

Estudio sobre los aspectos de prevención de riesgos laborales en los trabajos de postesado de losas planas para forjados



Llorca Bofí, Doménec
Arquitecto y Arquitecto técnico
domenec.llorca@estudiant.upc.edu



Abad Puente, Jesús
Profesor colaborador del Departamento de Organización de Empresas
Universitat Politècnica de Catalunya
jesus.abad@upc.edu

ABSTRACT

La industrialización en el sector de edificación siempre ha sido escasa. No obstante, en los últimos tiempos se están incorporando técnicas, procedentes principalmente de la obra civil, que aportan mayor rapidez y calidad en las diferentes etapas del proceso constructivo. Una de estas técnicas es el postesado en losas planas para forjados, cuya aplicación agiliza dicho proceso a la vez que mejora las características de la estructura del edificio. Ante esta nueva situación los razonamientos en clave de seguridad que veníamos aplicando en el uso del clásico hormigón armado ya no son totalmente válidos para el postesado. Este trabajo desarrolla las principales consecuencias en el ámbito de la seguridad que se derivan de la aplicación de esta nueva tecnología, detallando los riesgos que aparecen en sus diferentes etapas de implantación en obra.

PALABRAS CLAVE. Postesado, estructuras de forjados, edificación, seguridad.

INTRODUCCIÓN

Si por la edificación fuese, el hormigón postesado estaría todavía en fase de experimentación. Gracias a los avances tecnológicos producidos en obra civil durante los últimos años, la edificación Española ha experimentado un incremento considerable de estas aplicaciones en sus estructuras: se trata de los sistemas *postesados monocordón* para losas planas de forjado. A título de ejemplo, la empresa CTT-STRONGHOLD ejecutó 15.000m² de forjados durante el año 2003 y llegó a ejecutar cerca de 400.000m² en el año 2007, antes de la presente crisis económica.

Conociendo la escasa normativa de seguridad y prevención, y sus contadas indicaciones sobre la aplicación en España del sistema *postesado monocordón*, el principal objetivo de este trabajo es describir una metodología de control capaz de planificar y coordinar en clave de seguridad –previo y durante la puesta en obra- la introducción del sistema.

Como es sabido, la aplicación de los sistemas estructurales postesados tiene su aparición en plena fase de estructuras participando de manera activa en la generación de nuevos riesgos y agudizando los que ya existían. Recordemos que el sector de la construcción padece bajos índices de industrialización, cosa que multiplica los riesgos a pie de obra y complica su control. Además, durante el proceso de ejecución de un proyecto de edificación aparecen numerosos solapes entre actividades que pertenecen incluso a diferentes fases de la obra. Muchas de estas actividades se realizan a la vez en un mismo lugar de trabajo compartiendo condiciones simultáneas y generando con ello nuevos riesgos.

A diferencia de otros sectores, la construcción tiene el peculiar problema de construir su *propio* lugar de trabajo durante la elaboración del producto. Eso significa que nuestros lugares de trabajo modifican sus características físicas a medida que la obra avanza, y nunca gozan de estabilidad y solidez que facilite el seguimiento y control de todos sus riesgos. Pensemos por ejemplo en la ventajosa situación de una cadena de montaje y cómo se pueden llegar a controlar cada uno de sus movimientos.

Finalmente, según la V encuesta nacional realizada por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), las caídas en altura en las obras de construcción ocupan el primer lugar entre los riesgos más frecuentes; de esta manera más de la mitad de los accidentes en construcción se producen al caer al vacío (59,23%). Este dato es importante para nosotros porque es precisamente durante la fase de estructuras donde más se expone el operario a riesgos de este tipo.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA

Hablar sobre el postesado es hablar de ventajas, muchas de ellas decisivas durante la toma de decisiones acerca del sistema estructural más idóneo para el proyecto. Ventajas que trabajan a favor del programa, resistencia, durabilidad, economía, etc.; aspectos todos ellos atractivos para constructores y promotores. De esta manera, los sistemas postesados aportan a las obras de edificación soluciones hasta entonces imposibles y permiten competir con el resto de sistemas estructurales metálicos, mixtos o las harto conocidas estructuras tradicionales de hormigón armado.

“El hormigón pretensado consiste en eliminar los esfuerzos de tracción del hormigón mediante la introducción de unas tensiones artificiales de compresión antes de la aplicación de las cargas exteriores y que, superpuestas con estas, y para todas las hipótesis de carga, quedan comprendidas entre los límites que el material pueda soportar” (E.Freyssinet, 1928) [1].

Principios estructurales

Supongamos una viga isostática con el trazado parabólico de un cable en su interior, tal como se muestra en la ilustración 1. [2]

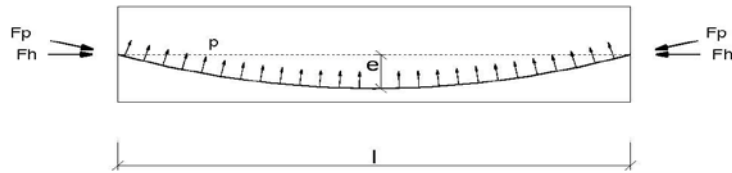


Ilustración 1: Esquema del trazado

La curvatura del cable induce una fuerza ascendente de valor constante P . Si planteamos el equilibrio de momentos tenemos:

—

El cortante inducido para esta fuerza vertical de desvío tiene el valor de:

—

Tanto el momento flector como el esfuerzo cortante actúan en sentido contrario a las secciones gravitatorias y generan sobre la sección unas tensiones artificiales en favor del material. De esta manera, y como es habitual, compensamos las cargas permanentes de la estructura eliminando por completo los esfuerzos de tracción. Para este estado de tensiones la pieza está totalmente comprimida y sus deformaciones han desaparecido.

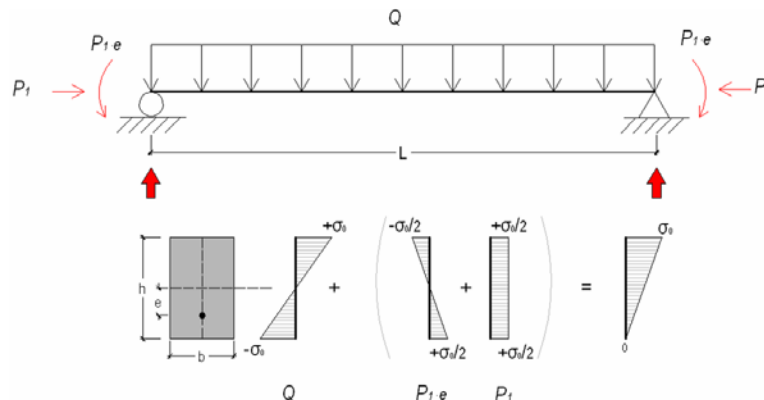


Ilustración 2: Diagrama tensional de la pieza bajo las cargas

A partir de este momento los elementos postesados adquieren enormes ventajas para la estructura del edificio:

- Estricta limitación de la aparición de fisuras en la pieza a causa de las elevadas tensiones de compresión en cada sección. Por eso resultan estructuras más rígidas, durables y estancas ante los agentes atmosféricos que el habitual hormigón armado.
- Los esfuerzos de postesado generan deformaciones y flechas opuestas a las producidas por las cargas gravitatorias. Así, se reducen las deformaciones instantáneas y diferidas de los elementos estructurales.
- La capacidad resistente de las piezas sometidas a flexión aumenta notablemente debido al imprescindible uso de aceros de alta resistencia: superiores a 30MPa.

- Todo lo anterior conduce a la posibilidad de reducción de cantos de forjado, espesores, cantidad de armaduras pasivas, y en general, de peso propio y las cargas totales que llegan a la cimentación. El ahorro de hormigón circunda el 20% mientras que el acero puede llegar al 70 y 80% en relación a las clásicas estructuras de hormigón armado.
- El uso de soluciones postesadas permite aumentar las luces a cubrir y conseguir plantas más diáfnas manteniendo cantos de forjado relativamente pequeños. Estamos hablando de relaciones luz/canto entre 50 y 45 mientras que el hormigón armado siempre ha ofrecido relaciones de 20 y 15.
- Fruto de los reducidos espesores de forjado y para edificios en altura, se consigue minimizar la altura total del edificio e incluso introducir una planta más. Es el caso del edificio *Triangle* de Barcelona, uno de los primeros edificios que incorpora el sistema postesado por la empresa CTT-STONGHOLD durante los años 90.
- Tienen un mejor comportamiento al fuego que los forjados reticulares y que las soluciones prefabricadas de placas alveolares.
- Al completar el tesado de una planta –generalmente al tercer día del hormigonado- la estructura ya es auto-resistente y por lo tanto se puede desencofrar completamente el forjado y quitar el 90% de los puntales (en caso de construir una planta superior). No hace falta señalar la reducción de los plazos de descimbrado y los ahorros económicos al disminuir los tiempos de ejecución.
- Al encontrarse la estructura comprimida a edades tempranas, disminuyen los efectos de la retracción del hormigón y por lo tanto se puede aumentar la separación o hasta incluso eliminar las juntas de dilatación.

Ciclo constructivo

Es importante conocer los trabajos que tendremos durante la fase de estructuras para introducir el sistema de postesado. De nada serviría empezar a hablar de seguridad sin conocer apenas el tiempo que vamos a tener en obra actividades de este tipo.

Una de las principales ventajas –la más atractiva si se quiere- de la losas postesadas en edificación es la gran velocidad del ciclo constructivo desde el montaje de encofrados hasta conseguir un forjado resistente. El tesado de la losa se realiza entre dos y cuatro días después de su hormigonado convirtiéndose en el punto clave del ciclo constructivo.

Aunque muchas de estas actividades pertenecen al ciclo constructivo que tomaría una estructura convencional de hormigón armado, es importante detectar las nuevas y establecer los solapes entre ellas:

1. Montaje del encofrado, aligeramientos, construcción de capiteles, tabicas laterales, cajones de anclajes y plataformas de trabajo.
2. Ferralla de parrilla inferior, capiteles, vigas de borde, sillas de soporte de vainas.

3. Tendido y fijación de las vainas, construcción de catenarias y geometría del trazado.
4. Ferrallado parrilla superior, mallazos.
5. Enhebrado de cordones y comprobación de
6. Hormigonado de la losa por bomba preferiblemente mezclas de compacidad blanda-líquida.
7. Curado según EHE-08
8. Desencofrado de tabicas laterales
9. Tesado una vez adquiridos los 2KN/cm².
10. Descimbrado de losas inferiores, desencofrado y retirada de material.
11. Sellado de cajetines de tesado
12. Inyección de conductos si el sistema lo requiere.

A modo de ejemplo, el diagrama Gantt que sigue pertenece al ciclo constructivo del sistema de tendones adherentes monocordon y se han tomado 1.000m² de una planta rectangular de tipología sencilla de losa plana con postesado unidireccional. Esta relación de tiempos es orientativa, a modo de comparación entre el nuevo sistema y las tradicionales estructuras de hormigón. Además, hay que tener en cuenta que los datos que se muestran no son absolutos ya que estamos hablando de tecnologías ligeramente diferentes donde las piezas requieren tiempos distintos de ejecución y cambios entre las relaciones canto/luz. Obsérvese que el desencofrado de la losa es la actividad que marca de manera clara el ritmo de concatenación entre forjados: la clara ventaja de cuatro días supone la beneficiosa reutilización de encofrados para los forjados superiores.

Rojo: hormigón postesado (o) Verde: hormigón armado (x)

Actividades	Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Montaje encofrados		o x	o x	o x	o x										
Ferralla inferior					o x	o x	o x								
Tendido de vainas						o	o								
Ferralla superior						x	x	o x	o						
Enhebrado de cordones									o						
Hormigonado									o x	o x					
Curado										o x	o x	o x	o x	o x	
Desencofrado												o			x
Tesado											o				
Sellado e inyección												o	o		

Finalmente, para cerrar el argumento a favor del postesado, hay que hacer referencia a los costes de la obra. El gráfico de la ilustración 3, expresado en miles de euros, muestra un claro ahorro de hormigón debido a la disminución de secciones y cantos de los elementos estructurales [3]. Esto se traduce en una estructura más económica por necesitar menores cuantías de acero corrugado para armadura pasiva. La nueva armadura activa no repercute en un incremento de coste en el balance global. No obstante, sabemos que la solución postesada empieza a ser rentable a partir de luces de 8 metros por lo que no está justificado en la gran mayoría de proyectos convencionales [2].



Ilustración 3: Comparativa de costes de los materiales

CONDICIONES DE SEGURIDAD Y SALUD

Ante este panorama de posibilidades y ventajas, se descubre un sistema realmente potente para resolver los actuales problemas estructurales de nuestros edificios desde el punto de vista de la resistencia, durabilidad, economía, calidad, planificación, control de obra... Así, estamos ante una tecnología poco aplicada todavía por muchos profesionales del sector Edificación y que deberán conocer en un futuro muy próximo si no quieren trabajar a merced de la optimización.

Pero hablemos del marco normativo que atañe a todas la obra de construcción:

La LPR L31_95 comenta en su artículo 15 que el empresario está obligado a *planificar la prevención, buscando un conjunto coherente que integre en ella la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.*

El Real Decreto 1627/1997 que establece las Obligaciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción, crea también dos figuras nuevas: una para el proyecto y otra para la ejecución de toda obra. Estas nuevas personas físicas tienen la intrincada tarea de velar por el cumplimiento de lo indicado en el real decreto.

Tanto la dirección facultativa –a la que pertenece el coordinador de seguridad– como los contratistas que en la obra participan, deberán conocer las tecnologías aplicadas en fase de estructura para redactar con competencia el estudio de seguridad o el plan de seguridad según corresponda. Ahora ya no son validos los planes que veníamos haciendo para las estructuras tradicionales de hormigón, pues necesitamos conocer las nuevas actividades que han aparecido. De aquí que existan nuevos riesgos en la obra y que los documentos de seguridad deban forzosamente hablar de ellos y operar en favor de la seguridad.

Codificación de los riesgos

A continuación se describen los riesgos que aparecen en las diferentes actividades. Para la definición de cada riesgo se ha tomado la guía de evaluación de riesgos de la Generalitat de Catalunya para pequeñas y medianas empresas [4].

	RIESGOS	CÓDIGO
	Caída de personas a distinto nivel	1
	Caída de personas al mismo nivel	2
	Caída de objetos por desplome	3
	Caída de objetos por manipulación	4
	Caída de objetos desprendidos	5
	Pisadas sobre objetos	6
	Golpes contra objetos inmóviles	7
	Golpes contra objetos móviles o elementos maquinaria	8
	Golpes por objetos y herramientas	9
	Proyección de fragmentos o partículas	10
	Atrapamientos por o entre objetos	11
	Atrapamientos por vuelco de máquinas	12
	Sobreesfuerzos	13
	Exposición a temperaturas extremas	14
	Contactos térmicos	15
	Contactos eléctricos	16
	Inhalación o ingestión de sustancias nocivas	17
	Contactos con sustancias causticas o corrosivas	18
	Exposición a radiaciones	19
	Explosión	20
	Incendios	21
	Causado por seres vivos	22
	Atropellos, golpes y choques contra vehículos	23
	Accidentes de transito	24
	Causas naturales	25

Necesidades formativas

Finalmente hay que hablar de formación. Notemos aquí cuan necesario es cuidar la formación de los trabajadores para que habiendo comprendido de manera adecuada las causas de la siniestralidad, se les haga llegar la información de manera eficaz. Además, las actividades de postesado acarrear para el proceso constructivo elevados requerimientos técnicos que se convertirán sin duda en complejas –o poco ordinarias- situaciones de riesgo.

Según un reciente estudio sobre las necesidades formativas en el sector de la construcción [5], la formación impartida a los trabajadores se caracteriza por su corta duración y la repetición y generalidad de sus contenidos. Se encuestaron 66 trabajadores de 11 diferentes empresas constructoras de Cataluña y se sometieron a análisis. Casi con seguridad en un porcentaje bajísimo se trataban de empresas de postesado, por lo que supone para nosotros una disminución de los índices para los resultados obtenidos, ya que esta tecnología estructural viene utilizándose hace poco más de 10 años.

Las conclusiones a las que llega dicho estudio fueron las siguientes: la formación es mayoritariamente de corta duración (el 63,89% de los trabajadores que habían recibido formación tuvieron cursos de 1 a 3 horas), los contenidos son genéricos (solo el 10,81% de los cursos fue sobre aspectos de seguridad y salud específicos del lugar de trabajo que ocupaba el trabajador), a la vez que se repiten (el 81,01% afirmó haber recibido la misma formación en cursos anteriores).

Finalmente los autores constatan que con la especialización disminuye la percepción de los riesgos. Una empresa especializada en un determinado trabajo –el postesado en nuestro caso- sufre una disminución de la percepción a medida que pasa el tiempo. Los trabajadores de más de 5 años de antigüedad tienen una menor percepción de probabilidad de riesgo. Esto se explica por la confianza cada vez mayor en las actividades que realiza y de las que es particularmente especialista. Pensemos que a menudo es este un campo de compleja tecnología y de no poca ignorancia por el colectivo del sector.

Las actividades y sus riesgos

La tabla de la ilustración 4 relaciona las actividades y los riesgos antes definidos. Se han tenido en cuenta los solapes entre actividades según el típico proceso constructivo de una losa plana de forjado a 13 días de duración.

Se indican los riesgos asociados a cada actividad con uno o dos puntos en función de la exposición del trabajador al riesgo. Además, y el nivel de importancia

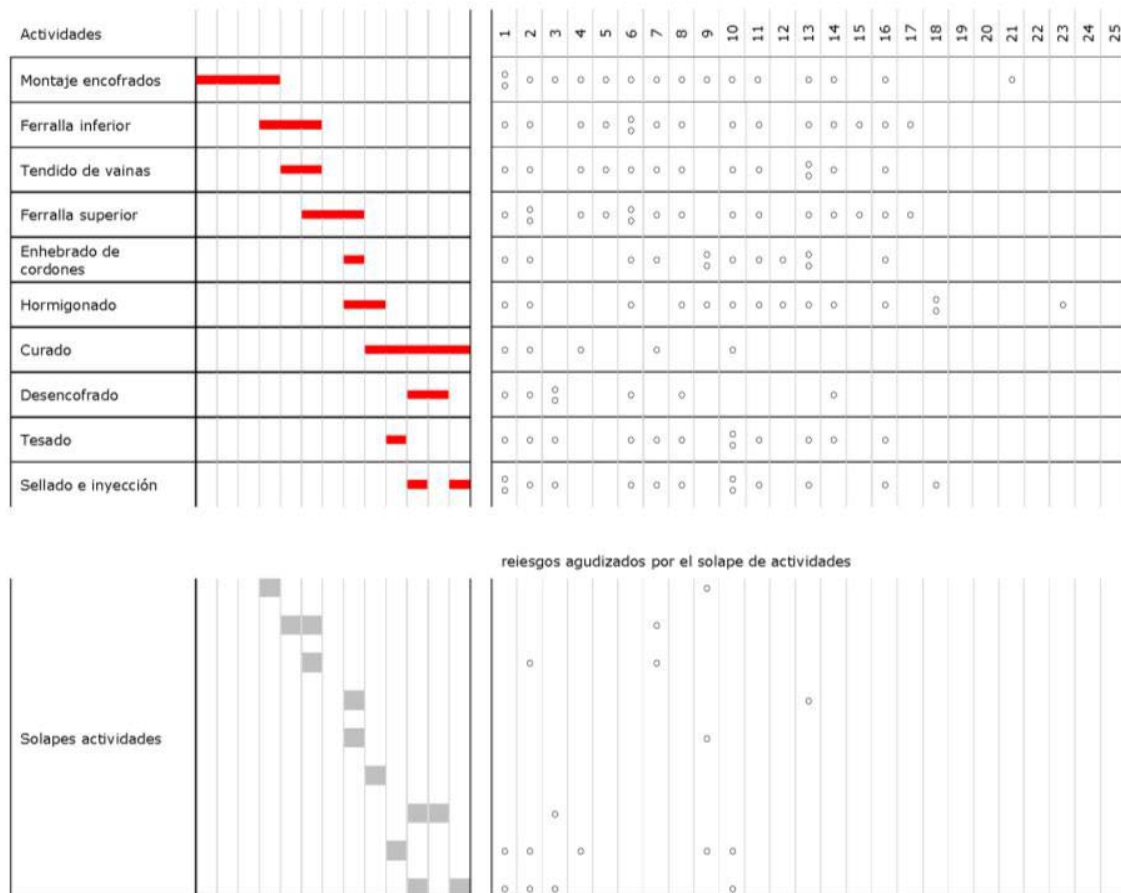


Ilustración 4: Tabla de relaciones entre actividad y riesgo

CONCLUSIONES

Al final de este trabajo estamos convencidos de que cualquier aplicación tecnológica en obra debe conocerse en clave de prevención, sobre todo si de ella se van a desprender soluciones tecnológicas de gran interés para todos. Además, entendemos que la especialización no puede trabajar en detrimento de la Prevención de Riesgos Laborales y que la llegada de nuevas tecnologías al proyecto y la obra de edificación deberían poner en marcha el conocimiento inmediato de dichas tecnologías.

Por otro lado, los sistemas de *postesado monocordón* permiten ventajosas optimizaciones en los tiempos y en la planificación general de la obra. Trabajar con solapes mayores entre las actividades supone un incremento de actividades simultáneas, y como consecuencia se agudizan los riesgos y aparecen otros nuevos.

Ante la precaria formación de trabajadores, queremos instigar a que las horas dedicadas a esta actividad, incidan sobre el propio lugar de trabajo y no se queden en conceptos generales de poca utilidad. De igual manera se han aportado conceptos clave para la redacción tanto de estudios de seguridad como de planes de seguridad, sin duda vitales para la nueva figura del coordinador de seguridad.

REFERENCIAS

1. Leonhardt, F. (1976). Hormigón pretensado. (ed) Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y el Cemento
2. Asociación de consultores independientes de estructuras de edificación ACIES. Sesión técnica monográfica nº3: Losas postesadas en edificación.
3. Sanz Coco, David (2010). Proyecto constructivo de estructura mediante losa postesada como alternativa a la ejecución de losa macizas. Proyecto Final de Carrera en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona. <http://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/10467>
4. Marí i Borràs, Vicens. Guía de evaluación de riesgos para pequeñas y medianas empresas. Generalitat de Catalunya, Departament de Treball.
5. Abad, J.; Dalmau, I.; Rodríguez, C. (2006). Estudio sobre necesidades formativas de los trabajadores en el sector de la construcción. En: Mondelo, P.; Mattila, M.; Karwowski, W.; Hale, A. (ed.). Proceedings of the 4th. Internacional Conference on Occupational Risk Prevention. Sevilla.