

CONSTRUCCIÓN I

Plan de Estudios 2002

hormigones y morteros

el hormigón

- a. introducción: el diseño de arquitectura con hormigón
- b. el hormigón en estado endurecido
- c. el hormigón: material formáceo
- d. el hormigón en estado fresco
- e. componentes del hormigón
- f. **diseño del hormigón**

el hormigón

- f. **diseño del hormigón**

f. diseño del hormigón

el diseño ***del*** hormigón en función del diseño ***con*** hormigón

f. diseño del hormigón

dosificación del hormigón

dosificación de hormigones

la dosificación de las mezclas para hormigones es la determinación de la combinación más adecuada y económica de componentes

dosificación de hormigones

objetivos básicos:

- **resistencia mecánica**
- **trabajabilidad**
- **durabilidad**
- **economía**

dosificación de hormigones

objetivos básicos:

- **resistencia mecánica** según el cálculo estructural

dosificación de hormigones

objetivos básicos:

- **trabajabilidad** apropiada de acuerdo a las piezas a llenar

dosificación de hormigones

objetivos básicos:

- **alcanzar la durabilidad prevista de la estructura atendiendo sus condiciones de uso y exposición**

dosificación de hormigones

objetivos básicos:

- **cumplir con los objetivos anteriores de forma económica**

dosificación de hormigones

concepto básico:

material compacto

C — 1

P — 0

dosificación de hormigones

concepto básico:

EL VOLUMEN DEL HORMIGÓN SERÁ IGUAL A LA SUMA DE LOS VOLÚMENES ABSOLUTOS DE SUS COMPONENTES

dosificación de hormigones

ecuación básica:

$$V_{ap} \text{ horm} = V_{ab} \text{ cem port} + V_{ab} \text{ árido grueso} + V_{ab} \text{ árido fino} + V \text{ agua} + V \text{ aire ocluido} (+ V_{ab} \text{ aditivos})$$

dosificación de hormigones

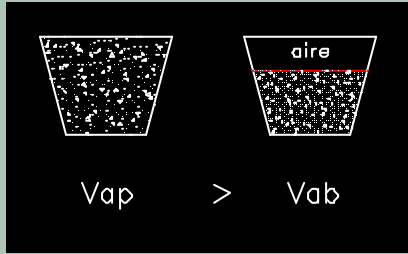
repaso:

volumen aparente V_{ap} es el volumen que ocupa el material granular (compactado en seco) incluyendo los vacíos (aire) entre sus partículas

volumen absoluto V_{ab} es el volumen que obtendríamos al eliminar totalmente los vacíos entre las partículas del material

dosificación de hormigones

repass:



comparación entre V_{ap} y V_{ab}

dosificación de hormigones

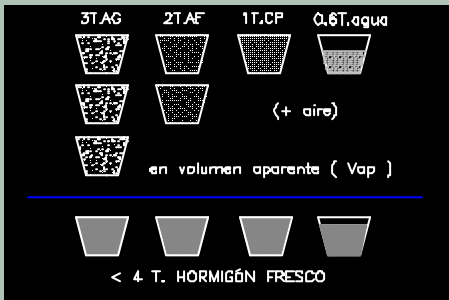
repass:

para el AGUA

$$V_{ap} = V_{ab} = 1\ 000\ Kg/m^3$$

dosificación de hormigones

ejemplo:



dosificación de hormigones

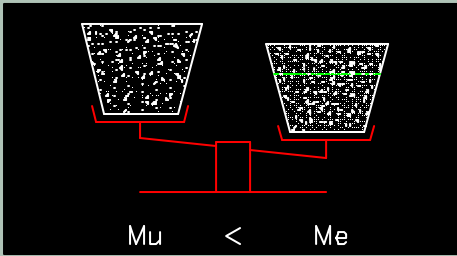
repaso:

masa unitaria MU es el peso por metro cúbico del material medido en volumen aparente (saturado con superficie seca SSS), esto es: sin agua intersticial

masa específica ME es el peso por metro cúbico del material medido en volumen absoluto, esto es: exento de aire (compactado idealmente)

dosificación de hormigones

repaso:



comparación entre MU y ME

dosificación de hormigones

repaso:

Masa Especifica

$$ME = \frac{p}{V_{abs}} \quad \begin{matrix} (Kg) \\ (m^3) \end{matrix}$$

Masa Unitaria

$$MU = \frac{p}{V_{ap}} \quad \begin{matrix} (Kg) \\ (m^3) \end{matrix}$$

dosificación de hormigones

repaso:

$$V_{abs} = \frac{p}{ME} \qquad p = V_{ap} \times MU$$

$$V_{abs} = V_{ap} \frac{MU}{ME}$$

dosificación de hormigones

repaso:

$$V_{ap} = \frac{p}{MU} \qquad p = V_{abs} \times ME$$

$$V_{ap} = V_{abs} \frac{ME}{MU}$$

dosificación de hormigones

ejemplo de valores aproximados de MU y ME de los componentes del hormigón:

MATERIAL	M.U.(kg/m3)	M.E.(kg/m3)
CEMENTO	1250	3150
PEDREGULLO	1600	2600
ARENA	1500	2500
AGUA	1000	1000

dosificación de hormigones

medidas usuales:

- **1 tacho** = unidad de volumen equivalente a **20 litros**
- **1 balde** = unidad de volumen equivalente a **10 litros**
- **1 saco (ó 1 bolsa)** = unidad de peso equivalente a **50 Kg** (de cemento portland)

dosificación de hormigones

medidas usuales:

- **una canchada** = es el volumen producido por cada etapa de confección de hormigón en la hormigonera (variable de acuerdo con su tamaño)
- **una hormigonera de 1 bolsa** = es aquella que, en las dosificaciones usuales, carga un saco de cemento portland y el resto de los componentes del hormigón en proporción

dosificación de hormigones

ejemplos para la dosificación de hormigón

ejemplo para dosificación de hormigón

determinación del V_{ab}

caso:

determinar el V_{ab} de un tacho de pedregullo de cantera cuyas características son:

$$MU = 1\ 600\ \text{Kg/m}^3$$

$$ME = 2\ 600\ \text{Kg/m}^3$$

ejemplo para dosificación de hormigón

determinación del V_{ab}

caso:

determinar el V_{ab} de un tacho de pedregullo de cantera cuyas características son:

$$MU = 1\ 600\ \text{Kg/m}^3$$

$$ME = 2\ 600\ \text{Kg/m}^3$$

$$1\ \text{tacho pedregullo} = 20\ \text{litros}$$

$$20\ \text{litros} = 0,020\ \text{m}^3 = V_{ap}$$

ejemplo para dosificación de hormigón

determinación del V_{ab}

caso:

determinar el V_{ab} de un tacho de pedregullo de cantera cuyas características son:

$$MU = 1\ 600\ \text{Kg/m}^3$$

$$ME = 2\ 600\ \text{Kg/m}^3$$

$$V_{abs} = V_{ap} \frac{MU}{ME} = 0,020 \frac{1\ 600}{2\ 600}$$

ejemplo para dosificación de hormigón

determinación del V_{ab}

caso:

determinar el V_{ab} de un tacho de pedregullo de cantera cuyas características son:

MU = 1 600 Kg/m³

ME = 2 600 Kg/m³

$$V_{abs} = 0,020 \frac{1\ 600}{2\ 600} = 0,0123\ m^3$$

ejemplo para dosificación de hormigón

determinación del V_{ab}

caso:

determinar el V_{ab} de un tacho de pedregullo de cantera cuyas características son:

MU = 1 600 Kg/m³

ME = 2 600 Kg/m³

$$V_{abs} = 0,0123\ m^3 = 12,3\ \text{litros}$$

respuesta:

un tacho (20 litros de V_{ap}) de ese pedregullo equivale a 12,3 litros en V_{ab}

dosificación de hormigones

el agua en los áridos

el agua en los áridos

en estado natural, los áridos pueden contener agua, en dos formas:

- **agua libre o intersticial**
- **agua absorbida**

el agua en los áridos

- **agua libre o intersticial**
recubriendo superficialmente los granos de los áridos y parte del espacio entre sus partículas

- **agua absorbida**
es la contenida en los poros de las partículas

el agua en los áridos

el agua contenida en los áridos, al incorporarse junto con éstos en la canchada, se suma al agua incorporada voluntariamente

por lo tanto: el agua en los áridos interviene en la determinación de la relación A/C

el agua en los áridos

determinación del contenido de humedad en los áridos

el agua en los áridos

determinación del contenido de humedad en los áridos:

- a) determinación del peso húmedo P_h de la muestra
- b) secado de la muestra (saturado con superficie seca: SSS) y registro del peso seco P_s
- c) cálculo del contenido de humedad H en porcentaje %

el agua en los áridos

determinación del contenido de humedad en los áridos:

- c) cálculo del contenido de humedad H en porcentaje %

$$H = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100$$

el agua en los áridos

determinación del contenido de humedad en los áridos

el peso húmedo P_h es la suma del peso seco P_s más el peso del agua que contiene P_{agua}

$$P_h = P_s + P_{\text{agua}}$$

dosificación de hormigones

ejemplos para la dosificación de hormigón

ejemplo para dosificación de hormigón

determinación de H

caso:

determinar el contenido de humedad de una muestra de árido fino cuyos pesos son:

peso húmedo $P_h = 455 \text{ g}$

peso seco $P_s = 410 \text{ g}$

ejemplo para dosificación de hormigón

determinación de H

caso:

determinar el contenido de humedad de una muestra de árido fino cuyos pesos son:

peso húmedo $P_h = 455 \text{ g}$

peso seco $P_s = 410 \text{ g}$

$$H = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 = \frac{455 - 410}{410} \times 100$$

ejemplo para dosificación de hormigón

determinación de H

caso:

determinar el contenido de humedad de una muestra de árido fino cuyos pesos son:

peso húmedo $P_h = 455 \text{ g}$

peso seco $P_s = 410 \text{ g}$

$$H = \frac{455 - 410}{410} \times 100 = 11 \%$$

ejemplo para dosificación de hormigón

determinación de H

caso:

determinar el contenido de humedad de una muestra de árido fino cuyos pesos son:

peso húmedo $P_h = 455 \text{ g}$

peso seco $P_s = 410 \text{ g}$

respuesta:

la humedad contenida en ese árido fino es del 11 %

dosificación de hormigones

IMPORTANTE:

los valores de MU y ME son hallados en laboratorio con los áridos secos, por lo tanto:

se debe considerar siempre el peso seco del árido cuando se utilicen los valores de MU y ME

ejemplo para dosificación de hormigón

determinación de P_s

caso:

determinar el peso seco de una muestra de árido fino cuyo peso húmedo y humedad son:

peso húmedo P_h = 455 g

humedad H = 11%

ejemplo para dosificación de hormigón

determinación de P_s

caso:

determinar el peso seco de una muestra de árido fino cuyo peso húmedo y humedad son:

peso húmedo P_h = 455 g

humedad H = 11%

$$H = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 \quad 11 = \frac{455 - P_s}{P_s} \times 100$$

ejemplo para dosificación de hormigón

determinación de P_s

caso:

determinar el peso seco de una muestra de árido fino cuyo peso húmedo y humedad son son:

peso húmedo P_h = 455 g

humedad H = 11%

$$11 = \frac{455 - P_s}{P_s} \times 100 = \left(\frac{455}{P_s} - \frac{P_s}{P_s} \right) \times 100$$

ejemplo para dosificación de hormigón

determinación de P_s

caso:

determinar el peso seco de una muestra de árido fino cuyo peso húmedo y humedad son son:

peso húmedo P_h = 455 g

humedad H = 11%

$$11 = \left(\frac{455}{P_s} - \frac{P_s}{P_s} \right) \times 100 = \left(\frac{455}{P_s} - 1 \right) \times 100$$

ejemplo para dosificación de hormigón

determinación de P_s

caso:

determinar el peso seco de una muestra de árido fino cuyo peso húmedo y humedad son son:

peso húmedo P_h = 455 g

humedad H = 11%

$$11 = \left(\frac{455}{P_s} - 1 \right) \times 100 \quad \frac{11}{100} = \frac{455}{P_s} - 1$$

ejemplo para dosificación de hormigón

determinación de P_s

caso:

determinar el peso seco de una muestra de árido fino cuyo peso húmedo y humedad son son:

peso húmedo P_h = 455 g

humedad H = 11%

$$\frac{11}{100} = \frac{455}{P_s} - 1 \quad 0,11 = \frac{455}{P_s} - 1$$

ejemplo para dosificación de hormigón

determinación de P_s

caso:

determinar el peso seco de una muestra de árido fino cuyo peso húmedo y humedad son son:

peso húmedo P_h = 455 g

humedad H = 11%

$$0,11 = \frac{455}{P_s} - 1 \quad 0,11 + 1 = \frac{455}{P_s}$$

ejemplo para dosificación de hormigón

determinación de P_s

caso:

determinar el peso seco de una muestra de árido fino cuyo peso húmedo y humedad son son:

peso húmedo P_h = 455 g

humedad H = 11%

$$0,11 + 1 = \frac{455}{P_s} \quad 1,11 P_s = 455 \quad P_s = \frac{455}{1,11}$$

ejemplo para dosificación de hormigón

determinación de P_s

caso:

determinar el peso seco de una muestra de árido fino cuyo peso húmedo y humedad son son:

peso húmedo P_h = 455 g

humedad H = 11%

$$P_s = \frac{455}{1,11} = 410 \text{ g} \quad P_s = \frac{P_h}{1 + H}$$

ejemplo para dosificación de hormigón

determinación de P_s

caso:

determinar el peso seco de una muestra de árido fino cuyo peso húmedo y humedad son son:

peso húmedo P_h = 455 g

humedad H = 11%

respuesta:

el peso seco de ese árido fino es de 410 gramos

el agua en los áridos

determinación de P_s

$$P_s = \frac{P_h}{1 + H/100}$$

el agua en los áridos

el esponjamiento en el árido fino

el esponjamiento en los áridos finos

el *agua libre* que recubre los granos de algunos áridos provoca en las arenas aumento de su volumen aparente:

esponjamiento

por incremento de la tensión superficial entre sus partículas

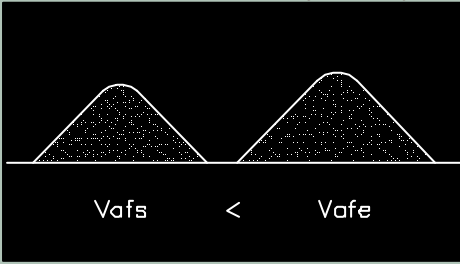
el esponjamiento en los áridos finos

las arenas finas sufren mayor esponjamiento que las arenas gruesas

el volumen del árido fino seco es menor que el volumen del árido fino esponjado

$$V_{afs} < V_{afe}$$

el esponjamiento en los áridos finos
volumen aparente seco y esponjado



comparación entre V_{afs} y V_{afe}

el esponjamiento en los áridos finos

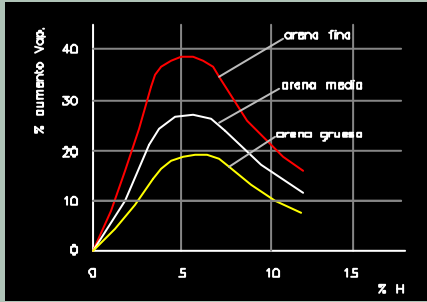
los valores máximos de esponjamiento ocurren para valores de humedad próximos al 5 % del peso de la arena

el esponjamiento en los áridos finos

en la arena saturada (anegamiento) desaparece el fenómeno de esponjamiento

por imposibilidad de producción del fenómeno de tensión superficial entre las partículas

el esponjamiento en los áridos finos



esponjamiento según la finura del árido

el esponjamiento en los áridos finos

el esponjamiento se mide como porcentaje % del volumen incrementado por éste respecto al volumen seco

$$E = \frac{V_{afe} - V_{afs}}{V_{afs}} \times 100$$

el esponjamiento en los áridos finos

$$E = \frac{V_{afe} - V_{afs}}{V_{afs}} \times 100 = \frac{V_{afe}}{V_{afs}} - \frac{V_{afs}}{V_{afs}} \times 100$$

$$E = \left(\frac{V_{afe}}{V_{afs}} - 1 \right) \times 100 \quad \frac{E}{100} = \frac{V_{afe}}{V_{afs}} - 1$$

$$1 + \frac{E}{100} = \frac{V_{afe}}{V_{afs}}$$

el esponjamiento en los áridos finos

$$1 + \frac{E}{100} = \frac{V_{afe}}{V_{afs}}$$

$$V_{afe} = V_{afs} (1 + E/100)$$

$$V_{afs} = \frac{V_{afe}}{1 + E/100}$$

dosificación de hormigones

ejemplos para la dosificación de hormigón

ejemplo para dosificación de hormigón

determinación del V_{ab}

caso:

determinar el V_{ab} de una muestra de 4 tachos de árido fino (en estado natural esponjado) y determinar su contenido de agua

$H = 6 \%$ $MU = 1\ 500\ Kg/m^3$

$E = 9 \%$ $ME = 2\ 500\ Kg/m^3$

ejemplo para dosificación de hormigón

determinación del V_{ab}

caso:

determinar el V_{ab} de una muestra de 4 tachos de árido fino (en estado natural esponjado) y determinar su contenido de agua

H = 6 % MU = 1 500 Kg/m³
E = 9 % ME = 2 500 Kg/m³

4 tachos = 20 x 4 = 80 litros

$V_{afe} = 80$ litros

ejemplo para dosificación de hormigón

determinación del V_{ab}

caso:

determinar el V_{ab} de una muestra de 4 tachos de árido fino (en estado natural esponjado) y determinar su contenido de agua

H = 6 % MU = 1 500 Kg/m³
E = 9 % ME = 2 500 Kg/m³

$$V_{afs} = \frac{V_{afe}}{1 + E/100} = \frac{80}{1 + 9/100}$$

ejemplo para dosificación de hormigón

determinación del V_{ab}

caso:

determinar el V_{ab} de una muestra de 4 tachos de árido fino (en estado natural esponjado) y determinar su contenido de agua

H = 6 % MU = 1 500 Kg/m³
E = 9 % ME = 2 500 Kg/m³

$$V_{afs} = \frac{80}{1 + 9/100} = \frac{80}{1 + 0,09}$$

ejemplo para dosificación de hormigón

determinación del V_{ab}

caso:

determinar el V_{ab} de una muestra de 4 tachos de árido fino (en estado natural esponjado) y determinar su contenido de agua

H = 6 % MU = 1 500 Kg/m³
E = 9 % ME = 2 500 Kg/m³

$$V_{afs} = \frac{80}{1,09} = 73,4 \text{ litros}$$

ejemplo para dosificación de hormigón

determinación del V_{ab}

caso:

determinar el V_{ab} de una muestra de 4 tachos de árido fino (en estado natural esponjado) y determinar su contenido de agua

H = 6 % MU = 1 500 Kg/m³
E = 9 % ME = 2 500 Kg/m³

$$V_{abs} = V_{ap} \frac{MU}{ME} = 73,4 \frac{1\ 500}{2\ 500}$$

ejemplo para dosificación de hormigón

determinación del V_{ab}

caso:

determinar el V_{ab} de una muestra de 4 tachos de árido fino (en estado natural esponjado) y determinar su contenido de agua

H = 6 % MU = 1 500 Kg/m³
E = 9 % ME = 2 500 Kg/m³

$$V_{abs} = 73,4 \frac{1\ 500}{2\ 500} = 44,04 \text{ litros}$$

ejemplo para dosificación de hormigón

determinación del V_{ab}

caso:

determinar el V_{ab} de una muestra de 4 tachos de árido fino (en estado natural esponjado) y determinar su contenido de agua

H = 6 % MU = 1 500 Kg/m³
E = 9 % ME = 2 500 Kg/m³

$$P_{\text{agua}} = P_{\text{arena}} \times H/100$$

ejemplo para dosificación de hormigón

determinación del V_{ab}

caso:

determinar el V_{ab} de una muestra de 4 tachos de árido fino (en estado natural esponjado) y determinar su contenido de agua

H = 6 % MU = 1 500 Kg/m³
E = 9 % ME = 2 500 Kg/m³

$$P_{\text{arena}} = V_{\text{ap}} \times MU = 73,4 \times 1 500$$

$$P_{\text{arena}} = 110,1 \text{ Kg}$$

ejemplo para dosificación de hormigón

determinación del V_{ab}

caso:

determinar el V_{ab} de una muestra de 4 tachos de árido fino (en estado natural esponjado) y determinar su contenido de agua

H = 6 % MU = 1 500 Kg/m³
E = 9 % ME = 2 500 Kg/m³

$$P_{\text{agua}} = P_{\text{arena}} \times H/100$$

$$P_{\text{agua}} = 110,1 \times 6/100 = 110,1 \times 0,06$$

$$P_{\text{agua}} = 6,6 \text{ Kg} = 6,6 \text{ litros}$$

ejemplo para dosificación de hormigón

determinación del V_{ab}

caso:

determinar el V_{ab} de una muestra de 4 tachos de árido fino (en estado natural esponjado) y determinar su contenido de agua

H = 6 % MU = 1 500 Kg/m³
E = 9 % ME = 2 500 Kg/m³

respuesta:

el volumen absoluto de esa muestra es de 44,04 litros y su contenido de agua es de 6,6 litros

dosificación de hormigones

diseño de hormigón

dosificación de hormigones

para la dosificación de las mezclas para hormigones existen múltiples métodos,

los que proporcionan una aproximación preliminar que debe verificarse mediante pruebas en laboratorio o en obra (ensayos)

y realizar los ajustes necesarios para obtener las características buscadas

dosificación de hormigones

orden de decisiones en el diseño:

- 1º establecer la fck
- 2º determinación de la fcm
- 3º seleccionar el tipo de cemento portland
- 4º determinación de la relación a/c
- 5º determinación del TM del árido
- 6º estudiar la consistencia más conveniente
- 7º determinación de la cantidad árido grueso
- 8º determinación de la cantidad de agua
- 9º determinación de la cantidad de aire ocluido
- 10º determinación de la cantidad de cemento
- 11º determinación de la cantidad de árido fino
- 12º correcciones de árido fino y de agua
- 13º efectuar las pruebas y ensayos de verificación

dosificación de hormigones

adaptación del método ACI:

el volumen del hormigón será igual a la suma de los volúmenes absolutos de sus componentes

dosificación de hormigones

se toma en cuenta:

- resistencia final del hormigón
- consistencia
- condiciones de control
- características de las piezas
- naturaleza y tipo de los áridos

se basa en los datos obtenidos en pruebas a los materiales que serán empleados

dosificación de hormigones

datos de inicio:

- análisis granulométrico de los áridos
- MU y ME
- resistencia característica
- condiciones de control en obra
- condiciones de servicio
- consistencia

dosificación de hormigones

- análisis granulométrico de los áridos

definición de:

- módulo de finura **MF** del árido fino
- tamaño máximo **TM** del árido grueso

dosificación de hormigones

- definición de:

- masa unitaria **MU**
- masa específica **ME**

de todos los componentes

dosificación de hormigones

- **definición de:**

resistencia característica
fck
solicitada por el cálculo de
la estructura

dosificación de hormigones

- **condiciones previstas de control en obra**
- **condiciones de servicio a que estarán sometidas las piezas a llenar con el hormigón: medio, agresividad**

dosificación de hormigones

- **consistencia necesaria:**
según NORMA
en función de:
 - **forma de la pieza**
 - **armaduras**
 - **método de compactación**

dosificación de hormigones

ecuación básica:

$$V_{ap} \text{ horm} = V_{ab} \text{ cem port} + V_{ab} \text{ árido grueso} + V_{ab} \text{ árido fino} + V \text{ agua} + V \text{ aire ocluido}$$

dosificación de hormigones

adaptación del método ACI

dosificación de hormigones

pasos en la adaptación del método ACI:

- 1) determinación de la fcm
- 2) determinación de la relación a/c
- 3) determinación del TM del árido
- 4) determinación de la cantidad árido grueso
- 5) determinación de la cantidad de agua y de aire ocluido
- 6) determinación de la cantidad de cemento
- 7) determinación de la cantidad de árido fino
- 8) correcciones de árido fino y de agua

dosificación de hormigones

adaptación del método ACI:

- 1) **determinación de la resistencia media f_{cm}**

dosificación de hormigones

- 1) **determinación de la resistencia media f_{cm} en función de la resistencia característica f_{ck} solicitada en el cálculo de la estructura y las condiciones de control en obra, se determina el valor de la resistencia media f_{cm}**

dosificación de hormigones

- 1) **determinación de la resistencia media f_{cm}**

TABLA 1

condiciones de control	f_{cm}
medias	$f_{cm} = 1,50 f_{ck} + 20$
buenas	$f_{cm} = 1,35 f_{ck} + 15$
muy buenas	$f_{cm} = 1,20 f_{ck} + 10$

dosificación de hormigones

adaptación del método ACI:

2) determinación de la relación agua cemento a/c

dosificación de hormigones

2) determinación de la relación agua cemento

la relación a/c se determina por el menor de los valores resultantes de evaluar:

- las condiciones de resistencia ó
- por las condiciones de servicio

a/c es un cociente en peso

dosificación de hormigones

2) determinación de la relación agua cemento

TABLA 2 (condiciones de resistencia)

relación a/c	fcm a la compresión probable a los 28 días en Kg/cm ²	
	hormigón sin aire incorporado	hormigón aireado
0,35	420	335
0,44	350	260
0,53	280	225
0,62	225	180
0,71	175	140
0,80	140	110

dosificación de hormigones

2) determinación de la relación agua cemento

TABLA 3 (condiciones de servicio)

tipo de estructura	clima templado		
	intemperie	en contacto con agua dulce	de mar
secciones delgadas pilares, losas, dinteles, antepechos	0,53	0,49	0,40
secciones moderadas fundaciones, vigas, muros de contención	*	0,53	0,44
macizos grandes	*	0,53	0,44
hormigón sumergido	*	0,44	0,44
pavimentos	*	*	*
hormigón protegido interior o revocado	*	*	*

* la relación a/c se determina por las condiciones de resistencia TABLA 2

dosificación de hormigones

adaptación del método ACI:

3) determinación del tamaño máximo del árido grueso TM

dosificación de hormigones

3) determinación del tamaño máximo TM

se debe tener en cuenta la forma de la sección a llenar el TM debe ser:

- $TM < 1/5$ distancia entre encofrado
- $TM < 1/3$ espesor de las losas
- $TM < 3/4$ separación armaduras contiguas

lo que puede variarse si se emplean formas de compactación que aseguren colado y compacidad

dosificación de hormigones

3) determinación del tamaño máximo TM

TABLA 4

sección	TM			
	muros, vigas y pilares armados	muros sin armar	losas muy armadas	losas poco armadas y sin armar
65 a 125	13,4 a 19	19	19 a 26,9	19 a 38
150 a 280	19 a 38	38	38	38 a 76
300 a 735	38 a 76	76	38 a 76	76
> 735	38 a 76	> 76	38 a 76	> 76

los valores pueden modificarse si existen formas de compactación que aseguren el colado y la compacidad

dosificación de hormigones

adaptación del método ACI:

4) determinación de la cantidad de árido grueso

dosificación de hormigones

4) determinación de la cantidad de grava

en función de:

- módulo de finura MF del árido fino
- tamaño máximo TM del árido grueso

para obtener hormigones de adecuada trabajabilidad con la mayor compacidad posible

dosificación de hormigones

4) determinación de la cantidad de grava

TABLA 5

TM mm	V _{av} de árido grueso, compactado en seco, por unidad de volumen y para diversos MF del árido fino					
	2,8	3	3,4	3,6	3,8	4
9,5	0,40	0,42	0,46	0,44	0,42	0,40
13,4	0,49	0,51	0,55	0,53	0,51	0,49
19	0,59	0,61	0,65	0,63	0,61	0,59
26,9	0,64	0,66	0,70	0,68	0,66	0,64
38	0,70	0,72	0,76	0,74	0,72	0,70
53,8	0,73	0,75	0,79	0,77	0,75	0,73
76	0,78	0,80	0,84	0,82	0,80	0,78
>76	0,84	0,86	0,90	0,88	0,86	0,84

dosificación de hormigones

adaptación del método ACI:

5) determinación de la cantidad de agua y de aire ocluido

dosificación de hormigones

5) determinación de la cantidad de agua de amasado

en función de:

- consistencia
por asentamiento en Cono de Abrams
- tamaño máximo TM del árido seleccionado

debe considerarse si se trata de un hormigón sin aire consentido (sólo con aire normalmente ocluido) o con aire incorporado voluntariamente (hormigón aireado)

dosificación de hormigones

5) **determinación de la cantidad de aire ocluido**

en función de:.

- **tamaño máximo TM del árido grueso**

debe considerarse si se trata de un hormigón sin aire consentido (sólo con aire normalmente ocluido) o con aire incorporado voluntariamente (hormigón aireado)

dosificación de hormigones

5) **determinación de la cantidad de agua de amasado y de aire ocluido**

TABLA 6 - 1 (hormigón sin aire consentido)

asentamiento en el Cono de Abrams	cantidad de agua de amasado (en litros) para los TM (en mm)							
	hormigón sin aire incorporado							
	9,5	13,4	19	26,9	38	53,8	76	> 76
0 - 2	197	187	172	170	155	145	135	116
3 - 5	209	199	184	179	164	154	144	125
6 - 9	223	213	198	189	174	164	154	135
10 - 15	235	223	208	198	183	173	163	144
> 16	242	228	213	203	188	178	168	148
aire ocluido %	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2

dosificación de hormigones

5) **determinación de la cantidad de agua de amasado y de aire ocluido**

TABLA 6 - 2 (hormigón aireado)

asentamiento en el Cono de Abrams	cantidad de agua de amasado (en litros) para los TM (en mm)							
	hormigón con aire incorporado							
	9,5	13,4	19	26,9	38	53,8	76	> 76
0 - 2	172	170	155	145	135	126	116	104
3 - 5	184	179	164	154	144	135	125	110
6 - 9	198	189	174	164	154	145	135	117
10 - 15	213	203	188	178	168	158	148	129
> 16	218	204	189	179	169	159	156	127
aire ocluido %	8	7	6	5	4,5	4	3,5	3

dosificación de hormigones

adaptación del método ACI:

6) determinación de la cantidad de cemento portland

dosificación de hormigones

6) determinación de la cantidad de cemento portland en peso

en función de:

- la relación a/c
- la cantidad de agua determinada en el paso **5**

dosificación de hormigones

adaptación del método ACI:

7) determinación del volumen de árido fino

dosificación de hormigones

7) **determinación del volumen de árido fino**

el V_{ab} del árido fino se determina por la diferencia de volúmenes absolutos de acuerdo con la **ecuación básica**:

$$V_{ap} \text{ horm} = V_{ab} \text{ cemento portland} + V_{ab} \text{ árido grueso} + V_{ab} \text{ árido fino} + V \text{ agua} + V \text{ aire ocluido}$$

dosificación de hormigones

7) **determinación del volumen de árido fino**

el V_{ab} del árido fino se determina por la diferencia de volúmenes absolutos de acuerdo con la **ecuación básica**:

$$V_{ab} \text{ árido fino} = V_{ap} \text{ horm} - (V_{ab} \text{ cemento portland} + V_{ab} \text{ árido grueso} + V \text{ agua} + V \text{ aire ocluido})$$

dosificación de hormigones

7) **determinación del volumen de árido fino**

por los seis pasos anteriores, son conocidos los V_{ap} de todos los otros componentes

para hallar el V_{ab} de los componentes tendremos que aplicar:

$$V_{abs} = \frac{P}{ME} \qquad V_{abs} = V_{ap} \frac{MU}{ME}$$

dosificación de hormigones

7) **determinación del volumen de árido fino**

para hallar el V_{ap} del árido fino tendremos que aplicar:

$$V_{ap} = V_{abs} \frac{ME}{MU}$$

dosificación de hormigones

adaptación del método ACI:

8) **correcciones del volumen de árido fino y del agua de amasado**

dosificación de hormigones

8) **correcciones de árido fino y agua**

el V_{ap} del árido fino que se calculó corresponde a un material SSS (saturado de superficie seca)

se trata de una condición que no existe fuera de laboratorio

dosificación de hormigones

8) corrección del agua de amasado

$$Aa = Ac - Ae$$

Aa agua de amasado a incorporar

Ac agua de amasado calculada por la relación a/c (en peso)

Ae agua aportada por el árido fino (en peso)

$$Ae = P_{\text{árido fino}} \times H$$

dosificación de hormigones

8) corrección del volumen de árido fino

$$Vafe = Vafs \times (1 + E/100)$$

Vafe volumen aparente del árido fino esponjado

Vafs volumen aparente del árido fino seco

dosificación de hormigones

"...para la mayoría de los hormigones utilizados hoy en día, un método, simple para ser práctico, junto con la experiencia adquirida, es suficiente para conseguir buenas dosificaciones; lo fundamental radica en verificar mediante ensayos posteriores que la fórmula escogida cumple con los requisitos exigidos en cuanto a resistencia y docilidad..."

"...de hecho, este cálculo no es más que el primer paso a seguir para conseguir una mezcla de ensayo..."

Dreux
