

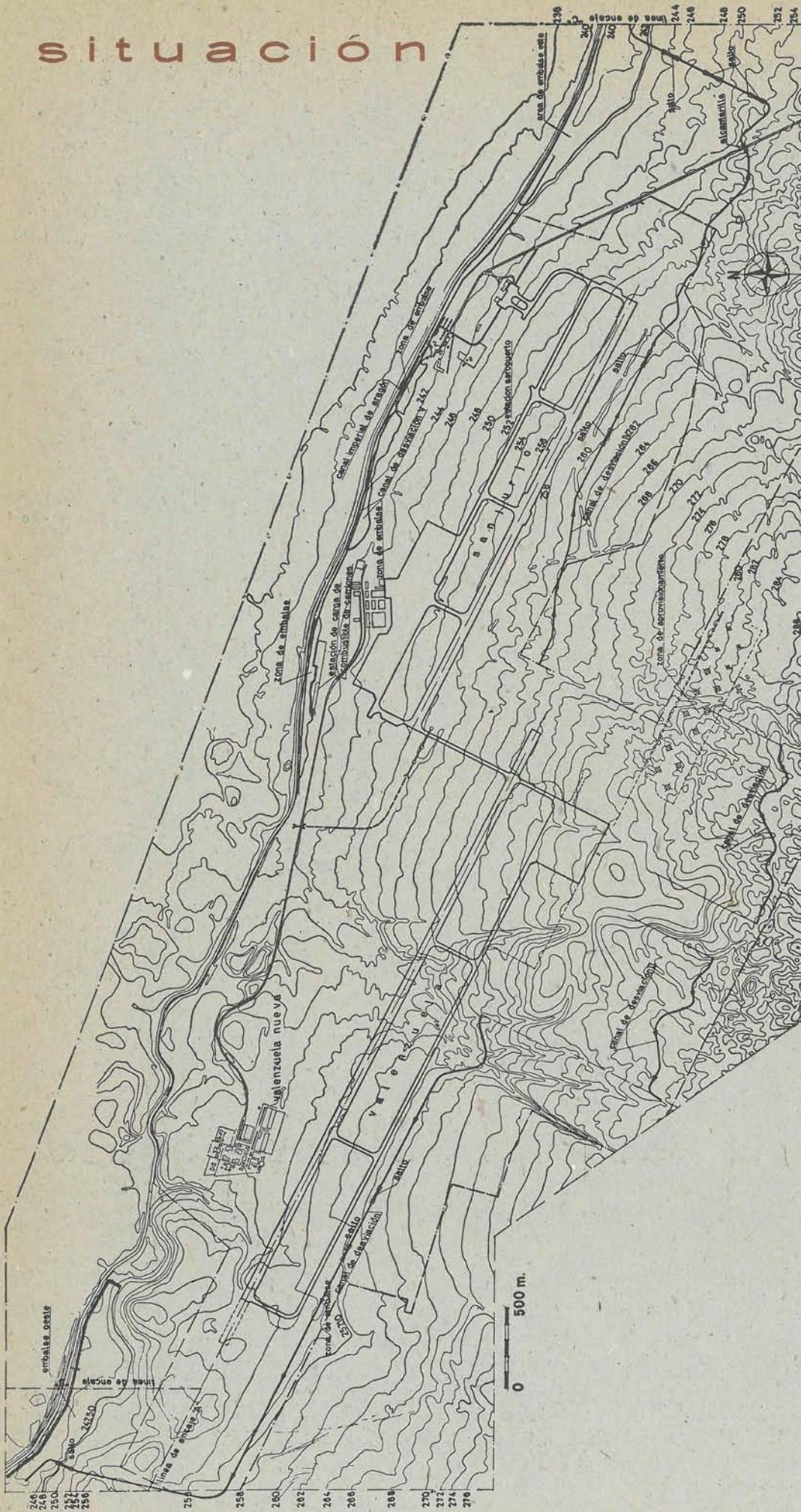


541 - 18

SINOPSIS

De acuerdo con un plan previsto por la acción gubernamental conjunta entre los Estados Unidos y España, se ha procedido a la modernización, ampliación y reforma de los aeródromos, civil y militar, que se habían construido previamente en Zaragoza, y del nuevo aeródromo de Torrejón. Para la descripción de estas obras y de sus principales características técnicas y funcionales, nos hemos visto ayudados generosamente por el Departamento de la Marina de los Estados Unidos, a través de don Agustín Iglesias, ingeniero afecto a este servicio en España, y por don R. Sellmer, Director de Relaciones Públicas de la conocida empresa constructora Brown-Raymond-Walsh, que constituye un potente grupo de contratistas de reconocido prestigio en los Estados Unidos.

situación



Generalidades

Los aeródromos que ya existían en Zaragoza en 1954, año en que empezó el estudio general de mejora, contando con la colaboración de los Estados Unidos, no tenían capacidad suficiente para las aeronaves modernas, cuyas cargas sobre el pavimento son de unas 50 toneladas aproximadamente.

El aeródromo de Zaragoza se subdividía en dos partes, de funciones claramente diferenciadas: una de carácter civil y otra militar. El conjunto de estos dos campos, aun siendo independientes, constituye una zona plana de terreno, situada al oeste de la ciudad y a unos 12 km de distancia de la misma.

Por su situación general, dentro del amplio valle formado por el río Ebro, y encajada entre montes de unos 400 m de altitud al norte y de unos 500 al sur, estos dos aeródromos, de altitud media aproximada de 260 m, se hallan expuestos a fuertes vientos dominantes, de dirección general E.-O., muy persistentes durante las cuatro estaciones del año, bastante regulares y de velocidades de unos 70 km por hora. El terreno está despejado y no presenta dificultades de visibilidad o aproximación, pues su techo normal despejado es de unos 400 m de altura sobre el campo.

La zona dedicada al aeródromo civil, llamado Sanjurjo, al Este del militar, denominado Valenzuela, contaba, antes de empezar la reforma, con una pista única de vuelo de unos 3.000 m de longitud y 60 m de anchura, complementada con una pista de rodadura, paralela a la principal, otras secundarias de acceso, plataformas e instalaciones auxiliares. Tanto las pistas principales como las de rodadura se habían pavimentado con dos capas de grava impregnadas de asfalto, convenientemente apisonadas, y una superficie de rodadura, también asfáltica, es decir, un sistema de firmes flexibles. Las plataformas de estacionamiento estaban formadas por losas de hormigón constituyendo un firme rígido.

El suelo de apoyo de estos firmes está compuesto por terrenos de acarreo sedimentados por el curso del tiempo. Su estructura mineralógica es a base de gravas y arenas más o menos lavadas, constituyendo un banco potente y de buenas condiciones físicas desde el punto de vista de apoyo para cimientos.



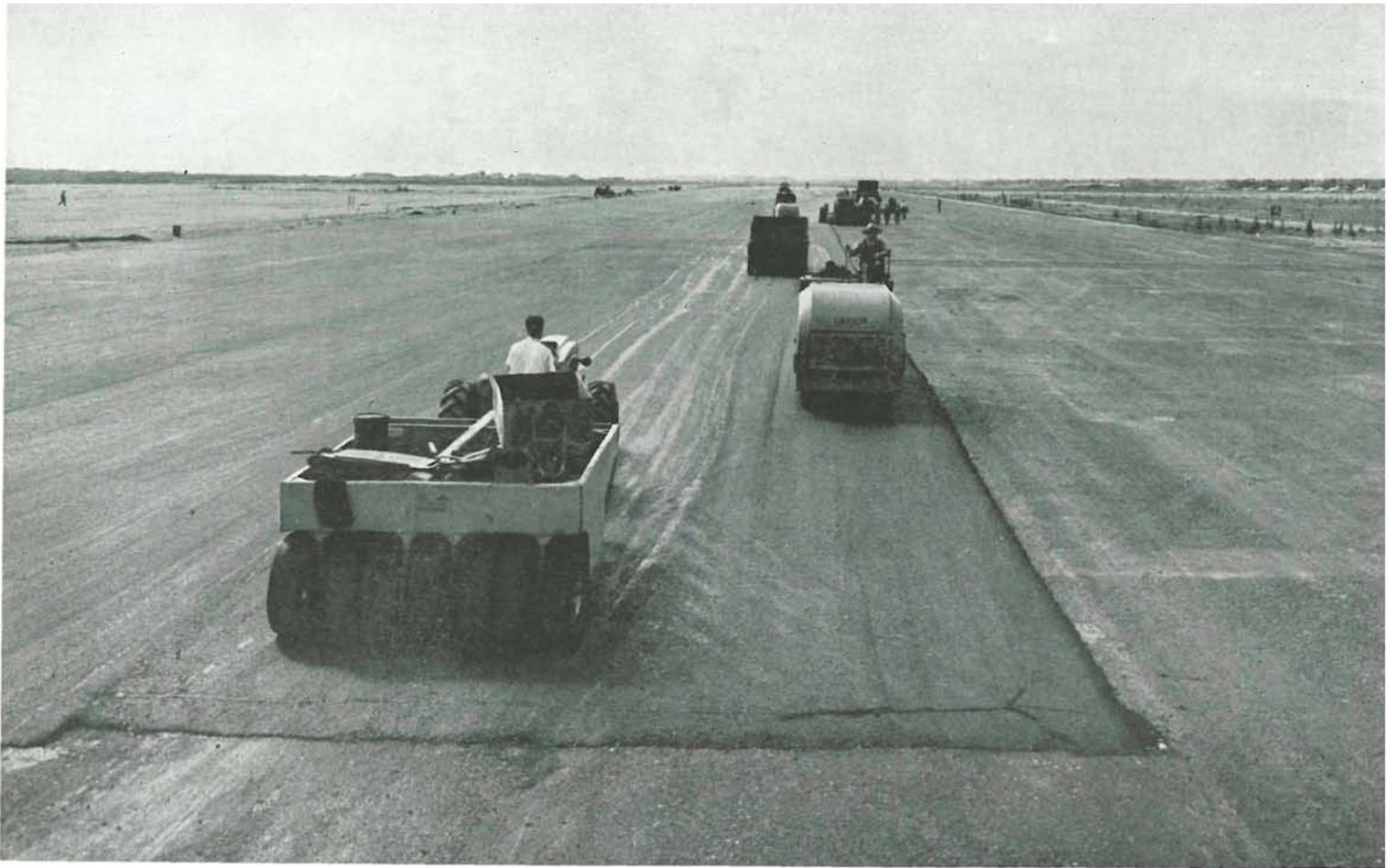
No obstante, antes de construir la pavimentación original se procedió a su consolidación, utilizando, después de decapar la superficie vegetal, un cilindro con púas de patas de cabra y de tipo pesado.

Las pistas de la base aérea militar de Valenzuela no habían sido revestidas. La pista de vuelo tenía una longitud aproximada de unos 3.600 m, pero presentaba un perfil longitudinal algo distinto a los generalmente adaptados en esta clase de obras. En efecto, en la parte central de la pista existía una especie de depresión, que, aunque sólo de 1,5 % de pendiente, producía una variante que debía mejorarse en el nuevo reformado. El firme natural que constituía la superficie de esta pista, y después de rectificar la depresión central, sirve de apoyo del nuevo pavimento, flexible. En este aeródromo militar existían también pistas secundarias y una plataforma, que en la nueva modernización se revestirán y habilitarán de acuerdo con las exigencias modernas.

Condiciones técnicas exigidas

Las nuevas pavimentaciones debían ser capaces, en las pistas principales de vuelo y las de rodadura, de resistir la carga de servicio originada por un tren de aterrizaje provisto de ruedas dobles y esfuerzo total de 45 toneladas por apoyo, contando con 1.700 cm² de superficie de contacto por rueda y espaciados a 94 centímetros.

a) Las plataformas de estacionamiento debían resistir la carga originada por un peso de 36 toneladas por apoyo de un tren de doble rueda, de 1.700 cm² de superficie de contacto y espaciadas a 94 centímetros.

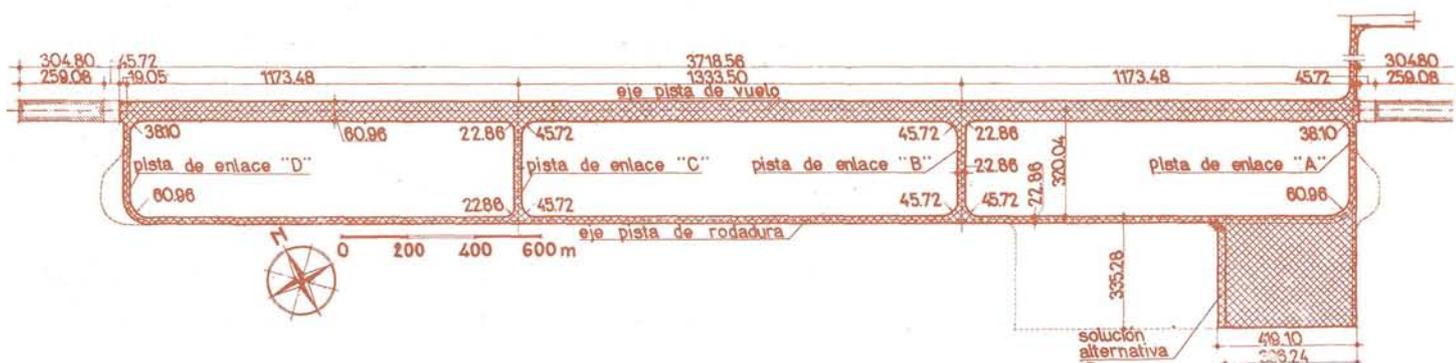


b) Espaldones que han de resistir una carga de 45 toneladas distribuidas por el mismo tren de los dos apartados anteriores.

El criterio que debía seguirse en el cálculo de espesores, estructuración de firmes y elección de los mismos se basaría en la Instrucción general que a este respecto ha redactado la U. S. Navy, de cuya Instrucción se ha dado una ligera idea general, en un trabajo aparte, en este mismo número de la revista.

Ensayos y reconocimiento de pavimentaciones existentes

Antes de proceder a la redacción del proyecto definitivo del reformado y nuevas construcciones que debían complementar las instalaciones actuales para la modernización de los dos aeródromos, Sanjurjo y Valenzuela, se inició un período de reconocimiento, sobre el terreno, de las características básicas necesarias de las pavimentaciones existentes y suelos de apoyo. Para todos estos trabajos y ensayos físicos se contó con un equipo de personal especializado, que, conocidas las condiciones generales funcionales de cada campo y las técnicas locales, se encargó de encuadrar el proyecto, del plan general de obras y métodos constructivos que debían emplearse en la ejecución.



pistas

Características estáticas y resistentes

Para la pista general de vuelo del aeródromo de Sanjurjo, y después de un detenido estudio, se decidió recrecerla con una doble capa de hormigón asfáltico, colocado caliente, de un espesor medio total de 9 cm. La primera capa serviría para nivelar las irregularidades de la superficie existente y de adherencia con ella y con la superior final que forma la de rodadura. Las dos extremidades de esta pista se prolongaron en una extensión de unos 300 m en cada extremo, para formar una sobrepista o margen de seguridad de la carrera de despegue.

La pista del aeropuerto militar de Valenzuela, de nuevo revestimiento, es mixta, es decir, de pavimentación rígida y flexible, por lo que su espesor es casi uniforme, ya que, desde el punto de vista capacidad de sustentación, su comportamiento se puede considerar similar. El perfil longitudinal de esta pista ha sido rectificadado para mejorar las condiciones de su explotación. Como hay partes de ella que se han rellenado para disminuir el badén que se formaba en la parte central de su recorrido, y otras en que se ha creído favorable la pavimentación rígida, ésta se ha extendido a zonas donde se ha comprobado eran más débiles. También fué prolongado el recorrido de las extremidades de estas pistas unos 300 m en cada extremo, con objeto de constituir las sobrepistas.

Para descubrir las partes menos resistentes de las pavimentaciones existentes, antes de iniciar la ejecución de la reforma se pasó un cilindro de 100 toneladas de peso para descubrir el asiento de las zonas débiles.

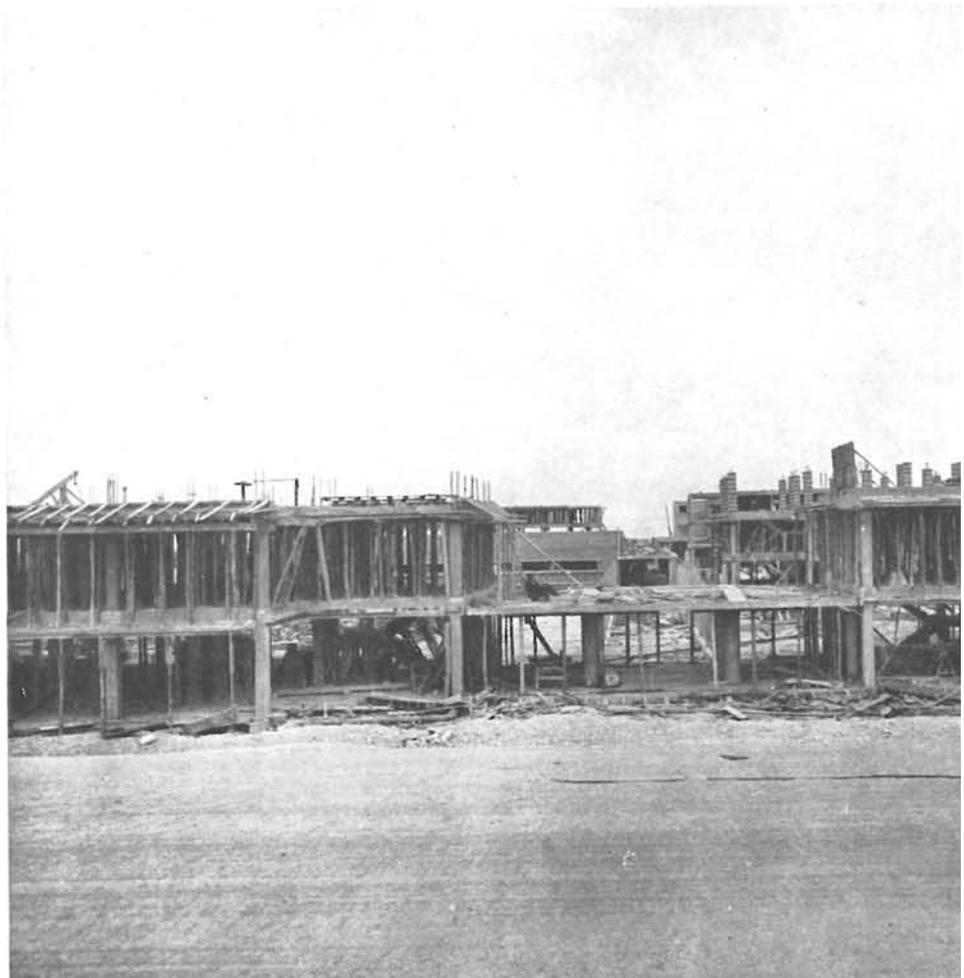
Tanto en las pistas principales como en las de rodadura, se han realizado ensayos de asiento con placas circulares cargadas uniformemente. El asiento previsto para estos ensayos fué de 13 mm, consiguiendo, de esta forma, un coeficiente de balasto variable, de 14,4 a 49,3 kg/cm², índice de una buena capacidad de sustentación del terreno.

En el de Sanjurjo, los ensayos sobre la pista revestida dieron resultados bajos para el módulo de elasticidad del material asfáltico del revestimiento, y otros ensayos mostraron que, con ayuda de un cilindro de compactación, se podrían mejorar las zonas de base insuficientemente consolidada.

Los revestimientos rígidos se calcularon con un coeficiente de balasto k , de 500, mínima resistencia del hormigón en flexión a tracción de 45 kg/cm² y un coeficiente de seguridad de 1,75. Con estos datos se llegó a una losa de hormigón de 33 cm de espesor, apoyada sobre una capa cimienta, de relleno granular seleccionado y compactado al 95 % y de 22 cm de potencia.

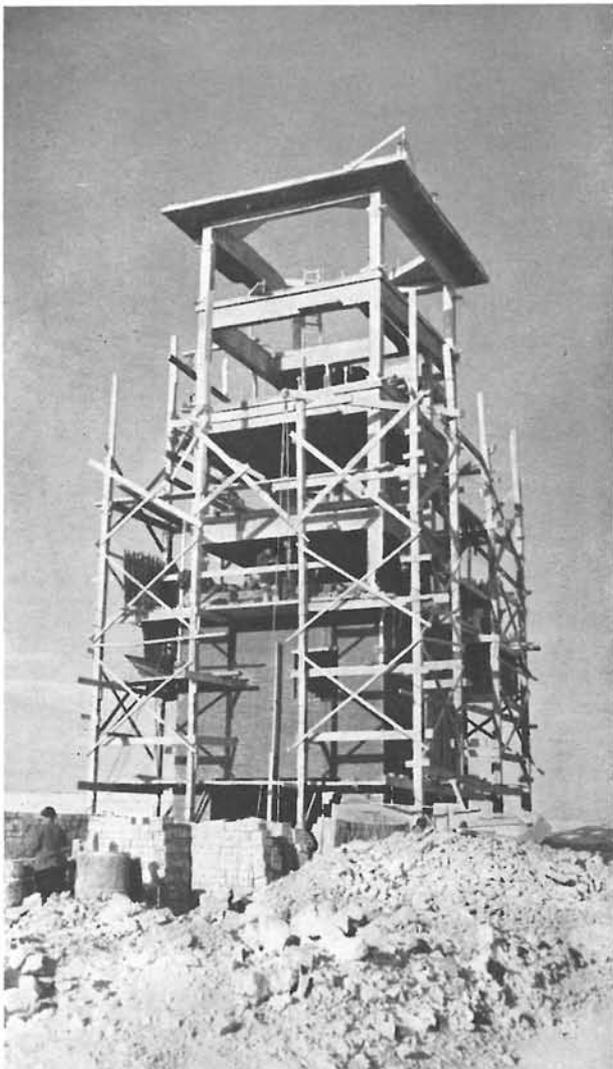
Plataforma de estacionamiento del aeródromo Sanjurjo, en construcción.

Grupo de dormitorios, en construcción.





torre de control



Admitiendo una variación anual de temperatura del orden de 30°C , las juntas de dilatación se han espaciado a 120 m, y a 7,60 m las de construcción.

Tanto las juntas de construcción como las de dilatación y retracción, se formaron siguiendo las prácticas corrientes aconsejadas por las Instrucciones a que antes nos hemos referido. Las de construcción presentan un perfil transversal, formando una línea poligonal cuyo lado central se halla desplazado para dejar una entrada o hueco de trabazón con la parte de losa que ha de continuarse. Las juntas de retracción son de dos y hasta tres tipos diferentes: las llamadas falsa junta, armada y simplemente de labios rectos, separados convenientemente, y de tipo ordinario. El perfil de las juntas de dilatación es rectangular y corriente. En algunas de estas juntas se han empleado pasadores de transmisión de esfuerzos, tratándose de pavimentaciones rígidas, naturalmente, y se han rellenado con materiales elásticos apropiados, que en la parte superior de la junta se han sellado convenientemente siguiendo los procedimientos ordinarios.

Las pistas de rodadura existentes en la zona del aeródromo civil de Sanjurjo, de tipo flexible, tienen un espesor medio total de unos 40 cm, que se subdivide en dos capas, una de cemento, de 15 cm de potencia, constituida por un macadam de piedra caliza de gran tamaño respecto a la grava normal, bien entrelazada entre sí y recepada con materiales de grano fino. La base del firme tenía un espesor de 18 cm de piedra machacada y carecía de la cantidad necesaria de finos. En el reconocimiento se pudo comprobar que el grado de compactación no era suficiente en algunas partes. La capa de rodadura de estas pistas secundarias está constituida por una mezcla en frío de gravilla y una emulsión patentada de betunes asfálticos. La superficie presentaba una porosidad acentuada, y el asfalto daba la sensación de no haber llegado a un estado de curado total.

Según las primeras apreciaciones se creía que sería necesario revestirlas con unos 8 cm de hormigón asfáltico preparado en caliente. Si en los ensayos con el cilindro pesado se descubrían algunas zonas débiles, se procedía a demoler la parte interesada y recubrirla después con una capa de 10 cm de hormigón asfáltico de las condiciones indicadas.

Como consecuencia de los ensayos efectuados sobre las pistas de rodadura, utilizando el valor de los asientos producidos por cargas aplicadas uniformemente y repartidas sobre placas circulares, como base del cálculo de espesores, se llegó al resultado de una superficie de contacto de unos 1.700 cm² y una carga unitaria admisible de 10,5 kg/cm², así como a una carga total por rueda de 18.000 kg. Y como la carga prevista era de 22.600 kg, había que reforzar los espesores existentes con un recrecimiento capaz de lograr el nuevo incremento de carga previsto en el proyecto de reforma.

Teniendo en cuenta la distribución de cargas según las directivas generales de cálculo redactadas por la Marina de los Estados Unidos, en las que se admite que

$$P_1 = P + \frac{h^2}{d^2} P,$$

(donde: P_1 es la carga total que gravita sobre una rueda; P , la correspondiente a una sola rueda; h , el espesor de la base de asiento del firme; y d , la distancia entre ruedas), se llegó a un espesor de 46 cm para la capa de asiento del firme y una carga total por rueda de 27.900 kg, para una distancia de 0,96 m entre ruedas, a cuyos datos correspondió una presión de neumáticos de 16 kg/cm².

Con estos datos y los conseguidos en los ensayos de asiento realizados sobre las pistas, se procedió al cálculo del espesor por medio de las operaciones que a continuación se resumen:

Para el asiento tipo admitido (S) de 5 mm, operando con un disco circular de 38 cm de radio (a) y cargado uniformemente (p) con 4 kg/cm² sobre la subrasante, se calculó el módulo de elasticidad correspondiente partiendo de la fórmula:

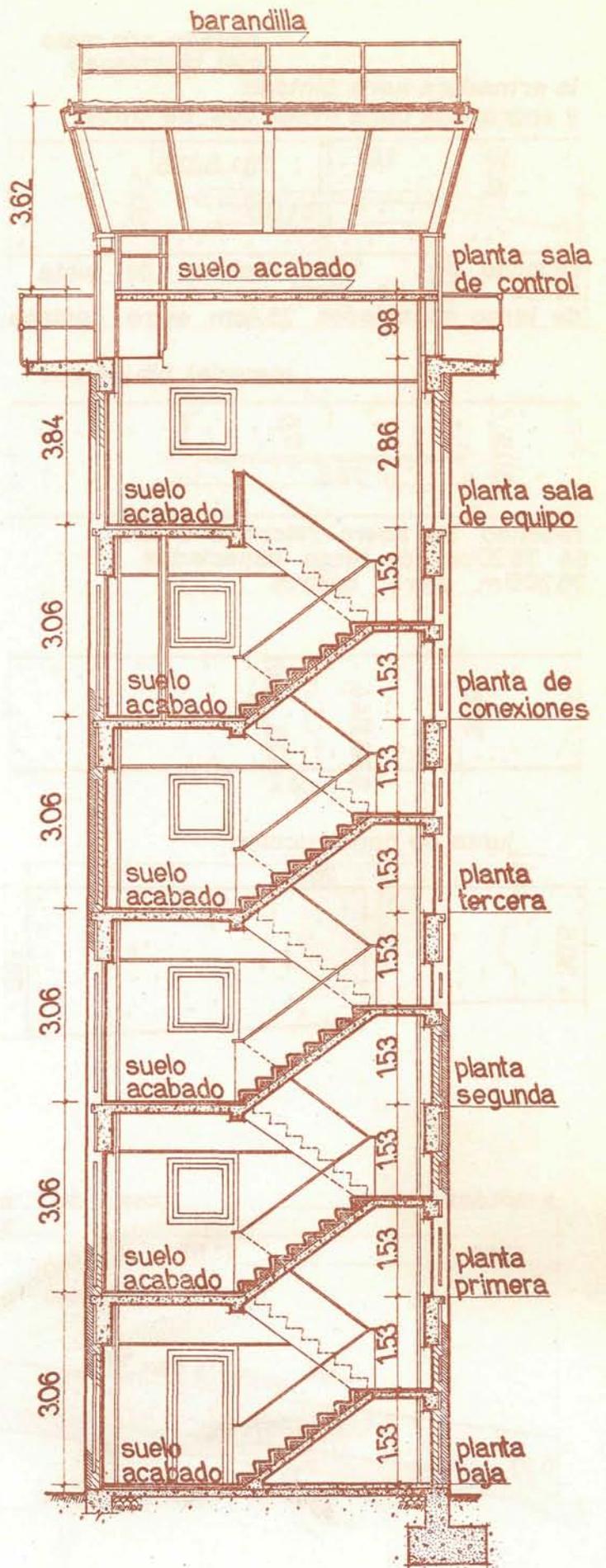
$$E_s = \frac{3p\pi a}{8S} = 359 \text{ kg/cm}^2 \text{ (aproximadamente).}$$

Para el cálculo del módulo de elasticidad del firme, los datos adquiridos en el terreno operando con un disco de 38 cm de radio, cargado uniformemente con 8 kg/cm² y un espesor de firme de 34 cm, permitieron determinar el factor F de asiento y la relación h/a entre el espesor y el radio del disco

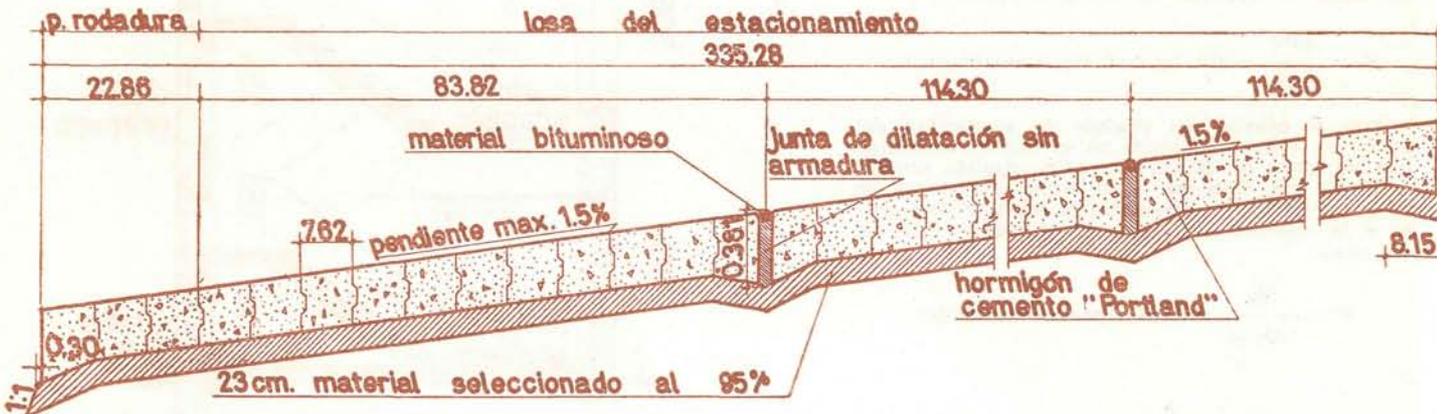
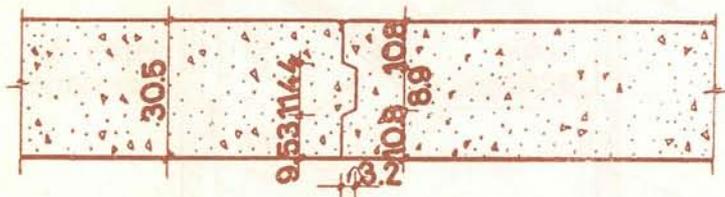
$$F = \frac{SE_s}{1,18p,a} = 0,505 \text{ (aproximadamente)}$$

y

$$\frac{h}{a} = 0,9.$$



detalle de juntas



Con estos datos, y utilizando el gráfico del coeficiente de asiento en función de las relaciones h/a y la E_2/E_1 , de los módulos de elasticidad del terreno y firme, se obtuvo el valor de la relación $E_2/E_1 = 1/10$ y, por tanto:

$$E_1 = 10E_2 = 3.590 \text{ kg/cm}^2 \text{ (aproximadamente).}$$

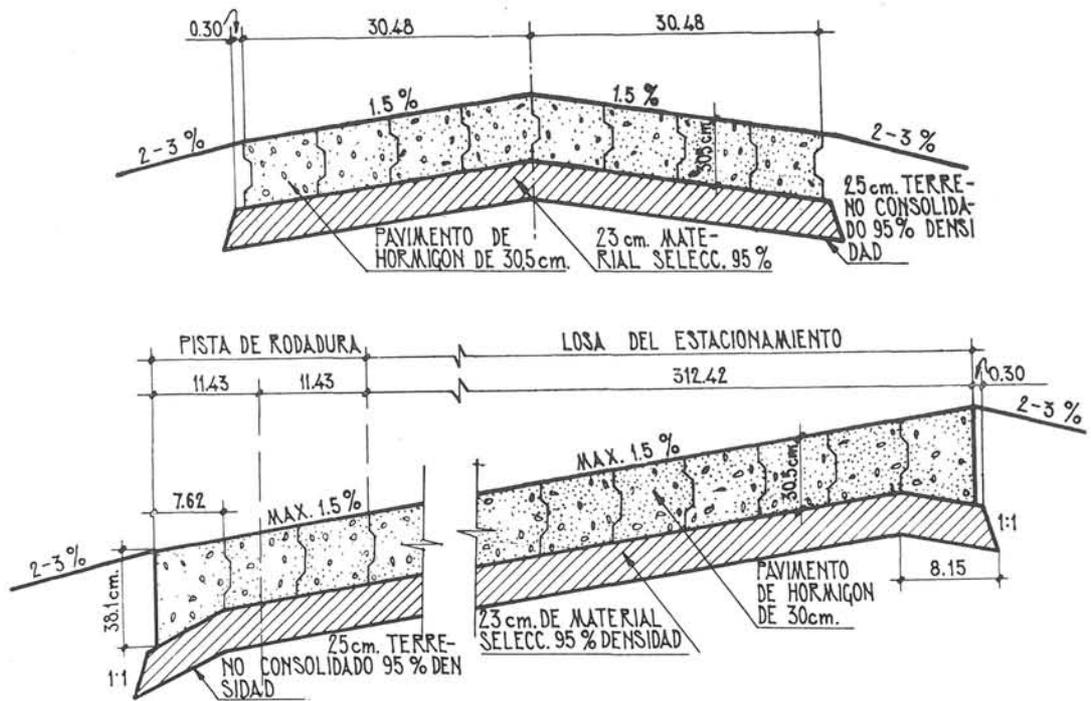
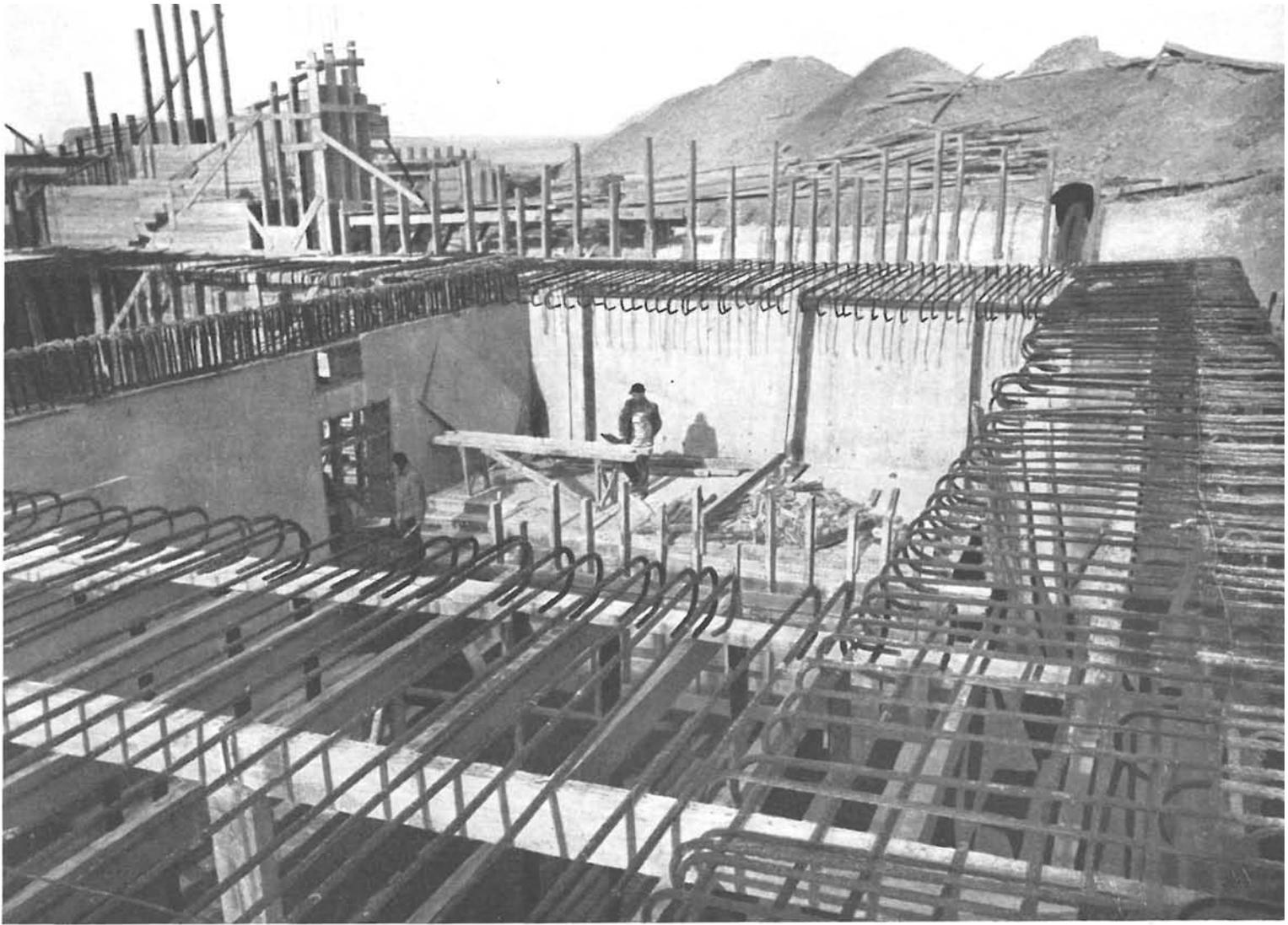
La operación final consistió en la determinación directa del espesor utilizando el referido gráfico, una presión de neumáticos de 16 kg/cm^2 y un radio de 23 cm para el círculo equivalente a la superficie de contacto. Así, pues, el nuevo cálculo de F con estos últimos valores fué:

$$F = \frac{SE_2}{1.5pa} = 0.32.$$

Para $F = 0.32$ y relación $E_1/E_2 = 1/10$, el gráfico de referencia nos da el valor de 1.9 para la relación h/a , con lo que se obtiene el valor final y definitivo del espesor del firme, es decir:

$$a \frac{h}{a} = 23 \times 1.9 = 44 \text{ cm (aproximadamente).}$$

Como se podrá apreciar, estos cálculos son extremadamente sencillos, pero no debe olvidarse que condensan todo un largo proceso experimental y detenido análisis teórico en cada una de sus partes y coeficientes admitidos. En otro trabajo de la revista, se estudian sucintamente los principios básicos que han servido para la redacción de la Instrucción de la Marina de los Estados Unidos, en esta materia tan especializada.



Una fase de la construcción del subterráneo del puesto de mando. Detalle de losas para pistas de rodadura y plataforma de estacionamiento con pavimento de hormigón.



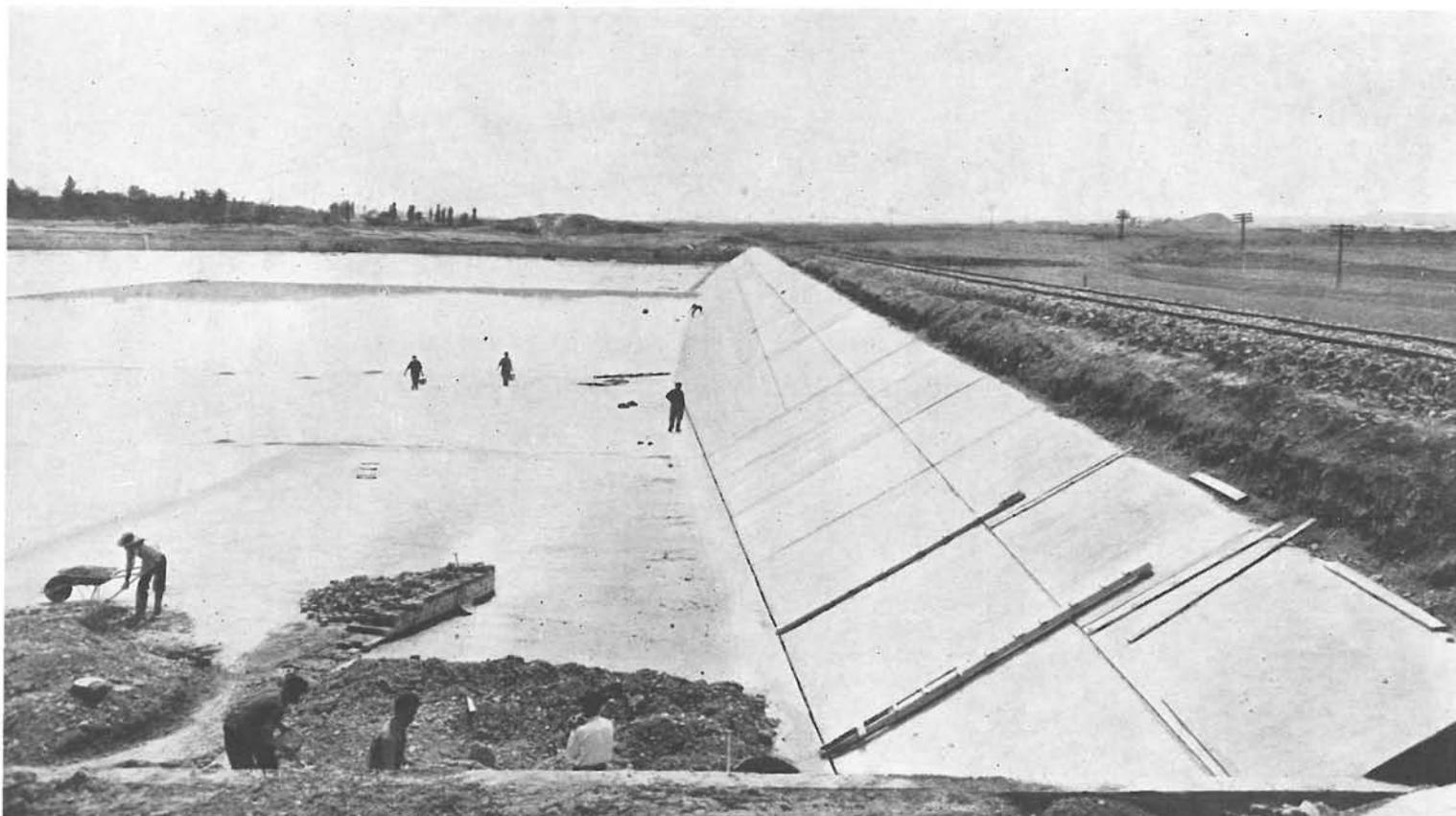
depósito elevado embalse

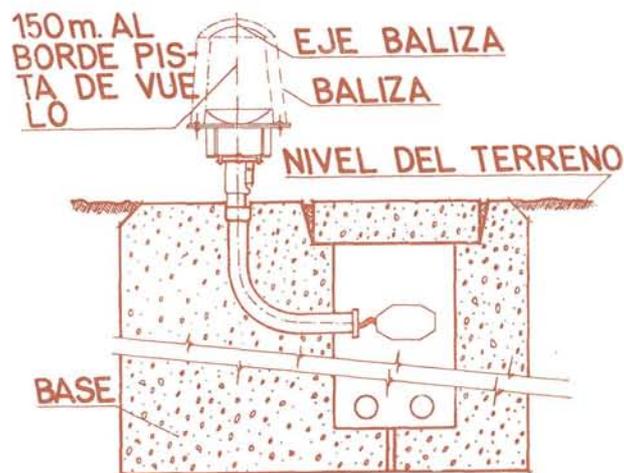
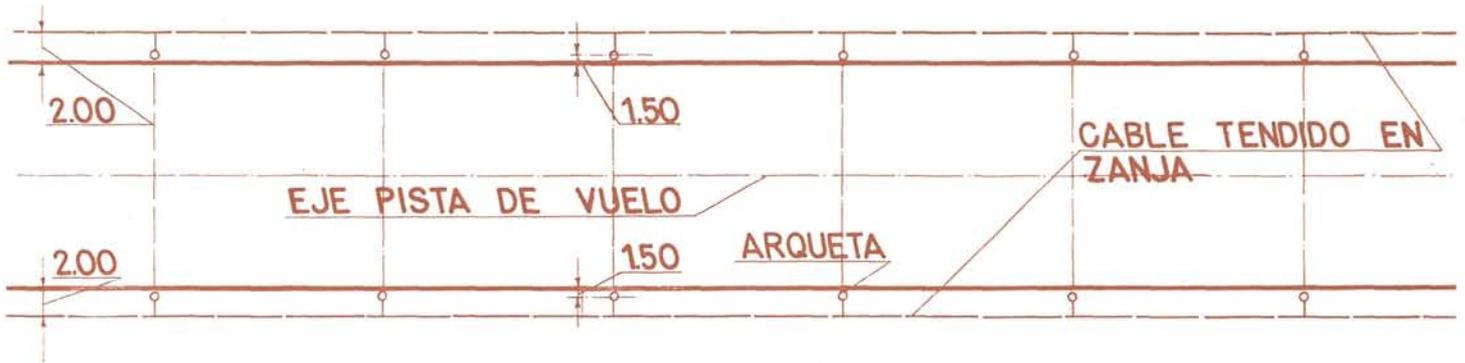
Descripción de obras

Como la mejor descripción interpretativa de una estructura se reduce a su simple representación en un dibujo, en lugar de extendernos en ellas hemos preferido reproducir los planos y detalles de esta importante obra. Los dibujos se refieren a las partes más importantes del conjunto o a simples detalles que se han creído de interés.

Por la proximidad entre los dos aeródromos, el conjunto constituye un todo destinado a una misma explotación orientada en dos sentidos diferenciados: uno civil y otro de carácter militar. Por tanto, las instalaciones del aeródromo de Valenzuela se caracterizan por la propia función militar que han de desempeñar. En este aeródromo, además de las pistas, plataformas y hangares, se han previsto los edificios para el acuartelamiento de fuerzas del Arma de Aviación, polvorines y cuantos otros servicios y construcciones se han juzgado necesarios para conseguir un buen funcionalismo y la finalidad perseguida.

Aparte de esta última especialidad, el conjunto ha sido estudiado detenidamente con el fin de prever y dotar de cuantos servicios han sido de interés para conservar las instalaciones lo más alejadamente posible de inundaciones, carencia de agua y dificultades de transporte y abastecimientos. Para ello, se ha construido teniendo en cuenta las condiciones óptimas de drenaje; se han mejorado las comunicaciones con la ciudad de Zaragoza y entre los distintos servicios; la red de alcantarillado se ha mejorado construyendo un colector, para cuya realización se tuvieron que afrontar serias dificultades; el abastecimiento de agua se ha mejorado notablemente, pues se ha construido un propio embalse de reserva; la estación terminal del aeródromo Sanjurjo se ha mejorado con una torre de mandos, y, finalmente, también se han construido toda clase de depósitos para agua y reserva de combustibles.





Las pistas principales de vuelo, de gran longitud y anchura, se han unido a las plataformas de estacionamiento y hangares con una red de pistas de rodadura que, siendo de tipo flexible, presentan una magnífica superficie de rodadura. Los estacionamientos se han construido con losas rígidas de hormigón.

Las pistas de vuelo se pueden intercomunicar por medio de una pista y, además, se han extendido sus extremidades en una longitud aproximada de unos 300 m en cada extremo, con lo que se consigue un recorrido adicional de seguridad de fin de carrera o toma de tierra. Las zonas de salida y calentamiento de motores se han pavimentado con hormigón, para poder resistir a los efectos de la temperatura en el escape de los turborreactores.

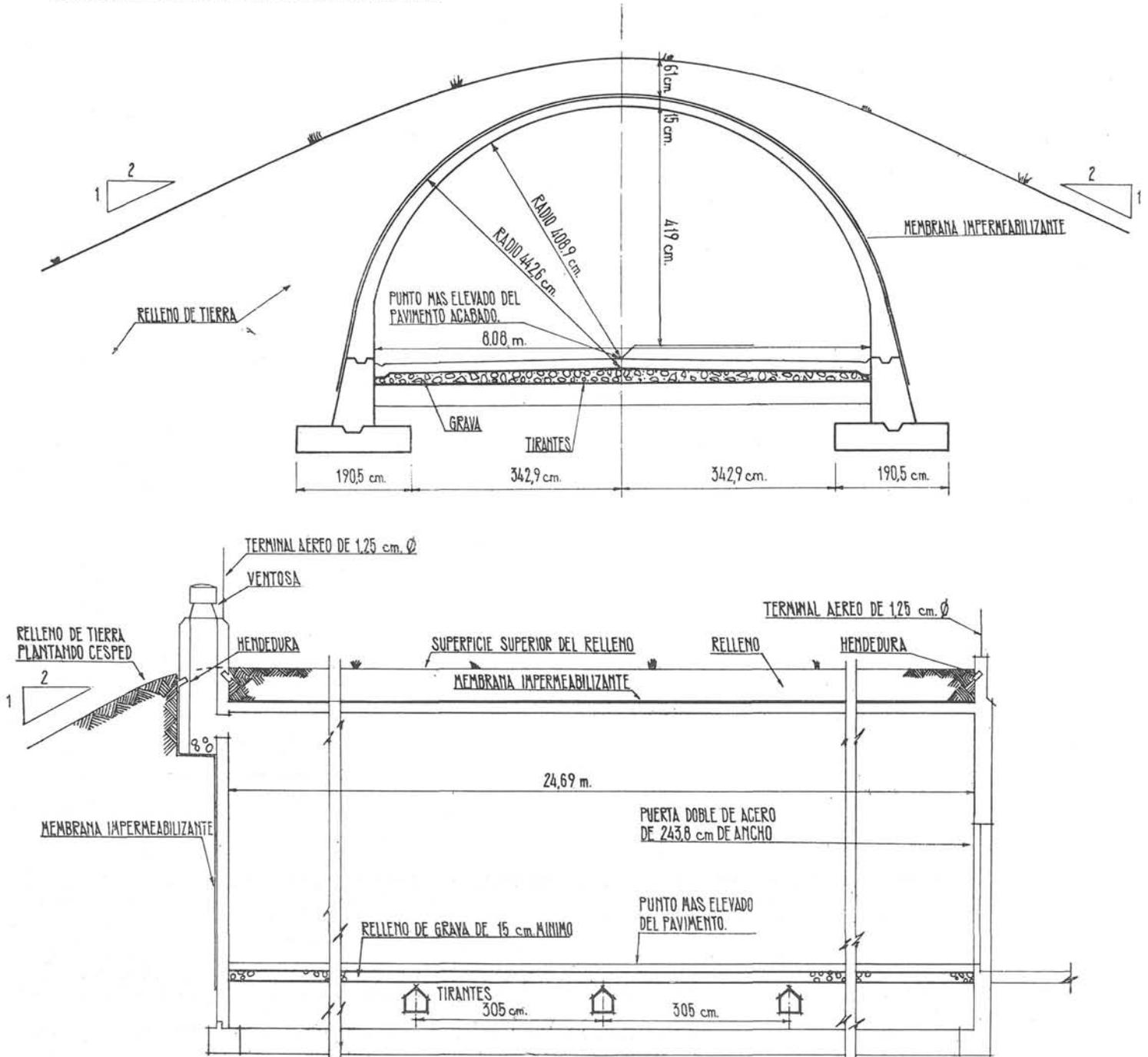
Para el aterrizaje nocturno y aproximación se ha instalado una red moderna de iluminación artificial que completa las instalaciones generales.

El conjunto, denominado corrientemente como la Base Aérea de Zaragoza, de concepción moderna, se suministrará directamente de combustibles y lubricantes de otras bases marítimas por medio de un oleoducto o tubería que impulsará el líquido a presión.

J. J. U.



Fotos: H. GREENE, DEL GABINETE FOTOGRAFICO DE BROWN-RAYMOND WALSH



polvorines