

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES	
Contenido	TdH UNCuyo - TEMA 2 – AGREGADOS
	DEFINICIÓN, CLASIFICACIÓN Y PROPIEDADES
	● Introducción general y definiciones
	● Clasificaciones de agregados
	● Propiedades y características de agregados
	● Disposiciones reglamentarias
	● Producción y manejo de agregados y SGA
	GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS
	● Análisis granulométrico y material pasa #200
	● Curvas ideales y Zonas granulométricas
	● Especificaciones por performance
	ENSAYOS DE AGREGADOS (TP N°2 a TP N°6)

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES	
Contenido	TdH UNCuyo - TEMA 2 – AGREGADOS
	DEFINICIÓN, CLASIFICACIÓN Y PROPIEDADES
	● Introducción general y definiciones
	● Clasificaciones de agregados
	● Propiedades y características de agregados
	● Disposiciones reglamentarias
	● Producción y manejo de agregados y SGA
	GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS
	● Análisis granulométrico y material pasa #200
	● Curvas ideales y Zonas granulométricas
	● Especificaciones por performance
	ENSAYOS DE AGREGADOS (TP N°2 a TP N°6)

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Introducción general y definiciones

Importancia de los agregados

Los agregados constituyen el componente MÁS IMPORTANTE en la elaboración de los hormigones

1 Son los que más volumen ocupan en el hormigón (aprox. 2/3) y con ello influirá de manera determinante en las propiedades del hormigón

2 En general, son materiales naturales (no de procesos industriales controlados), llevando a una mayor variabilidad en sus propiedades

3 En la gran mayoría de los casos, no tienen controles de calidad previo a la llegada a la planta de hormigón, Por ello, siempre deben ensayarse

Importante!

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Introducción general y definiciones

Situación actual

Debido a los grandes consumos de hormigón en todas las regiones, los yacimientos de los agregados de mejor calidad muchas veces se van extinguiendo o son difíciles para explotar económicamente

Asimismo, hay legislaciones que tienden a prohibir la explotación de algunas canteras por criterios urbanísticos o ambientales, lo cual ocasiona el cambio de ciertas propiedades de los agregados al explorar nuevas canteras

Todo lo anterior conlleva, a que es muy difícil obtener “agregados ideales” y sino muchas veces es ambientalmente cuestionable, ya que involucra grandes distancias de transporte



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Introducción general y definiciones

Definiciones útiles

Minerales: son sustancias inorgánicas formadas por procesos naturales en la corteza terrestre y que se caracterizan por poseer propiedades físicas constantes y una composición química que los identifica y distingue. Pueden ser minerales cristalinos o amorfos en función de su estructura interna



Rocas: son conjuntos de partículas minerales agregadas, con dimensiones considerables y sin una forma determinada. Los agregados naturales empleados en hormigones provienen de rocas, no así los artificiales

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Introducción general y definiciones

Definiciones según IRAM 1569

Agregados: Material granular, resultante de la desintegración natural y desgaste de las rocas o que se obtiene mediante su trituración, de escorias siderúrgicas u otros materiales suficientemente duros, permitiendo obtener partículas de forma y tamaño estables

Granulometría: Es la distribución, por tamaños, de las partículas que constituyen un agregado

Agregado fino: Agregado que pasa a través del tamiz 4,75 mm ($< \# 4$)

Agregado grueso: Agregado retenido por el tamiz IRAM 4,75 mm ($\geq \# 4$)

Arena natural: Agregado fino resultante de desintegración natural de rocas

Arena de trituración: Agregado fino de partículas angulosas resultante de la trituración de las rocas (fracción más fina de la trituración)

Grava: Agregado grueso proveniente de la desintegración natural de rocas

Grava partida: Agregado grueso proveniente de la trituración de grava y que todas sus partículas tienen al menos un cara obtenida por fractura

Piedra partida: Agregado grueso proveniente de la trituración de rocas o gravas, y tienen prácticamente la totalidad de sus caras fracturadas

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Introducción general y definiciones

Tipos de agregados definidos por IRAM 1569



ARENA NATURAL

ARENA DE TRITURACIÓN

GRAVA (ripio o canto rodado)

GRAVA PARTIDA

PIEDRA PARTIDA (Triturado)

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Introducción general y definiciones

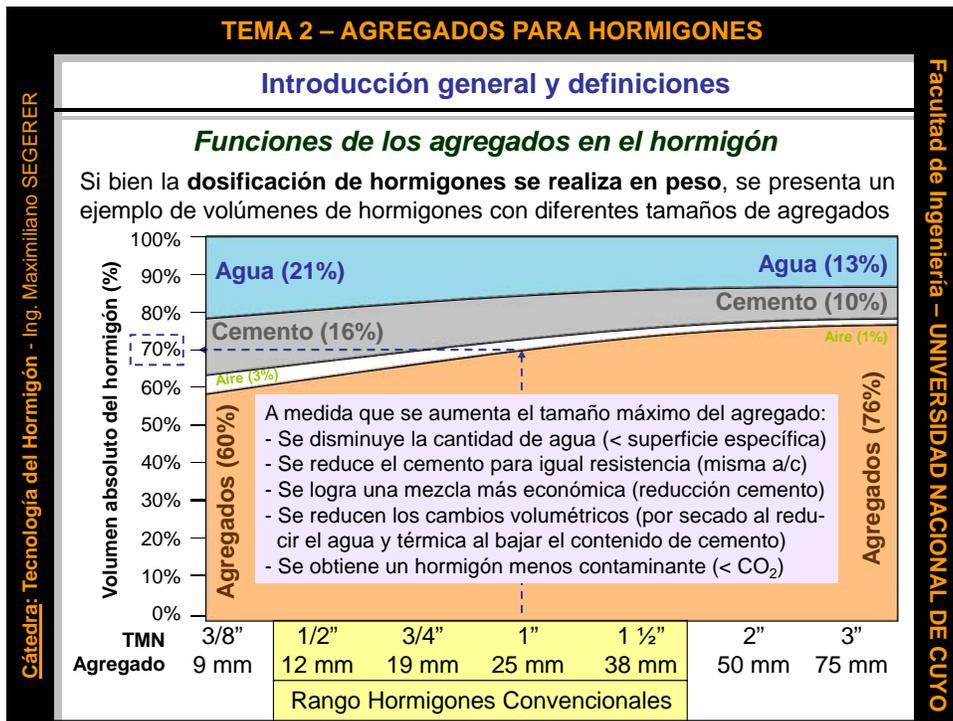
Funciones de los agregados en el hormigón

Los agregados ocupan entre el 60 y el 75% del volumen sólido del hormigón endurecido y sus tres funciones principales son:

- 1 Suministrar un material económico de relleno**
Si no se empleara agregado, el hormigón no será económico y no se emplearía en las obras civiles. La tonelada de cemento vale entre 6 y 15 veces más que la tonelada de agregado grueso
- 2 Reducir y localizar la retracción por secado y térmica**
En caso de no usar agregado, los fenómenos de variaciones volumétricas por secado y por temperatura de las reacciones exotérmicas no podrían ser técnicamente controladas
- 3 Mejorar la resistencia al desgaste y a la abrasión**
La pasta de cemento en general posee menor performance ante el desgaste. Puede apreciarse en pavimentos de varios años que quien termina resistiendo al desgaste en el agregado grueso

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO



TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Introducción general y definiciones

Condiciones generales a cumplir por los agregados

ECONOMÍA	Deben usarse agregados económicos próximos a la zona de la obra, salvo proyecto muy específicos
RESISTENCIA	Deben poseer una resistencia mecánica mayor a la del hormigón y adecuada resistencia al desgaste
MEDIO AMBIENTE	Deben ser extraídos de forma de no ocasionar un elevado impacto y reducir distancias de transporte
DURABILIDAD E INALTERABILIDAD	Deben ser relativamente impermeables y sus propiedades deben mantenerse en e tiempo
BAJA VARIACIÓN VOLUMÉTRICA	Su coeficiente de dilatación térmica debe ser similar a la del hormigón y no deben ser higroscópicos
CARÁCTER INERTE	No deben reaccionar desfavorablemente con componentes del cemento (ej. álcalis)
FORMA, TAMAÑO Y GRANULOMETRÍA	Deben estudiarse para diferentes proyectos y aún para diferentes estructuras en la misma obra

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Clasificaciones de agregados

Clasificación general

RODADOS	<p><i>De río:</i> Duros, redondeados, clasificados naturalmente <i>Aluvionales:</i> Buenas propiedades en gral. muy usados <i>De mar:</i> Deben ser lavados (Cl^-, SO_4^{2-}) y clasificados <i>De glaciación:</i> Forma y tamaños erráticos, bastante usados</p> <p>En algunos casos se lavan los agregados rodados, principalmente las arenas cuando el % de finos es elevado</p>
TRITURADOS	<p>Deben proceder de rocas sanas, duras, resistentes y durables. Se obtienen por machaqueo de rocas y posterior cribado y eventualmente lavado. Se producen principalmente agregados gruesos, pero también en ciertas regiones se emplean arenas de trituración</p>
ESPECIALES	<p><i>Livianos naturales:</i> Pómez, vermiculita, perlita <i>Livianos artificiales:</i> Peritas de EPS, arcilla expandida <i>Pesados:</i> Magnetita, hematita, limonita, baritina <i>Resistentes a altas temperaturas:</i> De alta alúmina <i>Reciclados:</i> Trituración de restos de hormigón</p>

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Clasificaciones de agregados



RODADOS

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Clasificaciones de agregados

TRITURADOS

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Clasificaciones de agregados

Arcilla expandida
Liviano artificial
H° Estructurales

EPS molido
Liviano artificial
H° No Estructurales

Hormigón triturado
Agregado reciclado

ESPECIALES

Pomeca
Liviano natural

Vermiculita
Liviano natural

Magnetita
Pesado natural

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Clasificaciones de agregados

Clasificación según el origen

NATURALES	ARTIFICIALES
<p>Se originan de rocas ígneas, sedimentarias o metamórficas, sean obtenidos de canteras a cielo abierto o por procesos de trituración</p> 	<p>En general son subproductos de industrias, trituración de restos de demoliciones o modificación por el hombre de agregados naturales</p> <p>Existe una tendencia a su empleo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elimina cierta aleatoriedad - Se controlan sus propiedades - Alta importancia ambiental - Son “costosos” económicamente - Mundialmente, representan el 10% de la producción de agregados y con tendencia ascendente - En Mendoza, no son empleados, empezando ciertas pruebas a escala industrial en otras ciudades

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Clasificaciones de agregados

Clasificación según su tamaño

Argentina	Estados Unidos
<p>IRAM y CIRSOC, se distinguen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Agregado grueso $\geq 4,75$ mm (#4) - Agregado fino $< 4,75$ mm (#4) 	<p>Según Normas ASTM:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Coarse aggregate $\geq 4,75$ mm - Fine aggregate: 0,15 a 4,75 mm
<p style="text-align: center; color: green;">Europa</p> <p>Material granular utilizado en la construcción. Puede ser natural, artificial o reciclado</p> <ul style="list-style-type: none"> - Arenas: 0 a 4 mm - Gravas o triturados: 2 a 90 mm - Filler $< 0,075$ mm - Cantos rodados ≥ 90 mm <p>Varía en función de los países</p>	

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO





TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Contenido	TdH UNCuyo - TEMA 2 – AGREGADOS
	DEFINICIÓN, CLASIFICACIÓN Y PROPIEDADES
	● Introducción general y definiciones
	● Clasificaciones de agregados
	● Propiedades y características de agregados
	● Disposiciones reglamentarias
	● Producción y manejo de agregados y SGA
	GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS
	● Análisis granulométrico y material pasa #200
	● Curvas ideales y Zonas granulométricas
	● Especificaciones por performance
	ENSAYOS DE AGREGADOS (TP N°2 a TP N°6)

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

Es muy importante evaluar diferentes propiedades de los agregados, además de la composición granulométrica que será estudiada más adelante

- 1- **Resistencia mecánica**
- 2- **Resistencia a la abrasión**
- 3- **Durabilidad e intemperismo**
- 4- **Cambios de volumen**
- 5- **Porosidad de los agregados**
- 6- **Absorción de agregados**
- 7- **Humedad de los agregados**
- 8- **Peso específico y densidades relativas**
- 9- **Peso unitario volumétrico**
- 10- **Forma de las partículas**
- 11- **Superficie específica**
- 12- **Rugosidad de partículas**
- 13- **Tamaño máximo nominal**
- 14- **Características naturales propias y RAA**
- 15- **Características físico-químicas adquiridas**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

1- Resistencia mecánica de agregados

Si bien **no se evalúa mediante un ensayo específico**, si su resistencia a **compresión es similar a la del hormigón a producir**, posiblemente **acarree ciertos problemas** (ej. agregados calcáreos para HAR)

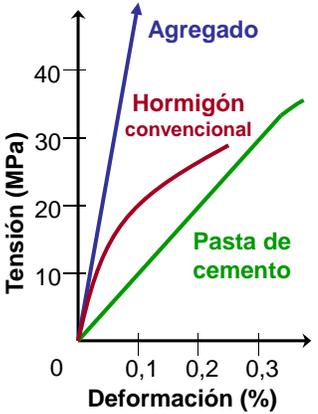
La resistencia de los agregados convencionales oscila de **60 a 200 MPa**

La resistencia del hormigón está definida por:

- 1- La resistencia del agregado
- 2- La resistencia de la pasta de cemento
- 3- La resistencia de la interfaz pasta-agregado

En Hormigones convencionales (< H-50) **es completamente normal y esperable que la rotura se produzca por la interfaz**, ya que **es el eslabón “más débil”** y esta falla no involucra problemas de adherencia

Para Hormigones de alta Resistencia (HAR) la tensión de rotura se asemeja más a la de la pasta de cemento y tiende a fracturarse también el agregado



Deformación (%)	Agregado (MPa)	Hormigón convencional (MPa)	Pasta de cemento (MPa)
0	0	0	0
0,1	~15	~10	~5
0,2	~30	~18	~10
0,3	~45	~25	~15

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

2- Resistencia al desgaste de agregados

La resistencia a la abrasión de una obra vial o hidráulica, va a estar definida:

- 1- La resistencia a compresión del hormigón (y la relación a/c)
- 2- La resistencia a la abrasión del agregado grueso**
- 3- Calidad de tareas de compactación, terminación de superficies y curado

Existen dos ensayos aceptados para determinar la resistencia a la abrasión son el ensayo de Deval y el **ensayo de Los Ángeles**, siendo el segundo el más aceptado mundialmente para agregados para hormigones

Según el CIRSOC 201, para el agregado grueso debe cumplirse que la **pérdida de masa en el ensayo Los Ángeles** sea:

- \leq al 30% para H° sujetos al desgaste (ciertos pavimentos, hormigones sometidos a agua a elevada velocidad (> 5 m/s), resbalamiento a granel de materiales, movimiento de objetos muy duros, etc.)
- \leq 50% para el resto de los hormigones



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

2- Resistencia al desgaste de agregados



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

3- Durabilidad e intemperismo

Se prioriza la observación en obras existentes de más de 25 años y su performance, pero pocas veces se cuenta con bases de datos y ensayos

Los agregados deben ser durables dentro del hormigón y debe **modelarse en laboratorio de manera acelerada su potencial comportamiento:**

1- Resistencia a ciclos de sulfato de sodio (IRAM 1525). Consiste en someter las fracciones de agregado fino y grueso a cinco ciclos de inmersión y secado a estufa en sulfato de sodio, que es una solución altamente alcalina y que al cristalizar aumenta el volumen y puede disgregar la muestra. Los valores límites son e 12% y 10% para agregado fino y grueso



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

3- Durabilidad e intemperismo

2- Resistencia a ciclos de congelación y deshielo. En caso de no cumplir con el requisito anterior, puede someterse a ensayos según IRAM 1661 para medir indirectamente por pulsos ultrasónicos, el deterioro interno del hormigón ante ciclos de congelación y deshielo en agua.

3- Estabilidad de rocas basálticas. Es particular para basaltos y consiste en medir la pérdida de masa al sumergirlos en etilén-glicol, la cual debe ser menor al < 10% a los 30 días



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

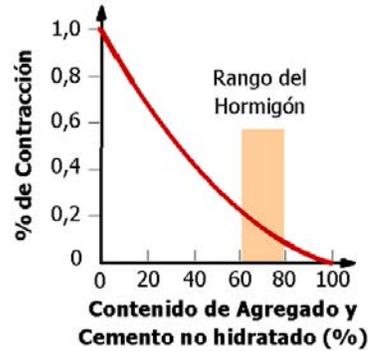
Propiedades y características de los agregados

4- Cambios de volumen

Una de las funciones principales de los agregados es **reducir y localizar la retracción de la pasta** cementícea en estado endurecido

a) **Reducción de la retracción:** Un hormigón con contenido de agregado grueso próximo al 60% (elevado contenido de pasta) tiene una retracción de 5 a 6 veces menos que la pasta cementícea. Si el contenido de agregado grueso es del orden del 75% (elevado TMN, buen diseño, baja pasta) la retracción puede ser de 7 a 9 veces menos que la pasta cementícea

b) **Localización de la retracción:** No solo se reduce la retracción, sino que al quedar la pasta de cemento discontinuada, tiene un efecto de localizarla sin que existan planos preferenciales de contracción



Emplear agregados en el hormigón reduce de 6 a 10 veces la contracción final

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

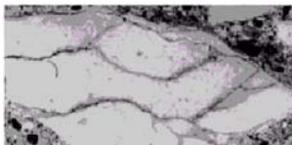
4- Cambios de volumen

Además, los agregados **no deben sufrir variaciones volumétricas de consideración a condiciones de humedad y temperatura** de servicio

c) **Impermeabilidad:** Los agregados deben ser relativamente impermeables o bien si absorben agua dentro del hormigón que su volumen no varíe, como así también al perder humedad que no exista una contracción de los mismos. Algunos agregados livianos, deben ser humedecidos abundantemente para reducir posibles problemas.

d) **Coefficiente de dilatación térmica:** El coeficiente α de los agregados gruesos debe ser del orden de magnitud del coeficiente del mortero. Para temperaturas de exposición elevadas, se emplean agregados específicos que no sufran grandes variaciones volumétricas en función de ΔT

Agregados con alta porosidad y coeficientes de dilatación térmica disímiles a los del hormigón pueden acarrear problemas de durabilidad



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

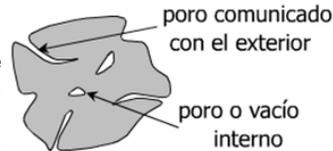
TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

5- Porosidad de los agregados

La porosidad de los agregados es variable y se define como la **relación entre el volumen de poros totales del agregado y el volumen aparente** (incluye poros). En líneas generales, **para hormigones convencionales los agregados a emplear en hormigones tienen porosidades bajas e inferiores al 2% ó 3%.**

Se distinguen los poros accesibles y poros inaccesibles. El volumen aparente comprende ambos, ya en que estos poros de diámetro capilar puede ingresar el agua, pero no la pasta cementícea (por su mayor viscosidad)



Para hormigones especiales, fundamentalmente para hormigones livianos (peso específico del hormigón menor a 2000 kg/m^3) se utilizan agregados de baja densidad lo que es sinónimo de elevada porosidad. En caso de agregados naturales como piedra pómez, vermiculita o perlita, la porosidad del agregado puede ser del orden del 70 al 50%, mientras que para agregados artificiales como las perlitas de PSE la porosidad es mayor al 95%, reduciendo el peso propio del hormigón y mejorando notablemente sus propiedades aislantes

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

6- Absorción de los agregados

La absorción de los agregados está íntimamente relacionada con la **porosidad accesible**, es decir, el volumen de poros en los cuales puede ingresar un fluido (agua en particular)

La absorción de los agregados se determina llevando a un estado ideal denominado Saturado Superficie Seca, en el cual la superficie está libre de agua, pero los poros accesibles están llenos de agua. Dependerá del tamaño de los poros y de su continuidad.

La porosidad y absorción puede influir en la adherencia entre agregado y pasta, estabilidad química y resistencia ante ciclos de congelación y deshielo, con lo cual es relevante su estudio



Ensayo para determinar absorción de agregados



TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

6- Absorción de los agregados

La absorción es variable y dependerá no sólo de la naturaleza del agregado sino también de su granulometría y contenido de finos.

Tipo de agregado fino	Ejemplos	Absorciones
Muy limpias (p#200<1%)	“Oriental” o “Paraná”	0,1% a 0,4%
Limpias (p#200<3%)	San Luis o Córdoba	0,5% a 1,0%
Sin lavar	Mendoza o Neuquén	1,2% a 2,0%
Trituración	Polvo de granito	0,6 a% 1,5%

Tipo de agregado grueso	Ejemplos	Absorciones
Rodados ≤ 19 mm	Oeste argentino	1,0% a 1,6%
Rodados ≥ 25 mm	Oeste argentino	0,6% a 1,2%
Triturados graníticos	Buenos Aires	0,8% a 1,4%
Triturados basálticos	Mesopotamia	0,5% a 1,0%
Otros triturados	San Luis o Córdoba	1,0% a 2,0%
Agregados livianos	Pomeca, arcilla exp.	3% a 8%

Ejemplo

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

7- Humedad de los agregados

Los agregados siempre contienen, en estado natural o por procesos de lavado, cierta cantidad de agua, determinada mediante la pérdida de masa que se experimenta al secarlos

➤ *Determinación del contenido de humedad de agregados para hormigones*

- 1) Se muestrea el material de manera apropiada
- 2) Se obtiene la masa M_n (en gramos) del material en estado natural
- 3) Se seca la muestra en estufa que permita controlar la temperatura en su interior a $103 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ó $105 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ (según la norma de ensayo) hasta masa constante
Se considera masa constante cuando luego de dos pesadas consecutivas (con un intervalo de 2 horas) la variación de masa es menor al 0,2% de M_s
- 4) Se obtiene la masa M_s (en gramos) del material seco

Contenido de Humedad	$H \% = \frac{M_n - M_s}{M_s} \times 100$
-----------------------------	---

Unidades: %, adimensional



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

7- Humedad de los agregados

Cuando los agregados no se encuentran en estado saturado y de superficie seca, lo que ocurre siempre en la práctica, **debe considerarse el aporte de agua que los mismos provocarán en la mezcla.**

Con los datos de absorción y humedad total de los agregados, se puede calcular, en proporción a su peso y mediante secado a estufa, el agua que aportan los agregados, denominada **humedad superficial**

Con la humedad superficial de los agregados se corregirá el peso de los agregados a introducir en la hormigonera o camión mixer y se puede calcular la cantidad de agua aportada por los agregados. Este valor será sustraído a la cantidad de agua a incorporar en la mezcla cuando se dosifiquen hormigones, ya que será agua disponible para reacciones de hidratación o trabajabilidad



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

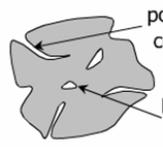
7- Humedad de los agregados

Pueden establecerse las siguientes relaciones:

Humedad Total H % = Humedad Superficial H^{sup} % + Absorción A %

Conociendo por ensayos la Humedad Total y la Absorción y si el material presenta una humedad en estado natural superior al estado de saturación:

Humedad Superficial H^{sup} % = Humedad Total H % - Absorción A %

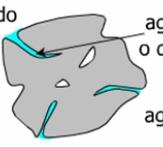


poro comunicado con el exterior

poro o vacío interno

Estado Seco





agua retenida o de absorción

agua superficial

Saturado y superficie seca





Saturado y mojado



Estado S.S.S.
H% = A%

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

7- Humedad de los agregados

a. Determinación de la humedad superficial de agregados

- Humedad Total (H%) → Secado a masa constante (ensayo de rutina)
- Absorción (A%) → Valor obtenido de ensayos de laboratorio (DATO)
- Humedad Superficial (H^{sup}%) → Se calcula por diferencia de anteriores

b. Determinación de cantidad real de agregados en estado húmedo

- PAF_{sss} y PAG_{sss} → Proporciones de dosificación teórica
- PAF_{húm} y PAG_{húm} → Cantidades reales a introducir en la mezcla

PAF_{húm} = PAF_{sss} x (1 + H^{sup}%AF) y PAG_{húm} = PAG_{sss} x (1 + H^{sup}%AG)

c. Determinación de cantidad real de agua a introducir en la mezcla

- Demanda de agua dosificación → Cantidad teórica de dosificación

Agua aportada AF y AG = (PAF_{húm} - PAF_{sss}) + (PAG_{húm} - PAG_{sss})

Agua neta = Demanda agua dosificación - Agua aportada AF y AG

Si la Humedad Total es inferior a la absorción, la ecuación brinda un valor negativo, ya que demanda más agua para llevarlo al estado SSS

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

7- Humedad de los agregados **Ejemplo** 

Fracciones de agregados	Cantidad SSS (kg/m ³)	Absorción (%)	Humedad total (%)	Humedad Superficial	Corrección (kg/m ³)
Arena	855	1,6%	6,1%	+ 4,7%	+ 40
Rodado 6/20	940	1,1%	0,6%	- 0,5%	- 5
Sumatoria de corrección por humedad					+ 35

Tipo de hormigón: H-30 / A3 - TMN 6/20

Materiales constituyentes	Unidades	Teórico	Corregido
Agua corregida <small>(por humedad real de agregados)</small>	litros/m ³	185	150 <small>(185 - 35 l/m³)</small>
Cemento (no se corrige)	kg/m ³	360	360
Agregado grueso <small>(para contenido de humedad 0,7%)</small>	kg/m ³	940 <small>(estado SSS)</small>	835 <small>(940 - 5 kg/m³)</small>
Agregado fino <small>(para contenido de humedad 5,8%)</small>	kg/m ³	855 <small>(estado SSS)</small>	895 <small>(855 + 40 kg/m³)</small>
Aditivo (no se corrige)	litros/m ³	1,6	1,6

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

7- Humedad de los agregados



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

8- Peso específico y densidades relativas

El peso específico del agregado, es la **relación entre el peso y el volumen sólido del material**

El volumen sólido o denominado volumen aparente, es aquel que **incluye los poros accesibles e inaccesibles**. Imaginariamente, es el volumen determinado por una membrana ideal que lleva el contorno de la partícula, y es equivalente al **volumen de pasta de cemento que desplazará una vez mezclado con la pasta de cemento**

Si bien la mayor parte de agregados para **hormigones convencionales, presentan pesos específicos de 2,6 a 2,8 g/cm³**, existen agregados basálticos que tienen densidades del orden de 3,0 g/cm³.

Los agregados pesados (mineral de Fe por ejemplo), son aquellos que presentan densidades superiores a 3,2 - 3,4 g/cm³, mientras que para agregados livianos, es muy variable y siempre inferior a 2,0 g/cm³.



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

8- Peso específico y densidades relativas

Sin embargo, para agregados se emplean **densidades relativas** que son adimensionales y que están referidas a la densidad del agua próxima a 20 °C, lo cual simplifica su manejo.

Tipo de agregado fino	Ejemplos	Densidades SSS
Arena del Paraná	“Oriental” o “Paraná”	2,62 a 2,70
Arenas aluvionaeas	Oeste Argentina	2,60 a 2,68
Arenas sin lavar	Mendoza o Neuquén	2,56 a 2,64
Trituración (Polvo 0/6)	Polvo de granito	2,70 a 2,80

Tipo de agregado grueso	Ejemplos	Densidades SSS
Rodados	Oeste argentino	2,58 a 2,68
Triturados graníticos	Buenos Aires	2,70 a 2,82
Rodados o Tritur. Paraná	Entre Ríos	2,58 a 2,65
Triturados basálticos	Mesopotamia	2,95 a 3,05
Otros triturados	San Luis o Córdoba	2,65 a 2,75

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

8- Peso específico y densidades relativas

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

9- Peso unitario volumétrico de agregados

El Peso unitario de agregados, es la relación que existe entre la cantidad de material granular que ocupa un volumen determinado, considerando los vacíos entre las partículas. Existen dos tipos de pesos unitarios:

a) Peso unitario suelto (PUS): Sin ninguna compactación se coloca el material granular en un recipiente de volumen conocido y sirve para **control de stock en acopios** fundamentalmente. Puede realizarse sobre agregado fino y agregado grueso y en función del volumen del acopio, puede estimarse la cantidad en toneladas de material que se cuenta

b) Peso unitario compactado (PUC): Se acondiciona el material en el recipiente con diferentes métodos de compactación, reduciendo así el volumen de vacíos. **Se utiliza para dosificación de hormigones** y es aplicable casi exclusivamente al agregado grueso

Peso unitario Suelto - PUS	$PUS = \frac{P_{\text{recipiente}} + \text{material suelto} - P_{\text{recipiente}}}{\text{Volumen recipiente}}$	Unidades kg/m ³ g/dm ³
Peso unitario Compactado	$PUC = \frac{P_{\text{recipiente}} + \text{material compactado} - P_{\text{recipiente}}}{\text{Volumen recipiente}}$	

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

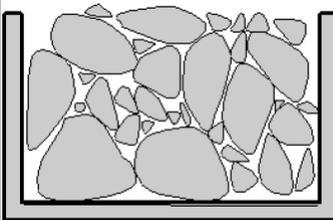
Propiedades y características de los agregados

9- Peso unitario volumétrico de agregados

Como se mencionó, suele emplearse el peso unitario de los agregados gruesos. El Peso unitario suelto (PUS) es de 100 a 200 kg/m³ menos que el peso unitario compactado (PUC)

Tipo de agregado grueso	Tamaño Máximo	PUV (kg/m ³)
Rodados	3/4" (19 mm)	1500 a 1630
Rodados	1 1/2" (38 mm)	1600 a 1700
Triturados (no basálticos)	3/4" (19 mm)	1550 a 1650
Triturados (no basálticos)	1 1/2" (38 mm)	1630 a 1750

Ejemplo



El peso unitario contempla los vacíos que quedan entre las partículas de agregados, por ello es siempre inferior a la densidad del agregado (1,5 a 1,7 veces)



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

10- Forma de las partículas

Dentro de las principales formas de las partículas, se tienen:

a) Agregados rodados: con superficie relativamente regular y sin aristas en general, o al menos redondeadas (erosión natural). En general, brindan buena trabajabilidad a la mezcla

b) Agregados triturados: con superficie más irregular y aristas vivas, obtenidas de trituración de rocas preexistentes. Brindan mejor trabazón dentro de la mezcla de hormigón

Calibres de índices de forma

El uso de agregados rodados y triturados **está dado fundamentalmente por la disponibilidad regional de ellos**, pudiendo obtener resistencias elevadas con los dos tipos de agregados, salvo flexión que para altas resistencias es preferible triturados

Un agregado no es mejor que el otro desde el punto de vista técnica, su uso está condicionado al lugar geográfico donde se elabore el hormigón



TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

10- Forma de las partículas

Aplicables solo agregados gruesos, se distinguen dos **índices de forma**

a) Índice de lajosidad: aquellas partículas “chatas”, determinadas por un calibre con perforaciones para cada fracción retenida en diferentes tamices

b) Índice de elongación: aquellas partículas “alargadas”, determinadas por un calibre de barras para cada fracción entre tamices

Un porcentaje elevado de partículas lajosas o elongadas (mayor 40%) pueden dificultar la trabajabilidad de las mezclas, su bombeabilidad, puede resultar en defectos de terminación o presentar planos de falla preferenciales debido a su forma muy lejana a la cúbica o esférica



TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

10- Forma de las partículas



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

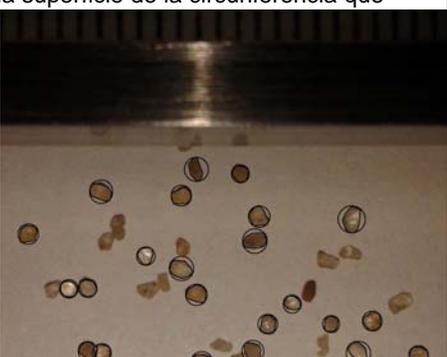
10- Forma de las partículas

Antiguamente se empleaban otros índices que en la actualidad no son aplicables a agregados para hormigones de cemento Portland

- a) **Factor de cubicidad:** cuanto se asemeja la forma de las partículas a la forma cúbica que enmarca
- b) **Esfericidad:** relación estadística de las partículas entre la superficie real del agregado en función de la superficie de la circunferencia que las enmarca

En ambos casos, factores del orden de 80% brindan partículas muy cúbicas o esféricas, mientras que factores menores a 50%, partículas con forma no deseada (alargadas o chatas)

Se prefiere (y es lo que exige el Reglamento) la determinación de índices de lajosidad y de elongación del agregado grueso



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

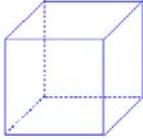
TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

11- Superficie específica de materiales granulares

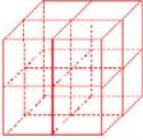
Se define como superficie específica a la **relación entre la superficie que rodean las partículas (“membrana ideal”) y el peso de las mismas**. Mientras mayor es la superficie específica, más fino será el material y en general demandará mayor cantidad de agua a igualdad de condiciones.

Las unidades más empleadas de la S.E. son m^2/kg o cm^2/g



$V_1 = 1000 \text{ cm}^3$
 $Se_1 = 6 \times 10 \times 10 = 600 \text{ cm}^2$

$Se_1 < Se_2$



$V_2 = 1000 \text{ cm}^3$
 $Se_2 = 8 \times 6 \times 5 \times 5 = 1200 \text{ cm}^2$

Rugosidad aumenta también la superficie específica

A menor superficie específica (mayor tamaño agregados), se necesitará menor cantidad de pasta cementícea o mortero para una consistencia dada



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

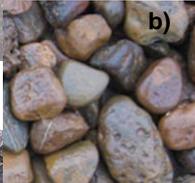
Propiedades y características de los agregados

12- Textura superficial de las partículas

Desde el punto de vista de la rugosidad o textura, se distinguen:

- a) **Superficies lisas, poco porosas:** Características de agregados rodados con erosión fluvial en el tiempo
- b) **Superficies lisas, porosas:** Se presentan en agregados rodados con fenómenos de erosión adicionales o en agregados livianos
- c) **Superficies rugosas:** Características de agregados triturados

Para agregados triturados (superficies rugosas) se presentará mayor adherencia natural con la pasta de cemento que para agregados rodados poco porosos. Sin embargo, al presentar mayor superficie específica el agregado triturado necesitará mayor demanda de agua para mojar las partículas y pasta para recubrirla. Con lo cual, tienden a compensarse en hormigones convencionales


Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

13- Tamaño máximo nominal del agregado grueso

Se define **Tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN)** al **tamiz de malla menor por el cual pasa al menos el 95% del agregado** (para 1" y superior) o el 90% (para 3/4" e inferior). Es un parámetro muy relevante para el pedido del hormigón y debe ser compatible con:

- Dimensiones del elemento estructural
- Separación y recubrimiento de armaduras
- Medios de mezclado y colocación
- Medios de manipuleo y consolidación

El Tamaño Nominal del agregado grueso (TM) se define como el intervalo de tamaños (en mm o cm) entre los cuales queda retenido casi la totalidad del agregado (más del 90%)

Ej: **TN 6/20**, es que la mayor parte del agregado está entre 6 y 20 mm

Ej: **TN 1-3**, es que la mayor parte del agregado está entre 10 y 30 mm



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

13- Tamaño máximo nominal del agregado grueso

Si bien, es aconsejable “**escoger el mayor tamaño máximo del agregado compatible con la estructura y medios de colocación**” (menor demanda de agua y cemento, con lo cual más económico); existen limitantes para el tamaño máximo del agregado a escoger:

TMN	Limitante
Mayores a 2" (50 mm)	Sólo en grandes obras y aplicaciones específicas (ej. presas masivas), necesita equipos especiales
2" (50 mm)	Camión hormigonero, medios de mezclado, transporte y colocación convencionales
1 ½" (38 mm)	Cuando se desea maximizar la resistencia a flexión en ciertos pavimentos
1" (25 mm) ó ¾" (19 mm)	Para el bombeo del hormigón, en función de la granulometría y estado de la bomba
¾" (19 mm) ó 1/2" (12 mm)	Para el caso de hormigones autocompactantes u hormigones vistos
3/8" (9 mm)	Para el caso de hormigones proyectados (shotcrete)

Ejemplo

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

13- Tamaño máximo nominal del agregado grueso



TMN "grande" ≥ 75 mm
Presas de gravedad

TMN pequeño 9 mm
Hormigón proyectado

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados



Las técnicas de muestreo y los ensayos para caracterizar las propiedades físicas de agregados se detallan en la guía de TPs y en las fichas "paso a paso"

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

14- Características propias del agregado y RAA

Se refiere a las **propiedades mineralógicas del agregado en sí**, sin tener en cuenta recubrimientos superficiales nocivos. **Este tipo de propiedades del agregado no puede variarse o cambiarse por ningún proceso como lavado**

Son de vital importancia en lo que refiere a potenciales reacciones desfavorables entre la pasta de cemento y ciertos agregados, denominado genéricamente con **RAA (Reacciones Álcali-Agregados)**

AGREGADO

 →

Examen petrográfico

 →

NO REACTIVOS

 →

POTENCIALMENTE REACTIVOS

Potencial indica que "podrían" o "no podrían" generar reacciones desfavorables dentro del hormigón

Si ensayos sobre barra de mortero y hormigones, Brindan expansiones elevadas, se considerará **REACTIVO**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

14- Características propias del agregado y RAA

Composición Mineralógica - Examen Petrográfico (IRAM 1.649-68)

- **Debilidades estructurales:** fracturas ocultas, vetas de arcilla y poros
- **Debilidades químicas:** materiales reactivos a los álcalis, rocas inadaptables al clima, recubrimientos perjudiciales, yeso, materiales incompatibles térmicamente y materiales químicamente inestables
- **Tipo de roca:** Identificación (Propiedades de rocas y minerales)
- **Partículas blandas o inestables:** Puntos débiles en la masa del H°
Afectan la resistencia mecánica; IRAM 1.531 las limita al 5%
- **Presencia de mica:** Expansiones al combinarse con el cemento
IRAM 1.512 y 1.531 las limita al 2% (AF) y 1% (AG)
- **Sustancias deletéreas:** Opalo, calcedonia, ftanita o vidrios
Riesgo de Reacción Alcali-Agregado; límites en IRAM 1.649 - CIRSOC
- **Presencia de arcilla (estructural):** Incluida en estructura de la roca
Se hidrata, expande y deteriora al H°; limtada al 3% (AF) y 2% (AG)

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

14- Características propias del agregado y RAA

El **análisis petrográfico**, según lo indicado en la norma IRAM 1 649-68, se debe realizar para identificar los componentes **potencialmente reactivos** presentes. El AF y AG que contenga uno cualquiera de los siguientes minerales, en cantidades mayores que las indicadas, debe ser considerado potencialmente reactivo: **Artículo 2.2.9.5**

- Cuarzo tensionado, microfracturado o microcristalino - 5 %
- Chert y/o calcedonia, con trazas de ópalo incluidas en su masa - 3 %
- Tridimita y/o cristobalita - 1 %
- Ópalo - 0,5 %
- Vidrio volcánico en rocas volcánicas - 3 %
- Arcillas del tipo esmectitas en basaltos - 2 %

Los agregados que, con acuerdo a la evaluación anterior, no resulten potencialmente reactivos pueden ser utilizados **sin restricciones por RAS**

Los agregados **potencialmente reactivos** deberán ser ensayados en barras de mortero o de hormigón



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

14- Características propias del agregado y RAA

OBSERVACIÓN DE OBRAS EXISTENTES
 ¿Se cuentan con estudios de materiales?
 ¿Mismos materiales y condiciones de exposición?
 ¿Construida hace más de 15 años?

SÍ se poseen datos de obras similares en buen estado (MUY DÍFICIL OBTENERLOS)

NO se poseen datos de obras similares (SITUACIÓN MÁS FRECUENTE) o existen obras deterioradas

ANÁLISIS PETROGRÁFICO DE LOS AGREGADOS

Geólogo - IRAM 1649

% de partículas reactivas bajo límites CIRSOC

% de partículas reactivas superior límites CIRSOC

AGREGADOS NO REACTIVOS

EMPLEAR AGREGADOS SIN RESTRICCIÓN

AGREGADOS POTENCIALMENTE REACTIVOS

ENSAYOS SOBRE BARRAS DE MORTERO U HORMIGÓN

Expansiones insignificantes

Expansiones significativas

AGREGADOS REACTIVOS

EMPLEAR REQUISITOS ESPECIALES

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

14- Características propias del agregado y RAA

INFORME TECNICO

ESTUDIO DE LA REACTIVIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LOS ÁLCALIS.

Examen petrográfico de agregados para hormigón. Norma IRAM 1649.

Identificación del Interesado: Arena fina, Cantera "Sposito" Acopio CAREM 25. N° Lab. 1750/18.

Características mesoscópica: Se observan clastos de color amarillos castaño claro a castaño oscuro asignables a terrones compuestos por areniscas muy finas, limolitas arcillosas, cementadas casi inconsolidadas por óxido e hidróxido de hierro, se identificó escasa materia orgánica (vegetal). Se identificaron clastos de cuarzo y feldespatos incoloros a amarillentos blanquecinos en sus aristas redondeadas y clastos castaño amarillentos, de calcodonía con estructura fibrosa bandeada.

Análisis microscópico: fracción retenida tamiz ASTM 100

Cuarzo: clastos redondeados y subredondeados, algunos limpidos y otros con inclusiones, escasos con manchas rojas de hematita, abundantes con extinción homogénea y pocos levemente ondulosos. Se identificó cuarzo policristalino.

Ejemplo 1

Agregado no reactivo

Arena Fina Bs. As.

Ejemplo 1

En estos casos, no es necesario realizar ningún otro ensayo adicional para verificar el comportamiento de los agregados en lo que concierne a RAS

Feldespatos: clastos subredondeados y redondeados de ortosa, frescos hasta parcialmente alterados a arcillas, a veces con patinas de meteorización u óxidos. La plagioclasa (ácida) es muy escasa.

Liticos: clastos subredondeados de porciones de rocas metamórficas y posibles rocas ígneas parcialmente cataclastizadas y/o milonizadas. Esporádicos clastos de limolitas silíceas

Calcodonía: se reconocieron clastos redondeados y subredondeados, de calcodonía castaño amarillenta, con estructura microcristalina o fibrosa.

Minerales accesorios: granate, magnetita, citrón, láminas de mica, con pleocroísmo castaño, asignables a biotita.

Clasificación: (Folk et al. 1970): arena subfeldespática.

Observaciones: La muestra no debe ser considerada potencialmente reactiva frente a los álcalis contenidos en el hormigón de cemento Portland. La muestra no contiene "otras sustancias perjudiciales" indicadas en 3.2.3.3 b del CIRSOC 201 (2005)

Tabla 1.- Arena fina, Cantera "Sposito", Acopio CAREM 25. N° Lab. 1750/18

Constituyentes	Constituyentes s/cada tamiz IRAM (% en peso)							Composición de la muestra en % de peso
	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm	0.600 mm	0.300 mm	0.150 mm	Fondo	
Cuarzo	-	0.2	0.6	5.0	39.3	17.9	2.1	65.1
Feldespatos	-	0.1	0.1	1.8	12.5	9.2	1.1	24.8
Liticos	-	0.1	0.3	0.9	3.8	1.6	0.1	6.8
Calcodonía	-	-	0.1	0.1	1.1	0.6	0.1	2.0
Min. accesorios	-	-	-	0.1	0.6	0.4	0.2	1.3
Total de fracción en tamiz (%)	-	0.2	0.6	5.0	39.3	17.9	2.1	100

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

14- Características propias del agregado y RAA

3.- Muestra N° de Lab. 493/11. Identificación del Interesado: Ripio 10/30

3.1.- Estudio petrográfico. (Norma IRAM 1649)

TIPOS LITOLÓGICOS	1"	3/8"	3/4"	3/8"	T4	T8	Fondo	TOTAL MINERAL
Cuarzo	-	-	0.09	0.19	0.18	0.01	0.02	0.50
Rocas Graníticas	0.48	0.63	1.51	1.94	0.97	0.03	0.05	5.60
Basaltos	1.68	0.91	1.21	2.37	1.43	0.08	0.17	8.35
Andesitas	0.56	2.66	2.42	5.55	3.88	0.20	0.30	15.83
Riolitas	4.72	3.96	11.14	23.33	13.69	0.54	1.08	58.46
Areniscas	0.24	0.48	0.87	1.10	0.74	0.04	0.09	3.56
Tobas	0.16	0.12	1.04	1.37	0.97	0.04	0.06	3.78
Min. Accesorios	0.16	0.35	0.72	1.75	1.17	0.06	0.13	4.34
Total tamiz	8.00	9.00	19.00	38.00	23.00	1.00	2.00	100.00%

- Cuarzo: Clastos subredondeados a redondeados, de color blanco lechoso, con manchas rojas de hematita. En ocasiones presentan grietas rellenas por óxidos de hierro. Es posible observar escasos clastos con estructura policristalina (cuarzo de vela). Los cataclásticos son poco frecuentes.

- Rocas graníticas: Clastos subredondeados a angulosos, de colores grises y rosados. El tamaño de grano es variable, en general mediano, con estructuras macizas y bandeadas. En general se trata de rocas muy compactas y frescas. Al microscopio se observa una textura granuda hipodórfica, constituida mineralógicamente por:

Ejemplo 2

Agregado potencialmente reactivo

Ripio rodado 10/30 Mendoza

La gran mayoría de los agregados del Oeste y Sur del país, dan estos resultados

- Cuarzitas: Clastos redondeados a subredondeados, de color gris y gris verdoso oscuro. El tamaño de grano es fino a mediano con estructura maciza, en ocasiones algo esquistosos. Se trata de rocas muy duras, compactas y frescas. Al microscopio se observa una estructura granoclástica, constituida mineralógicamente por cuarzo cataclástico (AEG 24.5"), que es el mineral esencial. En algunos casos se puede observar algunos paquetes de láminas de biotita, con orientación subparalela, que le confiere cierta esquistosidad a algunos clastos, por lo que se trataría de esquistos cuarzo-micáceos.

Clasificación Petrográfica: Las muestras se clasifican como, Gravos liticas, que presentan alto porcentaje de rocas volcánicas y tobas, con vidrio volcánico en su constitución, por lo que debe ser considerada potencialmente reactiva frente a los álcalis del cemento Portland.

3.2.- Sustancias nocivas (NORMA IRAM 1531)

- Material que pasa el tamiz IRAM 75 µm (%)..... 1.0

- Materia carbonosa..... No contiene

- Terrones de arcilla y partículas friables..... No contiene

- Flanitas (chert) como impureza..... No contiene

- Sulfatos, expresados como SO₃ (%)..... 0.00

- Otras sales solubles..... 0.01

- Cloruros solubles en agua (%)..... 0.00

- Otras sustancias perjudiciales..... No contiene

Ejemplo 2

Hay que realizar ensayos para determinar si el agregado es reactivo o no es reactivo

- 1) Ensayo acelerado prismas de mortero 16 días (con cemento de obra)
- 2) Ensayos en prismas de hormigones 3 meses y 1 año

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

14- Características propias del agregado y RAA

Caso 1
Fundación estación transformadora
San Rafael
Testigos fisurados
y geles blanquecinos



The image is a composite of three photographs. The top-left photo shows a cylindrical concrete specimen with a vertical crack and the red markings 'T3 S'. The bottom-left photo shows a cross-section of a concrete specimen with a large, irregular white crystalline deposit (efflorescence) on its surface. The right photo shows a close-up of a concrete surface with several fine, irregular cracks and some white deposits.

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

14- Características propias del agregado y RAA



The image is a composite of three photographs. The top-left photo shows a construction site with blue metal structures. The bottom-left photo shows a cross-section of a concrete specimen with a large, irregular white crystalline deposit (efflorescence) on its surface. The right photo shows a hand holding a broken piece of concrete with several dark, rounded aggregate particles embedded in a light-colored matrix.

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

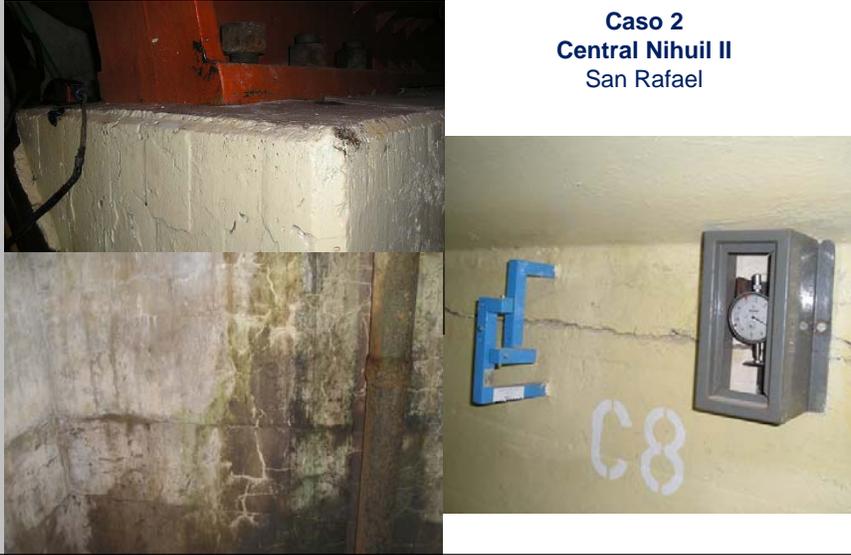
Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

14- Características propias del agregado y RAA

Caso 2
Central Nihuil II
San Rafael



The composite image consists of four panels. The top-left panel shows a close-up of a concrete structure with a rough, weathered surface. The bottom-left panel shows a similar concrete structure with a smoother finish. The top-right panel shows a blue metal bracket mounted on a concrete wall. The bottom-right panel shows a pressure gauge mounted on a concrete wall, with the number '08' painted in white below it.

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

14- Características propias del agregado y RAA



The composite image consists of four panels. The top-left panel shows a large industrial machine, possibly a concrete pump or mixer, in a factory setting. The top-right panel shows a close-up of a concrete wall with a vertical crack. The bottom-left panel shows a concrete structure with a worker standing on it, possibly a dam or bridge pier. The bottom-right panel shows a close-up of a concrete surface with a network of cracks.

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

14- Características propias del agregado y RAA

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

14- Características propias del agregado y RAA

LABORATORIO DE ENTRENAMIENTO MULTIDISCIPLINARIO PARA LA INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA

EXPEDIENTE: 55.465/09.-

LABORATORIO DE ENTRENAMIENTO MULTIDISCIPLINARIO PARA LA INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA

Ing. LUIS VERONICA
 Docente L.E.M.I.T.

Hoja 6 de 10 Hojas

LABORATORIO DE ENTRENAMIENTO MULTIDISCIPLINARIO PARA LA INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA

EXPEDIENTE: 55.465/09.-

LABORATORIO DE ENTRENAMIENTO MULTIDISCIPLINARIO PARA LA INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA

Hoja 11 de 10 Hojas

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

15- Características físico-químicas adquiridas

Se refiere a las propiedades de los agregados de revestimientos perjudiciales o similares que no se corresponden a la constitución mineralógica del agregado. **Estos elementos adquiridos, muchas veces nocivos, pueden eliminarse por tratamientos físicos como lavado**

Sin embargo, el lavado debe ser corroborado que sea efectivo, eliminando las sustancias nocivas a un límite aceptable y sin alterar notoriamente la granulometría para el caso de las arenas, que un lavado intenso puede hacer que pierda muchos finos, no sólo los potencialmente nocivos (p#200) y traer aparejado mezclas muy ásperas y difíciles de trabajar



TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Propiedades y características de los agregados

15- Características físico-químicas adquiridas

- **Materia orgánica:** Productos de descomposición vegetal o ácidos
Afectan la hidratación del cemento, el fraguado y la resistencia del H°
Se detecta con prueba colorimétrica según IRAM 1.647
- **Finos limo-arcillosos:** Afectan la adherencia, resistencia y aumentan la demanda de agua. Pueden eliminarse con lavado
Pasante tamiz #200: IRAM 1.512 (AF) < 3 a 5% ; IRAM 1.531 (AG) < 1%
- **Terrones de arcilla:** Puntos débiles en la masa, > demanda de agua
IRAM 1.512 (AF) < 3% ; IRAM 1.531 (AG) < 2%
- **Sales solubles:** Eflorescencias salinas (deterioro estético)
Corrosión del H° y del Acero de refuerzo (principalmente cloruros Cl⁻)
Límites de sulfatos: IRAM 1.512 (AF) < 0,1% ; IRAM 1.531 (AG) < 0,075%
- **Partículas carbonosas:** Puntos débiles, disminuyen la adherencia
Afectan estéticamente la estructura, pueden afectar el fraguado
IRAM 1.512 (AF) < 0,5% a 1,0% ; IRAM 1.531 (AG) < 1,0%
- **Otras sustancias:** azúcares, aceites, grasas, raíces, plásticos, etc.

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Disposiciones Reglamentarias

DISPOSICIONES DEL CIRSOC 201-05 **Artículo 3.2.1**

- Se refiere con exclusividad a **agregados pétreos** de **densidad relativa** comprendida entre **2.000 kg/m³** y **3.000 kg/m³**, procedentes de la desintegración natural o de la trituración de rocas **Artículo 3.2.2**
- **No incluye a los agregados artificiales** obtenidos como subproductos o por fabricación, ni para hormigones con características especiales
- Además, de la potencialidad ante la **RAS**, se deberán estudiar atentamente las **rocas basálticas** mediante inmersión en etilén-glicol
- Los agregados a emplear en hormigones expuestos al agua, **no deben contener sustancias** que puedan reaccionar con **álcalis** del cemento
- Cuando los **materiales disponibles no cumplan** con las **condiciones establecidas** en el Reglamento, el **Director de Obra** podrá **autorizar su empleo** siempre que **estudios completos de laboratorio, confirmados con el análisis del comportamiento de obras en servicio** durante **lapsos de tiempo similares** a los de la vida en servicio prevista para la obra en ejecución, demuestren que pueden obtenerse hormigones de calidad adecuada para satisfacer los requisitos del Reglamento

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Disposiciones Reglamentarias

AGREGADO FINO **Artículo 3.2.3**

- 1) 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 %**
 - En la elaboración de hormigones de resistencia H-20 o superior debe tener un contenido menor al **30 % de conchillas marinas**
- 2) Cumplir con los REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS**
- 3) Sustancias nocivas:** La presencia de **sustancias que perjudican alguna propiedad del H^o**, expresadas en porcentaje de la masa de la muestra, **no deben exceder los límites** que se indican en la tabla
- 4) Materia orgánica:** El **índice colorimétrico** en el ensayo según Norma IRAM 1 647-94, debe ser **menor de 500 mg/kg** (500 p.p.m.)
- 5) Estabilidad al sulfato de sodio:** La fracción retenida sobre el tamiz IRAM 300 µm debe tener una **pérdida de masa menor del 10 %**, luego de 5 ciclos alternados de inmersión y secado en una solución saturada de sulfato de sodio (Norma IRAM 1 525-85) o que presente un **factor de durabilidad** (ciclos de congelamiento) **mayor al 80%**

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Disposiciones Reglamentarias

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

SUSTANCIAS NOCIVAS EN EL AGREGADO FINO

Sustancias nocivas	Unidad	Máximo Admisible	Método de Ensayo
Terrones de arcilla y partículas friables		3,0	IRAM 1647
Finos que pasan el Tamiz IRAM 75 µm		3,0	IRAM 1540
<input type="checkbox"/> Hormigón expuesto a desgaste superficial <input type="checkbox"/> Otros hormigones		5,0	
Materias carbonosas	g/100g	0,5	IRAM 1647
<input type="checkbox"/> Cuando es importante el aspecto superficial <input type="checkbox"/> Otros casos		1,0	
<input type="checkbox"/> Sulfatos, expresados como SO ₃		0,1	
<input type="checkbox"/> Otras sales solubles		1,5	
<input type="checkbox"/> Cloruros	---	Ver 2.2.7	IRAM 1857
<input type="checkbox"/> Otras sustancias perjudiciales	g/100g	2,0	IRAM 1649

- La **suma de todos los porcentajes** de sustancias nocivas indicados en la Tabla anterior, debe **ser igual o menor de 5 g/100 g** para H° expuestos a la acción del desgaste y de **7 g/100 g** para el resto de los H°
- El agregado fino que no cumpla con las exigencias anteriores será sometido al **lavado** adecuado, con agua de las características necesarias, a los efectos de reducir el contenido de sales solubles hasta que cumpla

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Disposiciones Reglamentarias

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

AGREGADO GRUESO **Artículo 3.2.4**

- 1) El agregado grueso debe estar constituido por **gravas** (canto rodado) naturales o partidas, roca **partida** o por una **mezcla** de éstos
 - El contenido en masa de partículas constituidas por **conchillas** debe ser ≤ que 15 % (TMN 13,2 mm), 5 % (26,5 mm) y 2 % (37,5 mm)
- 2) **Cumplir con los REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS**
- 3) **Sustancias nocivas:** La presencia de **sustancias que perjudican alguna propiedad del H°**, expresadas en porcentaje de la masa de la muestra, **no deben exceder los límites** que se indican en la tabla
- 4) **Estabilidad al sulfato de sodio:** La fracción retenida sobre el tamiz IRAM 300 µm debe tener una **pérdida de masa menor del 12 %**, luego de 5 ciclos alternados de inmersión y secado en una solución saturada de sulfato de sodio (Norma IRAM 1 525-85) o que presente un **factor de durabilidad** (ciclos de congelamiento) **mayor al 80%**
- 5) **Ensayo abrasión Los Angeles:** Una pérdida menor que el **50% ó 30%** para hormigones de uso general y para hormigones sujetos a la abrasión
- 6) **Partículas lajosas o elongadas:** **Menor del 40%** (IRAM 1687-97)

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Disposiciones Reglamentarias

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

Sustancias nocivas	Unidad	Máximo Admisible	Método de Ensayo
<input type="checkbox"/> Finos que pasan el tamiz IRAM 75 µm	g/100g	1,0	IRAM 1540
<input type="checkbox"/> Terrones de arcilla y partículas friables		2,0	IRAM 1647
<input type="checkbox"/> Ftanita (chert) como impureza <ul style="list-style-type: none"> • En exposiciones C1 y C2 • En climas distintos a los correspondientes a las exposiciones C1 y C2 		1,0	IRAM 1647
<input type="checkbox"/> Materias carbonosas <ul style="list-style-type: none"> • Cuando es importante el aspecto superficial • Otros casos 		2,0	
<input type="checkbox"/> Otras sustancias perjudiciales		0,5	IRAM 1647
<input type="checkbox"/> Sulfatos, expresados como SO ₃		1,0	
<input type="checkbox"/> Otras sales solubles		5,0	IRAM 1649
<input type="checkbox"/> Cloruros		0,075	IRAM 1647
		1,5	IRAM 1647
		-----	Ver 2.2.7

SUSTANCIAS NOCIVAS EN EL AGREGADO GRUESO

- La suma de todos los porcentajes debe ser igual o menor de 5 %
- Si el contenido de material pasante tamiz # 200 del AF es inferior al límite fijado, puede emplearse un contenido mayor de finos en el AG:

$$L_{FAG} = 1\% + P_{FAF} (L_{FAF} - C_{FAF}) / (100 - P_{FAF})$$

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

TdH UNCuyo - TEMA 2 – AGREGADOS

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

Contenido	TdH UNCuyo - TEMA 2 – AGREGADOS
	DEFINICIÓN, CLASIFICACIÓN Y PROPIEDADES
	● Introducción general y definiciones
	● Clasificaciones de agregados
	● Propiedades y características de agregados
	● Disposiciones reglamentarias
	● Producción y manejo de agregados y SGA
	GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS
	● Análisis granulométrico y material pasa #200
	● Curvas ideales y Zonas granulométricas
	● Especificaciones por performance
ENSAYOS DE AGREGADOS (TP N°2 a TP N°6)	

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Producción y manejo de agregados y SGA

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

The diagram illustrates the production and management of aggregates and SGA. It shows a large industrial facility with various stages of processing. The stages are labeled as follows: Estudios previos de yacimientos (Pre-study of deposits), Extracción (Extraction), Transporte (Transport), Trituración (si es necesario) (Crushing, if necessary), Clasificación (Classification), Lavado (Washing), Acopio (Storage), and Instalaciones en planta (Plant installations).

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Producción y manejo de agregados y SGA

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

Extracción

Yacimientos Naturales (Agregados Directos)

- Dragado de Ríos
- Agregados de Mar
- Depósitos Aluviales
- Lechos de Ríos
- Depósitos Glaciares

Canteras (Agregados Indirectos)

- Perforaciones y voladuras para la extracción
- Necesitan la tarea intermedia de trituración

Artificiales y Reciclados

- Procedimientos industriales especiales

Transporte

Diferentes medios de transporte
Gran Influencia en el precio final del agregado

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Producción y manejo de agregados y SGA

Trituración



- La trituración o machaqueo consiste en una **reducción de tamaños**
- Se logra impartiendo al material a triturar, unas tensiones superiores a su límite de resistencia para provocar su fractura
- La técnica de trituración agrupa:
 - 1) Quebrantado o trituración primaria
 - 2) Trituración secundaria
 - 3) Pulverización o molido



- 1) Máquinas que rompen a compresión (mandíbulas, giratoria, rodillos)
- 2) Máquinas que rompen por golpes (impactos, martillos)
- 3) Máquinas que rompen por compresión y golpes (rodillos dentados)

- Puede controlarse adecuadamente la granulometría y se pueden obtener agregados de excelente calidad



TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Producción y manejo de agregados y SGA

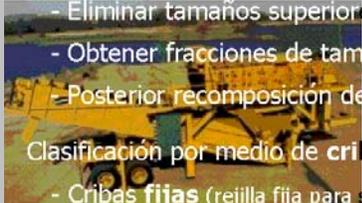
Clasificación

Operación de **separar** un "todo" en **fracciones de distintos tamaños**



- Eliminar tamaños superiores o inferiores no utilizables
- Obtener fracciones de tamaños adecuados
- Posterior recomposición de granulometrías

Clasificación por medio de **cribas**



- Cribas **fijas** (rejilla fija para separar los tamaños muy grandes)
- Cribas **giratorias** (cilindros giratorios con aberturas de diferentes tamaños)
- Cribas **vibratorias** (zarandas de uno o varios niveles, con leve inclinación)

Lavado



Eliminar **materias extrañas** de los agregados (raíces, arcillas, humus).
Chorros de agua de intensidad y cantidad según las impurezas
Generalmente, se realizan la **clasificación y lavado simultáneamente**

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Producción y manejo de agregados y SGA

Acopio

- Los agregados se almacenarán y emplearán en forma tal que se evite la **segregación** de partículas, la **contaminación** con sustancias extrañas y el **mezclado** de agregados de distintos tamaños o granulometría
- Las **pilas de agregados** se constituirán por capas horizontales de espesores no mayores de 1,50 m. La primera capa se colocará sobre otra del mismo material, de espesor mínimo de 30 cm (no se utilizará) u H° de limpieza
- La **cantidad** de agregados almacenados en obra será la **suficiente** para efectuar en forma continua y **sin interrupciones** el hormigonado
- No se permitirá el empleo de **agregados congelados**
- Se debe evitar el **manipuleo** y **transporte** de los agregados mediante métodos, procedimientos y equipos que produzcan la rotura, desmenuzamiento o segregación de las partículas que los constituyen



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

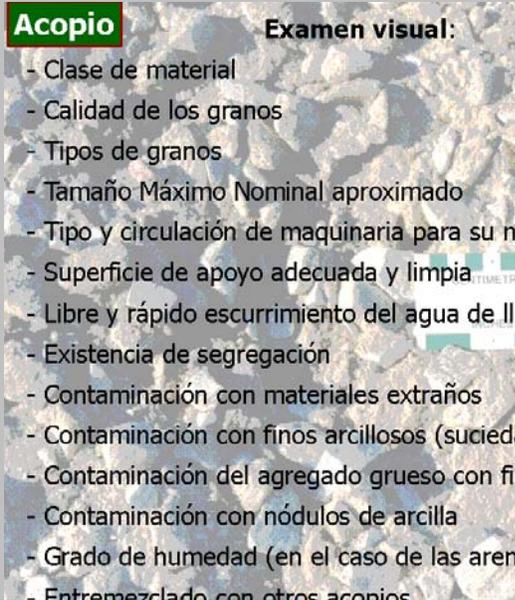
TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Producción y manejo de agregados y SGA

Acopio

Examen visual:

- Clase de material
- Calidad de los granos
- Tipos de granos
- Tamaño Máximo Nominal aproximado
- Tipo y circulación de maquinaria para su manipuleo en planta
- Superficie de apoyo adecuada y limpia
- Libre y rápido escurrimiento del agua de lluvia
- Existencia de segregación
- Contaminación con materiales extraños
- Contaminación con finos arcillosos (suciedad)
- Contaminación del agregado grueso con finos arenosos
- Contaminación con nódulos de arcilla
- Grado de humedad (en el caso de las arenas)
- Entremezclado con otros acopios



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Producción y manejo de agregados y SGA

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

RECOMENDACIONES PRACTICAS

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Producción y manejo de agregados y SGA

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

Instalaciones

- Cintas transportadoras
- Tolvas de agregados

CORRECTO

INCORRECTO

CORRECTO

INCORRECTO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Producción y manejo de agregados y SGA

Instalaciones

- Planta horizontal
- Dragas y tabiques

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Producción y manejo de agregados y SGA

Quando los agregados se **manipulan en exceso** o en forma incorrecta se pueden originar **4 problemas fundamentales**, que afectan tan posteriormente las propiedades del hormigón:

- 1) Segregación:** Afecta la granulometría del agregado
- 2) Contaminación:** Inclusión inadvertida en los agregados de materiales finos y deletéreos
- 3) Heterogeneidad en su contenido de H% superficial:** Afecta la producción de H° uniformes
- 4) Degradación:** Produce mayor contenido de finos

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Producción y manejo de agregados y SGA

¿Qué medidas pueden tomarse en un SGA en lo referente al manipuleo y acopio de agregados?

- Fundamentalmente debe **disminuirse el polvo en el ambiente** proveniente de las tareas propias con los agregados
- Los **acopios deben estar alejados** de la zona de circulación de personas y de camiones y bombas
- Debe verse reflejado tanto en las **tareas de descarga** del proveedor, como de **manipuleo de palas cargadoras** y en **cintas transportadoras**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Producción y manejo de agregados y SGA

¿Qué medidas pueden tomarse en un SGA en lo referente al manipuleo y acopio de agregados?



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

Disminución de la emisión de polvo

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Producción y manejo de agregados y SGA

¿Qué medidas pueden tomarse en un SGA en lo referente al manipuleo y acopio de agregados?



Disminución de la emisión de polvo



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Producción y manejo de agregados y SGA

¿Qué medidas pueden tomarse en un SGA en lo referente al manipuleo y acopio de agregados?



Reducción de temperatura en tiempo caluroso



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Producción y manejo de agregados y SGA

¿Qué medidas pueden tomarse en un SGA en lo referente al manipuleo y acopio de agregados?



*Acopios mezclados de diferentes canteras y sin hormigonar
Riego de contaminación al "cargar algo de suelo"*

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Producción y manejo de agregados y SGA

¿Qué medidas pueden tomarse en un SGA en lo referente al manipuleo y acopio de agregados?



*Pisos pavimentados en acopios y medidas
Para limpiar polvo a la salida de camiones*

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES	
Contenido	TdH UNCuyo - TEMA 2 – AGREGADOS
	DEFINICIÓN, CLASIFICACIÓN Y PROPIEDADES
	● Introducción general y definiciones
	● Clasificaciones de agregados
	● Propiedades y características de agregados
	● Disposiciones reglamentarias
	● Producción y manejo de agregados
	GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS
	● Análisis granulométrico y material pasa #200
	● Curvas ideales y Zonas granulométricas
	● Especificaciones por performance
ENSAYOS DE AGREGADOS (TP N°2 a TP N°6)	

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES	
Conceptos generales de granulometría de agregados	
Composición Granulométrica	
<p>- Es la distribución por tamaños de los granos que componen un agregado y se determina a través de su Análisis Granulométrico</p>	
Influencia de la granulometría en el Hormigón	
<ul style="list-style-type: none"> - Trabajabilidad y aptitud de colocación y compactación del hormigón - Demanda de agua (superficie específica de los agregados) - Compacidad e Impermeabilidad del hormigón - Resistencia mecánica del hormigón - Durabilidad del hormigón - Economía de la mezcla (principalmente cantidad de ligante) 	
El estudio de la granulometría de los agregados busca:	
<ul style="list-style-type: none"> - Correcta distribución de las partículas - Mayor compacidad posible (menor $V_{\text{vacíos}}$) - Reducir la superficie específica total de los agregados - Granulometrías económicamente factibles para diferentes estructuras - Facilitar la correcta colocación del hormigón con los medios disponibles 	

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Conceptos generales de granulometría de agregados

Definiciones IRAM 1.569 e IRAM 1.501

- **Granulometría:** Es la distribución, por tamaños, de las partículas que constituyen un agregado
- **Abertura de malla:** Es la distancia libre comprendida entre los lados de ésta
- **Malla:** Es cada uno de los cuadrados determinados por los ejes de los alambres que constituyen el tejido
- **Tejido:** Es la formación plana de alambres de sección circular que, entrelazados perpendicularmente dejan entre sí aberturas cuadradas
- **Tamiz:** Es el conjunto formado por el tejido y el marco que lo fija
- **Módulo de finura:** Es el número que se obtiene dividiendo por 100 la suma de los porcentajes totales de una muestra de agregados retenidos sobre c/uno de los tamices de una serie con relación de aberturas lineales de dos tamices consecutivos es de 1 a 2, partiendo del tamiz IRAM 149 μm
- **Tamaño nominal:** Es la designación de un agregado, expresada por los tamices límite necesarios para su análisis granulométrico
- **Tamaño máximo nominal:** Es el número del tamiz IRAM de malla menor a través del cual puede pasar el 95 % del agregado

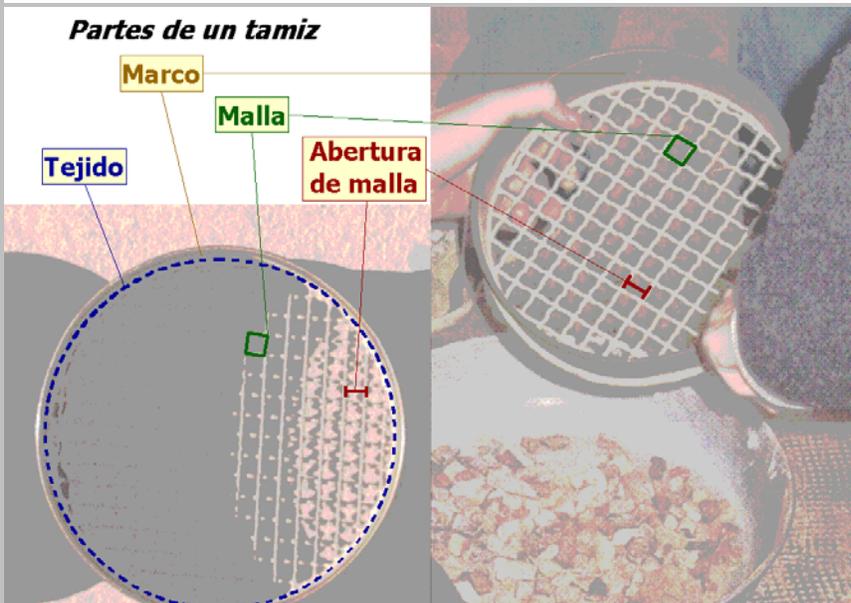
Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Conceptos generales de granulometría de agregados

Partes de un tamiz



El diagrama muestra un tamiz circular con un marco exterior y una malla interior. El tejido se refiere a la estructura de alambres que forman la malla. La abertura de malla es el espacio entre los alambres. Se ilustra cómo el agregado se filtra a través de la malla en un recipiente inferior.

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Conceptos generales de granulometría de agregados



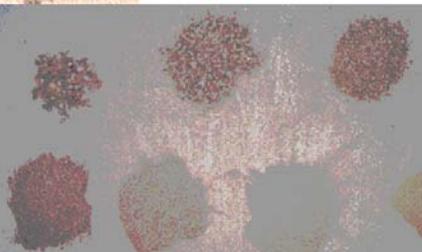
Artículo 3.2.3.2

- Tamiz 3/8" - 9,5 mm (Serie Tyler)
- Tamiz # 4 - 4,75 mm (Serie Tyler)
- Tamiz # 8 - 2,36 mm (Serie Tyler)
- Tamiz # 16 - 1,18 mm (Serie Tyler)
- Tamiz # 30 - 590 μm (Serie Tyler)
- Tamiz # 50 - 297 μm (Serie Tyler)
- Tamiz # 100 - 149 μm (Serie Tyler)

ENSAYO

El análisis granulométrico del agregado fino y del agregado grueso siempre se realizan por separado

Tamices para el Agregado Fino
Siempre son los mismos

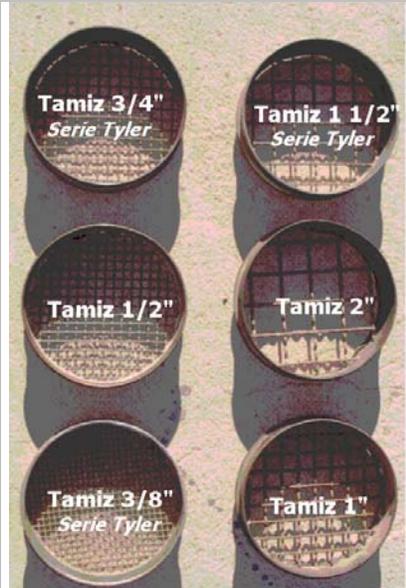


Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Conceptos generales de granulometría de agregados



Tamices Recomendados

- Tamiz 3" - 76,0 mm (Serie Tyler)
- Tamiz 2 1/2" - 63,0 mm
- Tamiz 2" - 53,0 mm
- Tamiz 1 1/2" - 37,5 mm (Serie Tyler)
- Tamiz 1" - 26,5 mm
- Tamiz 3/4" - 19,0 mm (Serie Tyler)
- Tamiz 1/2" - 13,2 mm
- Tamiz 3/8" - 9,5 mm (Serie Tyler)
- Tamiz # 4 - 4,75 mm (Serie Tyler)
- Tamiz # 8 - 2,36 mm (Serie Tyler)

Tamices para el Agregado Grueso
Varían según el TMN



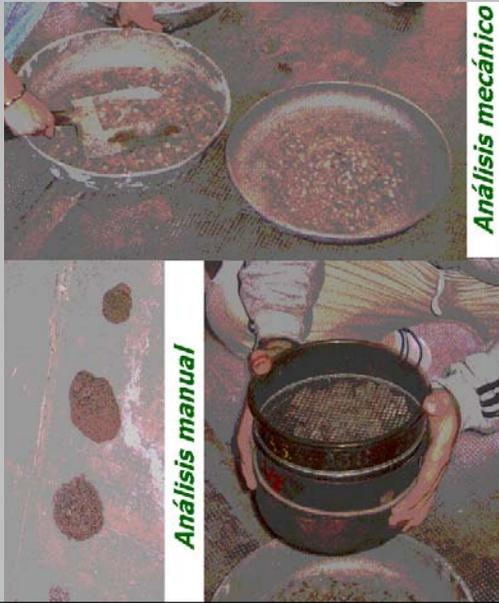
Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Análisis granulométrico y material pasa tamiz #200

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER



Análisis manual



Análisis mecánico

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Análisis granulométrico y material pasa tamiz #200

Tamaño Máximo Nominal

Es el número del tamiz IRAM de malla menor a través del cual puede pasar el 95 % del agregado

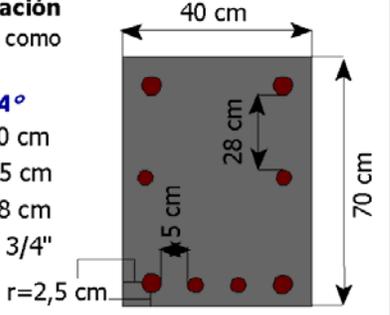
Artículo 3.2.4.2

- 1/3 de la altura de losas
- T.M.N. ≤ 3/4 de la separación de armaduras y/o espesor de recubrimiento
- 1/5 de la menor dimensión del elemento estructural

En general, se prefiere emplear el agregado de **mayor Tamaño Máximo Nominal compatible con el elemento estructural y con los medios de colocación** disponibles, si el mismo se presenta como económicamente disponible

Ejemplo de Aplicación: Viga de H° A°

Menor dimensión	1/5 x 40 cm = 8,00 cm
Separación armaduras	3/4 x 5 cm = 3,75 cm
Espesor recubrim.	3/4 x 2,5 cm = 1,88 cm
Método de colocación	Bombeo - TM 3/4"
TMN = 3/4 " (19,0 mm)	



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Análisis granulométrico y material pasa tamiz #200

Fracciones granulométricas empleadas en Mendoza

<i>Arena Fina</i>	<i>Arena Gruesa</i>	<i>Rodado 3/4"</i>
		
<i>3/4" Triturado</i>	<i>Rodado 1"</i>	<i>Rodado 2"</i>
		

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

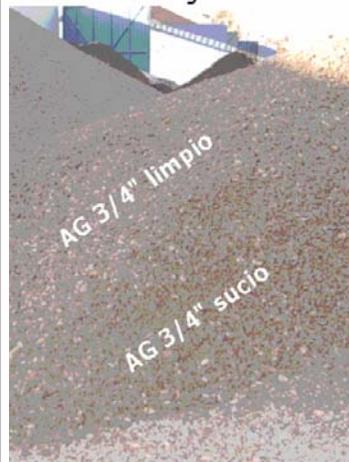
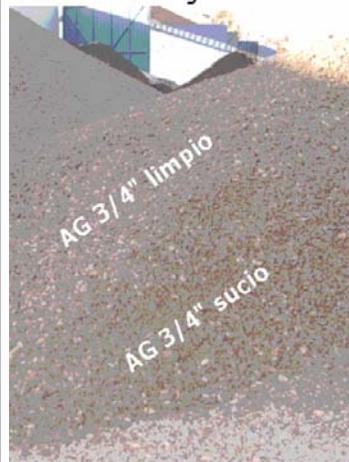
Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Análisis granulométrico y material pasa tamiz #200

Polvo (suciedad) de los agregados

- Es uno de los **principales problemas que se presentan en Mendoza** y cada año se agrava más

 <p>AG 3/4" limpio</p>	 <p>AG 3/4" sucio</p>	 <p>Arena limpia</p> <p>Arena sucia</p>
---	--	---

- Un alto contenido de finos pasantes tamiz # 200, influye de manera negativa en:
 - Aumenta la demanda de agua**
 - Disminuye la **resistencia al desgaste** del Hº
 - Disminuye la adherencia** pasta-agregado
 - Aumenta el riesgo de fisuración** por contracción por secado y retracción plástica

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Análisis granulométrico y material pasa tamiz #200

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

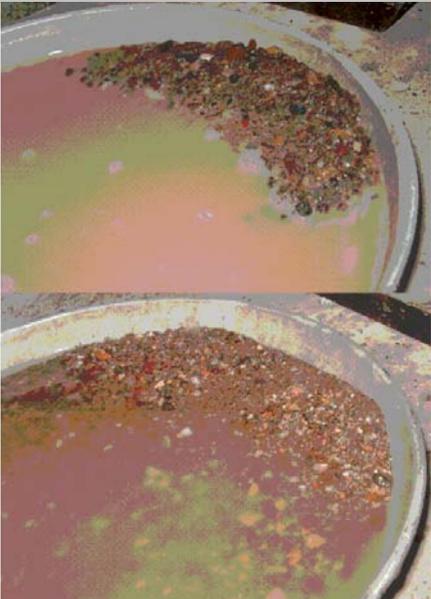
- El **análisis granulométrico** propiamente dicho se realiza hasta el **tamiz # 100 (IRAM 1505-05)**
- El contenido de **material pasante tamiz # 200 se determina por lavado (IRAM 1540-04)**

Situación en Mendoza

- Arenas sin lavar: 4,0 a 9,0%
- Arena lavada: 2,5 a 7,0%
- AG 3/4" sin lavar: 1,0 a 2,0%
- AG 3/4" lavado: 0,5 a 1,0%
- Agregados 1" y 2": < 0,4%

Límites según CIRSOC 201-05

- Arenas: 3,0% (H^o desgaste)
5,0% (otros H^o)
- Agregado Grueso: 1,0%



TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Análisis granulométrico y material pasa tamiz #200

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

Ensayos según IRAM 1540 y 1505

Para la granulometría de **agregados para hormigones**, se debe:

- 1) “Lavar” el material por el tamiz #200 según IRAM 1540 y determinar el contenido en % de material pasante tamiz #200 en suspensión
 - 1.1) Es obligatoria esta acción para arenas y AG con $TMN \leq 3/8$ ”
 - 1.2) Es recomendable, pero no obligatorio para $TMN \geq 1/2$ ”, fundamentalmente si el % p #200 es elevado y potencialmente nocivo
- 2) Con la muestra remanente y secada a masa constante, se realiza la granulometría “en seco” según IRAM 1505 (sin tamiz #200)
 - 2.1) Agregado fino: tamices 3/8”, #4, #8, #16, #30, #50, #100 y fondo
 - 2.2) Agregado grueso: un tamiz superior al TMN hasta el tamiz #8
Ej. TMN 1” (25 mm), tamices 1 1/2”, 1”, 3/4”, 1/2”, 3/8”, #4, #8 y fondo
Ej. TMN 1/2” (12 mm), tamices 3/4”, 1/2”, 3/8”, #4, #8 y fondo

De haber realizado el lavado por tamiz #200, **se le suma este porcentaje** (referido a la masa inicial de granulometría) **al retenido en el “fondo” para determinar los porcentajes y trazar las curvas granulométricas de los agregados**. En AG casi no tiene incidencia en las curvas, mientras que en las arenas puede “levantar” la curva de manera considerable

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Análisis granulométrico y material pasa tamiz #200




Los tamaños de muestras y los ensayos para determinar la granulometría y contenido de finos de agregados se detallan en las guías de TPs y en las fichas “paso a paso”





Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Análisis granulométrico y material pasa tamiz #200

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
 Facultad de Ingeniería
 Cátedra: "Tecnología del Hormigón"

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 Geomaterials (Ingeniería de Materiales)

Identificación de procedimientos: Cuadro de la guía de laboratorio
 Material: agregado grueso y fino Cantidad de muestra: 4628 gr
 Incentivador: Cátedra de Tecnología del Hormigón
 Procedimiento: 4.6.6.6.6.6 Norma de Ensayo: TS-681.2005

CUBA O TAMIZ	RETENIDO (g)	PASADO (g)	% PASADO	(Cum = % RETENIDO ANTERIOR)	OBSERVACIONES
Nº 4	698	3928	85	15	
Nº 8	620	3968	86	14	
Nº 16	786	3852	84	16	
Nº 30	782	3850	84	16	
Nº 45	448	4180	90	10	
Nº 75	448	4180	90	10	
Nº 106	363	4265	92	8	
Fondo	272	4356	94	6	100

PESO ESPECÍFICO: _____ DENSIDAD: _____
 PESO M³ SUELO Y HED: _____ PESO M³ COMPACTADO (98%): _____
 MÓDULO DE FINEZA = $\frac{\sum_{i=1}^n P_i}{100}$ = $\frac{1+15+22+49+58+67+76+84+94}{100}$ = $M_f = 4,75$

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Se realiza en forma independiente de cada fracción de agregado

Peso de la muestra: P_{TOT} g

Peso retenido Tamiz Nº 4: **P_{Nº4} g**

Peso retenido Tamiz Nº 8: **P_{Nº8} g**

Peso retenido Tamiz Nº 16: **P_{Nº16} g**

Peso retenido Tamiz Nº 30: **P_{Nº30} g**

Peso retenido Tamiz Nº 50: **P_{Nº50} g**

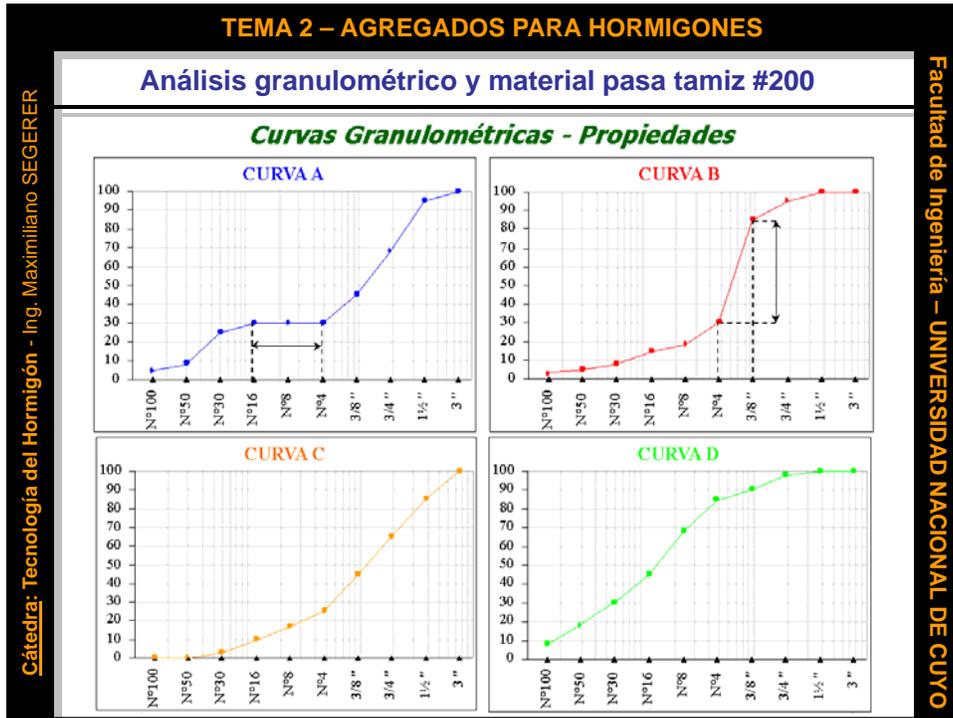
Peso retenido Tamiz Nº 100: **P_{Nº100} g**

Peso pasante Tamiz Nº 100: **P_{Fondo} g**

Luego con las distribuciones porcentuales pueden mezclarse las diferentes fracciones

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO



TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Contenido	TdH UNCuyo - TEMA 2 – AGREGADOS
	DEFINICIÓN, CLASIFICACIÓN Y PROPIEDADES
	● Introducción general y definiciones
	● Clasificaciones de agregados
	● Propiedades y características de agregados
	● Disposiciones reglamentarias
	● Producción y manejo de agregados
	GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS
	● Análisis granulométrico y material pasa #200
	● Curvas ideales y Zonas granulométricas
	● Especificaciones por performance
	ENSAYOS DE AGREGADOS (TP N°2 a TP N°6)

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Curvas ideales y zonas granulométricas

Curvas ideales

- Las **curvas ideales** son curvas granulométricas que permiten obtener un dosaje de **hormigón compacto**, según los granos disponibles
- Las ecuaciones de las curvas son función de: $P(\%) = f(d, D, \text{coeficientes})$
d = diámetro de la malla (tamiz) en estudio - Variable
D = tamaño máximo nominal (TMN) - Valor Constante
y de algunos factores adimensionales propuestos empíricamente
P(%) Porcentaje que pasa por el tamiz de abertura d

TENDENCIA ACTUAL - CURVA IDEAL
Granulometría Continua de TODOS los granos (tamaños)

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Curvas ideales y zonas granulométricas

Curvas ideales

Diferentes investigadores hace más de 100 años fueron proponiendo **curvas ideales teóricas**, empleando los materiales que se disponían

Estas curvas, son de agregados mezcla, componiéndose de la o las fracciones de agregado fino y de agregado grueso

En la actualidad han perdido vigencia, debido a que los materiales difícilmente se ajusten a estas curvas ideales, además de no ser necesarias más teniendo en cuenta la variabilidad de las propiedades de los agregados

Debido a la imposibilidad de ajustarse a una curva, aparecieron las “zonas granulométricas” que consisten en dos “andariveles” en los cuales debe procurarse que los agregados individuales y agregados mezcla, “caigan” dentro de estas zonas para tener granulometrías continuas. Los reglamentos modernos, van quitando estas prescripciones

Sin embargo, como se estudiará más adelante, **agregados que no cumplan estrictamente con estas zonas granulométricas** (establecidas en Estados Unidos hace cerca de 100 años), **pueden presentar un comportamiento favorable dentro del hormigón**

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Curvas ideales y zonas granulométricas

Curvas ideales

1) Recta
 $d_0 = \frac{D}{10}$ $d_0 =$ Tamaño de la arena óptima para el AG

2) Parábola de Fuller
 Existe una parábola de Fuller con cemento y otra sin cemento
 $P(\%) = 100 \sqrt{\frac{d}{D}}$

3) Curva de Bolomey
 Con Cemento: $P(\%) = A + (100 - A) \sqrt{\frac{d}{D}}$ $\beta/100$ es el % de cemento respecto al peso del agregado
 Sin cemento: $P(\%) = 100 - (100 - A) \left(1 + \frac{\beta}{100}\right) \left(1 - \sqrt{\frac{d}{D}}\right)$

A = coeficiente que depende de la consistencia del hormigón y del tipo de agregado

TIPO DE AGREGADO	CONSISTENCIA		
	Tierra húmeda (Hormigón vibrado)	Tierra pastosa (Hormigón no vibrado)	Tierra fluida (Hormigón colado)
Agreg. Refinado	5 a 10	10	12
Agreg. Machacado	8 a 12	12 a 14	14 a 16

4) Curva de EMPA
 Aplicable a cantos rodados
 $P(\%) = 50 \left(\frac{d}{D} + \sqrt{\frac{d}{D}} \right)$

5) Curva de la Sociedad Suiza de Ingenieros
 Para cantos rodados $D_{max} < 30$ mm
 $P(\%) = 20 \left(\frac{d}{D} + 4 \sqrt{\frac{d}{D}} \right)$

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

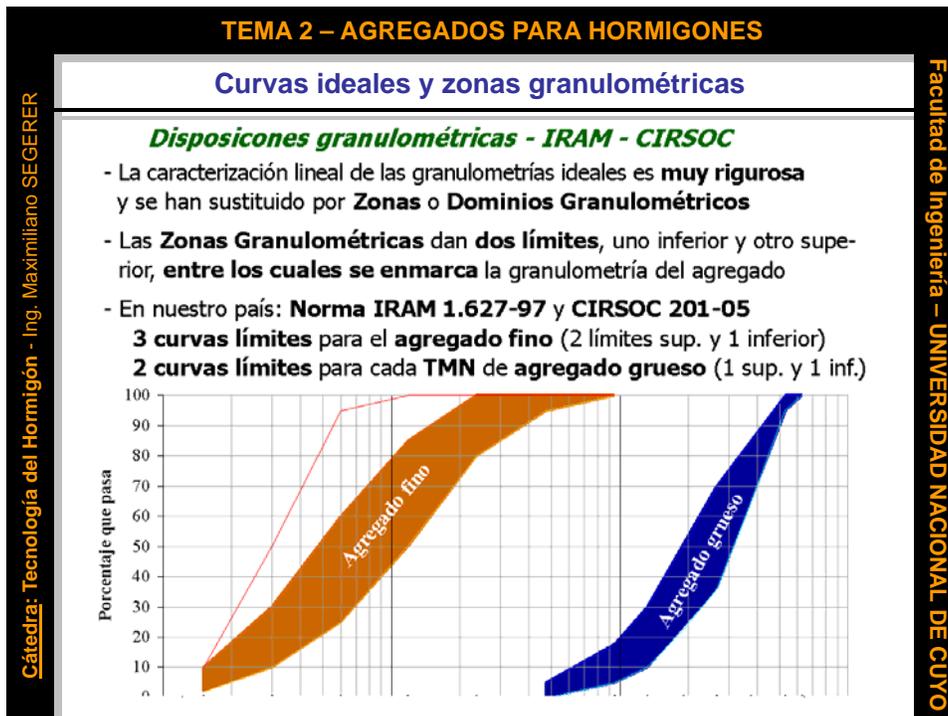
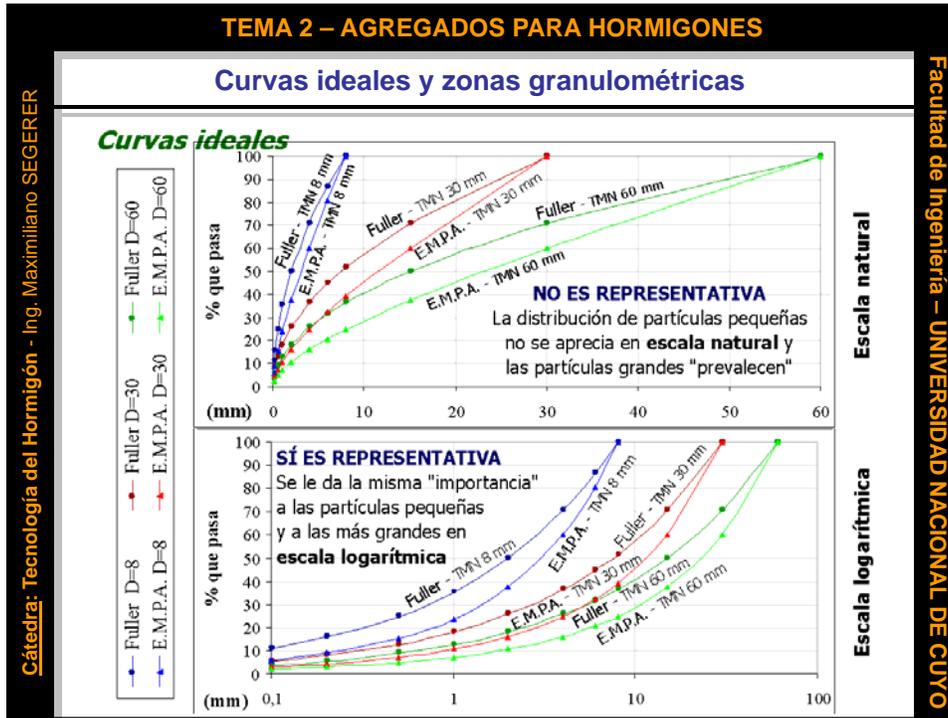
TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

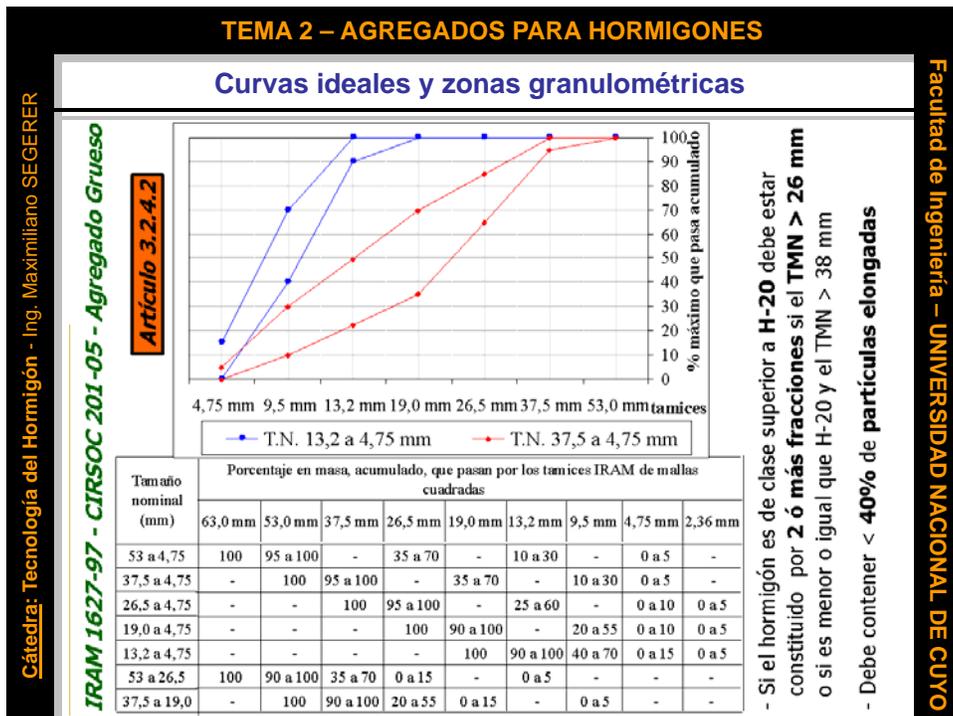
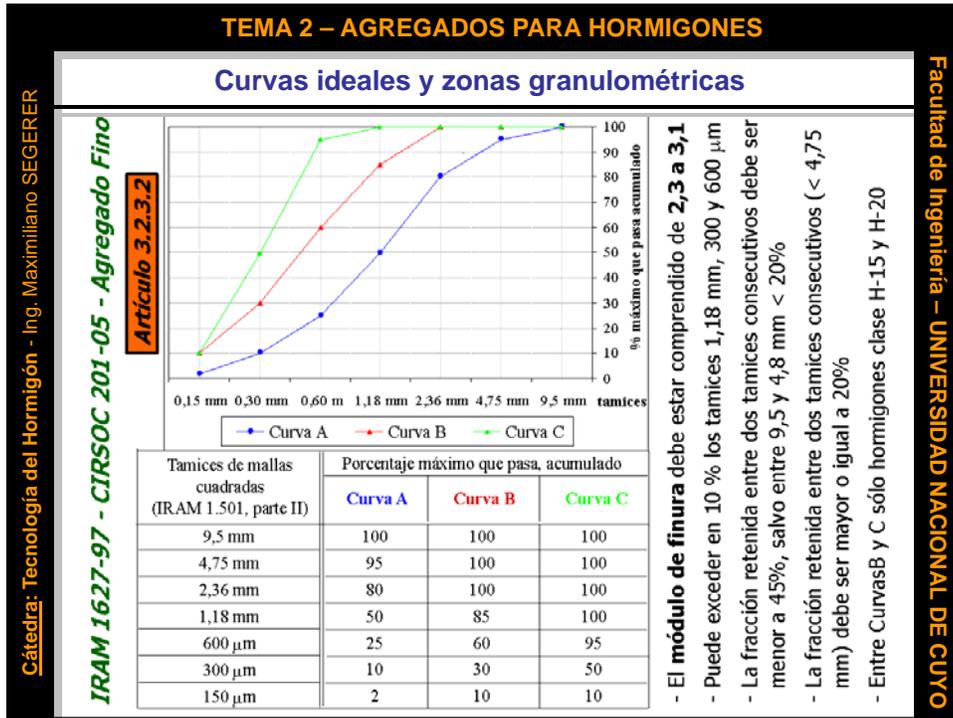
Curvas ideales y zonas granulométricas

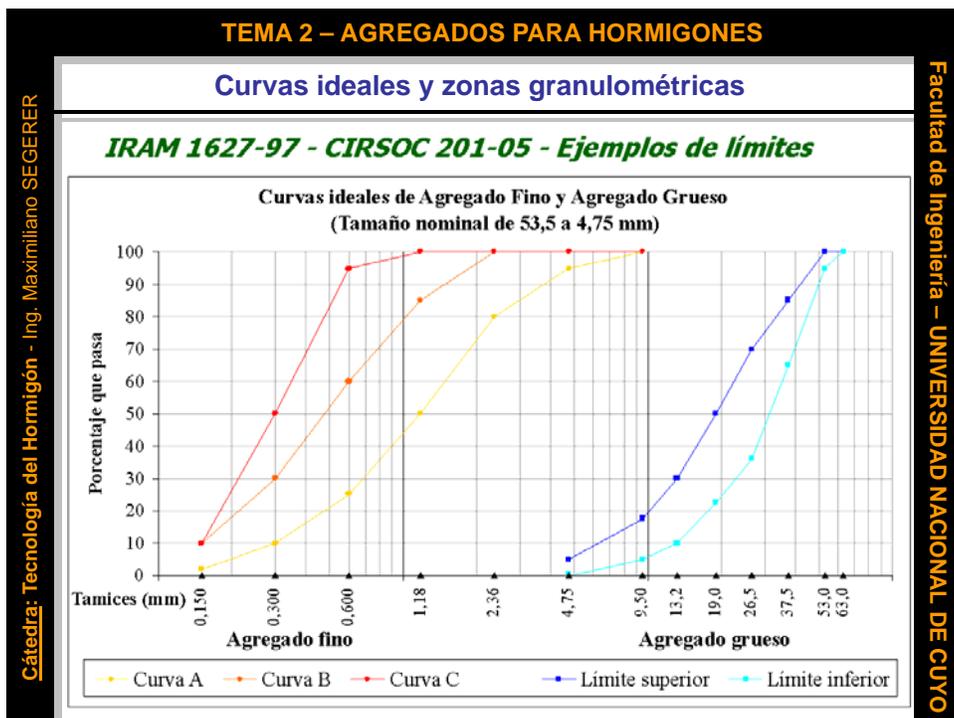
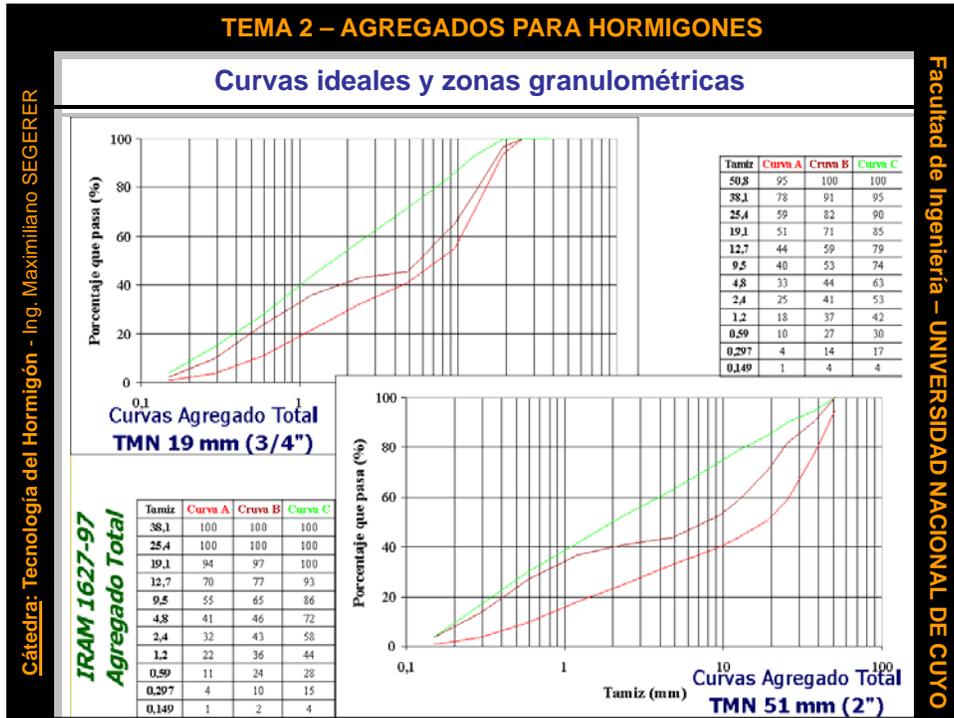
Curvas ideales

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO







TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Curvas ideales y zonas granulométricas

Estudio Analítico de la Curva Mezcla

- Sirven para **dividir un agregado** dado en **dos o más fracciones** o para **componer una curva granulométrica** con diferentes agregados
- Generalmente, sirve para **separar la fracción gruesa de la fina**
- El procedimiento se basa principalmente en **geometría y proporciones**

En la actualidad se hace en Excel o programas específicos!

—●— Curva mezcla —●— Curva 1: Parte fina —●— Curva 2: Parte gruesa

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Curvas ideales y zonas granulométricas

Método Analítico del Módulo de Fineza

- **Principio de Abrams:** "Todas las curvas que delimitan **iguales áreas** para superficie "MF" (residuos sobre tamices) corresponden a agregados de **igual índice de resistencia** para hormigones de igual consistencia

- Caso de **2 agregados:**

$$\begin{matrix} x \cdot MF_1 + y \cdot MF_2 = MF_d \\ x + y = 1 \end{matrix}$$

MF significa módulo de fineza
 MF_d del agregado deseado
 MF₁, MF₂ relativos a los materiales 1 y 2

- Las **fracciones x e y**, indican el % de material 1 y material 2, respectivamente, que debe mezclarse para lograr la granulometría deseada
- Para 3 ó más agregados deben suponerse condiciones de borde y el método pierde efectividad

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Curvas ideales y zonas granulométricas

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

- La curva granulométrica no es sólo la que caracteriza a la granulometría del agregado, sino también interviene el módulo de finura y los 2 influyen en: cantidades de agua y cemento y la docilidad del H°
- Está basado en el **Principio de Abrams** enunciado anteriormente
- El **módulo de finura (Mf)** es un **número** abstracto, que se obtiene mediante la suma de los porcentajes retenidos por los tamices de la **serie de Tyler** (relación de 2 entre dos tamices consecutivos), dividida por 100
- Gráficamente representa el **área sobre la curva granulométrica**

1) Agregados Finos: Entre 2,3 y 3,1 (Curvas IRAM) - Dosificación de H°
2) Agregados Gruesos: Entre 6,5 y 8,0 - No es tan empleado el M_f de AG

$$M_f = \frac{\sum \text{Retenidos acumulados en tamices de la Serie Tyler}}{100}$$

Abertura	Designación	Abertura	Designación
76 mm	3 "	2,4 mm	N° 8
38 mm	1 1/2 "	1,2 mm	N° 16
19 mm	3/4 "	590 μm	N° 30
9,5 mm	3/8 "	297 μm	N° 50
4,75 mm	N° 4	149 μm	N° 100

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Curvas ideales y zonas granulométricas

Granulometrías Discontinuas

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

- Es aquella en la que **se omiten intencionalmente uno o más tamaños de fracciones intermedias**

1. Escalón. → porcentaje de vacíos 26 %
 Grano grueso.

2. Escalón. → porcentaje de vacíos 12 %
 Grano medio.

3. Escalón. → porcentaje de vacíos 4 %
 Grano fino.

- Puede llegarse a **muy altas compacidades**
- Teóricamente dan buenos resultados, pero es difícil controlarlos en la práctica
- El CIRSOC acepta granulometrías discontinuas, siempre y cuando se realicen ensayos para verificar las características del H° fresco y endurecido
- Otros reglamentos fijan Z.G. Discontinuas

No es muy usual en nuestro país

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Curvas ideales y zonas granulométricas

El trazado de curvas granulométricas, curvas mezclas de agregados y comparativas con zonas granulométricas y/o curvas ideales se incluye en la guía de TPs

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
 Facultad de Ingeniería
 Cátedra: "Tecnología del Hormigón"

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 Análisis Granulométrico

Identificación de procedencia:
 Material: Designación del Agregado:
 Situación: Clases:
 Cantidad de muestra antes del ensayo:
 Cantidad de muestra para el ensayo:
 Contenido de humedad:
 Método de Ensayo:

TAMIZ	RETENIDO (g)	PASADO (g)	% PASADO	Observaciones
ASTM	mm	PANICIA	TOTAL	
3"	76,2			

Tamiz	Agregado 1 (8.6%)	Agregado 2 (37.8%)	Agregado 3 (15.1%)	Agregado 4 (40.6%)	Retenido acumulado	% Pasado
75 mm 3"	0%	0%	0%	0%	0%	100%
83 mm 3 1/2"	0%	0%	0%	0%	0%	100%
85 mm 3 1/2"	0%	0%	0%	0%	0%	100%

MÓDULO DE FINESZA = $\frac{\sum \text{Retenido}}{100}$

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Contenido

TdH UNCuyo - TEMA 2 – AGREGADOS

- DEFINICIÓN, CLASIFICACIÓN Y PROPIEDADES
 - Introducción general y definiciones
 - Clasificaciones de agregados
 - Propiedades y características de agregados
 - Disposiciones reglamentarias
 - Producción y manejo de agregados
- GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS
 - Análisis granulométrico y material pasa #200
 - Curvas ideales y Zonas granulométricas
 - Especificaciones por performance
- ENSAYOS DE AGREGADOS (TP N°2 a TP N°6)

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Desvíos a los requerimientos prescriptivos reglamentarios

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**La granulometría de los agregados...
¿es el aspecto más relevante?**

En más de la mitad de las provincias no se disponen De agregados que “entren” en Curvas y se obtienen Hormigones de muy buena performance, lo cual También es avalado por la durabilidad de las obras

El Reglamento CIRSOC 201 permite y avala el empleo de agregados que no se ajusten estrictamente a lo recomendado (curvas límites, % polvo, etc.) en el mismo, siempre y cuando se demuestre con ensayos de laboratorio y experiencias de obra que se logra un hormigón trabajable, resistente, durable y sin elevado riesgo de fisuración

El agregado no es un material de construcción... es un constituyente de un material (hormigón), Debe “pensarse” dentro del mismo y no individualmente

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Desvíos a los requerimientos prescriptivos reglamentarios

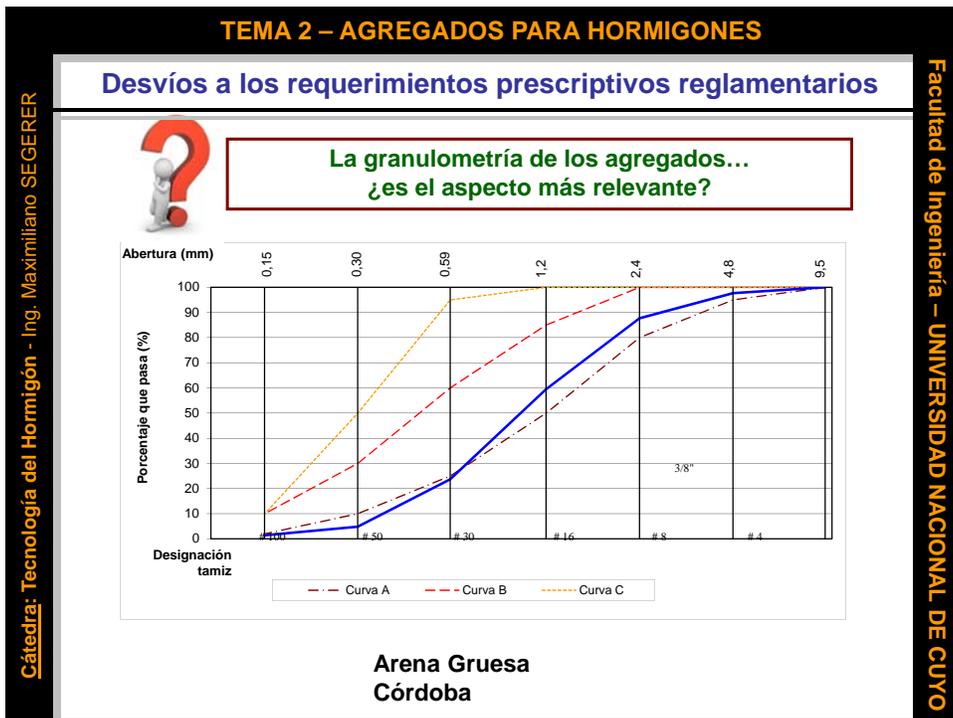
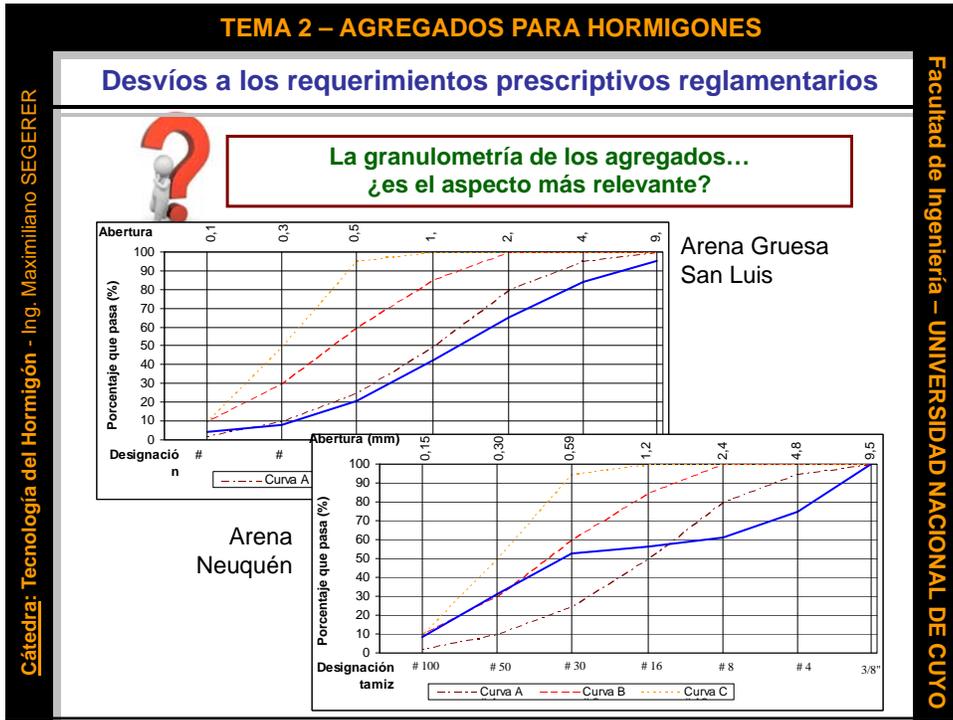
Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**La granulometría de los agregados...
¿es el aspecto más relevante?**

Arena Gruesa Buenos Aires

Arena Mendoza



TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Desvíos a los requerimientos prescriptivos reglamentarios

Especificaciones por Performance o Prestacionales

Una especificación prescriptiva es aquella que incluye cláusulas para métodos de construcción y composición de la mezcla de hormigón, más que definir requisitos de performance, fundamentalmente como “**recetas estáticas**”, citando como ejemplo las curvas granulométricas límites.

En cambio, **una especificación por performance es un conjunto de instrucciones que limita los requerimientos funcionales del hormigón endurecido dependiendo de la aplicación**. Las instrucciones deben ser claras, alcanzables y mensurables. Estas especificaciones proveen flexibilidad al contratista y productor para proveer una mezcla que llegue a los criterios de performance en el modo que ellos elijan con el mejor manejo de los recursos posible.

 **Prescriptiva v. Rendimiento**

 Designation: C150/C150M – 09 Standard Specification for Portland Cement ¹	 Designation: C1157/C1157M – 10 Standard Performance Specification for Hydraulic Cement ¹
---	--

6. Chemical Composition
6.1 Portland cement of each of the ten types shown in Section 1 shall conform to the respective standard chemical requirements prescribed in Table 1. In addition, optional requirements are prescribed in Table 2.

1. Scope*
1.1 This performance specification covers hydraulic cements for both general and special applications. There are no restrictions on the composition of the cement or its constituents.

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Desvíos a los requerimientos prescriptivos reglamentarios

Especificaciones por Performance o Prestacionales

En el ámbito científico y técnico a nivel local y mundial, **se coincide que poco a poco se irán desplazando las disposiciones prescriptivas por especificaciones basadas por performance**, que realmente tienen en cuenta las necesidades de las estructuras y el resultado esperado, independientemente de la dosificación de la mezcla o características individuales de los materiales.

Los agregados a emplear en la ejecución de hormigones, no deben contener sustancias que afecten la resistencia y durabilidad del hormigón o que ataquen al acero; además de poseer propiedades naturales de resistencia, adherencia y durabilidad. Además, deberán poseer una **composición granulométrica compatible con el tipo de hormigón, medios de colocación y necesidades de cada estructura**.



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Desvíos a los requerimientos prescriptivos reglamentarios

Especificaciones por Performance o Prestacionales

En varios casos **no es posible económica o ambientalmente obtener agregados que cumplan con todas las disposiciones reglamentarias o de pliegos de especificaciones**, pero ciertos reglamentos como el norteamericano y el argentino, admiten ciertas desviaciones en las propiedades de los agregados; **siempre y cuando no perjudiquen al hormigón ni en estado fresco ni en estado endurecido**.

Los reglamentos y recomendaciones no son ajenos al hecho que muchas veces no es posible obtener agregados que cumplan con los requisitos granulométricos, con el espíritu de pensar al agregado dentro del hormigón.

En este hecho se basan las especificaciones por performance por sobre las especificaciones clásicas prescriptivas. Esto quiere significar que **si el agregado se aparta de estos requisitos, pero en el hormigón se obtienen buenas propiedades en el hormigón fresco y hormigón endurecido, es perfectamente válido y viable emplear este agregado desde el punto de vista técnico.**



TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Desvíos a los requerimientos prescriptivos reglamentarios

Especificaciones por Performance

Ejemplo

Porcentaje de arena de trituración. En ciertas regiones, como en Provincia y Gran Buenos Aires y otras ciudades como Comodoro Rivadavia, suelen usarse arenas de trituración que el Reglamento recomienda limitarlas al 30%. Se cuentan con numerosas experiencias locales donde porcentajes mayores del 40% o 50% pueden brindar excelentes resultados, aún en altas prestaciones como hormigones autocompactantes o para habilitación temprana. En Europa existen ejemplos de obras realizadas sólo con arena de trituración, lo cual aparentemente en Argentina estaría “prohibido” y no es así.



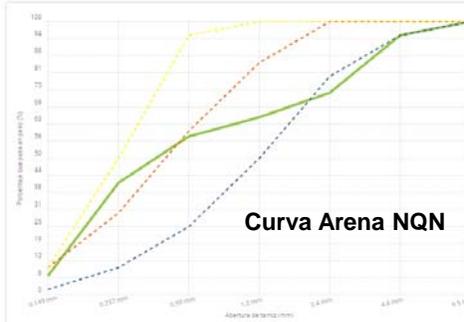
TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Desvíos a los requerimientos prescriptivos reglamentarios

Especificaciones por Performance

Ejemplo 

Arenas fuera de curvas granulométricas. Quizás es el caso más frecuente y una “lucha constante” con inspecciones de reparticiones públicas. En las provincias del oeste del país, las arenas se presentan como naturalmente gruesas (por debajo de la Curva A) con módulos de finura de 3,1 a 3,6 y en algunos casos como Neuquén con granulometrías discontinuas (con poco material entre el tamiz #30 y #8). En estas regiones se elaboran hormigones de alta calidad sin dudas. En otras provincias como el Centro y Norte de Santa Fe o la Mesopotamia las arenas se presentan como finas (entre las Curvas B y C) y análogamente con lo nombrado para otras arenas, entra en juego el diseño del hormigón y la habilidad del proveedor, más que la arena se escape un poco en diferentes tamices.



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Desvíos a los requerimientos prescriptivos reglamentarios

Especificaciones por Performance

Ejemplo 

Porcentaje de polvo de agregados. El Reglamento CIRSOC 201 limita el contenido de finos pasante tamiz #200 a 5% para agregados finos y 1% para agregados gruesos. En muchas arenas no se suele cumplir y algunas de ellas contienen porcentajes de pasa #200 superiores al 10% y los mismos no son nocivos. Un ejemplo de ellos son las arenas de trituración o polvo 0/6, el cual aporta finos muy útiles para la cohesividad de las mezclas que escasean en arenas de río lavadas naturalmente. No todos los finos son indeseables. En algunos casos, trabajar con arenas lavadas con material pasante tamiz #50 menor al 15% suele traer mezclas ásperas, hormigones algo segregables y desgaste en equipos de bombeo por ejemplo, en contrapartida de arenas con granulometrías más continuas y mayores porcentajes. El efecto secundario es aumento de la demanda de agua, contenido de cemento y sus impactos ambientales.



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Desvíos a los requerimientos prescriptivos reglamentarios

Especificaciones por Performance **Ejemplo** 

Agregados rodados: Existe la creencia que los agregados rodados no son de la misma calidad que los triturados o con los mismos no se logran buenas resistencias. En Malargüe, se cuentan con experiencias de una Antena Aeroespacial donde se emplearon hormigones H-70 u hormigones resistencias a la flexión en la reciente remodelación del aeropuerto Francisco Gabrielli. En esos casos, se trabajó con agregados rodados convencionales. Sin embargo, en Buenos Aires por ejemplo, está “casi vedado” su ingreso o bien se emplea para hormigones pobres o fines no estructurales el agregado grueso proveniente de Entre Ríos. Son barreras que deben ir desapareciendo en base a experiencias.




Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

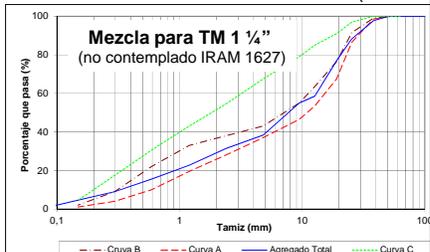
Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Desvíos a los requerimientos prescriptivos reglamentarios

Especificaciones por Performance **Ejemplo** 

Agregados gruesos y curvas límites: Muchas veces no existe un ajuste a las curvas límites de agregado grueso individual o del agregado total según IRAM 1627, sin embargo se obtienen muy buenos hormigones. Otro ejemplo, es que muchas veces se especifica para pavimentos el uso de TMN de 2”, los cuales no están casi disponibles en ninguna provincia y la experiencia a demostrado que no sólo desde el punto debilita las resistencias a flexión, sino trae complicaciones con terminadoras u otras técnicas constructivas. La tendencia es trabajar con agregados de 1” a 1 ½” y en muchas regiones, la fracción denominada 6/30 o bien 10/30 (1-3 para provincias del norte) combinado con 6/20 no encuadran con las curvas límites de 1” ni de 1 ½”, existiendo un TMN de 1 ¼”. Para este TMN intermedio, no existen curvas en IRAM y es sumamente empleado, con excelentes desempeños para hormigones descargados por canaleta



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Desvíos a los requerimientos prescriptivos reglamentarios

Especificaciones por Performance **Ejemplo** 

Agregados reciclados. Las normas europeas definen agregados como “Material granular empleado en la construcción. Puede ser natural, artificial o reciclado”. Esta definición abre las puertas y le da competitividad a agregados no convencionales que deben ser usados por un doble impacto positivo: reuso de restos de demolición de alto valor y evitar escombreras o vertederos para obras de demolición de hormigón. Si bien grandes proporciones de agregados reciclados pueden influir en alguna propiedad del hormigón, plantear objetivos de reemplazo parcial del 10 o 20% del agregado total. En los últimos años se han incorporado a las normas IRAM de agregados, no así en el CIRSOC 201



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Desvíos a los requerimientos prescriptivos reglamentarios

Especificaciones por Performance o Prestacionales

Si se estima un consumo de 23.000 millones de toneladas de hormigón en el mundo anualmente (**cerca de 10.000.000.000 m³**)
Más de 15.000 millones de toneladas serán agregados que en la mayor parte de las veces proviene de la naturaleza



Por ello, tiene una **importancia ambiental muy elevada**, Tanto en las canteras como en los combustibles y transporte (y contaminación asociada) desde canteras hacia plantas

Cabe preguntarse... si los “agregados ideales” son aquellos que “entran en curva” y cumplen perfectamente todos los requerimientos prescriptivos o **aquellos que con ciertos desvíos permiten mejorar la sustentabilidad de la construcción...**

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 2 – AGREGADOS PARA HORMIGONES

Desvíos a los requerimientos prescriptivos reglamentarios

Especificaciones por Performance o Prestacionales

Todos estos ejemplos se solucionan criteriosamente: **si el hormigón presenta adecuadas propiedades en estado fresco** (cohesividad, trabajabilidad, bajo riesgo de fisuración plástica) **y endurecido** (resistencias mecánicas, estabilidad volumétrica y durabilidad), **poco importa que el agregado se ajuste o no a “recetas” estáticas**, ya que atentan contra otras de las propiedades del hormigón: economía y amistosidad con el medio ambiente y sus recursos no renovables

