

DOVELAS DE REVESTIMIENTO (I)

CONSIDERACIONES DEL DISEÑO

En el diseño estructural de las dovelas se ha tenido en cuenta lo siguiente:

- Empujes del terreno
- Manipulación de las dovelas
- Construcción y desencofrado
- Almacenamiento de dovelas
- Empuje de los gatos
- Durabilidad
- Resistencia al fuego

Sistema de dovelas adoptado

En el caso del Túnel ferroviario de AV de Guadarrama, no hay curvas de radio pequeño y, por tanto, no es necesario prever una conicidad que daría lugar al uso de anillos izquierdos y derechos.

- Se adopta un esquema en el que la dovela de solera está colocada siempre en la misma posición, lo cual permite que incorpore la plataforma con vías. Al comenzar siempre el montaje en solera, la operación resulta más segura.
- Para evitar las juntas en cruz, las dovelas adyacentes a la de solera son distintas, pudiéndose alternar de forma que las juntas tengan forma de T, lo que supone un factor de seguridad añadido respecto al agua.
- El montaje finaliza siempre por las dovelas de llave, colocadas por encima del eje horizontal y situadas alternativamente a izquierda y derecha respecto del eje vertical, encontrándose su eje a $36,75^\circ$ del vertical.

DESCRIPCIÓN

En este caso, se ha tomado un diámetro interior de $\varnothing_i = 8,50$ m y un espesor de dovela $e = 32$ cm, con lo cual la relación $\varnothing_i/e = 26,56$, está en consonancia con obras similares.

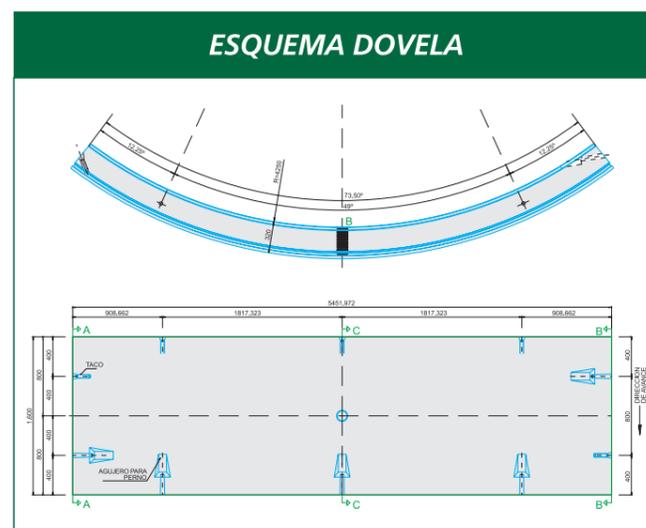
Las dovelas se montan al abrigo de la coraza del escudo mediante el encaje de unas con otras, atornillándose en las juntas, circunferenciales y radiales, mediante tornillos rectos, que se sitúan en alojamientos embutidos en la dovela contigua. De esta forma, se dividen por dos los huecos de inserción, que siempre son un punto débil respecto de la afluencia de agua.

Los ángulos en el centro que definen los desarrollos de las dovelas son:

NÚMERO DE DOVELAS	SITUACIÓN	ÁNGULO
1	Solera	$66,0^\circ$
1	Contigua a solera	$73,5^\circ$
1	Clave	$24,5^\circ$
4	Resto	$49,0^\circ$

Las características del revestimiento con dovelas son:

- Diámetro de excavación 9.450 mm
- Diámetro interior 8.500 mm
- Espesor de revestimiento 320 mm
- Espesor inyección en trasdós 130-150 mm
- Longitud del anillo 1.600 mm
- Número de dovelas 7



HIPÓTESIS PARA EL DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL

La hipótesis más desfavorable, en el caso de gneiss sano, corresponde a la manipulación y desencofrado de dovelas, mientras que en el caso de las zonas de falla del Valle de La Umbría corresponde al empuje del terreno. Respecto del empuje de los gatos no es necesario disponer redondos adicionales.



En las juntas radiales se ha dispuesto un suplemento de armaduras de $8 \text{ } \varnothing \text{ } 8$ en la dirección mayor y $8 \text{ } \varnothing \text{ } 6$ en la dirección menor. Además se ha dispuesto un refuerzo de armadura en el contorno del alojamiento de los tornillos y del punto de elevación de la dovela.

Teniendo en cuenta todas las hipótesis mencionadas, las armaduras obtenidas en el cálculo son:

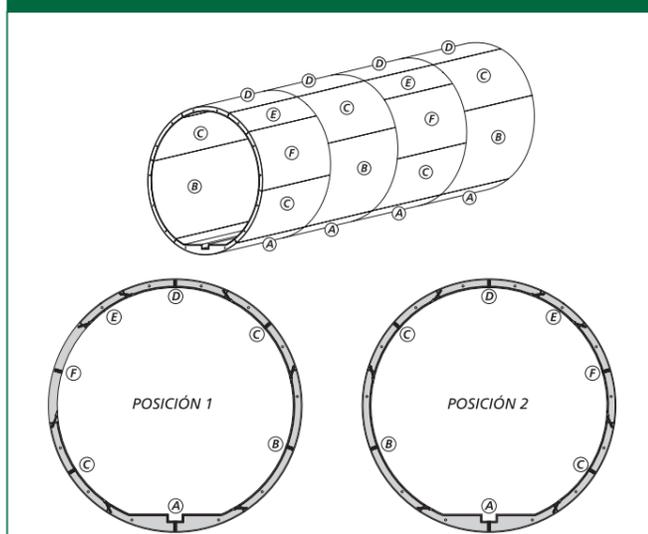
ZONA	HORMIGÓN	ARMADURA PRINCIPAL	CERCOS
Gneiss sanos	HA-40	$9 \text{ } \varnothing \text{ } 12$	$\varnothing 8/20 \text{ cm}$
Fallas en el Valle de La Umbría	HA-50	$12 \text{ } \varnothing \text{ } 12$	$\varnothing 8/20 \text{ cm}$

MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

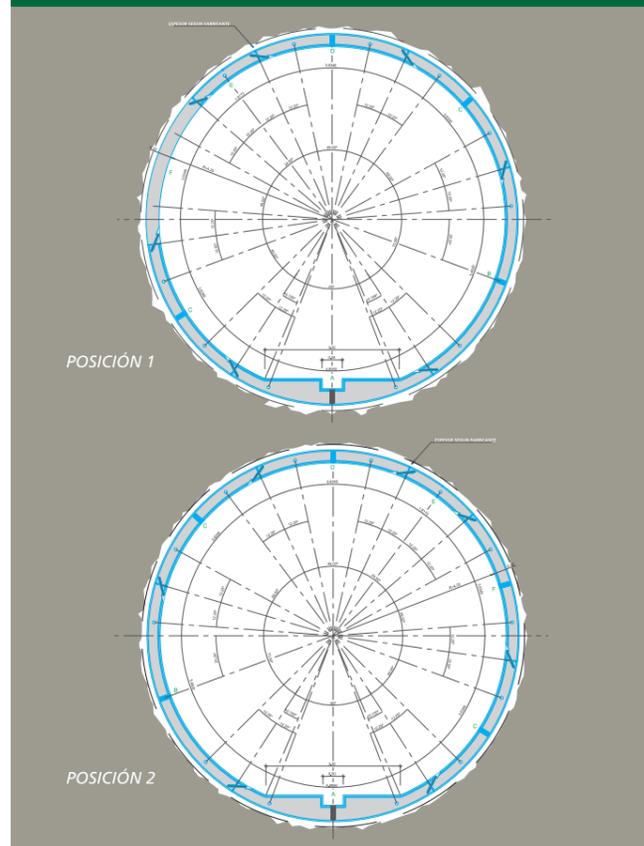
Las dovelas no se desencofran hasta que logran una resistencia mínima establecida, y las restricciones a su almacenamiento son:

- Haber alcanzado una resistencia mínima de 10 kN/mm^2 .
- Altura máxima de la pila correspondiente a siete dovelas (un anillo completo).
- Separación entre dovelas de una pila, con soportes de madera.

ESQUEMA DE COLOCACIÓN DE DOVELAS



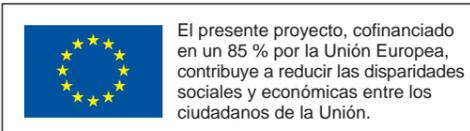
SECCIONES TRANSVERSALES DE REVESTIMIENTO Y DOVELAS



ESTANQUEIDAD

La estanqueidad se logra con la colocación en las juntas de la dovela de unas bandas o tiras de material fabricado con cauchos de etileno-propileno (EPDM). Las bandas se encuentran alojadas en unos rebajes, muy próximos al trasdós, situados en las juntas circunferenciales y radiales de las dovelas. El encaje de las bandas en los rebajes se hace normalmente a presión o mediante el empleo de resinas.

Las bandas longitudinales quedan encajadas y comprimidas por la presión que les transmiten los tornillos de fijación con que se unen las dovelas, y las bandas circunferenciales por la presión de los gatos de la tuneladora al hacer reacción en el último anillo construido.



DOVELAS DE REVESTIMIENTO (II)

FABRICACIÓN

Las piezas que forman el anillo de revestimiento de los Túneles de Alta Velocidad de Guadarrama se producen en obra. Cada una de las cuatro máquinas tuneladoras tiene asegurado el suministro de anillos de revestimiento por su propia planta de fabricación de dovelas, cuyo proceso es el típico de una instalación de prefabricados de hormigón.

Cada planta dispone de una cámara en cuyo interior tiene lugar la fase de curado de las dovelas, operación que se encuadra entre las de acabado y desmolde de las mismas. El proceso de curado tiene una duración de seis horas, durante las cuales las dovelas recién acabadas se mantienen a una temperatura media de 50°C y una humedad del 90%. Mantener las dovelas en tales condiciones es imprescindible para que el hormigón alcance una resistencia mínima de entre 10 y 15 kN/mm², necesaria para la manipulación de los prefabricados entre la planta de producción y el acopio.

Las dovelas, organizadas por anillos completos, permanecen en el acopio veintiocho días para el fraguado total del hormigón y alcanzar la resistencia de cálculo.

Los tipos de hormigón utilizados en su fabricación son HA 40 para los anillos en tramos de roca sana y HA 50 para los situados en tramos de falla.

La línea de fabricación de dovelas está compuesta por una sucesión de trabajos correspondientes a cada una de las operaciones específicas del proceso:

- Preparación de los moldes
- Montaje de armadura
- Hormigonado y vibrado
- Acabado
- Desmolde

Antes de su salida al acopio, a las dovelas se les adhiere una junta de neopreno, cuya función es la de asegurar la estanqueidad del túnel.



