La figura 2 representa el perfil de la presa de Hetch-Hetchy, con indicación de uno de los sifones. Esta presa, en construcción en 1922 está destinada a abastecimiento de aguas de San Francisco de California. La sección rayada indica la parte que va a construirse actualmente: la altura desde la base de cimientos hasta la coronación es de 103 m. La sección de trazos es la que tendrá la presa después de otra posterior etapa: altura, 129 m, dimensión aún no alcanzada por ninguna presa del mundo. Al nivel actual de la coronación las laderas son escarpadísimas y el aliviadero lateral hubiera representado un coste enorme; por ello se han colocado los sifones sobre la coronación de la presa. En la sección definitiva se proyecta un aliviadero vertedero, ya que a la altura de su coronación el valle ensancha y la obra resulta de menor coste relativo.

La figura 3 representa uno de los sifones aliviaderos de la presa Swetwater que se construyó para abastecimiento de San Diego (California). Por desconocimiento del régimen hidráulico de la cuenca, al construir la presa se dió al vertedero sólo 50 metros cúbicos por segundo de capacidad, que resultó insuficiente para desaguar una riada que en 1893 hizo llegar a la presa 148 m³/s. Se aumentó entonces la capacidad de los desagües. En 1895 sobrevino otra riada con caudal de 500 m³/s, que no pudiendo desaguar por el vertedero y desagües de fondo, elevó el nivel del embalse hasta 0,55 m sobre la coronación de la presa, vertiendo sobre ella durante 40 horas con un caudal medio de 200 m³/s. Se incrementó aún más la capacidad del aliviadero y al mismo tiempo la del embalse; y para esto último se elevó la presa a 32 metros y se aumentó su espesor, convirtiéndola de presa en arco en presa de gravedad. En 1916 ocurrió una nueva riada con un caudal máximo de 1 270 m³/s que inundó la presa y arrastró un dique lateral de tierra. Posteriormente se ha dado a los aliviaderos una capacidad de 1 400 m³/s, estando formados aquéllos por un vertedero y una batería de seis sifones. La masa de escollera que gravita sobre éstos tiene por objeto amortiguar las vibraciones.

La figura 4 representa la sección de un sifón de la presa Alpine, cerca de San Francisco de California. La figura 5 es una vista de dichos presa y sifones. Estos quedan situados en la parte central de aquélla y tienen una capacidad de 108 metros cúbicos por segundo, con una carga de 9,30 metros, y ocupan una longitud de 19,20 metros. La altura de la presa es de 30 metros. Los sifones tienen los conductos de aire a alturas que varían ligeramente; y así se ponen en funcionamiento de modo sucesivo y a medida que aumenta el caudal afluente. No obstante, una elevación de 0,30 metros en el nivel de agua basta para hacer entrar a todos en actividad. La oscilación en el nivel citado al sobrevenir una riada, estando el embalse lleno, es, pues, sólo de 0,30 m. Si quisiéramos conseguir este resultado con un vertedero necesitábamos darle una longitud de 342 m. Si con la longitud antes citada de 19,20 m, para la batería de sifones, quisiéramos construir un vertedero que desaguase el caudal de 108 m³/s, la lámina vertiente tendría un espesor de más de dos metros.

La figura 6 indica un sifón tipo Gregotti, de la presa de Badana, cerca de Génova.

* * *

Bibliografía.—Memoria de G. F. Stickney, «Siphon Spillways», publicada con su discusión en *Transactions of The American Society of Civil Engineers* de 1922.

Un artículo del mismo Mr. Stickney, publicado en *Ingeniería Internacional*, mayo de 1922.

Spillways for Reservoirs and Canals, Bulletin núm. 831 U. S. Dep. of Agriculture.

Wegmann «The Desing and Construction of Dams», 1922, pág. 416 h.

José Luis GÓMEZ NAVARRO
Profesor de la Escuela de C., C. y P.

Construcción de pavimentos de hormigón asfáltico en Bilbao

En el número de esta REVISTA de 1.º de diciembre del corriente año aparece un artículo firmado por mi compañero y amigo D. Juan Machimbarrena, en el cual se dan interesantes datos sobre la construcción de pavimentos bituminosos en Francia.

Muy modestamente hemos abordado en Bilbao el asunto, y por eso creo de especial interés dar cuenta de nuestros trabajos.

El problema de la pavimentación en Bilbao se ha presentado con mayores caracteres de agudeza, si cabe, que en Madrid, y desde luego, en la mayoría de las poblaciones de España, debido al enorme incremento del tráfico pesado que en nuestra villa se concentra en muy pocas vías principales. Los antiguos pavimentos de grandes adoquines asentados sobre arena sin firme alguno se destrozaron rápidamente, y las calles afirmadas, que existían en gran número, eran por completo incapaces de su intenso tráfico pesado, máxime si se tiene en cuenta que el firme era de piedra caliza de detestables condiciones. Planteado este problema con caracteres tan perentorios y generales, pues puede decirse no había una calle decente en Bilbao, se empezaron a construir los primeros pavimentos modernos con firme de hormigón y adoquín lechadado con cemento, y solamente iniciados en muy pequeña escala estos trabajos, fuí nombrado por el Excmo. Ayuntamiento jefe del Servicio.

Dada la gran amplitud con que el problema estaba planteado, era no sólo necesario atender a su aspecto técnico, sino con más interés, si cabe aún, era preciso estudiar el aspecto económico, si no se quería fracasar en la empresa construyendo, sí, varias principales vías de excelentes pavimentos; pero dejando, al agotarse con gran rapidez las disponibilidades económicas por el elevado costo del metro cuadrado, en lamentabilísimo estado las restantes calles.

Era necesario clasificar las calles según sus tráficos, y una vez hecha esta clasificación, proyectar los pavimentos según las categorías de las calles, teniendo a la vista que un pavimento excelente de segunda clase dará resultados inmejorables en una calle de

su categoría, en la cual sería un lamentabilísimo error económico, y técnico, por tanto, construir un pavimento de primera categoría.

Con este criterio, claro está que tenía que dirigir mi vista a los pavimentos bituminosos, buscando en ellos una solución perfecta, mejor que los más excelentes adoquinados para las calles de segunda categoría.

Comisionado por el Excmo. Ayuntamiento en Inglaterra, fué, entre otros asuntos municipales, el de los pavimentos económicos el que con más cariño estudié, y en este punto, discrepando fundamentalmente de mi compañero Machimbarrena, me convencí que era asunto que estaba a nuestro alcance por todos estilos: su técnica es elemental y su ejecución requiere únicamente un poco de constancia y contar con personal de buena voluntad y un poco de entusiasmo, que se especializa, si es de estas condiciones, con una rapidez grandísima; es nuestro buen obrero de unas condiciones de asimilación iguales, por no decir superiores, a cualquiera extranjero; creer lo contrario es lamentable error.

Los hormigones bituminosos son compuestos de diferentes materiales pétreos, dosificados convenientemente y aglomerados por un producto bituminoso.

Es en ellos, como en los hormigones de cemento, esencial la mayor compacidad posible, y para ello es necesario que la dosificación se haga de tal manera que la mezcla nos dé el mínimo de huecos; en este punto son los hormigones bituminosos de técnica en un todo análoga a sus similares de cemento; pero para su buen resultado es aún, *si cabe, más esencial, de vitalísimo interés*, esta condición de la máxima compacidad. En distintas dosificaciones del material pétreo se fundan las diferentes patentes que hoy se explotan, a las cuales se puede aún con más propiedad aplicar el calificativo de patentes de Corso con que nuestro inolvidable y llorado maestro Zafra calificaba las de hormigón armado, pues si para éste sólo era necesario, como nos decía, saber mecánica aplicada, para obtener una buena mezcla para un hormigón bituminoso necesitaremos mucho menos: es necesario solamente saber que es imprescindible lograr una máxima compacidad por un mínimo de huecos mediante la dosificación conveniente de los distintos elementos de que podamos disponer, y esto fácilmente se consigue por unos cuantos ensayos de Laboratorio.

Los materiales pétreos han de ser de condiciones técnicas análogas a los que se necesitan para un buen firme corriente; es necesario que la piedra resista a satisfacción el choque y el desgaste por rozamiento; los ensayos de los materiales disponibles en la localidad en las máquinas Deval y Dorry nos guiarán para la elección de la clase de piedra.

La dosificación de sus diferentes tamaños y, más que nada, la uniformidad del material, para estar seguros siempre de la composición granulométrica que en el Laboratorio determinemos es, como ya hemos dicho, de gran importancia.

El tamaño máximo depende, en cierto modo, claro está, del espesor de la capa o capas de hormigón que vayamos a construir. El pavimento que en Bilbao estamos ejecutando es de 10 cm de espesor, y para él clasificamos la piedra en dos tamaños diferentes: piedra que pasa por la criba circular de 5 cm de diámetro y es retenida por la de 2,5 cm, y guijo que pasa por la criba circular de 2,5 cm de diámetro.

Arena.—La arena que empleamos es silícea; su buena calidad es parte muy importante para el éxito del pavimento. Su análisis químico y granulométrico es el siguiente:

ANALISIS QUIMICO

Muestra desecada a 110°

SiO^2	95,860	por 100
Al^2O^3	2,177	»
Fe^2O^3	0,723	»
CaO	0,340	»
MgO	0,253	»
P. Calcinación	0,414	»

ANALISIS GRANULOMETRICO

Tamiz Mallas por cm²	Tantos por ciento retenidos en pesos
10	2,9
20	12,5
30	11,75
40	10,45
50	8,65
80	21,50
100	7,60
200	18,60
Pasa por el de 200	6,05
TOTAL	100,00

Cemento.—A fin de rellenar los huecos de la arena se emplea cemento portland; su calidad no hace al caso: como su papel es únicamente de materia inerte, puede usarse de cualquier clase, siempre que la finura de su molido sea la que se prescribe para todo buen cemento portland.

Aglomerante.—El aglomerante que se emplee ha de ser de excelente calidad; en este punto, cuanto se gaste es, a mi entender, bien empleado; hay infinidad de productos bituminosos obtenidos por diferentes procedimientos químicos de destilación de petróleos, etc., que debemos mirar con grandísimo recelo; después de informarme detenidamente en este punto, me decidí por el empleo de la brea asfáltica de Trinidad, con la cual están construídos en Inglaterra muchos miles de metros, entre otros sitios, en el Victoria Embakement, en Londres, paseo a la orilla del Támesis, con tráfico intensísimo y doble vía de tranvía y cuyo estado, a pesar de llevar ya construído desde 1908, pude comprobar es inmejorable.

Las características por nosotros obtenidas de este asfalto son:

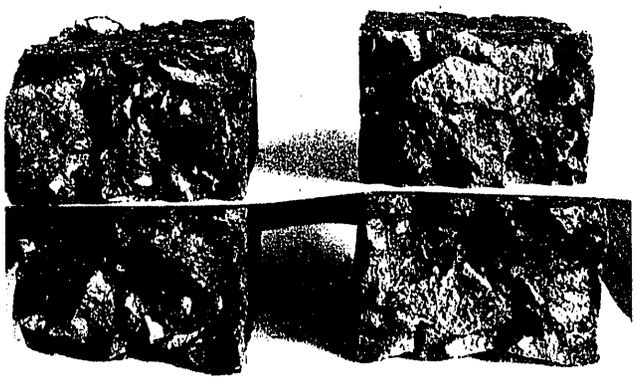
Punto de fusión por el método del anillo y la bola	56° C
Penetración en el penetrómetro Dow a 25° C con aguja núm. 2 en cinco segundos de tiempo y con 200 gr.	87 mm
Residuos al crisol	29,65 por 100
Betún soluble en CS_2	63 »

Dosificación.—Después de diferentes y elementales ensayos de Laboratorio para determinar el tanto por ciento de huecos de diferentes muestras, y de haber preparado diferentes probetas cuyas fotografías pueden verse, llegamos, dados los materiales de que disponíamos, a fijar la siguiente mezcla como más conveniente:

Piedra	30	por 100
Guijo	30	»
Arena	27,50	»
Cemento	2,50	»
Asfalto Trinidad	10	»
TOTAL	100	por 100

Estas proporciones son en peso.

Las probetas del Laboratorio se prepararon calentando los diversos materiales pétreos a 170° C y



Muestras de pavimento preparadas en el Laboratorio

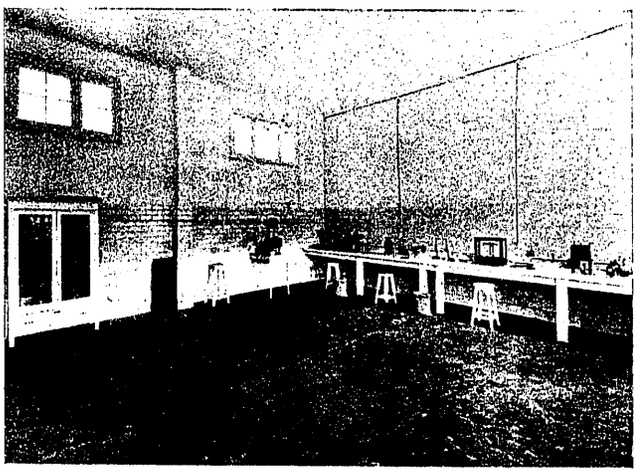
añadiendo el asfalto a 150° C y amasando con todo cuidado la mezcla hasta que resultase completamente homogénea; colocada la muestra así preparada en un molde de 10 cm de profundidad, se apisona enérgicamente y se deja enfriar hasta el día siguiente,

Muestras sacadas del pavimento de la calle en construcción

en que se desmolda y se parte, observándose perfectamente su buena calidad, no sólo por la ausencia de huecos, sino porque, cuando la mezcla está bien dosificada, al partirse la probeta al golpe de un mazo de hierro, no *saltan*, sino que se *rompen* los pedazos de ofita que forman el aglomerado. Las fotografías dan perfecta idea del aspecto de la sección y en ellas puede verse la identidad de los resultados obtenidos en el Laboratorio con las muestras cortadas en la obra.

Laboratorio.—Es esencial disponer de un pequeño Laboratorio; pero esta necesidad no es para asustar por lo que a su aspecto económico se refiere; por muy pocas pesetas puede tenerse todo lo necesario.

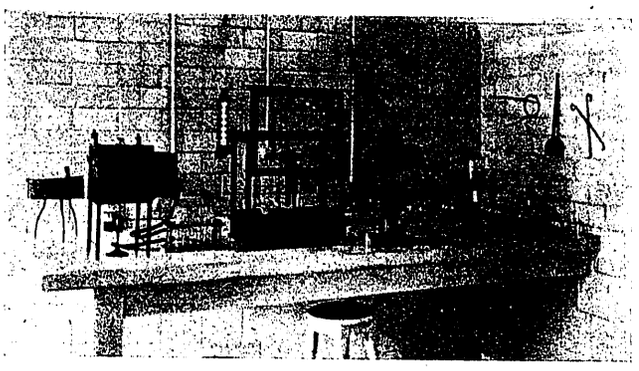
Los ensayos, a mi juicio, imprescindibles, son los que determinan las características que se indican del



Laboratorio.—Vista general

asfalto Trinidad, o sea: 1.° Punto de fusión por el método del anillo y la bola; 2.°, Penetrabilidad con el penetrómetro Dow, y 3.°, Betún soluble en CS_2; los aparatos necesarios para estos ensayos son sencillísimos y su valor sólo llega a unas 2 000 pesetas; luego, claro está que hacen falta los accesorios de todo Laboratorio: un par de balanzas, una de ellas de precisión, a ser posible; mecheros Bunsen, una estufa de secar, crisoles, etc. En nuestro pequeño Laboratorio también disponemos de un aparato centrífugo para la determinación directa del betún soluble en CS_2 que tiene el pavimento ya construído; esta determinación se hace cada dos o tres días y es utilísima para indicarnos la uniformidad de la obra construída.

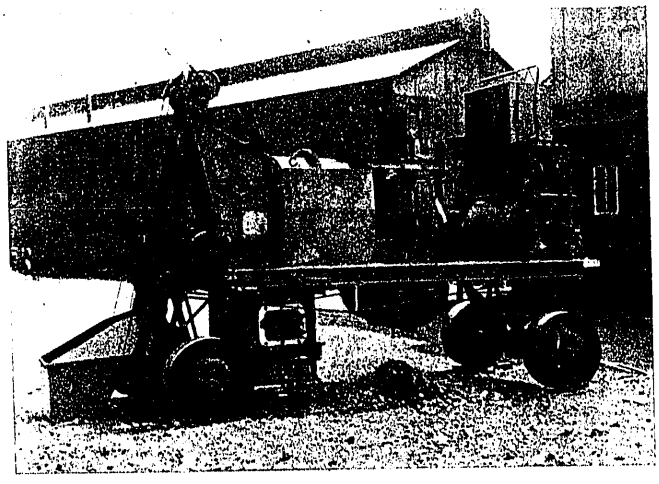
Maquinaria.—La mezcla es necesario prepararla a alta temperatura; los materiales pétreos, al mezclarse con la brea, han de estar a una temperatura comprendida entre 160° C y 180° C. Para lograr ésto es necesario maquinaria especial. Nosotros dispone-



Laboratorio: Aparatos para ensayo de breas y asfaltos.
A) Penetrómetro. — B) Aparato para determinar el punto de fusión. C) Aparato para la determinación del betún soluble en $C S_2$.

mos de una pequeña instalación «Ransome», modelo 0. La operación de esta máquina es como sigue: En el elevador A se cargan los materiales pétreos en las proporciones previamente determinadas; el elevador vierte su contenido en la tolva B, de la cual pasan

los materiales al cilindro secador C; por este cilindro se efectúa el tiro del horno G, tiro que se activa por el ventilador H; los humos y el polvo, en vez de salir directamente por H, son recogidos por el co-



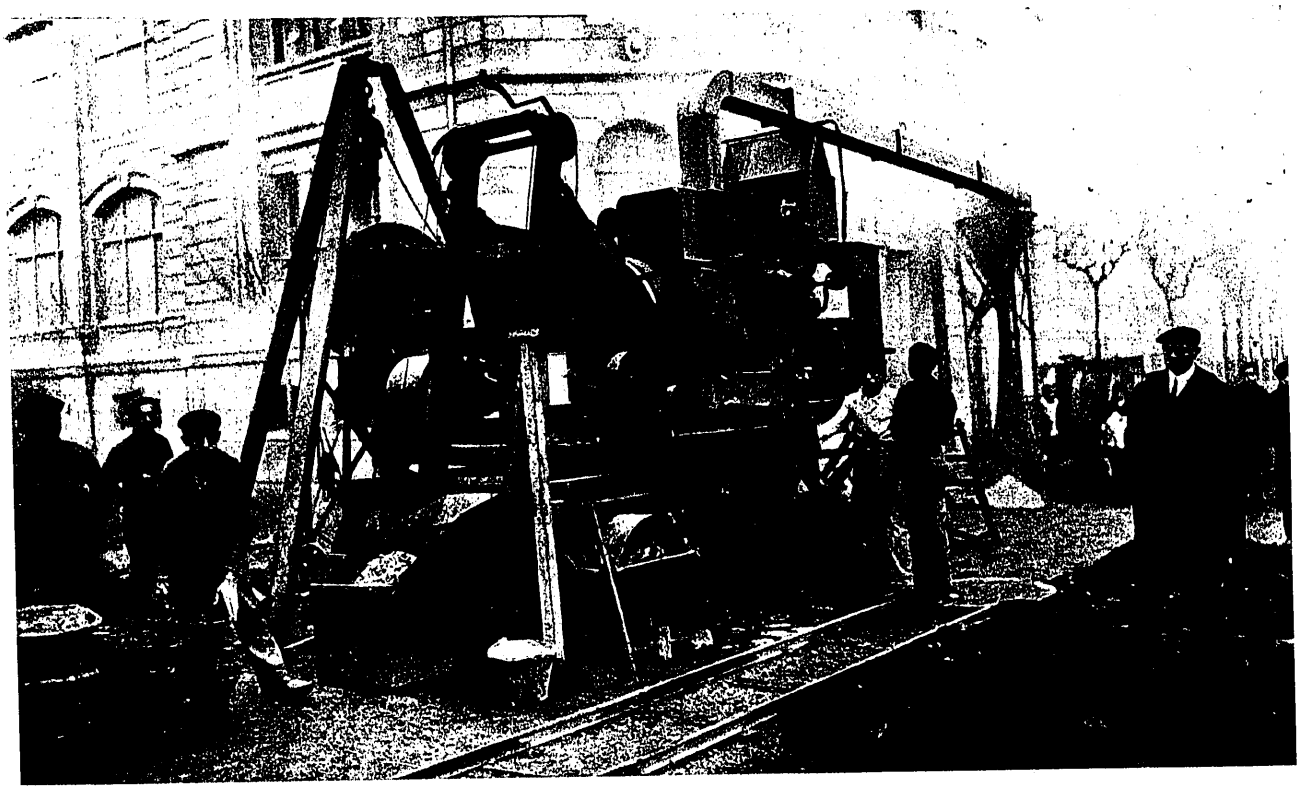
Vista de la máquina

lector de polvo que puede verse en las fotografías; una vez la piedra a la temperatura conveniente, pasa el tambor mezclador D; la brea asfáltica calentada separadamente se mide en el recipiente E, del cual se vierte, por medio de la compuerta I maniobrada por la palanca J, a carretillas o vagonetas con-

mentos del Concejo, los menos, puede decirse para honor del Municipio, claro está que no pudimos ir a comprar lo mejor y tuvimos que contentarnos por vía de ensayo con una reducida instalación, y a la casa «Ransome» mandamos adaptar una máquina de tar-macadam para la construcción de hormigones asfálticos. El resultado de la instalación es, no obstante, hasta ahora satisfactorio; modificados algunos elementos que no resultaban apropiados, la instalación ha aumentado su rendimiento, llegándose hoy día a ejecutar cerca de 100 metros cuadrados de pavimento por día, a pesar de las malas condiciones en que el trabajo se efectúa, pues por el tiempo lluvioso que constantemente hemos tenido, tanto la arena como la piedra se cargan muy mojadas, lo que hace aumentar en un 50 por 100 el tiempo empleado en el tambor C para alcanzar la temperatura necesaria. No hay que ser excesivamente optimista para pensar que en tiempo de verano o en climas secos se podrá llegar a construir por día 150 metros cuadrados de pavimento de 10 cm de espesor.

El costo de la máquina, libre de todo gasto, en Bilbao, ha sido de 50 000 pesetas. Dada la sencillez de su funcionamiento, es de esperar que la industria nacional pudiera construirlas más económicas, si los ingenieros españoles nos decidiéramos a lanzarnos resueltamente a la construcción de pavimentos bituminosos.

Ejecución del pavimento.—La mezcla, al salir de la máquina, se transporta por vagonetas y se extiende



Vista general de la instalación funcionando.

venientemente acondicionadas. Toda la máquina se mueve por medio de un motor de gasolina F, marca «Lister», de 12 HP. de fuerza. La máquina pesa 8 toneladas.

Tropezándose, como siempre ocurre en estos casos, con dificultades de adquisición, dificultades que nosotros encontramos por la oposición de algunos ele-

e iguala con rastrillos sobre el firme de la calle. El firme es imprescindible sea sólido y resistente, debiendo estar bien saneado; nosotros hemos levantado el macadam antiguo, y como encontramos un firme arcilloso, el peor para pavimentos de esta naturaleza, excavamos en él una media de 15 a 20 cm, echando en esta excavación primero el firme antiguo y luego

una capa de piedra nueva y apisonando el conjunto con todo cuidado con un cilindro de 16 toneladas.

En algunos sitios donde habían existido zanjas o donde la calle estaba formada por relleno arcilloso, se ha profundizado aún más en la excavación y en el fondo se han echado trozos de adoquín viejo, constituyendo un verdadero cimiento Telford, e igualándose la superficie con piedra partida.

Extendido el hormigón asfáltico e igualado convenientemente por medio de maestras, se apisona con un pequeño rodillo de mano, cuya carga es de 15 kilogramos por centímetro lineal de ancho.

Para terminar la superficie se extiende una capa de brea a una temperatura de 170 a 180° C e inmediatamente se cubre con una capa de guijillo de ofita de 2 mm; el pavimento, así terminado, puede abrirse al tráfico a las diez o doce horas; a los pocos días de uso el guijo se incrusta en la capa superior de brea, donde encuentra algunos huecos, y el resto desaparece, quedando la superficie completamennte lisa y con el aspecto de un asfalto corriente.

Es necesario que los útiles con que se maneje la masa de hormigón estén calientes, y el rodillo, a fin de que no se peguen a él trozos de pavimento al efectuar el apisonado, se engrasa ligeramente con un aceite cualquiera.

Las uniones del pavimento nuevo con el efectuado el día anterior se ejecutan pintando la junta del pavimento antiguo con brea en caliente. Igual precaución debe seguirse en las uniones del pavimento con los cordones o bordillos, registros, etc.

Resultado económico.—En la obra hasta ahora ejecutada, y a pesar de las dificultades que consigo lleva toda nueva obra en sus principios, el metro cuadrado ha resultado al precio siguiente:

Excavación	1,59	pesetas
Preparación del firme y apisonado	0,39	»
Hormigón asfáltico de 0,10 m de espesor	12,58	»
Capa de terminación de asfalto	2,33	»
TOTAL *valor del metro cuadrado*	16,89	pesetas

Los precios de los materiales han sido:

Brea de asfalto	439	pesetas	tonelada
Piedra ofita	22	»	m³
Guijo de ofita	22,50	»	»
Arena silícea	23	»	»

Los jornales abonados son:

Peones, de 8,65 pesetas a 9,50 pesetas.
Asfaltadores, a 10 pesetas.
Mecánico, a 12 pesetas.
Capataces, a 14 pesetas.

Son necesarios para la ejecución de la capa de hormigón:

En la máquina

1 mecánico.
1 fogonero.
2 peones para la carga del material.
1 peón para la caldera de asfalto.

Para el extendido del hormigón

2 peones con la vagoneta.
2 peones con el rodillo.
2 peones para el extendido.
1 asfaltador encargado.

Actualmente el adoquinado cuesta en Bilbao a los precios siguientes:

	Pesetas
Adoquinado corriente con adoquín arenisco del país sobre firme de hormigón sencillo de 15 cm de espesor y con juntas lechadadas con cemento.	37
Adoquinado con adoquín granítico (del Guadarrama o de Suecia) sobre firme de hormigón armado de 15 cm de espesor y juntas lechadadas con cemento	51
Loseta de asfalto corriente o sistema «Múgica» sobre firme de hormigón sencillo de 15 cm de espesor	42

Vemos, por tanto, que aun comparado el hormigón asfáltico con el adoquinado de calidad inferior, ejecutado con material del país, tenemos una economía de 20 pesetas, en números redondos, por metro cuadrado. Actualmente en este primer ensayo se pavimentan dos calles con un total de 6 000 metros; tenemos, por tanto, una economía, sobre el adoquinado de inferior calidad que en ellas podíamos haber construído, de 120 000 pesetas, es decir, que sólo en estas dos calles amortizamos dos veces y media el importe de la máquina. No hay duda, por tanto, de la enorme importancia que han de tener los hormigones bituminosos en resolver el problema de la pavimentación como pavimentos económicos que son de excelente calidad. Los datos económicos que antes figuran son empleando excelentísimos materiales, sin economizar ni un céntimo en todo aquello que pueda darnos una garantía seria. La maquinaria de que nosotros disponemos, como hemos dicho, no es perfecta, ni mucho menos; por 20 ó 25 000 pesetas más puede tenerse algo mucho más completo y que fácilmente rinda de 300 a 500 metros cuadrados al día, y al aumentar la producción se disminuiría aún la mano de obra (nosotros hemos triplicado el rendimiento inicial sin aumentar ni un obrero). Se pueden tener excelentes pavimentos para calles de segunda categoría por menos de la mitad del costo actual del adoquinado sencillo, sin necesidad nada más que de un poco de método y un poco de constancia. La maquinaria es algo costosa; pero el ahorro que se obtiene hemos visto compensa sobradamennte el desembolso que su adquisición significa; es necesario un pequeño Laboratorio; pero esto vale poquísimas pesetas y los ensayos en él necesarios son elementales; y, por último, el personal, siendo bueno, se especializa rapidísimamente. Claro está que aquel que se lance a construir un pavimento de esta naturaleza a la ventura y sin método ni estudio previo alguno, irá a un fracaso ruidoso; pero esto podemos decir que ocurre con cualquier obra de ingeniería.

Existen diferentes casas que explotan sistemas patentados, y éstas, claro está, que tienen especial interés en rodear la construcción de estos pavimentos de un misterio que, en realidad, no existe; si se comparan las cifras que cualquier casa que explote una patente cobra por metro cuadrado con las que figuran anteriormente, se encontrará clarísima la explicación.

No pretendemos no tener tropiezos al principio, tropiezos más bien locales, nacidos de la naturaleza del clima y de los materiales disponibles; los primeros pasos en asunto nuevo en España han de ser difíciles; pero tenemos la seguridad de que el problema es abordable con *completa seguridad de éxito* por cual-

quier compañero que lo plantee científica y racionalmente, y tenemos también la absoluta seguridad de que abordándolo decididamente y con un sano pero razonado optimismo, damos un paso gigante en la resolución del problema de la pavimentación de las ciudades de España.

José LUIS ESCARIO,
Ingeniero de Caminos
Director de Pavimentación y Saneamiento
del Excmo. Ayuntamiento de Bilbao

El embarcadero de Sagunto

La explotación del mineral de hierro de las minas de Ojos Negros, situadas en el límite de las provincias de Teruel y Guadalajara, en los partidos de Albarracín y Molina, exigía medios rápidos y económicos para su transporte y embarque. La Compañía Minera de Sierra Menera, arrendataria del coto minero de referencia, después de realizar diversas e infructuosas gestiones para utilizar con el primer objeto el ferrocarril Central de Aragón y con el segundo el puerto de Valencia, decidió construir para su exclusivo servicio un ferrocarril de vía de un metro desde las minas a la playa de Sagunto, y en ésta un embarcadero para la carga de mineral y descarga de carbones y material destinado a sus explotaciones.

Una vez obtenida la concesión del ferrocarril por Ley de diciembre de 1901, con actividad inusitada procedió a la construcción de la línea, que tiene una longitud de 204 km, y solicitó la instalación en la playa de Sagunto de un embarcadero, la autorización para lo cual le fué concedida por R. O. de 11 de agosto de 1902.

El trazado del ferrocarril tiene su origen en Ojos Negros, a 1 242 m sobre el nivel del mar, llegando en la estación de Teruel a la cota 918 para alcanzar la de 1 220 en la del Puerto, divisoria del Turia y del Mijares. Ha sido imposible evitar esta rampa de 18,50 km de longitud y pendientes hasta de 20 milésimas, lo cual constituye un entorpecimiento para la explotación intensa del ferrocarril. Desde la estación del Puerto comienza el descenso constante a la costa por las cuencas del Mijares y del Palancia, con pendientes que llegan a 22 milésimas, que no ofrecen inconveniente para los trenes cargados, provistos de poderosos frenos, y por las que pueden las locomotoras arrastrar sin dificultad el material vacío al subir a las minas.

El radio mínimo de las curvas es de 200 m.

La vía se construyó con carriles de 32,50 kg de peso por metro lineal sobre traviesas de madera. El material de tracción se compone de 4 locomotoras de 115 toneladas, 16 de 100 toneladas, 6 de 39 toneladas y 6 pequeñas, y el móvil de 600 vagones tolvas de acero, de 20 toneladas de cabida, y 36 plataformas de madera de 12 toneladas.

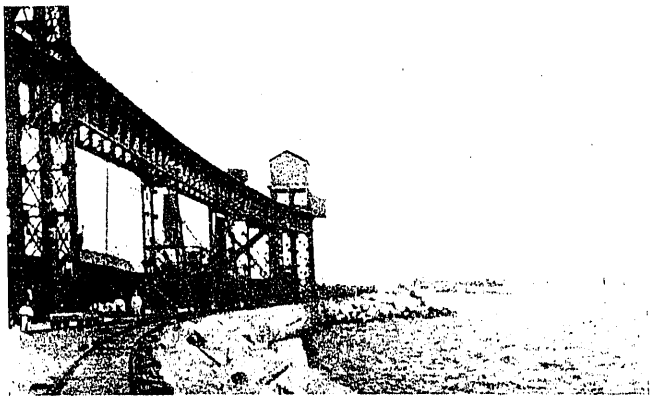
El coste del ferrocarril ha sido de 28,7 millones de pesetas, habiéndose abierto la línea al servicio en el mes de junio de 1907.

En el año 1913 se transportaron por esta línea 948 000 toneladas de mineral; desde esta fecha, y a consecuencia de la guerra, se redujo notablemente la explotación, que en el año 1919 fué sólo de toneladas 123 588.

Simultáneamente con las del ferrocarril se realizaban las obras del embarcadero, complemento indispensable del mismo. Se situó éste al Sur de la desembocadura del Palancia y en una playa completamente desabrigada.

La orientación del dique es E. SE., 6º 44' al Sur alcanzando su primera sección, que es de escollera, la longitud de 500 metros. A continuación de ésta se ha construído un muelle de 144 m de longitud, constituído por cajones de hormigón armado de 16×10 m y de 8 a 10 m de altura, sentados directamente sobre el fondo del mar.

Se han colocado 8 cajones con un peso medio cada uno de 4 548 toneladas, habiéndose utilizado para su



Vista general del embarcadero.

construcción y colocación en obra un pequeño dique flotante capaz de levantar 790 toneladas. Las juntas entre los monolitos se han rellenado con sacos de hormigón y bloques artificiales. La obra se conserva en perfecto estado. Sobre el basamento de cajones de hormigón armado rellenos de mampostería ciclópea, que, como queda dicho, tiene 144 metros de longitud, se ha instalado un cargadero de mineral de 14 m de altura y 52 de longitud, con un doble ascensor en su origen para vagones tolvas y un descensor en su extremo para el material vacío. Colocados los vagones sobre los vertederos, se vacían directamente en las bodegas de los buques.

Al extremo de la parte de escollera del Dique Norte y normal al mismo, se ha construído un espigón para el embarque provisional de mineral servido por varias grúas, por el cual pudo efectuarse una carga diaria de 1 000 toneladas.

Unido al Dique Norte por medio de una curva de 70 m de radio, se ha construído, normal a él, y de escollera, el llamado Dique Sur, para proteger el muelle de los mares de Levante. La importancia de los aterramientos y la necesidad de aumentar el abrigo del fondeadero han motivado la propuesta de prolongar el Dique Sur, que alcanza hoy 165 m de longitud en 152 m, quebrando su orientación y aceptando la que forma un ángulo de 63º con la EO. Esta propuesta hállase pendiente de aprobación.

De todos modos, y sea cual fuere su influencia en el abrigo del muelle, para la seguridad en todo tiempo