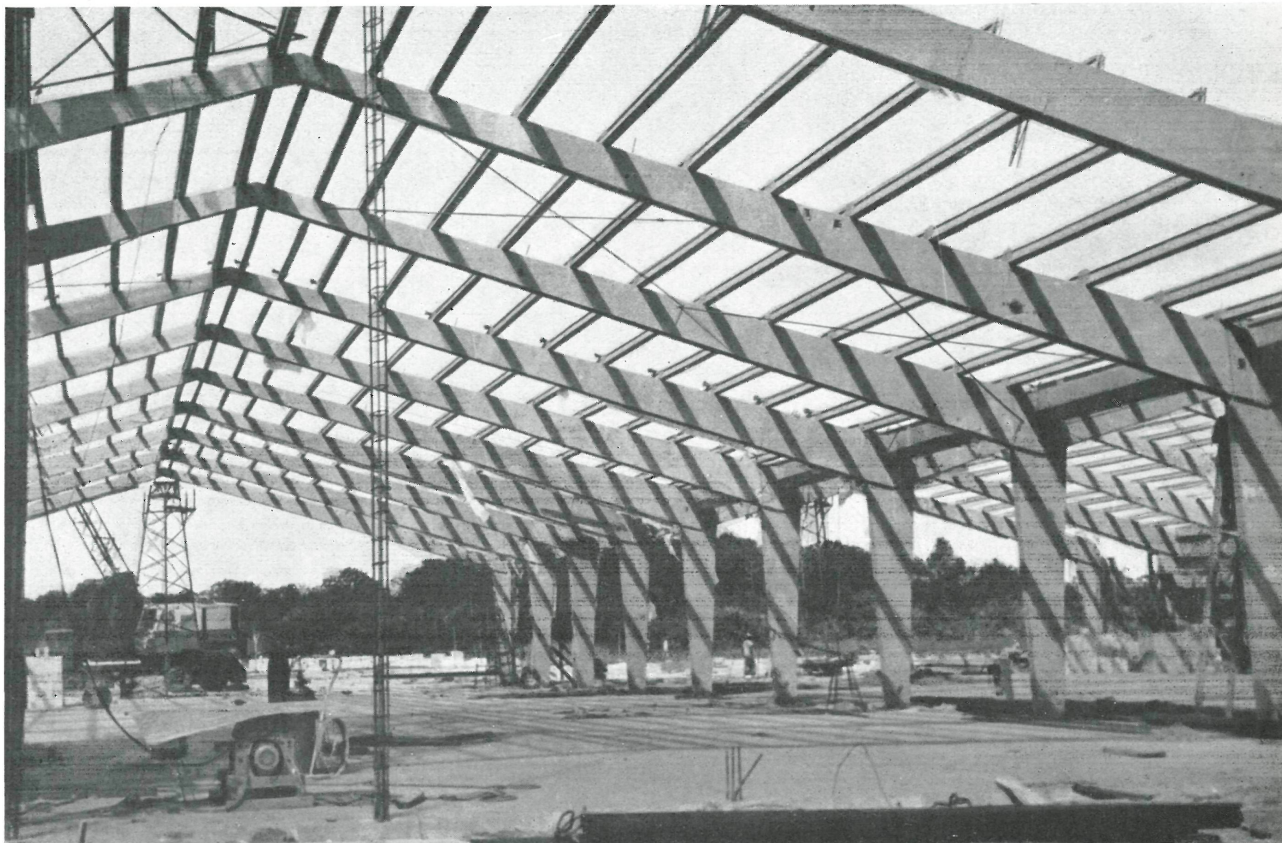


edificio industrial para almacenamiento de fertilizantes

FRANZ SAUTER, ingeniero civil

832 - 29



sinopsis

Este edificio industrial, recientemente construido, de 9.800 m² de superficie en planta, denominado Bag Storage Building, está situado en la ciudad de Puntarenas (Costa Rica). Dadas las características del lugar—proximidad del mar, acciones corrosivas y posibles efectos sísmicos, así como las ventajas de orden económico que la prefabricación ofrece—, su proyecto se orientó, desde su principio, hacia una construcción prefabricada que utilizara el propio terreno edificado como taller de prefabricación. Tiene 195 × 49 m en planta y está subdividido en tres cuerpos. Su estructura está formada por una serie de cerchas articuladas en la base y en la clave, espaciadas a 6,10 m, y compuesta cada una de ellas de tres elementos, prefabricados, de hormigón armado. El elemento central tiene forma de Y, y los dos laterales, de L invertida. El canto de las vigas que constituyen cada una de las cerchas es de 90 cm en arranques y de 30 cm en la clave. Los elementos laterales de las cerchas se han pretensado por medio de cuatro cables, tipo «Leoba», de 12 alambres de 5,4 mm de diámetro cada uno. Estos elementos forman ménsula con un voladizo de 7,30 m en la parte central de la fachada norte del edificio, cubriendo las vías y andenes de carga. La cubierta del edificio está constituida por láminas onduladas, de asbesto-cemento, de 6 mm de espesor, que se apoyan sobre las viguetas pretensadas en forma de I de 20 cm de canto. El montaje de las cerchas se realizó mediante entramados metálicos provisionales, sobre los que se habilitaron las plataformas de trabajo.

Para la construcción de un almacén de fertilizantes ensacados se proyectó un edificio, denominado Bag Storage Building, con una superficie útil de 9.800 m². Esta nave forma parte del complejo industrial Fertica, en Puntarenas, Costa Rica.

La magnitud de la obra y la repetición sucesiva de elementos estructurales iguales, así como consideraciones de economía y rapidez en la construcción—condición ésta impuesta por un plazo de entrega limitado—, la ausencia de conservación y la resistencia a la acción corrosiva de la atmósfera dada su vecindad con el mar, dieron, como solución lógica y racional, una estructura prefabricada de hormigón pretensado.

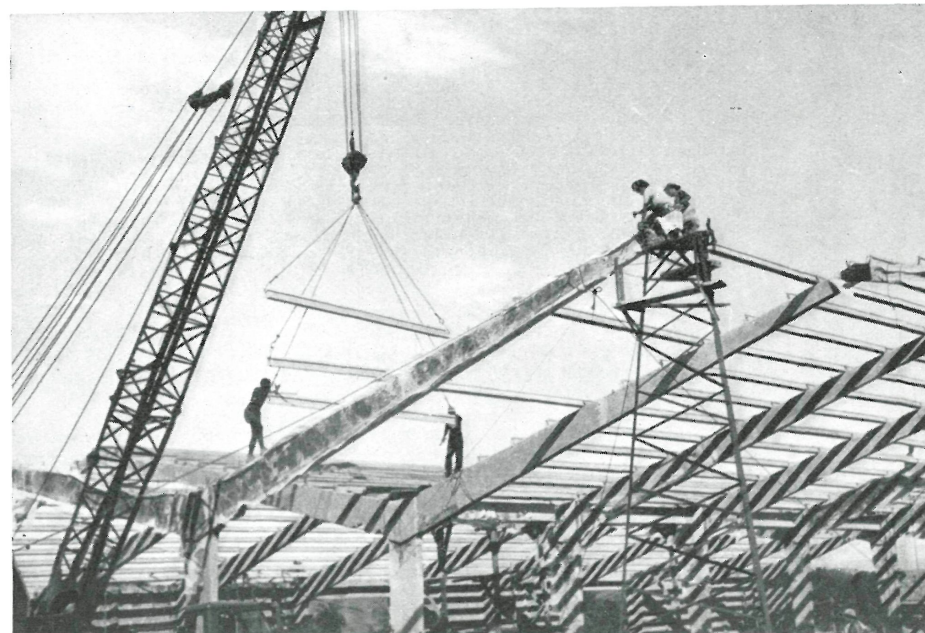
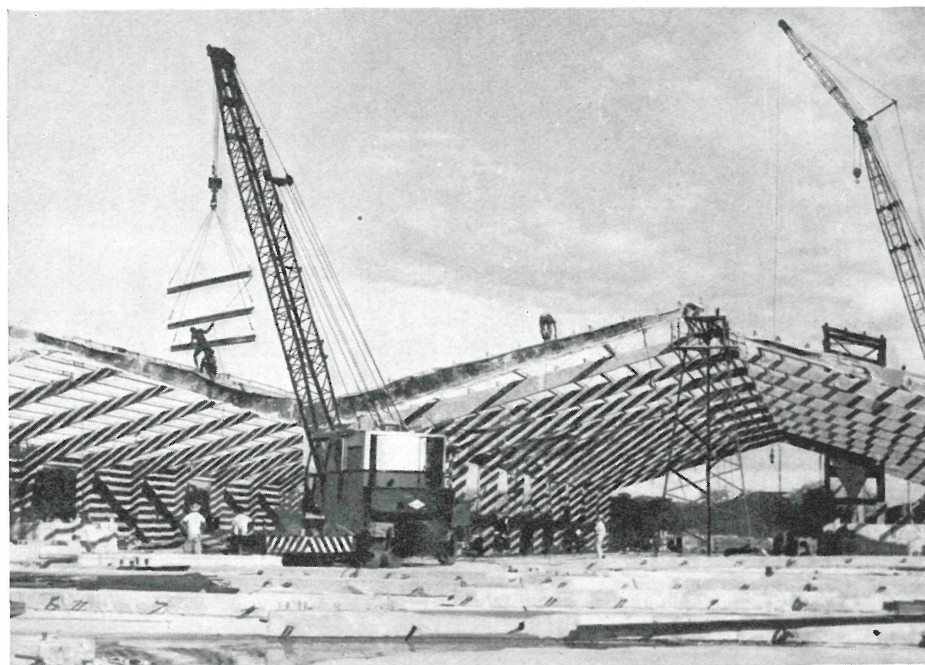
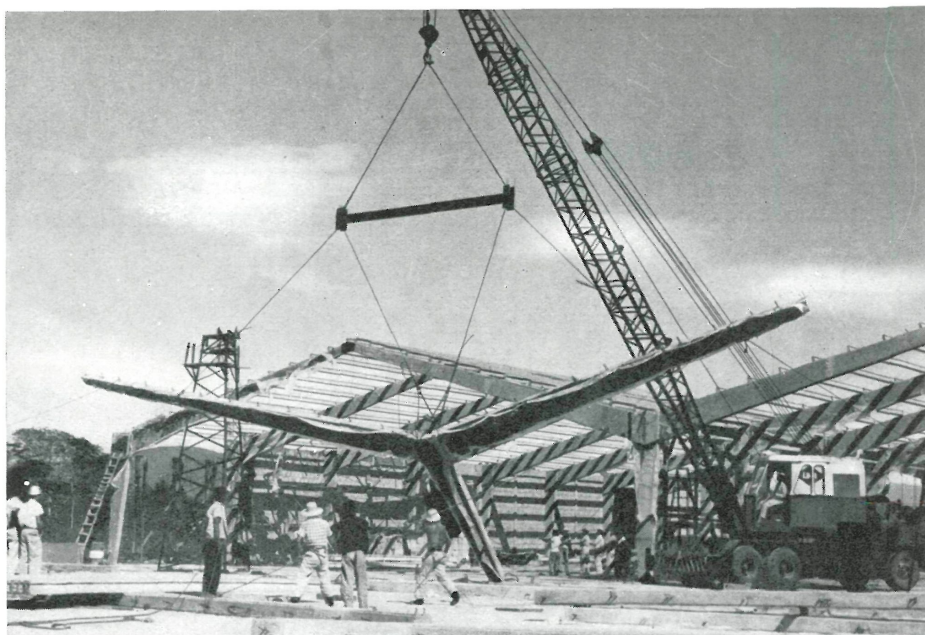
El edificio tiene una longitud total de 195,16 m, consta de 32 tramos, aproximadamente iguales, de 6,10 m cada uno y tiene un ancho de 48,80 metros. Longitudinalmente se dividió en tres cuerpos independientes por medio de juntas de dilatación que se forman con doble cercha. Su estructura está constituida por una serie de cerchas articuladas en la base y en la clave, que forman el ancho de la nave, que, como dijimos, es de 48,8 m de luz. Las cerchas se han espaciado a 6,10 m, entre centros, y constan de tres elementos prefabricados—uno central, en forma de Y, y dos laterales, en forma de L invertida—unidos entre sí por medio de placas de unión y pernos de acero en las articulaciones de la clave. El canto de las vigas que forman la cercha varía de 90 cm en arranques a 30 cm en la clave. Los soportes tienen en la base 35 cm de dimensión máxima. El espesor de ambos elementos es uniforme, de 20 centímetros, a excepción de los arranques, ensanchados a 34 cm para alojar los anclajes de los cables del pretensado.

Cada elemento lateral de la cercha se pretensó mediante 4 cables de tipo Leoba, de 12 alambres, de $\varnothing$ 5,4 mm cada uno, de los cuales se dispusieron 2 cables en la viga y otros 2 en el soporte, que se cruzan y se anclan en el nudo. Se empleó alambre de acero estirado en frío, «stress relieved», con carga de rotura de 180 kg/mm². Los cables se tesaron con un esfuerzo admisible de 108 kg/mm², resultando un esfuerzo de pretensado inicial de 29.700 kg por cable. En el elemento central se dispusieron también dos cables en cada una de las vigas que forman los brazos de la Y y que se cruzan sobre el apoyo central para ser anclados y tesados en el borde inferior de la viga. Debido a la simetría de la estructura, el soporte central está solicitado, principalmente, por cargas axiales, y los momentos de flexión se suceden únicamente para el caso de cargas dinámicas asimétricas o del viento, motivo por el cual se prescindió del pretensado y se empleó solamente un refuerzo convencional.

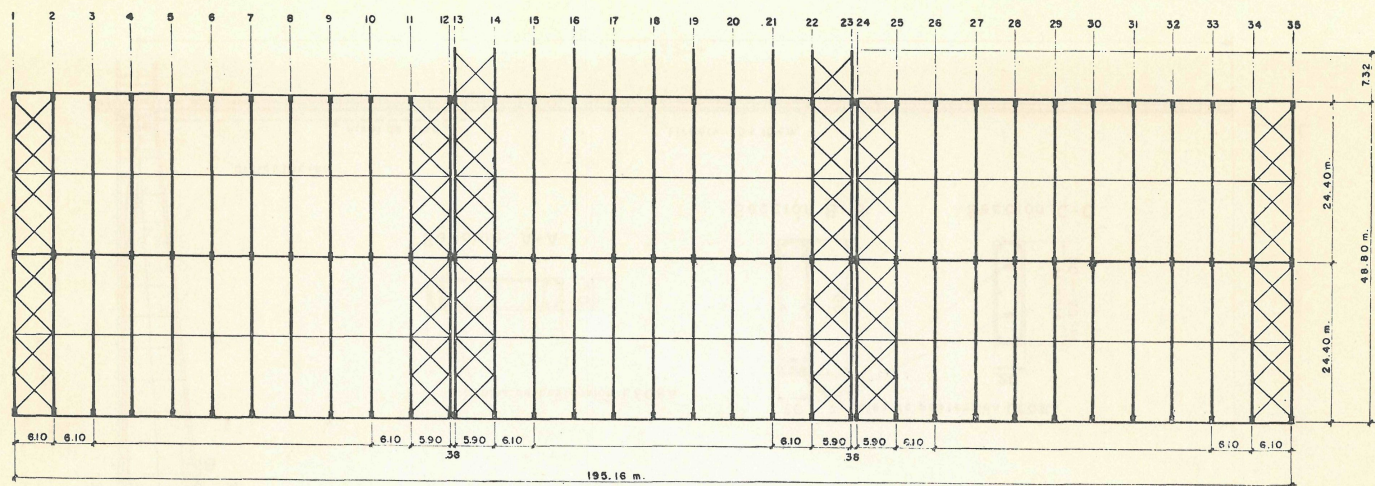
En la parte norte del edificio, en su parte central, las vigas de los elementos laterales se extienden en voladizo para cubrir la zona de andenes y de carga de vagones de ferrocarril, con una luz libre de 7,32 metros.

Las articulaciones de la base se forman mediante una estrangulación de la sección de hormigón con placas de fibra suave impregnada con betún, que reducen el ancho del soporte a 10 centímetros.

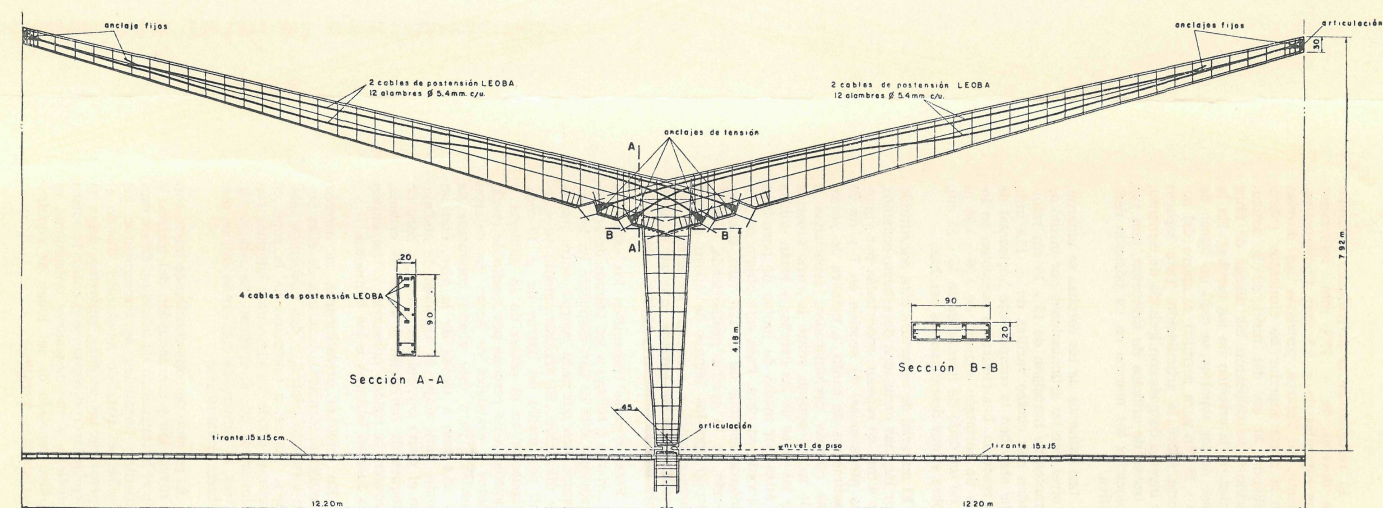
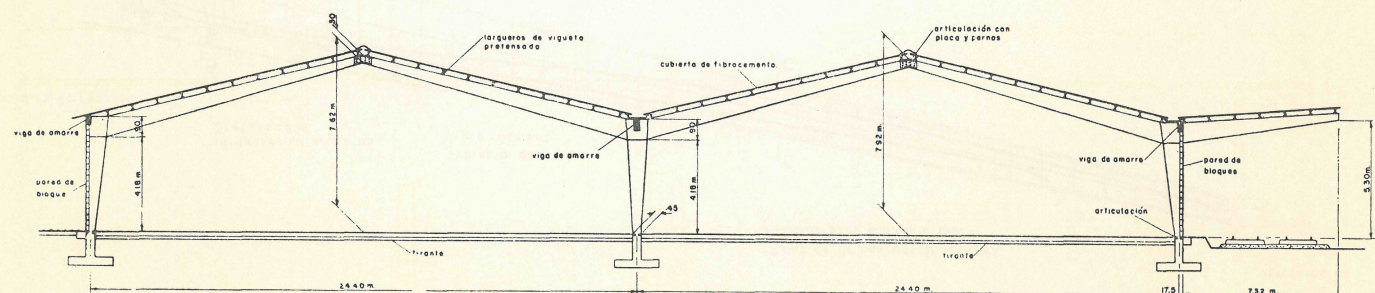
Elevando una cercha tipo V.
Aparejo para la elevación de piezas.
Soporte provisional.



planta



sección transversal



elemento central prefabricado

El refuerzo de la articulación consiste de doveles de $\varnothing$ 25,4 mm, reforzadas con espirales de $\varnothing$ 9,5 mm. Constructivamente, se dejaron previstas las doveles en la parte superior de cimientos, sobresaliendo 30 cm del nivel de la articulación y se colocaron las placas de fibra antes de la erección de las cerchas. En la base de los soportes se dejó un hueco de 13×35 cm para permitir el apoyo del soporte sobre la articulación. Este espacio se invirtió después con lechada de cemento, a través de orificios de inyección, una vez colocados los marcos en su posición definitiva.

Los extremos de las cerchas se unieron, a nivel, con las articulaciones por medio de tirantes de hormigón de 15×15 cm reforzados con cuatro varillas de $\varnothing$ 15,8 mm, que absorben la componente horizontal de la reacción. Los cimientos consisten en losas de hormigón armado de $1,90 \times 1,90$ m y de un dado de hormigón de 35×35 cm, sobre el que descansan las cerchas.

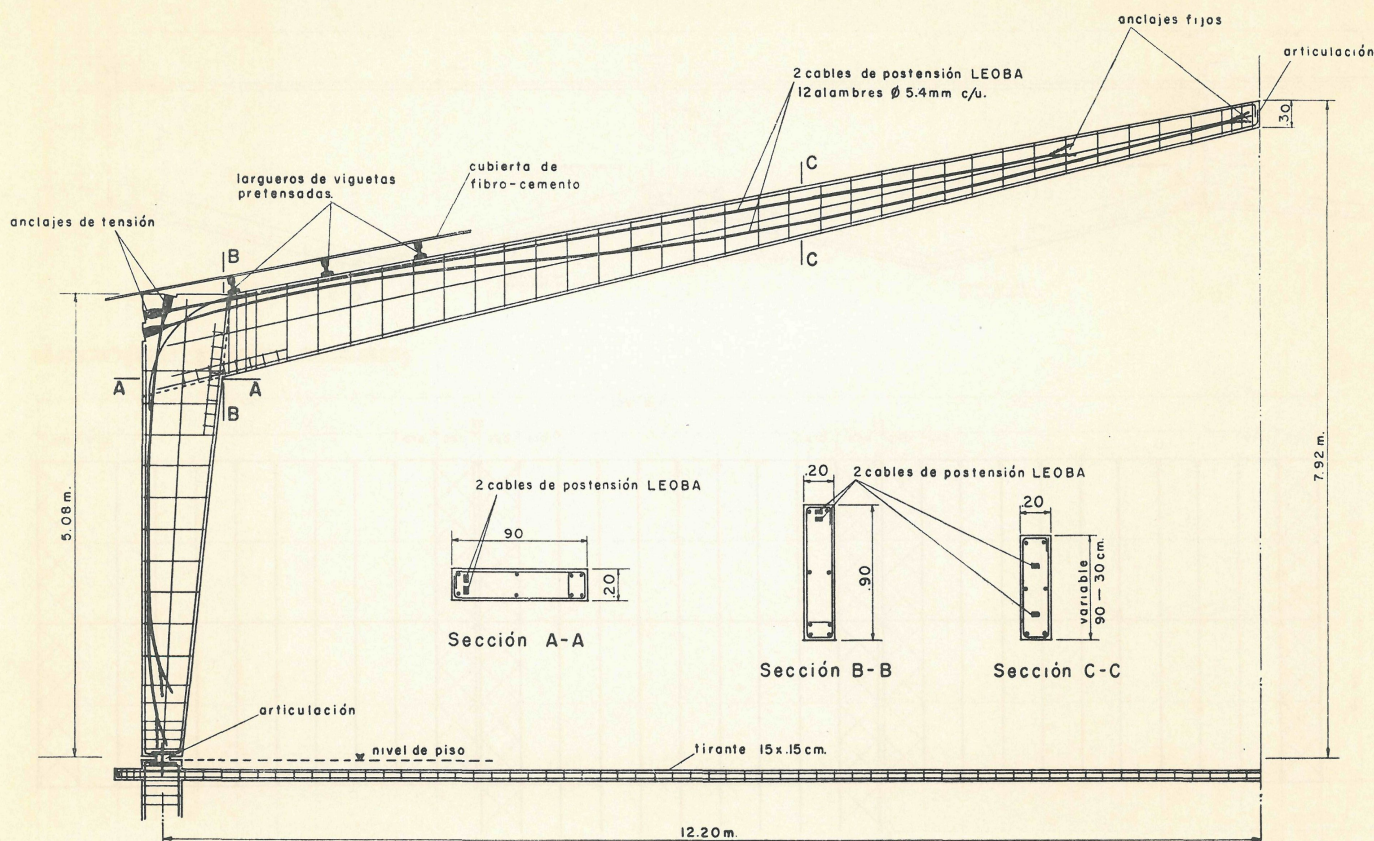
El material de cobertura está constituido por láminas onduladas de asbesto-cemento, de 6 mm de espesor, soportadas por viguetas prefabricadas, de sección en I y de 20 centímetros de canto, a manera de pares. Las correas prefabricadas, espaciadas a 1,10 m, se apoyan sobre la cara superior de las vigas de las cerchas y están unidas a éstas por medio de juntas de hormigón colocado en obra. Para este objeto se previeron estribos de $\varnothing$ 12,7 mm, sobresaliendo de la cercha prefabricada, coincidiendo con los puntos de apoyo de los pares y ganchos, a manera de lazo, en los extremos de las correas, que se solapan para dar continuidad y rigidez a la unión.

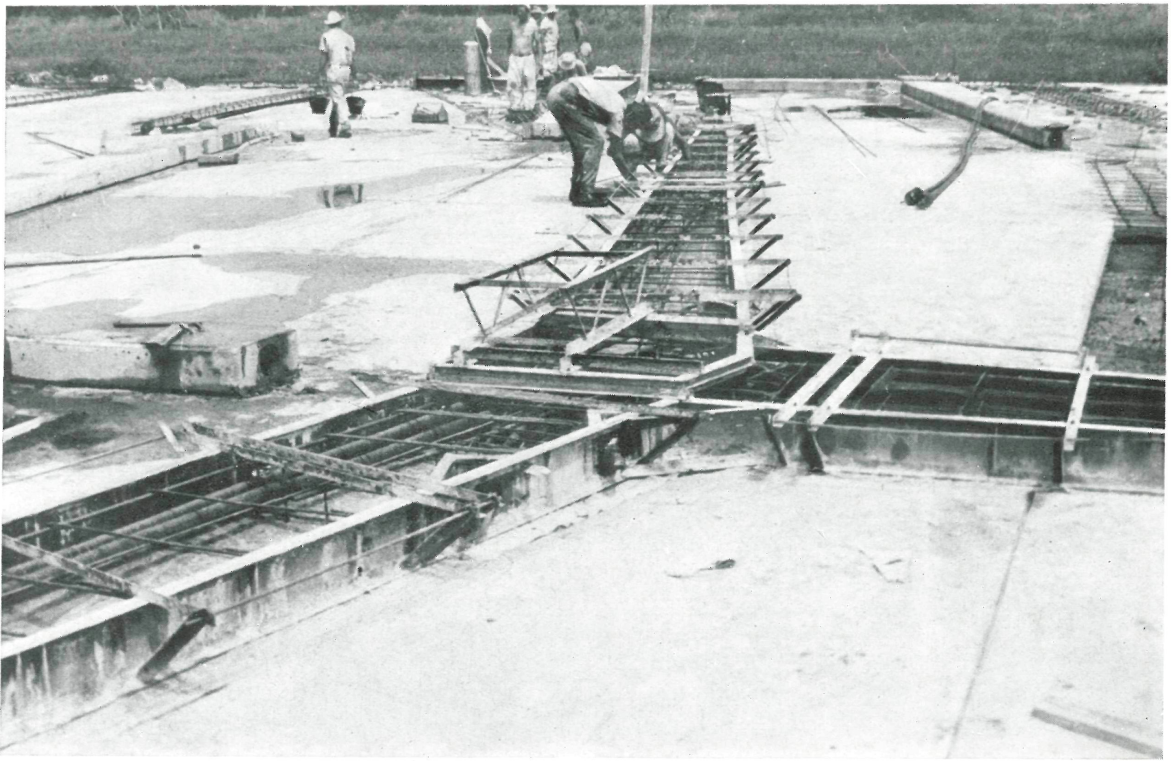
Estas correas transmiten los esfuerzos del viento o sismo a los tramos de arriostamiento, que se han dispuesto en los extremos, dos por cada cuerpo, entre juntas de dilatación. El arriostamiento se efectuó por medio de barras de $\varnothing$ 19 mm, dispuestas en el plano de la cubierta y ancladas a las cerchas por medio de rosca, tuerca y arandelas de acero. Se dejaron previstos para este efecto conductos de $\varnothing$ 25,4 mm a través de la viga, con un rebaje para alojar la arandela de anclaje. En el plano vertical los muros, a base de bloques de hormigón y vigas de cadena, proveen la rigidez necesaria y transmiten las fuerzas laterales a los cimientos.

En total se prefabricaron 35 cerchas completas, formadas cada una de ellas por un elemento central y dos elementos laterales, iguales, a excepción de la zona de andenes, donde los elementos laterales son asimétricos por el voladizo. Se redujo así, a tres, el número de elementos típicos que debían prefabricarse.

El proceso de construcción se inició con la nivelación y compactación del terreno y con el hormigonado de la solera. Sobre esta superficie terminada se construyeron las cerchas en posición horizontal. Siendo el espesor de las cerchas uniforme, éstas se hormigonaron directamente sobre la solera definitiva y fue necesario únicamente el empleo repetido de un juego de encofrados laterales metálicos.

elemento lateral prefabricado

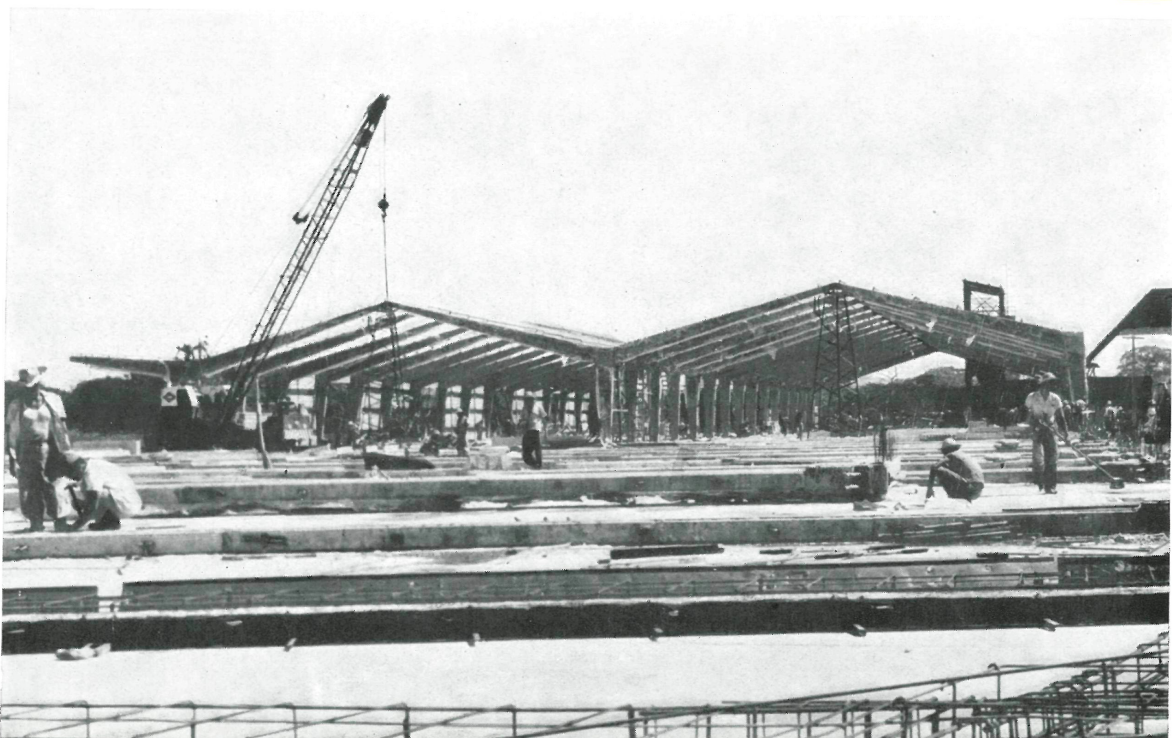




Encofrado para el hormigonado de elementos.

El peso de los elementos de la cercha fue de 5,4 t para elementos laterales y 9,0 t para el elemento central. Los cables del pretensado se tesaron manteniendo la cercha en posición horizontal y se inyectaron con lechada de cemento antes de la erección. Para el montaje de las cerchas se empleó una grúa de 30 t de capacidad montada sobre ruedas. Las plataformas de montaje se construyeron con elementos tubulares de hierro galvanizado, de $\varnothing$ 50,8 mm, sobre las vigas, a través de las cuales pasaban los cables del montaje. Se emplearon dos plataformas de montaje sobre los elementos laterales y tres sobre los centrales. Una vez montados los elementos de la cercha, se mantuvieron en posición fijándolos con vientos anclados a los cimientos y a las cerchas previamente colocadas, mientras se unían entre sí y se arriostraban con los pares pretensados.

Taller de prefabricación.



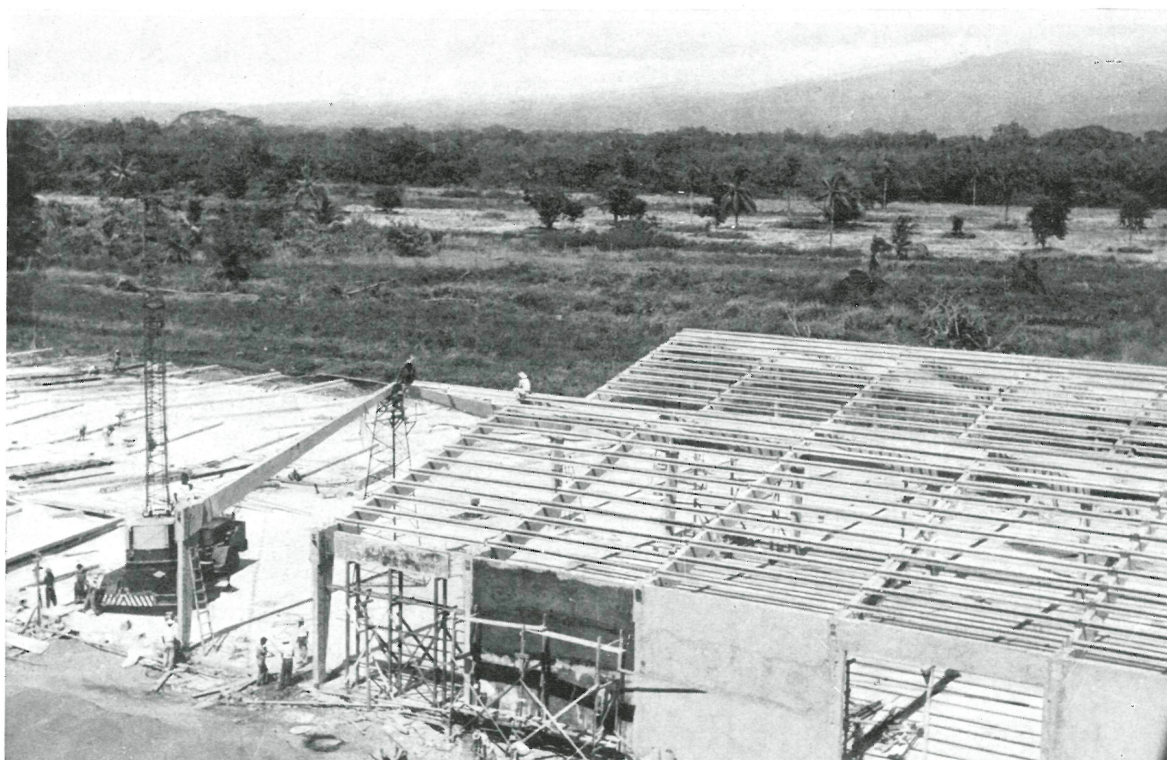


Nivelación del terreno.

En el proyecto de esta obra se tuvo presente la aportación que el hormigón pretensado brindaba para lograr una mejor solución y se ha puesto de manifiesto el estado de desarrollo y evolución que ha alcanzado en el país esta técnica de construcción. En combinación con la prefabricación, el resultado obtenido ha sido una obra en que se satisficieron todos los requisitos de economía, racionalización y rapidez en la construcción, así como de resistencia a la acción corrosiva del medio y en la que se ha logrado un rendimiento máximo de los materiales.

El proyecto general de la obra y la inspección estuvo a cargo de la firma Arquitectos Ingenieros Consultores Asociados Limitada AICA, y el diseño estructural de las cerchas y cubierta fue realizado por el autor en colaboración con los ingenieros Eddy Bravo y Rómulo Picado, de la empresa Productos de Concreto, S. A. Esta empresa tuvo a su cargo las operaciones de colocación, tesado e inyecciones y suministró las viguetas pretensadas. La construcción del edificio fue llevada a cabo por la Compañía Constructora Esquivel Yglesias Limitada.

Aspecto general durante el montaje.



Edifice industriel pour l'emmagasinement d'engrais

Franz Sauter, ingénieur civil.

Cet édifice industriel, récemment construit, de 9.800 m² de surface, appelé Bag Storage Building, est situé dans la ville de Puntarenas (Costa Rica).

Étant donné les caractéristiques de sa situation—proximité de la mer, actions corrosives et possibles effets sismiques, ainsi que les avantages d'ordre économique offerts par la préfabrication—son projet fut orienté, dès le début, vers une construction préfabriquée qui utiliserait le terrain édifié, lui-même, comme atelier de préfabrication.

Il mesure 195 × 49 m de surface et est divisé en trois corps.

Sa structure est formée par une série de fermes articulées à la base et à la clé, espacées de 6,10 en 6,10 m. Chacune de ces fermes se compose de trois éléments, préfabriqués, en béton armé. L'élément central forme un Y et les deux latéraux des L invertis. La hauteur des poutres qui composent chacune des fermes est de 90 cm à la base et de 30 cm à la clé.

Les éléments latéraux des fermes ont été précontraints à l'aide de quatre câbles, type «Leoba», à 12 fils de 5,4 mm de diamètre chacun. Ces éléments forment un support en encorbellement de 7,30 m sur la partie centrale de la façade nord de l'édifice, recouvrant les voies et les quais de déchargement.

La couverture de l'édifice est composée de plaques ondulées, d'asbeste-ciment, de 6 mm d'épaisseur, appuyées sur les poutres précontraintes en I de 20 cm de hauteur.

Le montage des fermes a été exécuté à l'aide d'une armature métallique provisoire sur laquelle furent installées les plates-formes de travail.

Industrial Building for the Storing of Fertilizers

Franz Sauter, civil engineer.

This industrial building has been recently built at Puntarenas, in Costa Rica. It has been called «Bag Storage Building», and has 9,800 ms² ground area.

Owing to the location of the building near the sea, and the consequent corrosive action of the humid air; the danger of earthquakes; and the economic advantages of adopting prefabrication techniques, it has been designed to use prefabricated units, which would be made at the building site itself.

The main structural feature of this project is a number of trusses, which are spaced at 6.1 ms intervals. Each of them consists of three prefabricated concrete parts. The central part is Y shaped in section, and the two lateral ones are in the shape of an inverted L. The depth of the trusses is 90 cms at the springers and 30 cms at the crown.

The lateral parts have been prestressed by means of 4, «Loeba» type, cables, each made up of 12 wires of 5.4 mms diam each. These trusses overhang 7.30 ms over the central part of the north side of the building, in order to provide a roof for the railway track and the loading platform.

The building roof is made with corrugated asbestos cement sheeting, 6 mm in thickness, resting on I shaped 20 cm deep prestressed joists.

The erection of the trusses was accomplished with the aid of provisional metallic scaffolding, on which the working platforms were placed.

Industriegebäude zur Aufstapelung von Düngemitteln

Franz Sauter, Bauingenieur.

Dieses Industriegebäude mit einer Grundrissfläche von 9.800 m², Bag Storage Building benannt, liegt in der Stadt Puntarenas (Costa Rica).

Den örtlichen Gegebenheiten zufolge—Meeresnähe, Korrosions-Erscheinungen und möglichen seismischen Bewegungen, sowie den wirtschaftlichen Vorteilen, welche die Vorfertigung bietet—richtete sich seine Planung von Anfang an auf eine vorgefertigte Bauweise, welche das eigene bebaute Grundstück als Werkstatt für die Vorfertigung benutzte.

Der Grundriss beträgt 195 × 49 m und ist in drei Gehäuse unterteilt.

Sein Tragwerk wird aus einer Reihe von Gelenkbindern an der Basis und am Scheitel im Abstände von 6,10 m gebildet; ein jeder wird aus drei vorgefertigten Elementen aus Stahlbeton zusammengesetzt. Der Mittelteil weist eine Y-Form und die beiden Seitenteile die eines umgestellten L auf. Die Höhe der Balken, welche einen jeden der Binder bilden, ist an den Ansätzen 90 cm und am Scheitel 30 cm hoch.

Die Seitenelemente der Binder wurden mit vier Kabeln der «Leoba-Type», ein jedes aus 12 Drähten von 5,4 mm Durchmesser, vorgespannt. Diese Elemente bilden eine Vorkragung mit einer Ausladung von 7,30 m im Mittelteil der Nordfassade des Gebäudes, welche die Gleise und die Laderampen überdacht.

Das Dach des Gebäudes wird aus 6 mm dicken Wellasbestzement-Platten gebildet, welche auf den kleinen vorgespannten 20 cm hohen Balken in I-Form ruhen.

Der Zusammenbau der Binder erfolgte mit provisorischen Stahlfachwerken, auf welchen die Arbeitsgerüste hergerichtet wurden.