

# Teoría y Cálculo de Estructuras Mineras y Energéticas

## Tema 4. Transporte del hormigón



**José Ramón Berasategui Moreno**  
**Noemí Barral Ramón**  
**Jokin Rico Arenal**

Departamento de Transportes y Tecnología  
de Proyectos y Procesos

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



## TRANSPORTE DEL HORMIGÓN

### A. TRANSPORTE INTERMITENTE:

- Carretillas:
  - Obras pequeñas/transporte horizontal.
  - Rendimientos: 3 m<sup>3</sup>/hora/hombre.



- Montacargas, dumpers.



- Camiones hormigoneras.



- Cubilotes (grúas):
  - Sistema habitual y buen método.
  - Transporte horizontal y vertical.
  - Rendimientos: 12 m<sup>3</sup>/hora/grúas medianas.



## TRANSPORTE DEL HORMIGÓN

### B. TRANSPORTE CONTINUO (gran rendimiento):

- Cintas transportadoras:
  - Transporte horizontal.
  - Permite mayores tamaños máximos de áridos.
  - Exige de consistencia plástica y descarga sobre embudos o trompas.
  - Precauciones, si: lluvia, viento, sol.



- Por tubería (bombas de hormigón).



### CAMIONES HORMIGONERAS

#### EN CAMIONES:

- Estático.



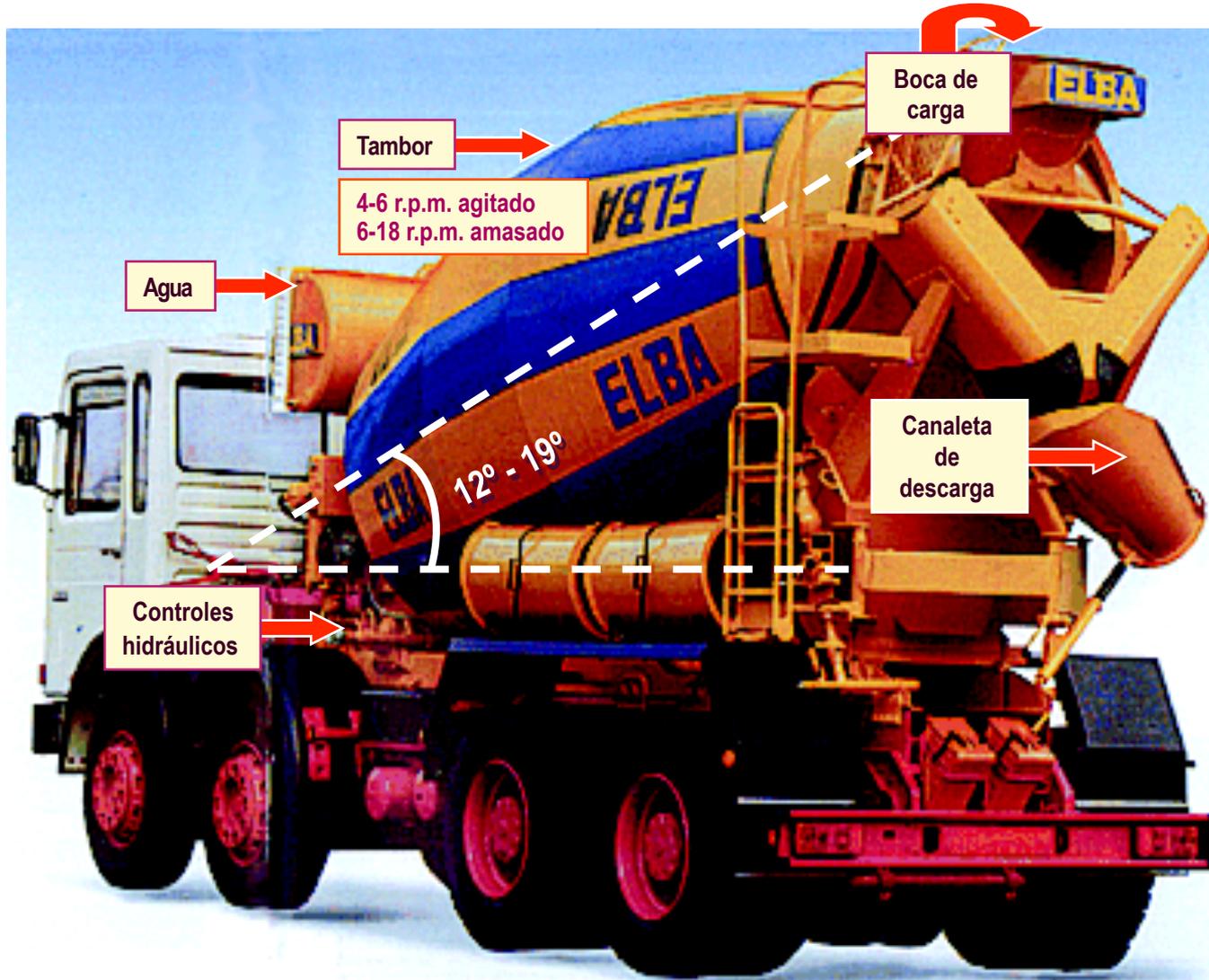
## CAMIONES HORMIGONERAS

El transporte de hormigón mediante **CAMIONES HORMIGONERAS** puede realizarse:

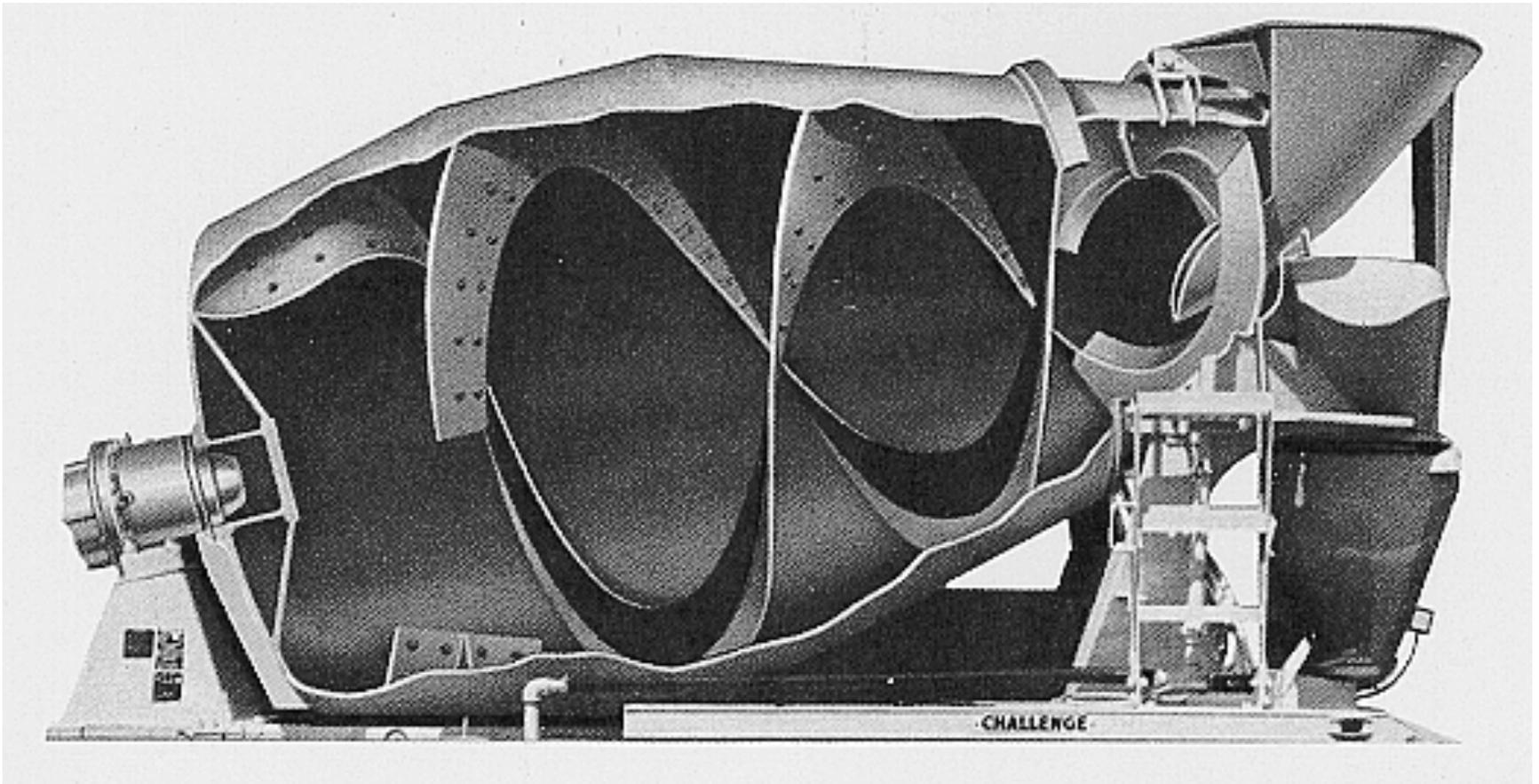
- Introduciendo los materiales en el camión y realizar el amasado durante el trayecto.
- Realizando el amasado en Planta e introduciendo la pasta en el camión para su traslado a Obra.
- Introduciendo los materiales en el camión excepto el agua, ésta se añade una vez en obra, realizando allí el amasado. En función de:
  - Tipo de hormigón.
  - Volumen.
  - Distancia a obra.
  - Temperatura exterior.
  - Aditivos o no.
  - Etc.



### CAMIONES HORMIGONERAS

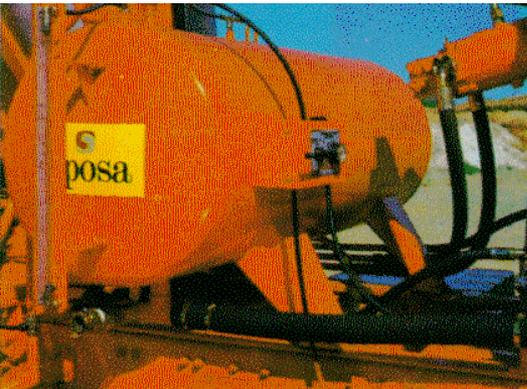


### CAMIONES HORMIGONERAS



### CAMIONES HORMIGONERAS

### MOTOR HIDÁULICO DE ROTACIÓN



### DEPÓSITO DE AGUA

### CAMIONES HORMIGONERAS



### CAMIONES HORMIGONERAS



## ENSAYOS HOMOGENEIDAD

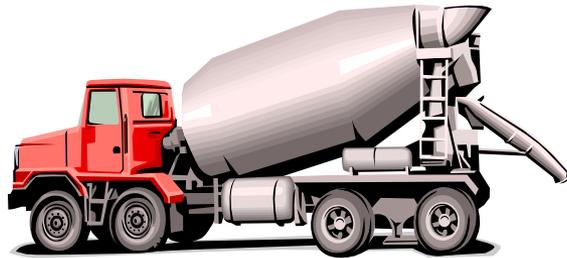
### ENSAYOS HOMOGENEIDAD:

- Diferencia máxima tolerada entre los resultados de los ensayos de dos muestras tomadas en momentos diferentes de la descarga del hormigón.
  
- Peso del hormigón por m<sup>3</sup> ..... 16 Kg.
  
- Contenido del aire, en porcentaje respecto al volumen de hormigón ..... 1,0 %
  - Si el asiento medio es de 0 a 2 cm ..... 1 cm.
  - Si el asiento medio es de 3 a 5 cm ..... 2 cm.
  - Si el asiento medio es de 6 a 9 cm ..... 3 cm.
  - Si el asiento medio es de 10 a 15 cm ..... 4 cm.
  - Si el asiento medio es mayor o igual a 16 cm ..... 6 cm.
  
- Contenido de árido grueso, en porcentaje respecto al peso de la muestra tomada ..... 6,0%
  
- Módulo granulométrico del árido grueso ..... 0,5%
  
- Resistencia a compresión a 7 días expresada la resistencia de cada muestra como porcentaje de la media de todas las probetas de las 2 muestras ..... 7,5%

## ENSAYOS HOMOGENEIDAD

### PRODUCCIÓN HORARIA CAMIONES HORMIGONERAS:

- La producción horaria de los camiones hormigoneras se calcula según la siguiente expresión:



$$q_t = \frac{60 C}{t_{cd} + \frac{R}{r} + T_{tr}}$$

- **C**: capacidad del tambor, en m<sup>3</sup>.
- **t<sub>cd</sub>**: tiempo de carga y descarga, en min.
- **R**: número de vueltas requeridas para el amasado.
- **r**: revoluciones del tambor, en r.p.m.
- **T<sub>tr</sub>**: tiempo total de transporte (ida-amasado y regreso-vacío), en min.
- **q<sub>t</sub>**: producción horaria, en m<sup>3</sup>/h.

## TRANSPORTE DEL HORMIGÓN

### B. TRANSPORTE CONTINUO (gran rendimiento):

- Cintas transportadoras:
  - Transporte horizontal.
  - Permite mayores tamaños máximos de áridos.
  - Exige de consistencia plástica y descarga sobre embudos o trompas.
  - Precauciones, si: lluvia, viento, sol.



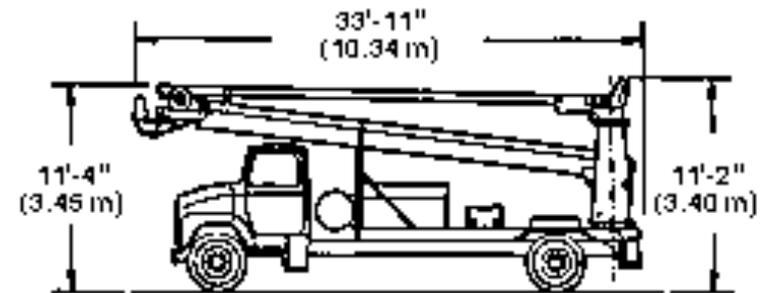
### B. TRANSPORTE CONTINUO

### CINTAS TRANSPORTADORAS



## B. TRANSPORTE CONTINUO

### CAMIÓN CINTA TRANSPORTADORA



## **B. TRANSPORTE CONTINUO**

### **CINTA TRANSPORTADORA:**

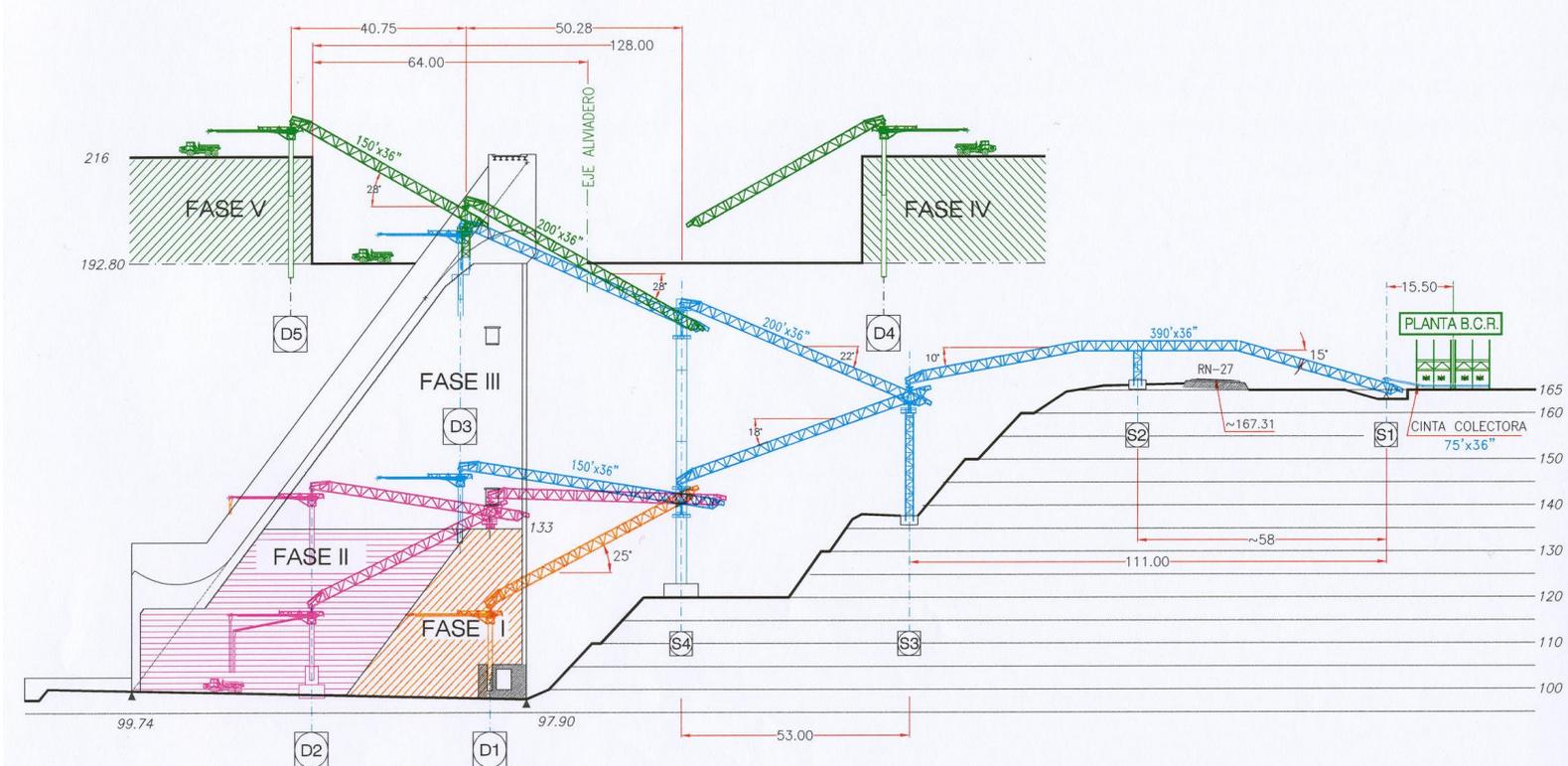
- Producción:  $>350 \text{ m}^3/\text{h}$  -  $3.000 \text{ m}^3/\text{día}$ .
- Anchura: 600-900 mm.
- Velocidad: 2-3 m/s.
- Longitud: hasta 600 m.
- Fabricación-colocación: 20-40 min.



**TRANSPORTE DEL HORMIGÓN**

**PRESA DE BENI HAROUN**

PRESA DE BENI HAROUN (ARGELIA)

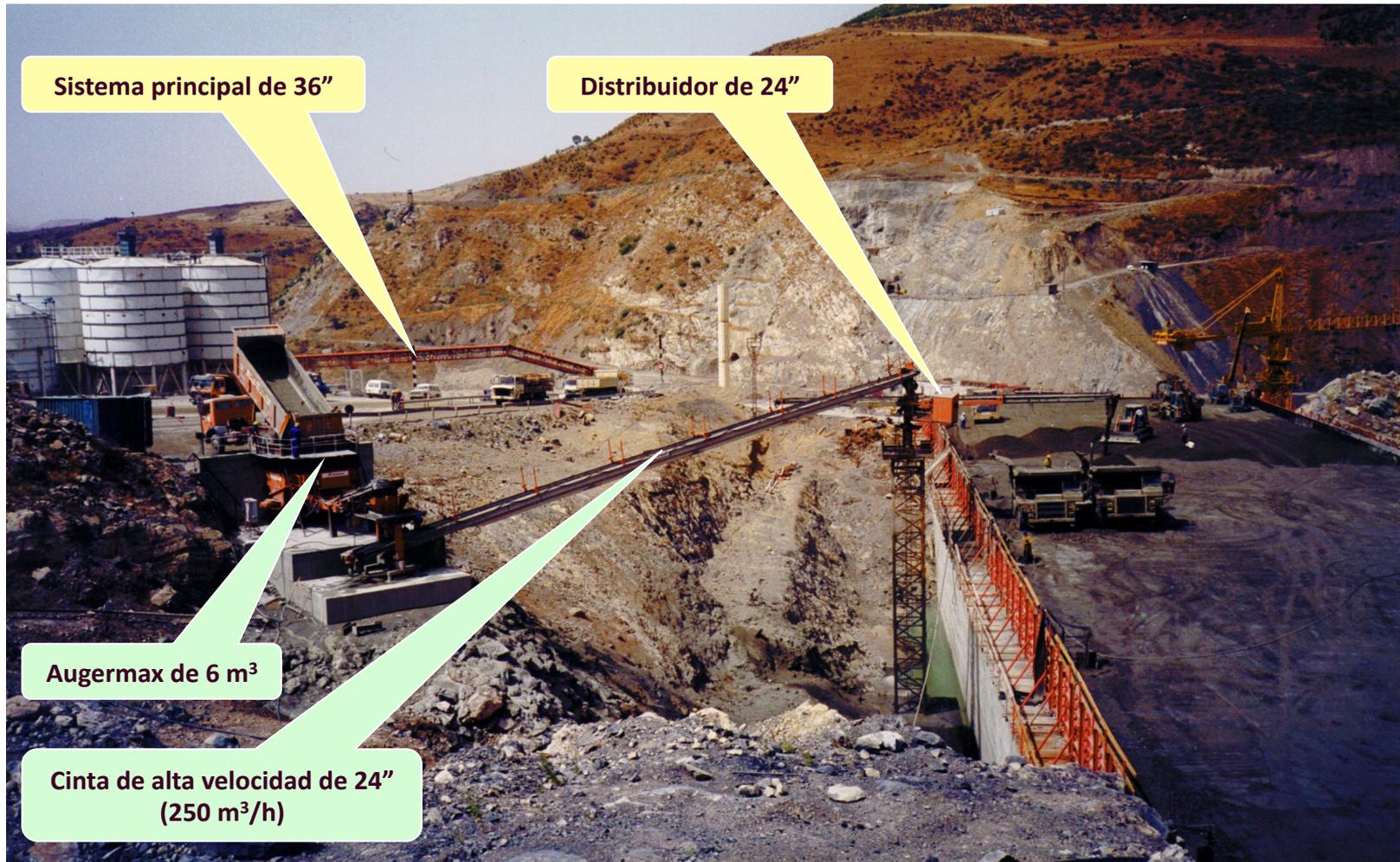


SISTEMA DE CINTAS DE ALTA VELOCIDAD

**Planificación de fases**

### TRANSPORTE DEL HORMIGÓN

PRESA DE BENI HAROUN



Sistema principal de 36"

Distribuidor de 24"

Augermax de 6 m<sup>3</sup>

Cinta de alta velocidad de 24"  
(250 m<sup>3</sup>/h)

Sistema de 24" para estribo derecho

### TRANSPORTE DEL HORMIGÓN

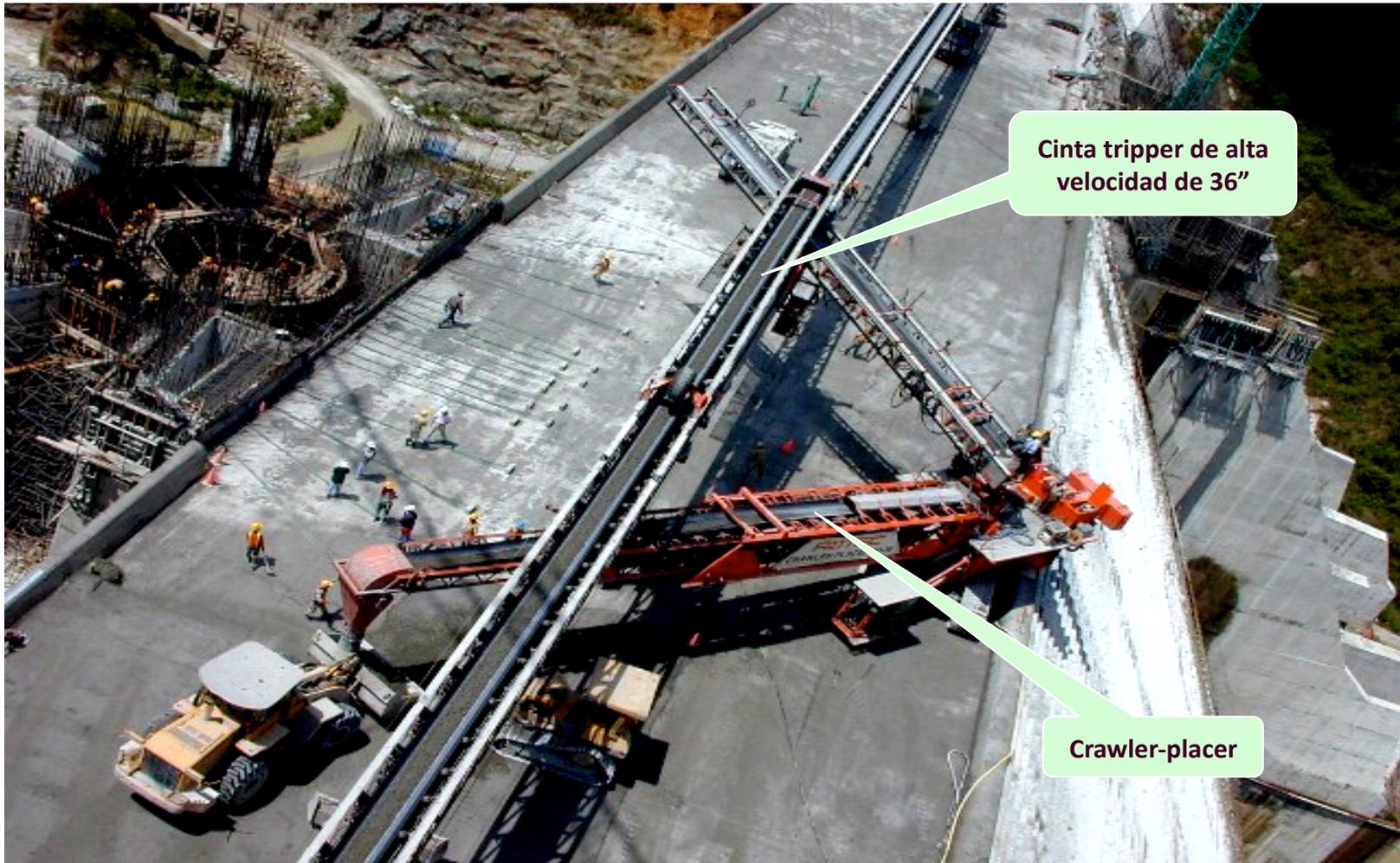
PRESA DE BENI HAROUN



Sistema principal de cintas de alta velocidad de 36" (550 m<sup>3</sup>/h)

### TRANSPORTE DEL HORMIGÓN

PRESA DE PORCE II

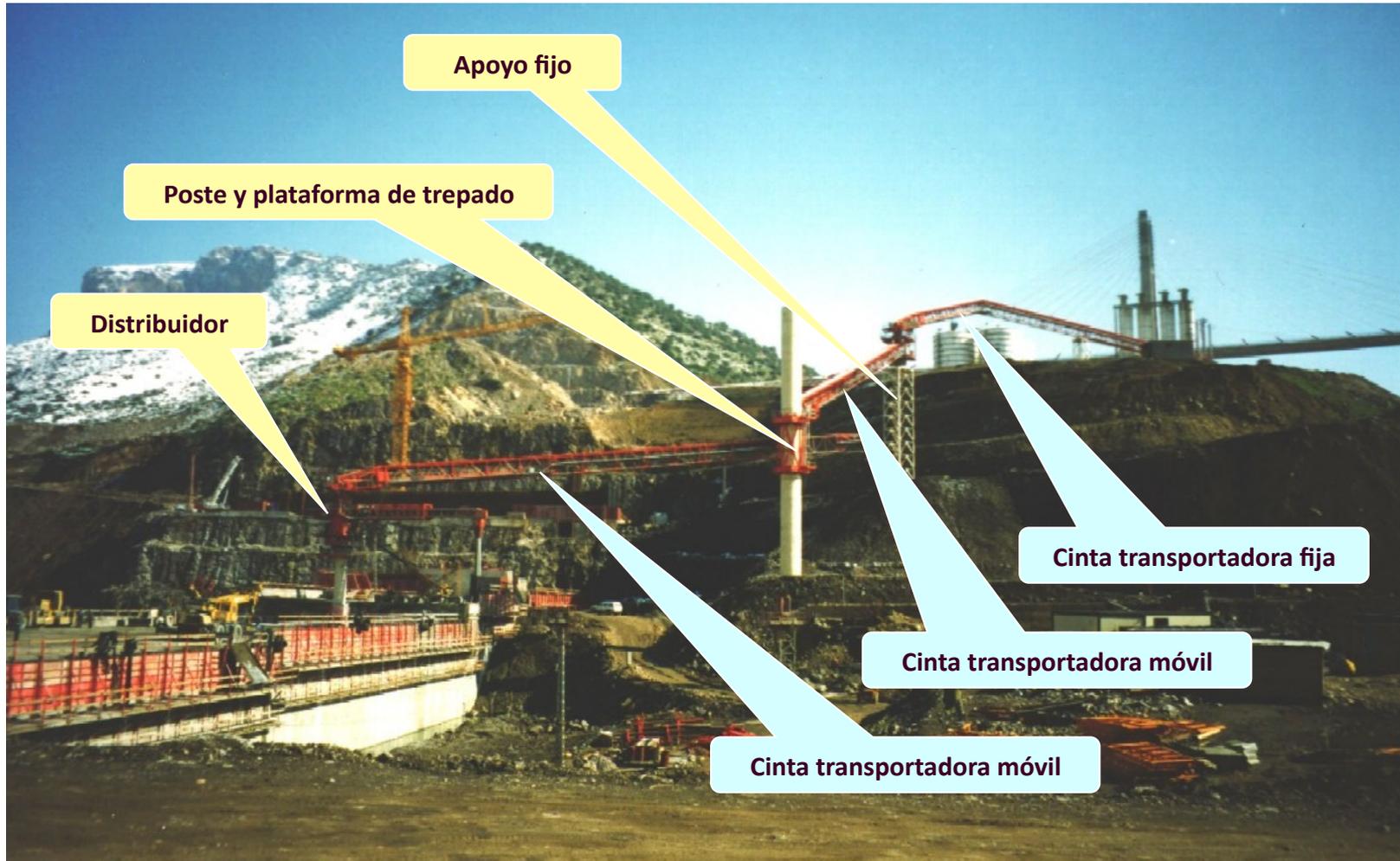


### COLOCACIÓN DEL HORMIGÓN CON CINTAS RÁPIDAS



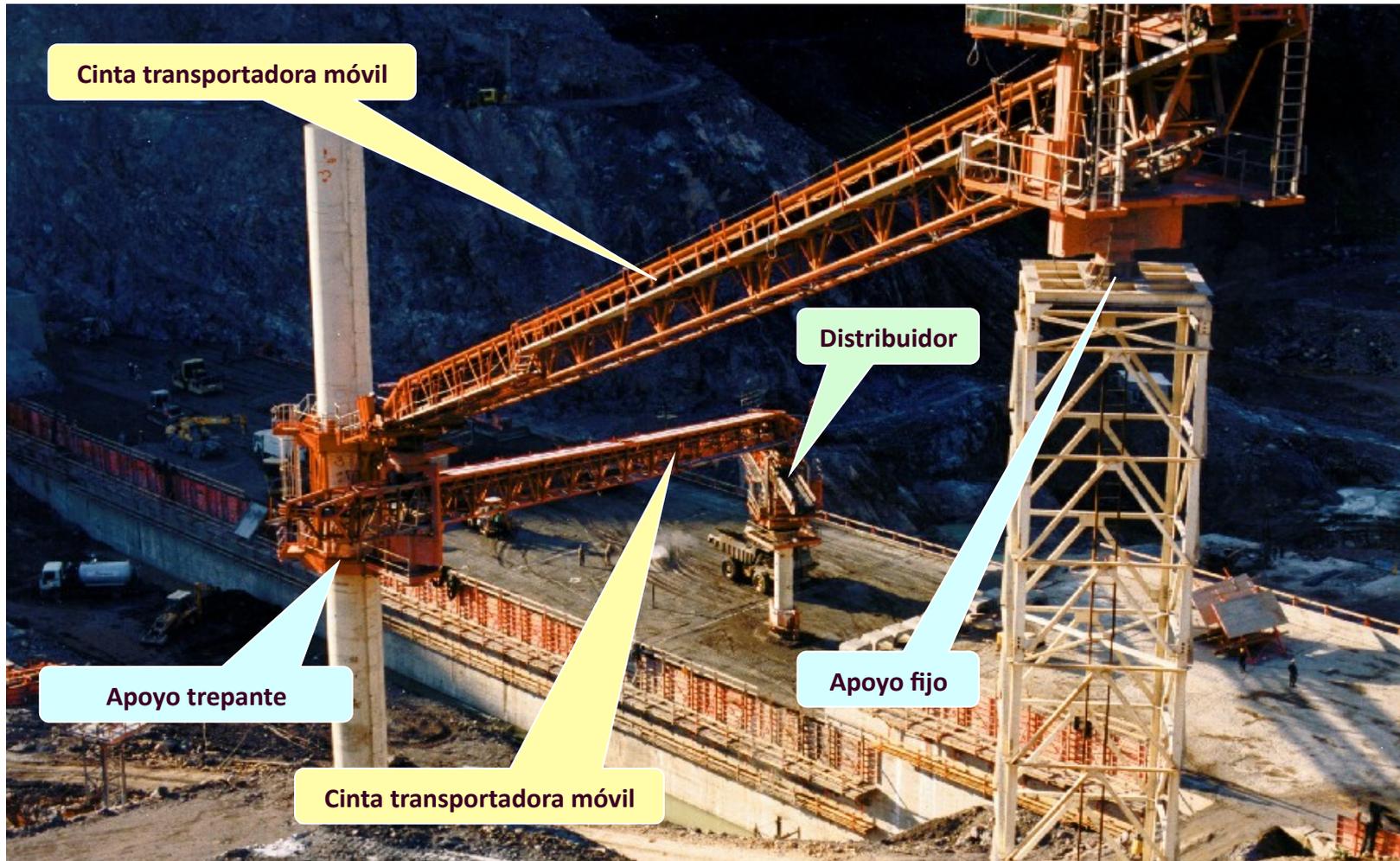
### TRANSPORTE DEL HORMIGÓN

PRESA DE BENI HAROUN



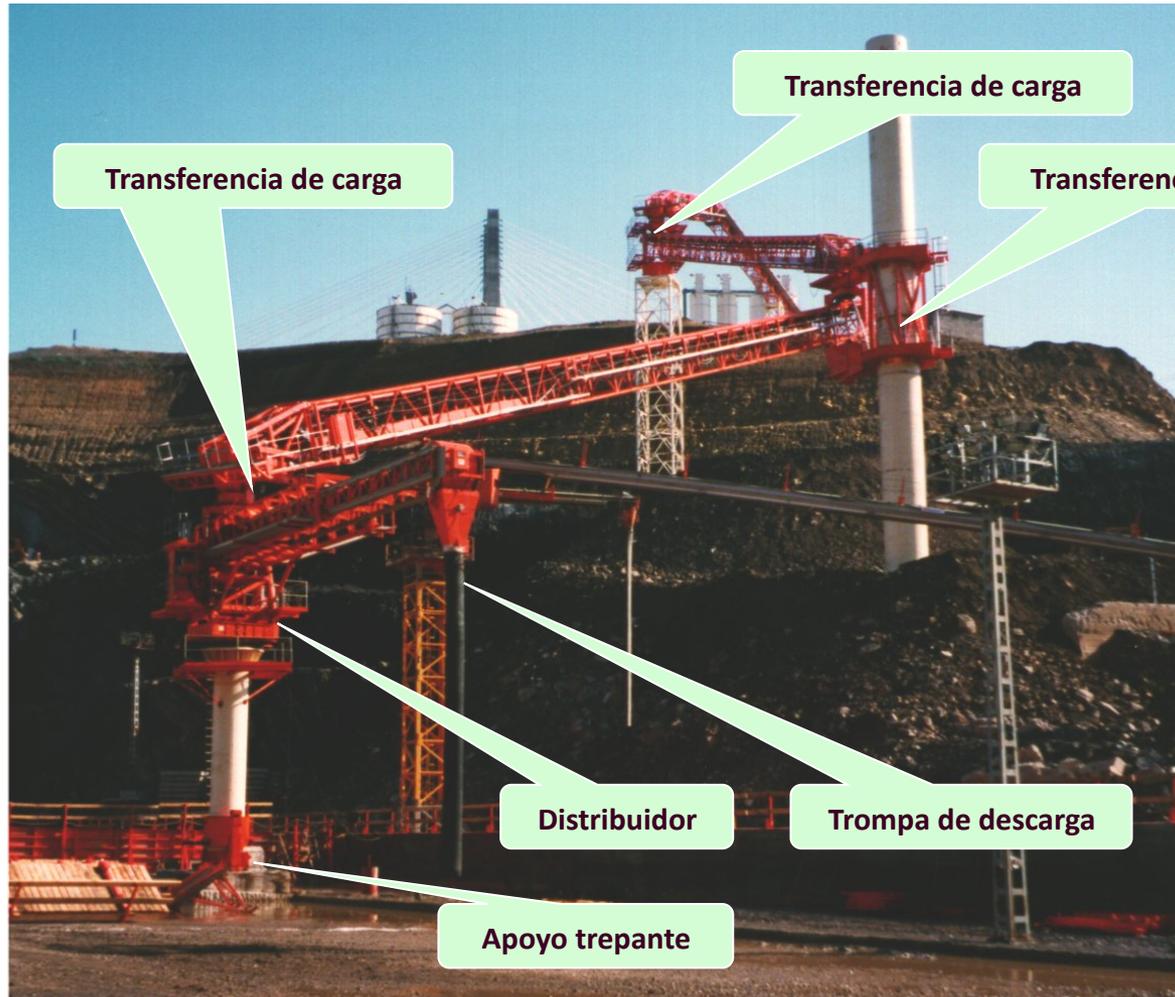
### TRANSPORTE DEL HORMIGÓN

PRESA DE BENI HAROUN



### TRANSPORTE DEL HORMIGÓN

PRESA DE BENI HAROUN



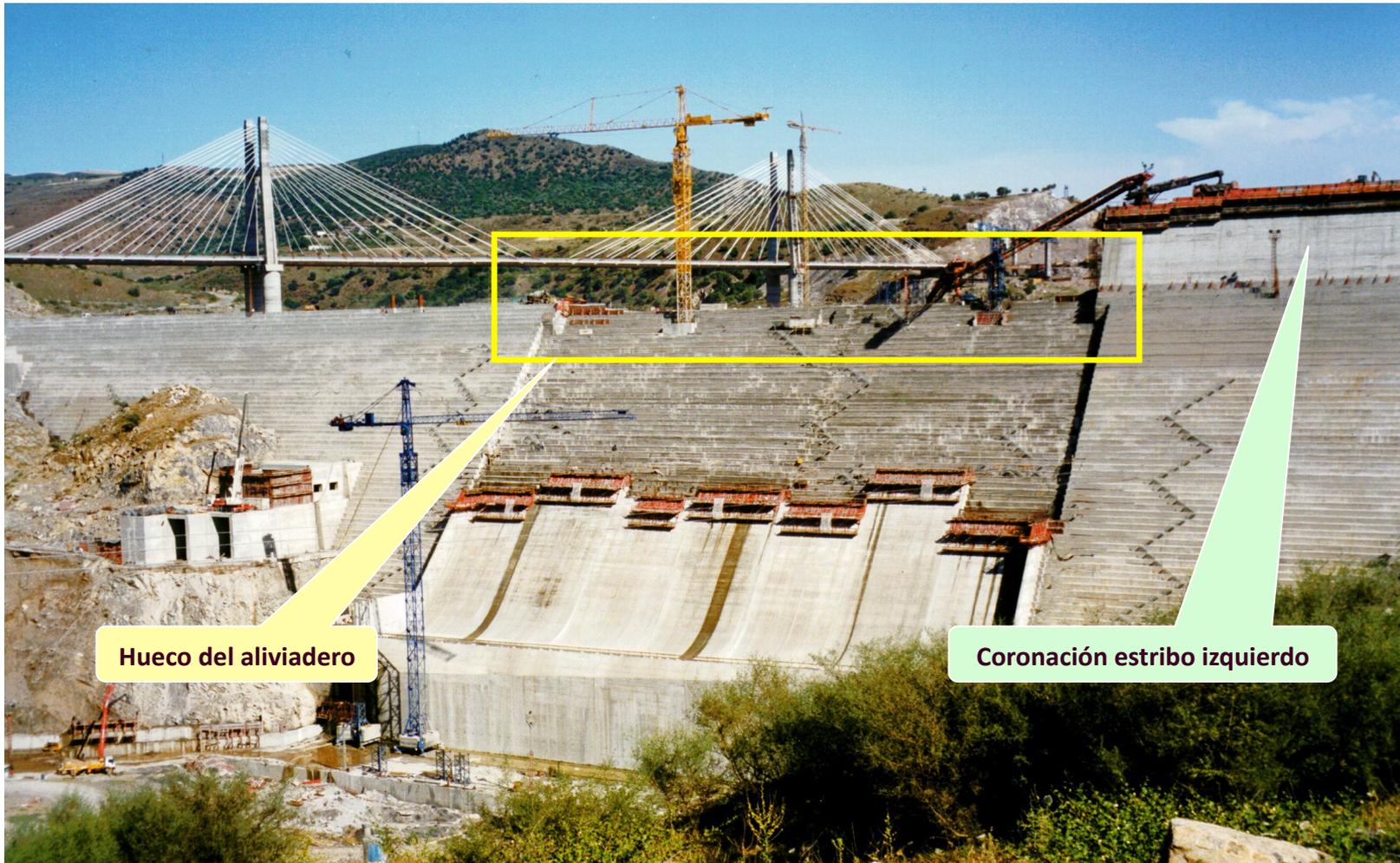
### TRANSPORTE DEL HORMIGÓN

PRESA DE BENI HAROUN



### TRANSPORTE DEL HORMIGÓN

PRESA DE BENI HAROUN



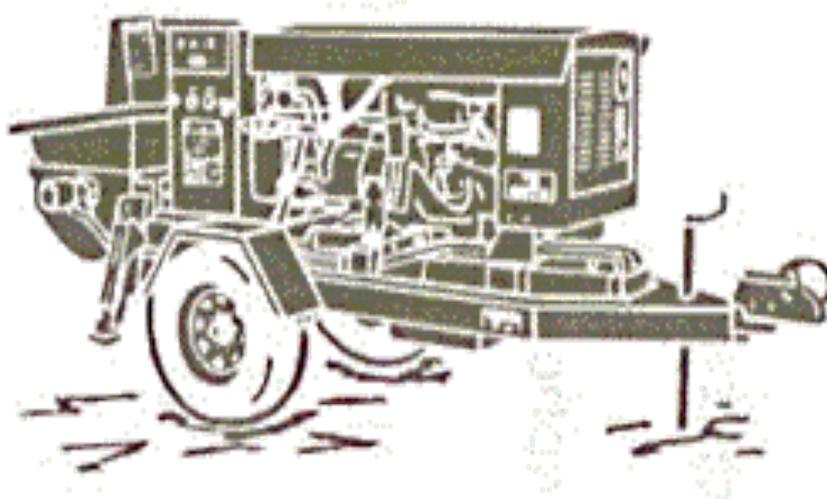
Hueco del aliviadero

Coronación estribo izquierdo

Ejecución de la coronación

### BOMBEO DE HORMIGÓN

**ALEMANIA (1930)**



**TRANSPORTE DE HORMIGÓN POR TUBERIA**



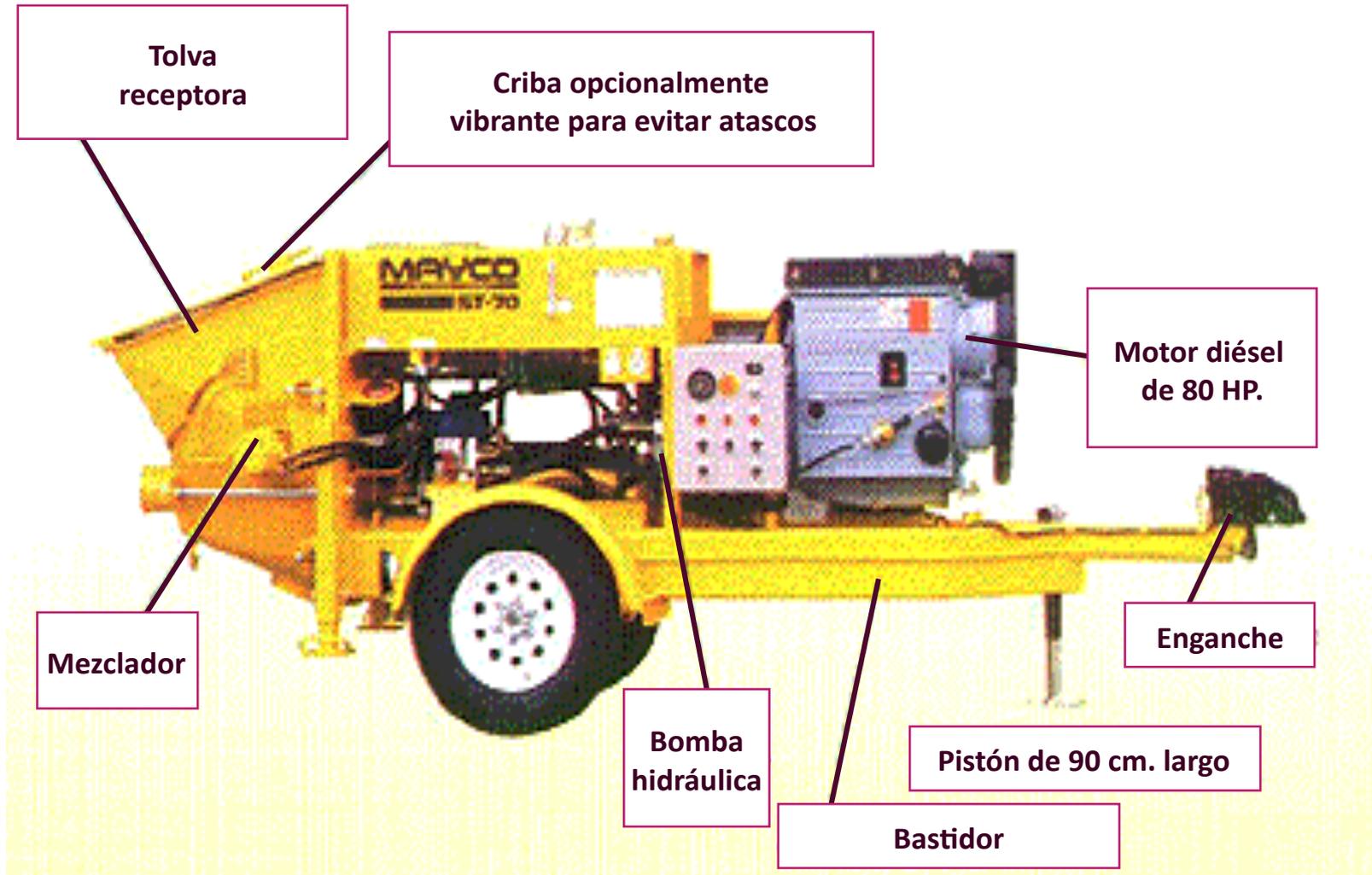
## BOMBAS DE HORMIGÓN

### CLASIFICACIÓN:

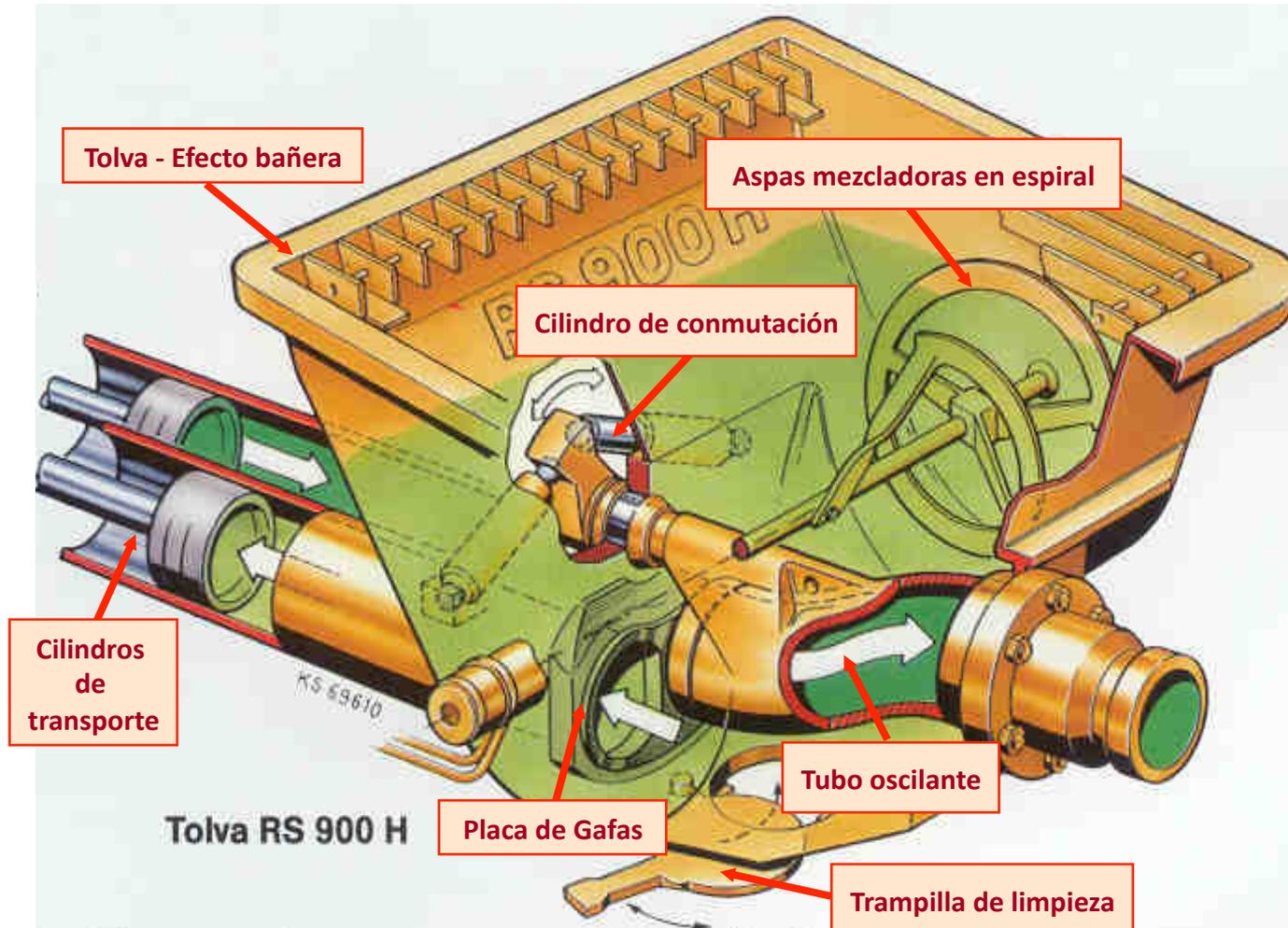
- Su movilidad:
  - Estacionarias.
  - s/Remolques.
  - s/Camión.
  
- Su tecnología de impulsión:
  - De Pistón.
  - Neumáticas.
  - Peristálticas.

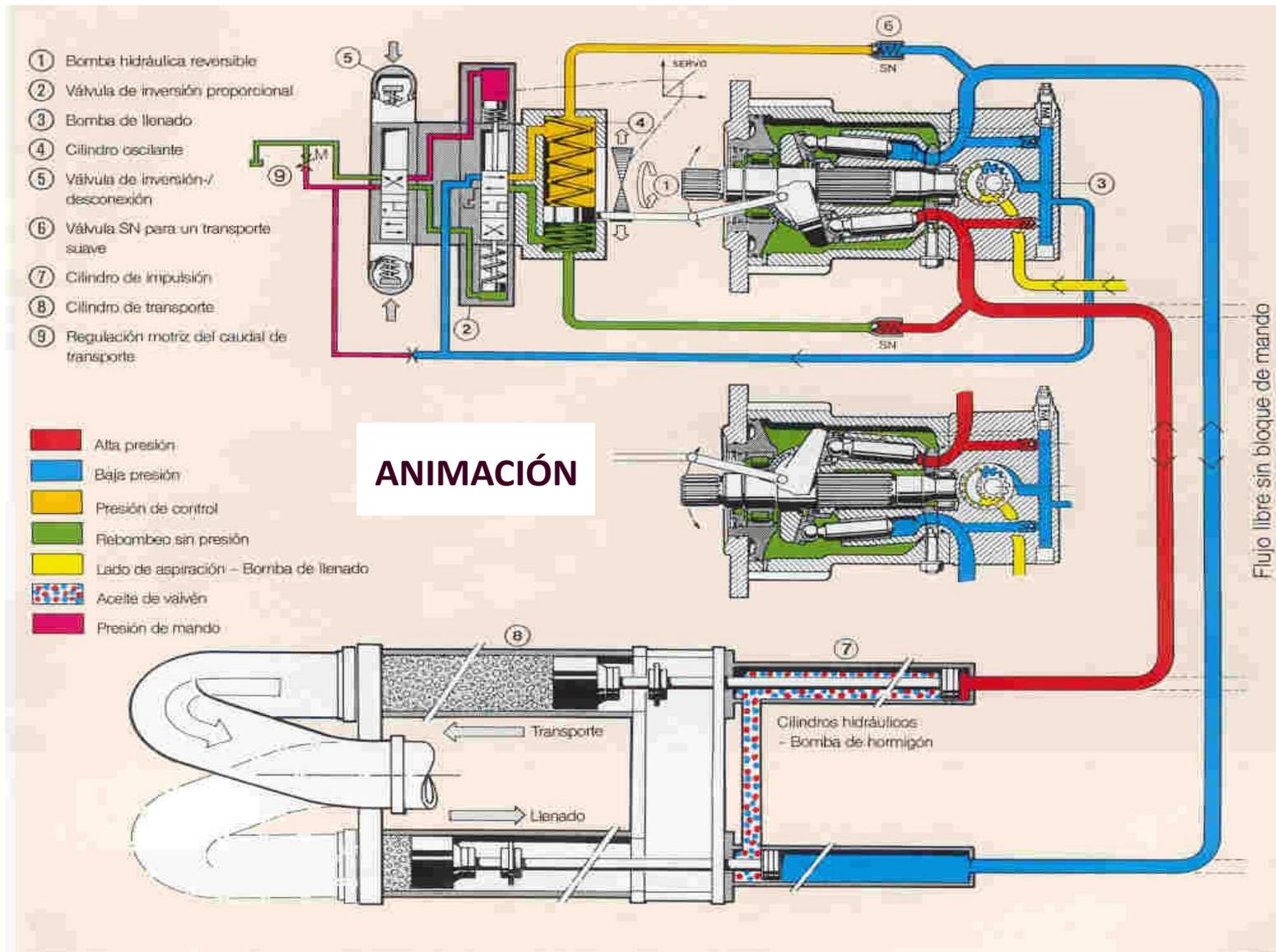


### BOMBAS DE HORMIGÓN



### PARTES DE UNA BOMBA DE HORMIGÓN





## BOMBAS DE HORMIGÓN

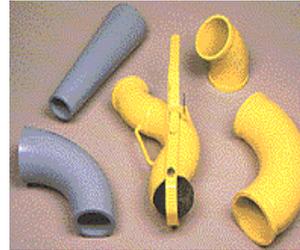
- ÉMBOLO I.
  
- ÉMBOLO II.
  
- BOMBA ROTATIVA.



### BOMBAS DE HORMIGÓN



### ACCESORIOS



### TUBERÍAS

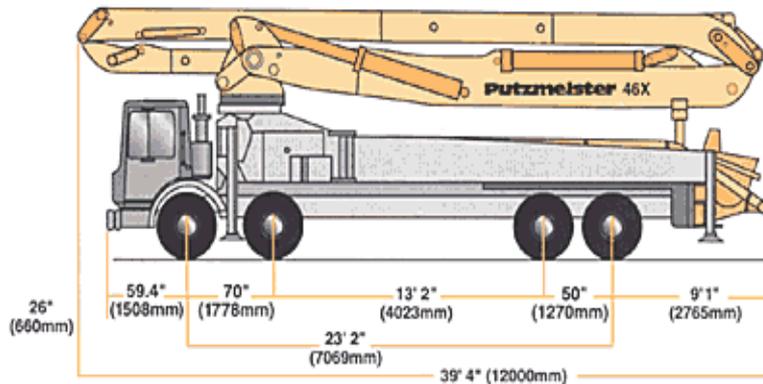
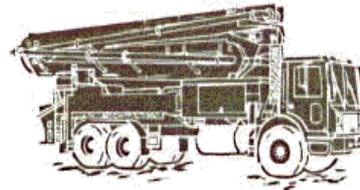


### VÁLVULAS DE CORTE

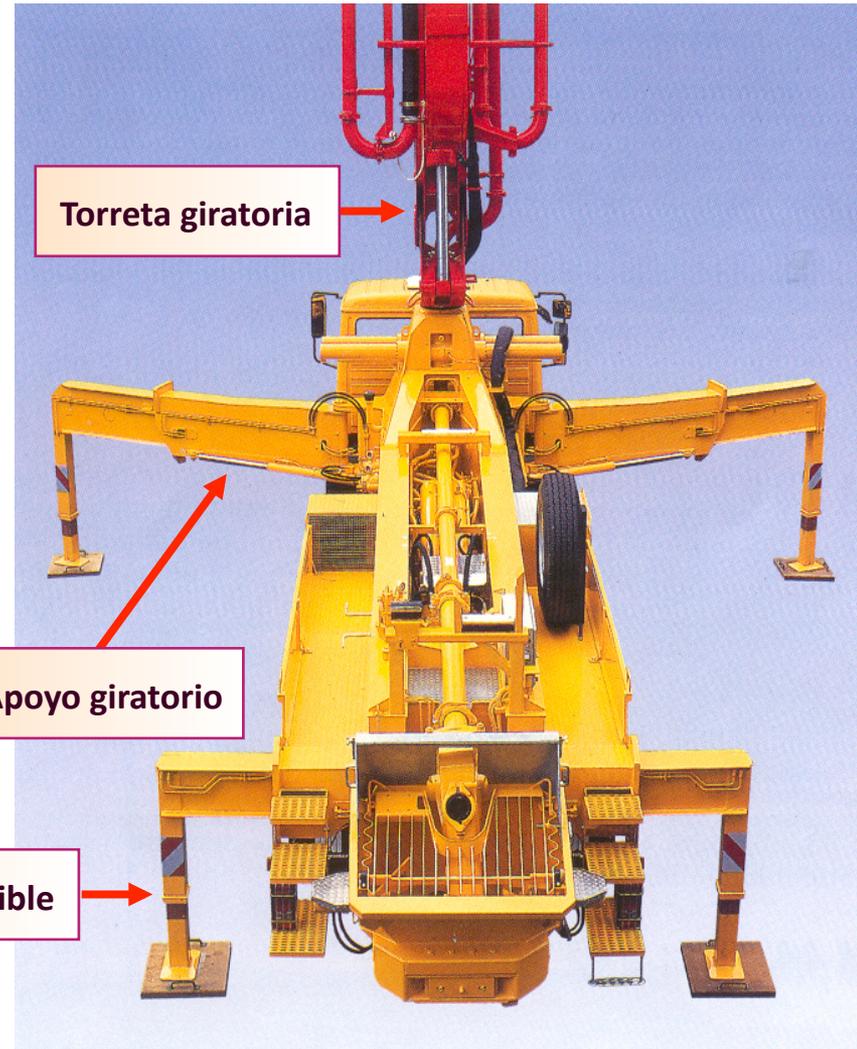




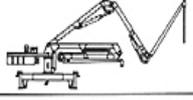
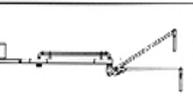
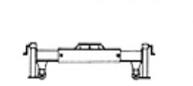
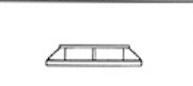
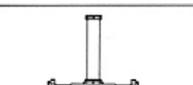
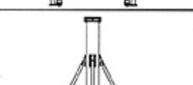
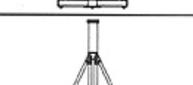
### BOMBAS DE HORMIGÓN SOBRE CAMIÓN



### BOMBAS DE HORMIGÓN SOBRE CAMIÓN



### TORRE DE DISTRIBUCIÓN

	BVZ
	DL
	DR
	DRV
	B
	BR
	F
	CB
	CBR
	CT
	CZ



## ANTES DE BOMBEAR HAY QUE...

- Estudiar las características de la Obra.
- Seleccionar tipo y características del equipo de bombeo.
- Organizar la Obra en función del bombeo.
- Estudiar la dosificación y el abastecimiento continuo del hormigón.
- Prever alternativas por:
  - Por interrupciones del suministro.
  - Por roturas.
  - Por accidentes.



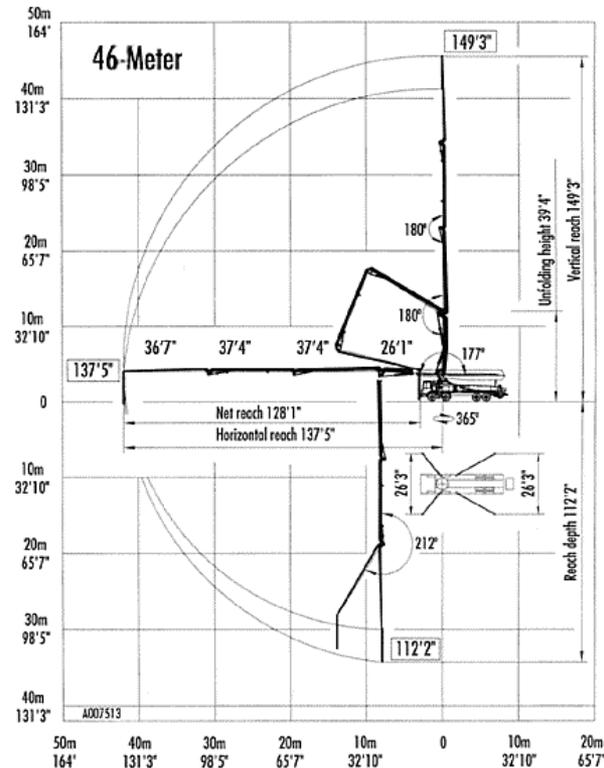
## EL HORMIGÓN BOMBEADO REQUIERE UNAS CARACTERÍSTICAS ESPECIALES

- Se utilicen áridos rodados y consistencias blandas.
- Granulometrías muy continuas y proporciones elevadas de finos.
- El tamaño máximo de árido no debe superar a  $1/4$  del diámetro de la tubería.
- Rico en cemento (más 300 kg. de cemento por  $m^3$ ).
- Agregados gruesos menos del 60% del total.
- Agregados finos que satisfagan ASTM C33.
- Asentamiento de 5 cm. o más (Cono de Abrams).



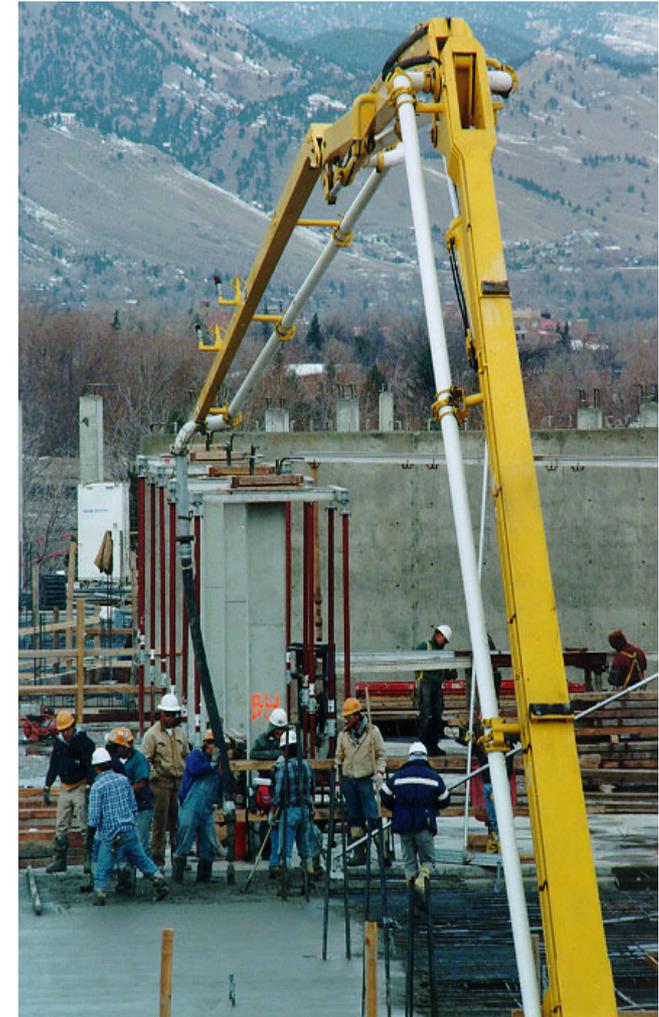
## PLANIFICACIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

- Selección de las máquinas y Accs.
- Estudio y Org. del sitio de obra.
- Planificación de las entregas.
- Plan de posicionamientos.
- Previsión de imprevistos.
- Fijación de controles.
- Medidas de **SEGURIDAD**.
- Plan de Comunicaciones.
- Organización y Dirección.



## ALGUNAS RECOMENDACIONES EN EL BOMBEO DE HORMIGÓN

- Las tuberías deben seguir los recorridos mínimos, con pocas curvas y se arriostarán adecuadamente para que resistan los esfuerzos que transmiten la circulación de la mezcla.
- Evitar la segregación durante el bombeo.
- Debe evitarse la proyección directa del chorro de hormigón sobre las armaduras.



## BOMBEO DE HORMIGÓN

### TARIFAS DE PRECIOS:

#### M<sup>3</sup> BOMBEADOS

Hasta **15 m<sup>3</sup>**

Más de **15 m<sup>3</sup>**

#### PRECIOS

**90 €**

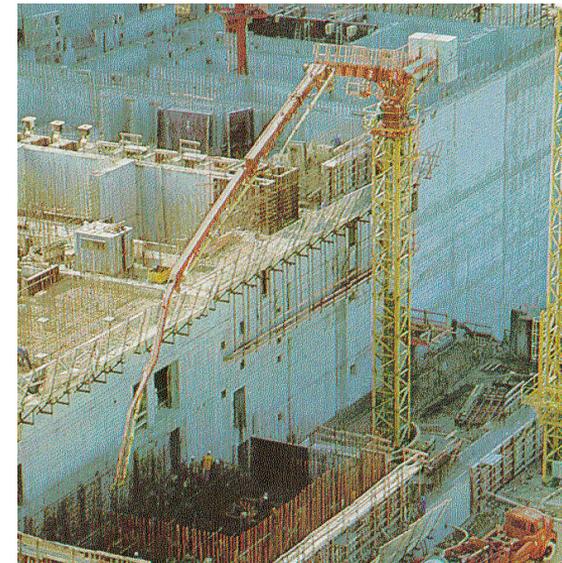
**6 €**

#### OBSERVACIONES

Precio mínimo: 125 €.

Rendimiento mínimo 15 m<sup>3</sup>/h. El exceso de tiempo empleado sobre el rendimiento mínimo exigido se cobrará en razón de 45 €/ hora.

- Por desplazamiento de camión-bomba a un radio de 15 km. desde la Central de Hormigón se le aplica un gasto fijo de 36 €. A partir de los 15 km. se cobrarán 0,45 Cents./ km. recorrido



### BOMBEO DE HORMIGÓN

#### TARIFAS DE PRECIOS:

AUTOBOMBA CON	PLUMA <32 m.	PLUMA 36 m.	PLUMA 42 m.
	PRECIO €	PRECIO €	PRECIO €
SALIDA DE BOMBA	57,71	97,96	109,68
M <sup>3</sup> DE BOMBEO	9,08	11,13	12,37
RENDIMIENTO MÍNIMO	15 M <sup>3</sup> /h	15 M <sup>3</sup> /h	15 M <sup>3</sup> /h
TIEMPO FUERA RENDIMIENTO	62,97	75,56	83,57
POR EXCESO EN Km a partir de 15	0,69	0,91	0,98
FACTURACIÓN MÍNIMA	176,66	242,1	295,36
Para bombeos superiores a 80 m <sup>3</sup> se bonificará con el 10%.			

### BOMBAS PARA MORTEROS



### CUBILOTES (GRÚAS)



### CUBILOTES (GRÚAS)



### CUBILOTES (GRÚAS)



**TU**

**TOLVA DE TUBO FLEXIBLE.  
VERSION RECTA CON VACIAMIENTO CENTRAL.  
DE 350 A 2250 l.**

La tolva TU está especialmente diseñada para el acopio de hormigón fluido, en condiciones excepcionales de seguridad y limpieza, de encofrados de difícil aproximación.

Radica su carácter específico en la continuidad del flujo del homigón desde el tanque de la tolva hasta el encofrado: un eficiente procedimiento que impide toda clase de segregaciones, con un tubo flexible de 3 metros de longitud lineal.

Compuesta de subconjuntos intercambiables, esta tolva está dotada asimismo de un receptáculo de lechada con lo que se evitan los derrames.

La apertura de la tolva TU se opera por medio de un cordaje de nylon que interviene en una empuñadura provista de un muelle antagonista. De este modo, el puesto de trabajo queda completamente despejado.



**141-5**

**TOLVA DE FONDO PRACTICABLE, CON VUELCO LATERAL, VERSION RECTA.**

**141-5 VOL**

**ACCIONAMIENTO CON PALANCA DE 100 A 300 l.**

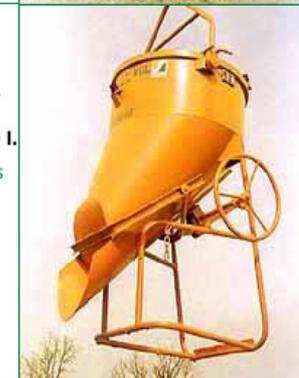
**141-5 VOL:**

**ACCIONAMIENTO CON VOLANTE, DE 300 A 1500 l.**

Las tolvas 141-5 reúnen características muy apreciadas por los profesionales de la construcción y obras públicas:

- precisión y rapidez en la colocación del hormigón, merced al fondo practicable constituido por una canaleta de vuelco lateral;
- facilidad de paso del hormigón, y de las operaciones de limpieza después del uso, merced a la forma cilíndrica del tanque.

A petición del interesado, las tolvas 141-5 ofrecen además posibilidades de capacidad hasta 5000 l. y apertura de la compuerta accionada por un gato hidráulico o neumático.



**TUC D**

**TOLVA DE TUBO FLEXIBLE.  
VERSION TUMBADA CON VACIAMIENTO DESVIADO.  
DE 350 A 2250 l.**

La versión más elaborada de las tolvas de tubo flexible, la tolva TUC D combina un diseño robusto con una forma especialmente funcional.

Una fórmula ideal para efectuar los más áridos trabajos, en las obras de accesos difíciles.

### CUBILOTES (GRÚAS)

