

Desde el primer momento el alumno empezó a vacilar, y dueño del terreno Garcini, hízose con el capote de brega, según sus palabras—aquí el capote de brega era la Mecánica racional—, y con un capotazo por aquí y otro por allá dejó al alumno humillado como manso cordero.

La cita vino a cuento, no por su defecto precisamente—aun cuando, dada su sinceridad, me confesó noblemente que en el intervalo de las dos clases había repasado la lección—, sino para mostrarme un ejemplo de cómo durante el tiempo de su ausencia se habían alterado las costumbres de la Escuela, de aquella Escuela rígida y severa, en la que el profesor era algo así como un ser sobrenatural, y los alumnos simples mortales que arrastran su vida con la cabeza inclinada y poco menos que de rodillas.

Garcini veía en aquellas escenas, interrupciones y hasta desplantes de los alumnos, los primeros atisbos de una indisciplina que, aunque no en el grado que él presagiaba y otros han creído ver confirmado, hizo su aparición poco después en la Escuela. No he de negar que ha existido; pero fué un movimiento poco duradero, y algo bueno dejó—que siempre algo queda aprovechable tras todo movimiento revolucionario—un estado de convivencia y cordialidad entre profesores y alumnos que no excluye el respeto y que sólo ventajas reporta.

He oído a un abogado de los más ilustres de Madrid, mirando el retrato de Garcini que existe en la Sala de Juntas de la Escuela, y en el que con notable fidelidad supo copiar el pintor aquellos ojillos cuya mirada penetrante y aguda parece perforar los vidrios de los lentes, las siguientes palabras:

«La inteligencia de Garcini fué *soberana*: le consulté en muchas ocasiones sobre asuntos difíciles de mi bufete, y siempre me daba la solución con una claridad y una justeza de criterio que me dejaba asombrado».

De esta otra modalidad del entendimiento de Garcini han quedado muestras admirables en la Escuela durante el período en que fué secretario, en el Consejo de Obras públicas, en las comisiones que se le confiaron y en los cargos que desempeñó extraños al Cuerpo.

En su trato era encantador; cariñoso en extremo, jamás le oí una palabra molesta, ni formar mal juicio de nadie, ni aun de aquel que en cierta sesión de la Junta le ofendió delante de todos diciéndole que con aquellas *teologías* de sus informes nos estaba dando el *pego*. Y esto fué lo más suave que se le ocurrió, pues el tal tenía siempre el insulto a flor de labio o el tintero en la cabeza del vecino.

Como hombre cuyo pensamiento nunca está quieto, padecía distracciones. Un día tenía una visita en su casa, se salió con no sé qué pretexto y, como no volviese, cansados de esperarle los visitantes, se marcharon. Al pasar por delante de la puerta del comedor vieron a Garcini sentado tranquilamente en una butaca leyendo un periódico.

\* \* \*

Fué la promoción a que pertenezco la primera a la que explicó Portuondo la Mecánica racional; le oí, pues, su primera lección, y le oí también la última en los exámenes con que finalizó su gloriosa carrera de profesor, y digo la última porque cuando examinaba, explicaba, dejándose arrastrar de su afición a la enseñanza y de su natural benévolo.

Desde una fecha a otra habían transcurrido veinticinco años y, a decir verdad, yo no noté la más leve diferencia: el mismo entusiasmo, igual arte, idéntica vehemencia puso en su última explicación que en la primera del año 84.

Es ésta, a mi juicio, la principal característica de Portuondo. Habrá existido y existirá quien le iguale—superarle nunca—en la claridad de exposición y en la precisión del lenguaje; pero quien con más brillantez y más amor haya desempeñado un día y otro día, año tras año, la penosa labor de enseñar, dudo que haya existido ni exista nadie.

Fué un enamorado de la ciencia, y como todo el que siente una pasión y la siente de veras logra despertarla en los demás, Portuondo consiguió lo que pocos profesores han sabido alcanzar: que todos sus discípulos recuerden con admiración y cariño y tengan imborrablemente grabadas en la memoria sus maravillosas lecciones. Maravillosas en todo, hasta por las exclamaciones y gestos con que las exponía; que eso fué Portuondo: un artista de la cátedra, artista en la palabra, en las imágenes y hasta en la figura.

Supo como nadie mantener el silencio en clase. Pendientes de sus labios le seguíamos como hipnotizados en sus movimientos, y de nadie como de él pudo decirse con mayor verdad aquella famosa frase: «La misa, comparada con mi clase, es un jolgorio»; frase atribuida a otro profesor contemporáneo suyo, pero por bien distinto motivo. Era en éste el terror que nos inspiraba la manera extraña que tenía de pedir la lección; en Portuondo, el silencio nacía del respeto y de la veneración que nos inspiró siempre el maestro.

Carlos de ORDUÑA  
Secretario de la Escuela de Caminos

## El laboratorio hidrodinámico del politécnico de Carlsruhe

### NOTAS DE UNA VISITA

Los laboratorios de ensayos hidrodinámicos responden a la necesidad de garantizar los efectos de las construcciones fluviales o marítimas, sea por la confirmación de las predicciones del cálculo, sea supliendo a éste en sus forzosas inhibiciones, sea fijando puntos de partida y determinando parámetros,

misión, quizá, la de mayor trascendencia inmediata.

En tal sentido, dado el alcance de las construcciones hidráulicas modernas, la experimentación en los laboratorios es por completo indispensable y sería verdadera temeridad proyectar, por ejemplo, una canalización de importancia sin que los ensayos sobre

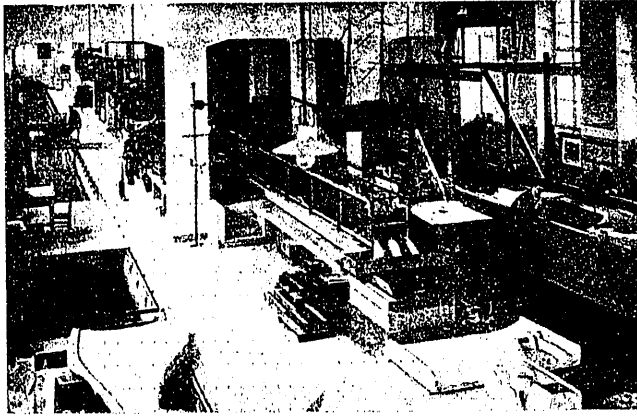


Fig. 1.—Vista de la sala principal del laboratorio modelos reducidos permitieran hacer previsiones justificadas y suficientemente precisas acerca de las velocidades, acarreos y depósitos.

El laboratorio de la *Hochschule*, de Carlsruhe, cumple aún otros dos fines igualmente interesantes: proporciona a los alumnos de Ingeniería un excelente material pedagógico, y facilita a los más aventajados y a sus profesores el modo de hacer investigaciones personales, a cuyo valor intrínseco ha de sumarse el de los entusiasmos y aficiones que despiertan.

La sala principal de ensayos, instalada en el piso bajo de uno de los pabellones de la sección de Ingeniería, tiene tres cuerpos cuya longitud total es de 74 metros; en ella están los canales para experimentación, uno de los cuales, que corre de extremo a extremo, permite hacer investigaciones sobre acarreos.

En el centro existe un tanque elevado que distribuye el agua a los distintos modelos, cerrándose el circuito gracias a un sistema constituido por cuatro bombas capaces para 200, 100, 20 y 5 litros por segundo, respectivamente, que permiten una utilización, con buen rendimiento para cualquier caudal, hasta el máximo de 365 litros por segundo.

Los canales son de hierro, hornigón o vidrio, según el uso a que se destinan.

Por ejemplo, los ensayos de mediciones en vertederos se hacen en los canales de vidrio, que permiten observaciones y fotografías laterales, mientras que cuando se trata de reproducir un plano extenso se utilizan los canales de hornigón. Se procede entonces construyendo, de ordinario en madera, a la escala fijada, perfiles transversales que se montan fácilmente en posición sobre el canal de ensayo, y utilizándolos como plantillas para formar el modelo.

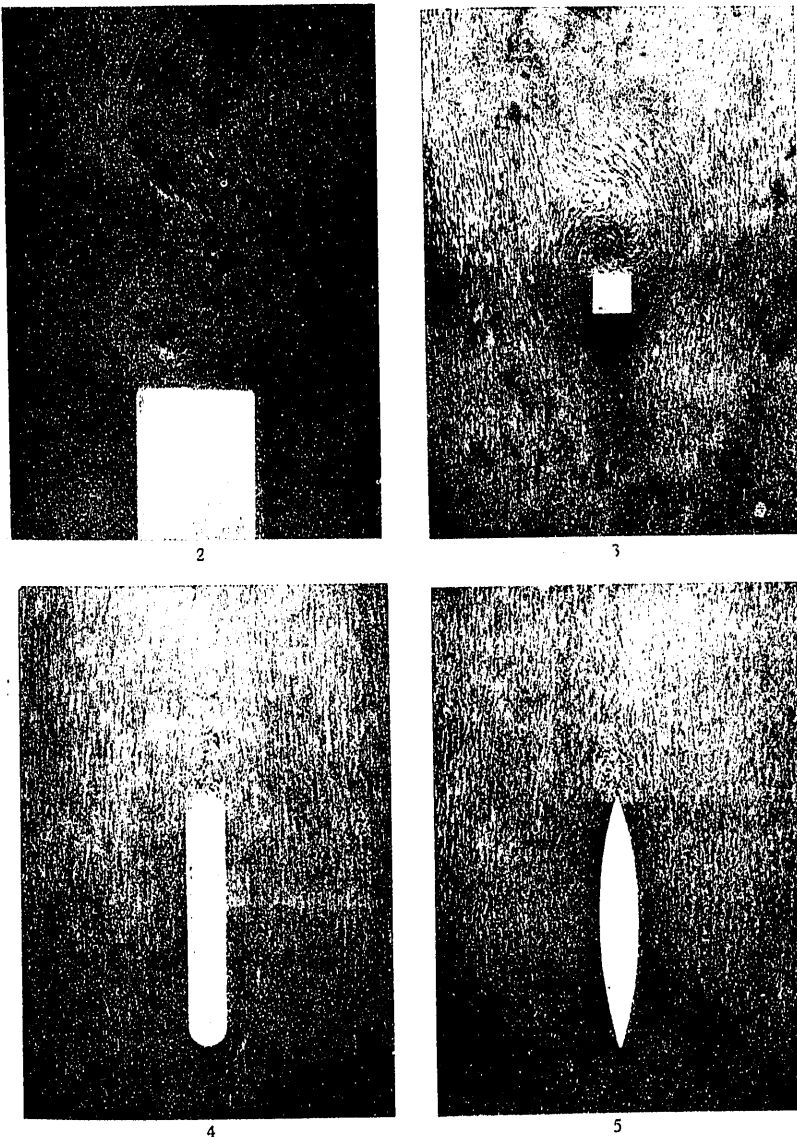
En alguna ocasión, como en el estudio hecho para determinar los coeficientes de rugosidad de la galería de Schwarzenbach, se ha llegado a hacer la toma de perfiles en el terreno cada medio metro.

El fundamento de toda la experimentación es el principio bien conocido de la semejanza hidrodinámica deducido de las ecuaciones generales del movimiento de los flúidos perfectos, y comprobado en la práctica con ciertas limitaciones, consecuencia de la viscosidad.

Dicha ley, llamada de Fraude, puede enunciarse de este modo:

*En modelos geoméricamente semejantes según una relación k, son semejantes las trayectorias geométricas correspondientes a la circulación de un líquido perfecto bajo cargas en la misma relación.*

En dos puntos homólogos la relación de velocidades es  $\sqrt{k}$ ; la de presiones es  $k$ . En los líquidos viscosos, si la circulación corresponde a un potencial de velocidad, la semejanza subsiste, pues desaparecen en las ecuaciones generales los términos representativos de la viscosidad; mas si, por el contrario, se



Figuras 2 a 5.—Influencia de una pila sobre la circulación del agua en un canal. (Fotografías tomadas sobre los modelos en el laboratorio de Carlsruhe.) Caudal, 20 l por segundo; velocidad media, 33,8 cm/seg; profundidad media, 14,8 cm.

2.—Pila de planta rectangular, de longitud indefinida.

4.—Pila de planta rectangular con cabezas semicirculares  $\left(\frac{\text{longitud}}{\text{anchura}} = \frac{20}{3}\right)$

3.—Pila de planta cuadrada.

5.—Pila de planta lenticular  $\left(\frac{\text{longitud}}{\text{anchura}} = \frac{20}{3}\right)$  (pila normal)

trata de movimientos rotacionales, la semejanza sólo sería posible a condición de que la relación de los coeficientes cinemáticos fuera  $k^{\frac{3}{2}}$  que es la llamada ley de Reynolds.

Mas salvo casos particulares, en que la influencia del rozamiento interno sea muy considerable, es posible admitir como exacta la ley de Fraude, y así se hace de ordinario en los laboratorios, a cuyos procedimientos sirve de base, ya que además es casi imposible modificar de modo prefijado la viscosidad sobre la cual ejercen una gran influencia los cambios de temperatura.

Los coeficientes de relación entre las magnitudes de dos modelos cuya relación geométrica es  $k$  se resumen en el siguiente cuadro, que tomamos del folleto de Rehbock *Das Flussbaulaboratorium... zu Karlsruhe*, y que, por otra parte, son de deducción inmediata, teniendo en cuenta las dimensiones de cada magnitud.

ESCALA GEOMÉTRICA DEL MODELO  $k$

Magnitudes	Escala
Velocidades de giro (turbinas, etc.)	$k^{-0,5}$
Coefficientes, pendientes, pérdidas de carga por unidad	$k^0$
Velocidades, tiempos	$k^{0,5}$
Longitudes, desniveles, alturas correspondientes a velocidades, esfuerzos por unidad de superficie equivalente térmico del trabajo	$k^1$
Caudales por unidad de anchura	$k^{1,5}$
Superficies	$k^2$
Caudales	$k^{2,5}$
Volumenes	$k^3$
Trabajo por unidad de tiempo	$k^{3,5}$
Momentos, trabajo, energía	$k^4$

En Karlsruhe se han hecho últimamente ensayos muy interesantes sobre modelos con escalas distintas de horizontales y verticales, que permiten una amplificación en un sentido; así se ha procedido en una serie de experimentos sobre la proyectada canalización del Rhin desde Basilea a Strasburgo, obra a que tanto en Suiza como en Alemania se dedica grandísima atención. Tales ensayos, sin embargo, no pueden considerarse por ahora como concluyentes, y es necesario que sus resultados sean confirmados por otros obtenidos en modelos normales.

Construido el modelo y circulando sobre él un cierto caudal, el problema es la determinación exacta de éste y de las velocidades en cada punto. Los procedimientos empleados, sumamente escrupulosos, son distintos:

Basándose en las experiencias de doce años, afirma el Dr. Rehbock, insigne director del Laboratorio, que el método más exacto para medir caudales es el vertedero en pared delgada, con acceso de aire bajo la lámina vertical, empleando entonces la fórmula por él mismo propuesta para el caso de no existir contracción lateral:

$$Q = \frac{2}{3} \left( 0,605 + \frac{1}{1050h} - 3 + \frac{0,08h}{p} \right) \sqrt{2g} \cdot lh^{\frac{5}{2}}$$

siendo  $p$  la altura del vertedero.

Los valores de esta fórmula pueden considerarse aproximados en 1 a 2 por 1 000.

Se utilizan también otros modelos de vertedero, con coronación cilíndrica, estableciendo previamente su fórmula de aforo por comparación.

Si se trata de pequeños caudales se emplean vertederos de forma triangular, con el vértice en la parte inferior.

La medición de altura se hace con limnímetros de aguja establecidos sobre marcos fijos que pueden preciarse  $\frac{1}{100}$  de mm, moviéndose con un tornillo micrométrico.



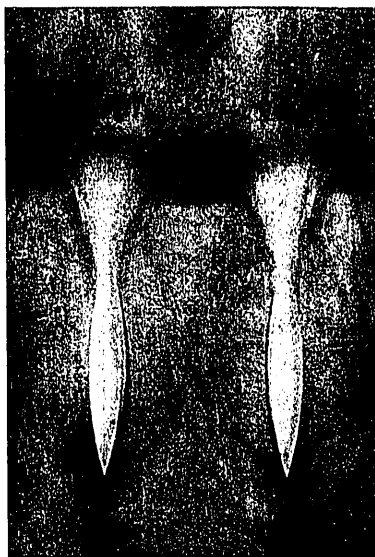
6



7



8



9

Figuras 6 a 9.—Influencia de un par de pilas sobre la circulación del agua en un canal. (Fotografías tomadas sobre los modelos en el laboratorio de Karlsruhe)

6.—Pilas de planta cuadrada:]

$Q = 10$  l/seg;  $V_m = 33,2$  cm/seg;  $P_m = 7,52$  cm

7.—Pilas de planta rectangular:

$Q = 10$  l/seg;  $V_m = 44,5$  cm/seg;  $P_m = 5,62$  cm

8.—Pilas de planta rectangular con cabezas oji-vales ( $\frac{l}{a} = \frac{20}{3}$ ):

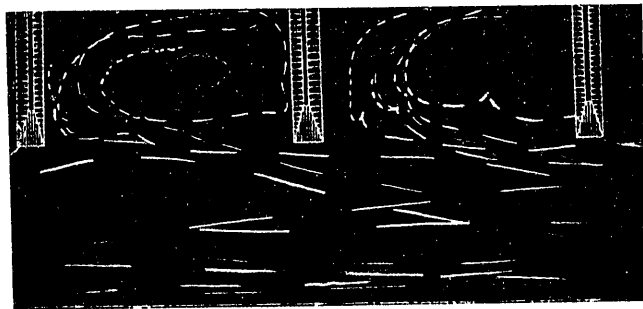
$Q = 10$  l/seg;  $V_m = 40,2$  cm/seg;  $P_m = 6,22$  cm

9.—Pilas de planta lenticular ( $\frac{l}{a} = \frac{20}{3}$ , pilas normales):

$Q = 10$  l/seg;  $V_m = 35,6$  cm/seg;  $P_m = 7,02$  cm

La determinación de velocidades en distintos puntos se consigue por medio de pequeños tubos de Pi-

tot que permiten una gran exactitud, y para observar la dirección de los filetes líquidos se fijan peque-



Figuras 10 y 11.—Estudio fotográfico de unos torbellinos

ños trozos de hilo a alfileres clavados en el fondo, o bien se echa en el agua papel recortado como *confetti*; la

circulación fué más intensa, indicando por la gradación del color la de las velocidades.

El partido que puede obtenerse de una máquina fotográfica y unos juegos de luz hábilmente empleados es insospechado. Las fotografías figuras 2.<sup>a</sup> a 9.<sup>a</sup>, son una muestra. Están obtenidas con iluminaciones muy oblicuas y exposición muy corta, dando perfecta idea los relieves que en ellas se aprecian del modo de realizarse la circulación en la zona de influencia de las pilas de un puente, estudio llevado a cabo por el Dr. Rehbock en 1920-21. La serie numerosísima de experimentos realizados le ha permitido establecer una fórmula general para la determinación de la altura de remanso, partiendo de una pila de planta lenticular tomada como tipo y a la cual se refieren todas las demás (1).

(1) Varias publicaciones del Politécnico se refieren a

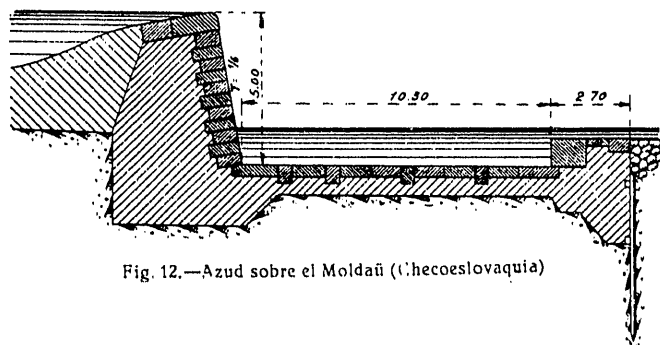
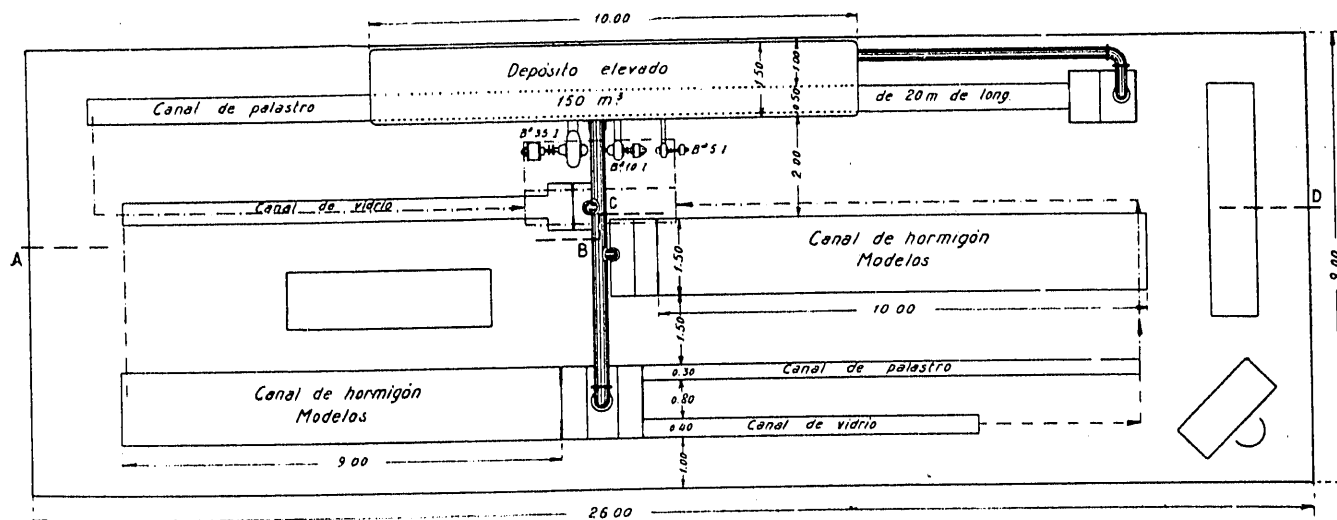


Fig. 12.—Azud sobre el Moldau (Checoslovaquia)

ños trozos de hilo a alfileres clavados en el fondo, o bien se echa en el agua papel recortado como *confetti*; la



Planta

Sección longitudinal

Fig. 13.—Esquema de un laboratorio hidrodinámico elemental para caudal máximo de 50 l/seg. Presupuesto aproximado de la instalación, 120 000 pesetas

También se estudian fotográfica o cinematográficamente los torbellinos en los cuales se sumergen trozos de papel, flechitas, etc., que permiten la determinación de trayectorias y velocidades.

Véase, como ejemplo, el estudio de unos torbellinos (figs. 10 y 11). La primera es una fotografía corriente con iluminación oblicua. La segunda reúne una serie de impresiones sucesivas, tomadas con luz difusa y uniforme, después de echar en el agua unos trocitos de papel que, marcando trazos blancos, señalan trayectorias y velocidades. Nótese el aumento de éstas desde el centro del torbellino hacia la periferia.

Otro capítulo interesantísimo es el de los experimentos sobre erosiones. Aunque en éstos no pueda fijarse a escala la profundidad de la socavación ni el tiempo que tardará en producirse, los resultados del laboratorio tienen siempre un alto valor, particularmente por la comparación de los efectos de distintas disposiciones. Además, es sabido que parece acentuarse en el mundo técnico la idea de que el perfil definitivo de un cauce es independiente de su naturaleza, y, por consiguiente, la socavación determinada por una obra será siempre la misma, influyendo la resis-

estos estudios. Véanse, particularmente: *Aus dem Flussbaulaboratorium... zu Karlsruhe*, 1922, y *Brückensbau und Waldzenbildung*, 1921, Karlsruhe, así como *Die Wassercraft*, 1921, y *Flussbau Laboratorium Europas*.

cia del terreno únicamente en la velocidad con que se produzca.

En este camino, en que el cálculo es completamente ineficaz y arbitrario, se vacila en nuestros días, como indica, a título de ejemplo, la reacción en la forma de las presas vertedero que supone el azud del Moldau (Checoslovaquia) (fig. 12). Después de repetidos ensayos se ha preferido concentrar la energía del agua al pie del azud, en sitio que puede protegerse fácilmente, en vez de adoptar un perfil Creager, cuya forma es la óptima para conservar la fuerza viva del líquido vertiente que casi irremisiblemente socavaría aguas abajo (1).

El coste del edificio del nuevo Laboratorio de Karlsruhe ha sido de unos 200 000 marcos oro, y a 220 000 ha ascendido el de las instalaciones y aparatos. No es excesivo, si se tiene en cuenta la largueza con que está provisto y los ingresos que las consultas reportan; mas no queremos alarmar publicando su plano, y preferimos acompañar el adjunto (fig. 13), mucho más modesto, con el deseo de que con un laboratorio así—por lo menos—cuenta en breve la Escuela de Caminos, a la que beneficiaría, quizá, como ninguna otra mejora.

ENRIQUE BECERRIL  
Ingeniero de Caminos

(1) Véase Koechlin: *Mecanisme de l'eau*, cap. XXIII.

## Nomenclatura de materiales y de procedimientos de construcción de pavimentos. Unificación de ensayos de alquitranes, betunes y asfaltos<sup>(1)</sup>

### Ensayos de betunes y asfaltos

#### II

#### ENSAYOS ÚTILES

##### *Densidad.*

*Objeto.*—Determinación de la relación de masas de volúmenes iguales del material y de agua.

*Método.*—No hay lugar para imponer un método particular, pues los procedimientos de uso corriente en los laboratorios dan precisión suficiente.

La temperatura del ensayo ha de ser de 25° C. Se considera suficiente determinar dos cifras decimales.

##### *Penetración a bajas temperaturas.*

El coeficiente de penetración se considera indispensable a 25° C y útil a 0° C y — 10° C.

Para determinar la penetración a 0° C la carga ha de ser 200 gramos y el tiempo sesenta segundos.

No se han definido con exactitud la carga y la temperatura para — 10° C, debiendo estudiarse partiendo de carga y temperatura iguales al ensayo a 0° C.

(1) Véase el número anterior, pág. 307.

##### *Punto de inflamación.*

*Objeto.*—Determinación de la temperatura más baja a la que, a presión normal, un material asfáltico emite, en ciertas condiciones experimentales, vapores combustibles que, mezclados con el aire, provocan una explosión pequeña al contacto con una llama.

*Método.*—Aparato de cámara abierta, con exclusión de los aparatos de cámara cerrada.

##### *Determinación del carbón libre y de las cenizas.*

*Objeto.*—Encontrar los materiales no solubles en bisulfuro de carbono sin separación por categorías.

##### *Solubilidad en éter sulfúrico.*

*Objeto.*—Determinación de la proporción de asfaltinas.

*Método.*—El disolvente será éter en vez del aceite de nafta, porque éste no presenta garantías de uniformidad.

