

LA APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS INDUSTRIALES EN LA CONSTRUCCIÓN Y LA SEGURIDAD INTEGRADA

J.A. Carretero Romera
G.T.P. Madrid. INSHT

INTRODUCCIÓN

Nos ha movido a escribir este artículo el ver cómo se vuelve a intentar en nuestro país la introducción del empleo de técnicas y sistemas de construcción para trabajos en serie, que utilizan medios auxiliares en cuyo estudio y diseño van incorporados los requerimientos de seguridad. Este es el concepto de seguridad que denominamos "SEGURIDAD INTEGRADA".

Actualmente hemos avanzado mucho en el campo de la prevención de accidentes en obra, utilizando de forma masiva los sistemas de protección tales como las redes de horca, barandillas, etc. que nos permiten disminuir el riesgo de caída de altura. Pero en determinadas operaciones tales como el cambio de posición de las redes, sustitución de horcas o paños de red averiados, los trabajos de desencofrado, etc. persiste un alto riesgo de accidentes debido a que las dificultades de protección de estos procesos nos llevan a tener que recurrir, casi exclusivamente, a la protección personal, a veces engorrosa y poco efectiva. Por lo que estos sistemas no han sido lo suficientemente eficaces para erradicar los posibles accidentes, como sería de desear.

Estos problemas son los que aquejan, queramos o no, a los sistemas de construcción tradicionales.

La introducción de la Seguridad Integrada nos parece importante porque, al incorporar los sistemas de prevención de accidentes en los medios auxiliares desde su diseño y fabricación, vienen a mejorar notablemente la eficacia de dichos sistemas, como veremos posteriormente.

El concepto de seguridad integrada viene siendo utilizado desde hace tiempo en los procesos industriales con indiscutible éxito, el intento de introducir este sistema en el sector de la construcción, y en particular en su rama de edificación, es algo que se ha intentado muchas veces en nuestro país con relativa fortuna, cuando en otros países ya se están realizando normalmente.

La importancia que para un técnico de seguridad tiene la Seguridad Integrada es que la introducción de las protecciones en los medios de producción le permite de manera clara y decidida el control de los riesgos.

Si hacemos un poco de historia, los primeros pasos hacia adelante en este camino de la industrialización del sector construcción se han dado en Francia, donde se ha conseguido que los procesos de este tipo tengan aplicación satisfactoria y estén en constante perfeccionamiento. Esto ha permitido su rápida implantación por todos los países de la UE y actualmente se están introduciendo de nuevo en Madrid de manos de arquitectos de reconocido prestigio y de empresas de rango internacional tales como Bouygues, Stim, Fercaber, etc. con una gran experiencia en este campo.



Foto 1.- Tres niveles de seguridad: 1) Seguridad integrada en los encofrados. 2) Plataforma de trabajo adosada al forjado. 3) Barandilla con peto en hueco de tachada.

El fundamento de este proceso es simple en teoría pero complicado en la práctica. En el punto este último en el que actualmente se está avanzando con rapidez. Consiste en diseñar unos medios que nos permitan que, en la fase de utilización del hormigón, el edificio quede terminado a falta solamente de instalaciones.

Al utilizar el hormigón armado, material que puede fácilmente moldearse, como elemento definitivo de la vivienda, nos sirve a la vez de elemento estructural y de cerramientos interior y exterior. Para ello el encofrado que se utilice deberá darle las dimensiones definitivas, ser recuperable y reutilizable y disponer de todas las medidas de seguridad. Lo que complica notablemente el diseño y fabricación del encofrado.

De los dos medios utilizados, hormigón y encofrado, vamos a estudiar la incidencia de cada uno en el proceso.

El hormigón armado en sí es y será siempre económico, porque en su composición intervienen sólo materiales naturales de bajo costo junto con el cemento que, aun teniendo un alto coste energético, tienen también incidencia baja en precio y volumen. En cuanto a la fabricación, transporte y vertido del hormigón son operaciones que tienen también un bajo costo, porque las plantas de hormigón están en la actualidad muy perfeccionadas y automatizadas, y el transporte y vertido tienen ya muchos años de perfeccionamiento.

El encofrado es, en cambio, un elemento caro por cuanto su diseño es complejo, los materiales son costosos y cualquier sofisticación que se introduzca debe ser considerada previamente desde el aspecto costo-rendimiento. La contrapartida del mayor costo hay que buscarla en la aplicabilidad generalizada y repetitiva de los moldes, en la seguridad durante el manejo y en la calidad del producto terminado.

En cuanto a la ejecución del molde se han llevado a cabo hasta ahora estudios e investigaciones, pasando de la madera al metal, utilizando desmoldeantes, encofrados mecanizados, etc., que han dado unos resultados satisfactorios.

Lo que de siempre constituye el verdadero problema es la complejidad del diseño debida a las formas cada vez más exigentes de las piezas y, por ello, se encarece el molde.

Un paso económicamente importante ha sido, sin embargo, el de introducir el concepto del hormigón visto como compensación parcial del valor del molde. Se ha pensado así, ya que, como el encofrado es de todas formas costoso, valía la pena hacerlo algo más refinado y perfecto, ahorrando en consecuencia todos los acabados que serían necesarios sin tal refinamiento. De esta manera, se recupera parte del mayor costo inicial y se obtiene una economía en el tiempo, además de un elemento de acuerdo con los gustos estéticos de los tiempos actuales.

Inicialmente, cuando se consideraron resueltos los problemas básicos del hormigón armado y de los encofrados, era lógico que a alguien se le ocurriese construir un encofrado tan complicado que limitase el contorno de una casa por dentro y por fuera en una sola operación. Bastaría solamente poner este enorme molde sobre un plano, situar la armadura necesaria, colocar las instalaciones, las puertas, etc., y después, con una bomba de hormigonado verter el hormigón, esperar un tiempo, desencofrar y la casa terminada; a continuación se pondrían los elementos sanitarios, el pavimento, revestimiento, etc., ya que el acabado conseguido era definitivo. Este sistema se puso en práctica y tuvo éxito al principio. Sin embargo, poco después, algunas grietas en las paredes y, sobre todo, la dificultad de mover, limpiar y levantar el molde hicieron comprender que la solución ideal debería ser una intermedia.

Las Empresas que han continuado por este camino, tanto en Europa como en países donde es difícil encontrar mano de obra especializada, han obtenido óptimos resultados. Para ello, junto a los que construían fábricas para la producción de paneles, otros pusieron a punto la técnica del vertido en obra y empezaron a producir.

LOS SISTEMAS FRANCESES

Descartada, después de las primeras tentativas y por las razones ya estudiadas, la idea de realizar de una sola vez todas las paredes de la vivienda, se pensó en diseñar los edificios de un modo nuevo, haciendo cargar los forjados en las paredes transversales en lugar de las perimetrales y en el muro espina.

De esta manera, los tabiques que normalmente son delgados, se vuelven más gruesos, y las fachadas, en lugar de portar los forjados, son aguantadas por ellos. Naturalmente, para simplificar el trabajo, los muros transversales portantes deben ser más lineales sin retranqueos y deben estar distanciados entre ellos de modo que el forjado sea económico y, a ser posible, siempre con la misma luz.

Haciéndolo así los servicios (baños y cocinas) con sus pequeñas luces no podían situarse en el exterior, por lo que se diseñaron las viviendas dando nuevas formas que permitieran hacer cambios técnicos en los ejes del edificio.

De esta forma, todos estos muros paralelos asumen dos funciones: la de aguantar la casa y la de limitar los recintos de la vivienda; la forma de los encofrados es muy simple, así como su sistema de movimiento que se realiza piso por piso, siendo su reutilización inmediata.

Después de puestos a punto, los encofrados en sí (ver fotos nºs 2, 3, 4) y los desmoldeantes, se estudió el sistema de movimientos y todo cuanto permite grandes obras. A esto hay que añadir la generalización en el uso



Foto 2.— Proceso de fabricación de un muro de fachada con encofrado con seguridad integrada. El operario trabaja en un recinto totalmente protegido.

de borribas, comportando, a su vez, toda una tecnología de aridos

Simultáneamente se realizaron los proyectos de una forma muy precisa, ya que el hormigón cuando ha fraguado no es modificable, no permitiendo errores. Los elementos a incorporar deben diseñarse exactamente, al

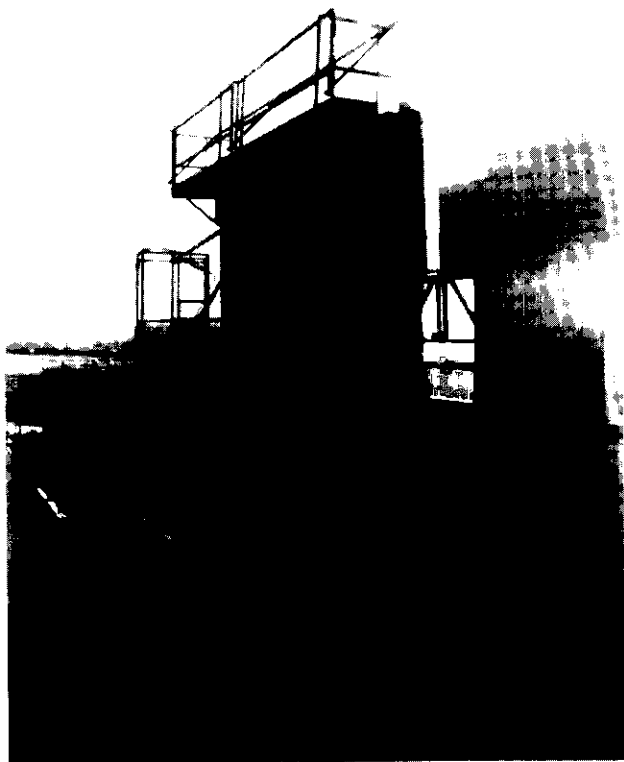


Foto 3.— Proceso de fabricación de un muro de fachada con encofrado con seguridad integrada. El operario trabaja en un recinto totalmente protegido.



Foto 4.— Proceso de fabricación de un muro de fachada con encofrado con seguridad integrada. El operario trabaja en un recinto totalmente protegido.

igual que su ejecución y puesta en obra, porque de otra manera no será suficiente con la maceta como en los tabiques de ladrillo, sino que hará falta un martillo neumático. Este tipo de diseño, circunscrito a una trama modular, impone atención y conocimiento de lo que se proyecta y, por eso, conlleva a profundizar en los temas de la tipología edificatoria.

La especialización tipológica y la rigidez, o mejor dicho, la economía de ciertas luces entre muros transversales, llevan ineludiblemente a construir por modelos, o sea, a la especialización de las empresas en cierto tipo de edificios similares. Este hecho, como ya se ha dicho, implica una industrialización del proceso y, en consecuencia, velocidad, economía y orden, seriación y prefabricación.

Pueden, pues, prefabricarse también todos los elementos exteriores, como las instalaciones, las fachadas, los materiales complementarios e, incluso, la empresa misma que, sin cambiar excesivamente su organización, puede construir estructuras y muros en breve tiempo y según unos programas precisos.

Hasta ahora hemos enumerado sólo factores positivos. Y es justo que sea así, porque esta tecnología es, además de una de las grandes protagonistas del momento actual, una de las más inteligentes.

Otro punto a examinar es el de la dimensión de los edificios y, por ello, de la economía de estas técnicas en obras pequeñas. El hecho de que un proyecto prevea muros transversales no significa que éstos se deban realizar por fuerza con los métodos estudiados para trabajos de grandes dimensiones. Es decir, se pueden usar otras técnicas materiales para construir casas diseñadas de esta forma, sin utilizar grandes grúas y enormes encofrados. Por otra parte, un sistema inteligente y muy válido corre el riesgo de hacer figuras poco estéticas, muy planas y con exceso de tecnicismo. Hoy día se ha depurado la técnica y se están corrigiendo estas desviaciones, lo que permite incluso expresarse mejor allí donde las condiciones sean más propicias.

De hecho, con el desarrollo de las fábricas de paneles y la construcción masiva de grupos de casas con este sistema, rápidamente Francia y el resto de Europa se llenaron de encofrados de todas las dimensiones y formas posibles, construyéndose centenares de miles de viviendas cada año, hechas y acabadas, con lisas paredes listas para pintar, provistas de todas las regatas y huecos necesarios. Hoy día las oficinas técnicas están capacitadas para diseñar edificios de todo tipo, altos y bajos, largos y cortos, siempre con estructura portante transversal, transformando cada clase de vivienda en sus unidades correspondientes.

Es evidente que cuando uno ha logrado pensar y proyectar de esta manera, y cuando una empresa compra maquinaria necesaria y adiestra a su personal para manejarla, después ya no puede cambiar fácilmente de sistema constructivo.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS GRANDES ENCOFRADOS

DEFINICIÓN

Técnica por la que vertiendo hormigón "in situ", en un encofrado que tiene al menos una dimensión igual a una de las dimensiones reales del edificio, proporciona su estructura, a base de muros de carga, muros de contención de tierras y losas de forjado, llevando incorporadas distintas fases de acabado tales como fontanería, instalación eléctrica, etc.

CLASIFICACIÓN

- A. Planos: **Horizontales.** Ejecución de forjados (ver foto nº 5).
Verticales. Ejecución de muros y/o fachadas (ver fotos nºs 6, 7, 8, 9, 10 y 11).
Curvos o planos.
- B. Aislados: **Pilares, columnas** (ver foto nº 12).
- C. **Tridimensionales: Túneles.** Ejecución de muros y/o fachadas y forjados simultáneamente.

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Con esta técnica industrializada se minimizan los tiempos y los costes de la construcción. Se basa, como todo sistema industrializado en general, en tres principios básicos:

- 1º. Mayor uso de la máquina con mano de obra más especializada.
- 2º. El trabajo en serie.
- 3º. Mayor seguridad. Se incorpora la SEGURIDAD INTEGRADA.

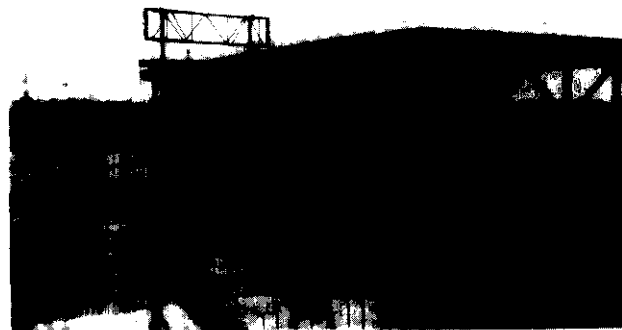


Foto 5.- Encofrado de forjado con barandilla incorporada en zona de fachada con riesgo de caída de altura.



Foto 6.- Encofrado de muro con escalera de acceso y barandillas con puerta de cierre automático.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Las características técnicas que poseen los encofrados como medio auxiliar son las siguientes:

1. Tienen la rigidez suficiente para soportar el empuje del hormigón fresco al ser vibrado.
2. Tienen la suficiente robustez para soportar los impactos a los que sin duda serán sometidos en las obras.
3. Sus superficies de contacto con el hormigón son lisas de tal forma que permiten ser pintadas, empapeladas, enmoquetadas, etc.
4. Pueden mantenerse en equilibrio estable cuando están apoyados en el suelo o cuando están suspendidos.

5. El transporte por carretera no deberá generar riesgos en sí mismo.
6. La puesta en obra se realiza de forma rápida y cómoda con un sistema de reglaje, por medio de tornillos sin fin, muy preciso y seguro.
7. Son reutilizables. Considerándose amortizados entre las 1000 y 1200 puestas.
8. Su peso está en consonancia con las potencias de las grúas ya instaladas en obra previamente. Este aspecto está sobradamente superado.
9. Permiten la creación de cualquier tipo de hueco con la incorporación de precercos, para la fijación de puertas y ventanas.
10. Tendrán incorporados de forma precisa antes de realizar el vertido de hormigón las instalaciones de electricidad, calefacción, fontanería, saneamiento...
11. Las dimensiones de los encofrados están diseñadas de manera que permite obtener la forma deseada ensamblando las distintas piezas como si se tratara de un mecano. Para hacer su ensamblaje se utiliza una sola llave que permite hacer todas las uniones y operaciones necesarias para obtener la forma deseada.

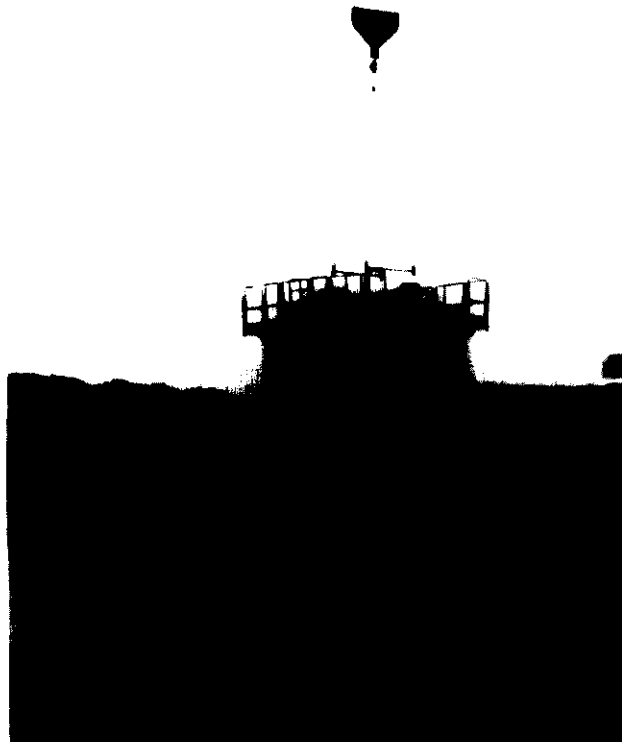


Foto 7.- Transporte de encofrado de muro con sistema de eslingado propio.



Foto 8. - Detalle de plataforma para hormigonar y vibrar el muro.



Foto 9. - Detalle de acceso a plataforma de trabajo.



Foto 10. - Llave única que permite hacer todas las maniobras de apriete, las conexiones, etc.

12. Disponen de un sistema de montaje y de un reglaje rápido, sencillo y exacto.
13. Proporcionan una superficie de acabado lisa y plana que permite su pintado o empapelado directamente.
14. Permiten la creación de huecos (puertas, ventajitas, patinejos...) antes del vertido del hormigón, incluyendo los precercos necesarios que servirán de base para la carpintería.
15. Incluirán, también antes del vertido, todos los conductos para el paso de las instalaciones (electricidad, calefacción, fontanera...).



Foto 11.— Encofrado de muro de contención de tierras. Se construye en una zona alejada del talud y se transporta por medio de la grúa al lugar de puesta. Con este sistema se impide que se realicen trabajos en lugares con riesgo de desprendimientos del talud.

CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO

Gran rapidez en la construcción. Esta varía según la complicación de la obra, pero puede calcularse que, por término medio, se realizan entre 80 y 120 metros cuadrados de forjado y 100 metros cuadrados en paredes verticales por día. Ello se basa en:

1. Reducción del tiempo de fraguado del hormigón (desencofrado rápido). Suele hacerse en 12 horas; para ello es necesario:
 - a) Reducción de sobrecargas: No hay que almacenar materiales sobre las losas. Se colocan puntales de seguridad si es necesario.



Foto 12.— Encofrado de un pilar con acceso incorporado y protección de plataforma de trabajo a base de barandillas y cadenas de cierre incorporadas.

- b) Calidad del hormigón. Estudios de dosificación adecuadas. Controles rigurosos.
 - c) Aceleración del endurecimiento: Utilizar elementos de endurecimiento rápido. Calefacción, incluidos o no en el encofrado.
2. Aceleración al máximo de la rotación de los encofrados. Para ello se adopta un ciclo de utilización de 24 horas, que es repetido exactamente tantas veces como el edificio lo requiera. Este ciclo se descompone en:
- a) Fase de preparación; suele durar entre 6 y 7 horas. En él se realizan las siguientes operaciones:
 - b) Desencofrado del ciclo anterior.
Quitar cierres.
Accionar dispositivos.
Transporte.
 - c) Limpieza de los encofrados e impregnación con desencofrante.
 - d) Colocación en el nuevo emplazamiento.
Transporte.
Reglaje.
Nivelación.
 - e) Fase de hormigonado. Suele durar entre 3 y 4 horas. La temperatura de vertido está generalmente entre 20 y 40 °C.
 - f) Fase de curado. Suele durar de 13 a 15 horas. La temperatura de vertido es mantenida o elevada por medio de estufas o sistemas de calefacción incorporado a los encofrados. Se alcanzan resistencias medias del hormigón de 100 Kg/cm², sin variar la dosificación ni incluir aceleraciones de fraguado.

Para que este sistema funcione, ha de tenerse muy en cuenta que antes de empezar la obra debe realizarse una completa y precisa definición de todos los detalles de la misma por el departamento de métodos, así como de su organización.

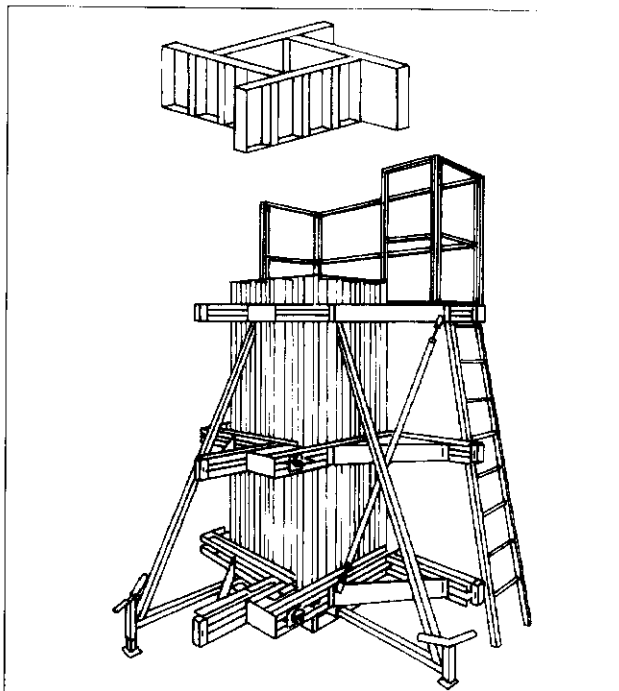
SEGURIDAD

La seguridad de este sistema está basada en tres puntos:

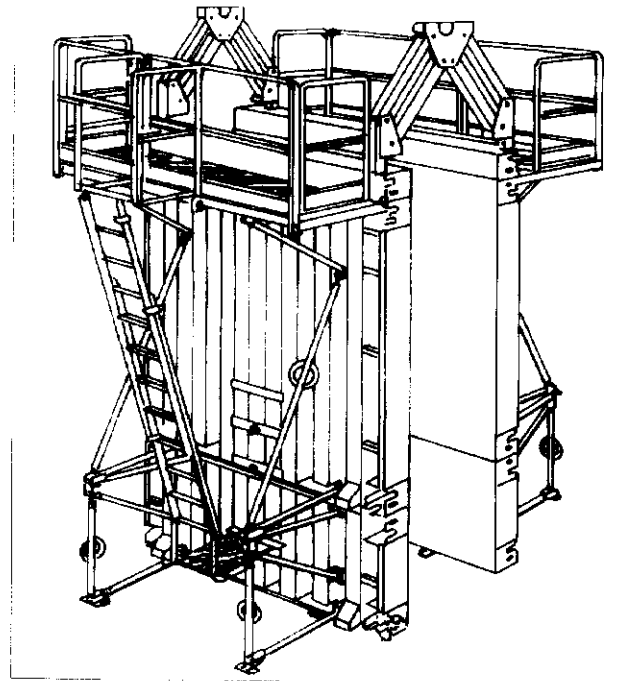
- a) Incorporar a todos los elementos utilizados el principio de la seguridad integrada.
- b) Organización del trabajo muy controlada.
- c) Mano de obra especializada y advertida.

GRANDES ENCOFRADOS PLANOS

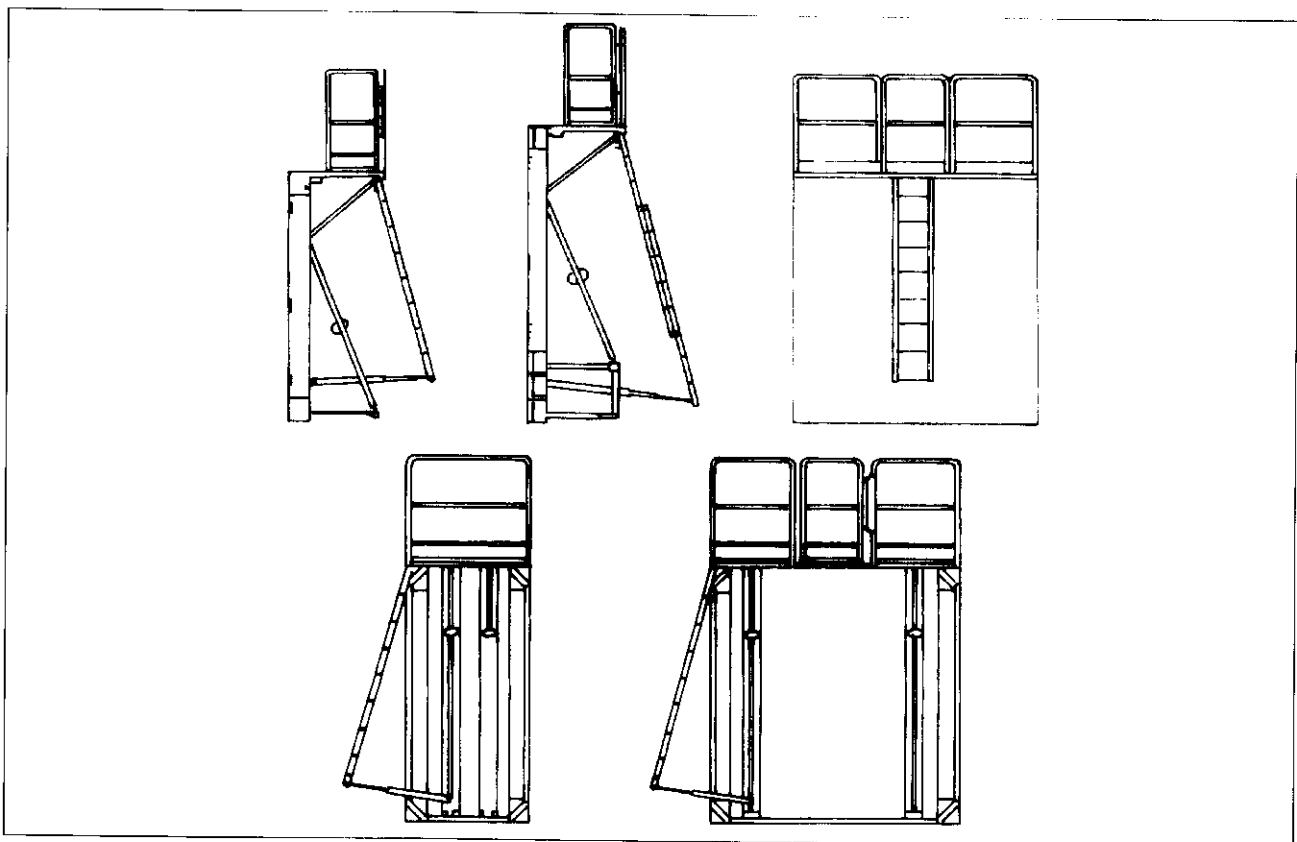
Existen dos tipos: los que utilizan para encofrar superficies horizontales (forjados) y los que la utilizan para encofrar superficies verticales (muros y fachadas). Estos sistemas que son independientes entre sí en esta



Encofrado para pilares con un lateral deslizante.



Encofrado con elevador.



Encofrado de muro a una o dos caras.

obra se complementan y se utilizan de forma conjunta para la ejecución de un edificio.

GRANDES ENCOFRADOS HORIZONTALES

Realizan losas de forjado y son llamados encofrados mesa. El sistema consiste en una plataforma-encofrado solidaria a un carro que se desplaza por medio de ruedas. Su altura es la de una planta y se apoya en el forjado inferior. La nivelación se efectúa por medio de gatos manuales que pueden regularse fácilmente. Sus dimensiones son variables, dependiendo de la superficie a encofrar. Su traslado de una planta a otra se realiza por medio de una grúa y un dispositivo mecánico que la mantiene constantemente horizontal. Las mesas utilizadas son de dimensiones fijas que permiten encofrar módulos iguales.

Las partes componentes de un encofrado-mesa son:

1. Plataforma encofrante.

- a) Paneles de encofrado. Están formados por chapa metálica de 3 o más milímetros o contrachapado tratado para aumentar su capacidad resistente y finura de acabado.
- b) Rigidizadores. Son los elementos que sostienen los paneles del encofrado y transmiten las cargas recibidas al pórtico.
- c) Barandillas de seguridad fijas: están situadas al borde que tiene riesgo de caída de altura. Poseen un dispositivo que nos permite encofrar las zonas límites de la mesa, que variarán siempre varios centímetros con la superficie a encofrar.

2. El carro.

Es el conjunto de elementos que sostienen la plataforma. Está formado por unos pórticos y los elementos de arriostramiento.

- a) Traviesas. Elementos horizontales que transmiten las cargas de la plataforma a los pies, que son perfiles aligerados.
- b) Pies. Recogen las cargas y las transmiten al suelo. Están equipados con dispositivos de nivelación de la mesa. Estos dispositivos son un gato de una rosca fina y un pie telescópico; esto permite una regulación fina.

Arriostramiento. Su finalidad es conseguir que la mesa adquiera mayor rigidez.

- b) Barandilla de protección de hueco inferior constituida por elementos de la propia estructura.

GRANDES ENCOFRADOS VERTICALES

Se utilizan para realizar los muros del edificio, tanto interiores como exteriores, fachadas, muros piñón, muros de carga, divisiones interiores, etc.

Están constituidos por las superficies de encofrado de acero formando un cajón rígido. Gatos manuales permiten regular y nivelar el encofrado con maniobras simples, seguras y rápidas, utilizando una sola llave mecánica. La separación de las caras para conseguir el espesor de muro deseado se realiza por medio de gatos que son también utilizados para la operación de desencofrado. Su altura suele ser la altura entre forjados y su longitud es variable. Ambos encofrados son portantes. Pueden ser transportados y almacenados con facilidad al ser autoportantes. Los paneles son modulares que permiten ensamblarse para alcanzar la magnitud requerida. Los ensamblajes pueden ser tanto verticales como horizontales.

CONCLUSIONES

Con este tipo de construcción industrializada se da un paso definitivo hacia adelante en la prevención de accidentes, al permitirnos introducir la Seguridad integrada en los propios medios auxiliares.

Este sistema ya se está empleando en los términos municipales de Madrid y Alcorcón, tal como se muestra en las fotografías que corresponden a la construcción de viviendas que está realizando la Empresa FERCABER en el polígono industrial de URTINSA y en el barrio de la VENTILLA.

Ello nos permite encarar el futuro de la prevención con cierto optimismo al comprobarse que estos sistemas constructivos vienen a resolver determinados riesgos, tales como el de caídas de altura, que parecían enquistados en nuestra tradicional forma de construir.