

TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS	
Contenido	TdH UNCuyo - TEMA 3 – AGLOMERANTES
	<b>DEFINICIÓN, CLASIFICACIÓN Y PROPIEDADES</b>
	● Introducción general y definiciones
	● Clasificación general y propiedades
	<b>CALES Y YESOS</b>
	● Clasificación general
	● Fabricación y comercialización
	● Ensayos y especificaciones
	<b>GROUTS Y MORTEROS COMERCIALES</b>
	● Diferentes tipologías y productos comerciales
	● Grouts cementíceos
	● Grouts epoxídicos
	● Morteros de reparación y similares

TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS	
Introducción general y definiciones	
	<b>Conceptos generales</b>
	Los <b>aglomerantes</b> o <b>conglomerantes</b> , son aquellos materiales que <b>genéricamente están destinados a unir o ligar materiales granulares o unir dos materiales</b> , teniendo un <b>período plástico</b> (estado fresco) y luego <b>adquieren resistencia</b> (estado endurecido) y <b>adherencia a los materiales con los cuales está en contacto</b> . Al período de cambio entre los estados, se denomina <b>fragüe</b> y a la ganancia de resistencias, <b>endurecimiento</b> .
	Existen aglomerantes de muchos tipos, en la presente unidad se <b>estudiarán principalmente aquellos que deben amasarse con el agua, para obtener sus propiedades</b> en fresco (trabajabilidad, cohesividad) y en endurecido (resistencia, adherencia, durabilidad, estabilidad volumétrica). <b>Las reacciones químicas se dan entre el aglomerante y el agua</b> y son exotérmicas.

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Introducción general y definiciones**

**Definiciones IRAM 1.569**

- **Conglomerante:** Material que, por efectos químicos, une y da cohesión a los agregados en los morteros y hormigones
- **Conglomerante aéreo:** Producto que, amasado con agua y fuera del contacto de ésta, fragua y endurece en presencia del aire
- **Conglomerante hidráulico:** Producto que amasado con agua, fragua y endurece al aire o bajo agua
- **Cal para construcción:** Material constituido fundamentalmente por óxido o hidróxido de calcio, con proporciones variables de óxido o hidróxido de magnesio, y que puede contener cantidades moderadas de compuestos de silicio y/o aluminio
- **Mortero:** Mezcla constituida por conglomerante, agregado fino, agua y eventualmente aditivos químicos y adiciones
- **Fraguado:** Proceso exotérmico en virtud del cual la pasta acuosa de un conglomerante adquiere trabazón y consistencia iniciales, debido a las modificaciones químicas y físicas que tienen lugar entre el conglomerante y el agua
- **Endurecimiento:** Aumento progresivo de la resistencia mecánica, que se produce en morteros y hormigones, después del período de fraguado

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Introducción general y definiciones**

**Clasificación general**

<b>Aglomerantes</b>	<b>Hidrófilos</b> (necesitan agua para reacciones químicas)	<b>Aéreos</b> (endurecen en contacto con el aire)	Yeso
			Cales aéreas
		<b>Hidráulicos</b> (endurecen en contacto con agua)	Cales hidráulicas
	<b>Hidrófobos</b> (otros mecanismos de adherencia)	<b>Cementos</b>	
		<b>Hidrocarbonados</b> (derivados petróleo)	Cementos asfálticos Emulsiones asfálticas
		<b>Polímeros</b> (generalmente sintéticos)	Resinas epoxis Adhesivos en general





**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Introducción general y definiciones**

*Ejemplos de aglomerantes y adhesivos en la construcción*



**Aglomerantes calcáreos**  
Aplicaciones diferentes al hormigón estructural

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Introducción general y definiciones**

*Ejemplos de aglomerantes y adhesivos en la construcción*



**GROUTS cementíceos**  
Mezclas pre-elaboradas cementíceas

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Introducción general y definiciones**

*Ejemplos de aglomerantes y adhesivos en la construcción*



**Aglomerantes hidrocarbonados**  
Cementos asfálticos y emulsiones asfálticas

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Introducción general y definiciones**

*Ejemplos de aglomerantes y adhesivos en la construcción*



**Aglomerantes y adhesivos poliméricos**  
Anclajes químicos en estructuras de hormigón

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Introducción general y definiciones**

*Ejemplos de aglomerantes y adhesivos en la construcción*

**Aglomerantes y adhesivos poliméricos**  
Anclajes químicos en estructuras de hormigón

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Introducción general y definiciones**

*Ejemplos de aglomerantes y adhesivos en la construcción*

Relevamiento de las fisuras

Tareas de inyección

Perforaciones para puertos y aserrado de fisura

**Reparación de fisuras con epoxy**

Aplicación de epoxy para sellar lateralmente

Fisuras selladas

Sellado de grandes superficies

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Introducción general y definiciones**

*Ejemplos de aglomerantes y adhesivos en la construcción*

Colocación de puertos de inyección

Sellado lateral de la fisura (epoxy)

Humectación de la fisura por puertos

**Sellado de fisuras con espuma de poliuretano**

Inyección poliuretánica desde los puertos inferiores

Tapado del puerto inferior cuando comienza a salir el compuesto sellador

Material sobrante que tiende a solidificar en la superficie

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Introducción general y definiciones**

*Ejemplos de aglomerantes y adhesivos en la construcción*

Marcado de polilínea en piso de hormigón

Aserrado sobre fisura en muro

Sellado con materiales elásticos

**Sellado de fisuras con polímeros elásticos**

Testigo extraído que revela un adecuado sellado superficial (pero no sella en profundidad)

Fisura reparada por “perfilado y sellado” con polímeros elásticos

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Introducción general y definiciones**

*Ejemplos de aglomerantes y adhesivos en la construcción*

Limpeza con aire comprimido

Limpeza con hidrolavadora

Aplicación manual de lechada modificada

**Sellado de fisuras con lechas modificadas**

1 parte agua : 2 látex + Cemento (regular visosidad)

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Introducción general y definiciones**

*Ejemplos de aglomerantes y adhesivos en la construcción*

Sellado lateral de la fisura estructural

Fisura sellada en ambas caras con material epoxy

Colocación por Gravedad del material epoxy

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Introducción general y definiciones**

**Propiedades principales de aglomerantes**

**Trabajabilidad y cohesividad** (resistencia a la segregación)  
 Se puede trabajar con mezclas secas a mezclas autonivelantes

**Inicio y fin de fragüe** (pasaje de estado fresco a endurecido)  
 En ciertos aglomerantes existe una “ventana de trabajo” o “pot-life” en los cuales puede trabajarse el material y si se extiende, las propiedades pueden ser afectadas

**Desarrollo de adherencia** (interna y con los sustratos)  
 Deberá estudiarse la compatibilidad con los materiales que toma contacto

**Resistencias mecánicas** (y su desarrollo en el tiempo)  
 En función del tipo de aglomerante, podrán adquirir más lento o más rápido resistencias y la magnitud a alcanzar es variable de 4 a 100 MPa

**Durabilidad** (resistencia al ambiente de exposición)  
 Puede ser un ambiente convencional, ataques por químicos, aceites, abrasión o bien estar en ambientes no nocivos o protegidos

**Estabilidad volumétrica**  
 Dependerá del tipo de aglomerante empleado sus fenómenos de contracción por secado, contracción térmica, higroscopicidad, deformaciones ante cargas (rigidez), coeficiente dilatación térmica, etc.

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

Contenido	TdH UNCuyo - TEMA 3 – AGLOMERANTES
	<b>DEFINICIÓN, CLASIFICACIÓN Y PROPIEDADES</b>
	● <b>Introducción general y definiciones</b>
	● <b>Clasificación general y propiedades</b>
	<b>CALES Y YESOS</b>
	● <b>Clasificación general</b>
	● <b>Fabricación y comercialización</b>
	● <b>Ensayos y especificaciones</b>
	<b>GROUTS Y MORTEROS COMERCIALES</b>
	● <b>Diferentes tipologías y productos comerciales</b>
	● <b>GROUTS cementíceos</b>
	● <b>GROUTS epoxídicos</b>
	● <b>Morteros de reparación y similares</b>

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Cales y yesos empleados en la construcción**

**Clasificación General**

- Conglomerante resultante de la **calcinación** de **rocas calcáreas (Carbonato de calcio - CO<sub>3</sub>Ca)** a temperaturas próximas a **900°C**
- Las **rocas calcáreas** tienen un origen **sedimentario**:
  - Calcáreos **Cálcicos** (CO<sub>3</sub>Ca)
  - Calcáreos **Dolomíticos** o **Magnesianos** (CO<sub>3</sub>Ca y CO<sub>3</sub>Mg)

Carbonato de calcio + Calor = Oxido de calcio + Dióxido de Carbono

CO <sub>3</sub> Ca	+	Calor	=	CaO	+	CO <sub>2</sub>
--------------------	---	-------	---	-----	---	-----------------

En esta reacción el CO<sub>3</sub>Ca pierde el 44% de su masa en forma de CO<sub>2</sub>

- **Cales Aéreas: Endurecen únicamente en el aire** (toman el CO<sub>2</sub>), por evaporación y carbonatación
- **Cales Hidráulicas: Endurecen en contacto y bajo el agua**
- **Cal cálcica:** Contenido de magnesio no mayor al 7%
- **Cal magnesia:** Contenido de magnesio mayor al 7%

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Cales y yesos empleados en la construcción**

**Cales aéreas y Cales hidráulicas**

Louis Vicat en 1810 comenzó sus estudios y clasificaciones de los diferentes tipos de aglomerantes que se empleaban en la época. Estudiando su composición, sus reacciones con el agua y sus tiempos de fragüe, realizó las primeras clasificaciones de aglomerantes derivados de la caliza.

Materias primas		Aglomerantes obtenidos	Índice de hidráulicidad	Tiempo fragüe en contacto con agua
Arcillas	Caliza			
0 a 5	100 a 95	Cales aéreas (grasas y magras)	0,00 a 0,09	No fragua
5 a 8	95 a 92	Cales débilmente hidráulicas (no usadas)	0,10 a 0,16	15 a 30 días
8 a 15	92 a 85	Cales medianamente hidráulicas	0,17 a 0,30	10 a 15 días
15 a 19	85 a 81	Cales propiamente hidráulicas	0,31 a 0,41	5 a 9 días
19 a 22	81 a 78	Cales eminentemente hidráulicas	0,42 a 0,49	2 a 4 días
22 a 27	78 a 73	Cementos lentos (Portland)	0,50 a 0,65	1 a 24 hs
27 a 40	73 a 60	Cementos rápidos	0,65 a 1,20	5 a 15 mins
40 a 63	60 a 37	Cementos magros (sin aplicaciones)	1,20 a 3,00	Fraguan en presencia de Ca(OH) <sub>2</sub>
> 63	< 37	Compuestos puzolánicos (adiciones)	> 3,00	

El **sistema binario** que principalmente incide en las reacciones es el contenido de **piedra caliza (CaCO<sub>3</sub>)** y de **arcillas (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)**

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Cales y yesos empleados en la construcción**

**Cales aéreas y Cales hidráulicas**

Se aprecia como **al incrementar el contenido de arcillas** (reduciendo el contenido de piedra caliza al ser un sistema binario):

- **Aumenta la hidraulicidad** (propiedad de fraguar y endurecer bajo agua)
- **El fragüe es cada vez más rápido** (de escala de semanas a minutos)

Materias primas		Agglomerantes obtenidos	Índice de hidraulicidad	Tiempo fragüe en contacto con agua
Arcillas	Caliza			
0 a 5	100 a 95	Cales aéreas (grasas y magras)	0,00 a 0,09	No fragua
5 a 8	95 a 92	Cales débilmente hidráulicas (no usadas)	0,10 a 0,16	15 a 30 días
8 a 15	92 a 85	Cales medianamente hidráulicas	0,17 a 0,30	10 a 15 días
15 a 19	85 a 81	Cales propiamente hidráulicas	0,31 a 0,41	5 a 9 días
19 a 22	81 a 78	Cales eminentemente hidráulicas	0,42 a 0,49	2 a 4 días
22 a 27	78 a 73	Cementos lentos (Portland)	0,50 a 0,65	1 a 24 hs
27 a 40	73 a 60	Cementos rápidos	0,65 a 1,20	5 a 15 mins
40 a 63	60 a 37	Cementos magros (sin aplicaciones)	1,20 a 3,00	Fraguan en presencia de Ca(OH) <sub>2</sub>
> 63	< 37	Compuestos puzolánicos (adiciones)	> 3,00	

Existe una **proporción específica (aprox. 75% caliza y 25% de arcillas)** donde las cales se “transforman” en cementos. Todo el **CaO** reacciona con **Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**; sin dejar “cal libre”, creando **nuevas fases minerales**

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Cales y yesos empleados en la construcción**

**Cales hidráulicas**

Con lo cual, la **mayor hidraulicidad de las cales se debe a las “impurezas” como sílice, alúmina y hierro**. Cuando los contenidos de sílice y alúmina son superiores al 5% las reacciones se desarrollan más rápidamente y los productos de hidratación son más estables

Estas impurezas contenidas en la materia prima, a elevadas temperaturas (superiores a 850°C) se combinan con el CaO libre (que queda con la reacción de calcinación al desprender CO<sub>2</sub> de la piedra caliza CaCO<sub>3</sub>)

Cabe recordar, que la **piedra caliza y las arcillas**, son de los materiales **más abundantes en la naturaleza**, contrariamente a lo que pasa con minerales de metales pesados, con lo cual su disponibilidad es muy grande

Índice de Hidraulicidad	Ácidos	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + SiO <sub>2</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Arcillas
	Bases	CaO + MgO	Caliza

El MgO proviene de calizas dolomíticas, ya que normalmente en los yacimientos de piedra caliza, también hay dolomita (carbonato doble de Calcio y de Magnesio)

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Cales y yesos empleados en la construcción**

*Ciclo de las Cales Aéreas*

**1) Calcinación**

Carbonato de calcio + Calor = Oxido de calcio + Dióxido de Carbono

$\text{CO}_3\text{Ca}$	+	Calor	=	$\text{CaO}$	+	$\text{CO}_2$
------------------------	---	-------	---	--------------	---	---------------

**2) Hidratación - Apagado de las cales**

- Expuesta al aire libre, la **cal viva (CaO)** absorbe la humedad, provocando una rápida y enérgica combinación con elevación de temperatura obteniendo así **cal apagada (Ca(OH)<sub>2</sub>)**

$\text{CaO}$	+	$\text{H}_2\text{O}$	=	$\text{Ca(OH)}_2$	+	Calor
--------------	---	----------------------	---	-------------------	---	-------

**3) Carbonatación**

- El posterior proceso de **endurecimiento** se sintetiza como:

$\text{Ca(OH)}_2$	+	$\text{CO}_2$	=	$\text{CO}_3\text{Ca}$	+	$\text{H}_2\text{O}$
-------------------	---	---------------	---	------------------------	---	----------------------

- La reacción es muy lenta y se vuelve a la roca original

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Cales y yesos empleados en la construcción**

*Tipos de cales aéreas*

**1) Cal Grasa:** Más del 90% de Cal (CaO)

*Cal viva (CaO):* Cuando es óxido de calcio puro  
*Cal apagada (Ca(OH)<sub>2</sub>):* Cuando se encuentra completamente hidratada  
*Lechada de cal:* cuando existe agua en exceso  
Son las cales generalmente empleadas en la construcción

**2) Cal Magra:** Hasta el 50% de Carbonato de Magnesio (CO<sub>3</sub>Mg)

Baja variación volumétrica  
Menor exotermicidad del proceso de hidratación  
No son empleadas en la construcción por baja resistencia y durabilidad

**3) Cal Fuerte:** Hasta el 5% de arcilla y 10 a 20% de impurezas

Reacciona de forma similar que la cal grasa  
No es recomendable para trabajos de construcción



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Cales y yesos empleados en la construcción**

**1era Etapa - EXTRACCIÓN Y TRITURACIÓN**

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Fabricación de las cales

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO



Voladuras



Carga de materias primas



Descarga de camiones



Trituración  $\phi_{max}$  2 a 3 cm

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Cales y yesos empleados en la construcción**

**2da Etapa - CALCINACIÓN**

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Fabricación de las cales

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO



Horno rotativo



Interior de un Horno

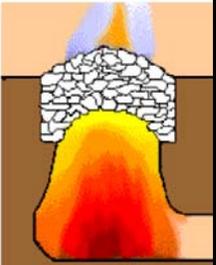
Grados centígrados	Clase de material
700 a 800	Cal hidráulica
800 a 900	Cal grasa
1.300 a 1.500	Cemento Portland

150-450 °C : Evaporación del agua higroscópica

800 °C : Descomposición del carbonato de Calcio

850 °C : Descomposición de silicatos de las arcillas

> 900 °C : Reacciones químicas entre  $CaO$ ,  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$



Horno artesanal

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Cales y yesos empleados en la construcción**

**Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER**

**Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO**

**Fabricación de las cales**

**3era Etapa - APAGADO O EXTINCIÓN DE LAS CALES**  
 Para que pueda ser **empleada en la construcción** :  $\text{CaO} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$

**ACTUALMENTE NO SE APAGAN LAS CALES EN OBRA, COMPRANDO DIRECTAMENTE LA CAL HIDRATADA EN BOLSA, LISTA PARA SU USO**

**4ta Etapa - CONSERVACIÓN Y ENVASADO**

**Conservación de cal viva en terrones**

- En nave techada sobre un lecho de cal apagada cubierta de la misma cal apagada en polvo (hasta 6 meses)
- Silos exentos de humedad

**Cal apagada: bolsas, silos, contenedores**



**Silos de Cal Viva**



**Embolsado**



**Bolsas de Cal Hidratada**

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Cales y yesos empleados en la construcción**

**Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER**

**Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO**

**Ensayos de cales (IRAM 1626)**

**Requisitos Físicos**

- Cales aéreas hidratadas cálcicas y magnésicas en polvo para la preparación de **morteros** (mampostería y/o revoques)
- Dos tipos de cales aéreas I y II (Tipo I es de calidad superior)

REQUISITOS		Tipo I		Tipo II	
		min. %	máx. %	min. %	máx. %
Finura	Material retenido sobre el tamiz IRAM 590 $\mu\text{m}$ (N°30)	-	0,5 %	-	1,5 %
	Material retenido sobre el tamiz IRAM 129 $\mu\text{m}$ (N°100)	-	5 %	-	-
	Material retenido sobre el tamiz IRAM 74 $\mu\text{m}$ (N°200)	-	15 %	-	20 %
	Plasticidad	180	-	150	-
Constancia de volumen	Según el ensayo de expansión en autoclave	-	3 %	-	3 %
	Óxidos no hidratados	-	3,5 %	-	3,5 %



**Requisitos Químicos**

REQUISITOS	Tipo I		Tipo II	
	min. %	máx. %	min. %	máx. %
Óxido de calcio más óxido de magnesio, totales (CaO + MgO totales)	65	-	62	-
Óxido de calcio útil más óxido de magnesio total (CaO útil + MgO total)	58	-	58	-
Anhidrido carbónico (CO <sub>2</sub> )	-	3	-	5



**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Cales y yesos empleados en la construcción**

**Ensayos físicos**

**1) Finura:** Tamizado húmedo con tamices N°30, N°200 y/o N°100

**2) Pasta de consistencia normal:** Se usa el **Aparato de Vicat** modificado  
 Penetración de 20 mm en 30 segundos (3 determinaciones)



**APARATO DE VICAT MODIFICADO**

- A : soporte metálico
- B : varilla móvil, φ 6,3 mm
- C : sonda hueca, φ 12,5 mm y longitud de 50 mm
- D : pesa acoplable, para completar 30 g
- E : tornillo de sujeción
- F : índice deslizable sobre escala graduada al mm, longitud 50 mm
- G : molde metálico troncocónico
- H : placa de asiento de vidrio

**3) Plasticidad:** Se coloca la pasta de consistencia normal en el **plasticímetro de Emley**, determinando con la lectura F del plasticímetro y el tiempo T del ensayo, la plasticidad P de la cal

$$P = \sqrt{F^2 + (10 T)^2}$$

**4) Constancia de volumen:** Expansión de probetas 4x4x16 cm en autoclave

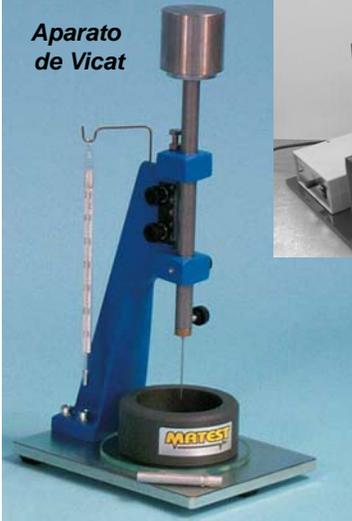
Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Cales y yesos empleados en la construcción**

**Aparato de Vicat**



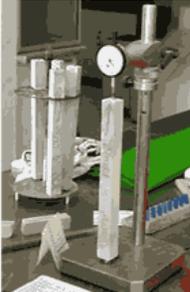
**Ensayos de cales (IRAM 1626)**



**Plasticímetro de Emley**



**Autoclave (constancia volumen)**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS

Cales y yesos empleados en la construcción

Comercialización de cales y morteros

Las cales se comercializan en bolsas de 25 a 30 kg y pueden conseguirse cales aéreas e hidráulicas



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS

Cales y yesos empleados en la construcción

Comercialización de cales y morteros

Si bien es raro verlo en nuestro país, en Europa y EE.UU. Hay empresas que ya comercializan morteros predosificados, que se almacenan en pequeños silos en obra, aún si son de mediana magnitud. Esto da mayor versatilidad y mayor confiabilidad a la mezcla ya predosificada



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Cales y yesos empleados en la construcción**

**Aplicaciones de cales y sus morteros asociados**

La mayor parte de la cal se consume como **cal apagada**

**Componente de Morteros**  
Le confiere **plasticidad**  
Disminuye **la resistencia**  
Disminuye **durabilidad**

**Morteros**  
**Aéreos** (cal aérea)  
**Hidráulicos** (cal hidráulica)

Por ejemplo:  
1 parte de cemento  
2 partes de cal  
5 partes de arena

**Mampostería y Revoques**  
- **Estabilización de suelos**



**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Cales y yesos empleados en la construcción**

**Aplicaciones de cales y sus morteros asociados**

**Otras aplicaciones de las Cales**

- *Agricultura*: regulación de suelos y nutrientes (Mg y Ca)
- *Industria química*: compuestos y reactivos (cambios de pH)
- *Vidrio*: cal dolomítica de alta pureza (estabilidad)
- *Acero*: empleada en los hornos (eliminación de impurezas)
- *Industria del papel*: reconstitución de soda cáustica
- *Refractarios*: cal dolomítica doblemente calcinada
- *Tratamiento de Aguas*: ajuste del pH y tratamiento de desechos
- *Industria alimenticia*: cámaras de refrigeración
- *Minería*: empleada para extraer minerales



**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Cales y yesos empleados en la construcción**

**Definiciones y formas naturales del yeso**

Los **yesos son aglomerantes** que resultan de la deshidratación del algez o de la piedra de yeso y que al amasarse con agua, recupera el agua de cristalización y **fragua y endurece muy rápidamente**

**a) Anhidrita:  $SO_4Ca$**  (Sulfato de calcio cristalizado anhidro)  
Roca incolora o blanca (densidad 2,8)  
Muy blanda (dureza 2 en la escala de Mohs)  
Absorbe agua rápidamente y se convierte en algez ( $\Delta$  volumen)

**b) Algez o piedra de yeso:  $SO_4Ca.2H_2O$**  (bihidratado)  
Roca incolora o blanca, aunque con impurezas es amarillo o grisáceo  
Si presenta muchas impurezas (arcillas por ej.) no es útil



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Cales y yesos empleados en la construcción**

**1<sup>era</sup> Etapa - Extracción del Algez**

**2<sup>da</sup> Etapa - Trituración de la piedra natural**

**Transporte**

**Cantera de Yeso**

**Molino de Yeso**

**Fabricación de yesos**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO



**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Cales y yesos empleados en la construcción**

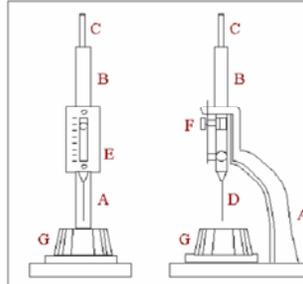
Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

Ensayos de yesos (IRAM 1607)

**Ensayos Físicos**

- 1) **Finura de Molido:** Tamizado en seco # N°8, 100 y N°12 ó 14
- 2) **Pasta de consistencia normal:** Se usa Aparato de Vicat modificado Penetración de 30 mm una vez detenida la sonda (3 determinaciones)
- 3) **Tiempos de fraguado:** Se emplea el **Aparato de Vicat**



- APARATO DE VICAT**
- A : soporte
  - B : barra móvil (300 g)
  - C : extremo superior,  $\phi$  6,5 mm y longitud mínima 50 mm
  - D : aguja desplazable,  $\phi$  1 mm y longitud de 50 mm
  - E : tornillo de sujeción
  - F : índice deslizable sobre escala graduada al mm
  - G : molde metálico troncocónico
  - H : placa de asiento de vidrio

Con las proporciones de la pasta de consistencia normal, se obtiene:

**Tiempo inicial:** la aguja se detiene a 1 mm del fondo (**2 a 5 min**)

**Tiempo final:** no penetra más de 0,5 mm de la superficie (**10 a 15 min**)

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Cales y yesos empleados en la construcción**

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

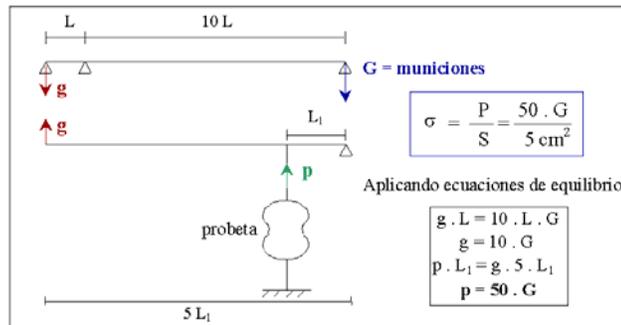
Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

Ensayos de yesos (IRAM 1607)

**Ensayos Mecánicos**

Ambos ensayos se realizan con la pasta de consistencia normal

- 1) **Resistencia a Tracción:** Se emplea la **Balanza de Michaelis**  
 La probeta tiene forma de 8 y aprox. 8 cm de largo x 6 cm de ancho



- 2) **Resistencia a Compresión:** 5 probetas cúbicas de 70 mm de lado  
 El resultado del ensayo es la media de los 5 ensayos (**1,5 a 4,5 MPa**)

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Cales y yesos empleados en la construcción**

*Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER*

*Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO*



**Ensayo a compresión de probetas cúbicas de yeso (a los pocos minutos del moldeo)**

Testing	1. 單位
756.0	
123.1	
Maximum	
763.6	
122.9	
Cycle	
Time	

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Cales y yesos empleados en la construcción**

*Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER*

*Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO*



**Tiempos de fragüe (aparato de Vicat)**

**Balanza de Michaelis (tracción en pasta de yeso)**

**Ensayo de flexión (paneles de yeso)**

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Cales y yesos empleados en la construcción**

**Comercialización de yesos**

El yeso en polvo se comercializa en bolsas de 30 a 40 kg y pueden conseguirse de diferentes tipos (distintas calidades, yeso químico, etc.).

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Cales y yesos empleados en la construcción**

**Comercialización de yesos**

**Tabiques de yeso (construcción en seco)**

**KNAUF**

CONSTRUCCION EN SECO

- > PLACA DE YESO KNAUF PYE
- > PLACA DE YESO KNAUF PYRH
- > PLACA DE YESO KNAUF PYRF
- > PLACA DE YESO KNAUF DIAMANT
- > PLACA DE YESO KNAUF IMPACT
- > KNAUF CLEANEO AKUSTIK ROUND 8/18R

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Cales y yesos empleados en la construcción**

**Comercialización de yesos**

**Tabiques de yeso (construcción en seco)**

**DURLOCK**

- Placas Durlock® Estándar
- Placas Durlock® Resistentes a la Humedad
- Placas Durlock® Resistentes al Fuego
- Placas Durlock® Revoque Seco
- Placas Durlock® Exsound
- Placas Durlock® Extra Resistente
- Placas Durlock® 4 Dimensiones
- Placas Ciel Durlock®

**CATEDRA: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER**

**FACULTAD DE INGENIERÍA – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO**

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Cales y yesos empleados en la construcción**

**Aplicaciones en obras civiles**

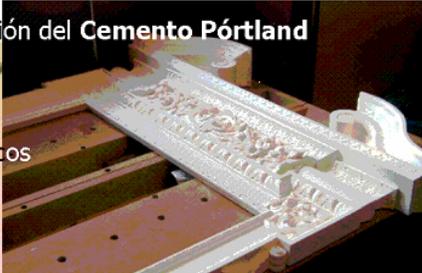
**Clases de Yesos:**

- **Yeso Negro o Gris:** Algez impuro (60% de hemihidrato) - Tabiques
- **Yeso Blanco** (80% de hemihidrato) - Enlucidos y estucos
- **Escayola** (yeso blanco de alta calidad) - Molduras y revoques finos
- **Alúmbrico** (sumergido en solución 12% alumbre) - De gran resistencia

Si se amasa el yeso con excesiva agua, la misma se evapora dejando vacíos

**Aplicaciones más comunes**

- **Materia prima** para la fabricación del **Cemento Pórtland**
- Revoques finos
- Cielorrasos (combinado con cal)
- Molduras y detalles arquitectónicos
- Aplicaciones en medicina



**CATEDRA: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER**

**FACULTAD DE INGENIERÍA – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO**

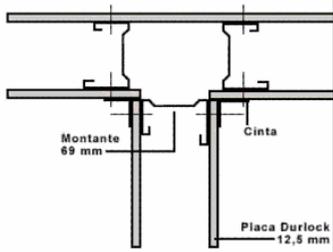
**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Cales y yesos empleados en la construcción**

*Aplicaciones en obras civiles*

**Construcción "En Seco"**

- Placas de yeso
- Tabiques de yeso no portantes (gran cantidad de patentes comerciales)
- Revestimientos de muros
- Cielorrasos
- Aislante térmico, acústico y barrera corta-fuego



**Revestimientos**



**Paredes**



**Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO**

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

Contenido	TdH UNCuyo - TEMA 3 – AGLOMERANTES
	<b>DEFINICIÓN, CLASIFICACIÓN Y PROPIEDADES</b>
	● Introducción general y definiciones
	● Clasificación general y propiedades
	<b>CALES Y YESOS</b>
	● Clasificación general
	● Fabricación y comercialización
	● Ensayos y especificaciones
	<b>GROUTS Y MORTEROS COMERCIALES</b>
	● Diferentes tipologías y productos comerciales
	● Grouts cementíceos
● Grouts epoxídicos	
● Morteros de reparación y similares	

**Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO**

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS

Grouts y morteros comerciales

Existen en el mercado una **gran cantidad de productos** comerciales, que se venden en bolsas de 10 a 40 kg que son morteros pre-elaborados que **tienen mejores prestaciones que hormigones convencionales**.

Sin embargo, su aplicación es reducida a ciertas aplicaciones de bajo volumen debido a que **se preparan en pequeñas cantidades** y su costo **unitario muy elevado** (15 a 100 veces más que un hormigón).

**Elevadas resistencias a todas las edades**

Los cuales permiten habilitar estructuras de forma muy temprana, por ej.

**Reducción de errores en la dosificación**

Son fórmulas pre-establecidas que se mezclan con cierto % de agua  
O bien se mezclan dos compuestos (A y B) de forma siempre idéntica

**Elevada fluidez y carácter autonivelante**

En muchas aplicaciones son autonivelantes y no necesitan compactación  
Se adapta sin segregación a casi cualquier lugar y dan superficies planas

**Contracción compensada o variaciones volumétricas acotadas**

Presentan carácter expansivo y/o de contracción compensada en general

**Muy baja porosidad, elevada durabilidad y baja permeabilidad**

Lo cual los hace menos porosos que los hormigones donde apoyan

TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS

Grouts y morteros comerciales

**Clasificación general**

En general, aplicados a la construcción, hay diferentes tipos de morteros:

**Morteros o grouts de base cementícea**

En general son los más empleados por su compatibilidad con el hormigón

**Morteros o grouts de base epoxi (polimérica)**

Se usan para ciertos anclajes o nivelación de equipos de precisión

**Morteros refractarios y resistentes a elevadas temperaturas**

Para aplicaciones que merezcan resistencia al fuego o como ignífugos



**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Grouts y morteros comerciales**

**Grouts cementíceos**

Son patentes comerciales, que contienen cemento, aditivos en polvo, arena fina y cuarzo, entre otros en su composición. Existe una gran variedad en el mercado en función de su aplicación.

Tiene múltiples aplicaciones como reparaciones en obra civil o aplicación de esfuerzos tempranos, pero fundamentalmente se emplea como base de apoyo para equipos o elementos estructurales metálicos. Se debe a su carácter autonivelante y que no sufre contracción (en realidad, expanden entre 0,5 y 1,5% su volumen con lo cual llenan “a tope” y brinda superficies de asiento de excelente calidad. Se emplea siempre en bajos espesores.



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Grouts y morteros comerciales**

**Grouts cementíceos**



**4- REMOCIÓN CON MARTILLO LIVIANO HASTA LLEGAR A HORMIGÓN SANO Y PERFORACIONES PARA EL COLADO**

Al remover el hormigón zonada armaduras, deberán quedar 1.5 a 2.0 cm a cada lado de la misma para garantizar adherencia

Perforaciones de 12 mm de diámetro cada 50 cm

Después de picar, se deberá realizar una limpieza con aire y luego con agua para eliminar restos flojos o ajenos al hormigón

El hormigón sano se apreciará cuando la piedra (agregado grueso) queda bien empotrada y en algunos casos se rompe

**5- ENCOFRADO DE LAS SUPERFICIES**

Encofrado estanco de la cara frontal  
 Apoya en los dos bordes en el revestimiento frontal existente

Deberá cuidarse la estanqueidad en las juntas y uniones a otros elementos

Encofrado algo flexible en la cara inferior  
 Apoya sobre el hormigón visto de la losa (no sobre el revestimiento)

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Grouts y morteros comerciales**

**Grouts cementíceos**

**7- AGREGADO PRECOLOCADO Y GROUPEO**

Colocación de agregados previamente lavados

Lavado de agregados con granulometría estudiada

Puerto inferior para el grouteo

Puerto salida

Cavidad a reparar llena de agregados y finalización del encofrado

Grouteo desde puerto inferior

The diagram illustrates the process of grouting precast aggregate. It shows three stages: 1) Washing the aggregate with water from a hose. 2) Placing the aggregate into a mold with a bottom outlet for grout. 3) Grouting from the bottom outlet to fill the cavity. Accompanying photographs show a worker using a hose to wash aggregate and a vertical column of aggregate being grouted.

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Grouts y morteros comerciales**

**Grouts cementíceos**

The photographs show concrete test specimens in a mold, a specimen being grouted, and a specimen being tested on a MATEST machine. The machine is a compression testing machine used for evaluating the strength of concrete specimens.

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Grouts y morteros comerciales**

**Cementos y morteros refractarios**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Grouts y morteros comerciales**

**Grouts epoxídicos**

No tienen tanta aplicación en las obras civiles por su elevado costo y ya que en grandes superficies o espesores, pueden ser incompatibles con las variaciones volumétricas propias del hormigón, existiendo una gran diferencia en coeficientes de dilatación térmica y módulos de elasticidad

Se adquieren resistencias muy elevadas a todas las edades y una adherencia superior a cualquier otro tipo de mortero, además de lograr una base de apoyo muy regular y resistente a las vibraciones de ciertos equipos



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Grouts y morteros comerciales**

**Grouts epoxídicos**



*Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER*

*Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO*

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Grouts y morteros comerciales**

**Morteros de reparación y similares**

Existen innumerables productos y marcas comerciales, de morteros pre-dosificados que tienden a tener aplicaciones algo más específicas que los grouts comerciales, como:

- Reparación de fugas de agua o trabajos bajo agua
- Recubrimientos cementíceos para aumentar la impermeabilidad
- Morteros para reparar superficies o fijar otros elementos al hormigón
- Morteros resistentes a elevadas temperaturas (protección de materiales)



*Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER*

*Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO*

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Grouts y morteros comerciales**

**Morteros de reparación y similares**

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

**1- MEZCLAS SECAS (DRY-PACK)**  
 Superficie rugosa bien preparada  
 Taco de madera  
 Sujeción del encofrado  
 Encofrados de madera o metálicos  
 Armaduras previamente cepilladas  
 MATERIAL DE REPARACIÓN  
 Consistencia muy seca (Dry-Pack)

**2- MEZCLAS SECAS (APLICACIÓN CON LLANA)**  
 Elemento con deterioro suficiente en el espesor de recubrimiento  
 Si las armaduras están descubiertas, pueden quedar quedadas detrás de ellas  
 Liana metálica y MATERIAL DE REPARACIÓN de baja contracción  
 "Juntas" entre las distintas capas de reparación

**3- ENCOFRADO Y LLENADO (Profundidad parcial en tabiques)**  
 Vibrador de inmersión (salvo mezclas HAC)  
 MATERIAL DE REPARACIÓN  
 Consistencia fluida a muy fluida  
 Encofrados de madera o metálicos  
 Superficie rugosa bien preparada  
 Armaduras previamente cepilladas  
 Elemento de hormigón a reparar

**4- ENCOFRADO Y LLENADO (Profundidad total)**  
 Vibrador de inmersión (salvo mezclas HAC)  
 MATERIAL DE REPARACIÓN  
 Consistencia muy plástica, fluida o muy fluida  
 Armaduras  
 Encofrados  
 Elemento con deterioro suficiente para reparar en toda la profundidad  
 Superficie rugosa bien preparada  
 Puntales y sostén

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 3 – AGLOMERANTES: CALES, YESOS, ADHESIVOS Y GROUTS**

**Grouts y morteros comerciales**

**Morteros de reparación y similares**

Es importante asesorarse, comprender las fichas técnicas del fabricante y contar con experiencias previas en aplicaciones similares, como así también contar con mano de obra capacitada

Si bien sus aplicaciones y volúmenes son marginales respecto a los hormigones convencionales, es útil conocer la existencia de estos productos para ciertas aplicaciones puntuales

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO