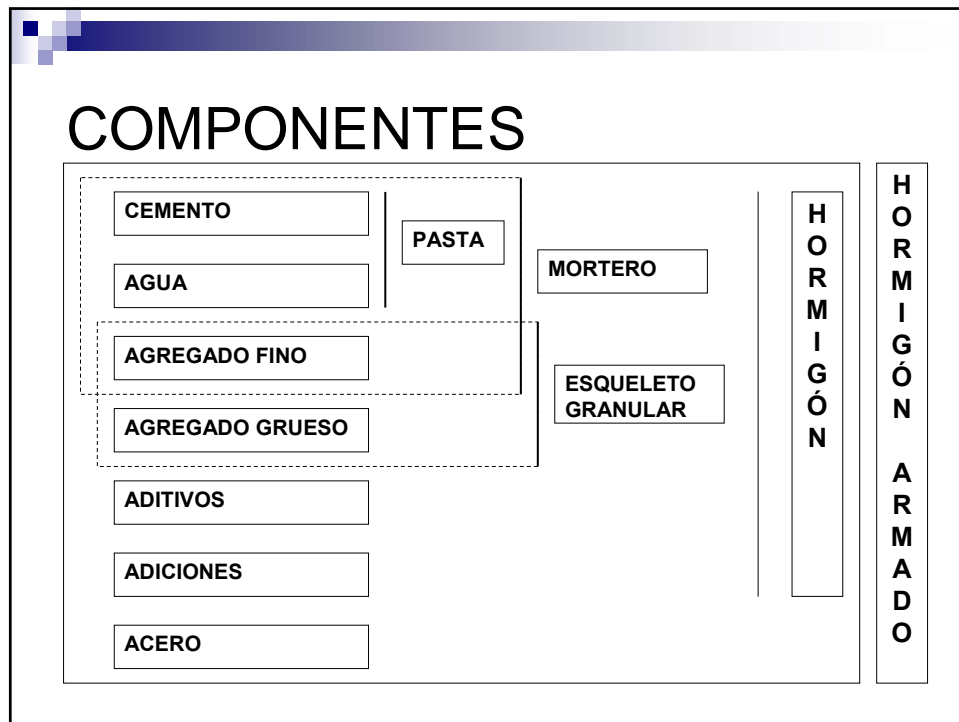


AGREGADOS PARA HORMIGÓN

HORMIGÓN

- Material de construcción compuesto por mezcla homogénea de materiales pétreos inertes y cemento hidráulico



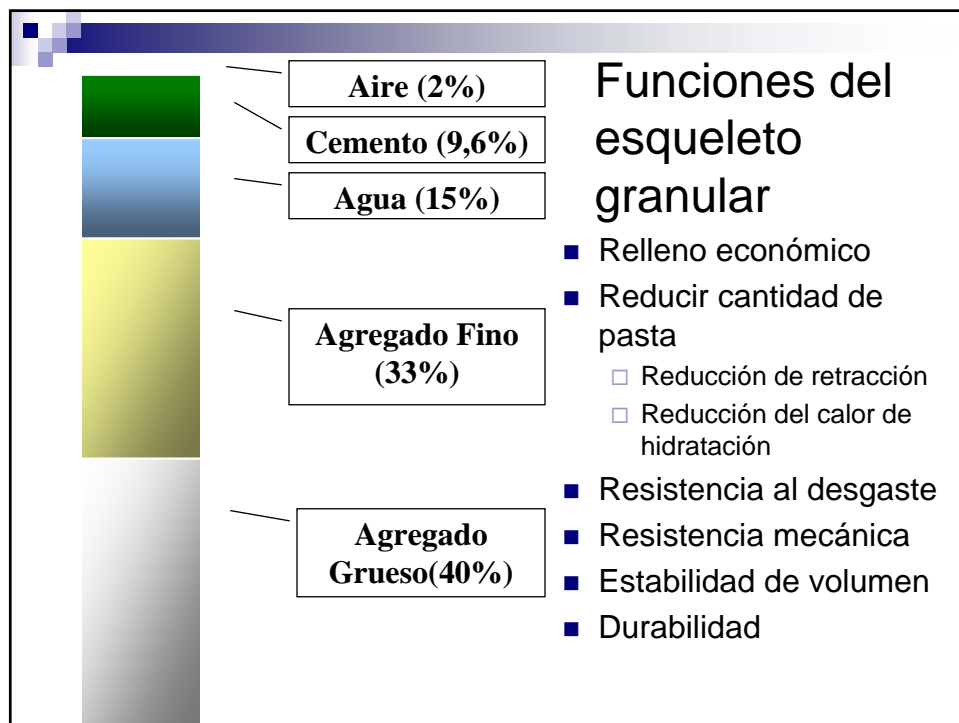
Componente	Cantidad		Precio		Densidad	
					Aparente	Real
Cemento	300.00	Kg	27.00	\$/bolsa 50 Kg		3.13
Arena	0.60	m ³	50.00	\$/m ³	1.43	2.60
Piedra partida	0.60	m ³	100.00	\$/m ³	1.75	2.60
Relación a/c		0.50				

Componente	Peso		Volumen		Precio	
	Kg	%	dm ³	%	\$	%
Cemento						
Agua						
Aire						
Agregados	Finos					
	Gruesos					
TOTAL						

Componente		Peso		Volumen		Precio	
		Kg	%	dm3	%	\$	%
Cemento		300.00	12.72	95.85	9.59	162.00	64.29
Agua		150.00	6.36	150.00	15.00	-	-
Aire		-	-	20.00	2.00	-	-
Agregados	Finos	858.00	36.39	330.00	33.01	30.00	11.90
	Gruesos	1 050.00	44.53	403.85	40.40	60.00	23.81
TOTAL		2 358.00	100.00	999.69	100.00	252.00	100.00

81% (pointing to 36.39%)

73% (pointing to 40.40%)



Clasificación

■ Según origen

- ☐ Ígneos: granito, basalto
- ☐ Sedimentarios
 - No consolidados: gravas, arenas
 - Consolidadas: areniscas, piedras limosas
- ☐ Metamórficas

■ Según tamaño

- ☐ Agregados Gruesos: > 5 mm (retenido #4,75)
- ☐ Agregados Finos: < 5 mm (pasa #4,75)
 - Arena gruesa: entre 5 mm y 2 mm
 - Arena fina: entre 2 mm y 0,8 mm
 - Polvo de arena: entre 0,8 mm y 0,6 mm

Clasificación

■ Según su procedencia

- ☐ Naturales
 - Ríos
 - Mares
 - Bancos
 - Minas
 - Pozos
- ☐ Artificiales
 - Escoria siderúrgica
 - Arcilla expandida
 - Cascote de ladrillo

■ Según peso

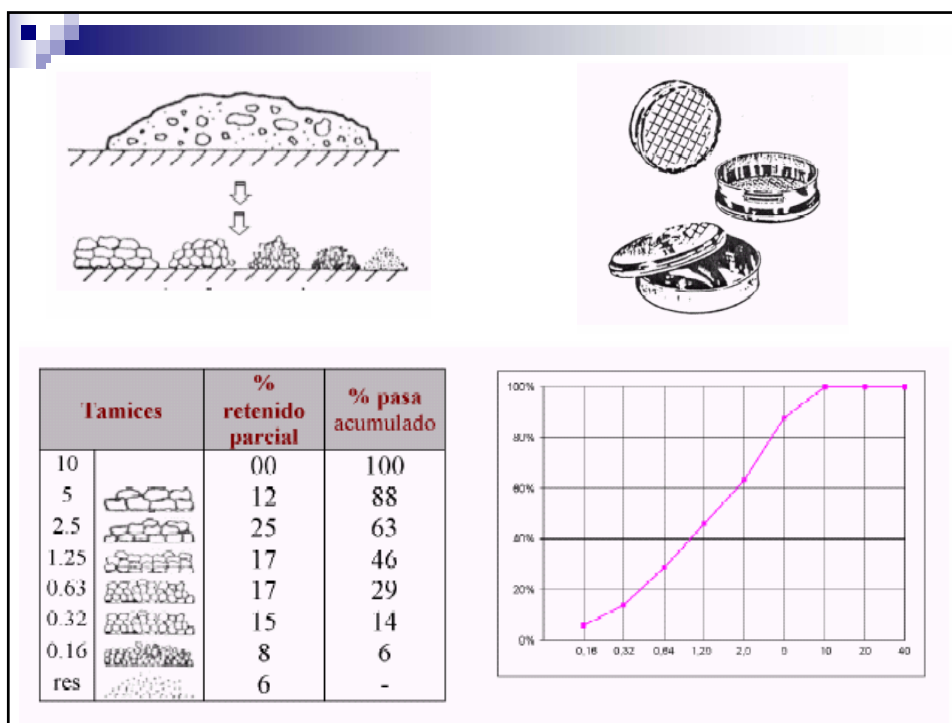
- ☐ Livianos: Densidad < 2.000 Kg/m³
- ☐ Normales: Densidad entre 2.000 y 3.000 Kg/m³
- ☐ Pesados: Densidad > 3.000 Kg/m³

Clasificación

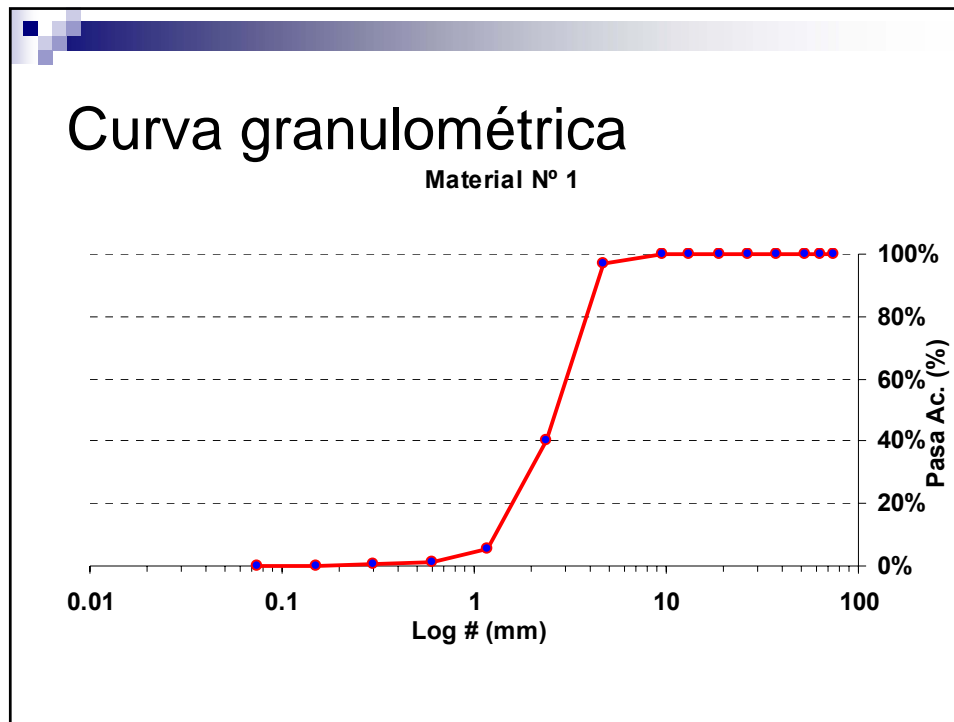
Tipo	Agregado		Hormigón		
	Tipo	Densidad Ap.	Densidad	f'c típica	Cond. Térmica
		Kg/m ³	Kg/m ³	Mpa	Jm/m2
Liviano	Piedra pomez	700	1000	15	0.5
	Arcilla expandida	400	1600	20	0.6
Normal	Granito	1400	2400	30	1.5
	Caliza	1400	2400	30	3.5
Pesado	Barita (mineral de hierro)	2500	3400	45	1.4

Granulometría

- Distribución de los distintos tamaños de los granos que comprenden un árido.
- La granulometría se realiza en volumen, aunque cuando las densidades reales de los agregados estudiados son similares, ésta se realiza en peso.



TAMIZ	Material N° 1				
	Retenido				Pasa
	Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	Acumulado
# (mm)	gr	gr	%	%	%
75		-	0.00%	0.00%	100.00%
63		-	0.00%	0.00%	100.00%
53		-	0.00%	0.00%	100.00%
37.5		-	0.00%	0.00%	100.00%
26.5		-	0.00%	0.00%	100.00%
19		-	0.00%	0.00%	100.00%
13.2		-	0.00%	0.00%	100.00%
9.5		-	0.00%	0.00%	100.00%
4.75	35.00	35.00	3.01%	3.01%	96.99%
2.36	660.00	695.00	56.85%	59.86%	40.14%
1.18	400.00	1 095.00	34.45%	94.32%	5.68%
0.6	53.00	1 148.00	4.57%	98.88%	1.12%
0.3	8.00	1 156.00	0.69%	99.57%	0.43%
0.15	5.00	1 161.00	0.43%	100.00%	0.00%
0.074		1 161.00	0.00%	100.00%	0.00%
Bandeja		1 161.00	0.00%	100.00%	0.00%
Total	1 161.00		100.00%		



Ømax nominal

- Abertura de la malla en mm del menor tamiz IRAM a través de la cual puede pasar el 95 % o cifra inmediatamente superior, del peso del árido seco.

TAMIZ	Material N° 1				
	Retenido (gr)				Pasa
	Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	Acumulado
# (mm)	gr	gr	%	%	%
75		-	0.00%	0.00%	100.00%
63		-	0.00%	0.00%	100.00%
53		-	0.00%	0.00%	100.00%
37.5		-	0.00%	0.00%	100.00%
26.5		-	0.00%	0.00%	100.00%
19		-	0.00%	0.00%	100.00%
13.2		-	0.00%	0.00%	100.00%
9.5		-	0.00%	0.00%	100.00%
4.75	35.00	35.00	3.01%	3.01%	96.99%
2.36	660.00	695.00	56.85%	59.86%	40.14%
1.18	400.00	1 095.00	34.45%	94.32%	5.68%
0.6	53.00	1 148.00	4.57%	98.88%	1.12%
0.3	8.00	1 156.00	0.69%	99.57%	0.43%
0.15	5.00	1 161.00	0.43%	100.00%	0.00%
0.074		1 161.00	0.00%	100.00%	0.00%
Bandeja		1 161.00	0.00%	100.00%	0.00%
Total	1 161.00		100.00%		

Módulo de finura

Suma de los retenidos acumulados de diez tamices pertenecientes a la serie R40/3 (comenzando con el tamiz 75mm dividiendo por 2 hasta completar los diez tamices)

Valores usuales:

Arenas: 2-3

Gruesos: 6-8

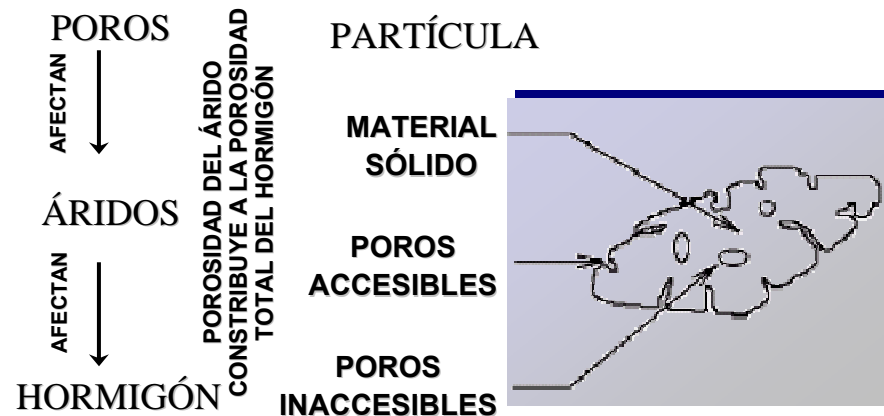
TAMIZ	Material N° 1				
	Retenido (gr)				Pasa
	Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	Acumulado
# (mm)	gr	gr	%	%	%
75		-	0.00%	0.00%	100.00%
63		-	0.00%	0.00%	100.00%
53		-	0.00%	0.00%	100.00%
37.5		-	0.00%	0.00%	100.00%
26.5		-	0.00%	0.00%	100.00%
19		-	0.00%	0.00%	100.00%
13.2		-	0.00%	0.00%	100.00%
9.5		-	0.00%	0.00%	100.00%
4.75	35.00	35.00	3.01%	3.01%	96.99%
2.36	660.00	695.00	56.85%	59.86%	40.14%
1.18	400.00	1,095.00	34.45%	94.32%	5.68%
0.6	53.00	1,148.00	4.57%	98.88%	1.12%
0.3	8.00	1,156.00	0.69%	99.57%	0.43%
0.15	5.00	1,161.00	0.43%	100.00%	0.00%
0.074		1,161.00	0.00%	100.00%	0.00%
Bandeja		1,161.00	0.00%	100.00%	0.00%
Total	1,161.00		100.00%	4.56	

Granulometría

- Distribución de los distintos tamaños de los granos que comprenden un árido

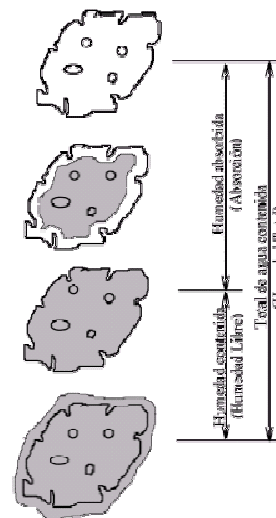
- Tabla granulométrica
- Curvas granulométricas
- Módulo de finura o granulométrico
- Diámetro máximo nominal
- Tamaño nominal

Estructura de las partículas de un árido



Estado de humedad de los Áridos

- Seco al horno
- (110°C, hasta peso constante, se elimina totalmente el agua de los poros)
- Seco al aire
- (Poros parcialmente llenos)
- Saturado con superficie seca
- (Estado límite, solo se logra en laboratorio)
- Húmedo o mojado
- (Agua libre superficial)



Constantes físicas de los áridos

- **Densidad** $D = \frac{M}{V} \left[\frac{\text{Kg}}{\text{dm}^3} \right]$
 - Densidad absoluta $D_a = \frac{M_s}{V_s} \left[\frac{\text{Kg}}{\text{dm}^3} \right]$
 - Densidad neta $D_n = \frac{M_s}{V_s + V_{pi}} \left[\frac{\text{Kg}}{\text{dm}^3} \right]$
 - Densidad real (seca o sss) $D_r = \frac{M}{V_s + V_{pi} + V_{pa}} \left[\frac{\text{Kg}}{\text{dm}^3} \right] \rightarrow M > M_s + M_{hp}$
 - Densidad aparente compacta o suelta seca o húmeda $g = \frac{M}{V_s + V_{pi} + V_{pa} + V_h} \left[\frac{\text{Kg}}{\text{dm}^3} \right]$
- Humedad
- Esponjamiento
- Compacidad y huecos
- Superficie específica



Constantes físicas de los áridos

- **Densidad**
- Humedad
- Esponjamiento
- Compacidad y huecos
- Superficie específica

DENSIDAD		GRAVA	GRAVILLA	ARENA	APLICACIÓN
APARENTE	SECA COPACTADA	1,65 - 1,70	1,55 - 1,65	1,70 - 1,80	D. EN PESO
	HÚMEDA SUELTA	1,62 - 1,68	1,52 - 1,60	1,35 - 1,50	D. EN VOLUMEN
REAL	SECA	2,65 - 2,70	2,65 - 2,70	2,60 - 2,65	CÁLCULO
	SSS	2,67 - 2,70	2,67 - 2,72	2,65 - 2,70	CÁLCULO

Constantes físicas de los áridos

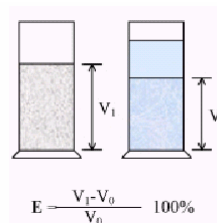
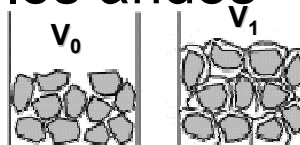
- Densidad
 - **Humedad**
 - Esponjamiento
 - Compacidad y huecos
 - Superficie específica
- La humedad libre de un árido es un valor sumamente importante y necesario para realizar la corrección por humedad en la dosificación
 - Si $H_l > 0$, se debe colocar menos agua
 - Si $H_l < 0$, se debe colocar mas agua

$$H_l = \frac{M_h - M_{ss}}{M_s} \times 100 \quad [\%]$$

CLASE DE ÁRIDO	HI (%)
GRAVA Y GRAVILLA	0,5 - 2
ARENA HÚMEDA	1 - 4
ARENA MUY HÚMEDA	6 - 12

Constantes físicas de los áridos

- Densidad
 - Humedad
 - **Esponjamiento**
 - Compacidad y huecos
 - Superficie específica
- Aumento de volumen aparente de las arenas dado por la humedad libre
 - Es importante para dosificaciones en volumen, lleva a hacer hormigones con falta de finos
 - Ensayo rápido para estimar esponjamiento
 - E: 20% - 40%



Constantes físicas de los áridos

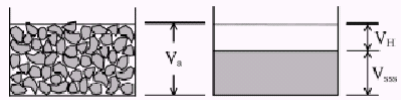
■ Densidad

■ Humedad

■ Esponjamiento

■ **Compacidad y huecos**

■ Superficie específica



■ COMPACIDAD:

■ Relación entre el volumen de sólidos que tiene un material granular y el volumen aparente que ocupa

$$\beta = \frac{V_s + V_p}{V_a} = \frac{g}{D_r}$$

■ HUECOS O VACIOS

■ Volumen que ocupan los huecos y luego va a ser ocupado por la pasta de cemento

$$V_h = 1 - \beta = 1 - \frac{g}{D_r}$$

Constantes físicas de los áridos

■ Densidad

■ Humedad

■ Esponjamiento

■ Compacidad y huecos

■ **Superficie específica**

- Corresponde a la suma de todas las superficies de los áridos que comprenden una unidad de peso.
- Representa la superficie necesaria a pintar por la pasta de cemento

1 esfera

$$S_o = \pi \times \emptyset^2$$

$$V_o = \frac{\pi \times \emptyset^3}{6}$$

$$P_o = V_o \times D_r$$

N esferas

$$S_o = N \times \pi \times \emptyset^2$$

$$V_o = N \times \frac{\pi \times \emptyset^3}{6}$$

$$P = V \times D_r$$

$$N = \frac{6V}{\pi \times \emptyset^3} \Rightarrow N = \frac{6P}{\pi \times \emptyset^3 \times D_r}$$

$$S.E. = \frac{S}{P} = \frac{6}{\emptyset \times D_r}$$

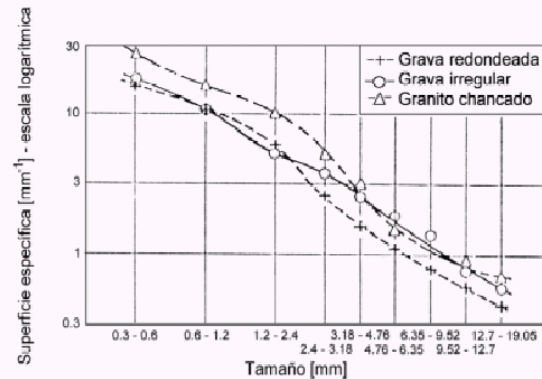
■ A menor \emptyset , mayor superficie específica

■ Corrección por fórmula de granos

- Para material de ríos, aumenta en un 10 % a 15 %
- Para material triturado aumenta entre 40 % a 60 %

Constantes físicas de los áridos

- Densidad
- Humedad
- Esponjamiento
- Compacidad y huecos
- **Superficie específica**



CIRSOC 201-2000

3.2.3. Agregado fino

3.2.3.1. Requisitos generales

- a) El **agregado fino** debe estar constituido por arenas naturales (partículas redondeadas) o por una mezcla de arenas naturales y arenas de trituración (partículas angulosas), estas últimas en porcentajes no mayores al **30 %**.
- b) Se permite el empleo de **arena de trituración** en porcentajes mayores al indicado en a), si se demuestra previamente que se pueden elaborar hormigones que reúnan las características y propiedades especificadas para la obra en ejecución.
- c) Cuando se utilice más del **30%** de **arena de trituración** para la construcción de elementos estructurales que superen los dos metros de altura o que estarán sometidos a abrasión, erosión o cavitación, la **exudación de agua del hormigón** debe tener una velocidad menor que $100 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$ y una capacidad menor que el **5 %**. (Se debe actualizar la Norma IRAM 1 604-91, incorporando velocidad de exudación).
- d) El agregado fino a emplear en la elaboración de hormigones de **resistencia H-20 o superior** debe tener un contenido igual o menor que el **30 %** en masa de partículas constituidas por conchillas o fragmentos de las mismas, determinadas en el análisis petrográfico según la Norma IRAM 1 649-68.

CIRSOC 201-2000

Tabla 3.4. Sustancias nocivas en el agregado fino

Sustancias nocivas	Unidad	Máximo Admisible	Método de Ensayo
Terrones de arcilla y partículas friables	g/100g	3,0	IRAM 1 647-94
Finos que pasan el Tamiz IRAM 75 µm - Hormigón expuesto a desgaste superficial - Otros hormigones		3,0 5,0	IRAM 1 540-86
Materias carbonosas - Cuando es importante el aspecto superficial - Otros casos		0,5 1,0	IRAM 1 647-94
Sulfatos, expresados como SO ₃		0,1	IRAM 1 647-94
Otras sales solubles		1,5	IRAM 1 647-94
Cloruros		---	Ver 2.2.7 - En estudio
Otras sustancias perjudiciales	g/100g	2,0	IRAM 1649-68

CIRSOC 201-2000

Tabla 3.6. Sustancias nocivas contenidas en el agregado grueso

Sustancias nocivas	Unidad	Máximo Admisible	Método de Ensayo
<input type="checkbox"/> Finos que pasan el tamiz IRAM 75 µm	g/100g	1,0	IRAM 1 540-86
<input type="checkbox"/> Agregados gruesos naturales		1,5	
<input type="checkbox"/> Agregados gruesos de trituración, libres de arcilla (El índice de plasticidad de los finos menor de 2, Norma IRAM 10 502)		0,5 1,0	IRAM 1 647-94
<input type="checkbox"/> Materias carbonosas • Cuando es importante el aspecto superficial • Otros casos		5,0	
<input type="checkbox"/> Otras sustancias perjudiciales		0,075	IRAM 1 647-94
<input type="checkbox"/> Sulfatos, expresados como SO ₃		1,5	IRAM 1 647-94
<input type="checkbox"/> Otras sales solubles	---	Ver 2.2.7	IRAM 1 857 - En estudio
<input type="checkbox"/> Cloruros			

CIRSOC 201-2000

3.2.4.5. Desgaste " Los Angeles "

- a) El **agregado grueso** tendrá una pérdida igual o menor que el **50 %**.
- b) En el caso de hormigones sometidos a una **acción abrasiva severa** debida al transporte vehicular intenso, resbalamiento de materiales a granel y escurrimiento rápido de agua con elementos en suspensión, el agregado grueso a emplear en su ejecución, al ser sometido al ensayo de desgaste, debe arrojar una pérdida igual o menor al **30 %**.

$$LA = \frac{M_i - M_f}{M_i} * 100 (\%)$$

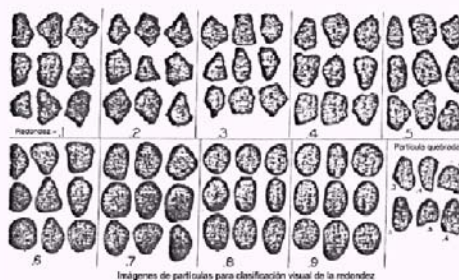
3.2.4.6. Partículas lajosas y elongadas

La cantidad de partículas lajosas y elongadas, determinadas según la Norma IRAM 97, partes 1 y 2, deben ser igual o menor de **40 g/100g**.



CIRSOC 201-2000

Redondez (cualitativo)



Imágenes de partículas para clasificación visual de la redondez



Criba de cribación Ancho



Criba de espesores Espesor



Criba de longitudes Largo

Método útil para recepción de los materiales en obra.

RECOMENDADO : No más de 20% de granos defectuosos

COMBINACIÓN DE AGREGADOS

Factores principales

- Tamaño máximo
- Superficie específica
- Volumen de vacíos
- Segregación
- Cantidad de finos
- Economía

INFLUENCIA EN EL HORMIGÓN

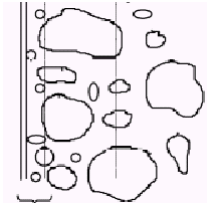
- TRABAJABILIDAD
- COMPACTACIÓN
- RESISTENCIA

Factores principales

- **Tamaño máximo**
- Superficie específica
- Volumen de vacíos
- Segregación
- Cantidad de finos
- Economía

EFECTO PARED

- “en secciones pequeñas y grandes cuantías conviene aumentar los finos”



S/CIRSOC 201

- $< 1/3$ espesor de losa o $1/5$ menor dim. Lineal
- $< 3/4$ mínima separación entre barras

Factores principales

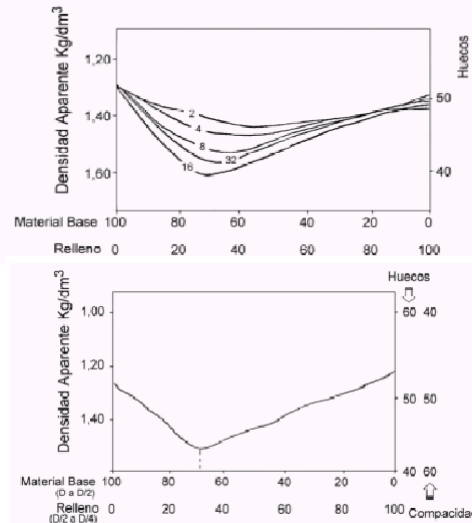
- Tamaño máximo
 - **Superficie específica**
 - Volumen de vacíos
 - Segregación
 - Cantidad de finos
 - Economía
- “La pasta de cemento recubre cada partícula de los agregados”
 - MINIMIZAR LA SUPERFICIE ESPECÍFICA
 - Usar diámetro máximo más grande posible
 - Restricciones:
 - Tamaño máximo
 - Bombeado y colocación
 - Límite \varnothing 40 mm (aprox.)

Factores principales

- Tamaño máximo
- Superficie específica
- **Volumen de vacíos**
- Segregación
- Cantidad de finos
- Economía

■ “La pasta de cemento llena los vacíos dejados por las partículas de los agregados”

- MÁXIMA COMPACIDAD
- Leyes de compactación



Factores principales

- Tamaño máximo
- Superficie específica
- Volumen de vacíos
- **Segregación**
- Cantidad de finos
- Economía

PREVENIR LA SALIDA
DEL MORTERO DE LOS
HUECOS DEL AGREGADO

- TENER CUIDADO CON EL MAL USO DE VIBRADORES, INCONVENIENTES EN EL USO DE ALGUNOS SUPERFLUIDIFICANTES Y EN EL EXCESO DE AGUA

Factores principales

- $\emptyset < 0,08 \text{ mm}$
- Tamaño máximo
- Superficie específica
 - Aumenta superficie específica y requerimiento de agua
 - Actividad iónica (arcillas), interfiere en la cristalización del cemento
 - Infiere en la adherencia del árido con la pasta
- Volumen de vacíos
- Segregación
- **Cantidad de finos**
- Economía
- Todo esto implica menor resistencia y mayor retracción

Factores principales

- Tamaño máximo
 - Superficie específica
 - Volumen de vacíos
 - Segregación
 - Cantidad de finos
 - **Economía**
- PRIORIZAR LA
UTILIZACIÓN DE
MATERIALES DE LA
ZONA

CURVAS GRANULOMÉTRICAS

■ TEORÍA DE MÁXIMA COMPACIDAD: FÜLLER

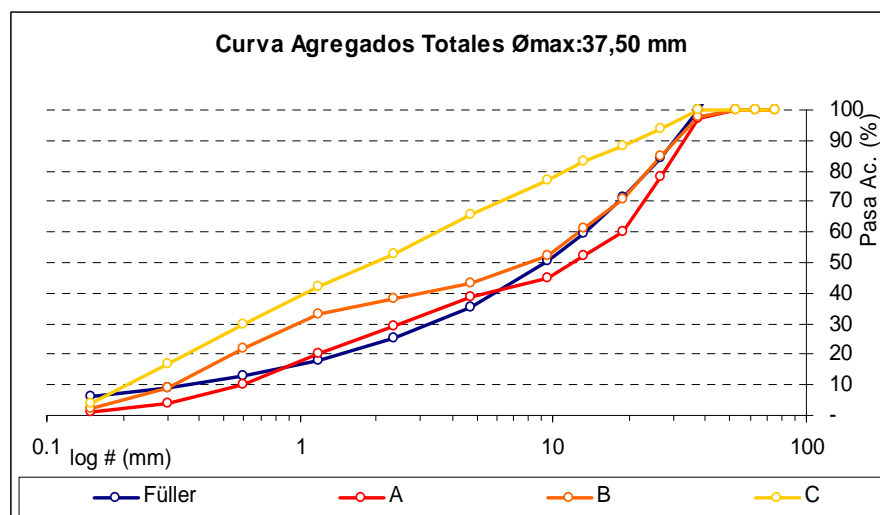
$$A = 100 \sqrt{\frac{d}{D}}$$

A: porcentaje pasa tamiz d
D: Diámetro máximo del agregado

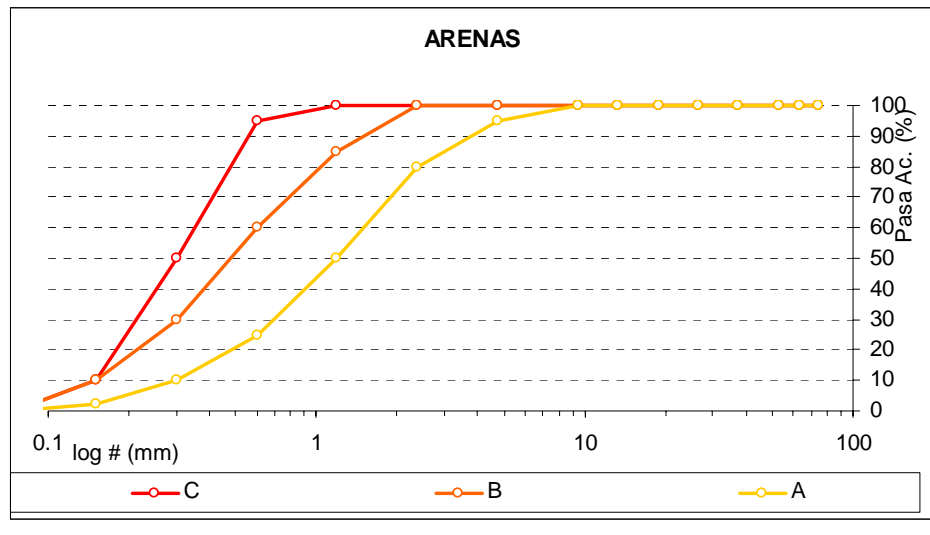
■ BANDAS REGLAMENTARIAS

- REGLAMENTOS AMERICANOS : FINOS Y GRUESOS
- EUROPEOS: AGREGADOS TOTALES

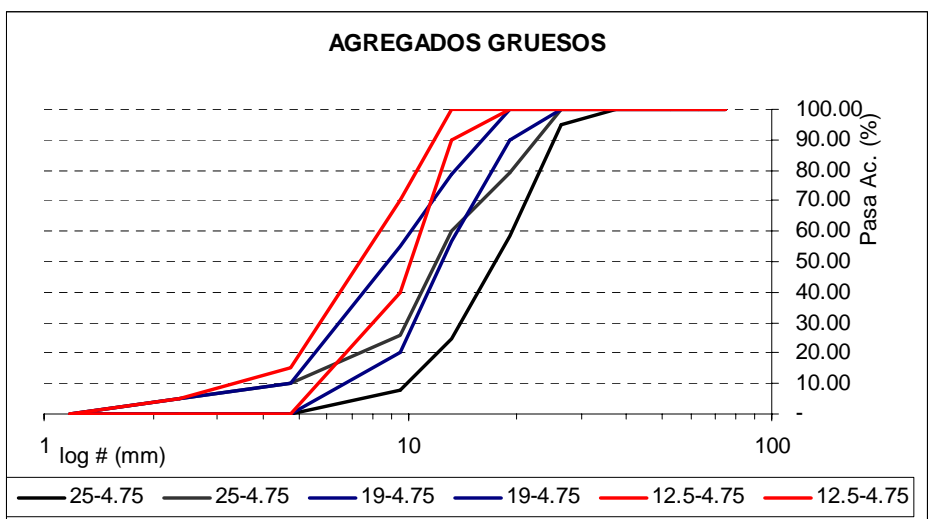
CURVAS GRANULOMÉTRICAS



CURVAS GRANULOMÉTRICAS



CURVAS GRANULOMÉTRICAS



METODOS DE COMBINACIÓN

■ LEY DE MEZCLA

$$\begin{cases} \mathbf{Ma} = \mathbf{g} \times \mathbf{Mg} + \mathbf{s} \times \mathbf{Ms} \\ \mathbf{g} + \mathbf{s} = 1 \end{cases}$$

DATOS

Ma: Módulo de finura buscado

Mg: Módulo de finura del agregado grueso

Ms: Módulo de finura del agregado fino

METODOS DE COMBINACIÓN

■ INECUACIONES

$$\#i \quad \begin{cases} \mathbf{X} \leq \alpha \times \mathbf{S} + \beta \times \mathbf{G} \leq \mathbf{Y} \\ \alpha + \beta = 1 \end{cases}$$

$$\#i \quad \left[\begin{cases} \mathbf{X} = \alpha \times \mathbf{S} + \beta \times \mathbf{G} \\ \alpha + \beta = 1 \end{cases} \Rightarrow \alpha_{xi} \right.$$

$$\left[\begin{cases} \mathbf{Y} = \alpha \times \mathbf{S} + \beta \times \mathbf{G} \\ \alpha + \beta = 1 \end{cases} \Rightarrow \alpha_{yi} \right.$$