

EXPERIENCIAS EN PRESAS DE HORMIGON COMPACTADO CON RODILLO



INTRODUCCION

Definición

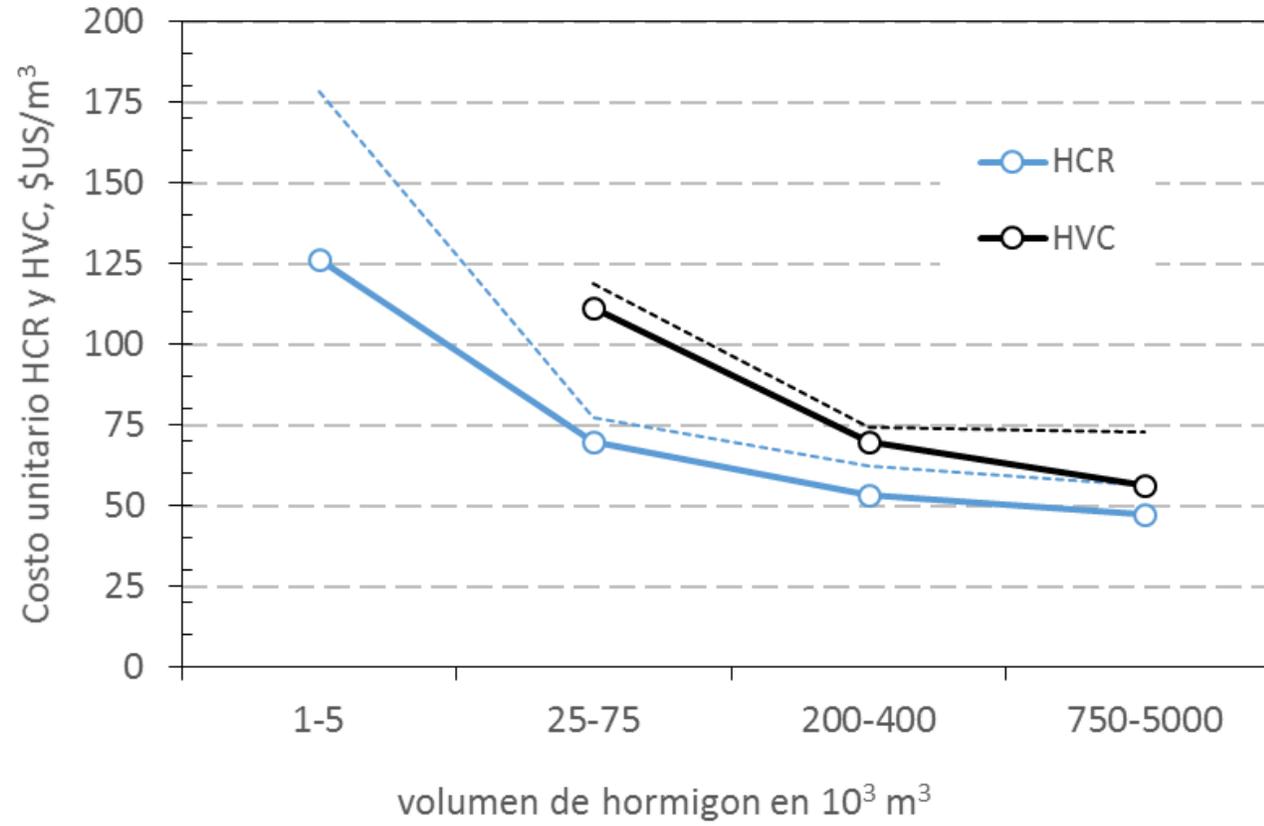
- ACI 207.5R-89 define al hormigón compactado con rodillos como el hormigón que en su estado fresco puede soportar un rodillo mientras es compactado.



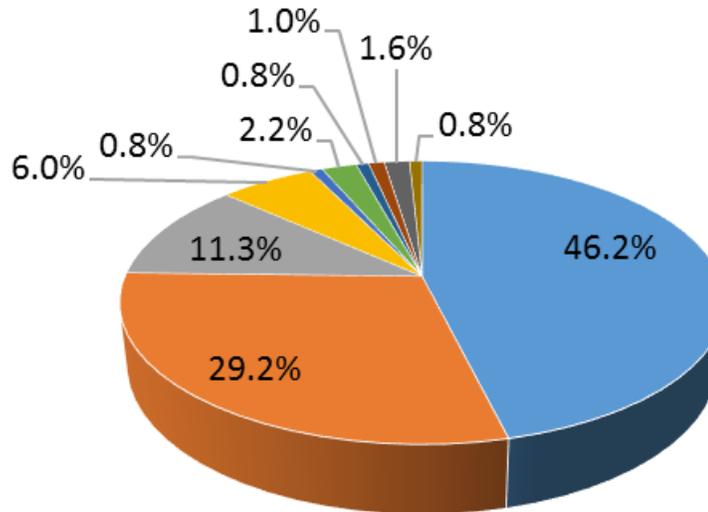
Ventajas según USACE

- **Costo:** Dependiendo de la complejidad del proyecto, el costo de las presas de HCR pueden resultar entre un 25 y un 50% menor que para presas de HVC.
- **Velocidad de construcción:** En proyectos de gran envergadura, el empleo de HCR puede reducir hasta en un 25% el plazo de ejecución de la obra respecto de presas con HVC.
- **Vertederos y Toma:** comparado con presas de materiales sueltos, las presas de HCR ofrecen la ventaja técnica y económica de poder incorporar el vertedero y la toma en el cuerpo de la presa.
- **Consumo de cemento:** el HCR permite alcanzar similares niveles de resistencia del HVC con menores contenidos de cemento, presentando una mayor eficiencia en el consumo de cemento.
- **Costo de encofrados :** debido a que el hormigón se coloca en capas de espesor delgado, el costo de encofrados se reduce significativamente respecto de presas construidas con HVC.
- **Control de temperatura:** debido al menor consumo de cemento se reduce significativamente el costo para el control de la temperatura.

Costo

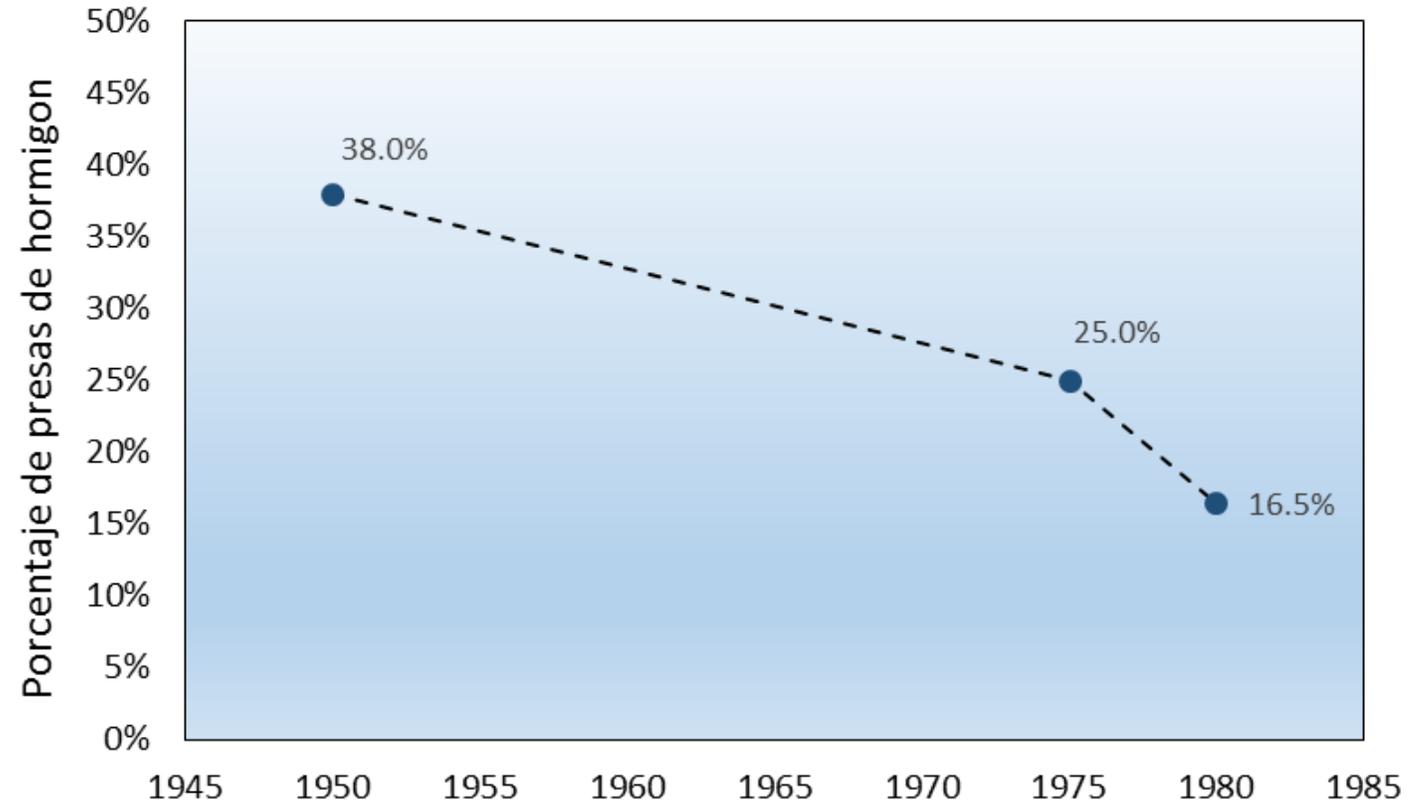


Costo



- Agregados
- Mezclado
- Curado
- Juntas, drenajes y galerias
- Cemento
- Enfriado
- Limpieza
- Transporte
- Distribucion y Compactacion
- Mortero de asiento

Contexto Histórico



Contexto Histórico

- A pesar de la tendencia las presas de materiales sueltos presentaban una mayor probabilidad de falla debidos a sobrepaso por crecidas o erosión interna.



Teton Dam
Altura 105 metros
Colapso 6 de junio de 1976

- En los 70' comienza a plantearse con fuerza la necesidad de desarrollar un nuevo tipo de presas que combinara la mayor fiabilidad de las presas de hormigón con la eficiencia de los métodos de construcción de las presas de materiales sueltos. Nacen así las presas de HCR

Primeros Hitos

- 1942: Primera utilización de HCR en la construcción de pavimentos en EEUU.
- 1961: Presa de Alpe Gera, Italia: cuerpo de presa. (172 metros de altura, capas de 70 cm, colocado con equipo de construcción de presas de material suelto, compactada con batería de vibradores montados en D-8, **paramento de aguas arriba cubierto con laminas metálicas**).
- 1962: Conferencia de la ASCE en Omaha, Nebraska. J. Lowe III, propone la utilización de rodillos metálicos para la compactación de hormigones de consistencia seca en presas. Introduce el termino “rollcrete”.
- 1970: Conferencia de la ASCE en Asilomar, California. J. M. Raphael presenta el trabajo “The Optimun Gravity Dams”.
- 1973: XI International Congress on Large Dams (ICOLD), Madrid 1973.
- 1974: Presa de Tarbela, Pakistan: construcción de ataguías, reemplazo de la protección de enrocado y reparación del vertedero. (TMA 150 mm, CUC 110 a 134 kg/m³, **10% de pasa tamiz N°200**, colocado con equipo de construcción de presas de material suelto, **compactada con rodillo vibratorio, record de producción de 12.000 m³ día**).
- 1974: US Army Corps, EEUU: desarrolla un Proyecto alternativo con RCC para la Presa Zintel Canyon. No se construyo pero sirvió de base para la construcción de la presa Willow Creek en 1982.

Primeros Hitos

- 1976: Presa de Itaipu, Brasil: construcción de rampa de acceso para la obra y piso de talleres. (**CUC 115 kg/m³ con 22% de ceniza volante**, 21 MPa de Resistencia efectiva, colocado con equipo de construcción de presas de material suelto, **en capas de 30 cm, compactadas con rodillo vibratorio** y picos de producción de 3000 m³/día).
- 1982: Presa de Willow Creek, EEUU: (51 metros de altura, paramento vertical aguas arriba, paramento 0.8H/1V aguas abajo, TMA 76 mm, 4 a 10% de pasa tamiz N° 200, **capas de 25 a 35 cm, compactadas con rodillo vibratorios**, CUC variable según la zona de presa, mínimo **66 kg/m³ con 30% de ceniza volante**. 315.000 m³ de RCC en 5 meses).
- 1983: Presa Upper Stillwater, EEUU. (**altura 92 m, CUC 220 kg/m³, sin juntas de contracción**).
- 1985: Presa de Erizana, España: construcción de cerramiento lateral. (altura 12 m, TMA 100 mm, **CUC 180 kg/m³ con 50% de ceniza volante**, CUA 100 kg/m³, Resistencia a la compresión 15 MPa a 180 días).
- 1986: Presa de Saco De Nova Olinda, Brasil: (altura 56 m, 138.000 m³ de RCC colocados en 110 días, **CUC 70 kg/m³**)
- 1987: Presa de Uruguay-i, Argentina: (**altura 78 m**, 600.000 m³ de RCC colocados en 270 días, **CUC 60/90 kg/m³, incorporación de 6-10% de polvo de roca**)

Tendencias de las primeras experiencias 1970-1985

- **HCR con bajo contenido de material cementiceo** (60 a 100 kg/m³). Experiencia desarrollada y aplicada en EEUU bajo el auspicio del USACE y en Brasil. **Presentaron problemas de impermeabilidad y falta de monolitismo en juntas.**
- **HCR con alto contenido de pasta** (150 a 240 kg/m³). Experiencia iniciada en EEUU, bajo el auspicio del Bureau of Reclamation y la Tennessee Valley Authority. Adoptado en el Reino Unido y aplicada en España. **Presentaron mayor riesgo de fisuración térmica.**



Presa de Willow Creek 1982
(USACE)



Presa de Upper Stillwater 1983
(Bureau of Reclamation)

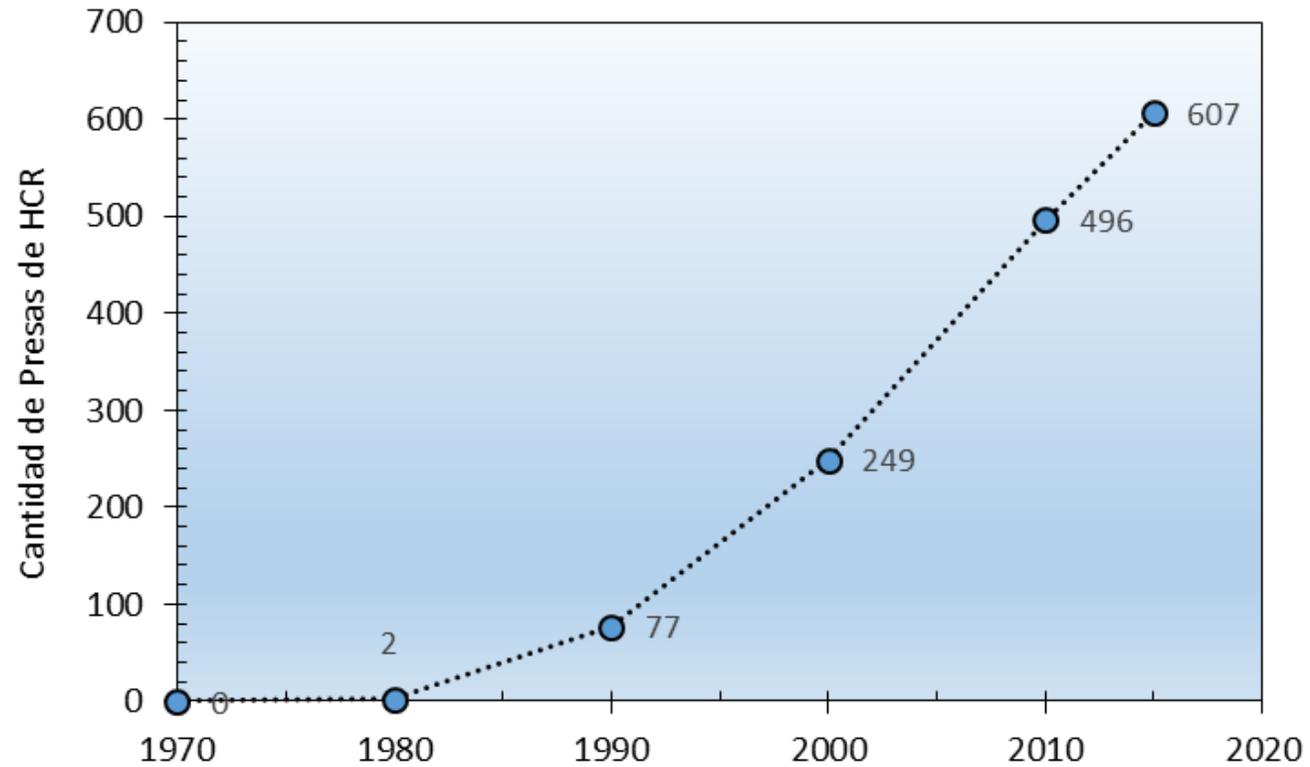
conclusiones de las primeras experiencias 1970-1985

- Necesidad de adoptar **cuidados especiales en el paramento de aguas arriba** con el objeto de poder controlar la permeabilidad.
- Necesidad de incorporar **tratamiento de juntas entre capas** en mezclas con bajo contenido de cemento y/o en presas en zonas sísmicas.
- Conveniencia de adoptar **curvas granulométricas cerradas con mayor contenido de finos** que para HVC, particularmente en mezclas con bajo contenido de material cementicio. Importancia de incorporar hasta un 10% de material fino menor de 74 micrones (se pueden obtener coeficientes de Permeabilidad de 10^{-11} a 10^{-12} m/seg. con tenores de materiales cementicios de alrededor de 100 Kg/m³).
- Necesidad de disponer de **juntas de contracción con distancias variables entre 20 y 40 metros**.
- Necesidad de realizar **estudios térmicos** para establecer condiciones de colocación para minimizar el riesgo de fisuración térmica.

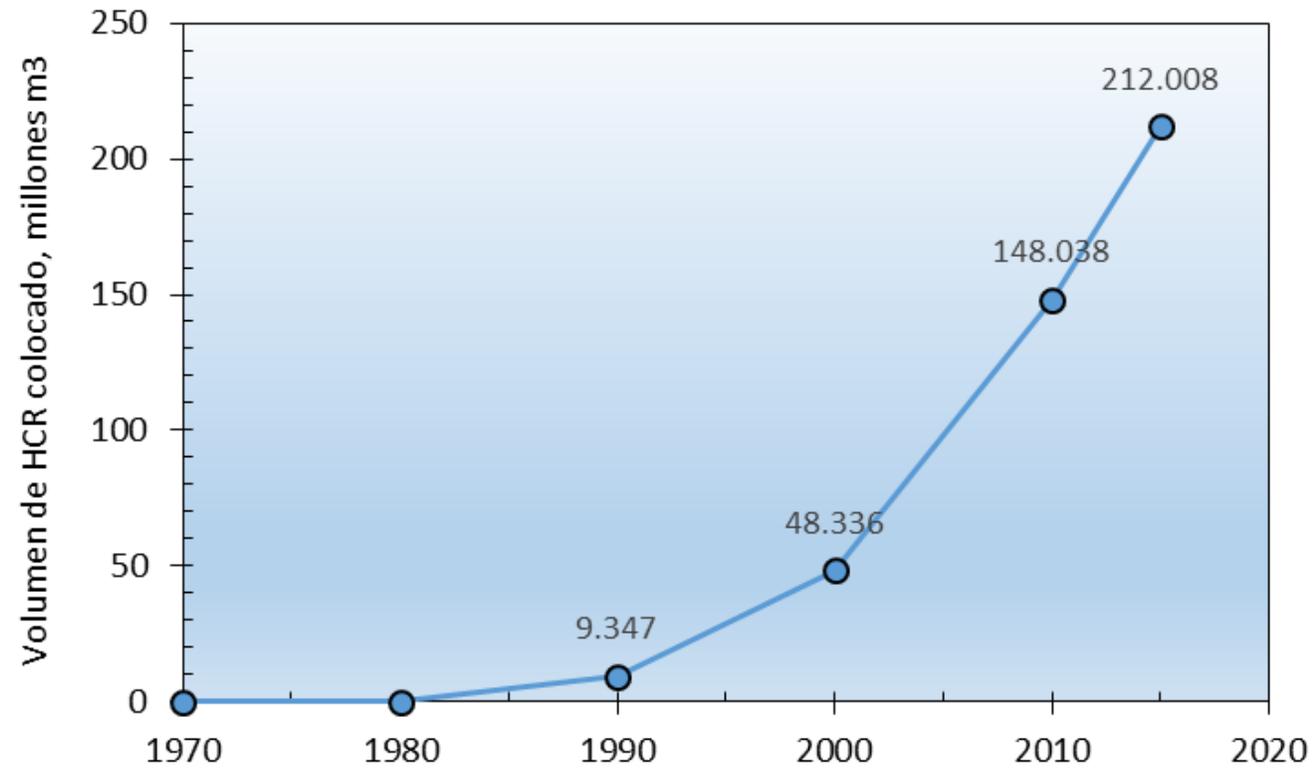
conclusiones de las primeras experiencias 1970-1985

- Conveniencia de **zonificar la sección transversal** con hormigones de diferentes propiedades en función de las solicitaciones y requerimientos de impermeabilidad.
- Conveniencia de **especificar propiedades a mayores edades**: 180 y 360 días.
- Se confirmó que el HCR es una metodología que se puede adaptar convenientemente a distintos tipos de presas, expuestas a diferentes condiciones climáticas, con el empleo de diferentes tipos de materiales, permitiéndose alcanzar velocidades de construcción similares a la de las presas de materiales sueltos, con un costo competitivo, una calidad comparable a las presas de HVC, debiéndose enfatizar aquellos aspectos de diseño y de construcción que permitan asegurar los requisitos de permeabilidad

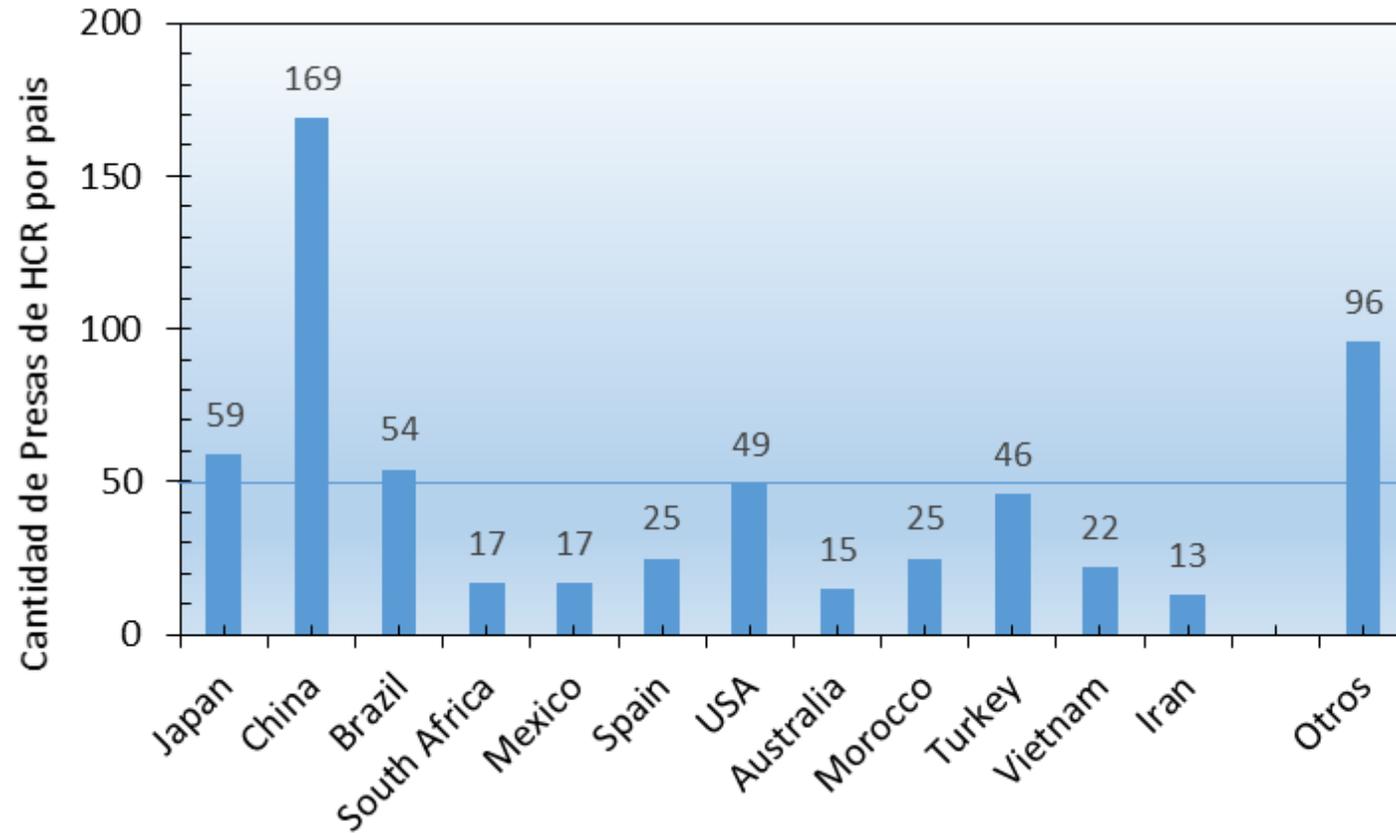
Evolución en la construcción de presas de HCR



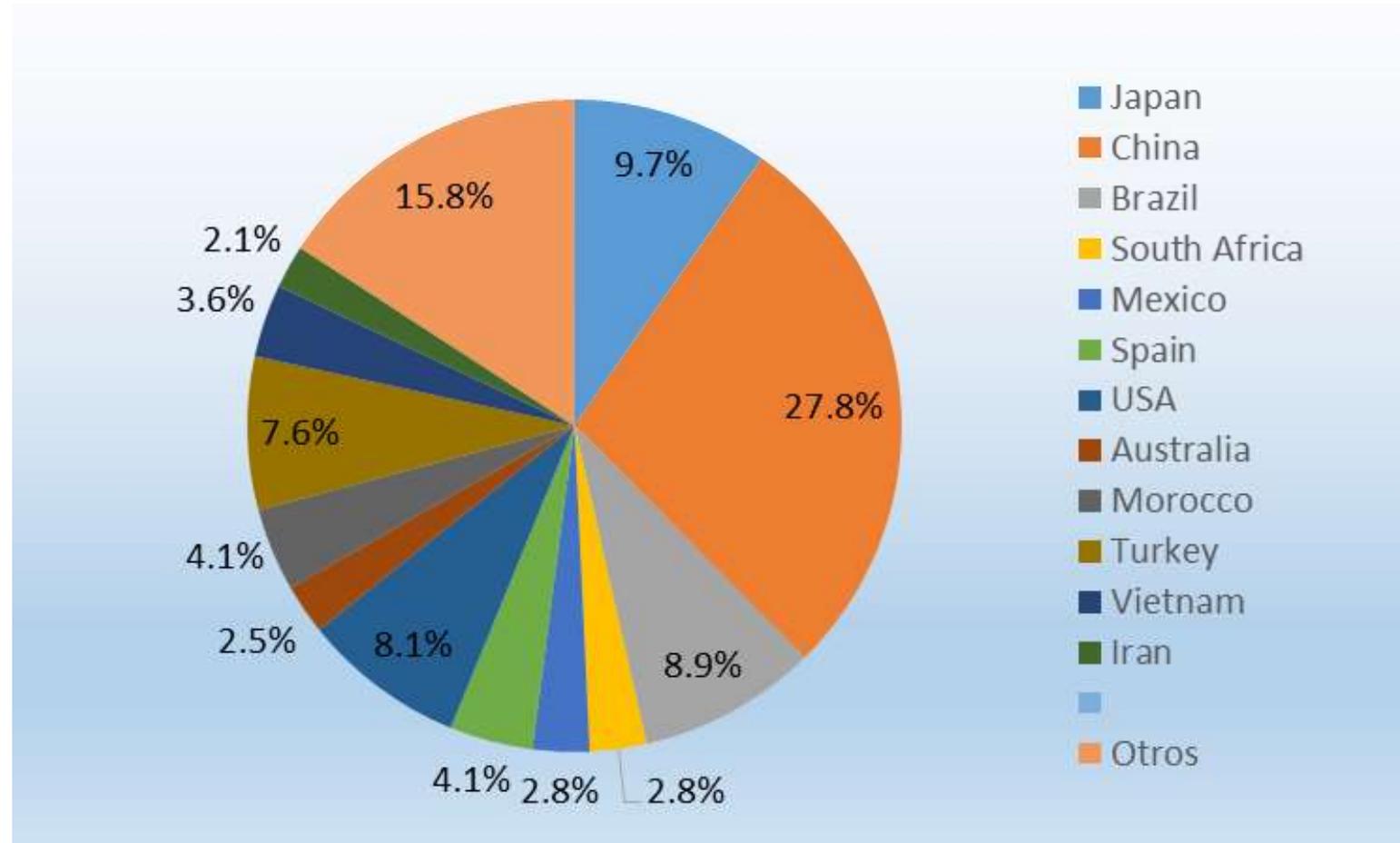
Evolución en la construcción de presas de HCR



Situación actual de la construcción de presas de HCR



Situación actual de la construcción de presas de HCR



Las 10 Presas de HCR mas altas

Dam	Country	Height (m)	Volume (m ³ x10 ³)		Mixture proportions (kg/m ³)		
			RCC	Total	Cement	Pozz.	Type
Longtan	China	217	4952	7458	99	121	(F)
Guangzhao	China	201	2420	2870	61	91	(F)
Miel 1	Colombia	188	1669	1730	85-160	0	(-)
Guandi	China	168	2970	4710			(F)
Jin'anqiao	China	160	2400	3920	72	108	(F)
Urayama	Japan	156	1294	1860	91	39	(F)
Miyagase	Japan	156	1537	2001	91	39	(F)
Shatuo	China	156	1510	1980			(F)
Ralco	Chile	155	1596	1640	133	57	(N)
Son La	Vietnam	139	2677	4800	60	160	(F)

F: Ceniza de bajo contenido de cal (Clase F – ASTM)

N: Puzolana Natural

Las 10 Presas de HCR de mayor volumen

Dam	Country	Height (m)	Volume (m ³ x10 ³)		Mixture proportions (kg/m ³)		
			RCC	Total	Cement	Pozz.	Type
Longtan	China	217	4952	7458	99	121	(F)
Tha Dan	Thailand	95	4900	5400	90	100	(F)
Guandi	China	168	2970	4710			(F)
Son La	Vietnam	139	2677	4800	60	160	(F)
Yeywa	Myanmar	135	2473	2843	75	145	(N)
Taum Sauk	USA	49	2448	2500	59	59	(F)
Guangzhao	China	201	2420	2870	61	91	(F)
Jin'anqiao	China	160	2400	3920	72	108	(F)
Beydag	Turkey	96	2350	2650	90	30	(F)
Baise	China	130	1995	2672	80	132	(F)

F: Ceniza de bajo contenido de cal (Clase F – ASTM)

N: Puzolana Natural

Las 10 Presas de HCR con mayor velocidad de construcción

Dam	Country	Height	RCC volume	Placing time	Monthly placements (m ³)		Max. day
		(m)	(m ³ x10 ³)	(month)	Average	Peak	(m ³)
Longtan	China	217	4952	32.4	142758	400755	18475
U. Stillwater	USA	91	1125	9.0	125324	204430	8415
Tha Dan	Thailand	95	4900	40.1	122266	201490	13280
Olivenhain	USA	97	1070	8.8	121895	224675	12250
Beydag	Turkey	96	2350	20.9	112566	165000	
Beni Haroun	Algeria	118	1690	16.4	102860	175000	9100
Taum Sauk	USA	49	2448	25.7	95253	189470	11330
Guangzhao	China	201	2420	27.9	86598		
Son La	Vietnam	139	2677	31.5	84984	200075	9980
M. Vaitarna	India	103	1202	15.5	77815	134125	7534

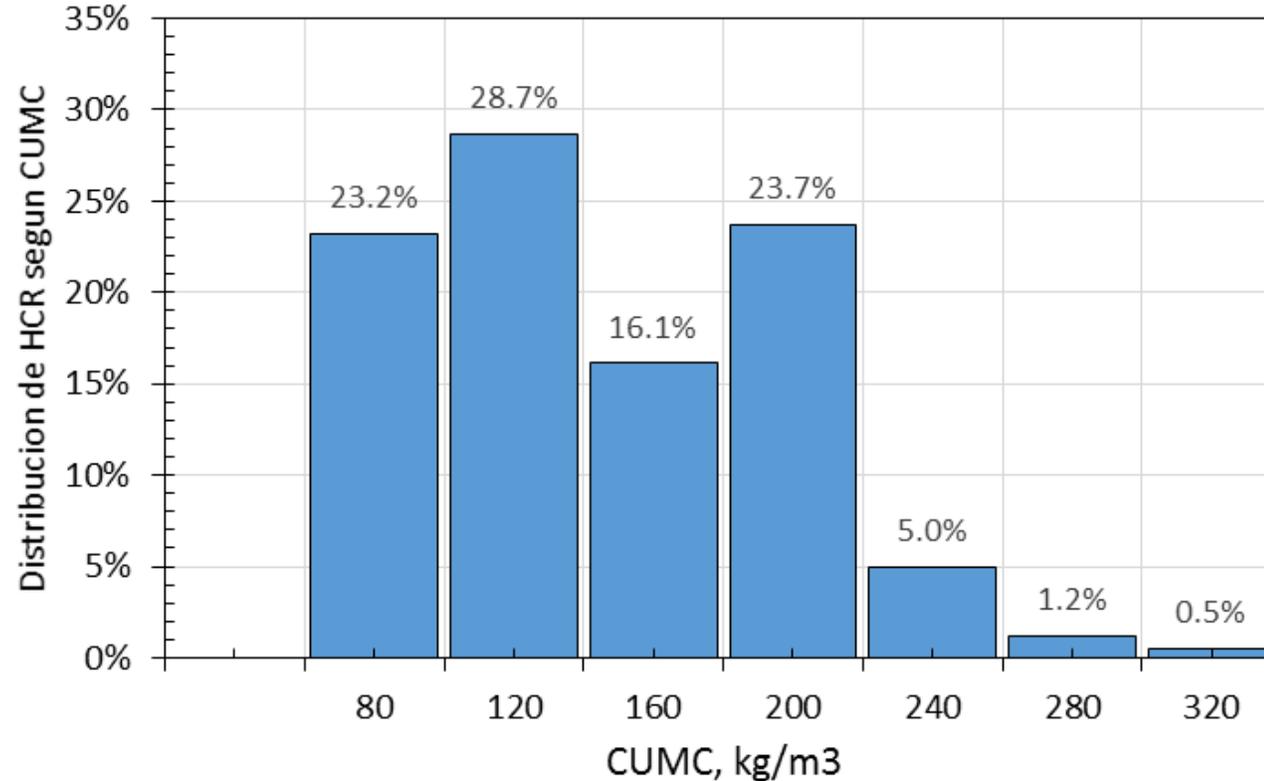
**MATERIALES
y
MEZCLAS**

Consideraciones Generales

- 3 características que distinguen al HCR del HVC
 - ✓ Consistencia
 - ✓ Distribución granulométrica y contenido de finos
 - ✓ Contenido de material cementiceo
- Los requisitos de calidad para los materiales componentes (agua, cementos, adiciones, aditivos y agregados) son similares que para HVC. No se deben especificar requisitos particulares
- No existen limitaciones respecto del tipo de cemento.
- El uso de aditivos es menos frecuente que en HVC.
- El uso de adiciones minerales resulta conveniente.

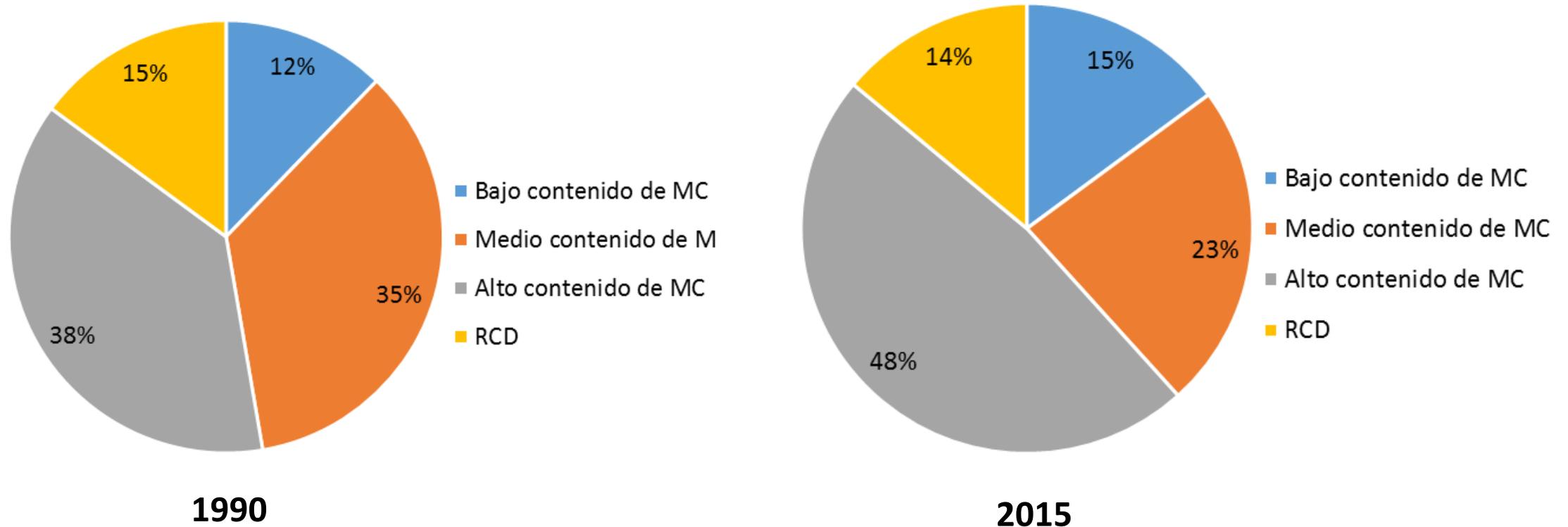
Cementos y Adiciones

- El contenido de material cementiceo empleado en la construcción de presas de HCR hasta 2015 vario mayormente entre 60 y 260 kg/m³.



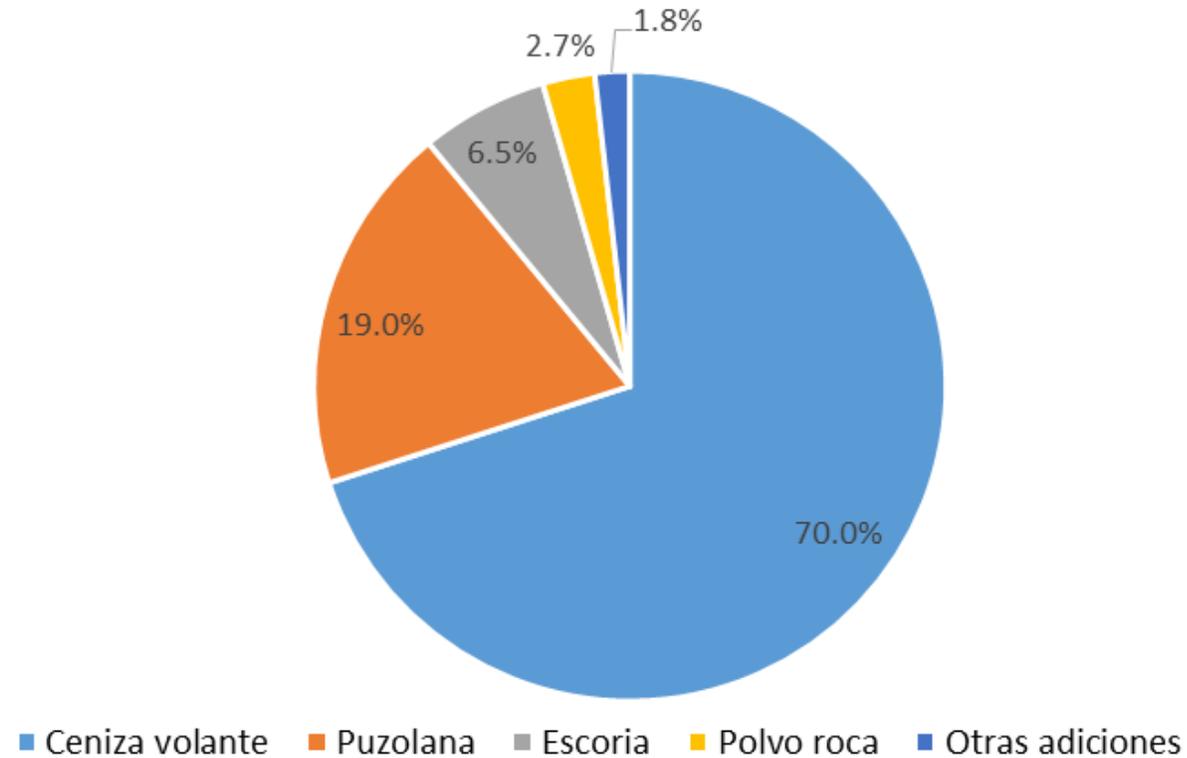
Cementos y Adiciones

Evolución en los contenidos de material cementiceo.



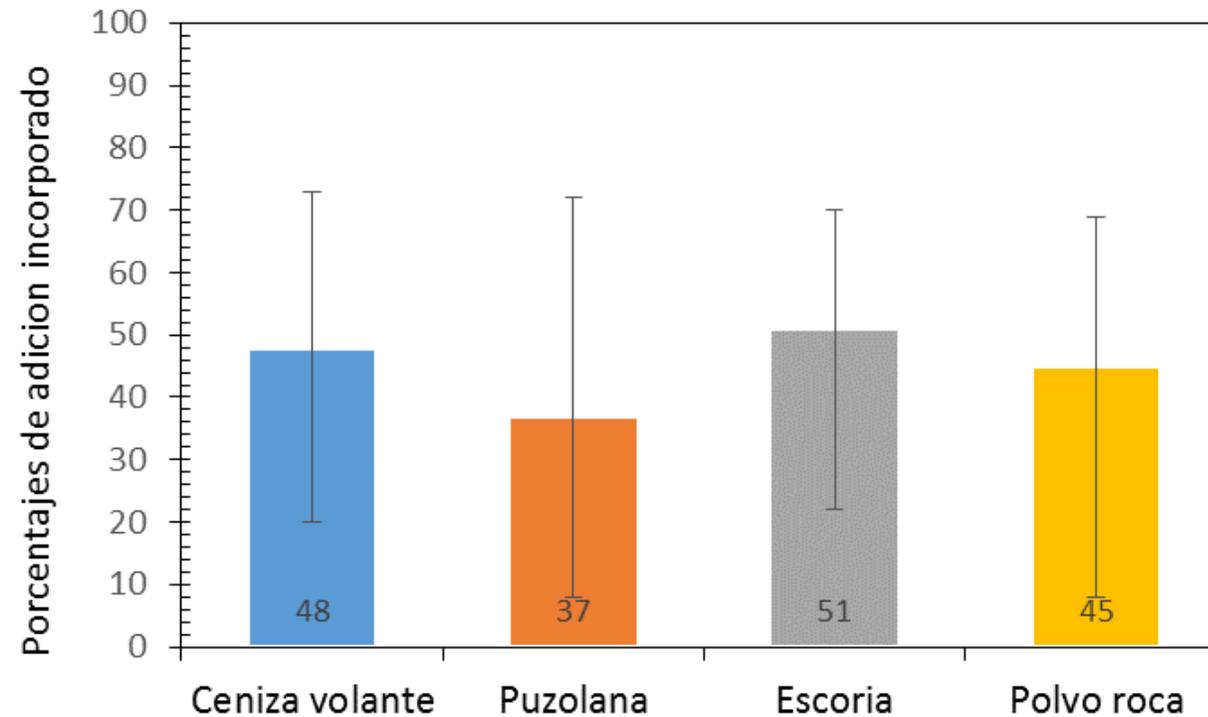
La tendencia indica un incremento en el uso de mezclas con alto contenidos de material cementiceo (150 a 240 kg/m³)

Cementos y Adiciones



Las adiciones incorporadas en los HCR utilizados en la construcción de presas hasta 2015 incluyeron mayoritariamente Cenizas Volantes y Puzolanas naturales.

Cementos y Adiciones



En 85% de los HCR empleado en la construcción de presas hasta 2015 incluyo la incorporación de adiciones minerales, observándose un incremento en el uso de las puzolanas naturales respecto de las cenizas volantes

Aditivos

- El uso de aditivos en HCR esta mucho **menos extendido que en HVC**.
- **Los HCR con contenidos medios y altos de material cementiceo resultan mas aptos para la incorporación de aditivos**. En HCR con contenidos bajos de cemento los aditivos resultan menos eficientes y con un menor índice de respuesta.
- Los aditivos empleados en la practica son **retardadores** del tiempo de fraguado y **plastificantes**:
 - ✓ Los plastificantes pueden introducir importantes mejoras en la trabajabilidad de las mezclas, incrementando la resistencia aun en mezclas con igual relación agua/cementiceos.
 - ✓ Los retardadores requieren de ajustes permanentes a las condiciones de producción y resultan mas difíciles de manejar en obra (**Actualmente se recomiendan TFI comprendidos entre 15 y 25 horas**).

Agregados

- El USACE recomienda que el TMA no sea mayor de 75 mm (control de la segregación y compactación). El rango de TMA utilizado en las presas de HCR se encuentra entre 38,5 y 75 mm. **En los últimos años la tendencia ha sido utilizar TMA que no superen los 50 mm.**
- Es conveniente disponer de un cierto contenido de finos menores de 74 micrones (pasante tamiz N^o200). **La practica sugiere un contenido de finos entre 4 y 10%.**
- Dependiendo del TMA, el **contenido de la fracción arena** (pasante tamiz N^o4) varia normalmente entre el 35 y 50%. Un valor **entre 40 y 45%** es actualmente el mas utilizado.
- Se recomienda un **% de vacíos de la fracción arena, seca y compactada, del 28 a 32%.**

Agregados

- Se recomiendan adoptar **distribuciones granulométricas continuas tipo cúbicas** y dentro de márgenes muy acotados:

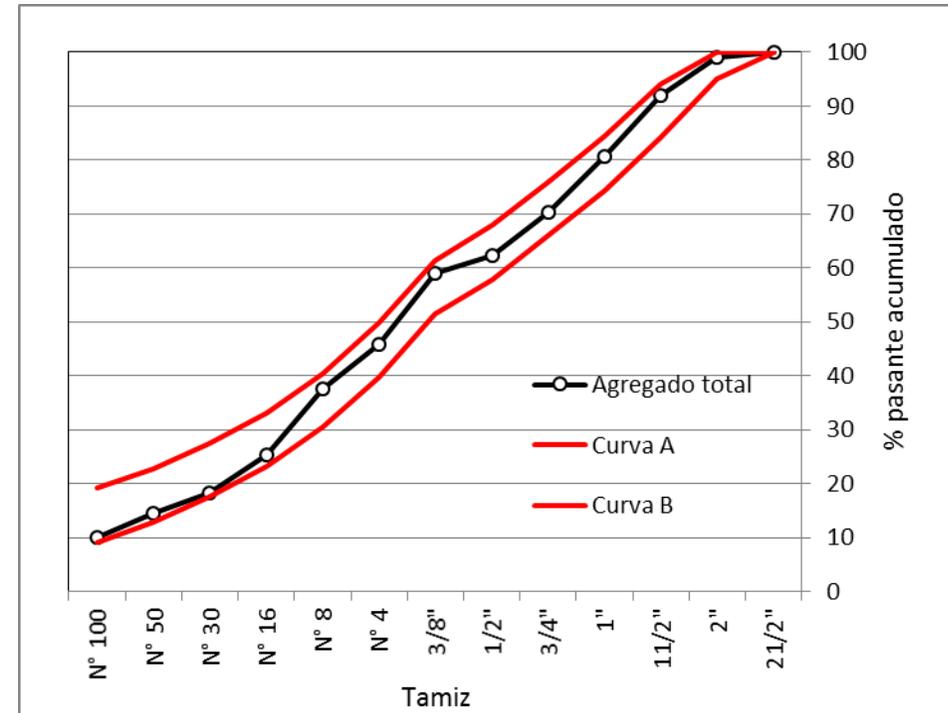
$$P = [(d/D_{\text{máx}})^{1/3} \times 100] \pm 5\%$$

Donde:

P (%) = Porcentaje de agregado que pasa el tamiz de abertura "d"

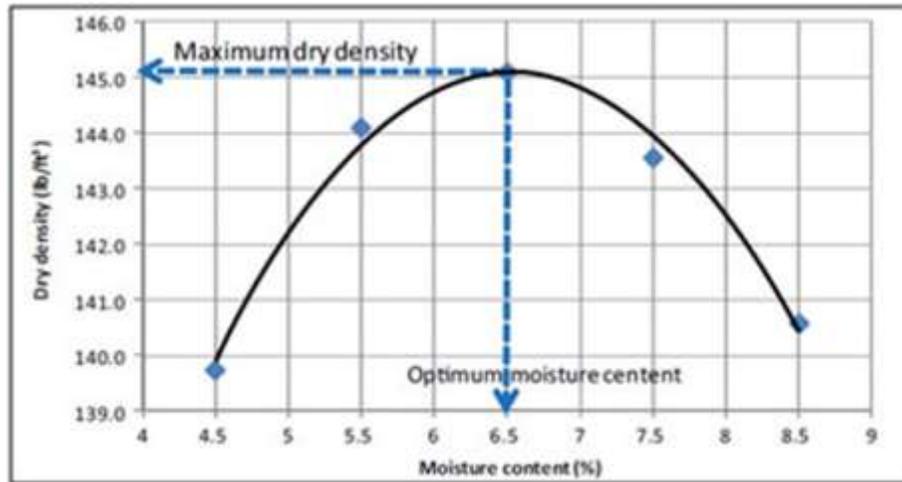
d = tamaño de la abertura del tamiz (mm.)

$D_{\text{máx}}$ = tamaño máximo del agregado



Diseño de mezclas

Por humedad optima



- Bajos contenidos de MC
- Mayor tendencia a la segregación
- Mayores requerimientos para el tratamiento de las juntas
- Mayor control de la pérdida de humedad
- Mayor energía de compactación.
- Mezclas mas económicas

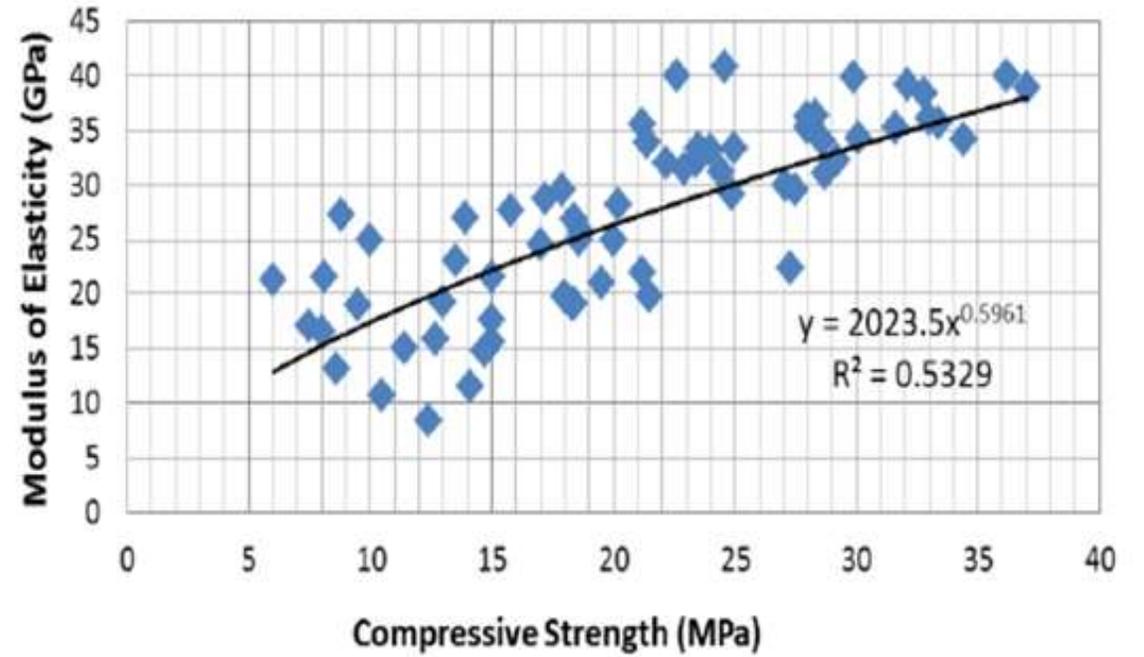
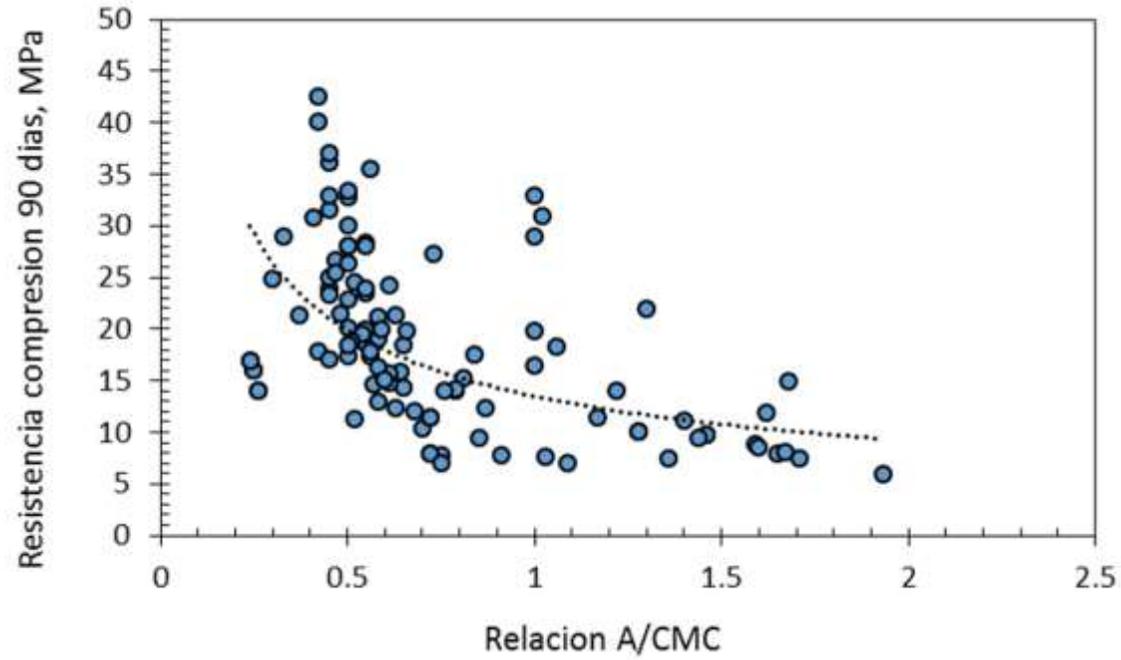
Por consistencia



Consistómetro Beve

- Medios y Altos contenidos de MC
- Mezclas trabajables (HCRE y HCRV)
- Mezclas mas impermeables y mejor comportamiento de las juntas
- Mayor tendencia a la fisuración
- Mayores niveles de resistencia
- Tiempos VeBe < 20 segundos

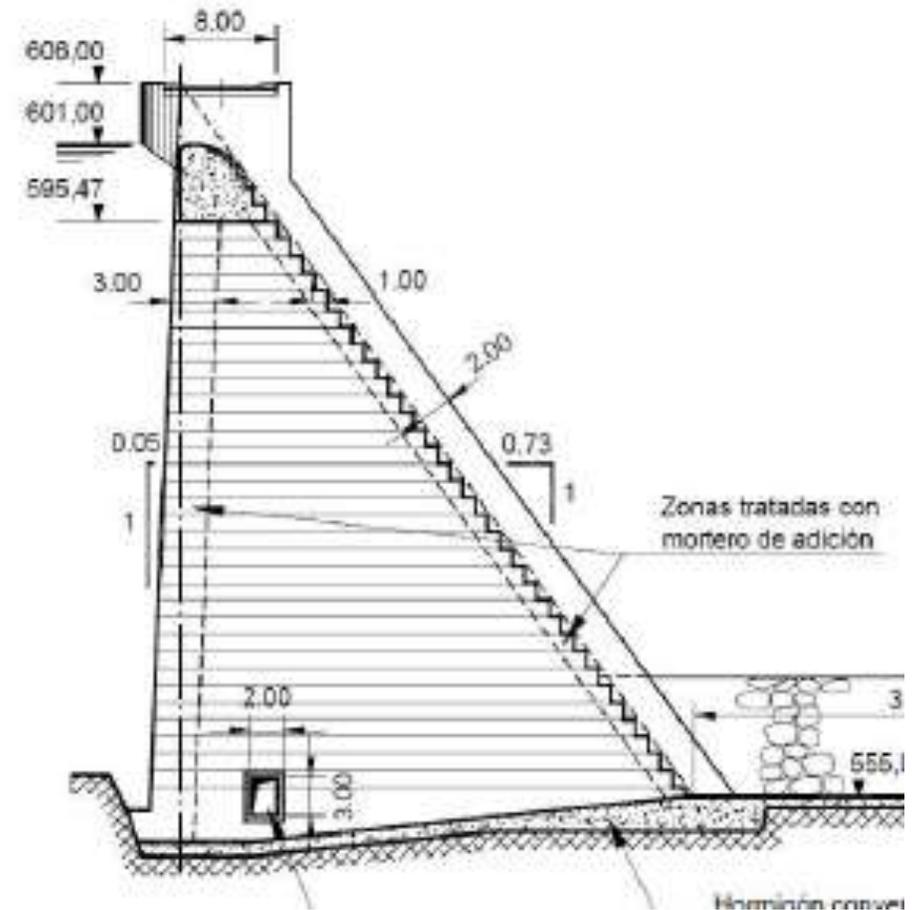
Diseño de mezclas



**EVOLUCION EN LOS ASPECTOS
CONSTRUCTIVOS Y DEL DISEÑO DE
PRESAS DEL HCR**

Geometría

- La geometría de las presas de HCR es similar a las de HVC.
- Dado que las juntas horizontales en las presas de HCR es entre 6 y 7 veces mayor que en HVC, es conveniente **minimizar las tensiones de tracción**.
- Paramento aguas arriba vertical. En zonas de alta sismicidad puede ser inclinado.
- Paramento aguas abajo con pendiente variable entre 1:0.8 y 1:0.6. En zonas de alta sismicidad el plano inclinado se prolonga hasta el coronamiento.
- El ancho de la cresta varia entre 4.5 y 9.0 m.
- Minimizar la cantidad de galerías de inspección



Vertederos



- Mayor capacidad de disipación
- Menor costo del cuenco disipador
- Mayor velocidad construcción
- Compatibilidad con el método de colocación en rampa
- Menor requerimiento de armadura y anclajes
- Construcción simultanea con el cuerpo de presa
- Reducción del costo de encofrados

Escalonados (30%)
Caudales específicos de 20 a 30
 $\text{m}^3/\text{seg.}/\text{m}$

Ventajas

Colocación y Compactación

- Se distribuye con topadora D-6 o D-8 en capas de 30 a 40 cm.
- El uso de motoniveladoras no resulta eficiente.
- La compactación se realiza con rodillo lisos vibratorios y sin vibración de 10 Tn.
- Se compacta al 98% de la densidad teórica.
- La operación se completa con 6 a 8 pasadas de rodillo.
- Durante la distribución y compactación se debe evitar la pérdida de humedad de la mezcla.
- La velocidad de avance por capa es de 1 cada 6 a 24 horas. (el análisis térmico puede condicionar el tiempo de espera entre capas).
- Lo recomendable es iniciar la construcción en invierno con una velocidad de avance rápida. (si el inicio es en verano la velocidad de avance debe ser lenta).

Colocación y Compactación



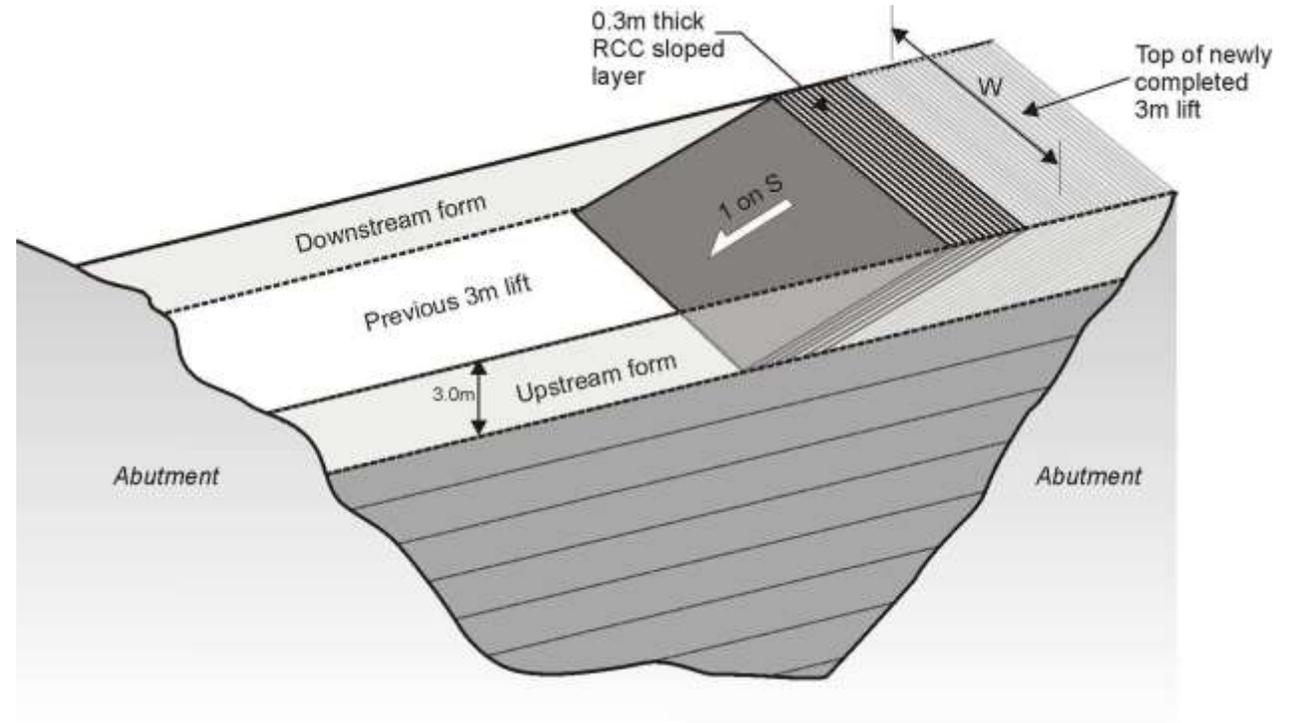
Área de trabajo durante la ejecución de una capa de HCR.

Colocación en Rampa

$$S \leq \frac{W \cdot H \cdot h}{t_s \cdot Q_c}$$

with

S	Slope of the RCC layer [-]
W	Width of the dam [m]
H	Lift height [m]
h	Layer height [m]
t_s	Initial set time of RCC [h]
Q_c	Capacity of mixing plant [m ³ /h]



Colocación en Rampa



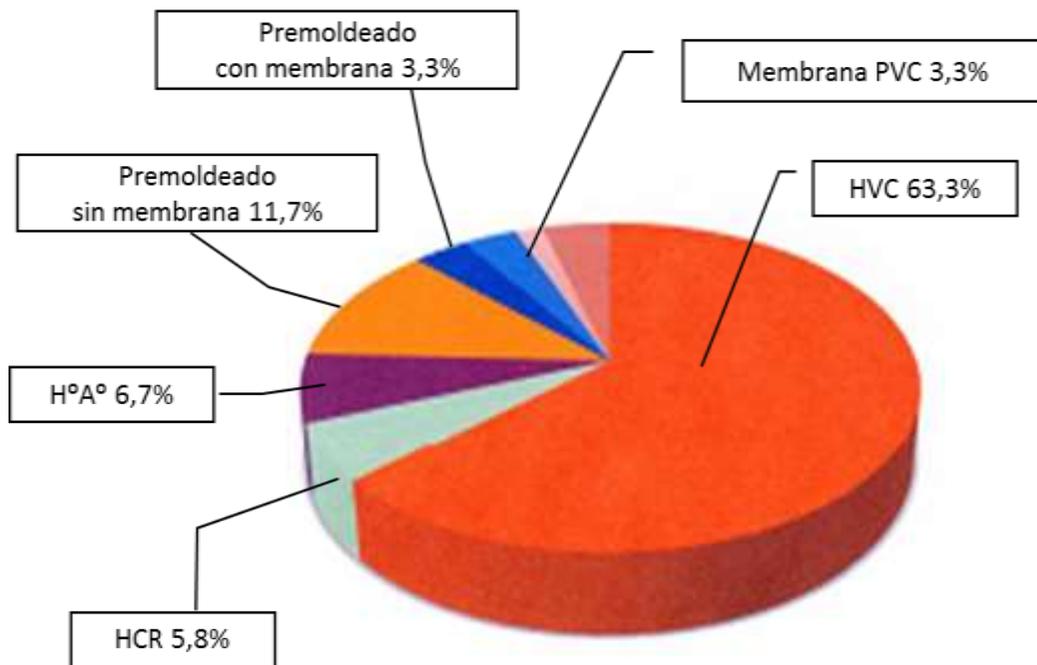
- **Reducción N° juntas frías**
- Aumento velocidad Construcción
- Reducción tratamientos de juntas
- Reducción área a ser curada
- Reducción superficie
expuesta a lluvia y/o congelación
- Anticipación movimiento de encofrados

Ventajas

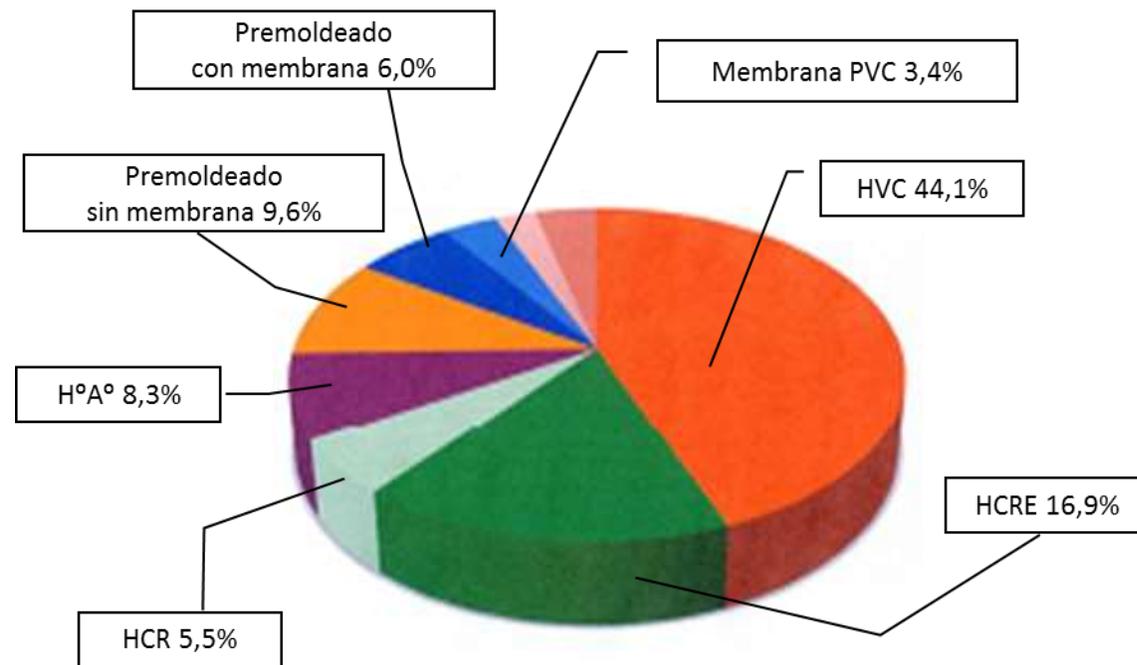
Paramentos

- Tienen un rol importantísimo en la **durabilidad y permeabilidad** de la presa. En las presas con HCR de bajos CMC es determinante.
- Existen distintos diseños para paramentos aguas abajo:
 - ✓ HVC simple o armado
 - ✓ Pre moldeados con o sin membrana de PVC
 - ✓ Membrana de PVC colocada luego del HCR
 - ✓ HCRE o enriquecido con pasta de cemento (VeBe entre 15 y 20 seg.)
 - ✓ HCRV o vibrado (VeBe entre 8 y 12 seg.)
- Las clase resistente adoptadas para el hormigón de paramento varia entre H15 y H30 con relaciones W/MC entre 0,45 y 0,70.
- En los paramentos de HVC y pre moldeados se puede incorporar aire.

Paramentos aguas arriba



1990



2015

Incremento sostenido de HCR Enriquecido y frente a la alternativa de hormigón convencional

Paramentos de HCRE y HCRV



- Buena terminación y durabilidad
- **Monolitismo con el HCR adyacente.**
- Simple, fácil de controlar y **no interfiere la colocación del HCR**
- No requiere equipo específico.
- Se pueden incorporar retardadores para evitar juntas frías entre capas.
- Permite colocar armadura y embeber piezas.
- Bajo costo.
- Menor índice de fisuración que el HVC

Ventajas

Juntas verticales

Control de fisuración



La separación entre juntas depende de:

- Restricciones de la fundación (rigidez y homogeneidad)
- Cambios de volumen de origen térmico (tipo y contenido de MC, de colocación, secuencia de colocación, clima).
- Propiedades del HCR (extensibilidad, creep, coeficiente de dilatación térmica)
- Del tipo de paramento aguas arriba.



- La distancia entre juntas se ha ido reduciendo desde el inicio de las presas de HCR.
- Típicamente la distancia puede variar entre 20 y 40 m.
- **Con el mayor uso de HCR con altos CMC se recomiendan distancias entre 15 y 20 m.**
- La junta puede ser a sección completa o parcial

Juntas Verticales



Construcción de juntas de contracción inducidas

Juntas Horizontales

- Se debe **minimizar la ocurrencia de juntas frías** a los efectos de reducir los tiempos que demanda su tratamiento y la colocación de mortero de asiento.
- Para asegurar la calidad de la junta se deben atender tres factores importantes:
 - ✓ **Diseñar mezclas de HCR con capacidad optima de exudación de pasta.** Para ello se recomienda que la relación pasta/mortero en volumen sea **entre 5 y 15% mayor que el volumen de vacíos de la arena compactada.**
 - ✓ **El tiempo abierto de la capa no debe superar un tiempo limite** que se determina a partir del factor de maduración M :
$$M (hs \text{ } ^\circ C) = t \times T$$
 - ✓ Proteger la superficie para evitar el secado.
- El **valor limite del factor M** se debe establecer en la estructura de prueba. En muchos proyectos se a adoptado un valor comprendido **entre 300 y 500 hs °C**, dependiendo o no del uso de retardadores.

Juntas Horizontales

- Cuando se alcanza un valor de **M mayor de 800 hs °C se considera “junta fría”**. En este caso la junta debe ser tratada con corte verde y posterior limpieza y colocación de mortero de asiento.
- Cuando **M se encuentra entre 300 y 800 hs °C, se considera “junta templada”**. En este caso antes de la colocación de la capa se debe limpiar la junta con agua y aire a presión y colocar mortero de asiento.



Resistencia a la Tracción Directa en Juntas Calientes

Resultados promedio en testigos, 60 presas en EE.UU

	Direct tension (MPa)		Indirect tension (MPa)	Compressive (MPa)
	Parent	At joints		
All results	1.3	1.0	2.5	23.1
No. of tests	35	76	36	131
High-paste RCC	1.7	1.3	3.0	32.1
Low-paste RCC	0.7	0.7	2.0	13.9

Resistencia a tracción directa en la junta / Resistencia a compresión

- **Alto Contenido de pasta : 4.1 %**
- **Bajo contenido de pasta: 5.0 %**

Juntas Horizontales



Testigos de hasta 5 m de largo extraídos Jiangya Dam y Testigos de 15 m extraídos en Longtan Dam donde se utilizó un HCR de alto CMC y aditivo retardador de fraguado

Galerías

- Inspección visual
- Inyección de fundaciones
- Recolección y drenaje de agua (filtraciones)
- Acceso a instrumentación



- Colocación de arena o grava
- Utilización de encofrados c/ Hº Conv.
- Utilización de elementos premoldeados
- Excavadas



Se deben reducir al mínimo necesario
Se ubican entre 6 y 8 m del paramento



Galerías



Galerías excavadas. Enlarged Cotter Dam

PRESAS DEL HCR EN ARGENTINA



Urugua-í
(1985-1990)



Saladillo
(2000-2011)



El bolsón
(2012-?)

Presa de Uruguái

Características generales

- Ubicada en Misiones a 36 km al sur de la ciudad de Puerto Iguazú
- Generación de energía
- Potencia instalada 120 MW
- Presa de gravedad de planta recta
- Altura máxima 76,00 m.
- Longitud del coronamiento 687,50 m.
- Volumen de hormigón 600.000 m³
- Vertedero central incorporado al cuerpo principal de la presa, caudal de diseño 3400 m³/s.
- Superficie de embalse 5000 Ha
- 2 cierres laterales (una en cada margen) de escollera con núcleo impermeable.
- Pendiente del talud aguas abajo 1:0,80.
- Inicio de la construcción 1985
- Fin de la obra en 1990

Presas de Uruguái

Aspectos constructivos del cuerpo principal

- Paramento aguas arriba de Hormigón convencional de espesor variable entre 0,90 y 0,50 m, revestido con una membrana continua de PVC de 2 mm aplicada sobre placas premoldeadas ancladas al hormigón convencional (200 kg/m³).
- Juntas de contracción en el HCR a una distancia aproximada de 60 a 80 m y juntas en el HCV del paramento de aguas arriba ubicadas cada 15 y 20 m, con doble junta de estanqueidad de PVC con 1 dren de 10 cm entre ambas juntas.
- Paramento aguas abajo de HC por debajo de la cota del salto de “esquí” y de HCR por encima del mismo.
- Cuerpo principal de HCR (TMA 75 mm) con CUC CP-TII de 60 kg/m³, ejecutado en capas de 0,40 m de espesor, con mortero de asiento en la superficie parcial aguas arriba de las juntas horizontales.
- HCR $f'c(360) = 85 \text{ kg/cm}^2$, $f_{ti}(360) = 8,5 \text{ kg/cm}^2$ y $E(360) = 222.000 \text{ kg/cm}^2$

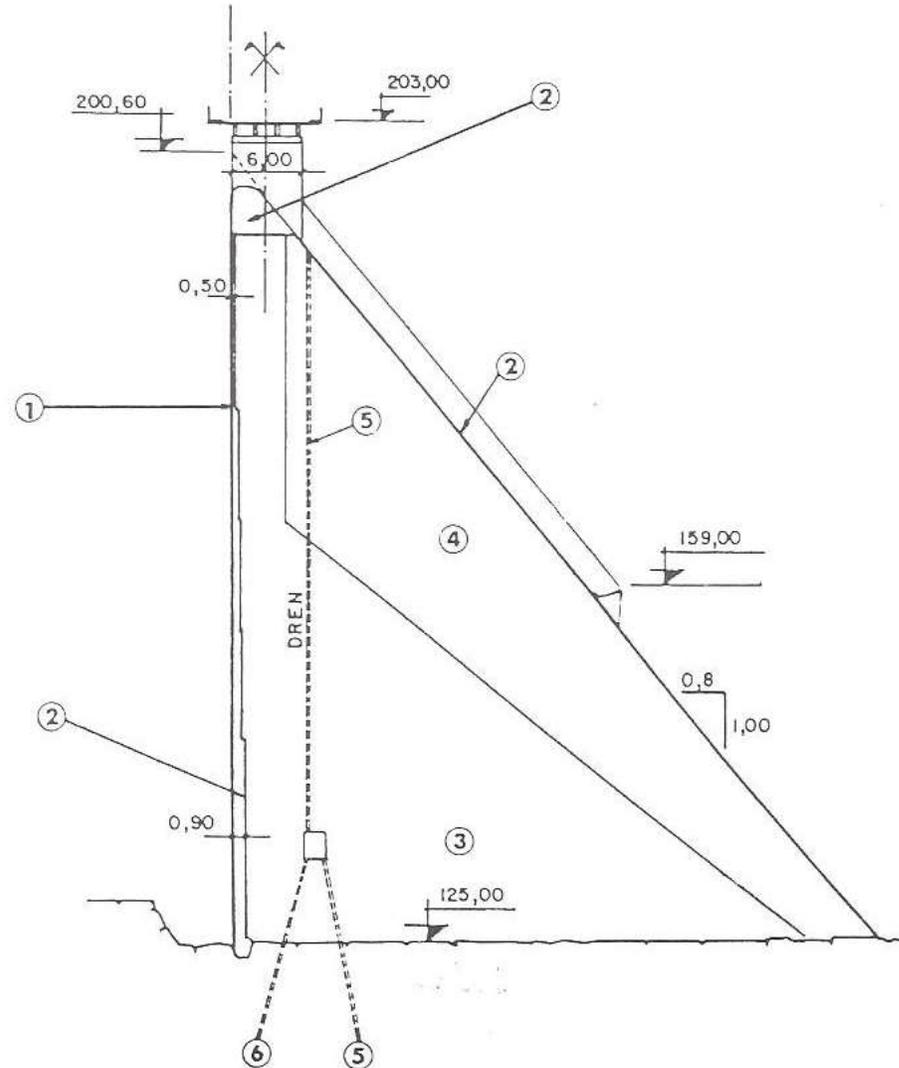
Presas de Uruguái

Aspectos constructivos del cuerpo principal

- Extensibilidad a corta edad = 63×10^{-6} y a larga edad bajo carga lenta = 120×10^{-6} .
- Temperatura máxima de colocación del HCR $32 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Transporte de hormigón en cinta desde la planta hasta el recinto de la presa y posterior distribución en camiones "Dumper"
- Compactación del HCR con rodillo vibratorio de 10 Tn en 4 pasadas mínimas.
- Galerías con material de relleno posteriormente retirado.
- Filtraciones iniciales 63 lts/s.

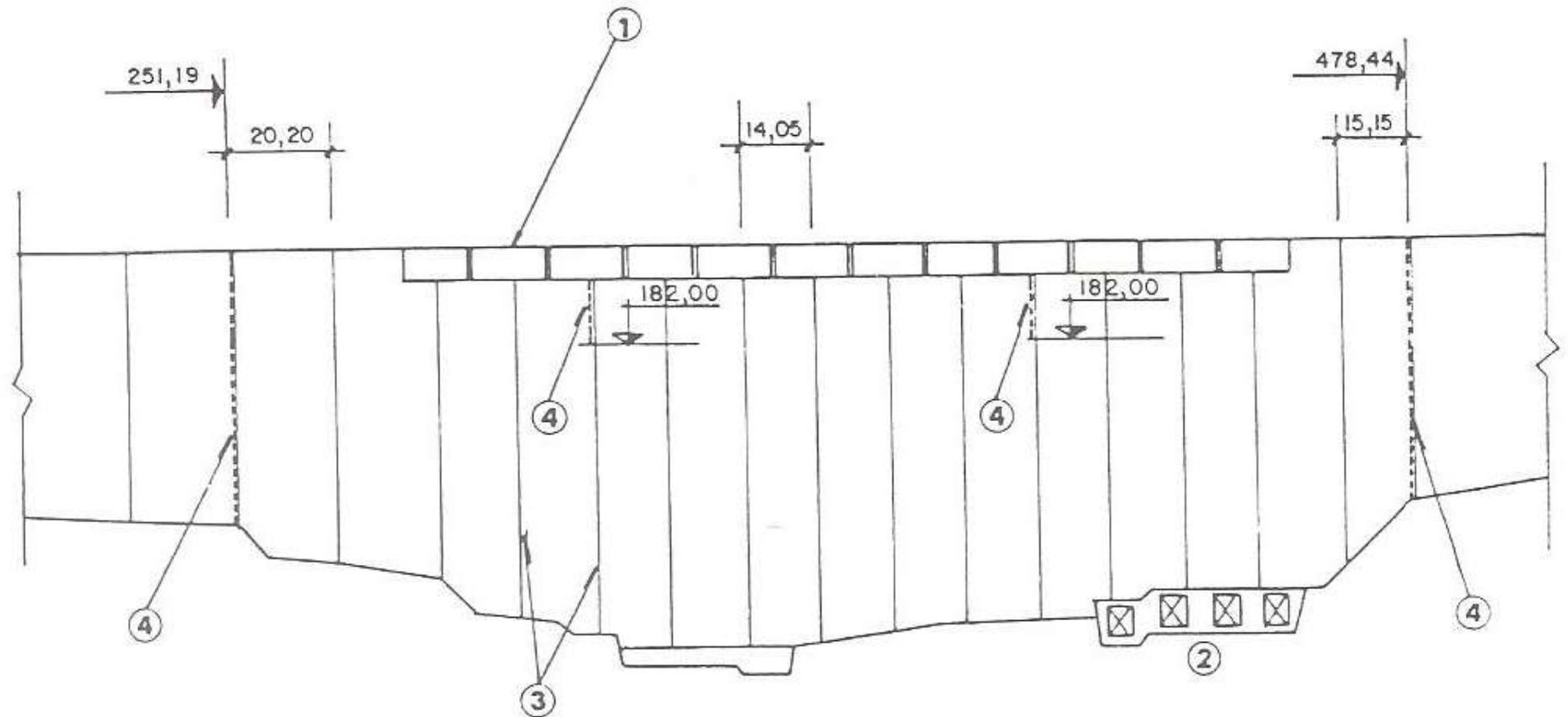
Presas de Uruguái

Aspectos constructivos del cuerpo principal



Presa de Uruguái

Aspectos constructivos del cuerpo principal



- 1- Spillway
- 2- Diversion conduits

- 3- Upstream face (CPC) contraction joints
- 4- Contraction joints of the Dam

Presa de Saladillo

Características Generales

- Ubicada en la provincia de San Luis, sobre el río V.
- Captación de agua y control de crecidas
- Altura máxima 79,58 m.
- Longitud del coronamiento 495,60 m.
- 33 bloques de hormigón
- 19 bloques de hormigón convencional en ambos estribos (280,55 m)
- 14 bloques de HCR en el cierre principal (215,05 m)
- Volumen de hormigón 220.000 m³ (83% HCR y 17% HC)
- Caudal de diseño del vertedero 2750 m³/s.
- Superficie de embalse 245,16 Ha
- 5 cierres laterales de material suelo de 1600 m de longitud
- Sismo de operación 0,13g (144 años) y Sismo máximo probable de 0,48g
- Pendiente del talud aguas abajo 1:0,80.
- Inicio de la construcción 2000
- Fin de la obra en 2011

Presas de Saladillo

Aspectos Constructivos del Cuerpo Principal

- Paramentos aguas arriba y aguas abajo de Hormigón Convencional H-17 (TMA 37,5 mm). Espesor del paramento aguas arriba variable entre 1,30 y 0,90 m.
- Regularización de la fundación y contacto con la roca de Hormigón Convencional H-17 (TMA 19 mm). Espesor mínimo de regularización 0,50 m.
- Cuerpo principal de HCR (TMA 63 mm) con CUC (CPP-30 y CPF-40) variable entre 85 y 150 kg/m³, ejecutado en capas de 0,30 m de espesor, con mortero de asiento en toda las superficies de las juntas horizontales.
- Compactación del HCR con rodillo vibratorio de 10 Tn en 2 pasadas estáticas y 6 dinámicas (96 a 98% DT).
- Galerías con muros laterales de HC y techo premoldeado abovedado.

Presa de Saladillo

Construcción



Presa de Saladillo

Construcción



Presa de Saladillo

Obra Terminada



Presa El Bolsón

Características Generales

- Ubicada en la provincia de Catamarca, sobre el río Albigasta
- Captación de agua y control de crecidas
- Cota de coronamiento +450.40
- Altura máxima 63,50 m.
- Longitud del coronamiento 380,11 m.
- 15 bloques de hormigón
- Volumen de hormigón HCR 270.290 m³
- Volumen hormigón paramentos 22.440 m³
- Vertedero central escalonado.
- Caudal de diseño del vertedero 3400 m³/s.
- Volumen de embalse 38 hm³
- Superficie de riego 12,000 ha.
- 1 cierre lateral de material suelo
- Sismo de operación 0,13g (144 años) y Sismo máximo probable de 0,35g
- Pendiente del talud aguas abajo 1:0,80.
- Inicio de la construcción 2012

Presa El Bolsón

Aspectos Constructivos del Cuerpo Principal

- Paramentos aguas arriba de hormigón armado H-17 (TMA 37,5 mm). de espesor variable entre 1,50 y 0,90 m.
- Regularización de la fundación y contacto con la roca de Hormigón Convencional H-17 (TMA 19 mm). Espesor mínimo de regularización 0,50 m.
- Cuerpo principal de HCR (TMA 53 mm) con CUC (CAH-30) variable entre 110 y 140 kg/m³, ejecutado en capas de 0,30 m de espesor, con mortero de asiento en toda las superficies de las juntas horizontales.
- Compactación del HCR con rodillo vibratorio de 10 Tn en 2 pasadas estáticas y 6 dinámicas (96 a 98% DT).
- Galerías con muros laterales de HC y techo premoldeado abovedado.

Presa El Bolsón

Construcción



Presa El Bolsón

Construcción

