

Tema 9: MORTEROS

- Definición.
- Arenas. Condiciones de los áridos según la Norma.
- Aridos gruesos.
- Agua: Condiciones según la Norma.
- Clasificación de los morteros.
- Definición de los morteros.

MORTEROS

Los morteros son mezclas plásticas obtenidas con un aglomerante, arena y agua, que sirven para unir las piedras o ladrillos que integran las obras de fábrica y para revestirlos con enlucidos o revocos.

Los morteros se denominan según sea el aglomerante. Así se tienen morteros de yeso, de cal o de cemento.

Los **morteros bastardos** son aquéllos en los que intervienen dos aglomerantes, como por ejemplo, yeso y cal, cemento y cal, etc.

La mezcla de un aglomerante y agua se denomina **pasta** y se dice de **consistencia** normal cuando la cantidad de agua de amasado es igual a los huecos del aglomerante suelto; si es menor será seca y mayor fluida, llamándose **lechada** cuando se amasa con mucha agua.

Los morteros, como los aglomerantes, se clasifican en aéreos e hidráulicos.

MORTEROS DE CEMENTO Y ARENA

Morteros de cemento y arena					
Tipo de mortero	Proporción en volumen		kg cemento por m ³ de mortero	Empleo preferente	Resistencia kg/cm ²
	Cemento	Arena			
Ricos	1	1	800	Bruñidos y revoques impermeables.	160
	1	2	600	Enlucidos, revoque de zócalos, corrido de cornisas	
	1	3	450	Bóvedas tabicadas, muros muy cargados, enlucidos de pavimento, enfoscados.	
Ordinarios	1	4	380	Bóvedas de escalera, tabiques de rasilla.	130
	1	5	300	Muros cargados, fábrica de ladrillos, enfoscados.	98
Pobres	1	6	250	Fábricas cargadas.	75
	1	8	200	Muros sin carga.	50
	1	10	170	Rellenos para solado.	30

MORTEROS DE CAL Y ARENA

Morteros de cal y arena		
Proporción en volumen		Empleo preferente
Pasta de cal	Arena	
1	1	Enlucidos
1	2	Revoques
1	3	Muros de ladrillo
1	4	Muros de mampostería

MORTEROS DE CEMENTO Y CAL

Morteros de cemento y cal			
Proporción en volumen			Empleo preferente
Cemento	Pasta de cal	Agua	
1	1	6	Muros cargados, impermeables
1	1	8	Muros poco cargados
1	1	10	Cimientos
4	1	12	Revoques impermeables

AGUA

- **Agua de amasado**

- * Participa en las reacciones de hidratación del cemento
- * Confiere al hormigón la trabajabilidad necesaria para su puesta en obra
- * La cantidad de agua de amasado debe limitarse al mínimo estrictamente necesario.
 - El agua en exceso se evapora y crea una serie de huecos en el hormigón, disminuyendo su resistencia.
 - Un déficit de agua de amasado origina masas pocos trabajables y de difícil colocación en obra.
- * Cada litro de agua de amasado añadido de más a un hormigón equivale a una disminución de 2 kg de cemento.

- **Agua de curado**

Durante el proceso de fraguado y primer endurecimiento del hormigón, tiene por objeto:

- Evitar la desecación
- Mejorar la hidratación del cemento
- Impedir una retracción prematura

APTITUD DE LAS AGUAS

Se debe ser más estricto en la aptitud de un agua para curado que en la de un agua para amasado, debido a:

- En el **amasado** la aportación de agua es limitada y se realiza de una sola vez.
- En el **curado** la aportación es *amplia*, de actuación duradera y las reacciones que puedan ocasionar no actúan sobre una masa en estado plástico.

AGUAS PERJUDICIALES Y AGUAS NO PERJUDICIALES.

Un índice útil sobre la aptitud de un agua es su **potabilidad**.

Las **excepciones** se reducen casi exclusivamente a las aguas de alta montaña, debido a que su gran pureza les confiere carácter agresivo.

Las aguas manifiestamente insalubres pueden ser utilizadas, como por ejemplo las aguas bombeadas de minas (excepto de carbón), de residuos industriales, pantanosas, etc.

Las aguas depuradas con cloro pueden emplearse perfectamente.

Las limitaciones impuestas por la Instrucción Española se incluyen en la tabla 1.

Si es absolutamente obligado emplear un *agua sospechosa*, convendrá forzar la dosis de cemento (no menos de 350 kg/m^3) y mejorar la preparación y puesta en obra del hormigón.

AGUA DE MAR

La Instrucción Española del Hormigón admite su empleo para **hormigón en masa**, previniendo acerca de la posible aparición de **eflorescencias** (producidas por cristalización de sales) y de la probable **caída de resistencia** (aproximadamente un 15%).

El contenido medio de cloruro sódico del agua de mar es del orden de 25 gramos por litro (aproximadamente 15 g/l de **ión Cl**), **inadmisible para hormigón armado**.

El contenido medio del **ión sulfato** es próximo a los 3 g/l. Según este índice, se podría calificar al agua marina como perjudicial, pero por una serie de razones de índole química, su agresividad real es mucho menor que la que tendría un agua no marina con sulfatos o cloruros en análogas proporciones.

No se admite **presencia de algas**, ya que impiden la adherencia árido-pasta, provocando multitud de poros en el hormigón.

El amasado con agua de mar suele ser perjudicial si el hormigón va a estar en contacto con agua marina. Por ello en obras marítimas es normal amasar siempre con agua dulce, sobre todo si se emplean cementos aluminosos.

ANÁLISIS DEL AGUA DE AMASADO Y CURADO

Determinación	Limitación impuesta por la Instrucción Española	Riesgos que se corren si no se cumple la limitación	OBSERVACIONES
pH	MINIMO 5	<ul style="list-style-type: none"> - alteraciones en el fraguado y endurecimiento - disminución de resistencias y de durabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> - la Norma soviética admite hasta un pH igual a 4 - con cemento aluminoso no deben usarse aguas de pH superior a 8
Sustancias disueltas totales	MAXIMO 15 gramos por litro	<ul style="list-style-type: none"> - aparición de eflorescencias u otro tipo de manchas - pérdida de resistencias mecánicas - fenómenos expansivos a largo plazo 	<ul style="list-style-type: none"> - por sustancias disueltas se entiende el residuo salino seco que se obtiene por evaporación del agua - en zonas sujetas a fluctuaciones de nivel de agua, conviene rebajar el límite a 5 gramos por litro
Contenido en sulfatos expresados en ión SO ₄	MAXIMO 1 gramo por litro	<ul style="list-style-type: none"> - alteraciones en el fraguado y endurecimiento; pérdidas de resistencia - puede resultar gravemente afectada la durabilidad del hormigón 	<ul style="list-style-type: none"> - con cemento P-Y puede llegarse a 5 g/l - la Norma soviética admite hasta 2,7 g/l con portland normal y 10 g/l con P-Y - atención al contenido en sulfatos del cemento y los áridos, cuando se está cerca del límite - se debe ser más estricto con el agua de curado
Contenido en ión cloro	MAXIMO 6 gramos por litro	<ul style="list-style-type: none"> - corrosión de armaduras u otros elementos metálicos - otras alteraciones del hormigón 	<ul style="list-style-type: none"> - para hormigón en masa puede elevarse el límite de tres a cuatro veces - para hormigón pretensado debe rebajarse el límite a 0,5 g/l
Hidratos de carbono	No deben apreciarse	<ul style="list-style-type: none"> - el hormigón no fragua - otras alteraciones en el fraguado y endurecimiento 	La sacarosa, glucosa y sustancias análogas alteran profundamente el mecanismo de fraguado de los cementos.
Sustancias orgánicas solubles en éter	MAXIMO 15 gramos por litro	<ul style="list-style-type: none"> - graves alteraciones en el fraguado y/o endurecimiento - fuertes caídas de resistencia 	<ul style="list-style-type: none"> - el ensayo pone de manifiesto la presencia de aceites y grasas de cualquier origen, humus y otras sustancias orgánicas vegetales, que muestran una interacción con la cal liberada del cemento - atención a la materia orgánica de la arena, cuando se está cerca del límite

ARIDOS

Los áridos se oponen a la retracción del hormigón.

Grava o árido grueso: fracción mayor de 5 mm

Arena o árido fino: fracción menor de 5 mm

Arena gruesa: 2-5 mm

Arena fina: 0.08-2 mm

Polvo o fino de la arena: < 0.08 mm

Desde el punto de vista de **durabilidad en medios agresivos:**

- deben preferirse los **áridos de tipo silíceo** (gravas y arenas de río o de cantera) y los que provienen de **machaqueo de rocas volcánicas** (basalto, andesita) o de **calizas sólidas y densas**.
- las **rocas sedimentarias** (calizas, dolomitas) y las **volcánicas sueltas** (pómez, toba) deben ser objeto de análisis.
- NO deben emplearse áridos que provengan de calizas blandas, feldespatos, yesos, piritas o rocas porosas.

ARIDOS RODADOS Y MACHACADOS

- **Los áridos rodados**

- Proporcionan hormigones más dóciles y trabajables, requiriendo menos cantidad de agua.
- Un árido rodado suelto es garantía de piedras duras y limpias.
- Mezclado con arcilla, es imprescindible un lavado enérgico para evitar pérdidas por adherencia.

- **Los áridos machacados**

- Proporcionan una mayor trabazón que se refleja en una mayor resistencia del hormigón (sobre todo a tracción) y mayor resistencia química.
- Debe estar desprovisto de polvo de machaqueo, pues supondría un incremento de finos en el hormigón, y por tanto mayor cantidad de agua de amasado, menor resistencia y mayor riesgo de fisuración.

LA ARENA

No es posible hacer un buen hormigón sin una buena arena.

Las mejores **arenas** son las **de río** (cuarzo puro).

La **arena de mina** suele tener arcilla en exceso, por lo que es necesario lavarla enérgicamente.

Las **arenas de mar**, si son limpias, pueden emplearse en hormigón armado, previo lavado con agua dulce.

Las **arenas de machaqueo** de granitos, basaltos y rocas análogas son excelentes, con tal de que sean rocas sanas que no acusen un proceso de descomposición.

Las **arenas de procedencia caliza** son de calidad muy variable. Requieren más cantidad de agua de amasado que las silíceas.

ENSAYOS DE LA ARENA (A) Y DE LA GRAVA (G) CUYA REALIZACION ES SIEMPRE OBLIGATORIA

Determinación	Limitación impuesta por la Instrucción Española	Riesgos que se corren si no se cumple la limitación	OBSERVACIONES
Terrones de arcilla	MAXIMO A: 1 por 100 G: 0,25 por 100 del peso total de la muestra	- hormigón poco resistente - coqueiras interiores y oquedades en las superficies	- se entiende por terrones las partículas que se deshacen bajo la presión de los dedos - suelen existir en las arenas de mina - especialmente peligrosos en medios agresivos
Finos que pasan por el tamiz 0,080 UNE 7050	MAXIMO A: 5 por 100 G: 1 por 100 del peso total de la muestra	- falta de adherencia pasta-árido - hormigón muy fisurable por retracción - hormigón poco resistente	- en la arena, es deseable no superar el 2 por 100 para hormigones armados; en casos dudosos, determinar el equivalente de arena - los finos incluyen limos, arcillas, sales solubles y otras impurezas
Material retenido por el tamiz 0,063 UNE 7050 y que flota en un líquido de peso específico 2	MAXIMO A: 0,5 por 100 G: 1 por 100 del peso total de la muestra	- anomalías en el fraguado - coqueiras - hormigón poco resistente	- se refiere a partículas de carbón, madera, materias vegetales, etc. Deben prohibirse totalmente - no es corriente encontrar áridos que incumplan este ensayo
Compuestos de azufre expresados en SO ₄ y referidos al árido seco	MAXIMO A: 1,2 por 100 G: 1,2 por 100 del peso total de la muestra	- alteraciones en el fraguado y endurecimiento - pérdidas de resistencia - gran disminución de la durabilidad	- suelen provenir de sulfatos (yeso, anhidrita) o de sulfuros (piritas) - atención al contenido en sulfatos del cemento y del agua, cuando se está cerca del límite
Sustancias que reaccionan perjudicialmente con los álcalis del cemento	A y G deben estar EXENTAS de tales sustancias	Procesos fuertemente expansivos que destruyen el hormigón	- puede darse con ciertos áridos silíceos de naturaleza opalina o similar - es muy raro encontrar áridos que incumplan este ensayo
Materia orgánica	La A no debe producir coloración más oscura que la patrón	- graves alteraciones en el fraguado y endurecimiento - fuertes caídas de resistencia	- la materia orgánica muestra una interacción con la cal liberada del cemento - atención a la materia orgánica del agua, cuando se está cerca del límite
Partículas blandas	MAXIMO A: - G: 5 por 100 del peso total de la muestra	Hormigón poco resistente	- el ensayo mide la resistencia de los granos de la grava al rayado con latón - se detectan también las partículas duras aglomeradas débilmente (ciertas areniscas)
Coefficiente de forma	MINIMO A: - G: 0,15	- hormigón poco trabajable y de difícil compactación - escasa resistencia y compacidad	- se admiten valores inferiores, previos ensayos de comprobación del hormigón en laboratorio - conviene elevar a 0,20 el límite para la fracción superior a 25 mm

LA GRAVA

La resistencia de la grava viene ligada a su dureza, densidad y módulo de elasticidad. Se aprecia en la limpieza y agudeza de los cantos vivos procedentes del machaqueo.

ADITIVOS

- **Modificadores de fraguado y endurecimiento**

Son productos que adicionados a las pastas, morteros u hormigones en el momento de **amasado**, impiden, retardan o aceleran el fraguado de los mismos o actúan sobre su endurecimiento. A estos productos se les denomina *inhibidores de fraguado, retardadores y acelerantes*, respectivamente.

- **Inhibidores**

Pueden ser conveniente en los casos que interese impedir el proceso de fraguado del cemento, como puede ocurrir en el caso de una avería de un camión hormigonera.

Azúcares, compuestos cálcicos solubles, etc.

- **Retardadores**

El empleo de un retardador que frene la hidratación del cemento con respecto a su velocidad normal puede ser conveniente en determinados casos, como por ejemplo, el transporte de hormigones a grandes distancias, complicación de la puesta en obra del hormigón, etc.

El empleo de retardadores es delicado debido a que, si se usan **en dosis incorrectas**, pueden **inhibir el fraguado y endurecimiento** del hormigón.

Los retardadores **reducen la resistencia del hormigón** en sus primeros estados.

Los retardadores **aumentan la retracción** de los hormigones.

Sustancias inorgánicas solubles: cloruro de aluminio, nitrato cálcico, cloruro de cobre, sulfato de cobre, cloruro de cinc, bórax soluble, fosfatos y fluoruros, ácido fosfórico, ácido bórico, óxidos de cinc y de plomo, etc.

Sustancias orgánicas: glucosa, sacarosa, almidón, etc.

– Acelerantes

La utilización de un acelerante puede tener **ventajas** de tipo **económico** o **técnico**. La 1ª es frecuente en **prefabricación**, donde inmovilizar los moldes durante un tiempo reducido supone un gran ahorro económico. Las ventajas de tipo técnico se presentan en el **hormigonado en tiempo frío**, donde el empleo de un acelerador permite que el hormigón adquiriera unas resistencias suficientes antes de que las bajas temperaturas puedan afectarle.

* **Cloruro cálcico (CaCl₂)**

Incrementa la velocidad de hidratación dando lugar a resistencias iniciales altas.

El tiempo de iniciación del fraguado puede limitarse a menos de la mitad.

Libera una gran cantidad de calor en las primeras horas, lo que posibilita su uso en tiempo frío.

Mejora la docilidad de los hormigones y aumenta su compacidad.

Inconvenientes:

Puede producir eflorescencias y corrosión de las armaduras, especialmente en ambientes húmedos.

• **Otros acelerantes**

Cloruro sódico, amónico y férrico.

Bases alcalinas, hidróxido sódico, potásico y amónico.

Carbonatos, silicatos y fluosilicatos, aluminatos, boratos de sodio y potasio, ácido oxálico, etc.

- **Impermeabilizantes**

En determinadas construcciones (tuberías, depósitos, canales) es necesario que los hormigones sean impermeables.

En construcciones o estructuras que están en contacto con el agua es necesario impedir que ésta ascienda por capilaridad.

Se pueden considerar dos tipos de impermeabilizantes: los *reductores de penetración de agua* y los *hidrófugos*.

Los **reductores de penetración de agua** aumenta la resistencia al paso del agua a presión sobre un hormigón endurecido.

Los **hidrófugos** disminuyen la absorción capilar o el paso del agua a través de un hormigón saturado.

Los productos **aireantes** tienen un papel notable sobre la impermeabilidad al interrumpir con burbujas de aire la red capilar de los hormigones.

Los productos **plastificantes** (polvo de sílice, cenizas volantes, tierra de infusorios, bentonita, filler calizo, jabones, aceites minerales pesados) disminuyen el diámetro de la red capilar.

Los impermeabilizantes pueden modificar el tiempo de fraguado del hormigón, disminuir resistencias mecánicas y aumentar la retracción, siendo conveniente realizar ensayos previos.

Nunca debe pensarse que un impermeabilizante tapone los huecos de un hormigón malo.

- **Generadores de gas**

En vez de introducir aire, incluyen un gas, formado al reaccionar dichos productos entre sí o con el mortero.

Se emplean más con morteros de cemento que con hormigones.

- *Agua oxigenada e hipoclorito cálcico*, que genera oxígeno.
- *Carburo cálcico*, que al reaccionar con agua da lugar a acetileno.
- *Polvo de aluminio*, que al reaccionar con los álcalis del cemento genera hidrógeno.

- **Generadores de espuma (Espumantes)**

Los generadores de espuma, al igual que los de gas, encuentran amplia aplicación en la fabricación de morteros ligeros empleados fundamentalmente como aislantes térmicos.

- **Colorantes**

Deben ser estables, no alterables a la intemperie, compatibles con el cemento y no descomponerse en presencia de la cal liberada en la hidratación y endurecimiento de éste.

DOSIFICACION DE MORTEROS

Capacidad de utillajes en la confección de morteros			
Utillaje	Medidas (cm)	Capacidad (litros «colmado»)	Cemento (kg)
Pala de ½ luna	28 x 32	5	7.5
Pala recta	30 x 34	7	10.5
Balde-caldereta	φ 30 x 23	13	20
Caldereta	33 x 16	11	17
Cesto de goma	φ 40 x 22	20	30
Carretilla	85 x 65 x 15	90	135
Saco de cemento	72 x 40 x 12	–	50
Nota: Este utillaje sirve también para confeccionar pequeñas cantidades de hormigón.			

Dosificaciones de morteros (en peso)				
Aplicación	Dosificación Cemento/arena	Cemento kg/m³	Arena (1) volumen/m³	Agua l/m³
Muros de poca carga	1 : 4	380	1.100	240
Muros cargados (2)	1 : 3	460	0.980	260
Revoques impermeables (3 y 4)	1 : 1.5	740	0.812	300
Raseos de fachadas (4)	2 : 3			
Notas: 1) El peso es de 1500 kg/m ³ 2) Para fábricas de ladrillos y raseos exteriores 3) Debe agregarse 31 kg/m ³ de líquido impermeabilizante 4) 2 partes de cemento y 3 de arena				

Dosificación de morteros por cestos de 20 litros					
Aplicación	Dosificación C/A	Cemento kg/m³	Arena (1) Cestos colmados	Agua l	Mortero obtenido (l)
Enlucidos y revocos	1 : 2	600	3	29	83
Enfoscados, revocos, pavimentos	1 : 3	450	5.4	29	112
Escaleras, bóvedas, etc.	1 : 4	380	6.5	29	132
Fábricas cargadas, enfoscados	1 : 5	300	8.5	42	166
Fábricas menos cargadas	1 : 6	250	10	50	200
Fábricas ordinarias sin cargar	1 : 8	200	13.5	60	250
Solados, rellenos	1 : 10	170	16.5	60	333
Revoques impermeables (2)	1 : 1.5	750	3	20	

Notas: 1) Cestos colmados por saco de cemento de 50 kg.
2) debe añadirse de hidrófugo del 1 al 3 % del peso del cemento.

Resistencia de los morteros dosificados en volumen		
Clase de mortero	Dosificación	Resistencia (kg/cm²)
Mortero de cemento-cal-arena	1 : 1 : 10	20
	1 : 1 : 6	50
Mortero de cemento-arena, equivalente a dosificación de 250 kg de cemento/m ³	1 : 6	50
Mortero de cemento-arena, equivalente a dosificación de 380 kg de cemento/m ³	1 : 4	100
Mortero de cemento-arena, equivalente a dosificación de 450 kg de cemento/m ³	1 : 3	150