

# CARRETERA N-430 DE BADAJOZ A VALENCIA POR ALMANSA

Por FRANCISCO LOZANO VICENTE  
Ingeniero de Caminos

*De gran interés consideramos la exposición que hace el autor, con todo detalle y claridad, de la ejecución de una gran obra de carreteras, así como las consecuencias que saca del estudio de todo el proceso y que resume al final.*

Antecedentes.

1. SITUACIÓN.

La carretera N-430 constituye el itinerario de Lisboa a Valencia. Su Sección 1.ª, de la que vamos a tratar, es el eje de la zona regable de las Vegas Altas del Guadiana y une éstas con las Vegas Bajas (figura 1.ª).

2. BREVE DESCRIPCIÓN E IMPORTANCIA DE LAS OBRAS.

En toda su longitud, de 44 Km. aproximadamente, atraviesa dicha zona regable, de 64 000 Ha.,

virtualmente incomunicadas entre sí y con el resto de la nación. Discurre por un terreno de topografía suave, cruzando los ríos Búrdalo y Rucas y el ferrocarril de Villanueva a Talavera.

Su importancia queda de manifiesto por ser el colector de toda la red de comunicaciones de una zona de economía creciente, por formar parte del itinerario estratégico Lisboa-Valencia y por constituir el camino de servicio para la ejecución del extraordinario plan de obras que se está ejecutando en dicha zona.

La experiencia de las Vegas Bajas, donde se construyeron caminos de servicio con características inadmisibles para el tráfico general, y que ha sido necesario acondicionar con una inversión de 40 millones de pesetas, sin que, aun así, hayan quedado en per-

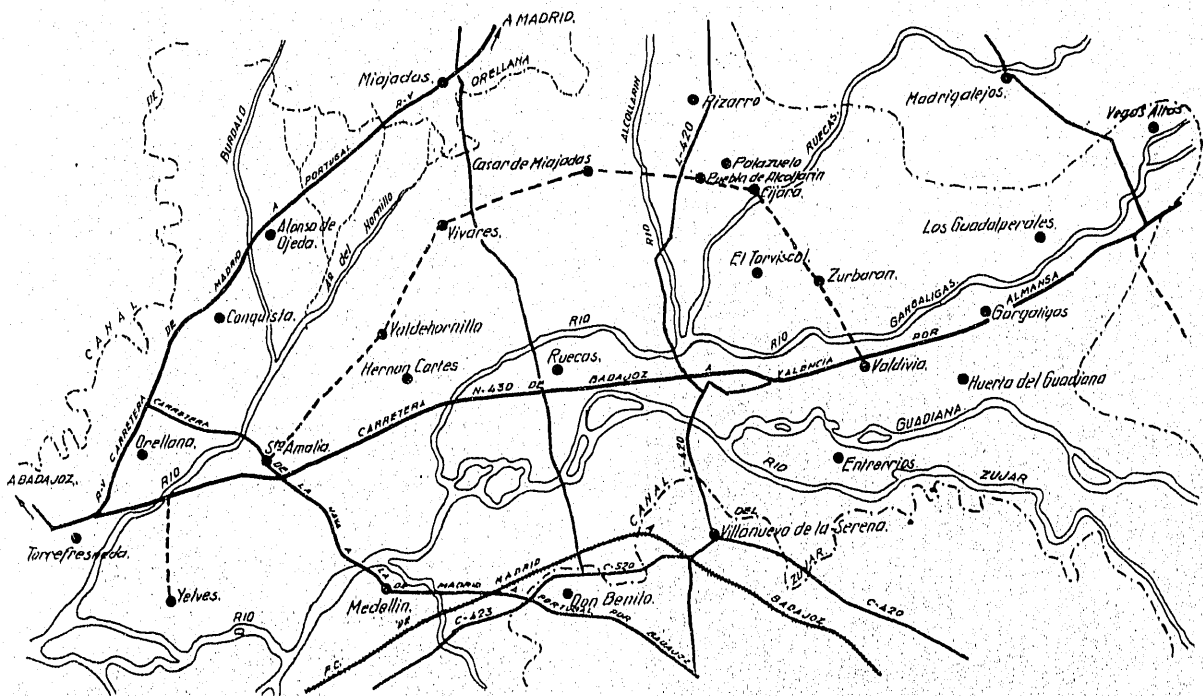


Fig. 1.ª — Vegas altas del Guadiana.

fectas condiciones de vialidad, ha ratificado la decisión, en nuestro caso, de acometer desde el principio la construcción de la carretera con una técnica vial depurada.

para 1956 del Plan Badajoz, adjudicándose éstas a la Empresa Constructora Dragados y Construcciones, S. A.

Se dió comienzo a las obras a finales de 1956,

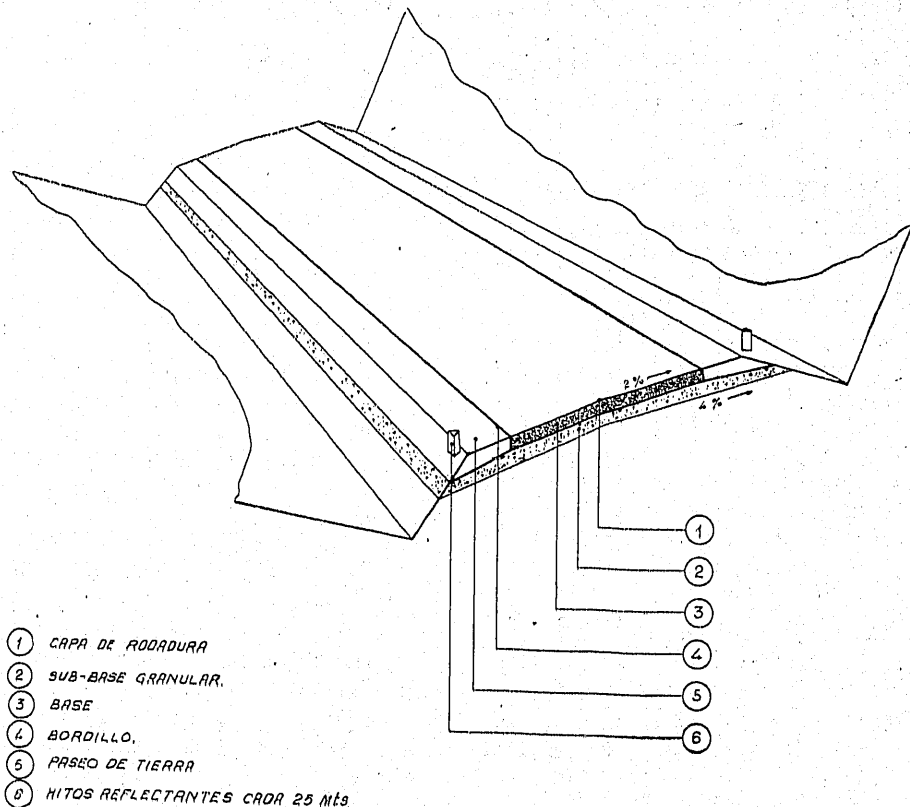


Fig. 2.ª — Sección transversal.

### 3. DATOS CRONOLÓGICOS, VOLÚMENES DE OBRA Y PRESUPUESTOS.

El proyecto fué redactado en agosto de 1954 y concursado, para incluirlo en el programa de obras



Figura 3.ª

con un plazo de ejecución que termina en agosto de 1960. Se han abierto 16 Km. al tráfico en septiembre de 1958 y el resto en septiembre de 1959.

Los volúmenes aproximados de la obra son:

- 400 000 m.<sup>3</sup> de desmonte.
- 400 000 m.<sup>3</sup> de terraplén.
- 100 000 m.<sup>3</sup> de sub-base granular.
- 90 000 m.<sup>3</sup> de base.
- 320 000 m.<sup>2</sup> de doble riego asfáltico.

En total se han movido 350 000 m.<sup>3</sup> de áridos. Las obras de fábrica importantes han sido dos puentes (fig. 3.ª) y dos pasos superiores (fig. 4.ª).

### CAPÍTULO I. — El proyecto.

#### I. CARACTERÍSTICAS VIALES.

- Velocidad específica: 90 Km./h.
- Capacidad: 3 000 vehículos/día, con un 40 por 100 de vehículos pesados.
- Carga de cálculo: 6 Tn. por rueda.

## 2. TRAZADO.

Se han estudiado previamente tres soluciones para la elección de la traza, eligiéndose la proyectada por ser la de más bajo coste de construcción y por los resultados de los reconocimientos previos de la geología, topografía y clima de la zona. Esta se caracteriza por la gran suavidad de su topografía, típica de las vegas del Guadiana.

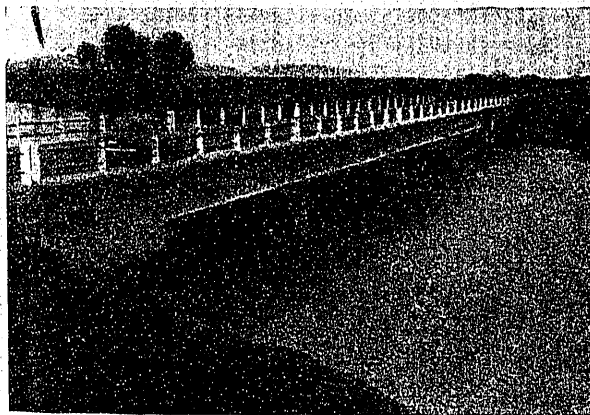


Figura 4.ª

La traza parte del kilómetro 316 de la Carretera R.-V, y después de 30 Km. de obra totalmente nueva, se une a la carretera de Villanueva a Guadalupe aprovechando 14 Km. de ésta.

Se evitan toda clase de travesías, cruzándose a nivel la carretera CC-520, en las proximidades de Santa Amalia; con sendos pasos superiores, el ferrocarril de Villanueva-Talavera y la carretera CL-421, y mediante dos puentes los ríos Búrdalo y Rucas.

En los 30 Km. de trazado nuevo hay solamente seis curvas (contando incluso la de empalme con la ampliación de la carretera Villanueva-Guadalupe), con un radio mínimo de 400 metros. La pendiente máxima es del 3 por 100. Los acuerdos en alzado son curvas de 2 800 m. de radio, no presentándose ningún problema de visibilidad.

## 3. PROYECTO.

### 3.1. Reconocimiento del terreno.

Al efectuar el estudio y toma de datos de campo, la configuración de la zona, el estudio geológico de la misma y los cortes naturales del terreno hacían suponer la existencia de una capa de tierra arenosa, definida por el tipo *SW* de Casagrande, de más de 2 metros de espesor, perfectamente apta para construcción de terraplenes y superficie subrasante. Bajo esta capa se esperaba encontrar zahorras muy permeables que descansasen, a profundidad variable, sobre arcillas sa-

bulosas. No obstante, para garantía de la obra, se proyectó la construcción de los terraplenes por tómgadas, perfectamente compactadas, y previo análisis de los terrenos que se obtuvieron de los desmontes y zanjas de préstamos.

Una vez iniciadas las obras, en diferentes tajos, se comprobó que las hipótesis no concordaban totalmente con la realidad, porque en varios tramos el espesor de la capa arenosa superficial era de 50 cm., por término medio, y descansaba sobre arcillas muy plásticas.

Esto indujo a reconocer y estudiar detenidamente el terreno mediante el sistema de ensayos y control de obra que se describe en el epígrafe correspondiente.

En casi todos los tramos la topografía es sensiblemente horizontal, lo que implica el empeoramiento del drenaje general. Además, el terreno natural, que sirve de base a los terraplenes y la sub-rasante en los desmontes, tiene poca densidad y necesita, por tanto, ser escarificado y compactado con la debida humedad.

### 3.2. Características geométricas.

Las características geométricas de la carretera son, en cuanto a trazado en planta, perfil longitudinal, peraltes, sobrecanchos, visibilidad y anchura, las necesarias para cumplir con las características viales definidas en el apartado 1.

Únicamente merece mención la sección transversal de la carretera (fig. 2.ª), caracterizada por unas condiciones excelentes de drenaje y saneamiento impuestas por la ya citada horizontalidad de la topografía, alto nivel de la capa freática y plasticidad de las tierras. Se ha conseguido mediante unos cunetes triangulares de 1,50 metros de profundidad y 4,50 metros de base mayor y por la pendiente transversal del 4 por 100 dada a la superficie sub-rasante.

El ancho de los paseos y las pendientes de los taludes se han proyectado pobremente, o mejor dicho, con carácter utilitario, debido a que, el carácter arcilloso de las tierras y consiguiente variación de la resistencia al corte con la humedad, hubiera conducido a soluciones muy costosas en cuanto a volúmenes de obra y expropiaciones.

### 3.3. Obras de fábrica y drenajes.

Se han proyectado unas 70 obras de fábrica, ajustadas a modelos oficiales, y gran número de sifones para el paso de acequias. Las grandes obras de fábrica se proyectaron cimentadas sobre las arcillas sabulosas que, a más o menos profundidad, se encuentran en toda la zona. Donde el espesor de los acarrees era pequeño se previó la ejecución de los cimientos en zanja corrida y, a partir de determinadas profundidades, se proyectaron pozos indios o cajones de aire comprimido. En general, las obras de fábrica no han presentado ningún importante problema estructural ni ornamental.

En el llano de Santa Amalia se proyectó un canal (fig. 5.<sup>a</sup>) para desaguar el embalse natural (figura 6.<sup>a</sup>) de 1 300 000 m.<sup>3</sup> de capacidad, que recoge todas las aguas que pueden afectar al tramo de la carretera. Tiene una sección de 14 m.<sup>2</sup> y una longitud de 1 500 metros.

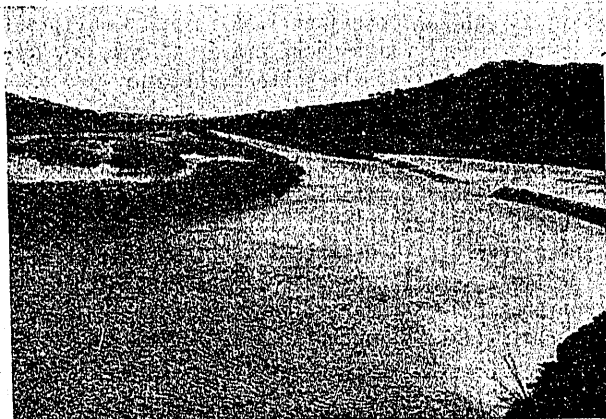


Figura 5.<sup>a</sup>

#### 3.4. Explanación.

El movimiento de tierras se concibió con una compensación transversal máxima. La condición impuesta de situar la sub-rasante, como mínimo, a un metro de la capa freática, obligó a elevarla sobre el terreno natural, utilizando las tierras de los mencionados cuntones.

Los grandes terraplenes se proyectaron con una compensación longitudinal económica, por su proximidad a los grandes desmontes.

En el pliego de condiciones se previeron las siguientes características para los terraplenes:

$$L L < 35 \% \\ \text{ó} \\ 35 \% < L L < 65 \% \\ I P > 0,6 L L - 9,$$

proscribiéndose, en los 50 cm. superiores de los terraplenes, tierras con  $L L > 60$ .

La densidad en obra había de ser:

$D_0 > 0,90$  de la Proctor Normal, en general, y  
 $D_0 > 0,95$  de la Proctor Normal en los 50 cm. superiores.

Se prescribió la ejecución de los terraplenes por tongadas de espesor menor de 25 cm.

Las condiciones para los desmontes fué que la densidad de la sub-rasante fuese mayor que el 95 por 100 de la Proctor Normal.

No se especificó nada sobre el grado de humedad para la compactación.

#### 3.5. Pavimento.

El pavimento proyectado es de tipo flexible, compuesto por una sub-base granular, una base de macadam de granulometría discontinua y una capa de rodadura formada por un doble riego asfáltico de 3,5 kilogramos de betún asfáltico y 1,5 Kg. de betún fluidificado, tipo RC-2.

Sobre la superficie sub-rasante y a todo su ancho, se extiende la sub-base granular, compuesta de zahorras naturales procedentes de los yacimientos próximos a los ríos Guadiana, Ruecas, Búrdalo y Gargáigas, mezcladas con el árido fino necesario para conseguir su compactación y estabilidad. El pliego de condiciones prescribió que su granulometría estuviese comprendida en alguno de los husos siguientes:

TAMIZ	Por ciento que pasa					
	A	B	C	D	E	F
2"	100	100	—	—	—	—
1"	—	75-95	100	100	100	100
3/8"	30-65	40-75	50-85	60-100	—	—
N.º 4	25-55	30-60	35-65	50-85	55-100	70-100
N.º 10	15-40	20-45	25-60	40-70	40-100	55-100
N.º 40	10-25	15-30	15-30	25-45	20-50	30-70
N.º 200	3-10	5-20	5-15	10-25	6-20	8-25

La granulometría del árido fino debía estar comprendida en el huso siguiente:

Tamiz	Por 100 que pasa
3/8"	100
Núm. 4	90-100
» 10	60-90
» 40	20-60
» 200	5-25

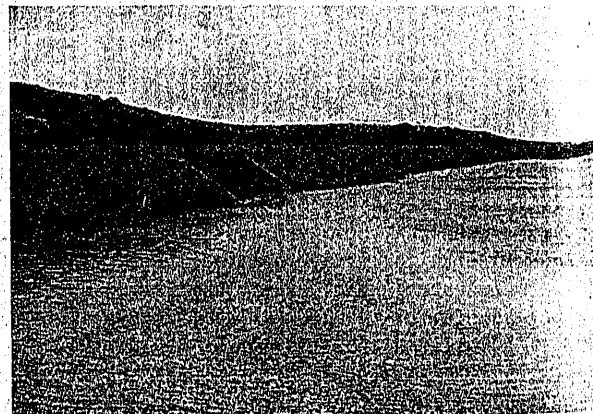


Figura 6.<sup>a</sup>

La mezcla de ambos materiales había de hacerse antes de la extensión sobre la superficie sub-rasante, en proporciones obtenidas experimentalmente para poder compactarse con los compactadores que, previamente aceptados por el Ingeniero encargado, empleara el contratista.

Para el material resultante de dicha mezcla, el pliego de condiciones exigió lo siguiente:

"No desintegrarse al someterlo a ciclos alternos de humedad y secado.

No contener materia vegetal ni orgánica de ninguna clase.

El material retenido por el tamiz número 10 A.S.T.M., tendrá un coeficiente de desgaste en el ensayo de Los Angeles, inferior a 40.

El material que pase por el tamiz número 40 ha de tener un  $LL < 25$  y un  $IP < 6$ .

El tanto por ciento del material que pase por el tamiz número 200 A.S.T.M., será menor que los  $2/3$  del tanto por ciento del material que pasa por el tamiz número 40.

El diámetro del tamiz correspondiente al 15 por 100 del material para la sub-base ha de ser menor que cinco veces el diámetro del tamiz correspondiente al 85 por 100 de la sub-rasante."

En cuanto a la puesta en obra, se exigieron ciertas medidas para evitar la segregación y una densidad en obra de  $D_0 > 100\%$  de la Proctor Modificado con molde C.B.R. y maza de 10 libras.

Estas condiciones coinciden sensiblemente con las normas provisionales que el Gabinete Técnico de la Dirección General de Carreteras dió en el año 1958.

Se proyectó una base de macadam ordinario, extendido y consolidado en tres capas, con las especificaciones siguientes:

Arido grueso 30/60: Su granulometría comprendida en el huso:

Tamiz	Por 100 que pasa
3"	100
2 1/2"	90-100
1 1/2"	0-10
3/4"	0-5

El 75 por 100 en peso presentará, por lo menos, más de dos caras de fractura.

Arido medio 15/25: La granulometría comprendida en el huso:

Tamiz	Por 100 que pasa
1"	100
1 1/4"	90-100
5/8"	0-15
Núm. 4	0-5

En los dos tamaños el coeficiente de desgaste en el ensayo de Los Angeles inferior a 40.

Arido fino 0/5: Su granulometría comprendida en el huso:

Tamiz	Por 100 que pasa
3/8"	100
Núm. 4	90-100
» 10	60-90
» 40	20-60
» 200	5-25

El material que pasaba por el tamiz número 40 tenía un  $LL < 25$  y un  $IP < 6$ .

El ensayo del equivalente de arena daba un coeficiente superior a 30.

La última capa de base se proyectó igual que las anteriores, pero suprimiendo el árido fino y los tamaños superiores a 2 1/2".

Además, se exigió que la composición granulométrica de la base, después de consolidar, estuviera comprendida en el huso:

Tamiz	Por 100 que pasa
3"	100
2"	70-100
1"	40-80
3/4"	30-70
Núm. 4	10-40
» 10	10-30
» 40	5-15
» 200	3-8

### 3.6. Espesores de firme.

Se utilizó como procedimiento de cálculo el conocido como "método de índice de grupo", ideado por Mr. Steele, Ingeniero federal del Estado de California y publicado por el "Highway Research Board", de los Estados Unidos.

También se obtuvo el índice C.B.R. de los materiales que han compuesto la sub-rasante.

Las hipótesis fijadas para la aplicación de ambos métodos a nuestro caso, han sido:

A) El espesor de la base + capa de rodadura es función de la intensidad del tráfico pesado.

Durante el último trimestre de 1958 y los dos primeros de 1959, se efectuaron conteos de tráfico en el tramo común a la carretera CL-421, obteniéndose intensidades de 800 vehículos pesados y 100 vehículos ligeros al día.

Para el cálculo se tuvo en cuenta el futuro desarrollo de la economía de las vegas del Guadiana, previéndose de 1 000 a 1 500 vehículos pesados al día.

El espesor de la base correspondiente a esta intensidad es de 30 cm. Se consideró que 2,5 cm. es el

espesor equivalente que corresponde a la capa de rodadura, 22,5 cm. a la base y 5 cm. de penetración en la sub-base.

B) El espesor de la sub-base dependía exclusivamente de la naturaleza del terreno sub-yacente que previamente cumplía lo que sigue:

1.º El nivel de la capa freática permanecía, como mínimo, a 1 metro de profundidad, medido desde la sub-rasante.

2.º El grado de compactación del terreno sub-yacente era del 95 por 100 Proctor Normal.

3.º No se tuvo en cuenta el hielo.

La determinación del índice de grupo se efectuó mediante la aplicación de la fórmula siguiente:

$$I_g = 0,2 a + 0,005 a \cdot + 0,01 b \cdot d,$$

siendo  $T_{200} = \%$  que pasa por el tamiz número 200:

$LL$  = límite líquido.

$IP$  = índice de plasticidad.

$a = 0$	pasa	$T_{200} < 35 \%$ .
$d = T_{200} - 35$	»	$35 < T_{200} < 75 \%$ .
$a = 40$	»	$T_{200} > 75 \%$ .
$b = 0$	»	$T_{200} < 15 \%$ .
$b = T_{200} - 15$	»	$15 < T_{200} < 55 \%$ .
$b = 40$	»	$T_{200} > 55 \%$ .
$c = 0$	»	$LL < 40$ .
$c = LL - 40$	»	$40 < LL < 60$ .
$c = 20$	»	$LL > 60$ .
$d = 0$	»	$IP < 10$ .
$d = IP - 10$	»	$10 < IP < 30$ .
$d = 20$	»	$IP > 30$ .

Los espesores de la sub-base fueron determinados por la fórmula:

$$E_{sb} = \frac{11}{4} I_g - \frac{1}{16} I_g^2$$

La determinación del espesor de la sub-base, utilizando el índice C.B.R., se obtuvo por la fórmula:

$$E_{sb} = \frac{317,5 - 30 I_{CBR}}{5 + I_{CBR}}$$

que lleva implícita la carga de 6 Tn. por rueda y espesor de 30 cm. de base + rodadura.

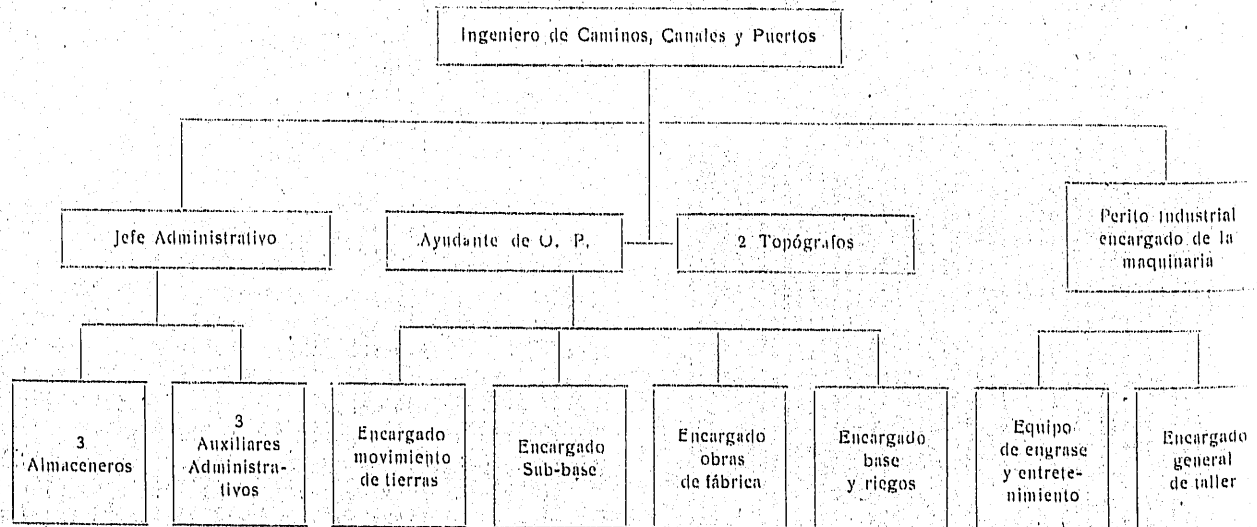
## CAPÍTULO II. — Construcción.

### I. CONSIDERACIONES GENERALES.

A pesar de haber cumplido ampliamente el plazo contratado para la ejecución de las obras, éstas no se realizaron a los ritmos previstos debido al fallo del planteamiento inicial, ya que la falta de experiencia en obras con estas características técnicas era casi absoluta. La exigencia técnica de mecanización y la longitud y volumen de la obra, introdujeron complicaciones importantes. Por otra parte, un pliego de condiciones técnicas muy completo y una forma de comprobar si se cumplen tan objetivamente como es un laboratorio a pie de obra, pone nervioso al más fino de los constructores y hace dudar al director de obras más organizador.

No es lo mismo, ni muchísimo menos, decir que un terraplén o tongada está bien ejecutado y "más duro que una piedra", que decir que su densidad es el 95 por 100 de la del Proctor.

Las realidades anteriores hicieron, como decimos, cambiar toda la organización prevista y los programas de ejecución. Así, de una organización, por parte del constructor, basada en un Ayudante de Obras Públicas recién salido de la Escuela, un encargado "experto" en obras y un encargado de maquinaria, hubo que pasar a una organización que estaba constituida así:





Pero además de este cambio en la organización del personal hubo que cambiar muchos conceptos y modos de operar del personal "experto".

Por otra parte, lo que se pensaba que sólo iba a necesitar un pequeño taller y un solo almacén, hubo que transformarlo en un gran taller, equipo volante de

## 2. MOVIMIENTO DE TIERRAS.

La calidad de las tierras en casi toda la explanación presentó un carácter eminentemente arcilloso con límites líquidos de 40 y 60 y con índices de plasticidad bastante grandes, de modo que en todos los casos los

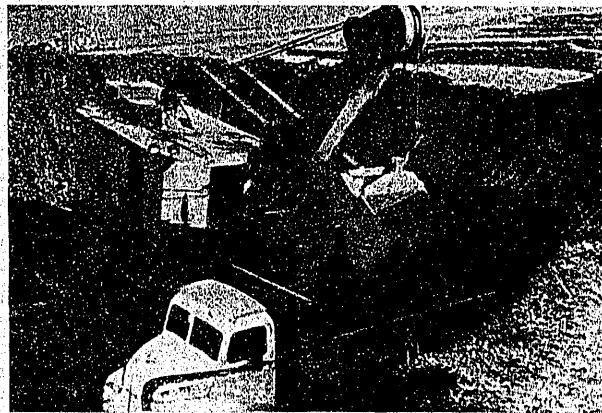
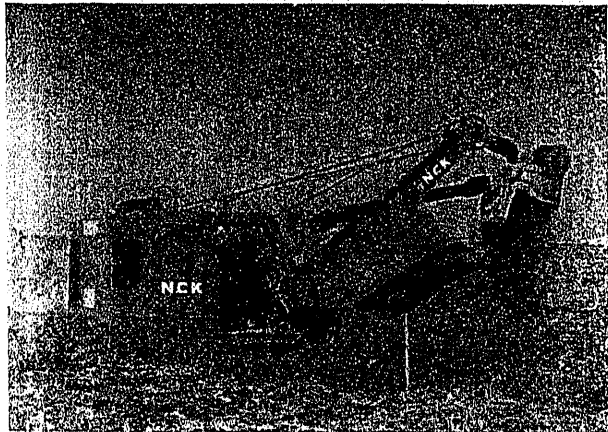


Figura 7."

reparación, engrase y repostado y tres almacenes a lo largo de la obra.

Además, el no poder hacer nada durante todo el invierno, excepto obras de fábrica, obligó a que lo que en principio era mecanización para cumplir requisitos del pliego de condiciones, se convirtiera en mecanización general para poder cumplir los plazos.

Basta dar una relación de la maquinaria empleada para darse cuenta de hasta dónde llegaron las cosas en este sentido:

- |  |                                  |
|--|----------------------------------|
| 2 Mototraíllas "Allis-Chalmer".              | 8 Apisonadoras.                  |
| 6 Tractores con Bulldozers de más de 130 CV. | 6 Camiones cisterna.             |
| 2 Palas cargadoras.                          | 5 Girogravilladores.             |
| 3 Palas excavadoras.                         | 3 Machacadoras.                  |
| 1 Traílla.                                   | 1 Grupo electrógeno.             |
| 3 Motoniveladoras.                           | 4 Compresores.                   |
| 1 Escarificador.                             | 1 Camioneta "Pick-up".           |
| 1 Compactador vibratorio sobre neumáticos.   | 30 Camiones.                     |
| 3 Compactadores de 25 y 50 Tn.               | 1 Unidad lubricación.            |
| 1 Rodillo pata de cabra grande.              | 16 Bituminadoras para riego.     |
| 1 Compactador rana.                          | 2 Tanques calentadores de betún. |
| 4 Rodillos vibratorios.                      | 2 Repartidoras de gravilla.      |
|  | 1 Camión regador de betún.       |
|  | 7 Hormigoneras.                  |
|  | 15 Grupos moto-bombas.           |

puntos estaban por encima de la línea A de Casagrande.

El movimiento de tierras se hizo:

En las zonas de compensación transversal, haciendo las cunetas generalmente con pala excavadora y extendiendo las tierras con Bulldozer (figs. 7." y 8.").

En zonas de compensación longitudinal: Bulldozer en distancias hasta 60 metros; traíllas lentas en distancias algo mayores y en distancias grandes se probó en principio con traíllas rápidas, que se sustituyeron por palas excavadoras y camiones, ante su mejor resultado (fig. 9.").

Las tierras, transportadas en camión, se extendieron con bulldozer para formar las tongadas.



Figura 8."

Ante las características claramente arcillosas de las tierras, se empezó a compactar con rodillos pata de cabra de 60" de diámetro, complementados con compactadores de neumáticos Albaret de 25 Tn., dando sólo rendimientos limitados. Se pasó después a super-



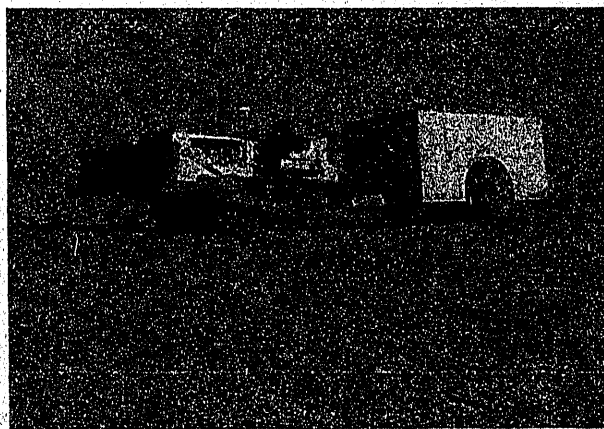
Figura 9."

compactadores Bross de 50 Tn., con lo que se obtuvieron resultados francamente halagüeños (fig. 10).

El elemento tractor fué, en todos los casos, Bulldozer de 130 CV.

En principio, los planes preveían trabajar en invierno y verano; pero la humedad excesiva en invierno, creando muchos problemas (fig. 11), hizo desistir de hacerlo en esta estación.

El grado de humedad, salvo en invierno, no fué nunca grave problema. Había que regar en multitud de ocasiones; en general, compactar con menos humedad que la óptima, no constituyó problema, ya que, aunque quizá hubo que darle con los compactadores algunas pasadas más de lo normal, a cambio se obtuvo casi siempre resultado positivo a la hora de comprobar



el grado de compactación. Por el contrario, el exceso de humedad sobre la óptima planteó problemas insolubles. Por más dispendio de energía que se hacía, no se llegaban a obtener buenas densidades y se presentaban "colchones". En casi todos los casos, y después de muchos gradeos y de nuevas compactaciones, se acabó eliminando las tierras de estas capas, sustituyéndolas por otras nuevas.

Este mismo miedo al agua hizo construir las tongadas de los terraplenes con concavidad hacia arriba, con todos los inconvenientes a que ello da lugar, alguno de los cuales puede verse en la figura 12.

A esta conclusión se llegó después de haber tenido que levantar tongadas enteras de terraplén ejecutadas con concavidad hacia abajo. Es más, hubo veces que fué preciso levantar no sólo la última tongada, sino una o dos más, ya aprobadas, claro está, porque su grado de humedad y disminución de resistencia al corte era tal que no permitían apoyarse en ellas para ejecutar nuevas capas.

Una vez coronados los terraplenes, se perfilaban con motoniveladora para constituir la sub-rasante definitiva.

A veces, el tráfico de obra descompactaba los últimos centímetros de la plataforma: en tiempo seco, por volverse polvo, y en tiempo húmedo, haciéndola barro. En estos puntos, antes de extender la sub-base había que pasar el compactador nuevamente.

Digamos, por último, que con tierras de límite líquido 40 y 60 se construyeron terraplenes de cerca de 10 m. de altura, con resultados muy halagüeños por el momento.

### 3. SUB-BASE GRANULAR.

Proyectada la sub-base de acuerdo con las normas señaladas en el capítulo primero, ya se pensó desde el principio en que el material que cumplía, o podía cumplir, con los requisitos especificados podía ser el

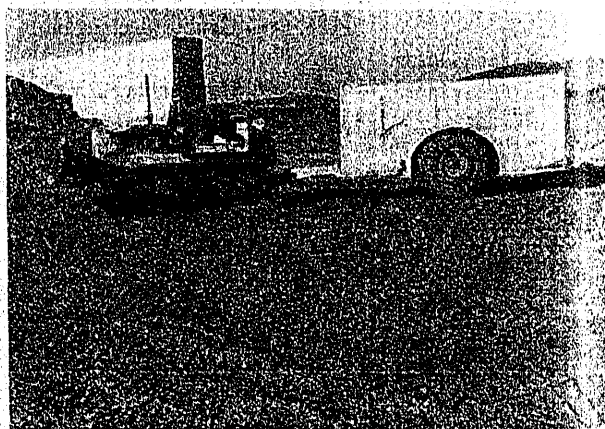


Figura 10.



que, quizá con poca propiedad, se llama, en la zona, zahorra. Como sub-base y zahorra acabaron siendo, en la obra, la misma cosa, aclaremos que llamamos zahorra a un material compuesto de gravas, gravillas,

homogeneidad. Estudiados los materiales, se clasificaron en tres tipos: aptas, no aptas y aptas con dificultad de compactación.

Teniendo en cuenta las especificaciones, la extrac-



Figura 11.



Figura 12.

arenas y elementos finos que se encuentran en estado natural (algunas veces también se le llama revoltón).

Aun teniendo en cuenta que el proyecto señalaba algunas fuentes de suministro, se buscaron otras nuevas. Así, se estudiaron cuarenta posibles lugares de extracción. El estudio comprendía los siguientes puntos: cubicación, granulometría, plasticidad y ho-

ción del material se hizo con palas cargadoras de gran movilidad. Transportada la zahorra en camión, se extendía sobre la sub-rasante con motoniveladora, previo estaquillado de aquella para obtener los espesores fijados. Si el espesor a realizar pasaba de 20 centímetros, la sub-base se hacía en dos capas.

Antes de pasar adelante, hay que decir que en la

cubicación de las fuentes de suministro, en la previsión de las cantidades necesarias de zavorra y en su transporte, las sorpresas fueron grandes y, en general, desagradables. Cifras comprobadas son que, para construir 1 m.<sup>3</sup> de sub-base compactada, se necesitan entre 1,40 y 1,50 m.<sup>3</sup> de material acopiado. Ligeros cálculos llevan también a esa conclusión. En efecto:

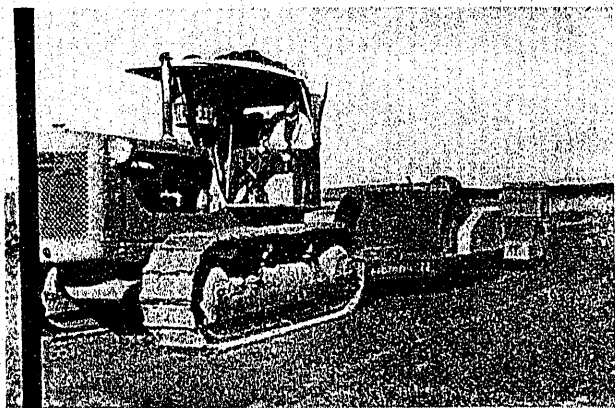


Figura 13.

La densidad más frecuente después de compactada una sub-base de esta naturaleza al 100 por 100 Proctor, es 2,20. Por otra parte, para lograr el espesor señalado hay que pasarse más bien de espesor; además, el ancho extendido es también mayor para poder compactar los bordes y recortarlos. Todos estos inconvenientes son casi el 10 por 100, es decir, que se emplean del orden de 2,40 Tn. de material seco por metro cúbico compactado, y siendo, como mucho, la densidad del material, también seco, 1,65 ó 1,70, salen las cifras antes señaladas.

Extendidas las zavorras, había que compactarlas. En principio, y aunque se controlaba con sumo cuidado la humedad de compactación, al emplear rodillos lisos no había manera de lograr la densidad requerida. Por otra parte, aunque las granulometrías eran las especificadas, debido a que la cantidad que pasaba por el tamiz núm. 200 era la estricta y nada plástica, la apisonadora arrollaba una y otra vez el material, sin lograr nada práctico. Esta falta de estabilidad inicial fué característica de todas las zavorras empleadas, y motivo de tomar alguna disposición especial, como luego se dirá. En vista de los resultados poco satisfactorios, se probaron compactadores de neumáticos, sin obtener resultados prácticos. Se tenía la idea de que la clave estaba en vibrar; pero en aquel momento no había en el mercado compactadores vibratorios serios para una labor de este tipo, por lo que todavía se intentó probar con compactadores vibratorios sobre neumáticos que había en el Parque de Obras Públicas, mas tampoco dió este resultado. En el *interin*, se consiguió importar un compactador vibratorio de rodillo liso de 2 Tn., con el que los

resultados fueron ya francamente satisfactorios. Más tarde, otro más de análogas características pero de 3,2 Tn., resolvió, el trabajar los dos, no sólo el problema técnico, sino también el de ritmo.

Todavía la inestabilidad inicial de las zavorras produjo otro problema al patinar los tractores agrícolas de 40 CV. previstos para tirar de los compacta-

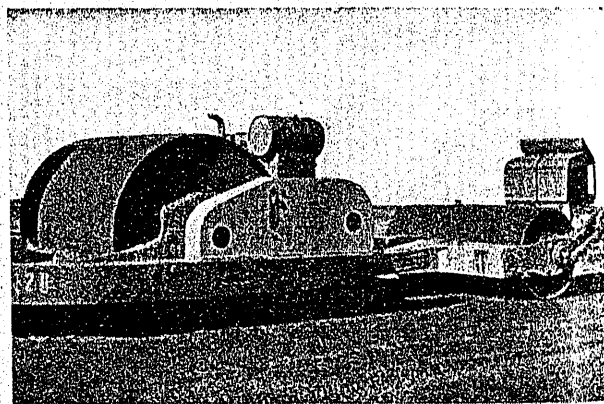


Figura 14.

dores y tener que sustituirlos por tractores grandes sobre orugas que, entonces, tiraban ya de los dos compactadores en línea (figs. 13 y 14).

A pesar de todo, hubo multitud de ocasiones en



Figura 15.

que la densidad especificada no pudo alcanzarse, teniendo que retirar alguna vez la totalidad de la zahorra, y en otras, volver a mezclarla con material más fino para centrarlas más en el huso granulométrico. Gracias a todo ello, se consiguió una sub-base perfectamente acabada, como se aprecia en la figura 15.

#### 4. BASE.

Para la ejecución de esta parte de obra se previó el acopio de piedra necesario para obtener los espesores teóricos resultantes del cálculo, pero, al incrustarse la primera capa de piedra en la sub-base, debido a la saturación de agua procedente del riego y a la enérgica consolidación de la base, se precisó mayor cantidad de piedra, obligando a un acopio complementario.

La consolidación se realizó con arreglo a las especificaciones, realizando con bastante antelación las dos primeras capas, con sus huecos perfectamente rellenos con árido fino (recebo). Es de notar que, al constituir la misma traza, prácticamente, el único camino de acceso a los tajos y soportar, por tanto, las capas recebadas el intenso tráfico de camiones que la construcción de la obra requería, se tuvo que dedicar una atención constante a la conservación de esas capas, recebando y apisonando de un modo prácticamente continuo, lo que llevó a emplear un volumen de 0,40 m.<sup>3</sup> de recebo por m.<sup>3</sup> de base consolidada.

En cuanto al bordillo, se colocó sobre la sub-base antes de realizar la primera capa de la base, y como las apisonadoras lo tiraban al consolidar, se tuvo que volver a colocar la casi totalidad del bordillo antes de realizar la última capa de piedra no recebada, a fin de dejarlo perfectamente alineado y rasanteado.

Como, precisamente entonces, salieron a relucir las pequeñas diferencias de rasante obtenidas en las capas recebadas, en lugar de regularizarlas recreciendo con piedra menuda o escarificando ligeramente, se

prescribió que, en las zonas donde el espesor de la última capa fuese distinto de los 5 cm. previstos, se variase el tamaño máximo del árido y la dotación del betún, proporcionalmente al espesor real de la capa, para conseguir que el riego de semipenetración cumpliera plenamente la función prevista de rellenar los huecos de la última capa de piedra, convirtiéndola prácticamente, de ese modo, en una capa de rodadura.

#### 5. CAPA DE RODADURA.

En esta parte de la obra no se tuvieron problemas especiales, funcionando perfectamente el tanque regador de betún, y, tras ligeras modificaciones, las repartidoras de gravilla empleadas (fig. 16).

### CAPÍTULO III. — Inspección y control.

El estudio concienzudo de un proyecto y la aplicación de una rigurosa técnica en la construcción de una obra, resultan inútiles si no van acompañados de la comprobación precisa, para saber que las calidades previstas son una realidad.

Controlar los materiales, su concordancia con las especificaciones y su correcta puesta en obra, es ser consecuente y tener una cierta probabilidad de éxito; otra cosa es tener la seguridad de un fracaso sin paliativos.

Aunque parezca dogmática esta afirmación, quizá sea un buen punto de partida cuando hay que enfrentarse con los problemas de una técnica, en la que no se está lo suficientemente preparado.

Las dimensiones de la obra y la aplicación de una técnica hasta entonces no usada, o mejor, usada en pequeña escala y con fuerte intervención del Laboratorio del Transporte, hicieron temer no sólo un fracaso de la carretera, sino también de un sistema al que ya habían dirigido sus miradas muchos compañeros y por el que habían luchado algunos Ingenieros ilustres y los Organismos que ellos regían.

Simultáneamente, se estaban ejecutando obras apoyadas en los mismos conceptos, pero estas obras eran proyectadas y dirigidas por técnicos americanos, y aunque los constructores eran españoles, no se puede olvidar que la intervención de la B.R.W. en la ejecución iba muy lejos y que cuanto más fue utilizada la experiencia constructiva de la citada Empresa, mejor salieron las cosas desde todos los puntos de vista.

Se partió, como principio fundamental, del cumplimiento de las condiciones exigidas en el Pliego, sin que la toma de datos, los ensayos y sus resultados pudieran interrumpir la ejecución de los distintos tajos de las obras.

El primer problema que se planteó fue determinar el número de comprobaciones a efectuar, teniendo en cuenta el grado de calidad exigido por el Pliego y el coste de los ensayos, para llevar un control de

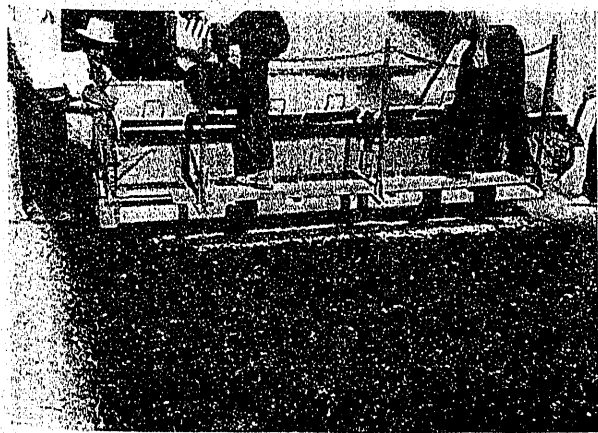


Figura 16.

calidades con probabilidad lo suficientemente grande y así poder garantizar el resultado final de la carretera.

Otra dificultad fué la falta de preparación del personal de obra. Tanto la Administración como el constructor hubieron de formar previamente dicho personal, poco familiarizado hasta entonces con el sistema de control, la mecanización y con los nuevos conceptos.

## 1. ORGANIZACIÓN.

### 1.1. Instalación.

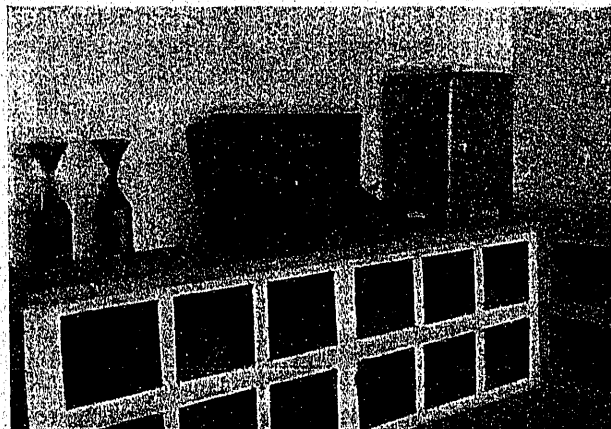
El volumen y longitud de la obra, así como la nueva red de caminos y acondicionamiento de carreteras, previstos para la zona regable de las Vegas Altas, obligaron a montar una fuerte organización a pie de obra.

En el centro geográfico de la zona, precisamente junto a la traza de la carretera, se construyó un edificio de tres cuerpos: uno, destinado a vivienda del personal facultativo; otro, a laboratorio y vivienda de capataces, y el último, a almacén de materiales y maquinaria (fig. 17).

### 1.2. Personal.

Bajo las órdenes inmediatas del Ingeniero encargado, trabajó a pie de obra el personal siguiente:

- 1 Ayudante de Obras Públicas.
- 1 Auxiliar técnico de Topografía y Laboratorio.
- 1 Vigilante principal.
- 3 Vigilantes de tajo.
- 1 Conductor de jeep.



Este personal, que comenzó con gran falta de preparación, terminó las obras estando perfectamente familiarizado con la nueva técnica y constituyendo, hoy, una ayuda valiosa en otras obras.



Figura 17.

### 1.3. Laboratorio.

El laboratorio fué dotado de los aparatos necesarios para efectuar los ensayos siguientes:

- 1) Toma y preparación de muestras.
- 2) Ensayo Proctor.
- 3) Ensayo de densidad *in situ*.
- 4) Análisis granulométricos.
- 5) Límites de Atterberg.
- 6) Equivalente de arena.
- 7) Ensayo de C.B.R. y Marshall.

#### *Materiales bituminosos:*

- 8) Penetración.
- 9) Viscosidad Saybolt-Furol.

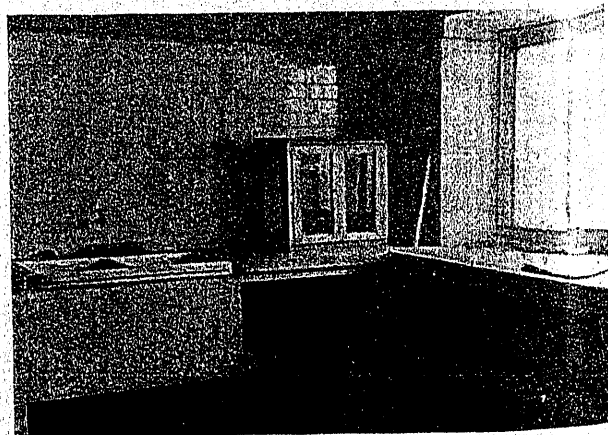


Figura 18.



- 10) Tanto por ciento de agua.
- 11) Punto de reblandecimiento.
- 12) Destilación.
- 13) Peso específico.
- 14) Material general.

## 2. REPLANTEO Y EXPROPIACIONES.

### 2.1. De la traza.

El replanteo de la traza no ofreció más dificultad que su longitud, el encaje de las grandes alineaciones y el gran número de obras de riego que cruzaba, al estar la zona en período de transformación.

El constructor tuvo que fijar muchas estaquillas con hitos de hormigón, y aun así, fué preciso mantener constantemente dos topógrafos que confirmaban la traza antes de iniciar cada tajo.

El replanteo de las obras de fábrica, drenajes y nivelación de desagües se fué ejecutando a medida que la marcha de las obras lo exigieron.

### 2.2. Expropiaciones.

Al tiempo de replantear la traza se tomaron los datos de las cosechas y demás bienes, cuyos daños, por la rápida ocupación, debían ser valorados.

El expediente de indemnizaciones fué terminado en 15 de diciembre de 1956 y pagadas aquéllas en 7 de octubre de 1957.

La valoración de los terrenos se efectuó a continuación, afectando a 266 fincas, sin que se presentara reclamación alguna, y quedando abonados mucho antes de terminarse las obras.

## 3. CONOCIMIENTO Y ENSAYO DE MATERIALES.

Como ya se dijo en el capítulo primero, al iniciar los tajos de la explanación se comprobó que no existía concordancia entre las hipótesis previstas en el proyecto primitivo y la realidad de los suelos. Esto indujo a reconsiderar el tema y a efectuar un nuevo y detenido reconocimiento del terreno, sondeos y ensayos de los materiales.

Con el personal, material y medios antes indicados se trabajó en todo momento con gran intensidad, sin que la obra sufriese retraso alguno, a pesar de que su función no se limitó a la inspección y control de las obras, sino que se extendió al estudio de los materiales, como si se tratase de un reconocimiento definitivo del terreno, previo a un proyecto.

Desde el principio se trató de organizar las cosas lo más claras posibles y simplificar el trabajo en los momentos en que, como se preveía en el plan de obras, se estuvieran ejecutando toda clase de unidades.

Así es que, desde que empezaron las obras, o mejor dicho, desde que comenzó el reconocimiento

definitivo del terreno, se sistematizaron los trabajos todo lo posible.

### 3.1. Suelos.

#### 3.1.1. Toma de muestras.

El sistema seguido para conocer los materiales que habían de formar la infraestructura de la carre-

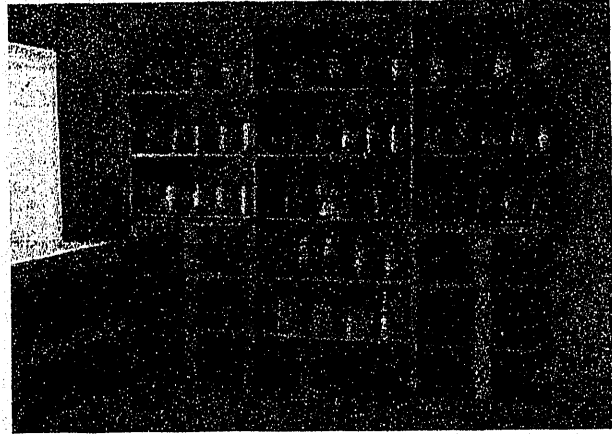


Figura 19.

tera, consistió en agrupar los suelos aparecidos en los primeros tajos, efectuando, en algunos casos, los sondeos complementarios precisos.

En principio se obtuvieron diez tipos de tierras con características perfectamente delimitadas, según la clasificación de Casagrande, y cuya identificación en obra se podía hacer visualmente.

Cuando aparecía un suelo con características visuales distintas, se tomaba una muestra y en el laboratorio se comparaba con las muestras tipos.

Así se llegó, al final de la obra, a obtener 15 tipos distintos, con características definidas, que, ensayados repetidas veces, no dieron dispersión de resultados, y que se utilizaron para comprobar el grado de calidad de las obras.

Estas muestras representativas se guardaron en recipientes de vidrio, que hicieron sencilla su utilización (fig. 19).

Del terreno natural sólo se tomaron muestras de los tramos donde se presumía que no eran aptos para soportar la plataforma o muy difícil de compactar por exceso de humedad.

#### 3.1.2. Ensayos.

Con las muestras de las tierras se efectuaron los ensayos precisos para encajarlos en la clasificación de Casagrande:

- Ensayo granulométrico.
- Límites de Atterberg.
- Materia orgánica.

Una vez clasificado, se efectuaba el ensayo de Proctor normal con molde de 6 pulgadas, maza de 10 libras y 60 golpes.

A la repetición de este ensayo y a la dispersión de sus resultados dentro de cada tipo clasificado, se prestó gran cuidado, puesto que había de ser la referencia para comprobar prácticamente la compactación.

Al principio, cada suelo que aparecía en las excavaciones con características visuales nuevas, era clasificado y comprobada su densidad máxima, comparándola con los tipos representativos clasificados anteriormente.

Avanzada la obra, se comprobó que no aparecía ya ninguna tierra distinta de las muestras tipo. El personal de obra adquirió tal práctica que, en la mayoría de los casos, relacionaba visualmente todos los suelos a las muestras tipos citadas.

### 3.2. Sub-bases.

#### 3.2.1. Yacimientos y toma de muestras.

En principio se localizaron 17 yacimientos de material granular procedentes de los ríos que atraviesan la zona.

Se efectuaron calicatas y sondeos para cubicar y comprobar la uniformidad del material.

Los volúmenes necesarios y los resultados de los ensayos obligaron a localizar hasta 40 yacimientos. En este punto se estableció una competencia entre la Administración y el constructor, que cristalizó en una colaboración de excelentes resultados para el conocimiento exhaustivo de todos los materiales utilizables.

Por término medio, se tomaron cinco muestras de cada yacimiento, en cantidades suficientes para ensayar su aptitud y, una vez determinada ésta, obtener, por cuarteo, la muestra tipo.

#### 3.2.2. Ensayos.

De cada yacimiento se estudiaron las granulometrías de las cinco muestras. Comprobada la concordancia de resultados, se prepararon, por cuarteo, las muestras tipo. Estas se ensayaron para determinar su plasticidad y densidad máxima en laboratorio.

Hubo que modificar el ensayo de Proctor Normal porque, en general, el material retenido por el tamiz  $3/4''$  era superior al 30 por 100 de la muestra.

La calidad de los áridos gruesos se efectuó por el ensayo de Los Angeles en el Laboratorio del Transporte.

Los materiales granulares ensayados fueron clasificados en tres grupos:

No aptos.

Aptos.

Aptos, con dificultades de compactación.

Este último grupo surgió al comprobar que las zahorras con menos del 5 por 100 de finos (tamiz 200, A.S.T.M.), a pesar de ajustarse a los usos granulométricos prescritos, eran incompatibles.

### 3.3. Sistematización de resultados.

Los resultados de los ensayos de las muestras tipo se situaron en un gráfico (fig. 20), que comprendía todo el perfil longitudinal de la carretera y donde se localizaban rápidamente la procedencia de la muestra y el tramo correspondiente a su empleo.

El gráfico consta de tres partes:

1.º Movimiento de tierras.

2.º Cálculo de espesores.

3.º Sub-bases.

Cada una de ellas se subdivide en dos secciones:

A) Resultados de laboratorio.

B) Control en obra.

En la primera parte se situaron los puntos de extracción de las muestras tipos y los posibles tramos donde se preveía emplear los materiales correspondientes a dichas muestras.

Durante la ejecución de las obras fueron apareciendo nuevos tipos de tierras, que hicieron variar la correspondencia prevista entre dichas muestras y su tramo afín, situándose en el gráfico los nuevos tipos y su zona de empleo en distintos colores para fácil identificación.

Los suelos que habían de componer la sub-rasante fueron ensayados separadamente para calcular los espesores del pavimento, y comprobados, cuando ésta se iba terminando, para fijar definitivamente dichos espesores.

Igual criterio se siguió con la parte de la sub-base, donde primeramente se situaron los tramos correspondientes a distintas procedencias y los resultados de los ensayos que habían de servir de base para controlar la puesta en obra.

### 3.4. Bases y rodadura.

#### 3.4.1. Toma de muestras.

La toma de muestras de los materiales para bases y capa de rodadura no ofreció dificultad alguna.

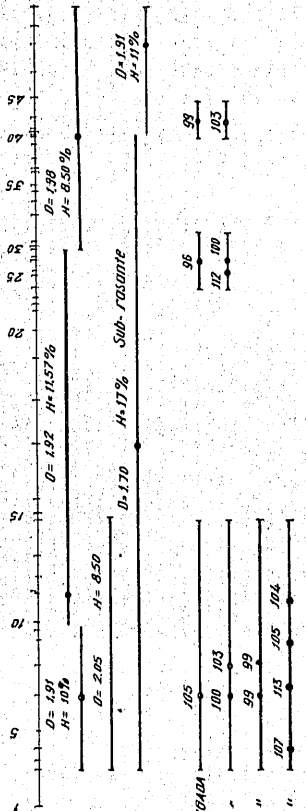
En cada cantera se eligieron dos muestras representativas y en los yacimientos de árido fino (receso) se siguió el mismo sistema que para las zahorras.

El material bituminoso fué acopiado al principio en la obra, tomándose tres muestras de cada partida, antes de aceptarlo.

#### 3.4.2. Ensayos.

El ensayo de calidad del árido grueso se efectuó en el Laboratorio del Transporte, por el método de Los Angeles.





CLASIFICACION CASAGRANDE	CH	CL
LIMITES ATTERBERG	57.8	24
INDICE DE GRUPO	4.0	9
FACTOR FM = IP x LL	15	4
C.B.R.	2	20
ESPESOR SUB-BASE	4	5
PROCEDENCIA SUB-BASE	30 cm.	10 cm.
ESPESOR BASE	Z-17 SUSTITUIDO POR Z-27	Z-27
	27.5 cm.	27.5 cm.

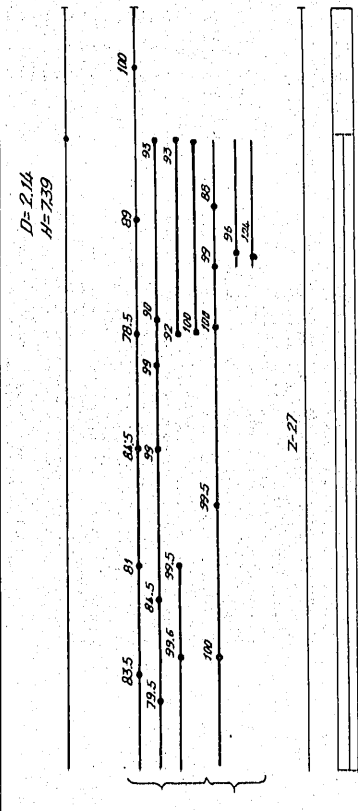


Fig. 20. — Inspección y control de obra CN-430.

El árido fino fué ensayado para determinar su granulometría y plasticidad.

Las muestras de betunes asfálticos se sometieron a ensayos de: penetración, pérdida por calentamiento, solubilidad y punto de reblandecimiento, y la de betunes fluidificados, a ensayos de: destilación, penetración del residuo, viscosidad y punto de inflamación.



Figura 21.

#### 4. CONTROL DE OBRA.

##### 4.1. Infraestructura.

Despejada la traza con Bulldozer en las zonas de arbolado, y con motoniveladora de tierra vegetal en todos los casos, se comprobaba el % de humedad y la aptitud del terreno natural para soportar la estructura. Una vez aceptado aquél, se daban 6 pasadas con supercompactador de 5 Tn.

Sin más prescripciones se autorizaba a extender las primeras tongadas de terraplén.

Cuando la primera tongada había sido ejecutada y el constructor la consideraba satisfactoria, solicitaba su aprobación, que era dada por la dirección de las obras si los resultados de los ensayos eran correctos. Con el fin de no paralizar la marcha de los trabajos, la densidad *in situ* se hacía en el propio tajo, por el método del alcohol (figs. 21 y 22), de modo que el vigilante principal comunicaba en el acto al constructor el resultado provisional. Siempre era necesaria la confirmación oficial del Ingeniero encargado de las obras.

Aprobada una capa, se pasaba a la siguiente.

Como criterio general se efectuaron dos densidades *in situ* cada 100 m. de longitud, una en el eje y otra en un borde.

Todos los resultados, fuesen aceptables o no, se pasaban a los gráficos y se comunicaban al constructor, con las aclaraciones precisas en cada caso.

Merece citarse aquí algún criterio seguido en los casos de defectos locales. Por ejemplo, el caso típico de defecto local por exceso de humedad (colchón). Se siguieron dos criterios, dependiendo de la superficie afectada: escarificado y levantado o exigir para las tongadas superiores un grado de compactación superior en un 5 por 100 al normal.

Terminados y conformados los terraplenes y des-

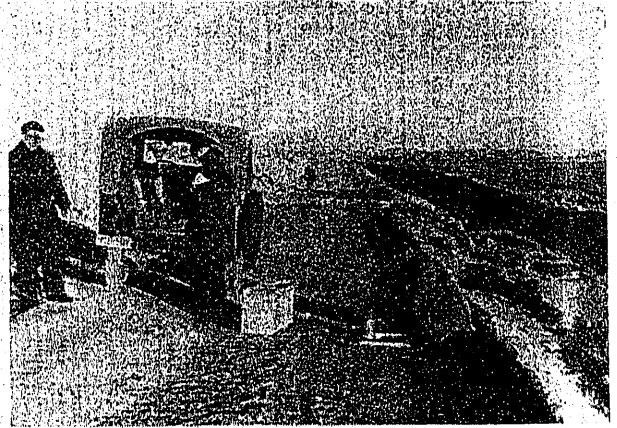


Figura 22.

montes, se comprobaron las pendientes transversales y se tomaron las muestras de los suelos que formaban la sub-rasante.

Para fijar definitivamente los espesores del pavimento, se efectuaron con estas muestras los ensayos siguientes:

Granulométricos.

Límites de Atterberg.

C.B.R. de laboratorio.

##### 4.2. Superestructura.

Con los resultados de los ensayos anteriores se calcularon los espesores por los métodos de índice de grupo y C.B.R. También se determinó, a título informativo, el factor de resistencia (Peltier), pero sin valor práctico, ya que no se apreció mucha correlación con el C.B.R.

La distribución longitudinal de las tierras que formaban la sub-rasante, distinta a la proyectada, e incluso la aparición de tierras no previstas, dió lugar a resultados de ensayos que hicieron variar los espesores del pavimento calculados en proyecto.

Los resultados de los ensayos y los espesores de pavimento se pasaban al gráfico tan pronto eran conocidos y se comunicaban al constructor para que extendiera la sub-base sobre la sub-rasante.

Previamente fueron comprobadas las características del material granular y la no segregación, en el yacimiento y a pie de obra, respectivamente.

Cuando el constructor consideraba terminado un tajo de sub-base, se comprobaba su espesor y se hacían los ensayos siguientes:

Cada 1 000 m. lineales, un Proctor, y cada 200 metros, dos densidades *in situ*, una en el eje y otra en el borde de la sub-base.

Cualquiera que fuera el resultado, se pasaba al gráfico y se comunicaba al constructor.

En la base se controló únicamente su granulometría y el equivalente de arena del árido fino (recebo) al acopiarlo.

Durante la ejecución de la base se comprobaron las propiedades drenantes de la sub-base, es decir, al regar la base para su consolidación, se controlaba si la sub-base drenaba todo el agua sobrante antes de cuarenta y ocho horas. Si en algún tramo esto no ocurría, se investigaba la causa y se subsanaba el defecto.

La capa de rodadura se controló efectuando ensayos granulométricos de las gravillas, especialmente en cuanto al tanto por ciento de finos, y comprobando las características de los betunes. Debido a que el betún estuvo acopiado dos años, hubo que desechar varias partidas que no reunían las condiciones previstas.

Merece citarse que, en uno de los tramos, la base fue recebada totalmente y la capa de rodadura se efectuó con un riego de imprimación de 1 Kg./m.<sup>2</sup> de betún fluidificado M.C-1 y un sobrerriego con 1,50 kilogramos/m.<sup>2</sup> de betún fluidificado RC-3.

#### CAPÍTULO IV. — Consideraciones finales.

Los problemas planteados durante casi más de dos años, obligaron a adoptar soluciones, de alguna de las cuales todavía se duda si será la más conveniente.

En todo lo dicho anteriormente, no se ha hecho más que esbozar dichos problemas, a fin de no hacer este trabajo excesivamente largo. Pero como existen numerosos datos para servir de base de estudio, es conveniente sacar algunos a la palestra para intentar resolverlos adecuadamente.

##### 1. EN RELACIÓN CON EL PROYECTO.

###### 1.1. Ancho y constitución de los paseos.

El ancho de los paseos debe ser función de las características viales, del factor psicológico de seguridad de los conductores, del drenaje y saneamiento de la carretera y del coste.

La mejora de las dos primeras variables obliga a aumentarlo, y la de las últimas, a disminuirlo.

¿Qué criterio debe seguirse, por tanto, en la determinación del ancho de los paseos?

Eliminando el caso en que se lleve la capa de

rodadura hasta los paseos, cabe preguntar: ¿se debe proyectar un paseo permeable o impermeable? Hay que tener en cuenta que lo primero mejora el drenaje y la seguridad de la carretera, mientras que lo segundo, además de ser más barato, evita la erosión al favorecer las siembras, mejorando la estética.

###### 1.2. Pavimento flexible.

Para una infraestructura determinada de carretera, el comportamiento del pavimento flexible es función, en general, de la estabilidad, de los espesores y de la compactación de sus componentes.

Habida cuenta de las dificultades de la compactación de una sub-base granular y la variación exponencial de su coste al llegar ciertos grados, ¿cabría la solución de aumentar los espesores de la misma a costa del grado de compactación?; o bien, con sub-bases de ahorras compactadas al máximo, ¿cabría la solución de suprimir la base aumentando ligeramente el espesor de la capa de rodadura?

###### 1.3. Modificaciones de proyectos.

En todos los métodos prácticos de cálculo de espesor de pavimentos flexibles, se tiene en cuenta las características de la infraestructura, plataforma o sub-rasante. Es, pues, claro que no pueden determinarse definitivamente los espesores del mismo hasta que no se conozcan los materiales que la han de formar.

La distribución de dichos materiales durante la ejecución de las obras y la frecuente aparición de suelos compuestos por mezcla de otros conocidos, debido al transporte y excavación mecanizados, no coincide nunca con lo proyectado, dando lugar a unos espesores definitivos distintos a los previstos.

Cuando la distribución de materiales está perfectamente delimitada como consecuencia de su exhaustivo estudio efectuado en todo proyecto bien hecho, es más probable que, en virtud de lo dicho anteriormente, sea necesario modificar los espesores proyectados.

La legislación vigente prescribe que toda modificación del proyecto produzca un reformado del que fácilmente se consigue su redacción automática si no produce adicional, pero que, en caso de producirlo, conduce inevitablemente a la paralización de los trabajos, con todas las graves consecuencias que ello supone.

Para paliar dicha paralización caben, entre otras, estas dos soluciones:

a) Proyectar con espesores de firme, basados en que toda la sub-rasante esté constituida con los suelos de peor calidad encontrados en los sondeos efectuados al estudiar el proyecto.

b) Prescribir en el Pliego de Condiciones que la

sub-rasante esté formada por unas tierras de condiciones mínimas, por ejemplo,  $I_g < 10$ , y dimensionar de acuerdo con esta imposición.

El cálculo de los espesores definitivos, en ambos casos, se realizará siempre con la idea de reducirlos y producir economía en el coste de las obras.

## 2. EN RELACIÓN CON LAS OBRAS.

### 2.1. Trabajos en invierno.

Ante la imposibilidad, demostrada, de realizar trabajos de explanación y pavimentación en épocas de condiciones climatológicas desfavorables, convendría prohibir la ejecución de las obras en épocas invernales, con períodos variables según las zonas.

### 2.2. Prescripciones durante la construcción de las obras.

Además de las condiciones facultativas de los materiales y de las obras una vez terminadas, ¿sería conveniente estudiar una normalización durante la ejecución?

Se plantea este punto teniendo en cuenta que, por determinadas circunstancias, puede ocurrir que las condiciones de los materiales y de la obra ejecutada no sean aceptables por alguna alteración sufrida en el transcurso de las obras, por ejemplo, la falta de saneamiento de una plataforma o de un terraplén durante la construcción, puede hacer que no sea posible compactarlo e incluso tener que desecharlo.

### 2.3. Control de calidades.

La garantía de que la obra está bien hecha es imposible de conseguir, pues requeriría haber sido ensayados, con resultado favorable, todos los volúmenes ejecutados.

Aumentando el número de ensayos o de muestras, se obtiene una mayor probabilidad de que toda la obra cumpla con las prescripciones.

Por otra parte, aumentando asimismo el grado de calidad de la obra, comparada con la teórica de laboratorio, también se conseguiría aumentar la probabilidad de la garantía.

Como a mayor probabilidad de garantía aumenta sensiblemente el coste de las obras, cabe articular las preguntas siguientes:

¿Sería conveniente fijar previamente la probabilidad de garantía según la importancia de la carretera?

Fijado este dato, ¿resultaría interesante determinar en cada caso el grado de calidad y número de ensayos?

## 3. NORMALIZACIÓN DE PROYECTOS Y OBRAS.

Parece que, ante los problemas planteados por la nueva técnica utilizada, convendría completar los instrumentos básicos de que dispone el Ingeniero vial de la Administración para facilitarle el trabajo, redactando cuanto antes las normas e instrucciones siguientes:

1.<sup>a</sup> Normas para la redacción de proyectos que sustituyan al formulario vigente.

2.<sup>a</sup> Normas para fijar las características geométricas, señalización y ornamentación que sustituye a la Instrucción vigente.

3.<sup>a</sup> Normas de contratación que modifique ligeramente el Pliego de Condiciones de 1903.

4.<sup>a</sup> Manual de la construcción de carreteras.

Esta normalización, iniciada ya por la Dirección General de Carreteras, ha de resolver la mayor parte de los problemas que plantea la nueva técnica vial, facilitando el riguroso estudio de los proyectos y la correcta ejecución de las obras de carreteras.