemento (Pi) y se introducen en el tamiz colocando la tapa posteriormente.
  - ♦ Se agita hasta que dejen de pasar finos.
  - ♦ Se pesa lo retenido en el tamiz (Pret)
  - ♦ Se repite con otros 10 gr y se calcula el residuo medio. Si difiere en ±1% se realiza un tercer tamizado y se hace la media de los 3.
  - ♦ Siendo: 
$$\% F.M. = \frac{P_{ret}}{P_i} 100$$
- *Tamizado en húmedo:*
  - ♦ Se coloca 1 gr de cemento en el tamiz de 45
  - ♦ Se coloca el tamiz en una tobera de pulverización.
  - ♦ Se ajusta la presión y se lava el tamiz durante 1 min.
  - ♦ Se quita el tamiz y se seca en estufa.
  - ♦ Se enfría, se separa y pesa lo retenido (Pret)
  - ♦ Siendo:  $\% F = 100 - 100 \cdot Pret$

#### + DETERMINACIÓN DE CLORUROS:

- El contenido de cloruros en los cementos se determina en la disolución que resulta del ataque a la muestra de cemento con ácido nítrico diluido.
- Para ello se trata la muestra de cemento con el ácido y se calienta hasta ebullición para facilitar el ataque y además eliminar los sulfuros.
- Los cloruros presentes en la disolución nítrica se precipitan a cloruro de plata (que es el residuo que vamos a pesar) por la adición de una disolución de nitrato de plata.

#### + DETERMINACIÓN DE SULFUROS:

- El contenido de sulfuros en los cementos se determina por transformación de los mismos en sulfuro de hidrógeno (*método de evolución*)
- Se ataca la muestra de cemento con ácido clorhídrico diluido.
- Posteriormente se precipita en una disolución a base de amoníaco y cloruro de cadmio, pesando el residuo resultante.

### **ENSAYOS DE ACEROS**

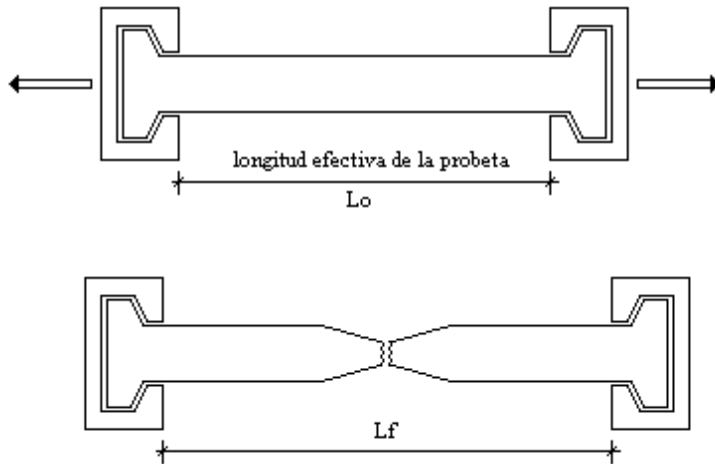
#### + ACEROS DESTINADOS A ESTRUCTURAS:

- QUÍMICOS:

- ♦ Se hacen para ver si cumplen los porcentajes marcados en la EA-95 respecto a carbono, fósforo, azufre y nitrógeno.

- TRACCIÓN:

- ♦ Mediante este ensayo se obtiene el límite elástico ( e ) del acero y el alargamiento en %
- ♦ Para ello se coge una probeta (rectangular según Norma)
- ♦ Se somete la probeta a la máquina de tracción hasta rotura.



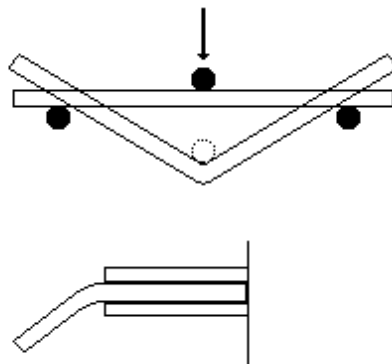
$$\diamond \%A = \frac{Lf - L0}{L0} 100$$

$$R_T = \frac{Q_{rot}}{S_i}$$

- ♦ NOTA: resultados según EA-95

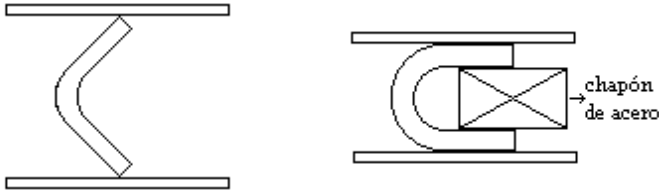
- DOBLADO:

- ♦ 1ª fase:
  - ♦ Se coge una probeta normalizada.
  - ♦ Se coloca en la prensa de doblado de forma que una vez hecho el doblado no se presenten grietas ni desprendimientos de material en dicho doblado.



♦ 2ª fase:

◊ Una vez sometido al doblado parcial la doblamos por completo según croquis.

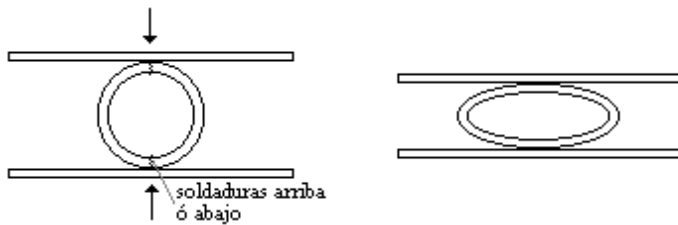


◊ Se someterá la pieza a esta segunda fase siempre y cuando en la primera fase no aparezcan grietas o desprendimientos de material.

♦ Resultados según EA-95

• APLASTAMIENTO:

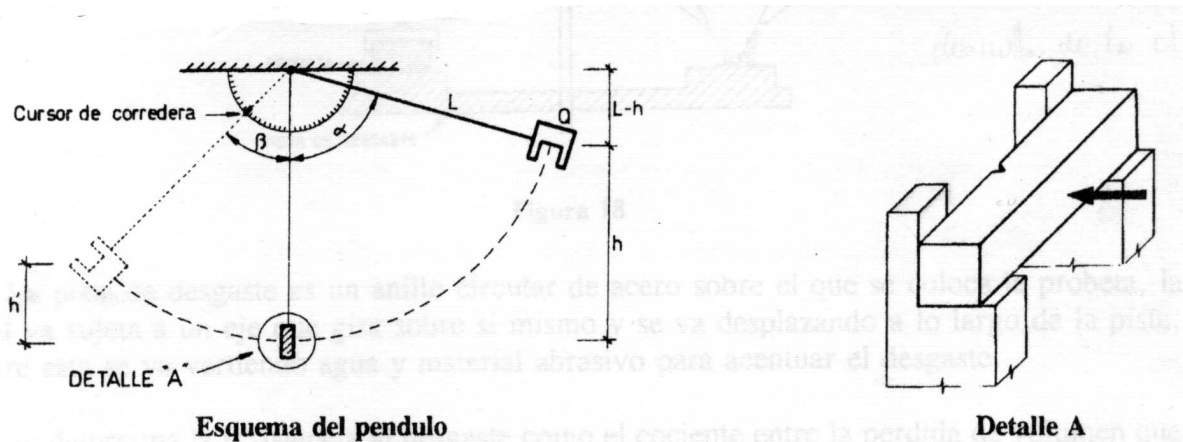
♦ Sólo para los productos huecos.



♦ Consiste en someter a aplastamiento por prensado a la pieza, no debiendo presentar fisuras, grietas ni desconchados de material.

• RESILIENCIA O PÉNDULO DE CHARPY:

♦ Se trata de medir la energía absorbida en el ensayo de flexión por choque sobre probeta entallada de 10x10x55 mm.



♦ Para ello se utiliza el péndulo de Charpy, que consta de dos brazos para fijar la probeta y en la parte superior unidos por un eje del que cuelga el péndulo (casquete esférico entallado de distinto peso) mediante una varilla unida al eje.

♦ Lleva un mecanismo de piñón para evitar el retroceso.

♦ Siendo:  $\varphi = \frac{T}{S}$

T=F·e S=sección descontando entalladura

♦ Ejemplo: Del ensayo de resiliencia realizado con péndulo de Charpy se ha obtenido:

· probeta normalizada de 55x10x10 mm

· entalladura: 2 mm

· peso del péndulo: 20 kg

· altura inicial: 1.5 m

· altura final: 0.26 m

♦  $S = (10-2) \cdot 10 = 80 \text{ mm}^2$

♦  $T = 20 \cdot (1.5 - 0.26) = 24.8 \text{ kgm}$

♦  $\varphi = \frac{24.8}{80} = 0.31$

Kgm/mm<sup>2</sup>

+ ACEROS PARA HORMIGÓN SEGÚN EHE-98:

• ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO EQUIVALENTE:

♦ De una barra de la muestra se corta una barreta de 50 cm aproximadamente.

♦ Se limpia con un cepillo hasta eliminar las incrustaciones o capas de óxido que tenga.

♦ Se mide y se pesa, con precisión de 1 cm y de 1 gr respectivamente.

♦ Posteriormente se calcula la sección media efectiva de la barra.

♦ Se halla la sección equivalente en cm<sup>2</sup>:  $\Omega_E = \frac{P(\text{gr})}{7.85(\text{gr/cm}^3) \cdot \text{long}(\text{cm})}$

♦ Para las características mecánicas se utiliza la sección nominal.

♦ El fabricante debe garantizar las características que definan el material, debiendo constar todas en una ficha que acompaña al material.

♦ Asimismo debe garantizar la sección equivalente, no la nominal.

• ENSAYO DE TRACCIÓN DE ACEROS A TEMPERATURA AMBIENTE:

♦ Se toma una muestra formada por una barreta de unos 50 cm y se sujeta en la prensa mediante unas mordazas.

♦ Se somete a tracción y se va midiendo la deformación que se produce con la aplicación de la carga.

♦ Q<sub>y</sub> ! f<sub>y</sub> = límite elástico: deformación proporcional a la carga.

♦ Para determinar el límite elástico se procede de la siguiente manera:

♦ Al llegar a Q<sub>y</sub> (establecida por el fabricante para el material) se deja de aumentar la carga y se apunta lo que marca la aguja en la máquina.

♦ Posteriormente se sigue aumentando la carga hasta Q<sub>s</sub>, volviendo a apuntar la lectura de la aguja.

♦ Se marca en un gráfico a escala Q<sub>y</sub> y Q<sub>s</sub> marcando posteriormente la distancia a origen de ambas cargas (d<sub>1</sub> y d<sub>2</sub>), obteniendo mediante la siguiente proporcionalidad:

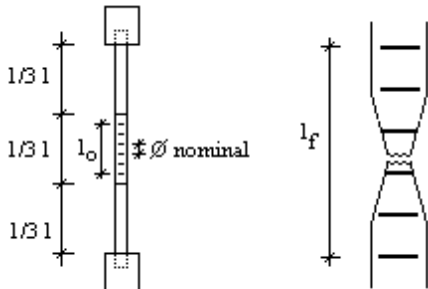
$$\frac{Q_s}{d_2} = \frac{Q_y}{d_1} \quad \text{de aquí obtengo } Q_y$$

$$\text{y hallo } f_y = \frac{Q_y}{S_{\text{nominal}}}$$

♦ ACRITUD: es cuando el material al pasar al estado plástico y después de mostrar un agotamiento (escala de cedencia) si se le sigue aumentando la carga el material vuelve a mostrar resistencia, no siendo proporcional la deformación con el aumento

de la carga.

- ◇ **ALARGAMIENTO DE ROTURA:** se mide en % sobre 5 diámetros nominales. Si la barra está bien fabricada y es homogénea debe romper por tracción en el tercio central de la longitud sometida a esfuerzo, es decir, sin mordazas. Para demostrar esto marcamos la barra con marcas con separación el diámetro nominal, para posteriormente comparar la distancia entre las 6 marcas y después del ensayo, determinando el alargamiento de la siguiente manera.



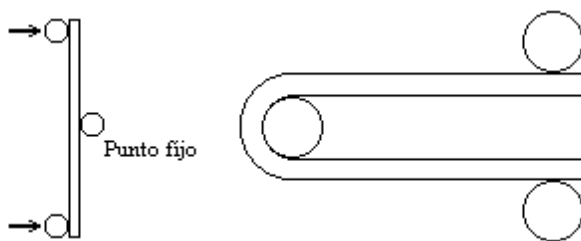
l<sub>0</sub>: distancia entre las 6 marcas antes del ensayo

l<sub>i</sub>: distancia entre las 6 marcas después del ensayo

$$\% A = \frac{l_f - l_o}{l_o} \cdot 100$$

- **ENSAYO DE DOBLADO SIMPLE:**

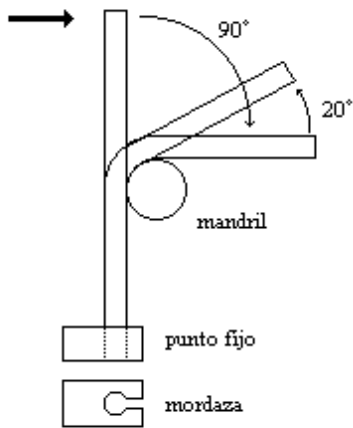
- ◆ Se toma una barreta y se coloca en la máquina plegadora.
- ◆ Se procede a su doblado con el radio de giro marcado en la Norma y que depende directamente del diámetro de la barra.
- ◆ Se dobla 180° respecto de la posición inicial.



- ◆ No deben aparecer fisuras, grietas o desprendimientos de material.

- **ENSAYO DE DOBLADO-DESDOBLADO:**

- ◆ Se toma una barreta y se coloca en la dobladora.
- ◆ Acoplamos el mandril correspondiente según el diámetro nominal de la barra (tabla art.31)



- ◆ Se dobla la barra 90°
- ◆ Se desdobra 20° en sentido contrario.
- ◆ No debe presentar grietas, fisuras o desprendimientos de material durante o después del ensayo.

+ EJEMPLO 1:

- Se ensaya una barreta de acero corrugado con dureza obtenida ....., habiéndose obtenido los siguientes datos:

- ◆ Longitud: 70 cm
- ◆ Peso: 1702 gr
- ◆ Lectura final después de rotura a tracción: 75 cm
- ◆ Mordaza: 6.5 cm
- ◆ Incremento de longitud localizado sobre la base de rotura: 16 mm
- ◆ Carga de rotura: 18200 kp
- ◆ Carga en el límite elástico: 16400 kp

- Se pide calcular todo lo calculable, es decir:

- ◆ sección equivalente
- ◆ diámetro equivalente
- ◆ diámetro nominal
- ◆ longitud inicial localizada
- ◆ longitud final localizada
- ◆ % alargamiento localizado
- ◆ % alargamiento total
- ◆ nivel de confianza o capacidad de aviso
- ◆ tipo de acero

- RESOLUCIÓN:

◆ sección equivalente:  $\Omega_E = \frac{P}{7.85 l} = \frac{1702}{7.85 \cdot 70} = 3.09 \text{ cm}^2$

◆ diámetro equivalente:  $d_E = \sqrt{\frac{4 \Omega_E}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3.09}{3.14}} = 1.98 \text{ cm}$

- ◆ diámetro nominal: 1.98 cm = 19.8 mm ! "nominal = 20 mm
- ◆ longitud inicial localizada:  $L_o = 5 \cdot "nominal = 5 \cdot 20 = 100 \text{ mm}$
- ◆ longitud final localizada:  $L_o + l = 100 + 16 = 116 \text{ mm}$



- ♦  $\% \text{ alargamiento localizado} = \frac{\Delta l_i}{L_{o_i}} 100 = \frac{16}{100} 100 = 16\%$
- ♦  $\% \text{ alargamiento total} = \frac{L_{f_{\text{barreta}}} - L_{o_{\text{barreta}}}}{L_{o_{\text{barreta}}} - 2 l_{\text{barreta}}} 100 = \frac{75 - 70}{70 - 2 \cdot 6.5} 100 = 8.77\%$
- ♦  $f_s = \frac{Q_{\text{rot}}}{S} = \frac{18200}{\pi \cdot 1^2} = 5793.24 \text{ kg/cm}^2 \quad \frac{9.8}{100} = 567.73 \text{ N/mm}^2$
- ♦  $f_y = \frac{Q_y}{S} = \frac{16400}{\pi \cdot 1^2} = 5220 \text{ kg/cm}^2 \quad \frac{9.8}{100} = 511.59 \text{ N/mm}^2$
- ♦  $\text{nivel de confianza o capacidad de aviso} = \frac{f_s}{f_y} = \frac{567.73}{511.59} = 1.11$
- ♦ Comparando en las tablas de la EHE deduzco que el tipo de acero es: B-500S " 20 mm

+ EJEMPLO 2:

- De la barreta de acero corrugado se conocen los siguientes datos:
  - ♦ Longitud: 60 cm
  - ♦ Peso: 563 gr
  - ♦ Lectura final después de rotura a tracción: 64.5 cm
  - ♦ Mordaza: 6 cm
  - ♦ Incremento de longitud localizado sobre la base de rotura: 11 mm
  - ♦ Carga de rotura: 6580 kp
  - ♦ Carga en el límite elástico: 5350 kp

• Se pide definir el tipo de acero.

• RESOLUCIÓN:

- ♦  $\Omega_E = \frac{P}{7.85 l} = \frac{563}{7.85 \cdot 60} = 1.19 \text{ cm}^2$
- ♦  $d_E = \sqrt{\frac{4 \Omega_E}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1.19}{3.14}} = 1.23 \text{ cm}$
- ♦ diámetro nominal:  $1.23 \text{ cm} = 12.3 \text{ mm}$  ! "nominal = 12 mm
- ♦ longitud inicial localizada:  $L_o = 5 \cdot \text{"nominal} = 5 \cdot 12 = 60 \text{ mm}$
- ♦ longitud final localizada:  $L_o + l = 60 + 11 = 71 \text{ mm}$
- ♦  $\% \text{ alargamiento localizado} = \frac{\Delta l_i}{L_{o_i}} 100 = \frac{11}{60} 100 = 18.3\%$
- ♦  $\% \text{ alargamiento total} = \frac{L_{f_{\text{barreta}}} - L_{o_{\text{barreta}}}}{L_{o_{\text{barreta}}} - 2 l_{\text{barreta}}} 100 = \frac{64.5 - 60}{60 - 2 \cdot 6} 100 = 9.4\%$
- ♦  $f_s = \frac{Q_{\text{rot}}}{S} = \frac{6580}{\pi \cdot 0.6^2} = 5818 \text{ kg/cm}^2 \quad \frac{9.8}{100} = 570.16 \text{ N/mm}^2$
- ♦  $f_y = \frac{Q_y}{S} = \frac{5360}{\pi \cdot 0.6^2} = 4730 \text{ kg/cm}^2 \quad \frac{9.8}{100} = 463.54 \text{ N/mm}^2$
- ♦  $\text{nivel de confianza/capacidad de aviso} = \frac{f_s}{f_y} = \frac{570.16}{463.54} = 1.23 > 1.05$
- "
- ♦ tipo de acero B-400S

+ EJEMPLO 3:

- Se realiza un ensayo de control sobre un lote de 20 Tn de barras y se toman como es norma 2 barras de dicho lote, obteniendo los siguientes datos:
  - ♦ Diámetro nominal: 20 y 20 mm
  - ♦ Tipo de acero: B-400S
  - ♦ Peso: 1250, 1255
  - ♦ Longitud de barras: 50, 50
  - ♦ Cargas de rotura: 15850, 15650
  - ♦ Carga en el límite elástico: 10700, 10620
  - ♦ Alargamiento de rotura sobre 5 ": 1.8, 1.82 cm
- Aceptar o rechazar el lote realizando todos los ensayos obligatorios y razonando la aceptación o rechazo del lote.
- RESOLUCIÓN:

$$\diamond \Omega_{E_a} = \frac{P}{7.85 l} = \frac{1250}{7.85 \cdot 50} = 3.184$$

$$\diamond \Omega_{E_b} = \frac{P}{7.85 l} = \frac{1255}{7.85 \cdot 50} = 3.197$$

$$\diamond E_a = \sqrt{\frac{4 \cdot 3.184}{\pi}} = 2.013 < 21 \quad 5\% \text{ tolerancia sobre } N$$

$$\diamond E_b = \sqrt{\frac{4 \cdot 3.197}{\pi}} = 2.017 < 21 \quad 5\% \text{ tolerancia sobre } N$$

♦ Se acepta por estar dentro del intervalo [19,21]

♦ Ensayo de tracción:

$$\diamond \text{Según Norma: } f_y "400 \text{ fs} "400 \frac{f_s}{f_y} \quad 1.05$$

% alargamiento localizado "14%

$$\diamond f_{s_b} = \frac{15620}{\pi \cdot 1^2} = 4972 \quad \frac{9.8}{100} = 487.27 \text{ N/mm}^2 \quad \text{CUMPLE}$$

$$\diamond f_{y_a} = \frac{10700}{\pi \cdot 1} = 3405 \quad \frac{9.8}{100} = 333.78 \text{ N/mm}^2 \quad \text{NO CUMPLE}$$

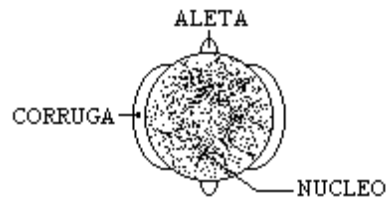
$$\diamond f_{y_b} = \frac{10620}{\pi \cdot 1} = 3380 \quad \frac{9.8}{100} = 331.28 \text{ N/mm}^2 \quad \text{NO CUMPLE}$$

♦ Por tanto, se RECHAZA EL LOTE.

#### + DESIGNACIÓN Y MARCADO DE LAS BARRAS DE ACERO CORRUGADO:

##### • DEFINICIONES:

- ♦ Corrugas: son las estrías, resaltos o nervaduras discontinuas no paralelas al eje longitudinal de la barra. En una misma barra se pueden presentar varias series de corrugas de igual o distinta geometría.
- ♦ Aletas: son los resaltos que después de la laminación y en su caso antes del proceso de deformación son continuos y paralelos al eje longitudinal de la barra.
- ♦ Núcleo: es la parte de la barra no afectada ni por las aletas ni por las corrugas.

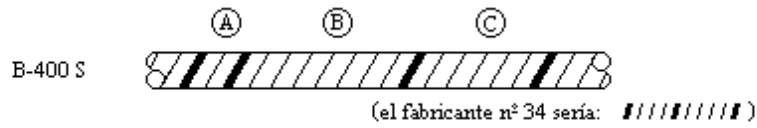


• IDENTIFICACIÓN:

- ♦ Para identificar las barras disponemos de dos métodos de marcado, que son: mediante trazos longitudinales y mediante engrosamiento de corrugas.
- ♦ Existe también un código de colores para identificar a simple vista la resistencia del acero del que está hecha la barra.
- ♦ *Mediante trazos longitudinales:*

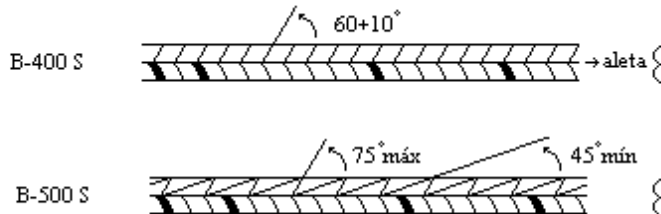
| TIPO    | CÓDIGO  | EJEMPLO                                                                                               |                              |
|---------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
|         |         | <div> <div>marca característica del fabricante</div> <div>tipo de acero</div> <div>celda</div> </div> |                              |
| B-400 S | ●       |                     | } EHE                        |
| B-500 S | ● ● ●   |                     |                              |
| AEH-600 | ● ● ● ● |                    | NO SE USA EN HORMIGÓN ARMADO |

- ♦ *Mediante engrosamiento de corrugas:*
  - ◊ Zona A: tipo de acero
  - ◊ Zona B: identificación del país (España: 7)
  - ◊ Zona C: número de fabricante



Si fuera un acero AEH-600 habría 3 barras en la zona A

+ Cortando el redondo por las alas:



♦ Por colores (en el extremo de la barra):

- ◊ 400: amarillo
- ◊ 500: rojo
- ◊ 600: azul

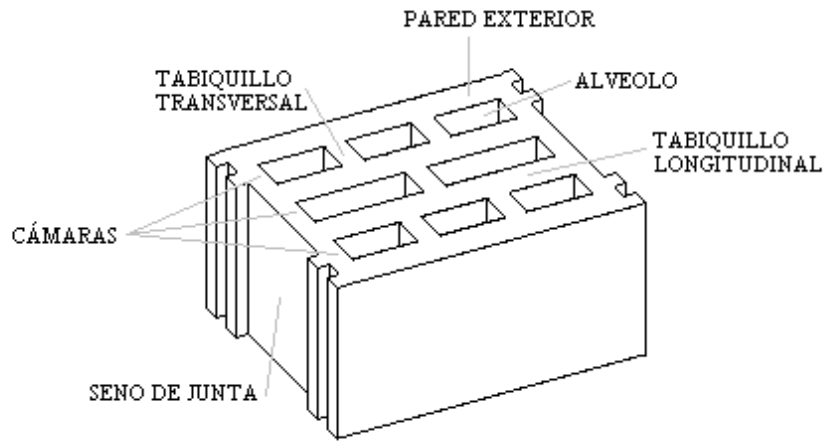
## ENSAYOS DE BLOQUES

+ CARACTERÍSTICAS:

- Fabricados a partir de cementos, áridos finos o gruesos, agua y aditivos.
- De forma ortoédrica, de dimensión máxima 60 cm, relación alto/ancho menor a 6, presentan buen aislamiento térmico y pueden llevar pigmentos para colorearlos.

+ FABRICACIÓN:

- El mortero lleva generalmente 250 kg de cemento por m<sup>3</sup> y w/c = 0.6
- Se puede compactar por vibrado.
- El curado se hace al aire libre regándolos con frecuencia.



#### + CLASIFICACIÓN:

- Por su densidad:
  - ◆ Normal
  - ◆ Mayor ó igual a 1900 kg/m<sup>3</sup>
  - ◆ Ligero
  - ◆ Menor de 1300 kg/m<sup>3</sup>
  - ◆ Semiligero: entre 1300 y 1900 kg/m<sup>3</sup>
- Por su superficie:
  - ◆ A cara vista
  - ◆ Para revestir
- Por el índice de macizo:
  - ◆ Hueco: entre 0.4 y 0.8
  - ◆ Macizo: > 0.8
- Por su uso:
  - ◆ Estructural
  - ◆ Cerramientos
  - ◆ Para particiones interiores

#### + CLASE DE UN BLOQUE:

- TIPO: viene definido por:
  - ◆ Índice de macizo: pudiendo ser hueco (H) ó macizo (M)
  - ◆ Acabado: puede ser a cara vista (V) ó a revestir (E)
  - ◆ Dimensiones: las nominales en cm.
- CATEGORÍA: es su resistencia a compresión.
- GRADO: viene marcado por la absorción de agua. Distinguimos grado 1 y grado 2

#### + DESIGNACIÓN:

- Se designará por:
  - ◆ Referencia geométrica del producto: normal, ligero ó semiligero.
  - ◆ Clase: tipo, categoría y grado.
  - ◆ Referencia a la Norma EN-UNE correspondiente

## + PRESCRIPCIONES RELATIVAS A LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Aspecto:
  - ◊ Color
  - ◊ Textura
  - ◊ Fisuras
  - ◊ Coqueras
  - ◊ Desconchados
  - ◊ Desportillamientos
- Características geométricas o dimensionales:
  - ◊ Dimensiones nominales: se recomienda que las dimensiones nominales se ajusten a las siguientes series:
    - Serie A: 400x200 mm y " ancho.
    - Serie B: 500x250 mm y " ancho.
    - Serie C: 600x300 mm y " ancho.
  - ◊ Espesor de paredes y tabiquillos: nunca inferior a 20 mm en ningún punto del bloque.
  - ◊ Forma, aristas y caras: comprobaremos rectitud de aristas y planeidad de las caras.
  - ◊ Índice de macizo
  - ◊ Efectivas: se obtienen directamente por medición en obra.
  - ◊ También se distinguen de fabricación: las elegidas por el fabricante y que están en la Norma.
- Físicas:
  - ◊ Absorción: para determinar grado 1 o grado 2.
  - ◊ Succión.
- Mecánicas: % Resistencia a compresión en N/mm<sup>2</sup> (nunca inferior a 4)
- Otras:
  - ◊ Resistividad térmica.
  - ◊ Aislamiento acústico.
  - ◊ Resistencia al fuego.

## + PRESCRIPCIONES RELATIVAS A LOS MATERIALES COMPONENTES:

Tanto el cemento, agua, áridos y aditivos cumplirán con todo lo establecido en las respectivas Normas.

- ENSAYO DE COMPROBACIÓN DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS:
  - ◆ Se miden 4 aristas horizontales de cada una de las 2 caras y la altura de las 4 caras verticales.
  - ◆ Se miden con precisión de 1 mm con una regla graduada horizontal.
  - ◆ La flecha se mide con una galga en forma de cuña y con una regla graduada, y se procede igual que para la planeidad de las caras
  - ◆ No se aceptará que ninguna de las medidas se vaya fuera del intervalo de tolerancia.
- DETERMINACIÓN DE SUCCIÓN BRUTA, NETA E ÍNDICE DE MACIZO:
  - ◆ *Sección bruta*: es la menor área susceptible de ser obtenida en un plano paralelo al de asiento.
  - ◆ *Sección neta*: es la menor área susceptible de ser obtenida en un plano paralelo al de asiento deduciendo de la sección bruta la superficie correspondiente a las cavidades.
  - ◆ *Índice de macizo*: es la relación entre la sección neta y la sección bruta del bloque, no siendo nunca inferior a la indicada por el fabricante.
  - ◆ PROCEDIMIENTO:
    - ◊ Muestra: 3 bloques enteros que se marcan como probetas A, B y C.
    - ◊ Sobre una cartulina con dimensión mayor a la cara de apoyo del bloque dibujo el bloque interior y exteriormente, pesando la cartulina (P)

- ◇ Se miden las dimensiones de la cartulina (S)
- ◇ Se recorta el perímetro exterior para obtener la sección bruta y se vuelve a pesar la cartulina (PB)
- ◇ Se recorta el perímetro interior (ó huecos) para obtener la sección hueca y se vuelve a pesar la cartulina (PN)
- ◇  $S_B = \frac{P_B \cdot S}{P}$
- ◇  $S_N = \frac{P_N \cdot S}{P}$
- ◇ P-----S

¿SB?

PB-----SB

◇ P-----S

¿SN?

PN-----SN

- ◇ Se hace lo mismo con las 3 probetas, sacando la media de las 3 determinaciones.
- ◇ Siendo el índice de macizo:  $I.m = \frac{S_{N_{media}}}{S_N}$
- ◇ No debiendo ser el I.m así obtenido menor al que marca el fabricante.
- ◇ Si fuera menor SE RECHAZA.

• DETERMINACIÓN DEL PESO MEDIO (no preceptivo):

- ◆ Se toman 6 bloques enteros.
- ◆ Se pesan con precisión de 50 gr
- ◆ Se obtiene el peso medio.

• DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE MEDIA (no preceptivo):

- ◆ De un bloque:
  - ◇ Resulta de dividir el peso en kg del bloque entre el producto de sus dimensiones exteriores en metros (también se puede hacer cogiendo el peso en gr y las dimensiones en cm)
- ◆ De la muestra:
  - ◇ Se determinará la densidad de 6 bloques, siendo la densidad aparente media de la partida el valor medio de los 6 obtenidos.

• ABSORCIÓN DE AGUA

- ◆ Muestra: 3 bloques, y de cada bloque 2 trozos de más de 400 gr (total: 6 probetas)
- ◆ PROCEDIMIENTO:
  - ◇ Se marcan las 6 probetas.
  - ◇ Se meten en estufa hasta peso constante. Se pesan a las 21 h y luego a las 24 h. Si la diferencia es < 0.2% se dan por desecadas. Siendo éste el peso desecado (Pd)
  - ◇ Se deja enfriar al aire.

- ◇ Se meten en tanque de inmersión y se echa agua hasta que alcance la altura de 1/3 de la muestra.
- ◇ A las 2 h se vuelve a llenar hasta los 2/3, y al cabo de 2 h más se cubre totalmente.
- ◇ Pasadas 21 h de su inmersión total se sacan del tanque, se dejan escurrir y se les pasa un paño húmedo.
- ◇ Se pesan y se vuelven a introducir en el tanque y a las 3 h se vuelven a sacar y a pesar.
- ◇ Si las 2 pesadas difieren en < 0.2% se considera que están saturadas, siendo éste el peso saturado (Ps). Si no, se repetirá cada 3 h hasta que esto se cumpla.
- ◇ Una vez obtenido el Ps se sumergen en agua en balanza hidrostática de precisión 0.1 gr para obtener el peso sumergido saturado (Pss)
- ◇ Siendo:  $ABS = \frac{P_s - P_d}{P_s - P_{ss}} 100$  (en vez de 100 poner en su caso la densidad del líquido en el que se sumerja)

◆ RESULTADOS:

- ◇ Determinaremos la absorción de cada bloque.

◇ Siendo:  $ABS_{bloque_1} = \frac{ABS_1 + ABS_2}{2}$

$$ABS_{bloque_2} = \frac{ABS_3 + ABS_4}{2}$$

$$ABS_{bloque_3} = \frac{ABS_5 + ABS_6}{2}$$

$$ABS_{media} = \frac{ABS_{bloque_1} + ABS_{bloque_2} + ABS_{bloque_3}}{3}$$

| GRADOS | ABS máxima (en gr/cm3) en función de la densidad del hormigón (dm) |                |            |            |        |
|--------|--------------------------------------------------------------------|----------------|------------|------------|--------|
|        |                                                                    | dm"1.3         | 1.3<dm"1.6 | 1.6<dm"1.9 | 1.9<dm |
| I      | 0.29                                                               | 0.29           | 0.24       | 0.21       |        |
| II     | 0.32                                                               | sin limitación |            |            |        |

- ◆ El valor medio obtenido no debe ser superior al marcado en la tabla. Si fuera superior SE RECHAZA.

• SUCCIÓN:

- ◆ Es la capacidad de imbibición de agua por capilaridad en una pequeña parte del bloque. (generalmente la cara de apoyo) y durante un corto espacio de tiempo (1 min)
- ◆ Se recomienda que para los bloques, debido a sus usos característicos, se determine la succión durante 5 min.
- ◆ Se recomienda también que no sea inferior a 0.05 gr/cm2 ni superior a 0.1 gr/cm2 (en 5 min)
- ◆ PROCEDIMIENTO:
  - ◇ Se toman 3 bloques.
  - ◇ Se determina la SN
  - ◇ Se deseca en estufa hasta peso constante obteniendo el peso desecado Pd
  - ◇ Se coge un recipiente con apoyos lineales, cuya altura con respecto al borde sea 5 cm.





- ◊ Se mantiene el nivel de agua durante 5 min.
- ◊ Se saca, se escurre, se pasa un paño húmedo y se pesa (Q)
- ◊ La succión será:  $S = \frac{Q - P_d}{S_N}$  (gr/cm<sup>2</sup> en 5 min)
- ◊ Siendo la succión de la muestra el valor medio de las 3 determinaciones. Debiendo estar dicho valor entre las especificaciones.
- ◊ Si no es así SE RECHAZA.

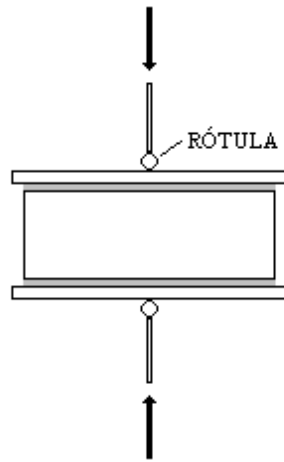
• DENSIDAD REAL (no prescrito):

- ◆ Se toman 3 bloques, y de cada bloque se cogen 2 trozos de más de 400 gr.
- ◆ Se marcan las 6 probetas y se desecan hasta peso constante (Pd)
- ◆ Se enfrían las probetas al aire, impermeabilizándolas con un tapa poros. Se vuelve a pesar (PA).
- ◆ Se sumergen y se pesan en este estado (Ps)
- ◆ Siendo:  $D_R = \frac{P_d}{P_A - P_s}$  densidad del líquido
- ◆ Se calcula así primeramente la DR de un bloque haciendo la media de las 2 determinaciones.
- ◆ Después se calcula la media de las 3 determinaciones.

+ ENSAYO DE COMPRESIÓN:

• PROCEDIMIENTO:

- ◆ Se toman 6 bloques, y de cada uno de determina la sección bruta y la neta.
- ◆ Se refrentan las bases con mortero 1:3:0.6 y un espesor de capa de 6 mm aproximadamente sobre una superficie nivelada, plana y a la que se ha aplicado un desencofrante.
- ◆ Se coloca el mortero sobre esta superficie.
- ◆ Se pone el bloque encima y se retira el mortero sobrante. Transcurridas 24 h se le da la vuelta.
- ◆ Se repite la operación con la otra cara del bloque.
- ◆ El refrentado cubrirá como mínimo la sección neta.
- ◆ Se introduce en agua durante 48 h y se rompen los bloques en la prensa de compresión, que dispondrá de una rótula para repartir la carga.
- ◆ Siendo:  $R_{bloque} = \frac{Q_{rot}}{S_{base}}$
- ◆ La resistencia estimada de la muestra será la que viene dada por:  $R_{est} = x_1 + x_2 - x_3 \quad R_{Nominal}$



#### + CONTROL DE CALIDAD:

- Suministro: Llegarán a obra sin daños, perfectamente empaquetados y permitiendo la transpiración del aire.
- Identificación: aparecerá el nombre del fabricante, designación completa del producto y distintivo de calidad si lo tiene.
- CONTROL DE RECEPCIÓN:
  - ◆ Partida: bloques de igual designación y procedencia recibidos el mismo día en obra y en una o varias unidades de transporte.
  - ◆ Lote: bloques de igual designación que componen la unidad de control.
  - ◆ Muestra: bloques extraídos al azar del lote sobre los que se realizarán los ensayos.
    - ◇ Muestra inicial: 6 bloques para ensayos previos.
    - ◇ Muestra de control: 6 bloques para ensayos de control.
    - ◇ Muestra de reserva o de contraste: los bloques necesarios para los ensayos de contraste. Generalmente 12.
  - ◆ Toma y conservación de la muestra: la extraerá la Dirección Facultativa o en quien ésta delegue. Se formarán lotes de 5000 piezas o fracción, salvo que el PPTP diga lo contrario (nunca superior)
  - ◆ PROCEDIMIENTO DE ENSAYO:
    - ◇ Se realizarán los ensayos previos para la aceptación provisional (identificación, aspecto, peso y densidad aparente media). Si el número de piezas defectuosas es menor al 10% se ACEPTA (salvo que el PPTP diga lo contrario)
    - ◇ Ensayo de control:
      - Si el PPTP y la DF los considera necesarios se harán:
        - Geométricos:
          - ◆ Dimensión
          - ◆ Forma
          - ◆ SN y SB
          - ◆ Índice de macizo
        - Físicos:
          - ◆ Absorción
          - ◆ Succión
          - ◆ Peso
          - ◆ Densidad media
        - Otros:
          - ◆ Aislamiento acústico
          - ◆ Aislamiento térmico
          - ◆ Resistencia al fuego

+ EJEMPLO 1:

- Determinar el índice de macizo, la resistencia a compresión y la densidad relativa de un bloque del que hemos obtenido los siguientes resultados:
  - ♦ Cartulina de 80x70 cm=5600 cm<sup>2</sup>
  - ♦ Peso: 56 gr
  - ♦ Peso de la cartulina recortado el perímetro exterior: 12.5 gr
  - ♦ Peso de la cartulina recortado el perímetro exterior e interior: 9.8 gr
  - ♦ Carga de rotura del bloque: 62.5 tn
  - ♦ Peso desecado del bloque: 75 kg
  - ♦ Peso impermeabilizado del bloque: 75.8 kg
  - ♦ Peso sumergido e impermeabilizado del bloque: 36.2 kg
- Se pide: indicar si es macizo o hueco y clasificarlo.
- RESOLUCIÓN:

$$S_B = \frac{S_{cart.} \cdot P_{cart.recort.ext.}}{P_{cartulina}} = \frac{5600 \cdot 12.5}{56} = 1250 \text{ cm}^2$$

$$S_N = \frac{S_{cart.} \cdot P_{cart.recort.ext.int.}}{P_{cart.}} = \frac{5600 \cdot 9.8}{56} = 980 \text{ cm}^2$$

$$I.m = \frac{S_N}{S_B} = \frac{980}{1250} = 0.784 \quad \text{ES HUECO, ya que } 0.4 < 0.784 < 0.8$$

$$R_c = \frac{Q_{rot}}{S_B} = \frac{62500}{1250} = 50 \text{ kp/cm}^2 \quad \frac{9.8}{100} = 4.9 \text{ N/mm}^2 > 4 \quad \text{SE ACEPTA}$$

$$D_{relat} = \frac{P_d}{P_{imperim} - P_{imperim+sumerg}} \cdot densidad_{liquido} = \frac{75}{75.8 - 36.2} \cdot 1 = 1.894 \text{ kp/dm}^3$$

SEMILIGERO, ya que 1300 < 1894 < 1900

**ENSAYOS DE FÁBRICAS RESISTENTES DE LADRILLO (NBE-FL-90)**

+ ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE UNA FÁBRICA DE LADRILLO:

- fk: valor característico obtenido en ensayo
- fd: resistencia de cálculo
- γ: coeficiente de minoración (2.5)
- $f_d = \frac{f_k}{\gamma}$
- En el ensayo se utilizarán los mismos ladrillos, conglomerantes, áridos y agua que vayamos a emplear en obra.
- El mortero tendrá la misma dosificación y plasticidad que la empleada en obra.
- Se fabricarán las probetas mediante pilastras prismáticas de sección cuadrada, de lado igual a la soga del ladrillo y de altura no inferior al doble de la soga, aparejadas mediante hiladas alternativas de sogas y tizones, con espesor de junta menor de 1.5 cm.
- Se refrentan las caras inferiores con el mismo mortero empleado en obra (se pueden refrentar todas las caras si se considera necesario)
- Se fabrican un mínimo de 6 probetas para que el valor obtenido sea representativo.
- Se meten en cámara húmeda durante 28 días.

- Pasado ese tiempo se sacan y se rompen, obteniendo los valores individuales:  $R_{c_i} = \frac{Q_{rot}}{Area_{media}}$

- Y se calcula:

$$R_{c_{media}} = \frac{R_{c_1} + R_{c_2} + \dots + R_{c_6}}{6}$$

$$f_k = R_{c_m} - 1.64 \delta$$

$$\delta = \sqrt{\frac{(R_{c_i} - R_{c_m})^2}{n-1}}$$

$$\text{debiendo ser } \frac{f_k}{\gamma} \quad f_d$$

$$\text{bien: } x_1 \quad x_2 \quad x_3 \quad x_4 \quad x_5 \quad x_6 \quad (\text{siendo } x_i = R_{c_i})$$

$$f_k = x_1 + x_2 - x_3$$

#### + ENSAYODE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LOS MORTEROS:

- Si se trata de un mortero tipo clasificado de acuerdo a la tabla existente en la Norma no es necesaria verificar su resistencia. Los morteros tipo son: M-20, M-40, M-80 y M-160 (resistencias en kp/cm<sup>2</sup> a los 28 días)
- En caso de no tratarse de un mortero tipo o de utilizar algún aditivo se deberá realizar el ensayo de resistencia a compresión.
- PROCEDIMIENTO:

El ensayo es exactamente igual al de resistencia a compresión de los cementos, variando únicamente la dosificación del mortero y los materiales, que serán los que se vayan a utilizar en obra, siendo el resultado el mismo que en el ensayo de cementos.

#### **INSTRUCCIÓN DE FORJADOS EF-96**

##### + FORJADOS UNIDIRECCIONALES DE HORMIGÓN ARMADO O PRETENSADO:

- Esta norma es de obligado cumplimiento en todas las obras.
- Los tipos de forjados pueden ser:
  - ♦ Con vigueta armada
  - ♦ Con vigueta pretensada
  - ♦ Losa alveolada pretensada

##### + AUTORIZACIÓN DE USO:

- El fabricante debe contar con la autorización de uso para su sistema de forjados concedida por la autoridad competente, que en nuestro país es el Ministerio de Fomento.
- En el caso de productos que provengan del espacio económico europeo se debe justificar que cumple con lo exigido por las normas nacionales.

##### + CONDICIONES DE LAS PIEZAS DE ENTREVIGADO (BOVEDILLAS):

- las piezas de entrevigado pueden ser aligerantes o resistentes:
  - ♦ Aligerantes: pueden ser de cerámica, de hormigón, de poliestireno expandido u otro material suficientemente rígido que no altere el hormigón o su armado.

A efectos de cálculo no forman parte de la sección resistente del forjado, ya que hace la función de encofrado perdido.

Deberá soportar una carga uniformemente repartida de 1 kN ó 98 kg aplicada mediante una placa en su zona más desfavorable (centro). También deberá tener la clasificación de resistente al fuego, debiendo estar al menos clasificado como M1 (material combustible no inflamable)

- ◆ Resistentes: pueden ser de cerámica u hormigón, y además de las exigencias anteriores su resistencia a compresión será mayor o igual a la resistencia del hormigón con el que se vaya a ejecutar el forjado.

A efectos de cálculo se tiene en cuenta como sección resistente.

- NOTA: respecto a la capa de compresión tendrá un espesor mínimo de 3 cm y un máximo de 5 cm cuando las piezas de entrevigado sean de poliuretano expandido.

#### + CONTROL DE RECEPCIÓN:

- En cada suministro que nos llegue a obra se comprobará:
  - ◆ Que todos los elementos y piezas estén legalmente comercializados.
  - ◆ Que el sistema cuente con la correspondiente autorización de uso y que esté en vigor.
  - ◆ Cada vigueta o losa alveolar llevará una marca de identificación del fabricante y del tipo de elemento.
  - ◆ Las características geométricas de armado del elemento resistente y las geométricas de las piezas de entrevigado, que se ajusten y cumplan con las condiciones expuestas en la autorización de uso.
  - ◆ Estar a disposición del comprador toda la documentación que justifique los ensayos realizados.
- NOTA: el control del hormigón y de las armaduras pasivas se corresponderá con las prescripciones establecidas en la EHE.

#### + CONTROL DE EJECUCIÓN:

- Se controlarán los acopios.
- Que las viguetas o losas no presenten daños.
- La perfecta ejecución de los apeos y encofrados en todo el forjado.
- Espesor de la capa de compresión así como compactación y curado de la misma.
- Etc.

### **ENSAYOS DE AGUAS PARA HORMIGONES**

#### + GENERALIDADES:

- Toma de muestras:
  - ◆ Se cogerá el volumen suficiente para realizar los correspondientes ensayos, siendo la cantidad mínima de 2 litros. Los recipientes serán de vidrio u otro material que no altere las propiedades del agua, y deberán ir debidamente tapados y precintados con su correspondiente etiqueta de identificación.
  - ◆ Debemos intentar conseguir que las muestras sean lo más representativas posibles del agua a utilizar.
- Precauciones relativas a los recipientes:

- ◆ Deben ser estancos.
- ◆ De material que no altere la muestra.
- ◆ Que permita extraer el aire exterior.
- ◆ Debe tener un cierre a presión y otro a rosca.
- Datos en la etiqueta identificativa:
  - ◆ Nombre de obra y ubicación.
  - ◆ Fecha y lugar de la toma con suficiente detalle para una posible captación de otra muestra.
  - ◆ Nombre de la persona que realiza la toma.
  - ◆ Origen de la muestra (mar, río, pozo, manantial, etc.)
  - ◆ Cualquier detalle relevante, como temperatura, olor, burbujas, etc.

#### + ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL pH (EXPONENTE DE HIDRÓGENO)

- El objeto de este ensayo es determinar el pH del agua. Las aguas para el amasado de hormigones deben ser ligeramente ácidas, no debiendo ser su pH superior a 8.
- PROCEDIMIENTO:
  - ◆ Se coge un pHmetro que se calibrará con una muestra patrón de pH fijo.
  - ◆ Se realizan 3 medidas con el aparato y se obtiene el valor medio de las 3 determinaciones.
  - ◆ Este valor se aceptará cuando no exista una dispersión mayor a 0.2 ud. de pH entre los resultados individuales.
  - ◆ Lo ideal es realizar el ensayo en el punto de suministro.
- RESULTADOS:
  - ◆ Si pH"5 el agua es ligeramente ácida.
  - ◆ Si pH<5 el agua podría modificar el fraguado del hormigón, bajar las resistencias y afectar a la durabilidad.
- EFECTOS:
  - ◆ En el caso de aguas muy ácidas o muy alcalinas se pueden producir variaciones en el fraguado y endurecimientos, pérdidas de resistencia y disminución de la durabilidad.
  - ◆ En la EHE se prescribe que el pH "5

#### + ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE SUSTANCIAS DISUELTAS EN AGUA

- FUNDAMENTO: Se consideran las sustancias solubles de un agua filtrada y que nos va a dar un residuo obtenido por evaporación.
  - PROCEDIMIENTO:
    - ◆ Se filtra la muestra de agua tantas veces como sea necesario hasta que quede clara.
    - ◆ Para ello se procederá de la siguiente manera:
      - ◇ Se pone parte de la muestra en un recipiente de 1 litro. De este recipiente se echa una cantidad en una cápsula de plástico que habrá sido pesada previamente ( $P_i$ )
      - ◇ Se evapora esa agua sometiendo la cápsula a un baño de vapor sin llegar hasta la ebullición.
      - ◇ Periódicamente se irá rellenando la cápsula evitando que se seque del todo, y una vez se halla evaporado el litro completo desecamos la cápsula en estufa a 110° durante 1 h.
      - ◇ Posteriormente se enfría en desecador y se pesa ( $P_f$ )
      - ◇ Siendo el peso resultante del residuo el de las sustancias solubles:
- $$P_{\text{sust.solub}} = P_f - P_i \quad 15 \text{ (gr/l)}$$

#### + ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE SULFATOS:

- Su objeto es la determinación del ión sulfato ( $\text{SO}_4^{=}$ ) presente en las aguas de amasado.

- TOMA DE MUESTRAS:

- ◆ De la muestra tomada directamente de la zona de procedencia se deberá verificar previamente que el contenido de sílice sea inferior al 1%
- ◆ Si no fuera así se eliminará antes de determinar los sulfatos.
- ◆ PROCEDIMIENTO:
  - ◇ Se basa en la precipitación del ión sulfato con cloruro bórico.
  - ◇ Para ello se toma un matraz de 200 cm<sup>3</sup> de capacidad.
  - ◇ Se pasa el agua de la muestra por un vaso de precipitado y se completa con agua destilada hasta un volumen total de 250 cm<sup>3</sup>.
  - ◇ Se ajusta el pH de la muestra y a continuación se añaden 10 cm<sup>3</sup> de ácido clorhídrico.
  - ◇ Si la disolución no queda clara es necesario filtrarla lavando el vaso y el papel de filtro con agua destilada caliente.
  - ◇ Una vez obtenido el filtrado se calienta hasta ebullición, y se le añaden 10 cm<sup>3</sup> de cloruro bórico, manteniéndolo en este estado durante 3 h.
  - ◇ Realizada esta operación se filtra el contenido del vaso y se lava con agua caliente hasta eliminar los cloruros.
  - ◇ Se coloca el papel de filtro con el precipitado en un crisol y se empieza a quemar a baja temperatura hasta alcanzar, al cabo de 1h, 800°.
  - ◇ Se deja enfriar en un desecador, y finalmente se pesa, obteniendo el peso del residuo.
  - ◇ Debiendo ser, según EHE, " 1 gr/l

+ ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS HIDRATOS DE CARBONO:

- Se realiza para comprobar la posible existencia de sacarosa, glucosa y otros glúcidos en el agua.
- Investigación de la sacarosa (ensayo cualitativo):
  - ◆ Se dispone de un reactivo que se verterá sobre una muestra de agua. Si ésta adquiere un color violáceo nos indica que existe sacarosa en el agua.
  - ◆ Otra forma de determinarlo es hirviendo en 2 tubos distintos una disolución preparada con distintos reactivos y vertiendo posteriormente en uno de ellos el agua de la muestra. Si varía el color con respecto al otro tubo nos indica que hay presencia de glucosa.
  - ◆ La Norma no permite la presencia de hidratos de carbono en el agua para hormigones, dado que produce retrasos e incluso paralización del fraguado.
- Investigación de la glucosa y otros glúcidos (ensayo cualitativo):
  - ◆ Se hierve en un tubo de ensayo 2 disoluciones previamente preparadas.
  - ◆ Posteriormente el contenido de este tubo se echa en otro recipiente que contiene el agua de la muestra, y todo el conjunto se somete a ebullición.
  - ◆ Cualquier variación del color inicial de las disoluciones nos indica la presencia de glúcidos.
  - ◆ La presencia de glucosa y glúcidos produce retrasos e incluso paralización del fraguado.

+ ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL IÓN CLORURO (" 1 gr/l):

- Tiene por objeto la determinación de cloruros contenidos en el agua de amasado.
- El procedimiento consiste en valorar el ión cloruro con nitrato de plata en presencia de cromato potásico que hace de indicador interno de la reacción.
- Es un ensayo de valoración química en el que tomado una parte de la muestra de agua le añadimos simultáneamente un indicador (cromato potásico) y nitrato de plata. Añadimos estos elementos hasta que la muestra queda de color rojizo, interrumpiendo entonces el ensayo.
- Siendo la cantidad añadido proporcional al cloruro que contiene el agua:

$$\text{concentraci } n \ C = \frac{(V_1 - V_2) \ N \ 71000}{V}$$

V: cm<sup>3</sup> de la muestra

V1: cm<sup>3</sup> del indicador más el nitrato de plata gastados en la valoración para preparar la muestra

V2: cm<sup>3</sup> del indicador más nitrato de plata hasta el color rojizo de la muestra

N: normalidad de la disolución de nitrato de plata

#### + ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS SUSTANCIAS ORGÁNICAS SOLUBLES EN ÉTER (DETERMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS CONTENIDAS EN EL AGUA DE AMASADOS)

- Existen dos tipos de ensayos: uno cualitativo y otro cuantitativo.
- *Ensayo cualitativo:*
  - ◆ Se echa parte del agua de la muestra en un recipiente de aproximadamente 500 ml
  - ◆ Se vierte alcanfor en polvo sobre la muestra.
  - ◆ Si las partículas se quedan fijas es que existe grasa.
  - ◆ Si giran circularmente no hay existencia de grasa en el agua.
- *Ensayo cuantitativo:*
  - ◆ En un embudo de decantación se vierten 500 ml de agua de la muestra y 100 ml de éter. Se agita la muestra y se deja en reposo hasta ver 2 capas diferenciadas.
  - ◆ Se abre la espita del embudo y se deja salir la capa inferior (la acuosa), recogiendo en un recipiente la capa superior (la etérea)
  - ◆ Se repiten estas operaciones utilizando nuevas porciones de éter, hasta haber tratado un total de 2 l de agua, reuniendo todos los residuos etéreos en el mismo recipiente.
  - ◆ Posteriormente se agrega al recipiente 5 gr de cloruro cálcico dejándolo en reposo 4 h.
  - ◆ Finalmente se lleva el recipiente a la estufa para evaporar el contenido de éter, enfriándose luego el residuo en desecador. Una vez enfriado se pesa.
  - ◆ Limitación de le EHE: 15 gr/l

#### ENSAYOS DE ÁRIDOS PARA HORMIGONES

##### + GENERALIDADES:

- Análisis granulométrico: el tamiz que separa el árido fino del grueso es el de la luz de malla 4mm. Para determinar y realizar dicho análisis se cogen 500 gr de la muestra de árido y se hace pasar por la serie de tamices 4-2-1-0.5-0.25-0.125-0.063 Cada árido se designará por su tamaño mínimo  $d$  y su tamaño máximo  $D$ , expresado siempre en mm, entendiéndose por árido total la relación:

$$\text{rido Total} = \frac{d}{D}$$

- Se entiende como tamaño máximo de un árido el del tamiz más pequeño de la serie UNE correspondiente que retenga menos del 10%, debiéndose cumplir además que el de doble abertura de malla retenga el 0%

##### + ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS TERRONES DE ARCILLA:

- Se tamiza una muestra de 100 gr de árido fino a través del tamiz de 1.25 mm ensayando lo que nos quede retenido en él (para el árido fino)
- Para el árido grueso separamos la muestra por tamaños y en función del tamaño máximo se cogerá una muestra de entre 1 y 5 kg que será lo que se someterá a ensayo.
- PROCEDIMIENTO (para ambos tamaños):
  - ◆ Se deseca la muestra en estufa a 110° hasta peso constante (Pi)



- ♦ Se extiende la muestra sobre una bandeja y se localizan a ojo los terrones de arcilla. Se desmenuzan con la mano y se vuelve a tamizar todo lo contenido en la bandeja, pesando lo retenido en el tamiz (Pf)
- RESULTADOS:
  - ♦  $\% \text{ Terrones de arcilla} = \frac{P_i - P_f}{P_i} 100$
  - ♦ Según EHE:
    - Para árido grueso " 0.25%
    - Para árido fino " 1%
  - ♦ El exceso de arcilla produce coqueas en el hormigón y por lo tanto pérdidas de resistencia.

#### + ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS BLANDAS EN EL ÁRIDO GRUESO:

- Este ensayo se basa en la resistencia que presenta el árido a ser rayado.
- La muestra se obtiene por la fracción de árido retenida en el tamiz de 10 mm haciéndose el ensayo a cada pieza retenida en dicho tamiz.
- El peso de la muestra vendrá en función del tamaño máximo de la misma (200–12000 gr)
- PROCEDIMIENTO:
  - ♦ Disponiendo de un esclerómetro de varilla terminado en un cilindro de cuzin de " 1.5 mm y peso de 1 kg se desliza cada una de las piezas retenidas, y si deja un surco en dicha pieza se considera blanda (no debiendo quedar metal sobre dicho surco)
- RESULTADOS:
  - ♦ Se pesa y enumera cada una de las piezas retenidas.
  - ♦ Posteriormente se separan las que hallan resultado blandas y se saca el % que representan en función del peso total de la muestra.
  - ♦ Se realiza esta operación con cada uno de los tamaños que tenga. Se hace el valor medio con los porcentajes obtenidos, debiendo ser éste " 5% según EHE

#### + DETERMINACIÓN DEL MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 0.063 Y QUE FLOTA EN UN LÍQUIDO DE PESO ESPECÍFICO 2 (DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS DE BAJO PESO ESPECÍFICO)

- Tiene por objeto determinar de modo aproximado la presencia de carbón, lignito, pequeños trozos de madera, material vegetal y otras partículas de bajo peso específico, que representan impurezas en los áridos, tanto en los finos como en los gruesos.
- El ensayo se realiza sobre áridos que pasan por el tamiz de 4 mm y sobre los que quedan retenidos en dicho tamiz, a los que se separará por fracciones y se triturrará hasta que pasen por el tamiz de 4.
- PROCEDIMIENTO:
  - ♦ Se pesan 250 gr de la muestra, se desecan en estufa hasta peso constante y se coge posteriormente 200 gr (Pi)
  - ♦ Se introduce la muestra en un vaso graduado y se añaden 250 cm<sup>3</sup> del líquido denso (tetracloruro de carbono y bromuro de triclorometano)
  - ♦ Se vierte todo el contenido del vaso sobre el tamiz de 0.063 mm, recogiendo todo lo que ha pasado a través de dicho tamiz.
  - ♦ Se agita y se vuelve a decantar nuevamente, repitiendo la operación hasta que no queden partículas flotando.
  - ♦ Todas las partículas retenidas en el tamiz se lavan hasta que quede eliminado el líquido denso.
  - ♦ Se seca y se pesa (Pf)
  - ♦ Siendo el % aproximado de partículas de bajo peso específico:  $P_{p.b.p.e.} = \frac{P_f}{P_i} 100$
  - ♦ Según EHE:

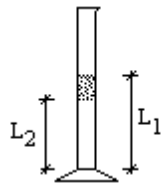
- Para árido grueso " 1%
- Para árido fino " 0.5%
- ◆ Si sobrepasa dichos límites nos darán hormigones poco resistentes y con formación de coqueas.

#### + ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA:

- Sólo es válido para arenas o árido fino en las que se emplee el método colorimétrico.
- PROCEDIMIENTO:
  - ◆ Se cogen 500 gr de árido fino mediante cuarteo.
  - ◆ Se confecciona una disolución patrón mezclándola con el 10% de alcohol y dejando reposar el conjunto.
  - ◆ A continuación se cogen 100 gr de arena y se colocan en una probeta graduada.
  - ◆ Posteriormente se añade la disolución hasta completar un volumen de 150 cm<sup>3</sup>
  - ◆ Se agita el conjunto y se deja reposar.
  - ◆ Si el color del líquido se oscurece quiere decir que existe materia orgánica, lo cual hace que el árido sea RECHAZABLE según EHE.

#### + DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE DE ARENA:

- Sólo es de aplicación para el árido fino, determinando la proporción y características de los finos, dado que la presencia de finos arcillosos afecta negativamente a la adherencia entre éstos y la pasta de cemento.
- El valor del equivalente de arena a vista aporta información sobre la cantidad de elementos finos (limos, arcillas, coloides, etc.) contenidos en la arena.
- PROCEDIMIENTO:
  - ◆ Se utilizará un recipiente esbelto y una solución tipo (formada por cloruro de calcio anhidro glicérico y formaldehído)



- ◆ Se introduce la arena en el recipiente y posteriormente se vierte la disolución preparada, haciendo una lectura inicial (L1)
- ◆ Posteriormente se agita el recipiente y se deja reposar 24 h.
- ◆ Se observa la capa de partículas en suspensión que se ha formado, haciendo su lectura desde el inicio de la base del recipiente (L2) (hipotético volumen de arena)
- ◆ Siendo el equivalente de arena a vista o volumétrico: 
$$\% E.A.V. = \frac{L_2}{L_1} \cdot 100 \quad 75-80\%$$
- ◆ Según la EHE la limitación ronda entre el 75-80% en función del ambiente al que esté expuesto el hormigón.

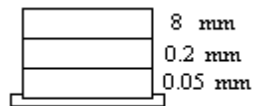
#### + DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE DESGASTE DE LA GRAVA (ENSAYO DE LOS ÁNGELES)

- FUNDAMENTO: definición de la resistencia a la fragmentación por choque del árido grueso, tanto natural como artificial.
- PROCEDIMIENTO:

- ♦ La muestra va a depender del tamaño máximo del árido.
- ♦ Se introduce en la máquina de los Ángeles habiendo pesado la muestra previamente ( $P_i$ )
- ♦ Se introducen las bolas de acero y el agua.
- ♦ Según el tamaño máximo del árido la máquina girará un tiempo determinado.
- ♦ Transcurrido dicho tiempo se descarga la máquina y se tamiza todo a través del tamiz de 1.6 mm
- ♦ Todo lo retenido en el tamiz anterior se seca en estufa hasta peso constante, y se pesa ( $P_f$ )
- ♦ Siendo: 
$$C.D.A. = \frac{P_i - P_f}{P_i} \cdot 100 \quad 40\% \text{ seg n EHE}$$

#### + DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE FRIABILIDAD DE UNA ARENA (ENSAYO MICRO-DEVAL)

- Se puede hacer para fino o para grueso, y también los determina la fragmentación por choque.
- El objeto es determinar la resistencia a la fragmentación por choque, dando en este caso partículas inferiores a 0.05 mm
- PROCEDIMIENTO:
  - ♦ Se tamizan por vía húmeda 2 kg de la muestra a través de los tamices de 2 y 0.1 mm
  - ♦ La parte retenida en dichos tamices se seca en estufa hasta peso constante, se homogeneiza y se extrae una cantidad de 500 gr
  - ♦ Se introduce dicha muestra en el cilindro de ensayo, se añaden 2.5 l de agua y se coloca la tapadera del cilindro.
  - ♦ Se pone en movimiento durante aproximadamente 15 min, y transcurrido este tiempo se descarga en un recipiente, evitando que se pierda material, lavando cuidadosamente el interior del cilindro para recoger las partes del material que hayan podido quedar.
  - ♦ Se descarga lentamente el recipiente sobre 3 tamices superpuestos de 8, 0.2 y 0.05 mm



- ♦ Se lava todo el conjunto sobre chorro de arena.
- ♦ Se coge el tamiz de 0.2 mm y el de 0.05 mm y se seca en estufa hasta peso constante.
- ♦ Posteriormente se tamizan en seco conjuntamente los 2 tamices y el conjunto de lo retenido en ambos tamices se pesa con precisión de 1 gr ( $m$ )
- ♦ Siendo el coeficiente de friabilidad de la arena:

$$\% F.A. = \frac{500 - m}{500} \cdot 100 \quad 40\% \text{ seg n EHE}$$

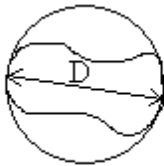
#### + DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE FINOS:

- Se trata de separar los finos por tamizados sucesivos, entendiendo por finos los que pasan a través del tamiz de 0.08 mm
- PROCEDIMIENTO:
  - ♦ Se homogeneiza la muestra de árido tomando aproximadamente 2.5 kg
  - ♦ Se deseca en estufa hasta peso constante ( $P_i$ )
  - ♦ Se añade agua y se agita el conjunto, momento en que aparecerán los finos en suspensión.
  - ♦ Se pasa todo por el tamiz de 0.08 mm y se repite la operación hasta que no quede ninguna partícula en suspensión en el agua.

- ◆ Lo retenido por el tamiz se lleva a un recipiente y se deseca hasta peso constante (Pf)
- ◆ Siendo:  $\% Finos = \frac{P_i - P_f}{P_i} \cdot 100$  6-15 % (en función de los tamaños cogidos)
- ◆ Si no cumple con la prescripción de la EHE resultará un hormigón de menor resistencia por falta de adherencia de la pasta de cemento y los áridos.

+ DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE FORMA (sólo para árido grueso):

- El coeficiente de forma del árido grueso es el obtenido a partir de un conjunto de  $n$  granos representativos de dicho árido, determinado por el cociente de la suma del volumen de cada grano entre la suma de los volúmenes de las esferas circunscritas de cada uno de los granos ( )
- PROCEDIMIENTO:
  - ◆ Se separa el árido por tamaños.
  - ◆ Se cogen más de 20 gr por tamaño.
  - ◆ Con la ayuda de una galga y una regla milimetrada o un calibre se obtiene el mayor diámetro del grano y al mismo tiempo con el mismo diámetro el volumen de la esfera circunscrita sobre dicho diámetro.
  - ◆ Para determinar el volumen de cada diámetro se utiliza el volumenómetro.



- ◆ Siendo el coeficiente de forma:  $\alpha = \frac{\Sigma(V_1 + V_2 + \dots + V_n)}{\frac{\pi}{6} (D_1^3 + D_2^3 + \dots + D_n^3)} \cdot 0.15$

+ DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE LAJAS (sólo para árido grueso):

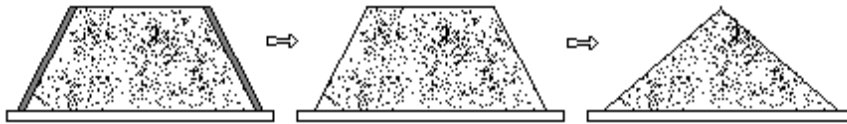
- Es aplicable a áridos naturales y artificiales que se encuentren comprendidos entre un tamaño de 4 a 40 mm
- Se entiende por índice de lajas de un árido el % en peso del árido considerado como lajas (árido esbelto en forma de lengua y de poco espesor)
- PROCEDIMIENTO:
  - ◆ Se realiza mediante dos operaciones de tamizado dividiendo la muestra en fracciones granulométricas.
  - ◆ Cada fracción se criba mediante tamices de barras paralelas, con una luz entre barras de  $D/2$
  - ◆ El índice global de lajas se calcula a partir de la masa total de árido que pasa por los distintos tamices de barras paralelas de dimensión  $D/2$  y expresado como % del total del árido sometido a ensayo.
  - ◆ Se llamará  $M_1$  al peso total de la muestra ( de todas las fracciones), y  $M_2$  al peso que pasa por cada uno de los tamices  $D/2$  de cada una de las fracciones sometidas a ensayo.
  - ◆ Siendo:  $\% I_{global} \cdot L = \frac{M_2}{M_1} \cdot 100 < 35\%$  (según EHE)

+ DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, COEFICIENTE DE ABSORCIÓN Y CONTENIDO DE AGUA EN LOS ÁRIDOS (FINO Y GRUESO):

- *Densidad absoluta*: cociente entre la masa seca de la muestra de árido y el volumen de su materia, excluyendo todos sus huecos (accesibles e inaccesibles)
- *Densidad real*: cociente entre la masa seca de la muestra y el volumen ocupado por la materia sólida, comprendidos los huecos tanto accesibles como inaccesibles de los granos.
- *Densidad aparente*: es el cociente entre la masa seca de los áridos que llenan un recipiente determinado y el volumen de dicho recipiente.
- *Coeficiente de absorción*: es la relación existente entre el aumento de la masa de la muestra de árido debido a una imbibición parcial de agua y la masa seca de la misma muestra. Esta imbibición se obtiene por inmersión durante 24 h.
- *Contenido de agua*: es la relación existente entre la diferencia de la masa de la muestra, tal y como nos llega, y su masa seca.

#### + DETERMINACIÓN DE ABSORCIÓN:

- Se deseca una muestra de árido hasta peso constante, obteniendo el peso desecado ( $P_d$ )
- Se coloca la muestra sobre unas bandejas llenas de agua cubriéndolas totalmente durante 24 h.
- Pasado ese tiempo se sacan de la bandeja y se introducen en un molde troncocónico.



- Se levanta el molde, manteniendo la arena la forma del mismo.
- A continuación se somete a la arena a una corriente de aire caliente hasta que la muestra presente una forma piramidal, pesando entonces la muestra ( $P_s$ ), siendo éste el peso de la muestra saturada con superficie seca.
- Siendo:  $\% Abs = \frac{P_s - P_d}{P_d} 100 \quad 5\% \text{ (seg n EHE)}$

#### + DETERMINACIÓN DE HUMEDAD:

- Se coge una muestra del árido con su humedad natural separada por cuarteo y se pesa, obteniendo el peso húmedo ( $P_h$ )
- A continuación se coge la muestra y se mete en estufa hasta peso constante ( $P_d$ )
- Siendo:  $\% H = \frac{P_h - P_d}{P_d} 100$
- Otra manera de determinar la humedad es mediante el humidímetro, de los cuales existen dos tipos:
  - ♦ En forma de botella con un manómetro en la parte superior.
  - ♦ Speedy
- *Determinación con humidímetro*:
  - ♦ Se introduce en el recipiente parte de la muestra de arena, unos bolas de acero y unas cápsulas de carburo cálcico.
  - ♦ Se agita el conjunto hasta que se rompa la cápsula, reaccionando el carburo cálcico con la arena y desprendiendo acetileno, con lo cual se produce una sobrepresión en la botella que se medirá en el manómetro.
  - ♦ En función de esa presión y con ayuda de unas tablas se determina el % de humedad.
- *Determinación con speedy*:
  - ♦ En este caso el aparato mide directamente la humedad.
  - ♦ El procedimiento es igual al anterior (arena+cápsula)

+ DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE CONJUNTO:

- Se cogen 5 litros de árido grueso y 1 litro del árido fino (volúmenes de conjunto)
- Se echa 1 litro en un recipiente con ayuda de un embudo para evitar la compactación.
- Se enrasa el recipiente sin ejercer presión (se pasa una regla por los bordes del molde)
- Siendo:

$$D_{conj.1} = \frac{P_1 (\text{sin compactar})}{1000}$$

$P_1$  : peso de la arena sin recipiente

para el grueso:  $D_{conj.1} = \frac{P_1}{5000}$

- Después se llena el molde en 3 tongadas, comprimiéndolo y pinchando 25 veces cada tongada, eliminando así huecos entre granos.
- Finalmente se comprime con la pala para enrasar.
- Siendo:  $D_{conj.2} = \frac{P_2 (\text{compactado})}{1000}$

(5000 para el grueso)

- Siendo la densidad de conjunto final:  $D_{conj. final} = \frac{D_{c1} + D_{c2}}{2}$

**ENSAYOS DE FÁBRICAS RESISTENTES DE LADRILLO (NBE-FL-90)**

+ ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE UNA FÁBRICA DE LADRILLO:

- $f_k$ : valor característico obtenido en ensayo
- $f_d$ : resistencia de cálculo
- $\gamma$ : coeficiente de minoración (2.5)
- $f_d = \frac{f_k}{\gamma}$
- En el ensayo se utilizarán los mismos ladrillos, conglomerantes, áridos y agua que vayamos a emplear en obra.
- El mortero tendrá la misma dosificación y plasticidad que la empleada en obra.
- Se fabricarán las probetas mediante pilastras prismáticas de sección cuadrada, de lado igual a la soga del ladrillo y de altura no inferior al doble de la soga, aparejadas mediante hiladas alternativas de sogas y tizones, con espesor de junta menor de 1.5 cm.
- Se refrentan las caras inferiores con el mismo mortero empleado en obra (se pueden refrentar todas las caras si se considera necesario)
- Se fabrican un mínimo de 6 probetas para que el valor obtenido sea representativo.
- Se meten en cámara húmeda durante 28 días.
- Pasado ese tiempo se sacan y se rompen, obteniendo los valores individuales:  $R_{ci} = \frac{Q_{rot}}{Area_{media}}$
- Y se calcula:

$$R_{c_{media}} = \frac{R_{c1} + R_{c2} + \dots + R_{c6}}{6}$$

$$f_k = R_{c_m} - 1.64 \delta$$

$$\delta = \sqrt{\frac{(R_{c_i} - R_{c_m})^2}{n-1}}$$

$$\text{debiendo ser } \frac{f_k}{\gamma} \quad f_d$$

$$\text{bien: } x_1 \quad x_2 \quad x_3 \quad x_4 \quad x_5 \quad x_6 \quad (\text{siendo } x_i = R_{c_i})$$

$$f_k = x_1 + x_2 - x_3$$

#### + ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LOS MORTEROS:

- Si se trata de un mortero tipo clasificado de acuerdo a la tabla existente en la Norma no es necesaria verificar su resistencia. Los morteros tipo son: M-20, M-40, M-80 y M-160 (resistencias en kp/cm<sup>2</sup> a los 28 días)
- En caso de no tratarse de un mortero tipo o de utilizar algún aditivo se deberá realizar el ensayo de resistencia a compresión.
- PROCEDIMIENTO:

El ensayo es exactamente igual al de resistencia a compresión de los cementos, variando únicamente la dosificación del mortero y los materiales, que serán los que se vayan a utilizar en obra, siendo el resultado el mismo que en el ensayo de cementos.

### **ENSAYOS DE ADITIVOS Y ADICIONES**

#### + DEFINICIONES:

- *Aditivos:*
  - ♦ La cantidad máxima que se puede utilizar es de un 5% calculado sobre el peso del cemento. Si se utiliza en obra hay que hacer siempre ensayos previos.
  - ♦ Lo normal es que los aditivos se añadan en la fabricación y que sea el fabricante el que garantice el hormigón.
  - ♦ También se comprobará que los aditivos estén homologados, para lo cual deberá llevar su correspondiente etiqueta en la que aparezca su función principal, la secundaria si la tiene y los efectos secundarios que pueda tener.
- *Adiciones:*
  - ♦ Se podrán utilizar como adiciones en el hormigón las cenizas volantes y el humo de sílice, aunque se recomienda que vayan incluidos en el cemento.

#### + DETERMINACIÓN DE LA FINURA DE UNA ADICIÓN:

- Solo para cenizas volantes, no para el humo de sílice.
- El ensayo se basa en el arrastre mediante chorro de agua y dispersión de las partículas de las cenizas volantes de tamaño inferior a la luz del tamiz.
- PROCEDIMIENTO:
  - ♦ Se coge una cantidad de cenizas volantes y se desecan hasta peso constante (Pi)
  - ♦ Se introducen en un recipiente donde se les somete a chorro de agua, recogiendo todo en un tubo.
  - ♦ Posteriormente se vierte el contenido del tubo sobre el tamiz normalizado, agitándolo para

facilitar el arrastre, repitiendo esta operación hasta que el agua quede clara.

♦ Se filtra lo retenido en el tamiz y se deseca en estufa hasta peso constante (Pf)

♦ Siendo:  $\%Finos = \frac{P_i - P_f}{P_i} \cdot 100$  40% (sobre el tamiz de 45 seg seg EHE)

+ DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE DE UNA ADICIÓN:

—