1

Construcción en acero

Factores económicos y comerciales

Instituto Técnico de la Estructura en Acero



ITEA

ÍNDICE DEL TOMO 1

CONSTRUCCIÓN EN ACERO: FACTORES ECONÓMICOS Y COMERCIALES

Lección 1.1: Introducción al Papel del Acero en la Construcción en Europa 1

1. INTRODUCCIÓN 4
2. DESARROLLOS EN PRODUCCIÓN Y DISEÑO 5
   - 2.1. Producción de acero 5
   - 2.2. Variedad de aceros 6
   - 2.3. Diseño 8
   - 2.4. Fabricación 9
3. VENTAJAS DEL ACERO 10
   - 3.1. Rapidez de ejecución 10
   - 3.2. Ligereza, rigidez y resistencia 13
   - 3.3. Adaptabilidad del uso de pórticos para rehabilitación 15
   - 3.4. Calidad 17
4. EL FUTURO DEL ACERO: ÚLTIMOS DESARROLLOS 18
5. EL FUTURO DEL ACERO: FORMACIÓN Y ESDEP 19
6. RESUMEN FINAL 20
7. BIBLIOGRAFÍA 20

Lección 1.2: Fabricación y Productos de Acero 21

1. BREVE HISTORIA DE LA FABRICACIÓN DE ACERO 24
2. LA FABRICACIÓN HOY (RENDIMIENTO Y PRODUCCIÓN) 25
3. PRODUCCIÓN DE ACERO EN EL MUNDO Y EN EUROPA 27
   - 3.1. Producción 27
     - 3.1.1. Producción mundial 27
     - 3.1.2 Comercio internacional 27

3.2. Consumo 28
3.3. Acería y medio ambiente 28
4. ¿CÓMO SE PRODUCE EL ACERO? 29
4.1. General 29
4.2. Producción de acero 29
5. NORMALIZACIÓN EUROPEA DE PRODUCTOS DE ACERO 30
5.1. Proceso de normalización 30
5.1.1. Establecimiento de Euronormas para productos de acero en los estados miembros 30
5.2. Contenidos de las Euronormas (EN) para acero 30
6. EL ACERO EN LA CONSTRUCCIÓN Y OBRAS PUBLICAS 32
6.1. El acero en la construcción 32
7. CONCLUSIÓN 33

Lección 1.3: Introducción a los Costes de la Estructura de Acero 35

1. INTRODUCCIÓN 38
2. COSTES DURANTE LA VIDA DEL EDIFICIO 39
2.1. Preámbulo 39
2.2. Costes parciales 39
2.3. Costes energéticos 39
2.4. Mantenimiento 39
2.5. Adaptabilidad 40
2.6. Beneficios y contrapartida económica 41
2.7. Costes de demolición 41
3. COSTES TOTALES DE CONSTRUCCIÓN 42
3.1. Típico desglose de costes e interacciones 43
3.2. Rapidez de ejecución 44
3.3. Climatología 46
3.4. Servicios, cerramientos y estructura 46
3.5. Cimentaciones 47
4. COSTES DE LA ESTRUCTURA DE ACERO 48
4.1. Montaje 48

4.2. Fabricación 49
4.3. Protección contra la corrosión y contraincendios 50
5. RESUMEN... 51
6. BIBLIOGRAFÍA 51

Lección 1.4: El Mercado Europeo de la Construcción..... 53

1. INTRODUCCIÓN 56
2. SITUACIÓN ACTUAL 57
3. MARCO LEGISLATIVO Y PLAZOS PARA LA ARMONIZACIÓN 58
4. EL PAPEL Y EL DESARROLLO DE LOS EUROCÓDIGOS 60
5. EL SELLO CE 61
6. EL FUTURO DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL MERCADO ÚNICO EUROPEO 62
7. RESUMEN FINAL 63

Anexo A: Cuestionario: Adjudicación en el sector de la construcción en Europa 65

Austria 67
Bélgica 70
Finlandia 74
Francia 77
Alemania 80
Grecia 83
Irlanda 85
Italia 88
Luxemburgo 91
España 92
Suecia 95
Reino Unido 98

ESDEP TOMO 1
CONSTRUCCIÓN EN ACERO: FACTORES ECONÓMICOS Y COMERCIALES

Lección 1.1: Introducción al Papel del Acero en la Construcción en Europa

OBJETIVOS/CONTENIDO:

- Inspirar a los alumnos un entusiasmo por la construcción con acero.
- Identificar las ventajas de la utilización del acero en la construcción en Europa, subrayando su potencial y el gratificante desafío que ofrece a estudiantes capaces.
- Introducir el ESDEP como respuesta a este potencial.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

No se precisan.

LECCIONES AFINES

Lección 1.2: Fabricación y Productos de Acero

Lección 1.3: Introducción a los costes de la estructura de acero

Lección 1.4: El mercado europeo de la construcción

RESUMEN

El acero se ha venido fabricando desde hace 100 años. Es un material moderno con un futuro apasionante.

Las ventajas del acero se describen junto con los recientes descubrimientos e innovaciones que han introducido mejoras en su producción, ampliando su gama de calidades, en la fabricación y rapidez de construcción, en su adaptabilidad, ligereza, rigidez y resistencia.

Se discute el futuro desarrollo de los usos del acero y las necesidades de formación que traerá aparejadas, así como el papel del ESDEP para satisfacer estas últimas.



Diapositiva 2 Broadgate Fase II (Londres)



Diapositiva 1 Centro Pompidou (París)

1. INTRODUCCIÓN

Aunque el acero ya se produjo en la Edad Media, no fue hasta hace poco más de un siglo que comenzó su uso en el campo de la ingeniería de estructuras.



Diapositiva 3 Estadio de Munich (Alemania)

Hoy, gran cantidad de destacadas estructuras de acero evidencian las posibilidades que ofrece este material. Diapositivas 1-5.

Entre las razones para elegir al acero como material para la construcción de la estructura principal de un edificio o de otros elementos del mismo, destacamos: su magnífica relación resistencia/volumen, la amplia gama de sus posibles aplicaciones, la posibilidad de disponer de muchas piezas estandarizadas, su fiabilidad y su capacidad dar forma a casi todos los deseos arquitectónicos.



Diapositiva 4 Puente Farö (Dinamarca)

La garantía de calidad y el control de la misma en la fabricación garantizan la seguridad y resistencia de las estructuras. Un buen diseño de los detalles, junto con un alto nivel de prefabricación en talleres modernos y bien equipados, con empleados cualificados, y sistemas modernos de protección contra la corrosión, garantizan, con un mínimo mantenimiento, una vida casi ilimitada a las estructuras realizadas con acero.



Diapositiva 5 Plataforma Petrolífera en el Mar del Norte (Reino Unido)

2. DESARROLLOS EN PRODUCCIÓN Y DISEÑO

Las ventajas inherentes al acero se han visto considerablemente incrementadas por el vigor con que la industria de la estructura metálica ha mejorado sus prestaciones en un mundo cada vez más competitivo.

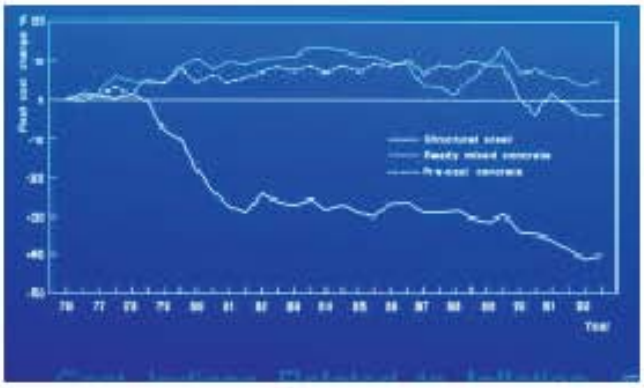
2.1 Producción de acero

Los primeros aceros se fabricaron mediante una serie de procesos que producían un material de composición incierta y propiedades variables. Hoy, casi todo el acero para estructuras se produce mediante el proceso de oxigenación básica con el que, junto con un moderno proceso de afino, se obtiene un material de grano fino, con excelentes cualidades de soldabilidad, resistencia y dureza

Aunque los métodos de producción de acero mejoraron de forma ininterrumpida desde su aparición, el progreso experimentado por ellos en la última década ha sido impresionante. Desde mediados de los años 70 la productividad del acero se ha incrementado de 60-100 Kg/hora hombre a 1.250 Kg/hora hombre en la mayoría de las modernas acerías. Esta mejora ha tenido un efecto significativo en los costes relativos de material. Diapositiva 6.

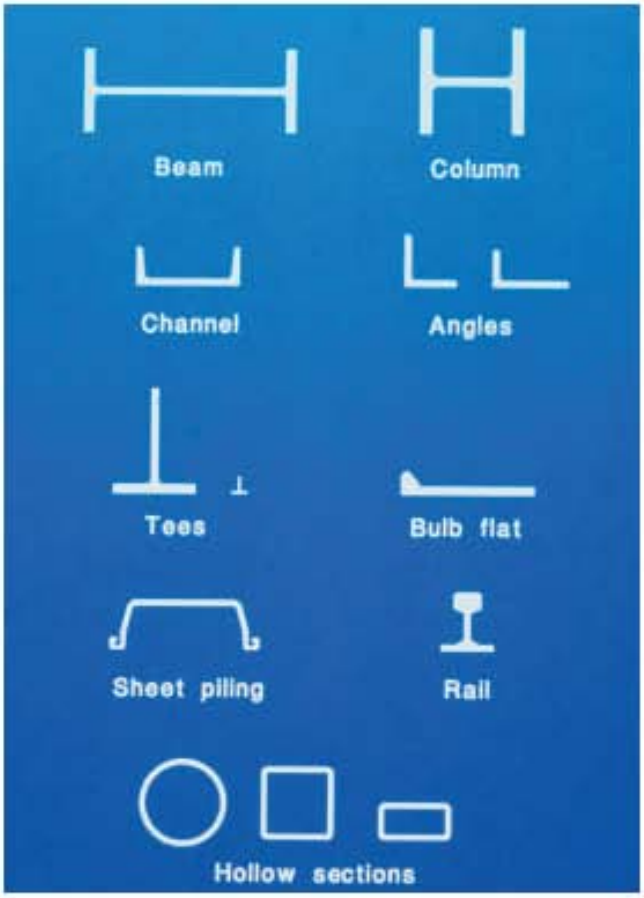
Las inversiones en nuevos y mejores trenes de laminación han ido a la par que las mejoras experimentadas en la producción básica. El moderno tren de laminación en caliente puede producir perfiles con una mayor variedad de formas (ver Diapositiva 7), tolerancias más estrechas, mejor acabado y composición más homogénea. La laminación con temperatura controlada permite un control total y mejora las propiedades mecánicas del producto. El proceso de laminación en frío puede utilizarse para producir una bobina de fleje a la que después se dará una gran variedad de perfiles, Diapositiva 8.

Esta revolución en las técnicas de fabricación ha sido la causa y el efecto de una importante reestructuración de toda la industria. Merece la pena recordar que la Comunidad

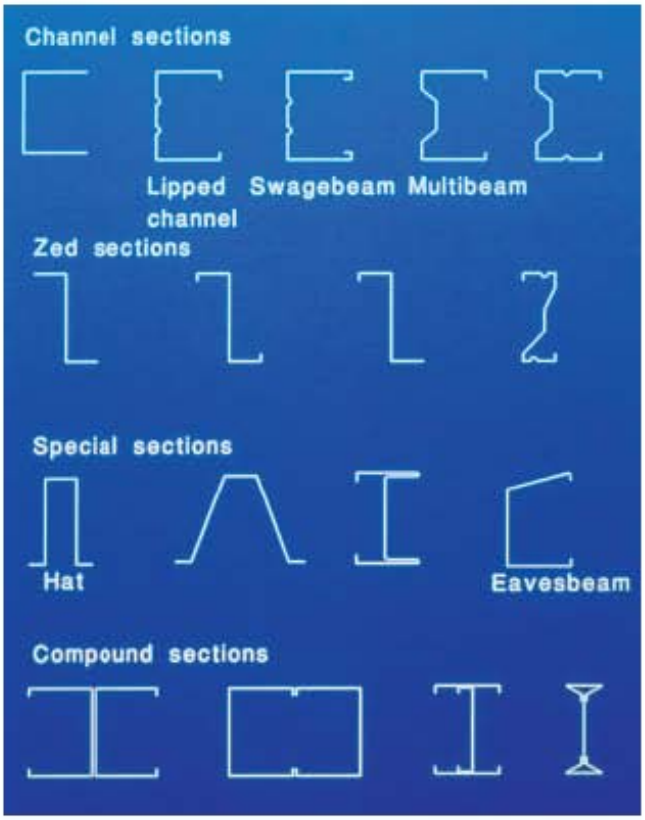


Diapositiva 6 Costes relativos del material

Europea del Carbón y del Acero (una de las componentes de la Comunidad Europea) se estableció en 1952 para asegurar la reestructuración de estas industrias cruciales tras la 2ª Guerra Mundial. Ha sido un proceso difícil, largo y doloroso para la industria, pero ha provocado la aparición de una nueva siderurgia moderna y sana.



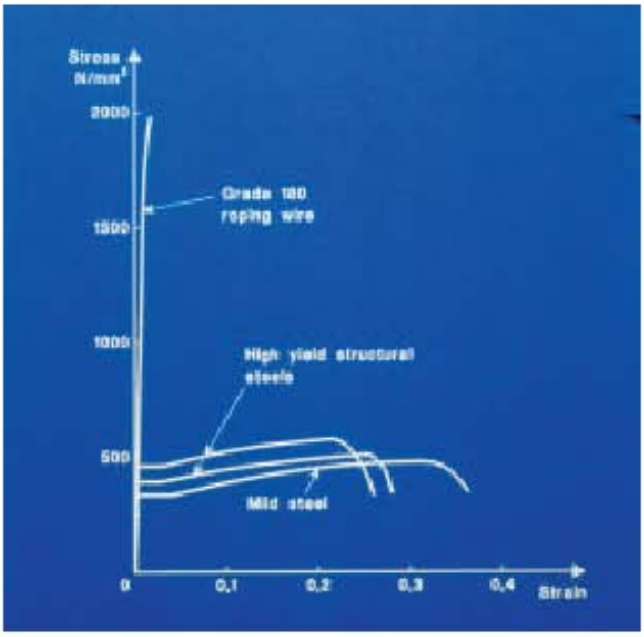
Diapositiva 7 Variedad de perfiles laminados en caliente



Diapositiva 8 Variedad de perfiles laminados en frío

2.2 Variedad de aceros

Aunque los aceros bajos en carbono, baratos y de buena calidad, siguen siendo la columna vertebral de la industria, actualmente se complementan con una amplia gama, comercialmente disponible, de aceros estructurales



Diapositiva 9 Propiedades mecánicas de una variedad de aceros

Diapositiva 9. El acero de alto límite elástico, ha ido incrementando su popularidad, al procurar obtener los diseñadores estructuras a costes más competitivos. Cuando es preciso pueden especificarse aceros con laminación termodinámicamente controlada. La Diapositiva 9 muestra las propiedades mecánicas de aceros especiales, en este caso un cable de alta resistencia.

Las mejoras producidas en las propiedades mecánicas de los aceros, se ven claramente



Diapositiva 10 Puente de acero resistente a la corrosión (CORTEN/ENSACOR)



Diapositiva 11 Revestimiento con acero inoxidable

con un simple ejemplo. Indudablemente la Torre Eiffel fue un triunfo de la ingeniería cuando se completó en 1888. Se realizó aprovechando al máximo los materiales disponibles y contiene casi unas 7000 toneladas de acero, pero si fuese diseñada hoy día tan solo precisaría 2000 toneladas.

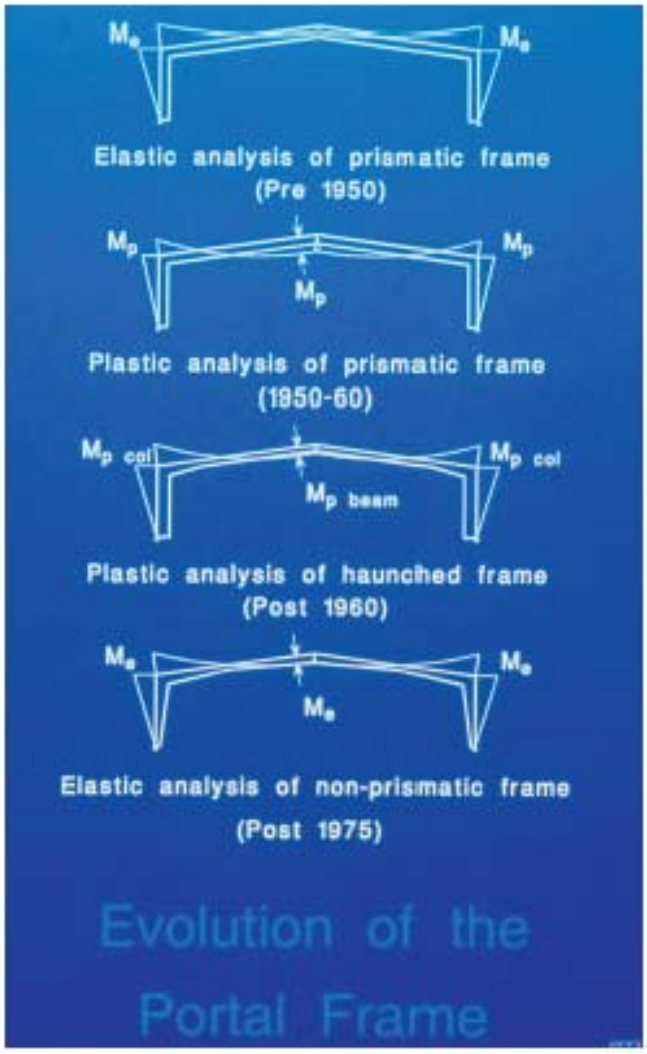
La gama de aceros disponibles incluye materiales con resistencia a la corrosión. Actualmente existen muchos puentes fabricados con aceros resistentes a la corrosión ambiental que, en circunstancias apropiadas, pueden dejarse sin pintar durante toda la vida de la estructura, Diapositiva 10. Los aceros inoxidables se encuentran en el mercado disponibles en una variedad de composiciones casi desconcertante. Una elección apropiada de composición química y acabado dan como resultado una estructura



Diapositiva 12 Utilización de acero laminado en frío para revestimientos



Diapositiva 13 Variedad de colores para capas y acabados



Diapositiva 14 Evolución del diseño de pórticos

duradera y atractiva, Diapositiva 11. En revestimientos se utilizan ampliamente productos de acero recubiertos, Diapositivas 12 y 13.

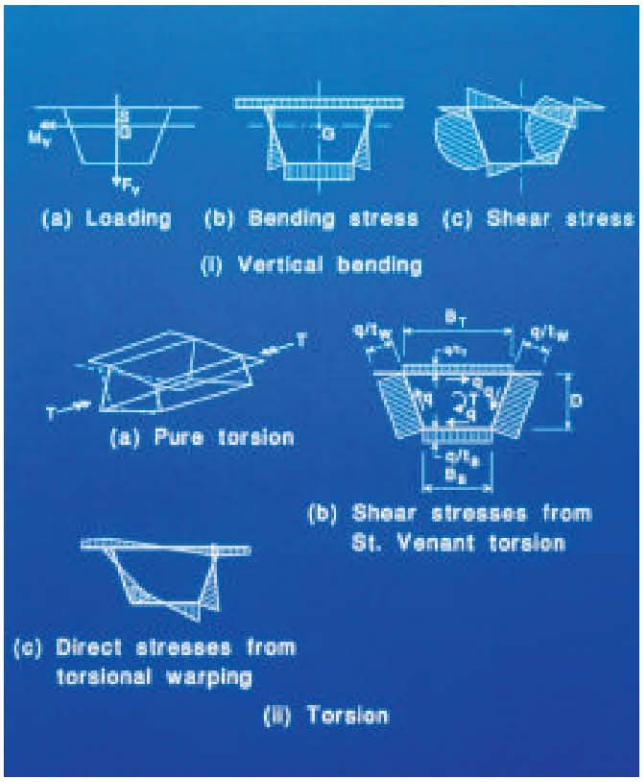
2.3 Diseño

El diseño en acero solía ser considerado como un arte hermético en el que sólo se alcanzaba un nivel de competencia tras 20 años de dura experiencia. Aunque, por supuesto, la experiencia sigue siendo muy importante, el diseñador ahora tiene mayores medios de apoyo y puede ser más preciso. Los ordenadores han convertido en rutina niveles de análisis que antes requerían gran cantidad de cálculo manual. Los códigos de práctica se han vuelto más comprensivos, y la llegada del diseño en estado límite concentra la mente del diseñador en los aspectos más importantes de un diseño determinado. Los Eurocódigos [3 y 4] son la culminación de un duro trabajo de muchos años, y reúnen la mejor información sobre diseño en acero y estructura mixta.

Dos ejemplos ilustran los refinamientos en la forma estructural, logrados mediante una mejor comprensión del comportamiento estructural, del análisis y del diseño. El pórtico, objeto de mucha investigación desde 1950 hasta nuestros días, es una elegante estructura mínima, ver Diapositiva 14. La inherente eficiencia de su forma (su línea central sigue de cerca la directriz de empujes que se asocia con una linea de equilibrio axial, minimizando así los momentos deflectores) se realza con un moderno diseño plástico o elástico. El diseño plástico permite la redistribución de los momentos, de forma que el diagrama de flectores se ajusta lo más posible al diagrama de resistencia uniforme asociada a secciones prismáticas; para resistir el momento cumbre en el voladizo se usa un refuerzo. El análisis elástico y los modernos métodos de fabricación permiten la construcción de un pórtico cuya distribución variable de resistencia se ajuste al diagrama de momentos flectores elásticos.



Diapositiva 15 Puente de vigas cajón



Diapositiva 16 Comportamiento de puentes con vigas cajón

El segundo ejemplo es un moderno puente de vigas cajón, ver Diapositivas 15 y 16. Esta elegante forma de construcción permite el uso de alas amplias, reduciendo así el canto de la estructura. La inherente rigidez de torsión de la sección cerrada se usa para distribuir los efectos de la carga excéntrica sobre toda la anchura de la sección, reduciendo así las tensiones máximas de flexión. Los diafragmas internos sirven, además de mantener unidas las piezas del cajón durante la fabricación, para reducir la resistencia de torsión de la sección cerrada.

2.4 Fabricación

Paralelamente a la mejora en eficiencia de la producción de acero, nos encontramos un significativo aumento de productividad en esta industria: entre 1980 y 1990 casi se dobló la producción por hombre. La introducción de máquinas de control numérico ha reducido el tiempo de preparación y manejo del material, y ha contribuido en gran manera a conseguir una mayor calidad. Ahora, el granallado de perfiles de acero y el proceso de pintura se pueden hacer automáticamente, al igual que las operaciones de corte y taladrado. En casi todas las plantas modernas hay sistemas de transporte que transfieren el material de máquina a máquina.

Un buen ejemplo de equipo de fabricación moderno es la planta de control numérico para el oxicorte de perfiles alveolados. Dicho equipo ofrece sustanciales mejoras de calidad y productividad en comparación con el equipo tradicional, ver Diapositiva 17.



Diapositiva 17 Corte con control numérico de vigas alveoladas

3. VENTAJAS DEL ACERO

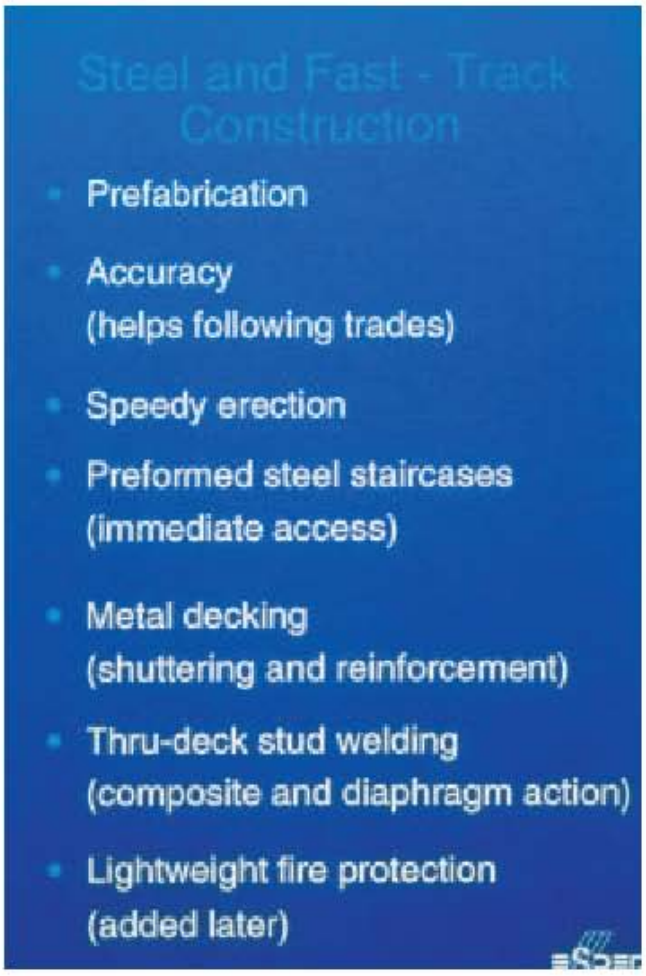
3.1 Rapidez de ejecución

Actualmente existe una presión creciente sobre todos los proyectos, tendente a reducir sus períodos de ejecución. Donde esta ha producido el impacto más dramático ha sido sobre los métodos de ejecución, y sobre la optimización y simplificación de la moderna estructura mixta.

Gran parte de las obras se realizan ahora mediante contratos en los que la secuencia de diseño, cimentaciones, fabricación y montaje de la estructura, cerramientos y acabado, se superponen para reducir el periodo de ejecución en su conjunto. El contratista pasa a ser, en una primera etapa, un miembro del equipo de diseño y, en muchos casos, el cliente se involucra en la realización del proyecto, que se divide en paquetes de trabajo con contenido propio.

El acero para estructuras –rápido, preciso, prefabricado– se presta de forma natural a una ejecución rápida, tal y como muestran las siguientes diapositivas:

Diapositiva 18: Los elementos clave son chapas de acero para refuerzo y encofrado perdido: mediante la soldadura de pernos conectores a lo largo de la chapa se consigue la acción de conexión de los diferentes elementos del forjado y una protección contraincendios de peso ligero.

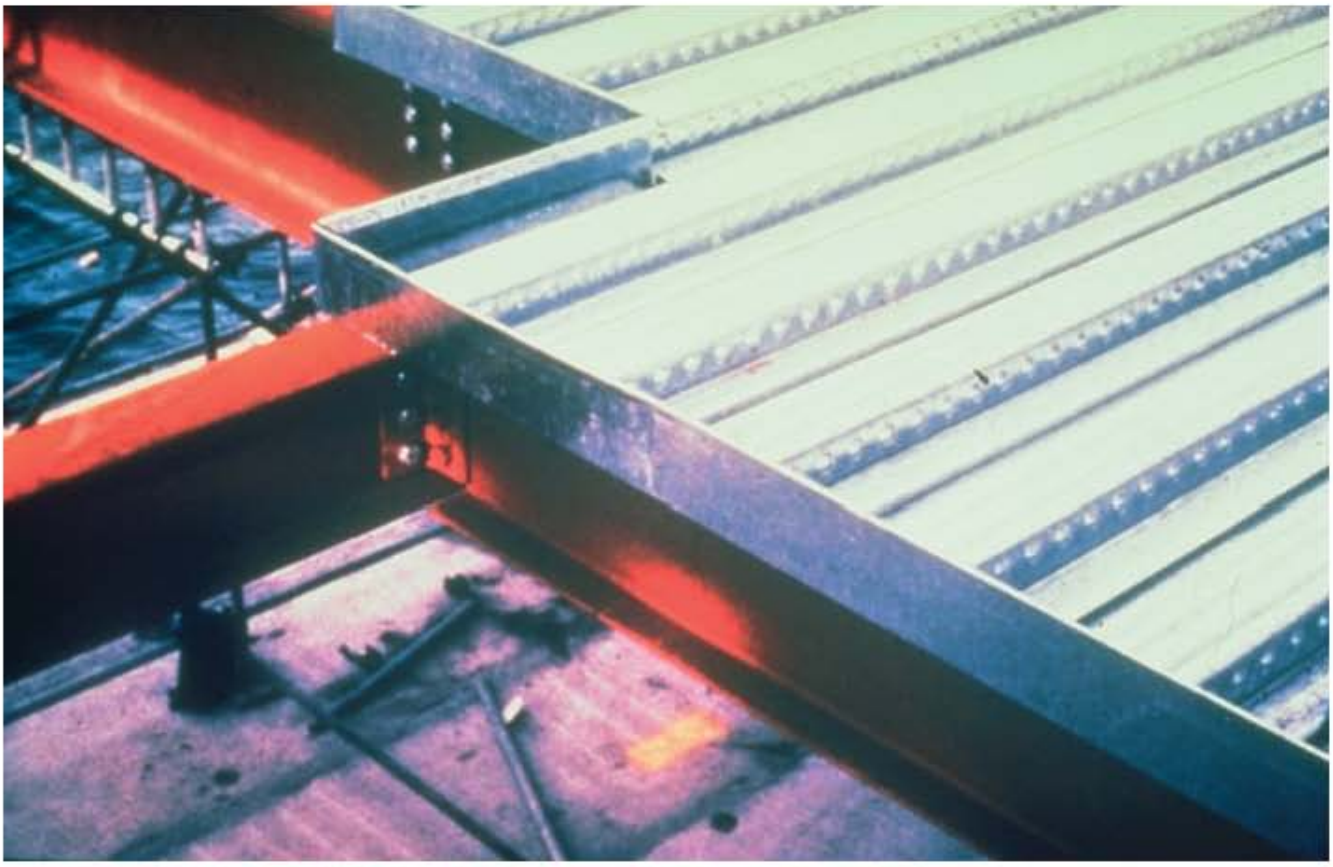


Diapositiva 18 Uso del acero en la construcción rápida

Diapositiva 19: La losa metálica se eleva con facilidad en paquetes y se coloca manualmente.



Diapositiva 19 Losa metálica preparada para colocarse manualmente



Diapositiva 20 Escotes de cantos para forjado mixto



Diapositiva 21 Fijación de conectores

Diapositiva 20: Se escotan los cantos para nivelar el hormigón y evitar que se derrame.

Diapositiva 21: Los conectores que unen viga, losa y hormigón pueden ser colocados por un solo operario a razón de 1000 al día.

Diapositiva 22: Vertido de hormigón por bombeo.

Diapositiva 23: Las conducciones de los servicios se fijan con facilidad a la parte inferior del forjado.

Diapositiva 24: Las escaleras prefabricadas pueden ser montadas rápidamente para proporcionar un acceso rápido y seguro a los trabajadores de la construcción.

Diapositiva 25: Los elementos de cerramiento –prefabricados con una cara de granito o un muro cortina– pueden llevarse directamente desde el camión a montaje evitándose el almacenamiento en obra.



Diapositiva 22 Vertido de hormigón mediante bombeo



Diapositiva 23 Instalaciones para servicios fijadas bajo la losa



Diapositiva 24 Escaleras prefabricadas



Diapositiva 25 Muros cortina