Zeitschrift: IABSE reports of the working commissions = Rapports des commissions de travail AIPC = IVBH Berichte der Arbeitskommissionen

Band: 1 (1965)

Artikel: La préfabrication d'éléments structuraux en Espagne

Autor: Casado, C.F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-942

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

La préfabrication d'éléments structuraux en Espagne [1])

Die Vorfabrikation von Bauteilen in Spanien

The Prefabrication of Structural Elements in Spain

1 - Introduction

1.1 - La préfabrication d'éléments structuraux en Espagne présente deux aspects clairement définis:

A - Eléments préfabriqués en ateliers fixes, d'application générale.

B - Eléments préfabriqués en ateliers provisoires, généralement pour un seul chantier ou groupe de chantiers voisins.

1.2 - Les ateliers correspondant au groupe A comptent trois catégories:

A1) Ateliers destinés à la préfabrication totale d'immeubles d'habitation.

A2) Ateliers destinés à la préfabrication d'éléments divers.

A3) Ateliers de préfabrication de poutrelles.

Catégorie A1). Il n'en existent que très peu, à proprement parler, deux: un à Barcelone et l'autre à Madrid qui exploiten des brevets étrangers avec une mécanisation très réduite.

Catégorie A2). Il y a plusiers ateliers qui préfabriquent tous les éléments de couverture jusqu'à 30 m. de portée. D'autres fabriquent des tuyaux et des conduites pour des pressions arrivant à 20 atmosphères et de diamètre jusqu'à 2,00 m, pylones pour lignes aériennes, etc.

Catégorie A3). Ce sont les plus nombreux. On y fabrique toutes les variétés de poutrelles en béton armé normal ou précontraint, analogues aux profils métalliques laminés, poutrelles pour structures composées qui évoluent et augmentent progressivement de résistance in situ, et simples éléments initiaux de plancher, dont la plus grande partie est moulée in situ. Les modèles nor-

---

[1]) Par le prof. C. F. Casado de la Escuela Tecnica Superior Ingenieros de Caminos y Puentes, ingénieur-conseil Huarte et C.

malisés les plus fréquents sont pour la construction normale et, exceptionnellement, pour des éléments destinés à de fortes charges pour des ponts ou des planchers industriels.

1.3 - Les ateliers provisoires sont montés pour l'exécution de structures d'importance exceptionnelle, telles que halls industriels, bâtiments sportifs ou ponts. L'atelier le plus grand de ce type a eté celui du hall de laminage de la Sidérurgie d'Avilés, d'une surface de 4.900 m^2 où ont été préfabriqués des arcs, des poutres, des dalles de couverture et des poutres de ponts roulants, pour une surface totale d'édification de 140.000 m^2.

2 - Structures pour bâtiments

2.1 - Laissant de côté la préfabrication totale de bâtiments qui, comme nous l'avons dit, ne fait que commencer en Espagne, ce système constructif est appliqué d'une façon intégrale pour les planchers et couvertures.

2.2 - Planchers normalisés

La plupart des planchers des immeubles d'habitation sont exécutés à l'aide d'éléments préfabriqués, même dans les cas de structures d'ossature métallique.

Le degré de préfabrication varie entre le 100%, dans le cas de poutrelles séparées par des hourdis de béton léger ou de matériaux d'autre type jusqu'aux environs du 20% dans le cas de semelles étayées pour recevoir les blocs de remplissage qui forment le moule du plancher de solives monolithe des semelles où est incorporée l'armature inférieure.

Les poutrelles ou éléments partiels préfabriqués sont en béton armé précontraint. Dans ce dernier cas ils sont fabriqués en béton de haute résistance et précontraints sur banc longitudinal. Pour les poutrelles précontraintes l'Institut Eduardo Torroja est arrivé à des normes de fabrication et d'emploi. On a tenté également d'établir un certificat de qualité, mais sans résultats pratiques.

Dans les cas de surchages plus élevées que dans la construction de logements, des plancher préfabriqués du même type ont été également employés pour des salles de spectacles, théâtres, cinémas, etc. Pour certains gradins de tribunes ont été utilisées des dalles préfabriqués en béton armé normal. Les portées ont atteint 10 m et les surcharges 600 kg/m^2.

2.3 - Couvertures

Un autre cas de spécialisation en ateliers fixes est la préfabrication de structures de couverture. La plus courante est la ferme à deux versants

composée d'éléments triangulaires transportables, avec des tirants en acier. Il existe plusieurs brevets, dont les plus intéressants sont ceux qui utilisent, en portée normale, deux demi-fermes assemblées in situ à l'aide d'un tirant horizontal à raccord réglable.

Les systèmes de couvertures préfabriquées en atelier provisoire sur le chantier même ont été également utilisés et ont permis d'arriver à des portées de 30 m.

Un autre type de couverture préfabriquée est celui d'arcs montés également en deux moitiés, avec articulation provisoire à la clé fixée postérieure-

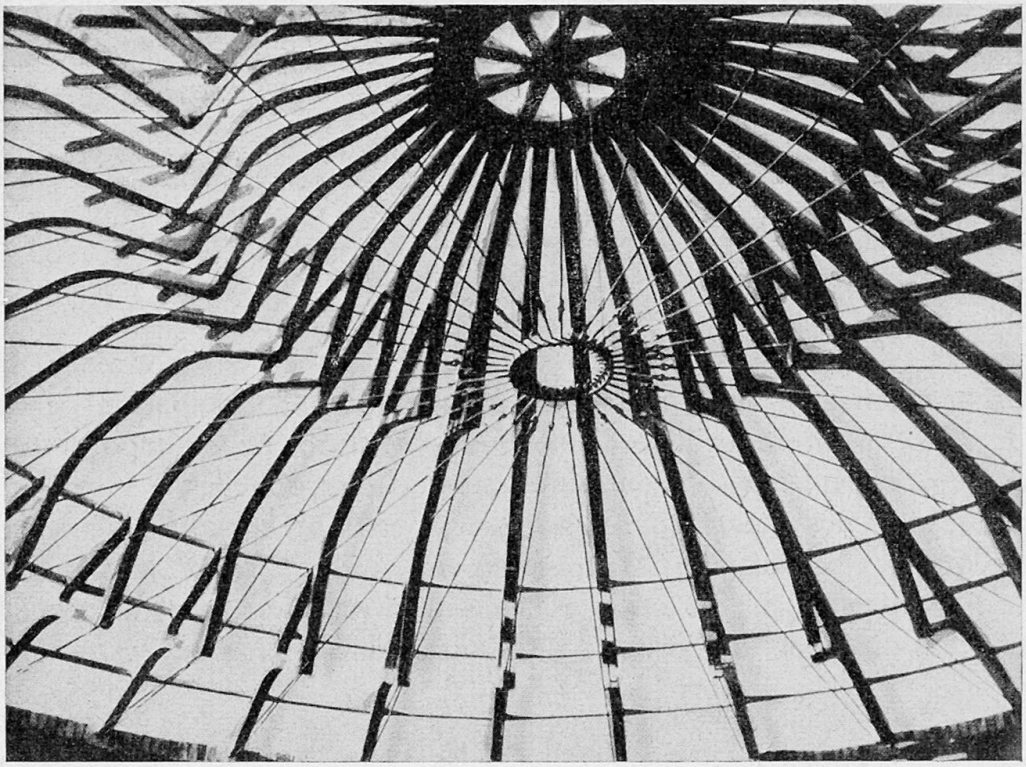

Fig. 1 - Couverture en éléments standardisés - Marché couvert de Zaragoza - Diamètre 22,50 m - Système MARSA.

ment, la position définitive étant réglée par soudure du tirant ou raccord vissé.

Dans ces cas, la préfabrication est, généralement, presque totale. On monte les fermes ou les arcs assemblés par des poutres transversales, puis on les recouvre d'un matériau léger de fibro-ciment (uralita) qui est définitif, ou d'un matériau isolant léger et d'un autre imperméable bitumineux. Le seul béton coulé à pied d'oeuvre est celui des noeuds d'assemblage.

2.4 - Pour des édifices de structures plus importantes, tels que salles de spectacles, bâtiments sportifs, tribunes et gradins, ont été utilisés des ateliers provisoires de préfabrication sur chantier et employées, pour les couvertures, les mêmes solutions d'arcs et de fermes. La plus grande portée atteinte a été

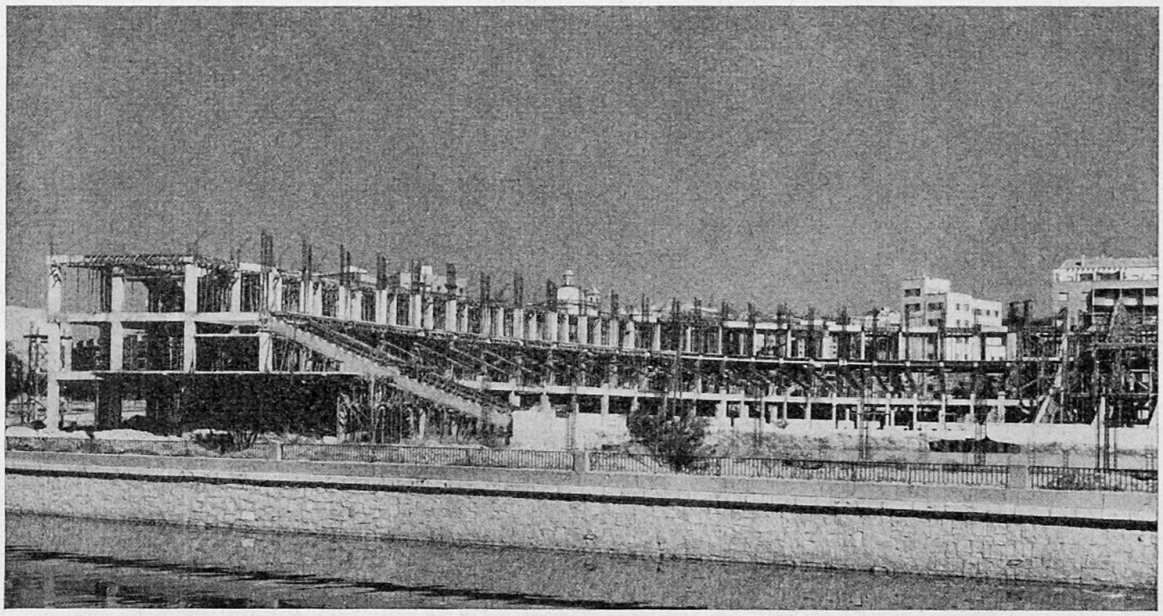

Fig. 2 - Stade " Atletico de Madrid C. F. ". Execution des gradins.

celle du Palais des Sports de Barcelone avec des arcs de béton armé de 50 m. Ils furent montés en deux moitiés et l'on conserva l'articulation de la clé.

Egalement ont été utilisées, pour des couvertures plates importantes, des poutres légères de béton précontraint assemblées en douelles.

Pour certaines constructions sportives ont été préfabriqués aussi bien les gradins que la charpente en béton armé; ainsi une petite arène, à San Sebastian de los Reyes, dans les environs de Madrid et, selon le même procédé, la construction du Stade de l'Atlético de Madrid est en cours.

3 - Halls industriels

3.1 - La principale sphère d'application de la préfabrication lourde a été l'exécution de couvertures pour halls industriels. La préfabrication est arrivée en certains cas à englober tout l'ensemble avec poutres et piliers (hall de montage de Land Rover de l' Usine Santana à Linares et les ateliers de Lacas Mari à Barcelone), également ont été préfabriqués des tronçons de grandes poutres de ponts roulants (atelier de laminage à Avilés), mains normalement il ne s'agit que de l'exécution de la couverture. Dans ce domaine on est arrivé à une préfabrication presque intégrale, exécutant in situ uniquement le béton d'agrégat fin pour les assemblages.

3.2 - Dans des halls plus modestes ont été utilisés des éléments norma-

lisés, fermes-triangulaires symétriques généralement, fabriquées industriellement par des maisons spécialisées, mais normalement c'est l'entreprise de construction elle-même qui procède à leur exécution en atelier provisoire.

3.3 - Les types de structure dépendent fondamentalement du système d'éclairage; arcs ou fermes symétriques pour des halls d'éclairage latéral ou dents de scie pour les ateliers d'éclairage zénithal. En locaux rectangulaires de grande surface (20.000 et 30.000 m^2) totalement fermés, sans ouvertures, avec conditionnement d'air en couverture, on été utilisées des fermes continues de 24 m de portée de pentes alternées (Couverture de ITELHORCE à Malaga). Le système de ventilation influe également en détails secondaires et l'isolement thermique a une grande importance en ce qui concerne le poids propre de la couverture. Dans les cas de moins d'importance on place des plaques ondulées de fibrociment sur l'ossature résistante.

Pour les arcs on est arrivé à des portées de 45 m avec des séparations de 5 à 15 m, assemblés entre eux par des poutres longitudinales qui les étayent et supportent directement le matériau de couverture. Celui-ci est généralement

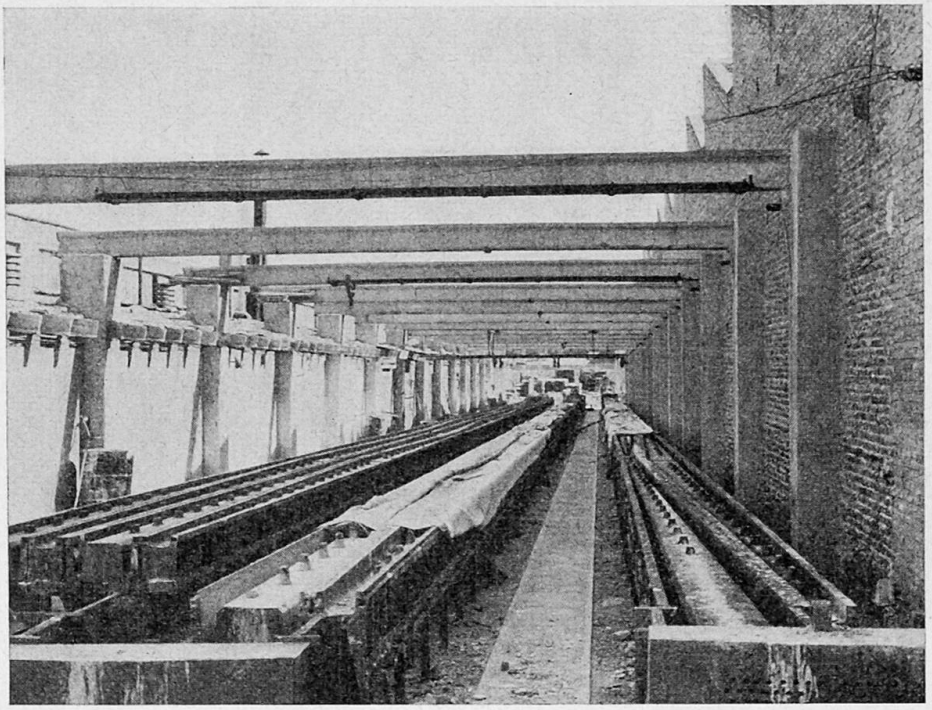

Fig. 3 - Atelier pour éléments de préfabrication.

très léger, en plaques de fibrociment, mais en certains cas on a utilisé des dalles nervurées de faible épaisseur et d'une portée allant jusqu'à 3,50 m. Les poutres longitudinales en T ou en double T légères, sont encandrées entre des poutres de section rectangulaire qui servent de contreventements pour donner la rigidité à l'ensemble dès le premier moment.

Pour les dents de scie l'organisation structurale est très variée, d'où les solutions suivantes:

a) Poutres en treillis système Vierendel permettant l'éclairage naturel ou poutres en treillis et hourdis indépendants en direction inclinée.

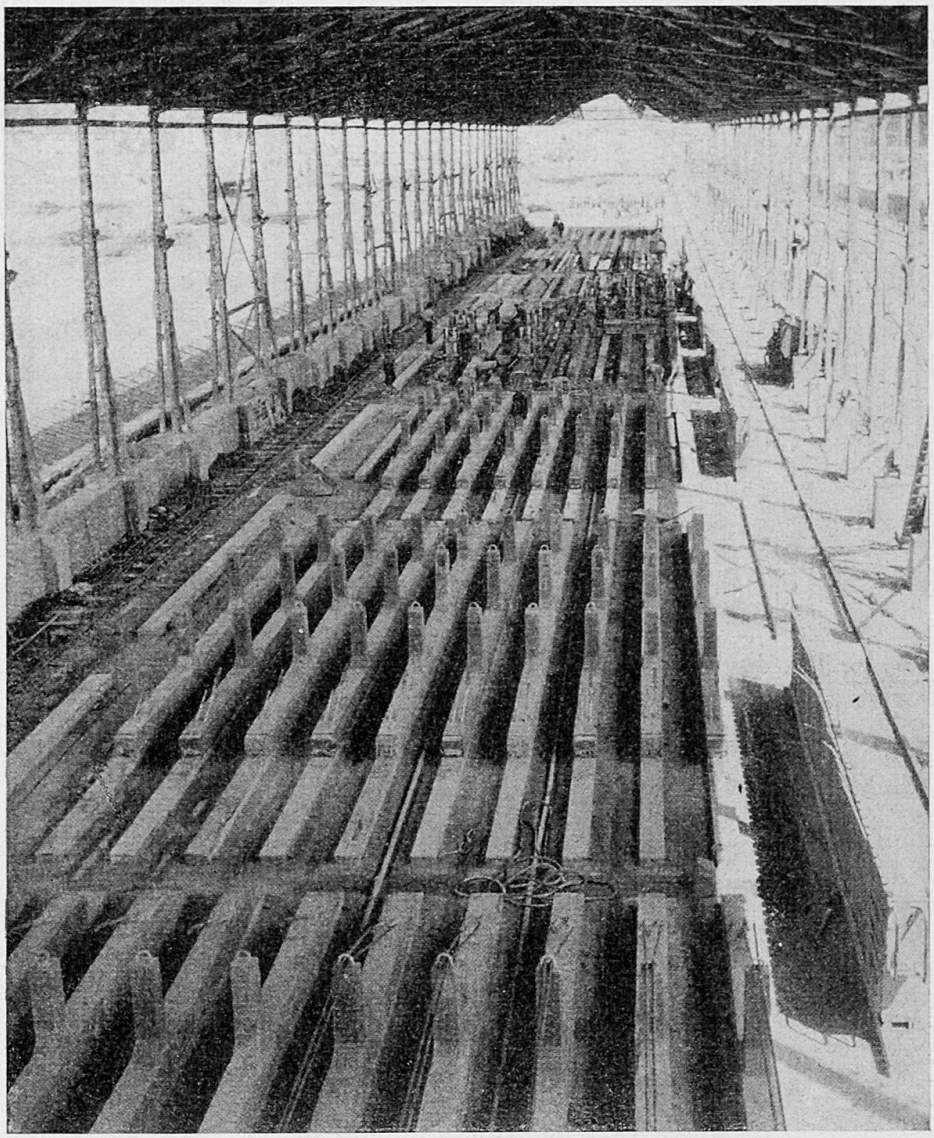

Fig. 4 - Atelier de préfabrication pour le hall de laminage de ENSIDESA (Avilés).

b) Poutres longitudinales continues de faîtage et gouttière et hourdis indépendents en direction inclinée.

c) Fermes triangulaires d'une seule dent ou rectangulaires de plusieurs dents sur portiques longitudinaux et hourdis en direction longitudinale.

3.4 - Le moulage des éléments principaux arcs ou fermes est exécuté en blocs horizontaux ou verticaux selon les cas et par moitiés qui sont unies

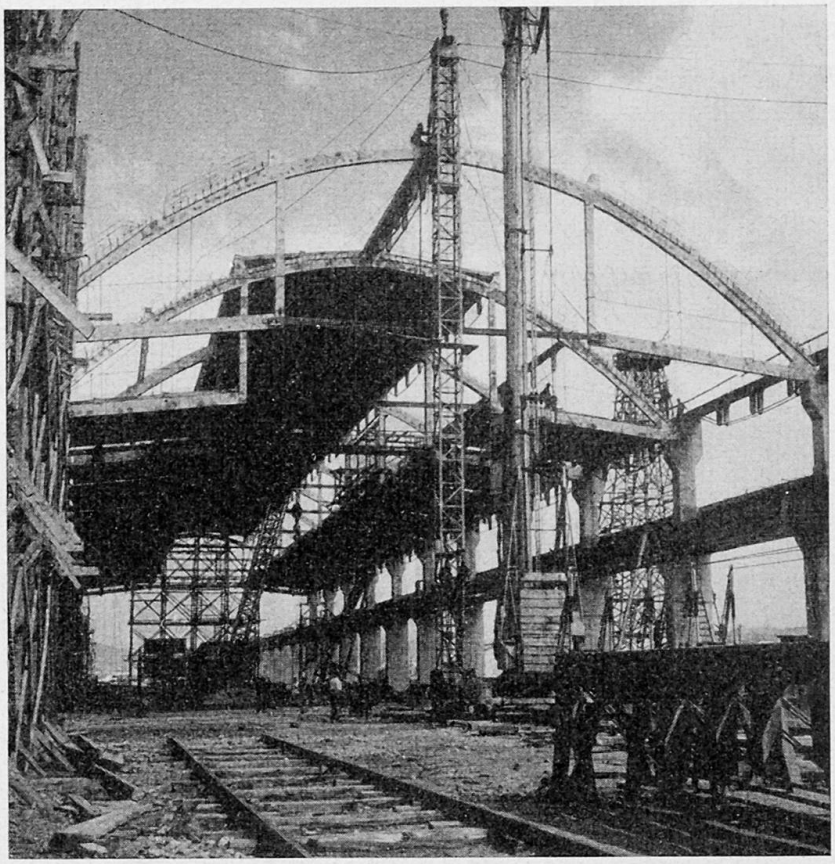

Fig. 5 - Montage des arcs et des poutres de la couverture de ENSIDESA (Avilés)

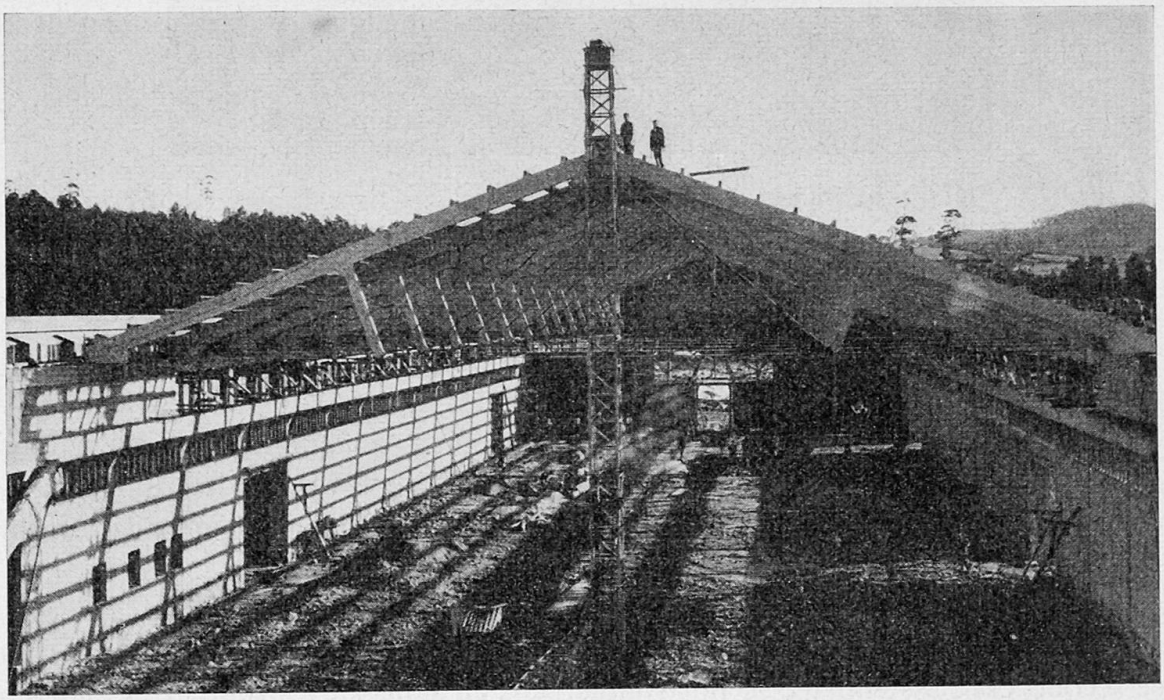

Fig. 6 - Montage des fermes de 30 m de portée pour la couverture de ENDASA (Avilés).

postérieurement par des tirants horizontaux, quand ils sont symétriques. Si l'atmosphère n'est pas agressive les barres qui travaillent à traction sont d'acier nu pour diminuer le poids. Le béton est consolidé par vibration en surveillant spécialement le rapport eau-ciment (aux environs de 0,4). Le décoffrage rapide est effectué par le vide dans certains cas. Les moules individuels sont métalliques en pièces d'une certaine complication, spécialement s'ils comportent le vide et la vibration externe. Dans le moulage par blocs c'est le bois qui est toujours employé, les pièces sont isolées les unes des autres par du papier ou des couches de plâtre.

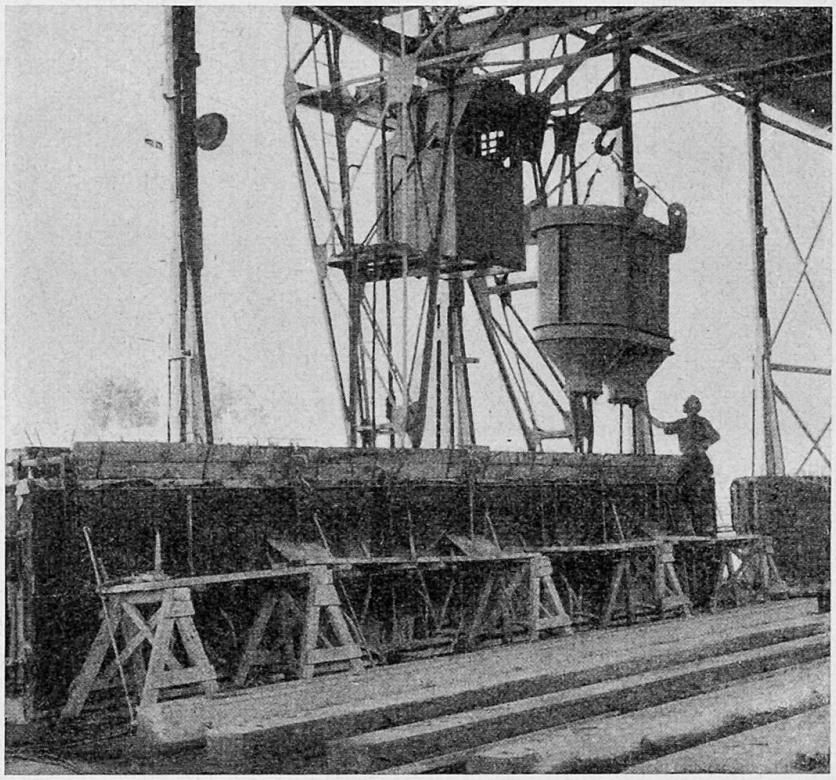

Fig. 7 - Préfabrication des poutres de ponts roulants dans le chantier d'Avilés.

3.5 - Pour le transport de ces éléments dont le poids oscille entre 5 et 10 tonnes, on emploie des grues roulantes qui les distribuent près de l'endroit définitif et l'élévation se réalise à l'aide de grues fixes ou de tours métalliques.

3.6 - L'assemblage des différents éléments se fait généralement par soudure directe des fers et un certain bétonnage in situ de protection. L'articulation isostatique des appuis mobiles sur bielle ou rouleau, l'articulation du montage en clé disparaît généralement.

On veille à ce que tous les éléments aient un appui direct dès le début, soit seulement béton sur béton, soit à travers de plaques métalliques. Dans ce second cas l'assemblage se fait simplement en soudant les bords des plaques en contact. En d'autres occasions l'union est faite en bétonnant des entailles

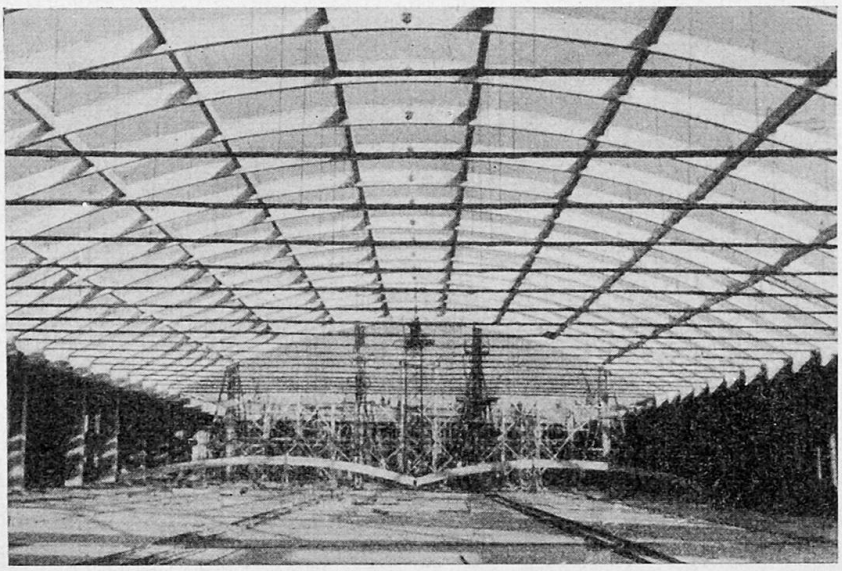

Fig. 8 - Couverture en arc du nouveau garage pour trolleybus de Madrid.

situées dans des zones de compression et en soudant directement les barres de traction. Dans ces cas on doit compléter le travail par une injection de mortier entre les joints. On a également employé des boulons de fixation qui unissent transversalement à l'aide de trous coïncidant, mais on doit également injecter les joints pour éviter aux boulons le travail à traction et les protéger de l'oxydation. Pour les poutres continues les assemblages sont presque toujours exécutés aux points de moments nuls, c'est-à-dire à une certaine distance des appuis.

Nous considérons que l'une des conditions fondamentales pour le mon-

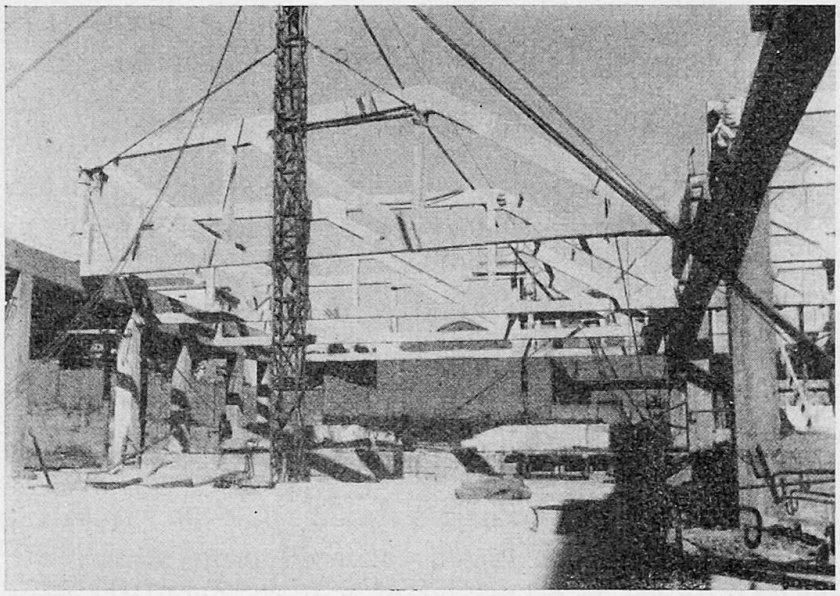

Fig. 9 - Chantier de la Fiat - Hispania à Madrid.

tage d'éléments préfabriqués est d'assurer à tout moment la stabilité de l'ensemble. Ne pas observer fidèlement cette condition a été la cause de quelques échecs. Pour un cas compliqué nous avons fait faire des études sur modèle réduit, et comparer la sécurité de plusieurs systèmes de montage (couverture du hall de laminage à Avilés).

4 - Ponts de travées droites

4.1 - Pour presque tous les ponts de section droite en béton précontraint construits ou en construction on a utilisé la préfabrication de poutres en atelier situé à proximité du chantier, en le montant sans échafaudage, soit par lancement longitudinal à l'aide de câbles sur bipodes ou passerelle métallique provisoire, soit en glissant les poutres par les côtés et en les élevant depuis des piles, suspendues par leurs extrémités.

4.2 - Pour quelques rares cas de petites portées, jusqu'à 12 m, on a utilisé des poutres normalisées en T inverti, précontraintes en ateliers industriels, en les montant avec les têtes inférieures adossées une à une pour ensuite procéder au remplissage *in situ,* avec du béton, jusqu'à former une dalle d'épaisseur constante. Le degré de préfabrication est de 35 à 55%.

4.3 - Exceptuant le pont sur le Guadalquivir, dont nous parlerons plus loin, le type de structure a été la travée simple isostatique ayant atteint 46 m pour des ponts-routes et 24 m pour des ponts de chemin de fer. En section transversale, ils sont de tablier supérieur avec des poutres longitudinales et transversales, excepté pour un pont de chemin de fer de sept portées de 18 m qui est de tablier inférieur. Le poids maximum des poutres a été de 58 tonnes. Les poutres sont en double T asymétrique d'âme mince (14 à 18 cm) qui sont ordonnées avec dispositions caractéristiques: avec tablier de béton armé normal moulé in situ sur leurs têtes ou en complétant celles-ci par des tranches longitudinales pour avoir une continuité dans un tablier qui est consolidé à l'aide d'une précontrainte transversale. Les poutres transversales sont exécutées en tronçons incorporés aux longitudinales et dans tous les cas sont précontraintes pour former une grille. Cette seconde solution donne un degré de préfabrication qui peut arriver à 90%.

Pour le pont de tablier inférieur mentionné plus haut, il a été exécuté in situ sur les saillies des poutres et précontraint transversalement.

Pour celui du Guadalquivir on utilisa la solution structurale de travées consoles de 70 m de portée, la partie centrale qui a été exécutée par préfabrication, premièrement par douelles en encorbellement jusqu'à 20 m dans les deux côtés et ensuite par le lancement de poutres complètes pour une portée intérieure de 30 m.

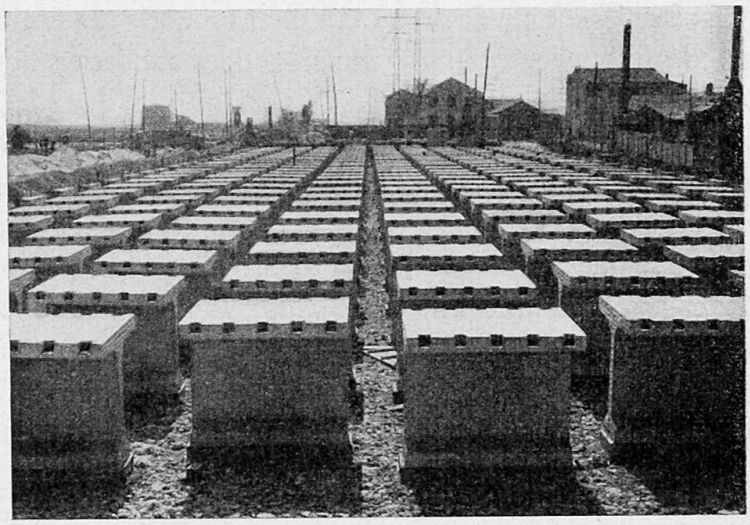

Fig. 10 - Park de stockage des douelles pour la gâre souterraine de Barcelona.

4.4 - Pour l'exécution des poutres on a utilisé souvent le système de douelles de 1,20 à 2,00 m de longueur qui sont préalablement assemblées à l'aide de câbles de précontrainte pour intégrer la poutre. Ce système est particulièrement intéressant quand l'atelier provisoire ne peut être établi à pied d'oeuvre et qu'il faut transporter les éléments en camion. Deux cas très intéressants on été celui de la couverture de la gare souterraine de la rue d'Aragón à Barcelone

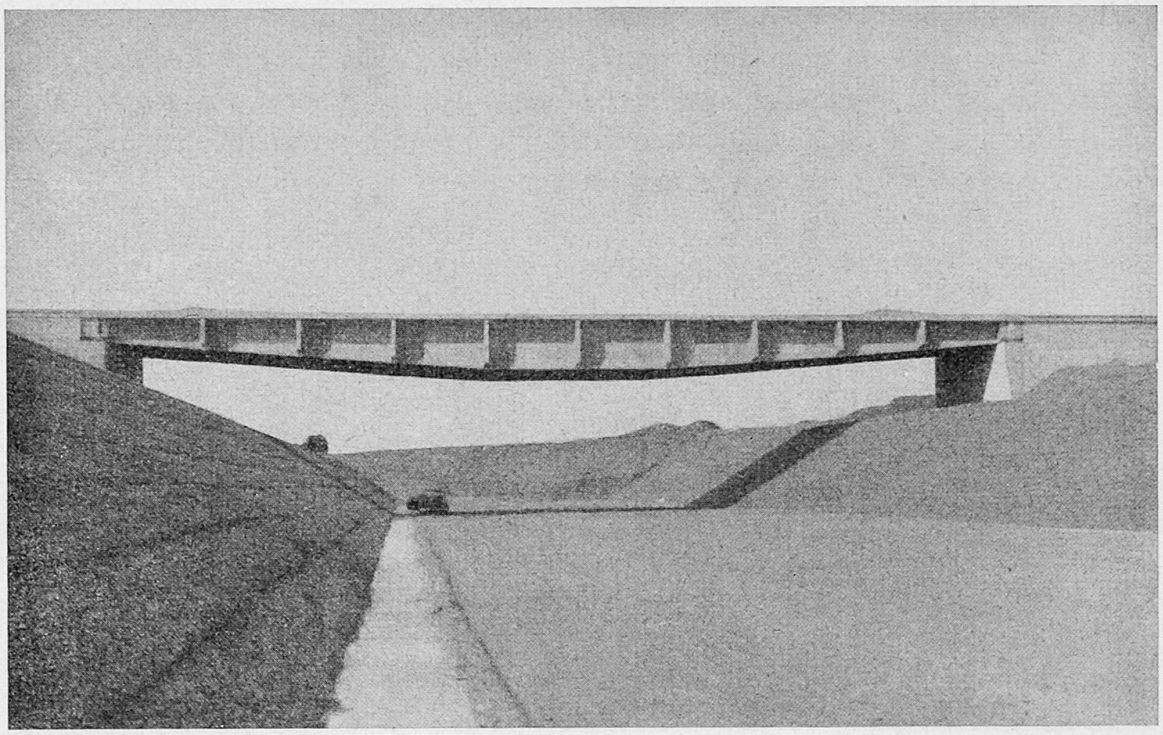

Fig. 11 - Pont du Canal del Bajo Guadalquivir.

avec 120 poutres de 15,60 m de longueur et une série de huit ponts sur les canaux du Guadalquivir avec quarante-huit poutres de 46 m de portée.

Pour le pont d'Almodovar sur le Guadalquivir, les douelles sont de section trapézoïdale de 1 m 50 de longueur et pèsent de 6 à 9 tonnes. Elles sont transportées à l'aide d'un blondin et assemblées aux autres par ancrage de deux ou trois barres Dywidag. Ces douelles sont exécutées à l'aide de moules métalliques ou en bois et le béton est consolidé par vibration.

4.5 - Pour les ponts de béton armé normal, la préfabrication a été utilisée exceptionnellement (pont de la Chantrea à Pampelune, avec un tronçon central de poutre caisson de 36 tonnes), à cause du grand poids des éléments.

4.6 - Les systèmes de précontrainte utilisés ont été Barredo, Freyssinet et Dywidag.

5 - Ponts en are

5.1 - On a également utilisé, bien que moins fréquemment, la préfabrication pour des ponts en arc en exécutant des anneaux qui ont servi d'auto-cintres noyés dans la masse des voûtes, ou bien pour le cas de petites portées (aqueduc de huit portées de 20 m) comme arcs définitifs de la structure.

5.2 - Les anneaux de section double T symétrique très réduite se montent par moitiés formant des arcs de trois articulations qui sont maintenus jusqu'à une certaine étape de l'ouvrage, où ils sont fermés. Les articulations se matérialisent en boulons métalliques et plaques de répartition.

5.3 - Le pont le plus important construit à l'aide de ce procédé est celui de Mérida sur le Guadiana de 8 arches de 60 m de portée. Un arc à tirants de 110 m de portée a été également étudié, y compris un modèle réduit, mais, en construction, on a opté pour des travées droites préfabriquées.

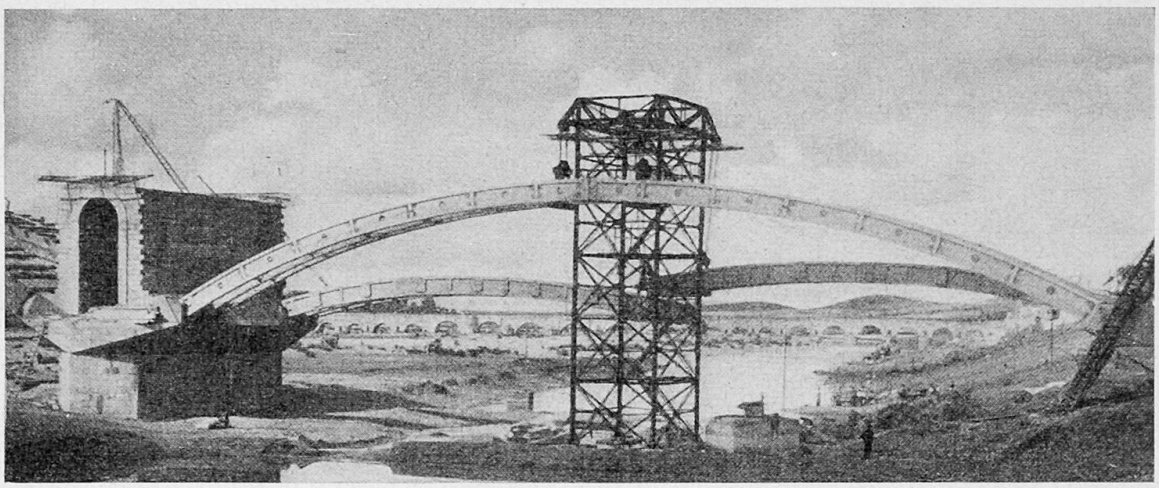

Fig. 12 - Pont de Merida sur le Guadiana - Montage des anneaux auto-cintrés.