

UTILIZACIÓN DE NUEVOS HORMIGONES ESTRUCTURALES EN LA PREFABRICACIÓN: EL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE

**CONGRESO ANFAH
(Valencia 2006)**

- **Manuel Burón Maestro
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos**

IECA

NUEVOS HORMIGONES

Se utilizan por sus prestaciones y No incluidos en la Reglamentación (EHE)

- **Hormigón AUTOCOMPACTANTE**
- **Hormigón de ALTA RESISTENCIA**
- **Hormigón de ALTAS PRESTACIONES**
- **Hormigón con ÁRIDOS LIGEROS**
- **Hormigón con ÁRIDOS RECICLADOS**

PRESTACIONES LAS FUNCIONES ESPECÍFICAS DEL HORMIGÓN

- **Función de la composición**
- **Además de la Resistencia a Compresión**
- **Cada tipo de hormigón como Producto**
- **Control de calidad de carácter industrial**
- **Aseguramiento de la calidad**
- **Certificación del hormigón tipo**

CARACTERÍSTICAS DEL HORMIGÓN SOBRE LAS QUE SE ACTÚA

- **PESO**
- **COMPACIDAD Y DURABILIDAD**
- **ASPECTO SUPERFICIAL**
- **COLOCACIÓN Y COMPACTACIÓN**
- **APORTACIÓN A LA
SOSTENIBILIDAD**
- **CONDICIONES DE TRABAJO**
- **RESISTENCIA**

NUEVOS HORMIGONES PRESTACIÓN - CARACTERÍSTICAS SOBRE LAS QUE SE ACTÚA

Hormigón de ALTA RESISTENCIA:

- **RESISTENCIA**
- **SOSTENIBILIDAD. AHORRO MATERIAL**

Hormigón de ALTAS PRESTACIONES

- **RESISTENCIA**
- **COMPACIDAD Y DURABILIDAD**
- **SOSTENIBILIDAD. AHORRO MATERIAL
MAYOR VIDA ÚTIL**

NUEVOS HORMIGONES PRESTACIÓN - CARACTERÍSTICAS SOBRE LAS QUE SE ACTÚA

Hormigón con ÁRIDOS LIGEROS:

- **PESO**

Hormigón con ÁRIDOS RECICLADOS:

- **APORTACIÓN A LA SOSTENIBILIDAD**

PESO

- **REDUCIR LA RELACIÓN
PESO/RESISTENCIA**
- **HORMIGÓN DE ALTA RESISTENCIA**

HAR Y HAP en la prefabricación estructural

RELACIÓN RESISTENCIA / PESO

Peso:

- **Limite de Transporte y Montaje**

HAR Y HAP

- **La misma Área resiste más que con HC**
- **Igual resistencia con menor Área: Menor Peso**
- **Igual pretensado con menor área: Más eficaz**
- **Crece: Resistencia / Peso**

HAR Y HAP en la prefabricación estructural

DURABILIDAD:

ASPECTOS QUÍMICOS:

- **Utilización del cemento adecuado**

MECANISMOS DE TRANSPORTE:

- **Interfase compacta**
- **Menor red de poros abierta**
- **Menor desarrollo de dichos mecanismos**
- **Mayor durabilidad**

ENSAYO DE PENETRACIÓN AL AGUA BAJO PRESIÓN



NUEVOS HORMIGONES PRESTACIÓN - CARACTERÍSTICAS SOBRE LAS QUE SE ACTÚA

Hormigón AUTOCOMPACTANTE:

- **COLOCACIÓN Y COMPACTACIÓN**
- **CONDICIONES DE TRABAJO**
- **ASPECTO SUPERFICIAL**
- **FACILITA UTILIZACIÓN DEL HORMIGÓN
DE ALTA RESISTENCIA Y DE ALTAS
PRESTACIONES**
- **SOSTENIBILIDAD**

NUEVOS HORMIGONES PRESTACIÓN - CARACTERÍSTICAS SOBRE LAS QUE SE ACTÚA

Hormigón AUTOCOMPACTANTE:

- **AÑADE A LAS PRESTACIONES DE UN HORMIGÓN LAS CORRESPONDIENTES A LAS CARACTERÍSTICAS PROPIAS DE LA AUTOCOMPACTABILIDAD**
- **COLOCACIÓN SIN ENERGÍA DE COMPACTACIÓN**
- **SIN SEGREGACIÓN NI SANGRADO**

HAC PUESTA EN OBRA



HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE

- **CONSTITUCIÓN: PASTA DE CEMENTO DENSA Y VISCOSA**
- **PRESTACIONES: FACILIDAD DE COLOCACIÓN SIN COMPACTACIÓN, SIN SEGREGACIÓN NI SANGRADO. UNIFORMIDAD DE ACABADO SUPERFICIAL (al prescindir de la vibración, principal causa de heterogeneidad superficial)**

HORMIGÓN ARQUITECTÓNICO UNIFORMIDAD EN EL ACABADO



HAC

Definición HAC:

- **Elevada cantidad de pasta de cemento densa, viscosa**
- **De gran capacidad de autodesplazamiento en el encofrado y entre las armaduras**
- **Sin segregación (bloqueo) del árido grueso**
- **Sin sangrado (exudación) de la lechada**
- **Resistencia y Durabilidad similares al HC, HAR Y HAP**

HAC (HAR Y HAP)

Materiales

COMPOSICIÓN ESPECÍFICA:

- **Tipo de Cemento: CEM I y CEM II. Cemento especialmente adecuado**
- **Finos: Toda partícula de $\emptyset \leq 0.125$ mm**
- **Baja relación Agua/Cemento: 0.40**
- **Pasta de cemento (F+A) 30% en peso**
- **Aditivo superplastificante. Agua/Finos: 0.28**
- **Adiciones (CEM I).**
- **Filler (Árido corrección)**

HAC

Identificación

ENSAYOS DE IDENTIFICACIÓN:

- **EXTENSIÓN DE FLUJO**
- **EMBUDO EN V**
- **CAJA EN L**
- **ANILLO JAPONÉS**
- **ÍNDICE VISUAL DE ESTABILIDAD**

HAC

ENSAYO DE EXTENSIÓN DE FLUJO

Llenado del cono de Abrams



HAC
ENSAYO DE EXTENSIÓN DE FLUJO
Levantamiento de cono de Abrams



HAC

ENSAYO DE EXTENSIÓN DE FLUJO

Final del ensayo



HAC

ENSAYO DE EXTENSIÓN DE FLUJO

VALORES:

Diámetro de extensión “Ø”

“Ø” de 550 mm a 650 mm Tipo SF1

“Ø” de 660 mm a 750 mm Tipo SF2

“Ø” de 760 mm a 850 mm Tipo DF3

Tiempo para “Ø” = 500 mm “T50”

“T50” < = 2 seg Tipo VS1

“T50” > 2 seg Tipo VS2

HAC

ENSAYO DEL EMBUDO EN V

determinación del tiempo de flujo



HAC

ENSAYO DEL EMBUDO EN V

VALORES:

Tiempo de vaciado "Tv"

"Tv" \leq 8 seg Tipo VF1

"Tv" de 9 a 25 seg Tipo VF2

HAC

ENSAYO DE LA CAJA EN L

Caja en L de tres barras



HAC

ENSAYO DE LA CAJA EN L

En realización



HAC

ENSAYO DEL ANILLO J

inicio del ensayo



HAC
ENSAYO DEL ANILLO J
Final del ensayo



HAC

ENSAYO ANILLO J

Medidas verticales



HAC

ENSAYO ANILLO J

Medidas horizontales



HAC ENSAYO DEL ÍNDICE VISUAL DE ESTABILIDAD (valor 0)



HAC ENSAYO DEL ÍNDICE VISUAL DE ESTABILIDAD (valor 0)



HAC ENSAYO DEL ÍNDICE VISUAL DE ESTABILIDAD (valor 0)



HAC ENSAYO DEL ÍNDICE VISUAL DE ESTABILIDAD (valor 0)



HAC
ENSAYO DEL ÍNDICE VISUAL DE
ESTABILIDAD (valor 1.5)



HAC para prefabricados estructurales

Materiales

DOSIFICACIÓN:

- **Cemento CEM I 52.5R = 400 Kg/m³**
- **Agua = 168 Kg/m³. A/C = 0.42**
- **Finos ($\emptyset \leq 0.125$ mm) = 570 Kg/m³ incluido el cemento**
- **Arena (0 - 4 mm) = 885 Kg/m³**
- **Grava (4 - 12 mm) = 757 Kg/m³**
- **Aditivo superplastificante: 7 Kg/m³**

RESULTADO:

- **fck 50 Mpa Esgurrimiento ($\emptyset = 72.5$ cm)**

HAC

Prestaciones. Colocación sin compactar

PRESTACIONES:

- **No necesita vibración**
- **Fácilmente bombeable**
- **Mejores condiciones de trabajo**
- **Menor coste de mano de obra**
- **Mejor acabado superficial**
- **Menor consumo de energía de colocación**
- **Mayor rapidez de ejecución**
- **Facilita secciones esbeltas**
- **Mejor relación Resistencia / Peso**

Aprovechamiento del HAC en la prefabricación estructural

RELACIÓN RESISTENCIA / PESO Y SECCIONES ESBELTAS

RESULTADO CON HAC

- **Menor dificultad de ejecución**
- **Mayor productividad**
- **Mayor uniformidad**
- **Mejor acabado superficial**
- **Facilita el Aseguramiento de la Calidad**
- **Menor Plazo y Menor Coste**

HAC : Comparación con el HC

Entre HAC y HC

- **Más pasta (cemento + finos < 0.125 mm + agua) y menos árido grueso.**
- **Mayor desplazamiento (máximo 10 m)**
- **Mayor empuje sobre encofrado (Ley hidrostática). Situación similar a la correspondiente a elementos prefabricados con fuerte vibración.**
- **No aumenta deslavados por juntas**

HAC : Comparación con el HC

Entre HAC y HC

- **Módulo de elasticidad ligeramente inferior (7%). Para porcentajes altos de contenido de áridos valores análogos.**
- **Retracción inicial ligeramente superior. Retracción por secado inferior. Valor total análogo.**
- **Resistencias, longitudes de anclaje de armaduras activas y pasivas, análogas**

HAC : Comparación con el HC

Entre HAC y HC

- **En el comportamiento frente a esfuerzo cortante se detecta una ligera disminución del efecto de engranamiento, que no impide utilizar la formulación habitual sin merma de la seguridad especificada en la Instrucción EHE.**
- **La fluencia puede estimarse con las mismas fórmulas.**

HAC : Comparación con el HC

Entre HAC y HC

- **La Durabilidad es superior, presentando el HAC una interfase más compacta y una menor red de poros abierta.**
- **La resistencia al fuego es similar. Cuando se utilice humo de sílice como adición, el riesgo de desconchamiento explosivo del recubrimiento crece con el porcentaje de humo de sílice utilizado**

HAC : Comparación con el HC

Entre HAC y HC

Control de calidad:

- **Incrementar el control de la uniformidad en la granulometría de los áridos**
- **Incrementar el control de humedad en los áridos y del agua de amasado.**
- **Controlar el “tiempo abierto” en el que el hormigón mantiene las condiciones de autocompactabilidad requeridas y readitivar cuando sea preciso, de acuerdo con el procedimiento de fabricación.**

HAC : Comparación con el HC. Reglamentación

Entre HAC y HC

- **Dimensionado de acuerdo con las mismas reglas, normas y formulación**
- **En situaciones en que la reología sea determinante, realizar ensayos de tipo para comprobar el módulo de deformación.**

El marco reglamentario y su evolución:

- **Posible inclusión en la nueva revisión de la Instrucción EHE**

HAC

Orientación para su utilización

- **ACCESO DIFÍCIL DEL HORMIGÓN**
- **REDUCCIÓN DEL RUIDO DURANTE LA EJECUCIÓN**
- **SECCIONES ESBELTAS MUY ARMADAS**
- **ACABADOS SUPERFICIALES MUY UNIFORMES**
- **MEJORES CONDICIONES DE TRABAJO EN LA EJECUCIÓN**

HAC

Orientación para su utilización

- **REDUCCIÓN DE COSTES**
- **MEJOR ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD**
- **MAYOR RESISTENCIA**
- **MAYOR RELACIÓN RESISTENCIA/PESO**
- **MAYOR DURABILIDAD**
- **MAYOR SOSTENIBILIDAD**
- **MAYOR COMPETITIVIDAD**

POSIBILIDADES DEL HORMIGÓN PREFABRICADO (HAC)

- **PROCEDIMIENTO INDUSTRIAL**
- **ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD**
- **FLEXIBILIDAD = PREFABRICACIÓN ABIERTA**
- **RAPIDEZ Y ECONOMÍA**
- **FORMA**
- **TEXTURA**
- **COLORIDO**
- **DURABILIDAD**
- **PREVISIÓN Y CUMPLIMIENTO PLAZOS**

REALIZACIONES (HAR, HAP, HAC)

ESTRUCTURAS PREFABRICADAS

- **PUENTES**
- **EDIFICACIÓN**

MOLDE PARA PREFABRICACIÓN DE ELEMENTO ESTRUCTURAL CON HAC



HORMIGONADO DE ELEMENTO PREFABRICADO CON HAC



VIGA PREFABRICADA CON HAC ZONA DE SECCIÓN RECTANGULAR



VIGA PREFABRICADA CON HAC ZONA DE SECCIÓN EN DOLE T



VIGA PREFABRICADA CON HAC FINAL DEL HORMIGONADO



VIGA PREFABRICADA CON HAC EN BANCADA DE FABRICACIÓN



TABLERO CON VIGAS ARTESA PREFABRICADAS CON HAR, HAP Y HAC



TABLERO PREFABRICADO: 80 M. DE VANO CON CONTINUIDAD ESTRUCTURAL



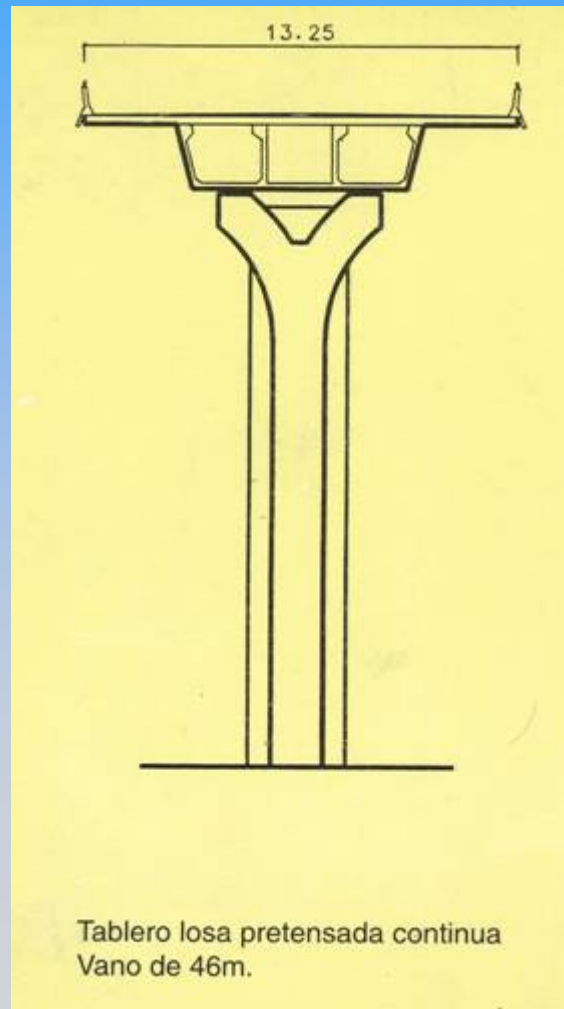
PILAS Y TABLERO PREFABRICADO CON UNA VIGA CAJÓN ÚNICA



**PUENTE COMPLETAMENTE
PREFABRICADO: 50 M. DE VANO, VIGAS
CONTINUAS DE CANTO VARIABLE**



PILA Y TABLERO CON DOS VIGAS FORMANDO UN CAJÓN BICELULAR DE HAR, HAP Y HAC



**PUENTE PARA FERROCARRIL.TAB.PREF:
DOS VIGAS FORMANDO UN CAJÓN
BICELULAR**



TABLERO CON JABALCONES PREFABRICADOS Y DEFINITIVOS. ALZADO



PUENTE ARCO PREFABRICADO CON HAR



VIGA CAJÓN ÚNICA PREFABRICADA. PLANTA CURVA Y CANTO VARIABLE



VIGA CAJÓN CURVA PREFABRICADA CON HORMIGÓN DE ALTA RESISTENCIA



INTERCAMBIADOR. ESTRUCTURA PREFABRICADA VIGAS Y PILARES DE HAR



PILARES Y DINTELES PREFABRICADOS CON HORMIGÓN DE ALTA RESISTENCIA



PÓRTICOS PREFABRICADOS. HORMIGÓN DE ALTA RESISTENCIA



PÓRTICOS PREFABRICADOS CON HORMIGÓN DE ALTAS PRESTACIONES



**PÓRTICOS PREFABRICADOS : 50 M. DE
VANO CENTRAL EN CANTILEVER.(HAR)
TIPOLOGÍA ADECUADA HAL**



ESTRUCTURA PREFABRICADA CON HORMIGÓN DE ALTA RESISTENCIA. VIGAS DE CANTO VARIABLE



EDIFICIO DE OFICINAS COMPLETAMENTE PREFABRICADO



BLOQUES PREFABRICADOS ACABADO SUPERFICIAL MUY HOMOGÉNEO



ELEMENTO ESTRUCTURAL PREFABRICADO CON HAC



ELEMENTO ESTRUCTURAL PREFABRICADO CON HAC



PREFABRICACIÓN DE TUBOS DE HORMIGÓN CON CAMISA DE CHAPA CON HAC



ACOPIO DE TUBOS PREFABRICADOS CON HAC



TUBOS PREFABRICADOS CON HAC GRAN UNIFORMIDAD SUPERFICIAL

