



Sustainable Technology

LA EJECUCIÓN DEL PRETENSADO

Luis Cosano López-Fando
Ing. de Caminos, Canales y Puertos
Dpto. Técnico - Freysinet S.A.

Índice



Sustainable Technology

- La ejecución de un forjado postesado consta generalmente de las siguientes operaciones:
 - Cimbrado y encofrado
 - Replanteo de pretensado
 - Colocación de la armadura pasiva inferior y de refuerzo
 - Colocación de las sillas para la armadura activa
 - Colocación de los anclajes activos
 - Colocación de la vaina
 - Enfilado de los cordones
 - Colocación de armadura pasiva superior
 - Hormigonado
 - Tesado
 - Desapeo
 - Inyección

- Características del encofrado
 - Es válido cualquier tipo que sea suficientemente rígido, en grandes superficies se recomienda el uso de mesas ya que aumenta los ritmos de ejecución.
 - Con luces superiores a 9-10 metros se recomienda ejecutarlo con contraluz de $L/600$
 - El resto de características son idénticas a las de cualquier otro forjado de hormigón armado:
 - Estanco que impida pérdidas apreciables de hormigón,
 - Planeidad para evitar sobreespesores y reducción de sección.
 - Corredor de 1 metro alrededor de la losa para disponer el gato durante el tesado
- Replanteo de trazado de PT sobre el encofrado
 - Marcado sobre el encofrado del trazado de los tendones y la posición de las sillas conforme a plano con azulete.
 - Se recomienda además indicar la cota de la vaina sobre el encofrado

- Cajetines
 - Cajeadado realizado en el hormigón para dejar espacio necesario para una adecuada durabilidad del anclaje.
 - Debe facilitar el acceso de la nariz de gato durante el tesado
 - Dimensiones delimitadas por unidad de anclaje y tipo de gato
 - Su colocación respeta el trazado del proyecto en ángulo cenital y azimut
 - Se disponen en los parapastas de los encofrados. En ocasiones cuando no es factible (muros pantalla) se disponen en salida inferior o superior del forjado.



- Su disposición sigue los mismos parámetros de cualquier estructura de hormigón armado.
- Constituida habitualmente por un mallazo base y refuerzos en zonas localizadas.



Colocación de Anclajes Activos

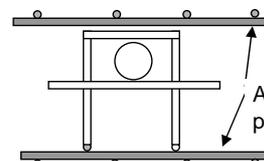
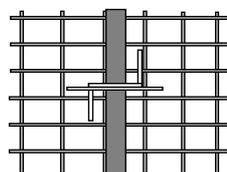
- Se puede realizar antes, durante o después de la colocación de la armadura pasiva inferior, sin embargo se recomienda que se realice simultáneamente con el trabajo de encofrado y por el mismo personal.
- Tromplaca fijada mediante tornillos al encofrado lateral para:
 - Evitar la entrada de hormigón durante el hormigonado
 - Evitar la variación de ángulo del anclaje durante el resto de trabajos
- Orificio de inyección siempre por encima del eje de anclaje para permitir la correcta evacuación del aire durante la inyección.



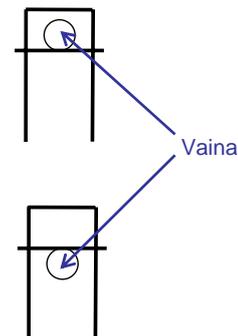
- Vaina.
 - **Plana.** No admite trazados con desvíos en planta. A cambio aumenta el rendimiento del acero activo al disponer el centro de gravedad del tendón más bajo que con vaina circular.
 - **Circular.** Alterna las ventajas e inconvenientes de la plana



- Sillas
 - Elemento auxiliar que fija la vaina a una altura determinada para que siga el trazado previsto en proyecto. Existen dos tipos según función:
 - Principales. De cota y fijación
 - Secundarias. De fijación
 - Según el material pueden ser:
 - Metálicas fabricadas in situ protegidas contra la corrosión
 - Plásticas prefabricadas
 - Disposición de una sillas de fijación cada metro según normativa vigente.
 - Las principales se recomienda apoyarlas directamente sobre el encofrado para un aseguramiento real de la cota.
 - Amarre a la vaina mediante alambre sin dañar la vaina. Nunca mediante puntos de soldadura



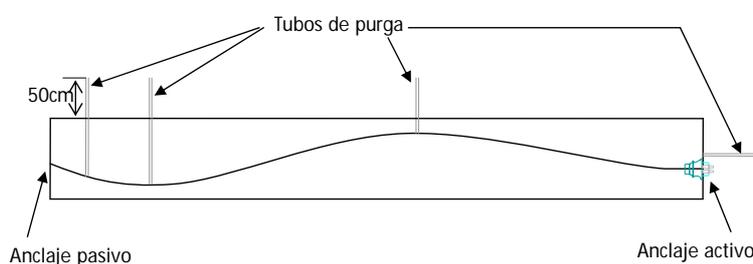
- Disposición de la vaina en la silla
 - Si el enfilado de cordones es **anterior** al hormigonado. Sobre la barra a fin de evitar su caída durante el enfilado (Situación más habitual).
 - Si el enfilado de cordones es **posterior** al hormigonado. Sujetas por debajo de la barra de soporte a fin de evitar que flote durante el hormigonado



- Suministro de vaina
 - Tramos de 5 metros
- Conexión vaina-tromplaca
 - Se emplea un manguito de conexión (vaina de mayores dimensiones y longitud dependiente de la vaina a conectar). Se debe asegurar la estanqueidad de la conexión (diversos métodos).
- Conexión entre tramos de vaina
 - Mediante manguitos de conexión. que cubren por igual ambos tramos de vaina. Se debe asegurar la estanqueidad de la conexión (diversos métodos)



- Tubos de inyección / purga
 - Tubos que permiten la introducción de lechada y la evacuación del aire existente en la vaina
 - Disposición a lo largo del eje de vaina en los puntos indicados:
 - Anclaje activo o pasivo con tromplaca
 - Final de vaina si es en pasivo adherente
 - Puntos altos y bajos si la distancia alto-bajo es mayor a 50 cm
 - Acopladores
 - En edificación no es muy habitual la disposición de tubos intermedios.



TOLERANCIAS:

- Para desviaciones verticales: Máximo de $H/40$ o 5 mm
- Para desviaciones laterales: Un control de alineación visual suele ser suficiente. Se intenta evitar el efecto serpiente



Aspectos IMPORTANTES a tener en cuenta:

- No modificar la posición de la silla
- No provocar quiebros en el trazado
- No provocar orificios en la vaina
- No modificar la sección de la vaina
- Correcta unión *tromplaca-vaina* y *vaina-vaina*

Ferralla II. Armadura pasiva superior



Sustainable Technology

- Sustentada por pates rígidos que impidan su descenso al ser pisadas
- Las sillas de acero pueden ser usadas como soporte adicional en la disposición de la armadura pasiva superior, pero nunca como soporte principal.
- Es clave que la nueva armadura no interfiera, mueva ni se apoye en la armadura activa
- Una vez colocada, se debe repasar que los tendones estén en perfecto estado tanto de colocación como de integridad



Hormigonado



Sustainable Technology

- El hormigón debe ser fluido, con alta resistencia inicial
- Colocación de juntas de hormigonado que dividen el forjado en sectores hormigonables en un día
- Se debe evitar el movimiento y desalineamiento de tendones y armaduras pasivas
- Compactación mediante reglas vibrantes o vibradores de aguja
- Acabado regleado y maestreado



- Generalmente se realiza antes del hormigonado, aunque el momento se determina según las necesidades de producción.
- El rollo de acero se coloca en la devanadora desde donde se guía hasta la tromplaca del anclaje.
- La enfiladora conduce el cable desde un extremo al otro.
- Se corta mediante radial y se miden las sobrelonguitudes para que sirva de referencia.



Tesado de control de fisuración de retracción

- Se realiza cuando la resistencia del hormigón es igual o superior a 10 MPa (generalmente 1 día después) del hormigonado
- Su finalidad es controlar la fisuración por retracción al no disponer de armadura pasiva superior
- La fuerza de tesado es pequeña . Aproximadamente un 25% de la fase de tesado (60 kN para un T15.2)



- Se realiza cuando el hormigón ha alcanzado la resistencia requerida (aprox 60-80% de la resistencia a los 28 días) según los ensayos sobre probetas en condiciones de obra. Previamente se comprueba que:
 - Los cordones que sobresalen han sido cortados a igual longitud
 - Desencofrado de las zonas de anclaje.
 - Gato posicionado con mismo ángulo con el que sobresalen los cordones del anclaje



- Programa de tesado. Recoge la siguiente información:
 - Etapas y orden de tesado
 - Tendones a los que se refiere
 - Gato a utilizar
 - Fuerza de tesado y presión en gato por cada anclaje
 - Alargamientos teóricos previstos
 - Valores de alarma del alargamiento



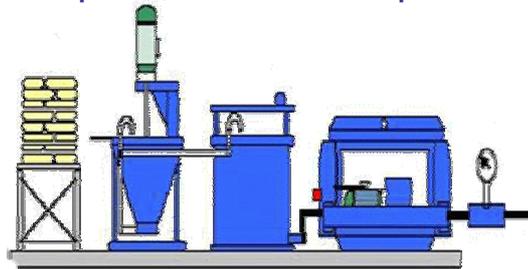
- Durante el tesado se realizan dos mediciones:
 - Fuerza. Mediante la presión que ejerce el gato
 - Alargamiento del tendón sobre el pistón del gato
- Control de alargamientos
 - El Departamento Técnico comprueba los alargamiento y se genera un Informe de Tesado remitido a la Dirección de Obra
 - Una vez la Dirección de Obra ha dado el visto bueno se cortan las sobrelongitudes con radial y se sellan los cajetines.



- El apeo se mantiene hasta que se ha completado el tesado
- Si la losa recibirá cargas extras de la construcción de plantas superiores se retira el 50% de los puntales (clareado). El resto se retirará cuando el hormigón haya alcanzado la resistencia necesaria para soportar esas cargas (7-14 días o según ensayo)



- Entre tesado e inyección no deben pasar más de 30 días
- Preparación de la lechada
 - Mezcla de cemento (CEM I 32.5 ó CEM I 42.5), agua y aditivo superplastificante
- Acciones previas a la inyección
 - Toma de temperatura ambiente y de lechada. Rangos aceptables: (aire y estructura >5 y <40) (lechada >10 y <35)
 - Operación de tesado previa ha sido aprobada
 - Comprobación de correcto estado de equipo y disposición de bomba auxiliar para evitar interrupciones en caso de fallo



- Inyección
 - Continua e ininterrumpida (avance entre 5-12 metros/minuto)
 - Se realiza hasta que la consistencia de la mezcla que rebosa por el extremo libre sea igual a la del producto inyectado
- Acciones tras la Inyección
 - Sellado hermético de todos los tubos de purga
- Realización de Ensayos
 - Fluidez: uno por día en la lechada de entrada y en la de salida para cada amasada.
 - Exudación con tubo y cordón de acero: dos por día
 - Temperatura: dos mediciones al día





