



# Revista de Camino

Revista Nacional  
dedicada  
a la Técnica del Camino  
y a la Educación Vial

---

ORGANO OFICIAL DEL DEPARTAMENTO DE CAMINOS

---

VOLUMEN 13

Enero a Diciembre de 1939



SANTIAGO DE CHILE

IMP. Y LIT. «LA ILUSTRACION»

Santo Domingo 863

1940

RESUMEN

Indice de la Revista de Caminos

Correspondiente al año 1939

EDITORIALES

	Págs.
El Tercer Congreso Panamericano de Carreteras.....	1
La técnica en las construcciones.....	93
Avenida de circunvalación de Santiago.....	177
Sobre representación de los países en los Congresos de Carreteras.....	273
El nuevo Director del Departamento de Caminos, don Oscar Tenhamm V.....	347
Ingeniería Vial.....	449
La Ley Nacional de Vialidad de la República Argentina en el Tercer Congreso Panamericano de Carreteras.....	533
Don Teodoro Schmidt Quezada.....	603
El nuevo Director General de Obras Públicas, don Servando Oyanedel.....	697
El Día del Camino.....	769
Al margen del Tercer Congreso Panamericano de carreteras.....	821
El camino pavimentado de Nos a Concepción.....	875

## TECNICA

	Págs.
Progreso vial de Chile en los últimos diez años.....	4
Avaluación económica de los trabajos camineros.....	9
La teoría de la razón, agua—cemento en la dosificación de hormigones. Aplicación al cemento Portland «Melón».....	14
Reseña del Tercer Congreso Panamericano de Carreteras.....	96
Contabilización de la Inversión de Fondos de «Camino» en Provincia.....	122
Camino Troncal Viña del Mar a Los Andes. Sector Limache a Quillota.....	133
El mejor uso de materiales en los caminos modernos...	142
La ingeniería científica frente al problema de la prevención de accidentes.....	144
Tercer Congreso Panamericano de Carreteras:	
Primera Sesión Plenaria.....	180
Segunda Sesión Plenaria.....	205
Tercera Sesión Plenaria.....	223
Resistencia al patinaje.....	237
Tamices americanos y británicos.....	242
Tabla de medidas usuales.....	243
Cálculo de pavimentos de hormigón armado.....	275
Alcantarillas en las cunetas de los caminos.....	291
Relleno de terraplenes contiguos a obras de arte.....	293
Plantaciones forestales en los caminos modernos.....	302
La electroquímica en la estabilización de los suelos.....	351
Acuerdos y recomendaciones aprobadas por el Tercer Congreso Panamericano de Carreteras, celebrado en Santiago de Chile, en enero de 1939.....	378
Resumen de la Memoria Anual del Departamento de Caminos de la Dirección General de Obras Públicas.....	451
Perjuicios del terremoto del 24 de enero último en las construcciones y cómo pudieron evitarse.....	486
Hormigón vibrado.....	493
Estabilización de los caminos en Chile, por el Ing. Alejandro Lacalle.....	537
Observaciones sobre una fórmula del «Control de calidad de un hormigón», basado en la compacidad..	541
Perjuicios del terremoto del 24 de enero último en las construcciones y cómo pudieron evitarse.....	553
«Laboratorio de Accidentes». Resultados obtenidos..	566
Las autovías alemanas.....	605
Técnica del justiprecio de tierras.....	632

	Págs.
Saneamiento de Caminos.....	702
Mejoras recientes en la construcción de diferentes tipos de pavimentos.....	721
Estudio del fenómeno de resonancia en la suspensión de los automóviles.....	724
El alquitrán en las obras viales de Francia.....	730
Cálculo de curvas de transición en los caminos del Reich.....	771
Nuevos conceptos sobre concreto para pavimentos... ..	780
El paso a nivel. El problema de su supresión o protección.....	783
Procedimientos de construcción en caminos de concreto.....	823
Plan de pavimentación de carreteras nacionales.....	847
Nuevos métodos para la construcción de terraplenes en terrenos pantanosos... ..	877
Consideraciones sobre las juntas en los pavimentos... ..	888
Control de la erosión en los terraplenes de caminos... ..	891

#### ACTUALIDADES

Excmo. señor Presidente de la República don Pedro Aguirre Cerda.....	65
La Exposición Internacional de Carreteras.....	153
Camino Internacional por Coquimbo.....	166
Viaje del Director de Caminos a Buenos Aires... ..	495
Vigésimo Sexto Congreso de tranvías, ferrocarriles, etc.....	656
Tercer Congreso de la Asociación Internacional de Puentes y cerchas.....	657
Biografía y funerales de don Teodoro Schmidt Q.....	658
Manifestación al nuevo Director General de Obras Públicas.....	738
Primer Congreso Nacional del Tránsito.....	793
Habilitación del túnel ferroviario para el paso de automóviles en el Camino Internacional por Uspallata.....	853

#### INFORMACIONES GENERALES

Resumen de la labor realizada por la Sección Puentes y Vías Fluviales durante el mes de noviembre de 1938.....	67
Oficina del Personal. Movimiento habido en el mes de noviembre.....	69

	Págs.
Necrología.—El Ingeniero don Alejandro Guzmán S....	70
VII Congreso Nacional de Carreteras del Brasil.....	72
Puente Toltén en Pitrufuén.....	73
Tamices americanos y británicos.....	74
Tabla de medidas usuales.....	75
Resumen de la labor realizada por la Sección Puentes y Vías Fluviales durante el mes de diciembre de 1938 .....	167
Oficina del Personal.—Movimiento habido en el mes de diciembre de 1938 .....	169
Puente Penitente en Magallanes... ..	171
Resueltos de diciembre de 1938.....	172
Tamices americanos y británicos.....	175
Tabla de medidas usuales.....	176
Biblioteca de la Revista de Caminos.....	303
Resumen de la labor realizada por la Sección Puentes y Vías Fluviales durante el mes de enero de 1939.....	304
Resumen de la labor realizada por la Sección Puentes durante el mes de febrero de 1939.....	305
Oficina del Personal.—Movimiento habido en los me- ses de febrero y marzo de 1939.....	306
Puente colgante Las Huellas.....	308
Resueltos del año 1939.....	309
Bibliografía.....	312
Tamices americanos y británicos.....	315
Tabla de medidas usuales... ..	316
Resumen de la labor realizada por la Sección Puentes durante el mes de marzo de 1939.....	405
Efectos del terremoto del 24 de enero, en algunos puentes carreteros.....	406
Tercer Congreso Panamericano de Carreteras.—Lista de los trabajos presentados.....	413
Tabla de medidas usuales... ..	420
Tamices americanos y británicos.....	421
Valor total de los fondos invertidos en obras de cami- nos y puentes.....	496
Los últimos adelantos en la reproducción de planos y su aplicación en la práctica ... ..	499
Convenio de Vialidad entre Chile y Argentina.....	568
Puente Mañihuales en Aysén.....	665
Conservación de la Cuesta Chacabuco.....	668
Oficina del Personal.....	742
Como medida de seguridad se deben corregir los de- fectos y descuidos de los peatones.....	744
Líneas permanentes de color en el pavimento.....	796

	Págs.
Proyecto de numeración de los caminos de la red principal.....	797
Tabla de medidas usuales.....	803
Tamices americanos y británicos.....	804
La faja de separación del tránsito en los caminos pavimentados.....	856
Oficina del personal: Traslados y destinaciones.....	857
Obras en ejecución en el mes de noviembre.....	858
Memoria correspondiente a 1938 de la Dirección General de Pavimentación.....	892
Obras en ejecución en el mes de diciembre.....	895
Revistas y Obras Técnicas recibidas en noviembre y diciembre.....	899
Vialidad en Bolivia.....	900
Vialidad en México.....	900
Camino Longitudinal Oriental Austral.....	901

### INDICE BIBLIOGRAFICO

Indice Bibliográfico.....	76
» » .....	244
» » .....	317
» » .....	422
» » .....	508
» » .....	583
» » .....	677
» » .....	753
» » .....	805

### PRENSA TECNICA

Alumbrado de los caminos en una sola dirección .....	501
La expresión «caminos económicos» sugiere distinciones.....	502
El tránsito a través de ciudades.....	503
Bibliografía.....	504
Tabla de medidas usuales.....	506
Tamices americanos y británicos.....	507
Las curvas y su conservación en los caminos de Norte América.....	573
Un cooperador del cemento: el talco .....	577
Distancias de visibilidad.....	577
Estabilización con cloruro de calcio de un camino ripiado.....	577

La construcción de calzada por calentamiento o co-	
ción del suelo.....	578
Bibliografía.....	579
Tabla de medidas usuales.....	581
Tamices americanos y británicos.....	582
Ensayos de alumbrados en caminos.....	669
Medidas que deben tomarse para evitar accidentes	
a peatones.....	673
Hierro Griffel, nuevo material de construcción para	
las obras de hormigón armado.....	673
Tabla de medidas usuales.....	675
Tamices americanos y británicos.....	676
Calzadas de hormigón.....	746
Nuevos tipos de revestimientos hidrocarbonados...	746
Las grandes canteras francesas.....	747
Caminos sujetos a peaje y caminos libres.....	747
Ensayes de materiales seleccionados para concreto.....	748
Acción de los vehículos sobre las calzadas.....	748
Cálculo de puentes suspendidos.....	748
Deformaciones elásticas en las obras de hormigón armado	
Pruebas efectuadas a un puente en curva, de hor-	
migón armado.....	479
Puente en arco, de bóveda con nervios.....	749
Determinación de las características de los bitúmenes	
asfálticos.....	749
La ingeniería del suelo.....	801
Método adoptado en el Perú para construir carreteras	
bituminosas con materiales del país.....	801
Colocación sobre las calzadas alemanas de materiales gran-	
ulosos y cloruros en tiempos de heladas y nevazones	
.....	801
La presión atmosférica en la reparación de calzadas	
de hormigón.....	862
A eliminação das passagens de nível.....	862
El trazado de las autovías.....	863
Seguridad dada a los caminos por medio del alumbrado.	863
Cálculo directo de vigas continuas.....	863
¿Por qué se piden propuestas por precio unitario?	863
Marking traffic lines.....	864
Sobre control de la estabilidad en las mezclas asfálticas..	864
Los accidentes en los caminos en EE. UU. de N. A.....	864
Determinación gráfica de las dosis de los diversos	
agregados.....	866
Defectos en las calzas de hormigón.....	866
Aplicación de los resultados obtenidos en la investiga-	
ción de un proyecto estructural de un pavimento de	
concreto.....	907

	Págs.
El control de la nieve es muy importante en las vías de comunicación.....	907
Construcción de la base estabilizada en un camino de Mississippi.....	907
Señalización de los pasos a nivel en Holanda.....	907
Las bombas de bencina y el paisaje de sus alrededores..	909
Las plantaciones en los caminos de Holanda.....	910
Censo automático de vehículos en los caminos.....	911
Empleo de máquinas en la construcción de calzadas de hormigón.....	912
Medidas para garantizar la seguridad en la circulación caminera.....	913
Tipo de soleras en caminos con señalización por reflexión.	913
Arenas, agua y mortero de cemento.....	914
Medida de la facilidad al deslizamiento de los vehículos en los caminos en el sentido del movimiento.....	915
Tabla de medidas usuales.....	916
Tamices americanos y británicos.....	916

#### BIBLIOGRAFIA

La estética en proyectos de construcción de caminos.	750
Proyectos de vías de comunicación.....	750
Suelos y fundaciones.....	750
Caminos estabilizados.....	802
Hormigón armado.....	867
Protección de pasos a nivel.....	867
Dimensiones para pasadas de automóviles.....	867
Tabla de medidas usuales.....	868
Tamices americanos y británicos.....	869
La curva de transición en carreteras y la lemniscata de Bernouilli.....	918

# Revista de Camminos



SANTIAGO DE CHILE  
Enero de 1939

Camino de Santiago  
a Puente Alto

# REVISTA DE CAMINOS

ORGANO OFICIAL DEL DEPARTAMENTO DE CAMINOS

PUBLICACION MENSUAL

CONSEJO DIRECTIVO

CARLOS ALLIENDE A. CARLOS PONCE DE LEÓN, FRANCISCO ESCOBAR B.

DIRECTOR

ING. FRANCISCO ESCOBAR B.

CASILLA POSTAL 153 — SANTIAGO DE CHILE

Año XIII

Santiago de Chile, Enero de 1939

N.º 1

E D I T O R I A L

## El Tercer Congreso Panamericano de Carreteras

En este mes de enero debe celebrarse en Santiago el Tercer Congreso Panamericano de Carreteras.

El primero de estos Congresos tuvo lugar en Buenos Aires en 1925 y el segundo en Río de Janeiro en 1929.

El tercero debió celebrarse, en nuestra capital, en 1931, en virtud del acuerdo tomado en el segundo Congreso; pero, por diversos motivos, se ha venido postergando esta fecha hasta ahora.

La importancia de los Congresos de Caminos es reconocida por todos los países del orbe. Pudiera pensarse que el problema caminero sólo interesaría a aquellos países que no cuentan todavía con una red caminera. No, aún los países de vieja civilización y que han completado su red de caminos, necesitan modernizarla, así en sus trazados como en sus calzadas. El automóvil ha venido a revolucionar los conceptos viales. Los trazados que antaño se proyectaban para vehículos de velocidad lenta y

de poco peso, han resultado inadecuados para el tráfico automotor.

Desde el advenimiento del automóvil el camino ha venido tomando más y más importancia, entre las vías de comunicación, llegando a desplazar al ferrocarril en distancias cortas y medianas. Y últimamente, con la construcción de las autovías, ha llegado a invadir los dominios del ferrocarril, en largas distancias.

Desgraciadamente la técnica vial ha progresado con más lentitud que la técnica automovilística. El automóvil va exigiendo cada vez más del camino: el aumento de velocidad de los vehículos ha dejado inadecuados los trazados actuales para servir a esta exigencia. Otro tanto pasa con las calzadas debido al aumento de peso y la velocidad, lo que obliga a construirlas, ahora, más firmes y resistentes.

El conocimiento de los suelos y de sus propiedades físicas, químicas y eléctricas es un problema que se ha venido planteando desde hace poco y su estudio necesita del concurso y de la experiencia de los técnicos de los distintos países, para solucionarlo de acuerdo con las exigencias modernas del tránsito. Otro tanto acontece con los materiales empleados en la construcción de calzadas y en las sub-bases.

La velocidad cada vez mayor de los vehículos motorizados ha venido creando últimamente un nuevo problema: la seguridad en los caminos, factor, que debe hoy día tomar en cuenta el ingeniero vial. Problema es éste que crea conceptos nuevos en materia de trazados.

Desde el segundo Congreso Panamericano de Carreteras hasta ahora, la técnica caminera ha encarado nuevos problemas y ha ensanchado el campo de los conocimientos, merced a la experiencia y a la investigación.

Hay además necesidad de acuerdos internacionales, respecto a trazados de caminos que unen varios países entre ellos. También será necesario reglamentar la señalización caminera y códigos de tránsito, en forma que puedan servir a todos los países de una manera uniforme.

Los puntos de vista de política caminera y de financiamiento y tantos otros asuntos que la técnica caminera moderna ha venido a plantear, justifican la celebración

de estos Congresos, ya que estamos todavía en el período de las experiencias. Acaso ninguna otra rama de la Ingeniería necesite más que ésta del concurso y de las luces de todos los técnicos, para su mayor beneficio.

La Revista de Caminos hace votos por el éxito del Congreso y espera que sus conclusiones habrán de aportar un gran progreso en la resolución de los problemas camineros.

Se complace también nuestra Revista en saludar a cada uno de los Delegados de los países adherentes, les desea grata estadía entre nosotros, y espera que al regresar a sus respectivos países lleven la seguridad del aprecio que Chile siente por las Repúblicas del Continente Americano.

F. E. B.

## Progreso vial de Chile en los últimos diez años

*Por el Ing. Jefe de Estudios, y Construcción de Caminos  
don Carlos Concha F.*

El año 1929 marcó para Chile un notable adelanto en las obras de Vialidad. La vigencia de la Ley de Caminos del año 1920 cuya renta ha ido en aumento desde su dictación, adquirió en aquel año el mayor rendimiento hasta entonces. En el mismo año se dió gran inversión a los fondos para caminos consultados en la Ley N.º 4303 de 15 de febrero de 1928 del plan de Obras Públicas por \$ 1.500.000.000 que destinó \$ 95.000.000 para caminos. Pueden señalarse como las más importantes obras iniciadas en esa época y terminadas en los años que siguieron, el camino de Concepción a Bulnes con un valor de \$ 14 654.000; la pavimentación del camino de Santiago a El Monte con un valor de \$ 8 650.000. la construcción y pavimentación del camino de Marrucos a Casablanca con un valor de \$ 19.800.000; la pavimentación del camino de Pozo Almonte a Huara con un valor de \$ 1 200.000. De Santiago-Melipilla y San Antonio con un valor de \$ 17.800.000. Cauquenes a Chanco con \$ 6.500.000. Concepción a Talcahuano con \$ 3.000.000. Santiago a San Bernardo con \$ 6.600.000, etc.

Esta era de construcción hubo de paralizarse en parte por la crisis producida en los años 1931 y 1932, época en que fué necesario hacer principalmente obras de tierra en los diferentes caminos a fin de dar trabajo a los cesantes con la menor inversión de fondos en materiales y maquinarias. Pudo sin embargo llevarse a cabo en ese tiempo obras importantes como el camino de Melipilla a Las Cabras con \$ 3 500.000. Valdivia a La Unión con \$ 5.500.000 La Unión a Lago Ranco con \$ 1 100.000 y Lanco a Panguipulli con \$ 2 300.000.

A partir del año 1933 los fondos destinados a caminos en virtud de la Ley respectiva N.º 4801 de marzo de 1930, que reemplazó a la Ley de 1920, han seguido en paulatino aumento, lo que ha permitido un positivo mejoramiento de los caminos.

Este avance ha sido reforzado desde el año 1936 con la dictación de la Ley N.º 5903 de septiembre del mismo año que consultó un plan extraordinario de caminos para una inversión de \$ 160 000.000 en cinco años.

Entre las principales obras realizadas o en construcción con car-

go a este plan que terminará con el año 1940 y con cargo a la Ley N.º 4851, pueden citarse la pavimentación de una parte del camino troncal entré Quilpué y Quillota con \$ 2.200,000. Melipilla a El Marco con \$ 1.310,000. San Javier a La Estación y a Constitución con \$ 1.410,000. Chillán a Las Termas con \$ 425,000. Concepción a Chiguayante con \$ 450,000. Quilquilco a La Montaña con \$ 660,000. Variante Achupalla en Viña del Mar con \$ 550,000. Melipilla a Iba-cache \$ 800,000. Cherquenco al Trueno con \$ 1.135,000. Desagüe a Puyehue con \$ 1.227,000. Paillaco a Lago Ranco con \$ 1.050,000. Las Quemadas a Los Muermos con \$ 1.060,000. Longitudinal en Tarapacá con \$ 1.200,000. Santiago a Puente Alto con \$ 1.847,000. Curepto a Licantén con \$ 1.673,000. Quellón a Chonchi con \$ 1.380,000. Punta Arenas a Bahía Catalina con \$ 1.050,000, etc.

La construcción de puentes menores ha seguido desde antes del año 1929 hasta nuestros días un plan con menos alternativas que los caminos. En efecto la Ley de Caminos que consulta anualmente para puentes cantidades determinadas y ligeramente crecientes ha permitido realizar en el último decenio un gran número de puentes de concreto armado o de otros materiales, entre los cuales se destacan como los más importantes el puente de Aconcagua en Chagres con \$ 1.490,000; el de Aconcagua en Calera con \$ 1.876,000. Cauquenes en Cauquenes con \$ 717,000. Andalién en Concepción con \$ 985,000. Cachapoal en Rancagua con \$ 780,000. Huasco en Valparaiso con \$ 1.000,000. Lebu en Lebu con \$ 1.230,000. Lonquén en Lonquén con \$ 806,000. Maipo en Nos con \$ 2.700,000. Teno en Rauco con \$ 1.966,000. Toltén en Pitrufquén con \$ 3.000,000. Lontué en Lontué con \$ 700,000. Longaví en Longaví con \$ 1.000,000. Perquilauquén con \$ 2.000,000, etc.

El cuadro inserto muestra las inversiones anuales en el período de los diez años de 1929-1938.

Años	Inversiones total en caminos, puentes y vías fluviales.
1929 .....	\$ 83.081.311.20
1930 .....	91.647.488.80
1931 .....	60.642.889.19
1932 .....	67.897.508.90
1933 .....	37.185.773.84
1934 .....	41.808.065.40
1935 .....	51.055.078.70
1936 .....	55.097.400.81
1937 .....	80.291.149.63
1938 .....	90.000.000.00
-----	
TOTAL \$ 658.767.266.47	

Las obras realizadas en diez años han hecho aumentar la red total de caminos y al mismo tiempo han hecho cambiar la calidad de los caminos existentes como puede verse en el siguiente cuadro:

	En enero de 1929	En enero de 1939
Caminos pavimentados con hormigón o con pavimento bituminoso.	118,0	558,7 kms.
Caminos pavimentados con grava, piedra chancada o arena y arcilla.	2.429,5	11.979,6 ,,
Caminos de tierra .....	27.173,5	23.879,0 ,,
Caminos troperos .. .....	9.416,8	10.610,0 ,,
TOTAL...	39.173,8 kms.	47.027,3 kms.

La existencia actual de caminos de las diferentes clases de calzadas es la siguiente:

Hormigón de cemento .....	264,0
Hormigón bituminoso sobre hormigón de cemento... .....	6,0
Hormigón bituminoso sobre base negra .....	12,0
Macadam bituminoso sobre grava o sobre piedra triturada .....	278,7
Tratamiento bituminoso... .....	98,0
Mezcla en sitio .....	4,2
Macadam hidráulico .....	1.018,6
Grava.....	8.361,0
Arcilla, arena.....	1.453,0
Otros tipos .....	1.044,8
Tierra .....	23.879,0
Caminos troperos.....	10.610,0
Total.....	490.27,3 kms.

El avance en construcción de puentes puede apreciarse por las cifras siguientes:

Puentes de más de 5 ms. de luz en enero de 1929...	51,397 ml.
Puentes de más de 5 ms. de luz en enero de 1939...	61,273 ml.

Desde el año 1929, y aún desde antes, el Departamento de Caminos ha seguido una política perfectamente definida que consiste en hacer obra de construcción, sin descuidar la conservación de lo construido. En efecto los caminos de Chile hasta el año 1929 eran, con limitadas excepciones, fajas de terreno entre dos cierros; carecían de obras de tierra, de obras de arte y de afirmado. El Departamento ha preconizado que por pequeña que sea la cuantía de fondos destinados a un camino, se debe invertir su mayor parte en construcción. En un camino en que se disponga de muy pocos fondos, se podrán construir, después de estudiar la ubicación definitiva del camino, las obras de arte que se necesitan en determinados sectores, los terraplenes correspondientes y sobre éstos un afirmado. De esta manera se puede aumentar de año en año el tiempo de transitabilidad, hasta tener un camino transitable en todo el año. Este sistema, que podríamos llamar integrativo ha permitido hacer con fon-

dos ordinarios la misma obra que en otros se ha hecho con fondos extraordinarios.

Así se ha cambiado el antiguo sistema de las cuadrillas de conservación de caminos que nunca habían sido construídos, por el sistema de construir para seguir después con la conservación de lo construído. A este sistema obedece, el nombramiento de topógrafos y demás personal técnico agregado a la Oficina de los Ingenieros de Provincias.

El Departamento de Caminos ha dado la mayor importancia a los caminos que unen las capitales de provincias entre sí y estas con los puertos; y a los caminos que unen los centros productores con los consumidores o con las estaciones ferroviarias; no ha descuidado tampoco los caminos de turismos como es el camino longitudinal oriental que unirá todos los lagos del sur y los extremos de los ferrocarriles transversales.

Dividiendo los fondos que se destinan a obras de caminos y puentes en fondos para construcción y para conservación, puede decirse que aproximadamente las tres cuartas partes se destinan a construcción y una cuarta parte a conservación. Las obras de construcción consisten principalmente en movimiento de tierra, obras de arte mayores y menores y pavimento. A pesar de esto y de los resultados obtenidos, se ha afirmado desde las más altas tribunas que se gasta un exceso en conservación y en obras provisionales. Las obras de tierra y las obras de artes son las obras básicas de un camino y son las más definitivas porque tienen una duración ilimitada. En la calzada se considera construcción, la estabilización de la fundación, el pavimento que puede ser de arena y arcilla, de grava o de chancado y el cambio de uno de estas por otro de clase superior. Se consideran conservación los trabajos que se hacen para dejar el camino en el estado en que lo dejó la construcción hecha con anterioridad.

Está muy difundida en el país, la idea de que con los fondos que se gastan anualmente en conservación de un camino de grava se puede servir un empréstito por el valor de un pavimento de hormigón. Esto no es exacto, puesto que la base económica para justificar la pavimentación de un camino es la economía que se obtiene en combustible y vehículos que es en general seis veces mayor que la economía en conservación del camino. La suma de ambas, justifica la pavimentación con hormigón, cuando el tránsito existente o probable después de la pavimentación es de 500 pasadas de vehículos por día; y no se cometería un gran error si este número se bajara a 300. Pero sería un error económico pavimentar con un pavimento de clase superior, un camino con tránsito inferior a 300 pasadas de vehículos por día. Es también un error económico mantener un camino en un estado inferior al que corresponde a su intensidad de tránsito, pues el mayor gasto en bencina con mal camino daría para servir un empréstito para el mejoramiento de su calzada. Esta idea es la que ha expresado con precisión el Director de Caminos de E. E. U. U. señor Thomas H. Mac Donal diciendo: «cuesta más caro tener malos caminos que tenerlos buenos».

La técnica aplicada a los caminos se extiende no sólo al cálculo económico sobre el mejoramiento de la calzada; sino también a la

comparación de diferentes soluciones de trazado en caminos nuevos o existentes, justificando en cada caso por cálculo económico de construcción y explotación las modificaciones que conviene introducir en los caminos, acortando su longitud, suprimiendo curvas o reduciendo pendientes.

Los adelantos modernos han conducido a llevar hasta el laboratorio no sólo los materiales de obras de arte, sino también la tierra de la fundación de la calzada con el fin de determinar los materiales necesarios para su estabilización, y los materiales que formarán el pavimento.

El Departamento de Caminos cuenta con un laboratorio Central bien dotado, ubicado en la Escuela de Ingeniería y además, desde hace un año, con treinta laboratorios más elementales distribuidos en todas las provincias del país.

Como hemos dicho más atrás, es anti económico que un camino tenga una calzada en estado inferior a lo que corresponde a su intensidad de tránsito. Desgraciadamente en Chile hay muchos caminos de regular tránsito que carecen no sólo de un afirmado sino además de la mayor parte de sus obras básicas, es decir, obras de tierra y obras de arte.

Sería fácil calcular el valor de los mejoramientos de caminos que fueran justificados por su tránsito existente o probable, pero baste por ahora decir que las obras ejecutadas nunca han excedido a su justificación económica y que son innumerables los caminos que por razones de verdadera economía nacional debieran mejorarse y no se mejoran por falta de fondos.

Una de las causas que más ha influido para mantener la escasez de fondos, con relación a las necesidades, es la opinión pública, que por medio de la prensa y otros medios de publicidad ha hecho una crítica negativa, estimando, sin ningún término de comparación, que 90,000 000 es un número muy alto. Se han lanzado ideas fantásticas, como la de hacer sólo caminos con pavimentos de clase superior; se ha incurrido en el error de estimar que la economía en conservación de un camino pavimentado, da para pagar el pavimento. Ha habido críticas porque un camino no se ha pavimentado y después porque se ha pavimentado; porque se gasta mucho y porque si gasta poco en la conservación de un determinado camino, aunque el gasto permanezca constante. Se ha estimado muy alto el costo de \$ 350,000 por kilómetro para la construcción de un camino con pavimento de hormigón, cuando solo el hormigón vale \$ 240,000 sin contar estudio de variantes, movimiento de tierra, obras de arte, cierros, expropiaciones, inspección, etc.

Imitemos el ejemplo que nos ofrece nuestra vecina, la República Argentina donde el gasto anual en caminos es igual a diez veces el nuestro y donde la opinión pública, la prensa, el cine y los poderes públicos, cooperan a la obra de la Dirección de Vialidad. No se discuten cifras, aunque a manera de ejemplo podemos citar el camino que se construye de circunvalación de Buenos Aires, Avenida General Paz de 24 km. de longitud, que costará \$ 25,000 000 de nacionales, o sea, siete millones de nuestra moneda por kilómetro, y el puente de Riachuelo que costará \$ 9,000,000 de nacionales, o sea, \$ 63,000,000 de nuestra moneda.

# Avaluación económica de los trabajos camineros

(De Le Strade de Octubre de 1938)

Cuando se deba juzgar o apreciar la oportunidad de ampliar o mejorar una determinada red caminera (y, por consiguiente, fijar la precedencia de una más bien que de otra serie de trabajos) los elementos que del punto de vista económico entran en juego, son siempre agrupables en tres categorías, es decir en la del costo del trabajo, en la de las entradas fiscales y en la de las utilidades que en virtud de estos trabajos habrán de producirse.

Refiriendo la cantidad de estas tres categorías al período de un solo año, podremos llamar  $C$  al costo anual medio del proyecto caminero de ampliación o mejoramiento, comprendida en él la suma de todos los gastos de construcción o mantenimiento;  $I$ , al monto anual de las mayores entradas fiscales directas o indirectas que se verificarán a consecuencia del mejoramiento o incremento de la viabilidad, y de las cuales podremos indicar con  $I_s$  la parte alícuota que gravará a los usuarios del camino al través de las contribuciones sobre el carburante y sobre los vehículos; y  $U$ , al monto anual de todas las utilidades producidas.

Si consideramos que del costo anual medio  $C$  es justo que una parte  $K_1 C$  sea cargada a los usuarios que usufructúan directamente del mejoramiento hecho (mejoramientos de esta especie se extienden también a las propiedades circunstantes, si no directamente a toda la comunidad nacional), va de sí que podremos comprender como el cociente

$$Q_e = \frac{I_s}{K_1 C}$$

llega a representar el índice de actividad o pasividad del proyecto en examen. Así para  $Q_e = 1$ , el proyecto será indiferente, es decir que los beneficios que produzca serán iguales a los gastos que ocasione; para  $Q_e > 1$ , el proyecto será activo y capaz de promover a su vez nuevos mejoramientos; y para  $Q_e < 1$ , será pasivo y no podrá, por ello, llevarse a cabo en el solo terreno económico, a menos que se le colme el pasivo con actividades provenientes de otros caminos.

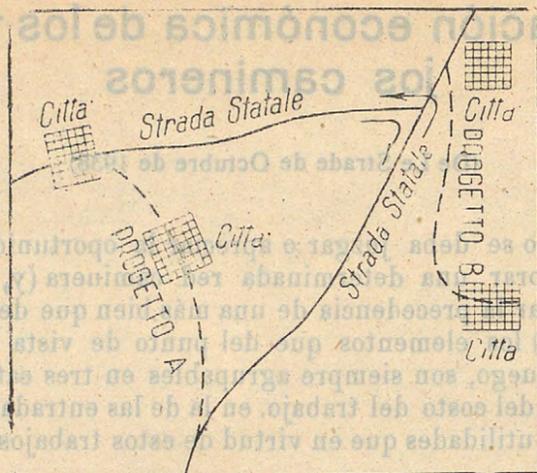


Fig. 1

Para ser más claros, supongamos, por ejemplo, que en la localidad indicada en la fig. 1 se deban construir dos caminos y que al estudiarlos se presente la cuestión de saber si conviene más agregar a la red de caminos estatales primero la arteria A, o primero la B. Dos proyectos estudiados de antemano con todos sus detalles y con las necesarias previsiones del tránsito, nos dan para la solución A:

$$C = 120,000 \text{ liras} \quad e \quad Is = 70,000 \text{ liras}$$

Para la B:

$$C = 100,000 \text{ liras} \quad e \quad Is = 80,000 \text{ liras}$$

Si recordamos que para estos casos se puede hacer  $K=0,60$ , tendremos para el primer proyecto  $Qe = 0,97$ , y para el segundo,  $Qe = 1,33$  y, por consiguiente, deberemos resolver, sin más, a favor del proyecto B.

Naturalmente, el proyecto A no representa sólo una ampliación de la red caminera existente, sino también un notable acortamiento del recorrido de una parte del tránsito, y por consiguiente, para esta parte del tránsito también una fuerte economía que podría resultar considerable y que en el cálculo a veces es completamente olvidada. Pero, como consideraciones de esta especie no pueden entrar obviamente en los índices que ya hemos definido, será conveniente excluir estos casos de la verificación de los análisis que estamos haciendo.

La utilidad producida por el incremento o mejoramiento de las comunicaciones podrá después descomponerse en utilidad directa (la directamente experimentada por los usuarios de las comunicaciones), y en utilidad indirecta; y a su vez la utilidad directa podrá dividirse en utilidad  $U_c$  debida al simple ahorro de carburante y en utilidad  $U_n$  debida al ahorro de aceite, al ahorro de gomas, al ahorro o disminución de costos de mantenimiento y amortización y también al ahorro de tiempo, sea con referencia a los conductores o con referencia a los pasajeros. Como índice de la utilidad  $U_c$  podremos por consiguiente establecer el cociente;

$$Q_{uc} = \frac{U_c}{K_1 C}$$

en tanto que para la utilidad  $U_n$  tendremos, por analogía

$$Q_{un} = \frac{U_n}{K_1 C}$$

$$Q_{un} = \frac{U_n}{K_1 C}$$

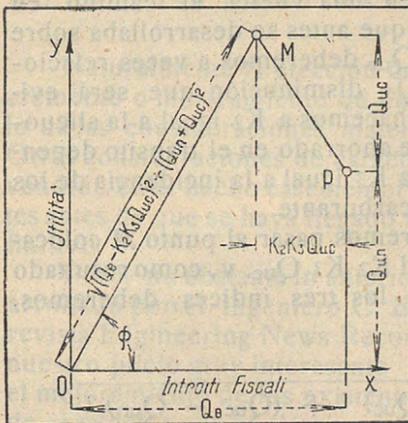


Fig. 2

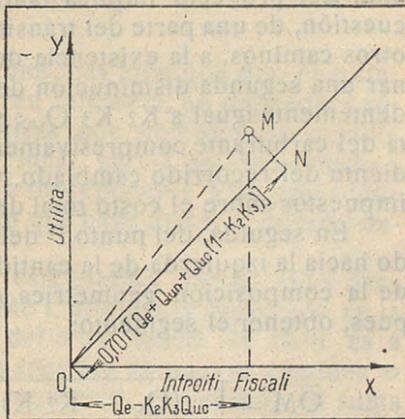


Fig. 3

Con estos tres índices así definidos podremos, pues, decir, que hemos ligado entre sí las tres cantidades  $C$ ,  $I_s$  y  $U$ , de las cuales habíamos partido.

Eso sí que habiéndose conseguido ligar estas tres cantidades de un modo independiente para cada una, el problema que hay que resolver es el de llegar, mediante una expresión única, a una síntesis que comprenda las tres.

¿Sumar, para esta síntesis, los índices? No, por cierto. ¿Mul-

tiplicarlos entre sí? Tampoco; y esto porque la mejor síntesis parece obtenerse más bien de la composición geométrica de dichos índices, del modo que indicaremos en seguida.

El índice  $Q_e$  es totalmente independiente de la utilidad conseguida por los usuarios en forma de menor consumo de aceite y de gomas, de menores gastos de mantenimiento, etc. En un sistema de ejes cartesianos podremos, pues, colocar el índice  $Q_e$  sobre el eje de las abscisas y los índices  $Q_{uc}$   $Q_{un}$  sobre el eje de las ordenadas.

Colocado, para un determinado proyecto, el valor de  $Q_e$ , a una escala conveniente, a partir del origen  $O$  a lo largo del eje de las  $x$ ; y desde el extremo del segmento representativo de  $Q_e$ , elevada una perpendicular igual a  $Q_{un}$ , podremos con esto obtener un punto  $P$ , que será representativo del proyecto en examen y al cual no le quedará sino conectar geoméricamente el valor del índice  $Q_{uc}$ .

Pero, al contrario de  $Q_{un}$ , el factor  $Q_{uc}$  no es ya esta vez independiente del índice  $Q_e$ , dado que el ahorro de carburante de que deriva  $Q_{uc}$  implicará siempre una reducción de la cantidad que figura en el numerador de la relación  $Q_e$ . Para el tránsito que se desarrolla en seguida de la construcción del proyecto caminero, tal disminución de entradas fiscales habrá sido ya implícitamente considerada en el cálculo de  $Q_e$ ; pero, como la realización del proyecto implica también una vuelta, al camino en cuestión, de una parte del tránsito que antes se desarrollaba sobre otros caminos, a la existencia de  $Q_{uc}$  deberemos a veces relacionar una segunda disminución de  $Q_e$ : disminución que será evidentemente igual a  $K_2 K_3 Q_{uc}$ ; si hacemos a  $K_2$  igual a la alícuota del carburante comprensivamente ahorrado en el tránsito dependiente del recorrido cambiado, y a  $K_3$  igual a la incidencia de los impuestos sobre el costo total del carburante.

En seguida, del punto  $P$  deberemos pasar al punto  $M$  colocado hacia la izquierda de la cantidad  $K_2 K_3 Q_{uc}$ , y, como resultado de la composición geométrica de los tres índices, deberemos, pues, obtener el segmento:

$$\overline{OM} = \sqrt{(Q_e - K_2 K_3 Q_{uc})^2 + (Q_{uc} - Q_{un})^2}$$

inclinado sobre el eje de las abscisas con un ángulo:

$$\phi = \text{arc tang} \frac{Q_{uc} + Q_{un}}{Q_e - K_2 K_3 Q_{uc}}$$

Si el segmento  $\overline{OM}$  se aplicara o cayera sobre la bisectriz del ángulo  $YOX$ , tendríamos  $\phi = 45^\circ$ , y, por lo tanto, de parte de los usuarios perfecta igualdad entre las utilidades y los tributos fiscales. La recta que bisecciona el ángulo formado por

los ejes de referencia, podrá, por consiguiente, definirse como el lugar geométrico de los puntos M para los cuales la utilidad y los derechos fiscales se equilibran. O sea, en otros términos, para todos los puntos M colocados sobre esta recta los usuarios se verán grabados con impuestos iguales a las ventajas que obtengan (y esto, en la hipótesis de que los nuevos impuestos sean exclusivamente a beneficio del camino), en tanto que, para los puntos M colocados encima de la bisectriz, tendrán mayores utilidades que gravámenes fiscales, y que, para los colocados debajo de la bisectriz, tendrán más gravámenes que utilidades.

Es de observar, en fin, que aunque la magnitud  $\overline{OM}$  se pueda considerar representativa, según lo ya dicho, de todos los valores económicos fundamentales, en la práctica convendrá substituir a su cálculo el de la cantidad

$$Q'_e = Q_e - K_2 K_3 Q_{uc},$$

además de la proyección de OM sobre la bisectriz de los ejes de referencia, y que, según la fig. 3, es

$$ON = 0,707 [Q_e + Q_{un} + Q_{uc} (1 - K_2 K_3)].$$

Naturalmente la elección del uno más bien que del otro incremento o mejoramiento de una red caminera, no dependerá sólo de las consideraciones matemáticas que hemos desarrollado. Otras consideraciones de carácter local, social, político o militar, vendrán en el hecho casi siempre a sobreponerse a las precedentes antes de que se haya llegado a lo que haya de ser el criterio definitivo.

Pero, no obstante lo anterior, este estudio que ha sido desarrollado por el Ingeniero C. B. Mc Cullough, y publicado en la revista Engineering News Record del 3 de marzo de 1938, es a nuestro juicio muy interesante. La apertura de nuevos caminos o el mejoramiento de los existentes requieren, en verdad, tal suma de sacrificios que el ejercitar la mente de cuando en cuando en el campo de la economía, no podrá ciertamente considerarse como trabajo perdido.

# La teoría de la razón agua-cemento en la dosificación de hormigones.---Aplicación al cemento Portland "Melón"

Por el Ing. señor Eugenio Salazar J.

## INTRODUCCION

El presente trabajo tiene relación con las investigaciones realizadas en los últimos años, en Estados Unidos y Europa, encaminadas a resolver en forma científica el problema de la dosificación del hormigón. Estas investigaciones que aún se continúan y completan, han logrado plenamente su objeto, cual es la determinación de fórmulas y relaciones precisas y métodos de operación de fácil control y aplicación práctica sencilla. La técnica de la dosificación ha conseguido con ésto ponerse a la altura del enorme desarrollo adquirido por el empleo del hormigón, gracias a las ventajas que presenta como elemento constructivo y al progreso de los métodos de cálculos de la resistencia de materiales. La dosificación de las mezclas de hormigón ha dejado de ser, pues, un simple conjunto de reglas más o menos empíricas, para convertirse en un sistema coordinado que permite resolver cada problema particular con resultados numéricos de exactitud suficiente para las necesidades de la práctica.

En la resistencia del hormigón tiene influencia un gran número de factores, relacionados tanto con las características y proporciones de los materiales constituyentes como con los métodos de preparación y ensaye empleados. Con respecto a los materiales, estos factores son:

Cemento.—Calidad; características físicas y químicas; cantidad.

Agregado.—Calidad; forma, tamaño máximo y mínimo de las partículas, graduación, peso específico, contenido de humedad, absorción.

Agua.—Calidad y cantidad con respecto al cemento (proporción agua-cemento).

En cuanto a los métodos de trabajo, influyen en la resistencia: la forma de revolver los materiales, y su duración;

los métodos de colocación y apisonamiento;

la humedad y temperatura del «curing»;

los métodos de ensaye (forma de colocar las briquetas, velocidad de las cargas, etc.)

La normalización de los métodos de preparación y ensaye y el empleo de materiales de características bien determinadas permiten reducir el problema a una relación entre unas pocas variables de sencilla determinación.

El problema de la dosificación del hormigón comprende dos puntos fundamentales que todo método científico debe resolver: son éstos: 1.º Obtener una mezcla (agua, cemento, ripio y arena) de consistencia y resistencia, predeterminadas; 2.º hacerlo en la forma más económica. Al hablar de resistencia, nos referimos especialmente en este trabajo a la resistencia a la compresión del hormigón.

Desde la época de Feret (\*), quién fué el primero en abordar este problema en forma racional, con el empleo del volumen absoluto como medida básica del agregado y del cemento, numerosas han sido las teorías y fórmulas propuestas por los técnicos. Pero en general estas fórmulas tienen límites restringidos de aplicación, a causa principalmente de que han desconocido la influencia de uno de los factores más importantes en la resistencia del hormigón, como es la cantidad de agua, y, en ningún caso, resuelven la cuestión en los dos aspectos fundamentales mencionados.

Refiriéndose a esta situación, un conocido experto en hormigón, el norteamericano Joseph A. Kitts, dice, en un artículo de una serie publicada en la revista americana *Concrete* (\*\*), lo siguiente:

«A principios de 1914 se presentaba un serio estado de cosas en el campo de la técnica del hormigón, ya que habiendo subido la producción del cemento Portland en EE. UU., de 82,000 barriles en el período de 10 años, 1870-1880, a 92,000,000 en 1913, la técnica no progresaba en proporción con la enorme demanda originada por el empleo cada vez mayor del cemento y del concreto. En esta situación, la Asociación de Cemento Portland, que había asumido una creciente responsabilidad en la investigación sobre hormigones desde 1904 a 1914, inició con la cooperación del Instituto Lewis, que había establecido el Laboratorio de Investigación de Materiales en Chicago, una serie de amplias investigaciones, que fueron continuadas en este Instituto hasta 1926. El trabajo conjunto de la Asociación de Cemento Portland y el Instituto Lewis, en el Laboratorio de Investigación de Materiales, desde 1914 hasta 1926, bajo la dirección del profesor Duff A. Abrams, dió como resultado el más valioso conjunto de conocimientos y datos precisos y claros sobre mezclas de hormigón reunido hasta entonces.»

Los principales resultados de esta investigación, en que se experimentaron muchos miles de mezclas de hormigón en las condiciones más variadas, fueron dados a conocer por primera vez en 1919 en el Boletín N.º 1 del Laboratorio mencionado (\*\*\*), y pueden resumirse en la forma siguiente:

1.º La ley de inter-relación de la resistencia y la razón agua-cemento.

2.º La normalización de una serie de tamices para la clasificación del agregado y el descubrimiento del principio del módulo de fineza como índice de graduación del mismo.

(\*) René Feret. *Annales des ponts et chaussees*. 1892, II.

(\*\*) Joseph A. Kitts. *Coordination of Basic Principles of Concrete Mixtures*.—*Concrete*, 1932-33.

(\*\*\*) Bull. 1 «*Design of Concrete Mixtures*». Duff Abrams. *Structural Materials Research Laboratory*. Chicago. 1919.

3.o Una ecuación de la cantidad de agua necesaria en hormigones de diferentes consistencias, módulos de fineza y contenidos de cemento.

4.o Normalización de la medida de plasticidad o consistencia, mediante la prueba del cono (slump test).

5.o La coordinación gráfica y numérica de los datos empíricos en tablas que permiten la preparación de mezclas de características predeterminadas.

La exposición más completa del método de Abrams ha sido publicada por la Asociación de Cemento Portland, en un folleto titulado «Desing and Control of Concrete Mixtures» (1927).

### Teoría de la razón agua-cemento

Es un hecho comprobado que la resistencia de un hormigón puede aumentarse:

- 1.o) Subiendo el contenido de cemento;
- 2.o) disminuyendo la cantidad de agua, o sea, haciendo un hormigón más seco; o
- 3.o) empleando un agregado más grueso.

Pues bien, el efecto de cualquiera de estos cambios es en definitiva el de reducir la razón agua-cemento, aumentando en esa forma la resistencia.

La teoría de la razón agua-cemento (water cement ratio), como se ha dado en llamar a la ley descubierta por Abrams, establece una relación bien determinada entre la resistencia a la compresión del hormigón y la razón o proporción entre las cantidades de agua y cemento de la mezcla, que puede enunciarse en la forma siguiente: «La resistencia de un hormigón para materiales y condiciones de manipulación dados y siempre que se trate de mezclas trabajables (\*), depende únicamente de la relación entre los volúmenes de agua y de cemento que intervienen en la mezcla, siendo la resistencia una función de la forma

$$R = \frac{A}{B^x}$$
 en que x es la proporción o razón agua cemento en volumen, y A y B, constantes que dependen de las características del cemento y de las condiciones de fabricación y ensayo del hormigón.»

Abrams da para los hormigones de cemento Portland de empleo corriente en Estados Unidos, y preparados de acuerdo con las normas de la American Society for Testing Materials (A. S. T. M.) la relación:

(\*) Por mezclas trabajables debe entenderse mezclas que además de poseer cierta fluidez o plasticidad, presentan la cohesión necesaria para que puedan manipularse sin que se disgreguen o separen sus elementos componentes.

$$R = \frac{14\ 000}{7^x} \text{ lbs. / pulg.}^2 = \frac{980}{7^x} \text{ kgs. / cm.}^2$$

como valor medio con una preparación bien controlada; y

$$R = \frac{14\ 000}{9^x} \text{ lbs. / pulg.}^2 = \frac{980}{9^x} \text{ kgs. / cm.}^2$$

como la resistencia mínima que puede esperarse con una fabricación menos cuidada.

Si para materiales y métodos de preparación y ensaye dados, la resistencia depende sólo de la razón agua/cemento de la mezcla, siempre que ésta sea trabajable, el problema por resolver consiste en determinar la proporción más económica de los elementos en forma de obtener un hormigón de una determinada razón agua/cemento (la correspondiente a la resistencia especificada).

Mediante la normalización de los métodos de trabajo y con la adopción del módulo de fineza y del asentamiento del cono, como índices de la graduación del agregado y de la consistencia de la mezcla, respectivamente, la teoría de docificación de Abrams logra simplificar el problema y lo reduce, en último término, al de establecer una relación general entre los siguientes cuatro factores:

1. Graduación del agregado. (Módulo de fineza, tamaño máximo).
2. Proporción de cemento de la mezcla. (Mezcla real.)
3. Consistencia o grado de fluidez de la mezcla. (Asentamiento).
4. Resistencia a la compresión del hormigón. (Razón agua/cemento).

Determinada la relación que guardan entre sí estos términos, será posible, conocidos dos de ellos, encontrar los otros dos. En general, estarán fijados los dos últimos (resistencia y consistencia) y se tratará de determinar los dos primeros (graduación del agregado y proporción de cemento).

A continuación nos referiremos en detalle a cada uno de estos factores y a la influencia que ejerce sobre los otros.

### Graduación del agregado, módulo de fineza y tamaño máximo

La adopción por parte del profesor Abrams de una serie de tamices de aberturas uniformemente crecientes (con una razón igual a 2), condujo a la noción del módulo de fineza como medida básica o índice de la graduación de un agregado. La serie Tyler o Americana de tamices, normalizada por la A. S. T. M. (\*) y en la cual está basada la determinación del módulo de fineza, comprende los tamices de la escala siguiente:

(\*) Especificación C-41-A. S. T. M., 1936.

CUADRO N.º 1

N.º del tamiz	100	50	30	16	8	4	3/8"	3/4"	1 1/2"
Abertura en mm.	0,15	0,30	0,59	1,19	2,38	4,76	9,5	19,0	38,0

Se define el módulo de fineza como la suma de los porcentajes de material, en peso o en volumen absoluto, retenidos en los diversos tamices de la serie, dividida por 100. Se ha demostrado que la suma de estos porcentajes retenidos en una serie de tamices de progresión uniforme, da un valor que es función del diámetro medio de las partículas (\*). El módulo de fineza debió haberse llamado, con más propiedad, como observa A. Kitts, «módulo de grosor», ya que su valor aumenta con el tamaño medio de las partículas del agregado.

Siendo 9 el número de tamices de la serie Standard, el módulo de fineza puede variar de 0 (todo el agregado menor que 0,15 mm) a 9 (todas las partículas mayores de 38 mm.). Para agregados de tamaños mayores de 38 mm., la separación en tamices de la misma progresión (76 mm., 150 mm., etc.), dará módulos de fineza superiores. En la práctica tratándose de materiales graduados que deben contener arena y grava, con tamaños máximos de alrededor de 5 cm. (2"), el módulo de fineza no pasa generalmente de 7,0.

De acuerdo con la definición, se comprende que un mismo módulo de fineza puede obtenerse con infinidad de graduaciones diferentes. Sin embargo, aunque no corresponde exactamente a la graduación del agregado, el módulo de fineza da una idea bastante aproximada de la distribución del material y de su tamaño máximo (\*\*), y tiene sobre los métodos gráficos la ventaja de establecer un término comparativo de determinación sencilla entre diferentes graduaciones.

Las investigaciones Abrams han puesto de manifiesto la influencia de la graduación en la resistencia del hormigón, en las siguientes conclusiones:

1.º La graduación del agregado puede variar entre límites muy amplios sin que varíe la resistencia del hormigón, siempre que el módulo de fineza quede constante (\*\*\*);

2.º En hormigones de la misma consistencia y con igual conte-

(\*) Según Abrams, esta relación es:

$f = 7,94 + 3,32 \log d''$ , en que  $f$  es el módulo de fineza y  $d''$  el diámetro medio en pulgadas.

(\*\*) De acuerdo con las normas de la Portland Cement Association, se entiende por tamaño máximo, el del tamiz inmediatamente superior a aquel en que ha quedado retenido por lo menos el 15% del material.

(\*\*\*) Este hecho es exacto en parte solamente. Graduaciones muy diferentes dan resistencias semejantes; pero esto no impide, como se verá más adelante al tratar de los trabajos de Talbot y Richart, que exista un tipo de graduación uniforme que dé más resistencia que otras graduaciones arbitrarias, correspondiente a un mismo módulo de fineza.

nido de cemento, la resistencia crece con el módulo de resistencia de fineza del agregado;

3.º Para un mismo contenido de cemento, la mayor resistencia se obtiene con un módulo máximo, que depende del tamaño máximo y del contenido de cemento y que crece con ambos;

4.º Mientras mayor es el contenido de cemento del hormigón, más gruesa será la graduación (mayor m. f.) que corresponda a la máxima resistencia.

Hay, por consiguiente, para cada proporción en cemento de la mezcla y para cada tamaño máximo de agregado, una graduación óptima, es decir, un módulo de fineza máximo, que es el que da la mayor resistencia para esas condiciones. El valor máximo del módulo de fineza, para determinado contenido de cemento y tamaño máximo, queda limitado por la trabajabilidad de la mezcla; más allá de este valor máximo el agregado resultó demasiado grueso para la cantidad de cemento empleado y la mezcla deja de ser trabajable.

En la tabla siguiente se indican los valores límites del módulo de fineza para diferentes tamaños máximos de agregado y diferentes proporciones de cemento, deducidos de los ensayos de Abrams (\*).

CUADRO N.º 2

Proporción cemento agregado	Tamaño del agregado								
	0-8	0-4	0-3/8	0-3/4	0-1"	0-1 1/2	0-2"	0-3"	0-6"
1 : 9	2.45	3.05	3.85	4.65	5.00	5.40	5.80	6.25	7.05
1 : 7	2.55	3.20	3.95	4.75	5.15	5.55	5.95	6.40	7.20
1 : 6	2.65	3.30	4.05	4.85	5.25	5.65	6.05	6.50	7.30
1 : 5	2.75	3.45	4.20	5.00	5.40	5.80	6.20	6.60	7.45
1 : 4	2.90	3.60	4.40	5.20	5.60	6.00	6.40	6.85	7.65
1 : 3	3.10	3.90	4.70	5.50	5.90	6.30	6.70	7.15	8.00
1 : 2	3.40	4.20	5.05	5.90	6.30	6.70	7.10	7.55	8.40
1 : 1	3.80	4.75	5.60	6.50	6.90	7.35	7.75	8.20	9.10

Las aberturas de 1" y 2" se consideran sólo para la determinación del tamaño máximo.

Estos valores son aplicables a la arena y grava de río, compuesta de partículas más o menos esféricas. Tratándose de piedras partidas, aplanadas o de cantos agudos, estos valores deben reducirse según Abrams, en 0.25.

De acuerdo con lo anterior tratándose de mezclas del mismo

(\*) Design and Control of Concrete Mixtures, 1927, pág. 6.

contenido de cemento convendrá siempre adoptar para el agregado el máximo módulo correspondiente al tamaño máximo fijado, pues en esta forma se obtendrá el mejor aprovechamiento de la máxima resistencia con los mismos materiales.

La graduación del agregado influye en la consistencia de hormigones del mismo contenido de cemento en el sentido que mientras mayor es el módulo de fineza, mayor es la plasticidad o fluidez de la mezcla para un mismo contenido de agua, o a la inversa, mientras mayor es el módulo de fineza, menor es la cantidad de agua necesaria para producir una determinada consistencia. Ahora, una disminución de la cantidad de agua significa una disminución de la razón agua/cemento, y por consiguiente, un aumento de la resistencia. Esto explica el aumento de la resistencia con el módulo de fineza, en hormigones de igual contenido de cemento.

Cuando se trata de dosificar un hormigón para una obra determinada será necesario fijarse, además de la resistencia y consistencia, el tamaño máximo de agregado que puede emplearse: 1.º porque de acuerdo con las características de la obra no podrán emplearse tamaños de agregados superiores a una dimensión dada (p. ej. 3/4 del espacio mínimo por donde deba pasar el material, o 1/4 de ancho de un muro, etc.); 2.º porque a ese tamaño máximo corresponde un máximo módulo de fineza que conviene emplear, y por lo tanto una cantidad mínima de cemento para la consistencia deseada.

En hormigones del mismo contenido de cemento y con igual módulo de fineza, independientemente del tamaño máximo, se requiere la misma cantidad de agua para tener la misma consistencia. El tamaño máximo del agregado no influye pues en la razón agua/cemento ni en la resistencia del hormigón. Esta depende en cuanto a la graduación del agregado, únicamente del módulo de fineza. De modo que al hablar de módulo de fineza y tamaño máximo del agregado no debe entenderse que se trata de dos variables independientes. El tamaño máximo está ligado al módulo de fineza en cuanto fija el valor más conveniente de éste, al dosificar el hormigón de mayor resistencia para una proporción de cemento dada, o el hormigón de mínima proporción de cemento para una resistencia dada.

*Proporción de cemento. Mezcla real.*—La forma corriente de expresar el contenido de cemento es en una proporción con los volúmenes separados de arena y ripio, por ejemplo: 1: 2: 4, 1: 3: 6, etc., sin considerar el contenido de humedad del agregado ni el grado de apisonamiento en que se encuentra. Como las características del concreto están relacionadas íntimamente con el volumen absoluto de los componentes y con la cantidad de agua de la mezcla, es indudable que una dosificación de este tipo puede estar muy lejos de corresponder a características dadas del hormigón (resistencia, rendimiento de la mezcla, consistencia, densidad, impermeabilidad, etc.) Un volumen de arena seca puede contener hasta un 30% de mayor cantidad de material que un volumen igual de arena húmeda. El contenido de humedad de una arena en el estado natural puede llegar a un 8 y 10%. Tratándose de dos tipos de agregado, fino y grueso, la dosificación en volúmenes separados introduce todavía una nueva

indeterminación, cual es la de fijar la proporción entre ambos tipos de agregado. Ahora si los agregados son más de dos, el asunto se complica aún más.

Con la adopción del módulo de fineza, el inconveniente de fijar la proporción adecuada entre los materiales fino y grueso, queda resuelto puesto que si se conocen los módulos de ambos materiales y se ha fijado el módulo de fineza del agregado total, existe entre ellos la relación siguiente:

$$m = r \cdot m_f + (1 - r) m_g$$

en que  $m$  = módulo de fineza total:

$m_f$  = módulo de f. del agregado fino (arena):

$m_g$  = m. de f. del agregado grueso (grava):

$r$  = proporción entre el volumen de arena y la suma de los volúmenes de arena y grava, medidos separadamente.

De ahí: 
$$r = \frac{m_g - m}{m_g - m_f}$$

Para evitar las grandes variaciones resultantes de la medida de los volúmenes separados y sueltos, Abrams adoptó como medida del contenido de cemento la proporción con respecto al volumen de los agregados fino y grueso mezclados, midiendo este volumen en una forma standard, que la A. S. T. M. ha incorporado a sus normas (\*). Consiste este método normalizado de medida de volumen en vaciar el agregado seco en un depósito cilíndrico de altura y diámetro iguales, y pisonearlo con un determinado número de golpes de una barra de fierro. Este es el llamado volumen seco y pisoneado (dry-rodded), que como se ve, no es todavía una medida absolutamente exacta, ya que en su determinación están envueltas algunas variables, como la forma de las partículas o la graduación del material. Sin embargo, es un método mucho más preciso que el de los volúmenes sueltos y húmedos, y su determinación no presenta ninguna dificultad. Es un método sencillo y práctico que se presta muy bien para hacer las muestras de ensayo en el control de una obra determinada. En la confección del hormigón para la obra misma no resultaría práctico dosificar el agregado en esta forma. Este se presentará generalmente separado en dos o más tipos diferentes (arena fina, gravilla, ripio, piedras, etc.), y contendrá cierta humedad. Es fácil, sin embargo, mediante unas pocas determinaciones hechas en el mismo terreno, encontrar en cada caso particular la equivalencia entre el volumen mezclado, separado y seco, que ha servido de base en la dosificación de la mezcla, y los volúmenes de arena y ripio, medidos separadamente y en las condiciones naturales en que se encuentran. Veámoslo en un ejemplo.

(\*) A. S. T. M. Standards Specification, C-29.

El volumen del agregado mezclado es menor que la suma de los volúmenes de agregado fino y grueso, medidos separadamente: en promedio es un 80 a 90% de los volúmenes separados.

Si:

- D = densidad del agregado mezclado, seco y pisoneado;
- D<sub>f</sub> = densidad del agregado fino, seco y pisoneado;
- D<sub>g</sub> = densidad del agregado grueso, seco y pisoneado;
- r = razón entre volumen de agregado fino y suma de los volúmenes separados de ambos agregados;
- y = razón entre volumen del agregado mezclado y suma de volúmenes de los agregados separados.

Entonces:

$$r \times D_f + (1 - r) D_g = y \times D$$

$$y = \frac{r \times D_f + (1 - r) D_g}{D}$$

Por ejemplo, supongamos:

$$D_f = 1,60 \text{ (kg/lit.)} \quad r = 0,32$$

$$D_g = 1,72$$

$$D = 1,95$$

Entonces:

$$y = \frac{0,32 \times 1,60 + 0,68 \times 1,72}{1,95} = 0,86$$

Esto quiere decir que si se tiene por ejemplo una mezcla de proporción 1 : 6,4 (que en adelante designaremos por mezcla real), la suma de los volúmenes de los agregados separados será  $6,4 : 0,86 = 7,4$ ; luego los volúmenes de agregado fino y grueso que deberán combinarse para dar una mezcla real 1 : 6,4, serán:

$$\text{agregado fino } 7,4 \times 0,32 = 2,37, \text{ digamos } 2,4$$

$$\text{agregado grueso } 7,4 \times 0,68 = 5,03, \text{ digamos } 5,0$$

Se obtiene así una mezcla de proporción 1 : 2,4 : 5, que llamaremos, de acuerdo con la denominación de la Portland Cement Association, mezcla nominal (\*), en que el agregado está medido en volúmenes separados de material seco y apisonado.

Pero en el terreno las condiciones del material y los métodos de medida no son los mismos que en el laboratorio de ensayos. No se trata ya de materiales perfectamente secos y apisonados en una for-

(\*) Nominal mix.

ma standard, sino de ripio y arena sueltos y generalmente húmedos. Es fácil, sin embargo, mediante dos o tres operaciones que no requieren gran precisión, expresar la mezcla nominal, a base de volúmenes secos y pisoneados, en una mezcla del terreno, en que los volúmenes de agregado están medidos en la forma corriente, sueltos y húmedos. Supongamos, continuando el ejemplo, que 1 decímetro cúbico de arena suelta y con cierto contenido de humedad, pese 1,4 Kg., y que secando este volumen el peso se reduzca a 1,32 Kg. (naturalmente se reduce también el volumen). Esta es la cantidad de arena, en peso, que había en 1 litro de arena húmeda. Si el peso de 1 litro de arena seca y pisoneada es  $D=1,6$  Kg., se necesitará entonces por

cada volumen de arena seca y pisoneada:  $\frac{1,60}{1,32} = 1,21$  volúmenes

de arena suelta y húmeda. Con el agregado grueso se puede hacer la misma operación. En este caso el aumento de volumen provocado por la humedad es insignificante y la diferencia en la densidad se debe casi exclusivamente al apisonamiento. Supongamos que 1 litro de grava suelta y húmeda pesa 1,59 Kg. y que al secarse el peso se reduzca a 1,55 Kg.; por cada volumen de agregado seco y pisoneado

se necesitarán  $\frac{1,72}{1,55} = 1,11$  volúmenes de agregado suelto y húme-

do, en las condiciones del terreno.

En resumen, la mezcla real 1 : 6,4, equivalente a una mezcla nominal 1 : 2,4 : 5,0, se ha convertido en una mezcla en el terreno de proporción 1 :  $2,4 \times 1,21$  :  $5,0 \times 1,11 = 1 : 2,90 : 5,55$ .

Como se ve, bastan unas pocas determinaciones hechas en el mismo terreno para expresar la mezcla real en una mezcla equivalente de dosificación corriente, o mezcla del terreno

En el curso de este trabajo siempre que se hable de contenido o proporción de cemento se entenderá que se expresa en forma de mezcla real: proporción entre volumen de cemento y volumen de agregado mezclado, seco y pisoneado. En cuanto al volumen de cemento, se considera medido con el grado de apisonamiento en que se encuentra en el saco, lo que corresponde a una densidad de 1,5 Kg/lit. (94 libras por pie cúbico o saco de cemento).

Al tratar de la graduación del agregado vimos cómo influía el contenido de cemento en la consistencia y en la razón agua-cemento del hormigón. Así, en hormigones con agregados de la misma graduación se necesitará para obtener la misma consistencia, menor cantidad de agua en proporción, mientras mayor sea el contenido de cemento. En esta forma, a un aumento del contenido de cemento corresponde una disminución de la razón agua cemento y por consiguiente, un aumento de la resistencia del hormigón.

*Consistencia de la mezcla.*—Como hemos dicho anteriormente, designamos por consistencia el grado de fluidez o de plasticidad que presenta la mezcla recién preparada, ya se trate de un hormigón, de un mortero o de una pasta de cemento. Se la ha llamado también, traduciendo la expresión inglesa, trabajabilidad (workability). Al hablar de mezclas trabajables debemos entender también que se trata de mezclas de constitución uniforme, con cierta cohesión. Por con-

siguiente, no todas las posibles mezclas teóricas son trabajables; los límites de trabajabilidad corresponden a determinadas proporciones entre los elementos.

Para la medida de la consistencia de la pasta de cemento existe un método normalizado de mezcla, manipulación y ensaye mediante la aguja de Vicat. La pasta de consistencia normal determinada por este método corresponde muy aproximadamente a la pasta de mayor densidad.

El procedimiento anterior no puede aplicarse al mortero ni al hormigón, y la consistencia normal se ha determinado en estos casos por reglas empíricas y tanteos. Las consistencias relativas de una mezcla de cemento y agregado se han expresado por la razón entre los diversos volúmenes de agua mezclados a una cantidad determinada de cemento y agregado con respecto al volumen de agua que da la consistencia normal: 0,80, 0,90, 1,00 (consistencia normal), 1,10, 1,20, etc., en la práctica hay una semejanza en la plasticidad y grado de cohesión de diferentes mezclas normales (de consistencia relativa igual a 1,00); pero las otras consistencias relativas tienen una gran variación en la plasticidad o trabajabilidad, de acuerdo con las diversas combinaciones de mezclas, razón por la cual este índice de consistencia es absolutamente inadecuado para la comparación de mezclas diferentes, salvo tratándose de la consistencia normal, que por lo demás es demasiado seca para el empleo en la práctica.

Para encontrar un término que expresara con mayor fidelidad el carácter más o menos plástico del hormigón, el profesor Abrams desarrolló un método, llamado prueba del cono (slump test), que la A. S. T. M. ha adoptado para la medida de la consistencia (\*). La determinación de la consistencia por este método se basa en el sentamiento de la mezcla fresca depositada en el interior de un molde cónico, cuando éste se retira. El molde tiene una forma tronco cónica de 30,5 cm (12") de alto por 20 cm (8") de diámetro en la base y 10 cm (4") en la parte superior; se llena con el material recién preparado en tres capas que se pisonean, cada una, con 25 a 30 golpes de una barra de 1,5 cm (5/8") de diámetro. El sentamiento experimentado por la mezcla, que se sustenta por sí sola al levantar el molde, se toma como índice de consistencia de la mezcla.

Se ha formado así una escala de consistencia, desde la de sentamiento 0, considerada no trabajable, hasta la de sentamiento de 20 cm. o más, correspondientes a mezclas completamente fluidas. A la consistencia normal, definida anteriormente, corresponde en el ensayo del cono un sentamiento de alrededor de 2 cm. (de 1/2 a 1").

Sobre la consistencia de una mezcla de determinada proporción de cemento influye en primer lugar la cantidad de agua y en segundo, la graduación del agregado. Nada hay que agregar sobre la influencia del primero; es evidente que una mezcla dada resultará más fluida mientras más agua contenga, quedando constante los demás términos. En cuanto a la influencia de la graduación del agregado, como lo he-

(\*) A. S. T. M. Standards Specification D 138-32 T.

mos visto anteriormente, se ha demostrado que para producir una determinada consistencia con una mezcla de determinada riqueza en cemento, la cantidad de agua que ha de agregarse será menor mientras mayor sea el módulo de fineza del agregado. O sea, de dos mezclas con igual proporción de cemento y el mismo contenido de agua, será más plástica (dará mayor sentamiento) aquella cuyo agregado tenga mayor módulo de fineza. Sin embargo, éste no puede aumentar indefinidamente, sino que queda limitado por la trabajabilidad de la mezcla; el agregado no puede ser excesivamente grueso para la cantidad de cemento empleado, porque de lo contrario la pasta de cemento y agregado fino no alcanza a llenar los huecos del material grueso, y la mezcla pierde su consistencia y cohesión. En estos casos el agua puede aumentarse indefinidamente sin conseguirse un aumento en la plasticidad del hormigón; el exceso de agua escurre y se separa de la mezcla arrastrando parte del cemento.

Este límite de la graduación del agregado o de su módulo de fineza, que depende del tamaño máximo y del contenido de cemento (mezcla real), es exactamente lo que habíamos llamado anteriormente al hablar de la graduación, máximo u óptimo módulo de fineza. Efectivamente, con una consistencia y proporción de cemento determinadas, la resistencia será mayor mientras menor sea la cantidad de agua empleada (por consiguiente, la razón agua-cemento), siempre que la mezcla sea trabajable. Ahora, para conseguir una determinada consistencia con el mínimo de agua, habrá que emplear el máximo módulo de fineza compatible con la trabajabilidad de la mezcla. Por eso, siempre que sean trabajables, las mezclas de igual consistencia y el mismo contenido de cemento tienen mayor resistencia mientras mayor es el módulo de fineza del agregado. O, a la inversa, el problema de la dosificación en su forma más corriente: para obtener un hormigón de resistencia y consistencia determinadas, de modo que el contenido de cemento sea mínimo, deberá emplearse el agregado de máximo módulo de fineza compatible con la trabajabilidad de la mezcla.

*Razon agua-cemento. Cantidad de agua.*—Nos hemos referido ya a las tres variables que influyen, en lo que respecta a la dosificación, en la resistencia del hormigón, a saber:

- graduación del agregado (módulo de fineza: tamaño máximo);
- contenido de cemento (mezcla real);
- consistencia de la mezcla (sentamiento).

El contenido de agua, factor determinante, queda ya fijado por estas tres variables. A cada combinación de ellas corresponde una cantidad determinada de agua, y por lo tanto una razón agua-cemento dada. La variación de cada una de ellas separadamente influirá en el valor de esta razón y, por consiguiente, en la resistencia del hormigón. Sin embargo, una variación de dos de ellas o de las tres simultáneamente puede dejar invariable la razón agua-cemento, y obtenerse la misma resistencia con agregados de graduación diferente, o con proporciones distintas de cemento o con mezclas de diferentes consistencias.

El contenido de agua  $a$  depende, además de los factores indicados más arriba, de las características mismas del cemento, expresadas por la consistencia normal de la pasta de cemento. Abrams ha dado la fórmula siguiente de la razón agua-cemento:

$$x = K \left( -\frac{3}{2}p + \frac{0,30}{1,26m}n \right)$$

en que:

- $K$  = consistencia relativa del hormigón;  
 $p$  = consistencia normal del cemento (proporción de agua en peso);  
 $m$  = módulo de fineza;  
 $n$  = mezcla real.

Al hablar de razón agua-cemento como determinante de la resistencia del hormigón debe entenderse la razón  $x = \frac{a}{c}$  entre el volumen  $a$  de agua que entra en la mezcla y el volumen  $c$  de cemento correspondiente, con exclusión del agua que absorbe el agregado al hacerse la mezcla. De modo que para calcular la cantidad de agua que debe contener un hormigón, habrá que sumar al volumen deducido de la razón agua-cemento el volumen que absorbe el agregado. La absorción se expresa en un tanto por ciento del peso del agregado (\*), y es en general para materiales corrientes bastante baja, alrededor de 1%; sin embargo, para materiales muy porosos puede llegar hasta un 15 y 20% en peso.

Cuando el agregado no está completamente seco, sino que contiene cierta humedad, el volumen de agua calculado deberá corregirse, restándosele el volumen de agua contenido por el agregado, cantidad que en ciertos casos puede ser apreciable. El folleto de la Portland Cement Association, antes citado (\*\*), menciona un artículo de R. B. Young, ingeniero de la Hydro-Electric Power Comission de Toronto (\*\*\*), referente al contenido de humedad de la arena, en que se estima este contenido en condiciones normales, entre 3 y 4%, salvo inmediatamente después de una lluvia, en cuyo caso se puede estimar en promedio en un 6 a 8 por ciento en peso.

Como en las condiciones corrientes el agregado, y en especial la arena, contiene siempre algo de humedad, debe tomarse en cuenta esta corrección en la cantidad total de agua, haciendo cada vez que se emplee un agregado de procedencia distinta, una ligera determinación del contenido de agua por unidad de peso.

En los ensayos de laboratorio la razón agua-cemento se expresa como un número decimal: 0,75, 1,10, 1,14; pero en la práctica resulta más conveniente expresar esta razón en las unidades corrientes,

(\*) A. S. T. M. Standards Especification. C-95 36.

(\*\*) Design and Control of Concrete Mixtures. 1927.

(\*\*\*) Engineering News Record, 1° de enero de 1920.

por ejemplo litros de agua por saco de cemento. Conviene para esto, tratándose de un tipo dado de cemento, hacer previamente una determinación de su densidad, con el grado de apisonamiento en que se encuentra en el saco. En promedio, para el cemento Portland corriente se asigna al saco de 42,6 kgs. (94 lbs.) de peso, un volumen de 28 litros, esto es, un pie cúbico, lo que corresponde a una densidad de 1,52. Una razón agua-cemento igual a 0,9 corresponderá a una proporción de  $0,9 \times 28 = 25,2$  litros de agua por saco de cemento.

Nos hemos referido hasta aquí a los diversos factores que intervienen en la dosificación del hormigón, a su determinación y a su influencia mutua. Hemos visto como, de acuerdo con esta teoría, la influencia que ellos ejercen sobre la resistencia está condicionada por el valor de la razón agua-cemento, de modo que cualquiera variación de esos factores hará cambiar la resistencia sólo en el caso de que al mismo tiempo cambie también el valor de esta razón. La resistencia a la compresión del hormigón depende, pues, en último término, únicamente de la razón agua-cemento de la mezcla, de acuerdo con una ley determinada. Puede variarse el contenido de cemento, la graduación del agregado y la consistencia de la mezcla, y a cada combinación de estas 3 variables corresponderá una determinada razón agua-cemento; pero una misma razón agua-cemento puede obtenerse también con diferentes combinaciones de estas 3 variables. De ahí que con un mismo contenido de cemento —por ejemplo 350 kgs. por metro cúbico— pueden obtenerse resistencias muy diferentes, según que el agregado sea más o menos grueso o que la mezcla sea más o menos fluida.

Los valores numéricos de las relaciones entre resistencia, razón agua-cemento y demás factores dependerán de las características de los materiales que se empleen y de los métodos de preparación y de ensaye del hormigón.

Hemos visto las ecuaciones dadas por Abrams:

$$R = \frac{980}{7x} \text{ kgs/cm.}, \quad \text{o,} \quad R = \frac{980}{9x} \text{ kgs/cm.}$$

$$x = K \left( -\frac{3}{2} p + \frac{0,30 n}{1,26^m} \right)$$

Mediante estas dos relaciones y con la aplicación del módulo de fineza máximo (Tabla de la página 15) será posible resolver cualquier problema de dosificación. La aplicación se simplifica trasladando estas fórmulas a gráficos o abacos, de modo que basta una o dos lecturas para determinar las incógnitas. Más adelante veremos en detalle una aplicación de este método con los valores obtenidos para el cemento Portland «Melón» corriente, de cuya determinación nos ocuparemos a continuación.

## Relación entre la resistencia y la razón agua/cemento en hormigones de cemento Portland "Melón" corriente

La investigación que ahora presentamos, realizada en el Taller de Resistencia de materiales de la Universidad de Chile, ha tenido por objeto el análisis de las mezclas y la determinación de la ecuación "Resistencia Razón agua-cemento" en hormigones preparados con cemento Portland "Melón" corriente, confeccionados y ensayados de acuerdo con las normas de la A. S. T. M., con mezclas que varían dentro de un amplio margen en cuanto a resistencia, consistencia, contenido de cemento, etc.

Para material corriente de agregado, lmpio, formado por partículas más o menos esféricas, que no contiene materias extrañas (vegetales, sustancias químicas, etc.), y empleando métodos normales de preparación y colocación del hormigón, la relación Resistencia-Razón agua-cemento dependerá de las características del cemento empleado, ya sean su composición química o el grado de molienda. Sobre la base de esta relación establecida por Abrams, que ha sido ampliamente confirmada por innumerables ensayos hechos en diversos laboratorios en Estados Unidos y en Europa, lo que cabe investigar al emplear un cemento de características dadas, es el valor que toman para ese

cemento las constantes de la ecuación  $R = \frac{A}{B^x}$  Para el cemento Por-

tland corriente empleado en Estados Unidos, con agregados normales y con una preparación bien controlada, Abrams da la ecuación:

$R = \frac{980}{7^x}$  kg./cm. válida para mezclas trabajables, con valores de x

comprendidos entre 0,5 y 1,6 aproximadamente. Para una prepara-

ción menos prolija la ecuación correspondiente es  $R = \frac{980}{9^x}$  kg./cm.

Puede decirse entonces que, en general, estos serán los valores límites probables que pueden esperarse del hormigón, según sean los métodos de preparación empleados.

Con un control estricto de las cantidades y de la calidad de los materiales usados, los valores obtenidos en esta investigación pueden considerarse como promedios máximos para el cemento ensayado.

Pero antes de presentar los resultados nos referiremos a continuación al material y a los métodos de trabajo empleados en la preparación y ensaye de las mezclas.

### Característica del material empleado

**Cemento.**—La calidad del cemento «Melón» empleado corresponde a la del cemento Portland corriente. Sus características principales son:

Peso específico: 3,12 Densidad media: 1,5

Consistencia normal: 0,27

Resistencia del mortero normal a 28 días:

Compresión: 375 kg./cm.<sup>2</sup>

Tracción: 29,8 kg./cm.<sup>2</sup>

Residuo sobre el tamiz de 900 mallas: 0,1%

Residuo sobre el tamiz de 4,900 mallas: 4%

El cemento se vació de los sacos, se mezcló bien y se depositó en tambores de hierro, los que se mantuvieron en lugar seco, bien tapados. El cemento se sacaba de estos tambores a medida que se empleaba.

Para evitar posibles errores en la medida de los volúmenes sueltos de cemento y por ser más fácil en el laboratorio la dosificación en peso, el contenido de cemento de las mezclas aún cuando está expresado en volumen (mezcla real) se determinó siempre en peso, de acuerdo con la densidad media de 1,5 kg. por litro.

*Agregado.*—Está constituido por arena y grava lavada del río Mapocho (Vitacura), con las características siguientes:

Peso específico medio: 2,65.

Composición: arena (menor de 4,76 mm.) 35,5 %.

                  grava (4,76 mm. a 75 mm.) 63,0%.

Contenido de arcilla 1,5 %.

Este bajo porcentaje de arcilla se debe a que el material había sido lavado en el terreno mismo antes de que se escogiera.

La determinación del contenido de arcilla, hecho de acuerdo con las normas de la A. S. T. M. (\*), se hizo pesando 1 kg. de agregado completamente seco, lo que se reconoce cuando la muestra queda en un peso constante al continuar calentándola a una temperatura de alrededor de 100°; después sobre la muestra se vacía agua en cantidad suficiente y se revuelve bien. Se deja asentar el material por unos 15 segundos y se bota el agua, cuidando que no arrastre partículas de agregado; se repite el lavado hasta que el agua salga completamente limpia. El material lavado se vuelve a secar hasta que dé un peso constante. El porcentaje de arcilla resulta entonces de la diferencia entre los pesos original y final.

A fin de formar los diferentes tipos de agregado con que se harían las experiencias, el material con su graduación natural se separó, después de secarse bien, en los diversos tamaños que componen la escala normal Tyler. (\*\*)

Los cinco tipos de graduación empleados, obtenidos por la combinación de los materiales separados, corresponden a los siguientes módulos de fineza: 3.04, 4.26, 5.16, 5.74 y 6.25 con tamaños máximos de 4,8 mm. (4), 19 (3/4"), 38 mm. (1 1/2"), 50 mm. (2") y 76 mm. (3"), respectivamente. En los cuadros que se insertan a continuación se indica la graduación y demás características de cada uno de los agregados empleados. La graduación puede verse también en el gráfico N.º 1.

(\*) A. S. T. M. Especificación D-72-21.

(\*\*) Ver cuadro N.º 1.

CUADRO N.o 3. (Ver gráfico N.o 1)

Tamiz		Retenido %				
No	mm.					
100	— 0.15	98	98	99	99	99
50	— 0.30	85	88	91	93	95
30	— 0.59	60	72	80	85	89
16	— 1.19	40	61	72	78	82
8	— 2.38	21	44	60	69	75
4	— 4.76	...	30	50	60	67
3/8	— 9.5	...	21	35	45	55
3/4	— 19.0	..	12	20	30	39
1 1/2	— 38.0	...	...	9	15	24
2	— 51.0	...	...	...	..	(14) No se computa para el m. de f.

Módulo de F..... 3.04 4.26 5.16 5.74 6.25

Tamaño máximo... 4.8 25.0 38 51 76

Densidad (\*) ... 1.7 1.9 2.0 2.1 2.1

(\*) Densidad del material seco y pisoneado de acuerdo con las normas de la A. S. T. M. Especificación C-29-27

CUADRO N.o 4

Composición %

Tamaño mm.	Módulo de fineza				
	3.4	4.26	5.16	5.74	6.25
0.100	2	2	1	1	1
0.15 — 0.30	13	10	8	6	4
0.30 — 0.59	25	16	11	8	6
0.59 — 1.19	20	11	8	7	7
1.19 — 2.38	19	17	12	9	7
2.38 — 4.76	21	14	10	9	8
4.8 — 9.5	0	9	15	15	12
9.5 — 19	0	9	15	15	16
19 — 38	9	12	11	15	15
38 — 51	0	0	9	15	10
51 — 76	0	0	0	0	14
	100	100	100	100	100

Considerando como agregado fino o arena a todo el material menor de 4.8 mm. (4) y como grava o agregado grueso el resto, la composición de estos materiales sería la del Cuadro siguiente:

CUADRO N.º 5

Módulo de F.....	3 04	4.26	5.16	5.74	6.25
Arena % ...	100	70	50	40	33
Grava % .....	0	30	50	60	67

La elección de los módulos de fineza y tamaños máximos del agregado se hizo teniendo presente los valores máximos indicados en el Cuadro N.º 2, para diferentes proporciones de cemento; de modo que las mezclas quedaran siempre dentro de los límites de trabajabilidad fijados por el tamaño máximo y la proporción de cemento. Por ejemplo, para una mezcla real 1 : 9 el valor máximo del módulo de fineza para un agregado de tamaño máximo de 38 mm., es 5.40; en nuestro caso el módulo de fineza elegido es 5.16.

#### Métodos de trabajo y resultado

La investigación comprendió la preparación y ensaye de 58 tipos de hormigones, correspondientes a 6 mezclas reales diferentes, 5 módulos de fineza y 3 consistencias distintas, en la forma que indica el esquema siguiente:

Consistencia sentamiento	Mezcla real	Módulo de fineza
1 a 5 cms. hormigón húmedo	1 : 9	3.04
		4.26
		5.16
		5.74
		6.25
	1 : 7	3.04
		4.26
		5.16
		5.74
		6.25
	1 : 5	3.04
		4.26
		5.16
		5.74
		6.25

Considerando como agregado fino o arena a todo el material  
 y como grava o agregado grueso el resto, la  
 composición de las mezclas es la siguiente:

CUADRO N.º 5

Consistencia sentamiento	Mezcla real	Módulo de fineza
		3.04
		4.26
8.25	1 : 4	5.16
33		5.74
		6.25
67		3.04
		4.26
		5.16
		5.74
		6.25
		3.04
		4.26
		5.16
		5.74
		6.25
		3.04
		4.26
		5.16
		5.74
		6.25

1 a 5 cms.  
hormigón húmedo

La investigación comprendió la preparación y ensayo de 22 ti-  
 pos de hormigón correspondientes a 8 mezclas reales diferentes  
 y 2 módulos de arena y 2 composiciones distintas en la forma que in-  
 dica el espaldar:

		4.26
		5.16
		5.74
		6.25
		4.26
		5.16
		5.74
		6.25
		3.04
		(5.16)
		(5.74)

7 a 12 cms.  
hormigón blando

		4.26
		5.16
	1 : 7	5.74
		6.25
		4.26
		5.16
15 a 20 cms.	1 : 5	5.74
hormigón fluido		6.25
		4.26
		5.16
	1 : 3	5.74
		6.25
		4.26
		5.16
	1 : 2	(3.04)

Las denominaciones «hormigón húmedo», «blando» y «fluido» se han tomado de las Normas para Obras de Hormigón Armado de la Dirección de Obras Públicas. Aún, cuando las normas no son muy precisas a este respecto, pues no indican valores determinados de comparación, los tres tipos pueden asimilarse aproximadamente por sus características a los ensayados.

Como se ve, en la consistencia llamada «húmeda», de asentamiento 1 a 5 cms., se ensayaron 6 mezclas reales diferentes, y con cada una los 5 agregados de módulo diferente; en la consistencia «blanda», 7 a 12 cms. de asentamiento, las mezclas reales 1 : 7, 1 : 5 y 1 : 3, con 4 agregados diferentes cada una y la mezcla 1 : 2 con 1 agregado; las mezclas 1 : 2, con módulos 5.16 y 5.74 tienen una consistencia intermedia entre la húmeda y la blanda; en las mezclas de hormigón «fluido» se ensayaron tres mezclas reales diferentes, 1 : 7, 1 : 5 y 1 : 3 con 4 módulos de fineza diferentes; hay además una mezcla 1 : 2 con módulo de fineza 3.04, con un asentamiento superior al del hormigón llamado fluido. En total 58 mezclas de hormigón diferentes.

Los métodos de manipulación y ensaye de las mezclas se han ceñido hasta donde era posible a las normas de la A. S. T. M. Las proporciones de cemento y agregado están expresados en volúmenes medidos con el apisonamiento normal del saco en el primer caso, y seco y pisoneado en la forma standard en el caso del agregado. Sin embargo, para mayor comodidad y exactitud, la dosificación se ha hecho en realidad en peso, de acuerdo con la densidad 1,5 Kg/lt. para el cemento y con las indicadas en el Cuadro N.º 3 para los diversos tipos de agregados. El material se pesaba y se combinaba en cada caso para una sola determinación. Es decir, que para mezclas diferentes en que se empleaba agregado de una misma graduación, éste no se preparaba en común para varias mezclas, sino que se combinaba cada vez en la cantidad necesaria para una sola briqueta de

ensaye. Se tenía así la seguridad de que el agregado tenía la graduación exacta.

Una vez agregada el agua, la mezcla se revolvía durante unos 5 minutos antes de vaciarse al molde cónico para la prueba de sentamiento. Esta se hizo de acuerdo con las normas, depositando el material en tres capas sucesivas y pisoneando cada una con unos 30 golpes de una barra de hierro de unos 15 mm. de diámetro. La operación se puede ver en la Fig. 1. Como el procedimiento es rápido y

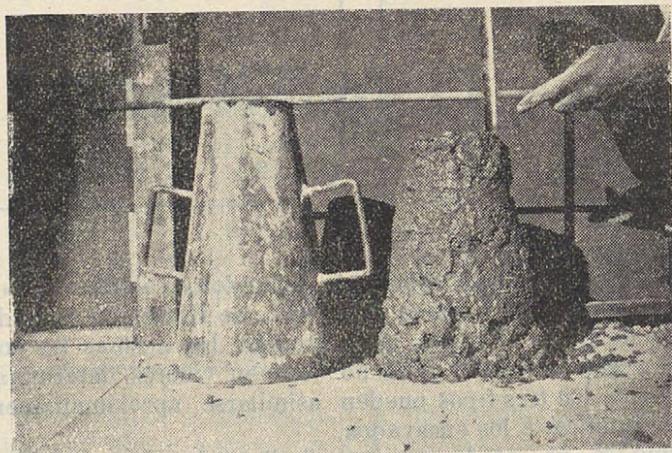


Fig. 1

sencillo no hay inconveniente en repetir la operación una vez más, si la mezcla ha resultado de una consistencia superior a la deseada, en cuyo caso basta agregar la cantidad de agua necesaria y revolver un poco antes de repetir el ensaye. Es cierto que el tiempo de revoltura resulta en estos casos un poco mayor.

Después del ensaye de sentamiento el material se vaciaba convenientemente mezclado al molde cilíndrico standard para la confección de la briqueta de ensaye. Conforme a las Normas de la A. S. T. M. (\*) las briquetas de compresión se prepararon en moldes cilíndricos de acero de 153 mm. (6") de diámetro por 305 mm. (12") de alto, debidamente aceitados a fin de evitar la adherencia del concreto. El molde se hace descansar en una plancha del mismo material, y se cubre con otra, ambas bien aceitadas, de modo que los bordes del molde queden perfectamente adheridos, tanto a la placa inferior como a la superior. El molde puede verse en la Fig. 2. anexa.

A pesar de estas precauciones, a veces, cuando la mezcla es muy húmeda, el agua logra escurrirse por debajo del molde. En ciertos casos este escurrimiento de agua llegó a unos 70 cm<sup>3</sup>, o un 5% del

(\*) Especificación C-31-33.

agua total, con la consiguiente disminución de la razón agua-cemento. Con el objeto de contrarrestar esta posible causa de error en la estimación de la razón agua-cemento, se medía en cada caso la cantidad de agua escurrida hasta unas dos horas después de preparada la briqueta, y se corregía el valor de la razón.

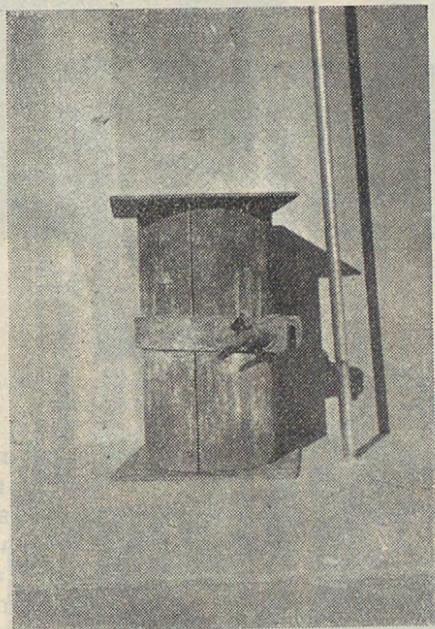


Fig. 2

Los moldes recién preparados se pesaban y después de haber emparejado con pasta de cemento la cara superior, se dejaba en un ambiente de aire húmedo a una temperatura de  $20^{\circ}$  durante 48 horas, al cabo de las cuales las briquetas se desmoldaban, se pesaban nuevamente y se enterraban en arena húmeda durante 26 días, es decir hasta completar los 28 días necesarios para el ensaye de compresión.

El ensaye se hizo en la máquina de compresión y tracción del Laboratorio de Resistencia de la Escuela de Ingeniería; aparece fotografiada en la figura 3, en el momento de someter a ensaye una probeta.

Es importante tener presente que en este ensayo existen una serie de causas de error que pueden conducir a resultados bastante anómalos. Prácticamente lo hemos experimentado en varios ejemplares que no quedaron bien terminados, por ejemplo, por falta de paralelismo en sus dos caras, o cuya posición en los platillos de la

máquina no fué bien centrada. Esto puede apreciarse en los dos ejemplos bien característicos de la Fig. 4. En el ejemplo de la izquierda la rotura anormal, producida naturalmente por una carga muy inferior a la correspondiente razón agua-cemento, se debió a la falta de paralelismo entre ambas caras de la briqueta. En el ejemplo de la derecha, por efecto de la excentricidad de la carga, la briqueta se flexionó, rompiéndose por tracción la parte de la derecha, como lo demuestra la grieta horizontal.

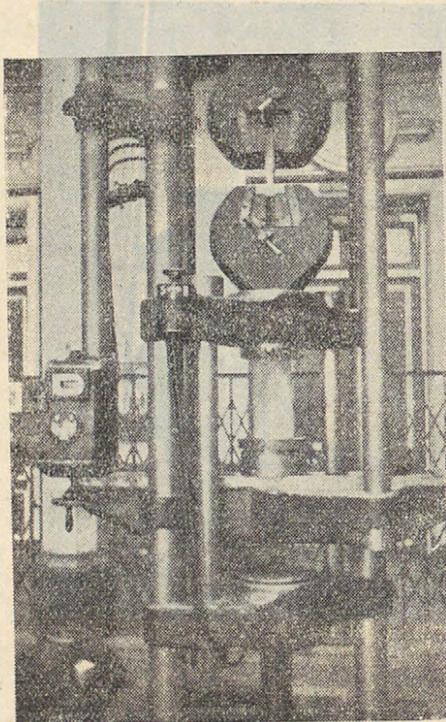


Fig 3

Harrison F. Gonnerman ha estudiado el efecto de las condiciones de terminación y de colocación de las briquetas en el ensaye de compresión (\*), ensayando a 7 y 28 días, 3 meses y 1 año, alrededor de 3,000 cilindros de concreto de 153 por 305 mm. En ese estudio ha comparado con los resultados normales de laboratorio los obtenidos por él, variando las condiciones de terminación de las caras de la briqueta, posición de los platillos o casquetas esféricas de la máquina de ensaye, posición de la briqueta, etc. Llega a determinar valores de porcentajes en que se reduce la resistencia por efecto de

(\*) Effect of End Condition of Cylinders on Compressive Strength of Concrete. Bul. 14. Structural Mat. Research Lab. Lewis Institute, 1925.

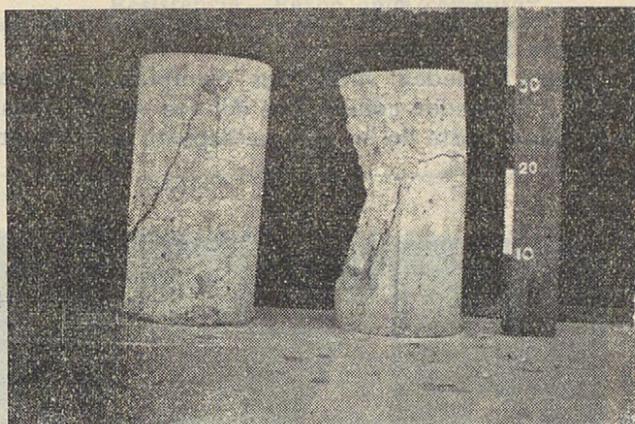


Fig. 4

anormalidades en estas condiciones y concluye llamando la atención sobre el gran cuidado y habilidad que requiere la preparación y la colocación de los cilindros para el ensaye en forma de conseguir que los extremos sean perfectamente planos y perpendiculares al eje del cilindro y que la carga sea uniforme y concéntrica. «Pequeños defectos en la terminación de los extremos, difíciles de evitar, son sin duda causa de grandes errores negativos; es además dudoso que el cilindro de compresión normal americano sea la forma más práctica y lógica de molde para prueba de compresión».

Otro factor importante en el ensaye del hormigón, es la velocidad de aplicación de la carga en la máquina. Las normas de la A. S. T. M. (\*) fijan una velocidad de 1.3 mm. por minuto (0,05 pulg./min.). Esta condición no pudo alcanzarse estrictamente, pues la velocidad mínima que permite esta máquina es de 5 mm. por minuto. Este aumento de un 385% en la velocidad de la carga, aún cuando teóricamente podría tener influencia en la resistencia, no parece ser sensible dada la pequeñez de su valor. J. A. Kitts, en la publicación ya citada, menciona el estudio de Abrams sobre esta materia (\*\*), en que llegó a establecer para una mezcla 1 : 3 un aumento de un 20% en la resistencia con un aumento de la velocidad de la máquina de 0,152 mm. por minuto (0,006 pulg./min.) a 3,66 mm. por minuto (0,150 pulg./min.), y un aumento proporcional al contenido de cemento para mezclas de otras proporciones. Este aumento de un 20% en

(\*) A. S. T. M., Standards. Especificación C-39-33.

(\*\*) Effect of Rate of Application of Load on Compressive Strength of Concrete. Proceedings A. S. T. M. Vol. 17, II, 1917.

la resistencia con un aumento de más del 2,000 por ciento en la velocidad de la carga viene a justificar nuestra estimación de que un aumento de 3,7 mm. por minuto en la velocidad no tiene gran efecto en la resistencia del hormigón.

En la figura 5 pueden verse tres ejemplos de roturas normales de briquetas, que pueden compararse con los presentados en la figura 4. En la mayor parte de los casos el aspecto de la rotura es el del

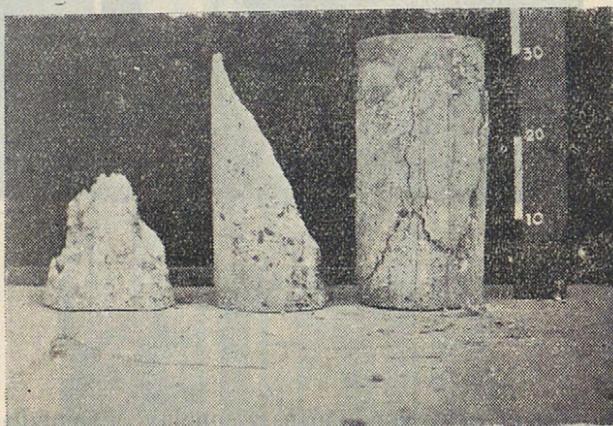


Fig. 5

ejemplo de la izquierda de la figura, en forma de dos conos unidos por su vértice (en la figura se ve únicamente el cono inferior).

En el cuadro siguiente y en el gráfico N.º 2 anexo, está resumido el total de las experiencias, siendo cada uno de los 58 puntos, el promedio de tres determinaciones individuales en aproximadamente la mitad de los casos y de dos en el resto (en aquellos en que los dos valores coincidieron sensiblemente no se hizo un tercer ensayo).

CUADRO N.º 6

Resistencia.—Razón agua/cemento

Mezcla real 1 :	Módulo de fineza										
	3.04		4.26		5.16		5.74		6.25		
	x	R (Kg.)	x	R (Kg.)	x	R (Kg.)	x	R (Kg.)	x	R (Kg.)	
9	—	—	1.85	22.5	1.49	41.7	1.28	66.0	1.10	83.6	
7	1.95	18.5	1.57	38.0	1.21	75.0	1.06	102.	0.98	108.5	
Sent. 1—5 cms.	5	1.39	48.0	1.10	85.0	0.92	133.8	0.80	163.2	0.71	172.0
4	1.14	66.4	0.90	146.0	0.74	198.5	0.71	185.3	0.63	217.0	
3	0.85	151.0	0.73	166.0	0.64	222.0	0.60	250.0	0.56	241.0	
2	0.68	204.0	0.59	265.0	0.54	271.0	0.52	266.0	0.49	308.0	
Sent. 7—12 cms.	7	....	1.72	27.7	1.36	47.8	1.23	58.2	1.14	63.6	
5	....	....	1.22	61.5	0.99	104.5	0.89	136.4	0.78	172.5	
3	....	....	0.79	182.5	0.69	193.8	0.63	231.5	0.59	225.0	
2	0.73	156.0	....	....	0.56	262.0	0.54	233.9	....	....	
Sent. 15—20 cms.	7	....	1.70	45.0	1.42	45.4	1.27	65.8	1.19	63.6	
5	....	....	1.25	70.5	1.05	92.5	0.94	137.0	0.84	157.2	
3	....	....	0.81	181.0	0.71	190.0	0.67	185.9	0.63	231.7	
2	0.82	147.0	....	....	....	....	....	....	....	....	

Para encontrar la ecuación de la curva representativa, se han trasladados los puntos del gráfico N.º 2 al N.º 3, en el cual aparece en abscisas la razón agua-cemento y en ordenadas el logaritmo de la resistencia. En este sistema los puntos aparecen sensiblemente en una recta cuya ecuación es:

$$\text{Log } R = 2.88 - 0.842 x, \text{ de donde } R = \frac{758}{6.95} x = \frac{760}{7x}$$

kg./cm.<sup>2</sup>

Comparada con la ecuación de Abrams,  $R = \frac{980}{7x}$  puede observarse que en nuestro caso la resistencia obtenida es alrededor de un 20% más baja. No puede atribuirse esta diferencia exclusivamente a las características del cemento, sino más bien a diferencias

en la manera de operar, especialmente a la mayor velocidad de la carga. En todo caso los ensayos demuestran una dependencia bien regular de la resistencia respecto de la razón agua/cemento, y la relación determinada puede servir como punto de partida para nuevos ensayos con otros tipos de cemento de fabricación nacional.

Examinando los valores del cuadro anterior puede verse que no aparece en la consistencia correspondiente a sentamientos de 1 a 5 cms., la mezcla 1 : 9 con módulo de fineza 3.04, porque el hormigón no resultó trabajable: el sentamiento del cono fué nulo y el pisoneo dejaba hoyos en la mezcla aún agregando exceso de agua. En el límite de trabajabilidad resultaron las mezclas  $n = 7$  con  $m = 3.04$  y  $n = 9$  con  $m = 4.26$ , con sentamientos de apenas 1 cm., teniendo cierto exceso de agua. De lo experimentado en esta consistencia puede deducirse que en nuestro caso no es aplicable la ley de Abrams a mezclas cuya razón agua/cemento sea superior a 1,7 aproximadamente. En el caso nuestro, para el módulo 3:04, las mezclas reales 1 : 7 o más pobres quedan fuera de este límite; para el módulo de fineza 4,26, la mezcla 1 : 7 quedaría al límite; para módulos de fineza mayores las mezclas pueden ser más pobres y dar sin embargo hormigones trabajables.

En promedio, puede advertirse que las mezclas de sentamiento 7 — 12 cms. tienen un 10% más de agua que las de sentamiento 1 — 5 cms., y que las de sentamiento 15 — 20 cms. tienen alrededor de un 16% más que éstas.

De modo que  $x(7-12) = 1.10 \times (1-5)$  y  $x(15-20) = 1.16 \times (1-5)$ .

En la práctica el hormigón de sentamiento 1—5 cms. no tiene gran empleo, porque es demasiado seco; sólo es aplicable en construcciones de dimensiones apreciables, donde no existan o sean muy escasas las armaduras y el pisoneo sea fácil; en caso contrario la manipulación resulta dificultosa. En construcciones de hormigón armado, de escaso espesor o de formas complicadas; o en casos en que la distribución del material se hace en forma mecánica, no es práctico el empleo de hormigones de sentamiento inferior a 8—10 cms.

En casos determinados la consistencia puede llegar a sentamientos de 20—25 cms., lo que corresponde aproximadamente a un 20% de agua en exceso sobre la mezcla de sentamiento de 1—5 cms.

Aún cuando las mezclas secas requieren menos cemento que las fluidas para una resistencia dada, es recomendable estimar siempre la consistencia con cierta holgura, aunque haya que emplear un poco más de cemento.

### Densidad y contenido de cemento por $m^3$ . su influencia en la resistencia del hormigón

Para estudiar la influencia de la densidad del hormigón en la resistencia y comparar los resultados obtenidos con la dosificación corriente, en kgs. de cemento por metro cúbico de hormigón preparado, hemos reunido en el cuadro siguiente, las determinaciones del cuadro anterior, agregando a los datos conocidos, el contenido de cemento, la densidad y el rendimiento («yield») de la mezcla, es decir la razón entre el volumen final y el volumen de los componentes.

CUADRO N.º 7

Mezcla real.	Mód. de fineza	Agua/cemento	Resist. Kg./cm. <sup>2</sup>	Cemento kg./m. <sup>3</sup>	Densidad	Rendimiento	Sentamiento s cms.
n	m	x	r	C	d	Y	
9	3.04	2.20	....	157	2.12	....	0 Mezcla no trabable.
9	4.26	1.5	22.5	155	2.15	1,060	2
9	5.16	1.49	41.7	158	2.24	1,050	2
9	5.74	1.28	66.0	159	2.34	1,032	1
9	6.25	1.10	83.6	161	2.34	1,039	1,5
7	3.04	1.95	18.5	188	1.99	1,090	1
7	4.26	1.57	38.0	194	2.15	1,058	2
7	5.16	1.21	75.0	201	2.27	1,036	2
7	5.74	1.05	102.0	203	2.35	1,025	1,5
7	6.25	0.98	108.5	206	2.38	1,015	1,5
5	3.04	1.39	48.0	266	2.05	1,080	2
5	4.26	1.10	85.0	270	2.21	1,046	3
5	5.16	0.92	133.8	274	2.29	1,035	3,5
5	5.74	0.80	163.2	274	2.36	1,017	3
5	6.25	0.71	172.0	282	2.41	1,010	1,5
4	3.04	1.14	66.4	323	2.06	1,070	3
4	4.26	0.90	146.0	330	2.22	1,042	3
4	5.16	0.74	198.5	334	2.31	1,030	2
4	5.74	0.71	185.3	332	2.37	1,015	3
4	6.25	0.63	217.0	340	2.41	1,005	2,5
3	3.04	0.85	151.0	422	2.12	1,067	2
3	4.26	0.73	166.0	417	2.22	1,050	3,5
3	5.16	0.64	222.0	423	2.32	1,021	4
3	5.74	0.60	250.0	420	2.37	1,011	3,5
3	6.25	0.56	241.0	424	2.38	1,011	3,5
2	3.04	0.68	204.0	570	2.15	1,046	5
2	4.26	0.59	265.0	574	2.28	1,020	4,5
2	5.16	0.54	271.0	570	2.32	1,017	4
2	5.74	0.52	266.0	565	2.35	1,012	4
2	6.25	0.49	308.0	576	2.38	1,007	4
7	4.26	1.72	27.7	193	2.16	1,041	10
7	5.16	1.36	47.8	201	2.27	1,026	12
7	5.74	1.23	58.2	198	2.32	1,023	11
7	6.25	1.14	63.6	202	2.36	1,010	11
5	4.26	1.22	61.5	266	2.19	1,040	7
5	5.16	0.99	104.5	272	2.29	1,027	9

Mezcla real.	Mód. de fineza	Agua/cemento	Resist. Kg./cm. <sup>2</sup>	Cemento Kg./m <sup>3</sup>	Densidad	Rendimiento	Sentamiento
n	m	x	R	C	d	Y	s cms.
5	5.74	0.89	136.4	272	2.36	1.012	9
5	6.25	0.78	172.5	278	2.40	1.006	10
3	4.26	0.79	182.5	418	2.24	1.030	11
3	5.16	0.69	193.8	418	2.31	1.020	11
3	5.74	0.63	231.5	418	2.36	1.015	10
3	6.25	0.59	225.0	426	2.40	1.000	11
2	3.04	0.73	156.0	562	2.13	1.050	12
7	4.26	1.70	45.0	194	2.17	1.040	15
7	5.16	1.42	45.4	201	2.28	1.020	17
7	5.74	1.27	65.8	196	2.30	1.024	17
7	6.25	1.19	63.6	203	2.38	1.008	16
5	4.26	1.25	70.5	264	2.19	1.040	18
5	5.16	1.05	92.5	270	2.29	1.028	18
5	5.74	0.94	137.0	267	2.33	1.020	16
5	6.25	0.84	157.2	274	2.35	1.015	17
3	4.26	0.81	181.0	413	2.22	1.037	18
3	5.16	0.71	190.0	420	2.32	1.012	19
3	5.74	0.67	186.0	415	2.36	1.006	19
3	6.25	0.63	231.7	422	2.39	1.002	17
2	3.04	0.82	147.0	551	2.12	1.037	24

Para estudiar la influencia de la densidad en la resistencia del hormigón, puede observarse en primer lugar cómo influyen a su vez en la densidad el módulo de fineza y la mezcla real. Mientras en todos los casos, sin excepción, la densidad aumenta con el módulo de fineza, la influencia del contenido de cemento es apenas perceptible, notándose en general un pequeño aumento de la densidad. Ahora, para el mismo módulo y la misma mezcla real, pero con diferentes consistencias, no se observa variación apreciable de la densidad en uno u otro sentido. Mientras el hormigón de proporción 1 : 7 y módulo 4.26 disminuyó con la consistencia, de 2.17 a 2.15, el de proporción 1 : 7 y módulo 5.74 aumentó con la consistencia, de 2.30 a 2.35, y el de proporción 1 : 5 y módulo 5.74, en cambio no varió en densidad, igual a 2.29 en las 3 consistencias.

Podemos deducir de todo esto que la densidad por sí misma no

indica nada respecto de la resistencia del hormigón, salvo en aquellos del mismo contenido de cemento y de la misma consistencia, en que a mayor densidad corresponde mayor resistencia. Pero hemos visto que este aumento de densidad es debido al aumento del módulo de fineza, lo que a su vez es causa de la disminución de la razón agua-cemento. Queda, sin embargo, la posibilidad de que para un mismo módulo de fineza la densidad del hormigón varíe como consecuencia de un cambio en la graduación del agregado (se entiende que en la distribución del material solamente, y sin que cambie el módulo de fineza).

En realidad la resistencia debe estar en relación con la densidad o compactibilidad («compacité», como la llamó Feret) de un hormigón de contenido dado de cemento, y ser mayor mientras más denso sea éste. Esto está confirmado con las investigaciones de Feret, Fuller y Thompson, Talbot y Richart, etc.

Feret descubrió que la resistencia, para un contenido dado de cemento, aumentaba con la densidad del hormigón; y que, a su vez, aumentaba esta con el grosor (llamémosle así) y tamaño máximo del agregado, y disminuía con el aumento del agua, siempre que este pasara de cierta cantidad que corresponde a una consistencia seca, no trabajable. Salvo en lo de la influencia del agua, respecto de la cual los resultados no son muy concluyentes, como puede observarse, el hecho anotado por Feret está plenamente confirmado con los valores de la tabla anterior. Hemos visto justamente que la densidad aumenta con el grosor y con el tamaño máximo del agregado, es decir, con el módulo de fineza, ya que este no depende sino de ellos.

Fuller y Thompson hicieron ver la influencia de la graduación en la densidad y resistencia del hormigón, y establecieron ecuaciones de graduación, en función del tamaño máximo, para la máxima densidad y resistencia, con un contenido dado de cemento. Las conclusiones más importantes de estos experimentadores, pueden resumirse en los puntos siguientes: 1.º Mientras mayor es el tamaño máximo del agregado, más denso y más resistente es el hormigón. 2.º Los agregados cuyas partículas se han combinado especialmente con el fin de dar la mezcla de mayor densidad, para un mismo contenido de cemento e igual consistencia, producen un hormigón de mayor resistencia que aquellos en los cuales el agregado tiene una graduación arbitraria cualquiera; entendiéndose que en ambos casos el módulo de fineza es el mismo. 3.º Un exceso de arena fina o media hace disminuir la densidad y resistencia del hormigón, lo que también ocurre cuando la arena fina es insuficiente en las mezclas pobres. 4.º La sustitución de arena fina por cemento, aumenta la resistencia del hormigón sin que varíe la densidad.

Finalmente, los profesores Arthur N. Talbot y Frank E. Richart (\*) en sus investigaciones han demostrado la influencia del con-

(\*) The Strength of Concrete: Its relation to the Cement, Agregates and Water. Bull. N o 137 Engineering Experiment Station, U. of Illinois, oct. 1923. Los autores dan una fórmula de la resistencia del hormigón a los 28 días, en función del volumen absoluto de cemento y de huecos por unidad de volumen de hormigón:  $R = 32000 \frac{(c)^{2.5}}{\sqrt{7c}}$  lbs/pulg.<sup>2</sup>

tenido de agua y de la graduación del agregado en la densidad y resistencia del hormigón. Han referido el contenido de agua en morteros y hormigones a lo que llamaron «contenido básico de agua» (basic water content), que definen como aquella cantidad de agua que produce el hormigón de volumen mínimo o de máxima densidad. Es una definición más precisa y científica de la llamada «consistencia normal». Las mezclas de «contenido básico de agua» dan asentamientos de alrededor de 1 cm. de modo que en general no son trabajables. En cuanto a la graduación del agregado, aplicaron la siguiente ecuación de graduación  $p=(d/D)^n$ , en que  $p$  es la proporción de agregado que pasa por el tamiz de abertura  $d$ ;  $D$  es el tamaño máximo y  $n$  un exponente que varía con el mayor o menor «grosor» del agregado, por consiguiente con el módulo de fineza.

Para  $n=0.5$  la curva de graduación es una parábola, idéntica con una de las graduaciones ensayadas por Fuller y Thompson. A las graduaciones determinadas por esta ecuación se les ha llamado uniformes.

Los ensayos de Talbot y Richart han demostrado que de los hormigones de igual consistencia, contenido de cemento, módulo de fineza y tamaño máximo, son más densos y tienen mayor resistencia aquellos cuyos agregados están graduados regularmente, es decir, de acuerdo con la ecuación  $p=(d/D)^n$ . J. A. Kitts, a quien se ha citado varias veces, en una comparación de los ensayos de Talbot y Richart llega a la conclusión de que en los hormigones con agregados de graduación uniforme la densidad es un 5 a 6% mayor y la resistencia un 30% mayor que en los de graduación no uniforme, para una misma razón agua-cemento. Este hecho es muy importante, porque resuelve un punto que no ha sido puesto bien en evidencia en la teoría de Abrams, de modo que sin modificarla, la viene a completar; «la resistencia de los hormigones de igual razón agua-cemento es mayor cuando los agregados están combinados en forma de dar la mayor densidad».

Continuando nuestra observación sobre la influencia de la densidad en la resistencia deducimos de lo anterior:

1.º Que para hormigones de igual contenido de cemento y de la misma consistencia, la resistencia es mayor mientras mayor es la densidad del hormigón.

2.º Que el aumento de densidad en hormigones de igual contenido de cemento puede deberse: a) al aumento del módulo de fineza, sea por cambio de graduación o por el empleo de mayor tamaño máximo. En este caso, si la consistencia queda constante, a mayor módulo de fineza corresponde menor razón agua-cemento, por lo tanto mayor resistencia. b) A una disminución de la cantidad de agua. Si el módulo de fineza queda constante, a diferentes contenidos de agua corresponderán diferentes consistencias, aumentando la consistencia y la densidad a medida que el agua disminuye, hasta llegar al contenido básico, para el cual la densidad es máxima. En este caso, (módulo de fineza constante) al mismo tiempo que disminuye el agua disminuye también la razón agua-cemento y aumenta por consiguiente la resistencia. c) Por último, si el módulo de fineza y la consistencia son constantes (igual razón agua-cemento), una mejor distribución

de las partículas del agregado en forma que se tenga una graduación regular que corresponda a la ecuación  $p = (d/D)^n$ , conduce a una mezcla de mayor densidad y resistencia que otra en la cual el agregado no está regularmente graduado.

Al dosificar un hormigón de resistencia, consistencia y tamaño máximo dados, una vez fijado el módulo de fineza (el máximo admisible para el tamaño máximo y el contenido de cemento adoptado), se obtiene la mezcla más conveniente cuando el agregado se gradúa en forma de dar la máxima densidad, para esas condiciones. En rigor la mezcla resultante tendría mayor resistencia que la especificada, puesto que la elección del módulo de fineza y de la mezcla real están basadas en las curvas y determinaciones hechas con agregados de graduación media, es decir formados con proporciones variables de arena y ripio de graduaciones que no corresponden exactamente a la mayor densidad. De modo que las variaciones observadas en la resistencia para idénticos valores de la razón agua-cemento (ver gráfico N.º 1) podrían atribuirse en parte a este hecho: es decir, las mezclas cuyos agregados se acercan más a la graduación  $p = (d/D)^n$  dan resistencias superiores a las otras de graduación arbitraria, para la misma razón agua-cemento.

Como no es posible, con los datos que tenemos, avaluar cuantitativamente la influencia de la irregularidad (respecto de la distribución  $p = (d/D)^n$ ) de la graduación del agregado en la resistencia del hormigón, no analizamos las diferentes graduaciones para comparar con la distribución óptima de Talbot y Richart. Como ejemplo, comparamos a continuación la composición del agregado de módulo 5,16 y tamaño máximo 38 mm. empleado en las determinaciones, con la de un agregado del mismo módulo y tamaño máximo, graduado de acuerdo con la ecuación de Talbot y Richart. (Ver Gráfico N.º 4).

Tabla N.º 8

Graduación regular  $p = (d/D)^n$  para  $D$  (tam. máx.) = 38 mm.;  
 $r = 1 - p = 1 - (d/D)^n$

N.º — mm.	d/D	Retenido en %			agregado empleado
		n = 0.4	n = 0.5	n = 1	
100—0.15	0.00395	89.1	93.7	99.6	99
50—0.3	.0079	85.6	91.1	99.2	91
30—0.6	.0158	81.0	87.4	98.4	80
16—1.2	.0316	74.9	82.2	96.8	72
8—2.4	.0632	66.9	74.9	93.7	60
4—4.8	.126	56.4	64.5	87.4	50
3/8—9.5	.252	42.5	49.9	74.8	35
3/4—19	.500	24.2	29.3	50.0	20
1 1/2—38	1.000	0	0	0	9
Módulo de fineza		5.20	5.73	7.00	5.16

De la comparación resulta que habría margen en el caso del agregado de módulo de fineza 5,16 para mejorar la distribución y aumentar la densidad y la resistencia de la mezcla, adoptando una graduación regular en que el exponente  $n$  fuera igual a 0,4.

### Contenido de cemento por metro cúbico. Rendimiento de la mezcla

En otra columna de la tabla N.º 7 se ha indicado el contenido de cemento, en kgs. por m<sup>3</sup> de hormigón preparado, correspondiente a cada una de las determinaciones. Hasta ahora, para indicar la riqueza de la mezcla nos hemos valido de la mezcla real o proporción entre los volúmenes de cemento y de agregado, medidos en una forma standard. Pero el contenido de cemento por unidad de volumen de hormigón no tiene una equivalencia exacta con la mezcla real, sino que varía para una misma mezcla real, con la densidad del hormigón resultante. Así, en las mezclas de consistencia correspondiente a asentamientos de 1-5 cm. se puede observar, para las mismas mezclas reales, una variación media de un 5% en el contenido de cemento por metro cúbico (en la mezcla real  $n = 7$  esta variación alcanza a un 10%); la variación correspondiente de la densidad es de un 15%. Esta variación del contenido de cemento por m<sup>3</sup> para mezclas de igual proporción cemento-agregado, no es necesariamente proporcional a la variación de la densidad; o sea que, por ejemplo, una disminución de un 10% del volumen resultante, a la que corresponde un aumento de 10% del contenido de cemento por m<sup>3</sup>, no significa siempre un aumento en 10% de la densidad, sino que en general este aumento será mayor. Hay en esto una serie de factores que considerar, que hacen muy difícil establecer una relación entre la densidad y el contenido de cemento por metro cúbico, aún para mezclas de igual proporción de cemento. Son éstos principalmente, el volumen de aire que queda en el interior de la mezcla y la disolución del cemento en el agua. Recordemos al respecto la ecuación de Feret, que es una expresión racional de la estructura del hormigón:

$$V_H = c + a + g + h ;$$

es decir, el volumen del hormigón resultante es igual a la suma de los volúmenes absolutos de cemento (c), agua (a) y agregado (g) más el volumen de huecos del aire encerrado (h). Según esta fórmula el volumen aparente del hormigón es mayor que la suma de los volúmenes absolutos de los componentes, debido a los huecos de aire que quedan en la mezcla. El rendimiento de la mezcla (yield) o razón entre el volumen resultante y la suma de los volúmenes elementales, es en este caso mayor que 1. Sucede, sin embargo, especialmente en las mezclas ricas en cemento y con bastante agua, que parte del cemento entra en solución con el agua, y esta solubilidad contrarresta el efecto del aire acumulado, produciendo una contracción o disminución del volumen aparente. El efecto del aire encerrado predomina en las mez-

clas pobres y secas; en cambio en las mezclas ricas y bastante fluidas, predomina, en sentido contrario, la influencia de la solubilidad del cemento. En el primer caso el rendimiento es mayor que 1; en el segundo menor que 1.

Los valores que se determinen para el rendimiento no pueden tener una validez absoluta, puesto que en ellos deben influir también las condiciones de preparación de las mezclas, como el tiempo de revoltura y el apisonamiento. Por lo tanto, pueden sólo aplicarse a mezclas preparadas en condiciones semejantes.

En nuestro caso, como lo indican los valores de la columna Y' el rendimiento resultó siempre mayor que 1, disminuyendo, en general, para el mismo módulo de fineza, con el contenido de cemento, y para igual contenido de cemento, inversamente al módulo de fineza. Los valores máximos se obtienen con las mezclas pobres y de bajo módulo de fineza, y alcanzan a un 105 a 110% de los volúmenes absolutos.

Como conclusión de lo anterior, podemos establecer:

1.º Que para los efectos de la resistencia la dosificación en kgs. de cemento por metro cúbico de hormigón no se diferencia prácticamente de la dosificación en proporción cemento-agregado o mezcla real. En realidad, para una misma mezcla real se observa un pequeño aumento del contenido de cemento por m.<sup>3</sup> junto con el aumento de la resistencia; pero éste no puede atribuirse a aquél, sino que ambos son consecuencia del aumento del módulo de fineza: el contenido de cemento por m.<sup>3</sup> aumenta con el módulo de fineza, por efecto de la contracción o disminución del rendimiento, y la resistencia aumenta con el módulo, a causa de la disminución de la razón agua-cemento.

2.º Que para una misma mezcla real, el contenido de cemento por metro cúbico aumenta con la densidad del hormigón, pero que no existe proporcionalidad entre estas variaciones, siendo casi imposible establecer una relación entre ellas, pues mientras la variación del contenido de cemento por m.<sup>3</sup> se debe únicamente a la variación del volumen resultante, en la densidad influye no sólo el volumen resultante, sino el peso del agua y del agregado. Se comprende mejor esto, comparando las expresiones para una misma mezcla real y dos agregados de módulo diferente:

$$\text{kg. de cemento/m.}^3 \quad c = \frac{p_c}{c+a+g+h}, \quad c' = \frac{p_c}{c+a'+g'+h'}$$

$$\text{densidad } d = \frac{p_c + p_a + p_g}{c+a+g+h}, \quad d' = \frac{p_c + p_{a'} + p_{g'}}{c+a'+g'+h'}$$

Se podría aún haber establecido comparaciones con otras formas de dosificación propuestas; pero en vista de que éstas son siempre de

aplicación limitada y en la práctica muy poco empleadas, no vale la pena hacerlo. Talbot y Richart (\*) por ejemplo, han establecido una ecuación de la resistencia del hormigón en función del volumen absoluto de cemento y del volumen de huecos de la mezcla (aire y agua).

$$R = \frac{32\,000}{\left(1 + \frac{V}{c}\right)^{2,5}} = 32\,000 \left(\frac{c}{v+c}\right)^{2,5}$$

Se ha demostrado que esta ecuación no es más general que la de Abrams, y que por lo demás existe una relación entre la razón agua-cemento y el término  $\left(\frac{c}{v+c}\right)$ .

El Profesor Otto Graf, de Stuttgart (\*\*), ha desarrollado una ecuación de la resistencia del hormigón basada, 1.º, en la resistencia del mortero normal, y 2.º, en la razón agua-cemento en peso. La ecuación de Graf es:  $R = \frac{R_n}{8w^2}$ , en que  $R_n$  = resistencia del mortero normal a los 28 días, y  $w$  = razón agua cemento en peso. Siendo la densidad media del cemento ensayado igual a 1,5, y habiéndose obtenido para el mortero normal la resistencia a la compresión de 375 kgs./cm<sup>2</sup>, la ecuación de Graf puede expresarse, en función de la razón agua-cemento en volumen, en la forma siguiente:

$$R = \frac{1,5^2 \times 375}{8x^2} = \frac{105}{x^2} \text{ kg/cm.}^2$$

La curva correspondiente a esta función puede observarse en el Gráfico N.º 5. Se ve que para los valores corrientes de la razón agua-cemento desde  $x=0,6$  hasta  $x=1,7$ , la resistencia dada por Graf es inferior a la que da Abrams, alcanzando su mayor divergencia en la región de  $x=1$  en que coincide sensiblemente con la deducida de nuestros ensayos.

(\*) Bull N.º 137 de la Universidad de Illinois. 1923.

(\*\*) Der Aufbau des Mörtels und des Betons Otto Graf, Berlin, 1930.

## Método de dosificación de un hormigón

### RELACIÓN ENTRE RAZÓN AGUA-CEMENTO, CONSISTENCIA, MÓDULO DE FINEZA Y MEZCLA REAL.

La determinación de la curva Resistencia-Razón agua-cemento no es suficiente para resolver sobre la cantidad de cemento y agregado que debe contener un hormigón. Es necesario para esto encontrar la relación que existe entre la razón agua-cemento y las demás variables: consistencia, módulo de fineza y mezcla real. Sabemos desde luego que la razón agua-cemento aumenta con la fluidez de la mezcla y varía inversamente al módulo de fineza y a la proporción de cemento. Se ha determinado de los valores del Cuadro N.º 6, la siguiente relación general entre la razón agua-cemento, la consistencia, el módulo de fineza y la mezcla real:

$$X = K \left( 0,2 \text{ mp.} + \frac{0,67 \text{ n}}{1,38 \text{ m}} \right)$$

en que K = consistencia relativa (cantidad relativa de agua con respecto a la de la consistencia de asentamiento 1 - 5 cms., que es 1), y p = consistencia normal del cemento Portland Melón (= 0.27, valor medio determinado).

En las tablas siguientes (N.º 9, 10 y 11) se indican los valores de X determinados con la fórmula anterior para las 3 consistencias ensayadas y los diferentes módulos de fineza y mezclas reales. Las cantidades entre paréntesis son los valores efectivos experimentados. (Los mismos del Cuadro N.º 6.)

TABLA N.º 9 (Ver Gráfico N.º 9)

Sentamiento: 1—5 cms.

Mezcla real n.	MÓDULO DE FINEZA					
	3,04	4.26	5.16	5.74	6,25	7 00
9.....	2.41 —	1.70 (1.85)	1.45 (1.49)	1.30 (1.28)	1.15 (1.10)	1.01
7.....	1.91 (1.95)	1.42 (1.57)	1.19 (1.21)	1.08 (1.06)	0.97 (0.98)	0.87
5.....	1.41 (1.36)	1.08 (1.10)	0.93 (0.92)	0.86 (0.80)	0.79 (0.71)	0.73
4.....	1.16 (1.14)	0.91 (0.90)	0.80 (0.74)	0.75 (0.71)	0.70 (0.63)	0.66
3.....	0.91 (0.85)	0.74 (0.73)	0.67 (0.64)	0.63 (0.60)	0.60 (0.56)	0.58
2.....	0.67 (0.68)	0.57 (0.59)	0.54 (0.54)	0.53 (0.52)	0.52 (0.49)	0.51

TABLA N.º 10 (Ver gráfico N.º 7)

Sentamiento: 7—12 cms, (=10 cms.)

Mezcla real n.	MÓDULO DE FINEZA				
	4.26	5.16	5.74	6.25	7 00
7.....	1.56 (1.72)	1.31 (1.36)	1.19 (1.23)	1.07 (1.14)	0.96
5.....	1.19 (1.22)	1.02 (0.99)	0.94 (0.89)	0.87 (0.78)	0.80
3.....	0.81 (0.79)	0.73 (0.69)	0.70 (0.63)	0.66 (0.58)	0.64
2.....	0.63 (—)	0.59 (—)	0.58 (—)	0.57 (—)	0.56

TABLA N.º 11 (Ver gráfico N.º 8)

Sentamiento: 15—20 cms.

Mezcla real n.	MÓDULO DE FINEZA				
	4.26	5.16	5.74	6.25	7 00
7.....	1.65 (1.70)	1.38 (1.42)	1.25 (1.27)	1.13 (1.19)	1.01
5.....	1.25 (1.25)	1.07 (1.05)	0.99 (0.94)	0.92 (0.84)	0.85
3.....	0.86 (0.81)	0.78 (0.71)	0.73 (0.67)	0.70 (0.63)	0.67
2.....	0.66 (—)	0.63 (—)	0.61 (—)	0.60 (—)	0.59

Las curvas correspondientes,  $X = f(m,n)$  con  $n$  como parámetro, que aparecen en los Gráficos N.os 6, 7 y 8, pueden expresarse también, ya que la resistencia  $R = f(X)$ , como  $R = f(m,n)$ , o mejor, como  $n = f(m,R)$ , de modo que se obtiene una relación entre la mezcla real  $n$  y el módulo de fineza  $m$  para diferentes valores de la resistencia  $R$ . Esto es lo que expresan los gráficos N.os 6A, 7A y 8A, para las consistencias de sentamiento 1-5 cms, 7-12 cms. y 15-20 cms., respectivamente.

Elcontrada la relación entre  $n$ ,  $m$  y  $R$ , el problema de la dosificación no queda aún determinado, pues, como se ve, para cada valor de la resistencia existe infinidad de combinaciones de la mezcla real y el módulo de fineza; por ejemplo para la mezcla de sentamiento 1-5 cms. la resistencia de 80 kgs/cm.<sup>2</sup> puede obtenerse con una mezcla 1:4 y un módulo de fineza 3.1 o con una mezcla 1:5 y módulo 3.4, o con una mezcla 1:7 y módulo 5.3, etc. Habrá ventaja, por consiguiente, en emplear por razones de economía, la menor cantidad de cemento compatible con la trabajabilidad de la mezcla. Esta limitación queda impuesta por el empleo de máximo u óptimo módulo de fineza, que, como hemos visto anteriormente, depende del tamaño máximo del agregado empleado y de la mezcla real. Estos valores están dados en la Tabla N.o 2. Superponiendo en los gráficos N.os 6A, 7A y 8A las curvas  $n:m$  del Cuadro N.o 2 para los diferentes valores del tamaño máximo, se obtienen los gráficos N.os 9, 10 y 11, que permiten resolver todos los problemas de la dosificación, pues establecen la relación que existe entre los cuatro factores determinantes a que nos hemos referido anteriormente, a saber:

- 1.—Graduación del agregado (módulo de fineza y tamaño máximo).
- 2.—Proporción de cemento de la mezcla (mezcla real).
- 3.—Consistencia o grado de fluidez de la mezcla (sentamiento).
4. Resistencia a la compresión del hormigón, (razón agua-cemento).

Estas mismas relaciones pueden llevarse también en tablas o en abacos; pero resulta más sencilla la aplicación de gráficos de la forma indicada.

Con ayuda de estos gráficos o tablas y la relación Resistencia-Razón agua-cemento, es posible resolver cualquier problema de dosificación de hormigones. Este problema, en general, se reducirá a lo siguiente: dadas la consistencia y la resistencia del hormigón y el tamaño máximo de agregado, determinar las proporciones y cantidades de materiales y la graduación del agregado.

Un auxiliar bastante útil en el proyecto de hormigones es un método para determinar la cantidad de cemento necesario para producir un determinado volumen de hormigón. Es la fórmula dada por Stanton Walker (\*), simple derivación de la fórmula de Feret del volumen total de hormigón:  $V_H = c + a + g + h$ .

La fórmula de Stanton Walker da el peso de cemento necesario para producir un metro cúbico de hormigón:

(\*) Concrete & Constructional Engineering. Febrero de 1927.

$$c = \frac{d c}{0.48 + X + \frac{W_f + W_g}{p_a}} \text{ Kg. de cemento por m}^3 \text{ de hormigón, en } \text{qu}^3$$

$d c$  = densidad del cemento en Kg/m<sup>3</sup>.

$$0.48 = \text{densidad de volumen del cemento} = \frac{d c}{\text{peso específico}} = \frac{1,5}{3,12}$$

$X$  = razón agua-cemento.

$W_f, W_g$  = peso de los volúmenes de agregado fino y grueso correspondientes a un volumen de cemento.

$p_a$  = peso específico del agregado.

La derivación de esta fórmula es la siguiente: Volumen del hormigón = volumen de la pasta de cemento (volumen absoluto de cemento + volumen de agua) + volumen absoluto del agregado, sin tomarse en cuenta vacíos ni disolución de cemento en agua. Si el volumen de cemento que se ha considerado es igual a 1, el volumen de la pasta de cemento = volumen absoluto de cemento + razón agua-cemento.

El volumen absoluto del cemento por lt. de volumen aparente es igual a  $\frac{1,5}{3,12} = 0.48$

El volumen absoluto del agregado correspondiente a un volumen de cemento será igual a  $\frac{W}{p}$ , siendo  $W$  el peso del agregado correspondiente a 1 volumen de cemento y  $p$  el peso específico del agregado.

El volumen absoluto del agregado será:

$\frac{W_f}{p_f} + \frac{W_g}{p_g}$ , si  $p_f$  no es igual a  $p_g$ . Pero, en general,  $p_f = p_g$  (en nuestro caso igual a 2.65).

Un volumen de cemento produce entonces:

$$0.48 + x + \frac{W_f + W_g}{p_a} \text{ volúmenes de hormigón.}$$

Por m<sup>3</sup> de hormigón se necesitan  $\frac{1}{0.48 + x + \frac{W_f + W_g}{p_a}}$  m<sup>3</sup> de cemento, o sea, si la densidad de éste es 1,5:

$$\frac{1,500}{0,48 + x + \frac{W_f + W_g}{p_a}} \text{ Kg. de cemento por m}^3 \text{ de hormigón.}$$

Esta fórmula no toma en cuenta el «yield» o rendimiento de la mezcla debido a los vacíos que quedan cuando la mezcla es muy seca o a la disolución del cemento cuando es muy rica o contiene mucha agua, pero en las aplicaciones de la práctica esto no tiene mayor importancia.

## APLICACION

### Ejemplo de dosificación de un hormigón preparado con cemento Melón por el método de la razón agua-cemento

Se trata de preparar un hormigón de calidad tal que su resistencia de ruptura a la compresión a los 28 días, sea de  $160 \text{ kg/cm}^2$ .

El hormigón se empleará en una construcción de hormigón armado de forma y dimensiones tales que no permiten el empleo de agregado de tamaño superior a 40 mm. ( $1 \frac{1}{2}''$ ), y de modo que la consistencia corresponda a un asentamiento de unos 10 cms., es decir a un hormigón de consistencia blanda (pág. 32). Empleóse como agregado grueso, piedras de río.

*Razón agua-cemento.*—A la resistencia fijada de  $160 \text{ kg. cm}^2$ , corresponde una razón agua-cemento:  $x=0.80$  (gráfico N.o 4).

*Agregado.*—Conviene tomar una muestra representativa del agregado por emplear y someterla previamente a un ensaye de impurezas orgánicas y de contenido de arcilla de acuerdo con los métodos de la A. S. T. M., para decidir sobre su empleo. Se determina además el contenido de humedad de la arena y del ripio, expresándolo en % del peso total

El análisis de cernido o determinación del módulo de fineza de los agregados hay que hacerlo con muestras completamente secas y tomando una cantidad de alrededor de 1 kg. de arena y unos 10 kgs. de ripio. Se somete cada una de estas muestras al cernido en la serie de tamices standard (ver pág. 18).

Al determinar la graduación del agregado grueso, debe tenerse presente que éste no contendrá partículas de una dimensión mayor que 40 mm. ( $1 \frac{1}{2}''$ ), entendiéndose que quedará en el tamiz inmediatamente inferior por lo menos un 15% de material, de acuerdo con la definición de tamaño máximo.

Hecho el cernido de los agregados, supongamos que la arena ha resultado con un módulo de fineza de 2,8 y que el ripio tiene un módulo de 7,2.

Para determinar el módulo de fineza que deberá tener el agregado mezclado y la mezcla real que deberá emplearse para obtener el hormigón de la resistencia especificada, en las condiciones más económicas, tenemos que recurrir al gráfico correspondiente a la consistencia deseada (gráfico N.o 7 A) que nos da para la resistencia de  $160 \text{ kgs/cm}^2$  y con agregado de tamaño máximo 40 mm. ( $1 \frac{1}{2}''$ ) la mezcla real 1 : 4,1 con un agregado de módulo de fineza 5,9.

Conocido el módulo de fineza que deberá tener el agregado mezclado, se puede determinar las proporciones de arena y ripio, ya que se conocen los módulos de los materiales separados. (Ver pág. 12).  
 Si  $r$  es la proporción de arena en volumen:

$$r = \frac{7,2-5,9}{7,2-2,8} = 0,295$$

Luego la proporción de los volúmenes separados de arena y ripio será: 29,5 % y 70,5% respectivamente.

Para expresar las proporciones de agregado en las condiciones del terreno, es decir, medidos los volúmenes de ripio y arena separadamente y con la humedad y grado de apisonamiento en que se encuentran, debemos determinar previamente el peso de la unidad de volumen en esas condiciones, tanto de la arena como del ripio. Enseguida debemos determinar el peso de la unidad de volumen, seco y pisoneado en la forma standard, de la arena, del ripio y de ambos agregados perfectamente mezclados en la proporción indicada por el módulo de fineza (29,5% y 70,5%).

Primero, para expresar la mezcla real, o proporción con respecto al volumen mezclado de los agregados, en forma de mezcla nominal, o proporción de cemento con respecto a los volúmenes de arena y ripio separadamente, es preciso conocer la razón entre la suma de estos volúmenes y el volumen del agregado mezclado, o sea, el rendimiento en volumen de la mezcla de agregados.

Sea: 1,850 Kgs. el peso de 1 m<sup>3</sup> de arena seca y pisoneada.  
 1,780 Kgs. el peso de 1 m<sup>3</sup> de ripio seco y pisoneado.  
 2,000 Kgs. el peso de 1 m<sup>3</sup> de ambos agregados, mezclados en la proporción indicada, secos y pisoneados.

$$\text{Entonces: } \frac{0,295 \times 1,85 + 0,705 \times 1,78}{2,0} =$$

$$= \frac{1,81}{2,0} = 0,905$$

o sea, que el volumen del agregado mezclado es igual al 90% de la suma de los volúmenes de arena y rípios separados y en la proporción indicada. De modo que por cada volumen de agregado mezclado debemos tomar  $\frac{1}{0,9}$  volúmenes de materiales separados.

Luego si la mezcla real indicada para este caso es 1 : 4.1, debemos tomar por cada volumen de cemento  $\frac{4.1}{0.9} = 4.55$  volúmenes de arena y ripio separados. Entonces si las proporciones son 29,5 y 70,5%, por cada volumen de cemento se necesitarán:

$$4.55 \times 0.295 = 1.34 \text{ volúmenes de arena}$$

$$4.55 \times 0.705 = 3.20 \text{ » » ripio}$$

La mezcla nominal será:

$$1 : 1.34 : 3.20$$

Para referirnos a las condiciones del terreno, en que no será posible medir los volúmenes de agregado seco y pisoneado, debemos hacer una determinación previa con muestras de arena y ripio tomadas en las condiciones mismas de la obra. El agregado por lo general contendrá cierto porcentaje de humedad y su grado de apisonamiento será algo diferente del que se ha considerado para la mezcla real.

Supongamos que un metro cúbico de arena húmeda y suelta pesa, por ejemplo: 1,500 Kgs., y que, después de secarse pesa 1,420 Kgs. Entonces si 1 m.<sup>3</sup> de arena seca y pisoneada en forma standard pesa 1,350 Kgs., por cada m.<sup>3</sup> de arena en estas condiciones se necesitarán  $\frac{1,850}{1,420} = 1.3 \text{ m.}^3$  de arena húmeda y suelta.

Para el ripio supongamos que un m.<sup>3</sup> suelto y húmedo pese 1,600 Kgs. y que su contenido de humedad sea de un 3% en peso. Luego en cada m.<sup>3</sup> de ripio húmedo hay  $0.97 \times 1,600 = 1,550$  Kgs. de ripio seco. Por lo tanto, para obtener un m.<sup>3</sup> de ripio seco y pisoneado, cuyo peso es de 1,780 Kgs., se necesitarán  $\frac{1,780}{1,550} = 1.15 \text{ m.}^3$  de ripio húmedo y con el apisonamiento con que se encuentra en el terreno.

La mezcla 1 : 1.34 : 3.2 se convierte en una mezcla de proporción 1 :  $1.34 \times 1.3$  :  $3.2 \times 1.15 = 1 : 1.74 : 3.7$  en que los agregados se encuentran en las condiciones del terreno en cuanto a humedad y grado de apisonamiento.

Necesitamos ahora avaluar la cantidad de agua de la mezcla. La razón agua-cemento es 0.80. Esto significa que por cada volumen de cemento se necesita agregar 0.8 volúmenes de agua, o sea, por cada saco de cemento (42.5 Kgs. con una densidad 1.5) se necesitarán 22.5 lts. de agua. Esto sin considerar el agua que absorbe el agregado ni su contenido de humedad en el estado natural. Supondremos que se ha determinado la absorción, tanto de la arena como del ripio y que su valor medio ha resultado ser de 1.5% en peso. Entonces para considerar el agua de absorción necesitaremos agregar para la arena  $1.74 \times 1.42 \times 0.015 = 0.025$  volúmenes de agua y para el ripio  $3.7 \times 1.55 \times 0.015 = 0.086$  volúmenes de agua. Es decir, en total, por cada volumen de cemento de la mezcla se necesitan para considerar la absorción del agregado 0.111 volúmenes de agua, o sea  $0.111 \times 28.3 = 3.15$  lts. por saco de cemento. Por otra parte hay que tomar en cuenta el contenido de agua de los agregados en su estado natural. Vimos que la arena contenía  $\frac{180}{1,420} = 5.6\%$  de agua y que el ripio contenía un 3%.

Por cada volumen de cemento la arena empleada contendrá:  $1,74 \times 1,42 \times 0,056 = 0,094$ , y el ripio:  $3,70 \times 1,55 \times 0,30 = 0,172$  volúmenes de agua. El total de agua contenida por el agregado es pues de 0,266 volúmenes por cada volumen de cemento, o sea  $0,266 \times 28,3 = 7,5$  lbs. por saco. Vimos que por cada saco de cemento necesitábamos 22,5 lbs. Descontando el agua contenida por el agregado y sumando el agua de absorción, tendremos la cantidad de agua efectiva que deberá emplearse:  $22,5 + 3,15 - 7,5 = 18,15$  lbs. por saco de cemento.

Con esto tenemos ya las proporciones entre los diferentes materiales: por cada volumen de cemento se emplearán 1,74 volúmenes de arena, 3,7 volúmenes de ripio en las condiciones del terreno y 0,266 volúmenes de agua.

Para estimar en una forma más práctica las cantidades de material por m.<sup>3</sup> de hormigón, nos valdremos de la fórmula de Stanton Walker citada anteriormente. Por m.<sup>3</sup> de hormigón se necesitarán

$$\frac{1.500}{0,48 + x + \frac{W_f + W_g}{pa}} \text{ Kgs. de cemento, estimando para esto en 1,5 la}$$

densidad y en 3,12 el peso específico. Entonces si la razón agua-cemento  $x = 0,80$  y los pesos de los agregados por unidad de volumen de cemento son:

$$\text{arena } W_f = 1,34 \times 1,850 = 2.480 \text{ kgs. por m}^3 \text{ de cemento.}$$

$$\text{ripio } W_g = 3,20 \times 1,780 = 5.700 \text{ kgs. por m}^3 \text{ de cemento.}$$

Y si el peso específico medio de la arena es igual al del ripio = 2,65,

$$\text{resulta que por m}^3 \text{ de hormigón se necesitarán } \frac{1.500}{0,48 + 0,8 + \frac{2.480 + 5.700}{2,65}}$$

$$\frac{1.500}{4,38} = 342 \text{ kgs. de cemento, y } \frac{0,342}{1,5} \times 1,74 = 0,397 \text{ m}^3 \text{ de arena,}$$

$$\frac{0,342}{1,5} \times 3,7 = 0,845 \text{ m}^3 \text{ de ripio, } 18,15 \times \frac{342}{42,5} = 147 \text{ l. de agua.}$$

Un hormigón preparado con cemento Portland Melón corriente y en las proporciones indicadas deberá dar, por consiguiente, una resistencia de alrededor de 160 kgs/cm<sup>2</sup>, y su consistencia corresponderá, en la prueba del cono, a un sentamiento de unos 10 cms.

Para ser más completa, esta dosificación debe tomar en cuenta también el principio de la graduación óptima del agregado, de acuerdo con la ecuación de Talbot y Richart:  $p = (d/D)^n$  en que D (tamaño máximo) es igual a 40 mm. Para obtener el módulo de fineza 5,9,  $n = 0,51$ , la distribución del material corresponde entonces al siguiente cuadro:

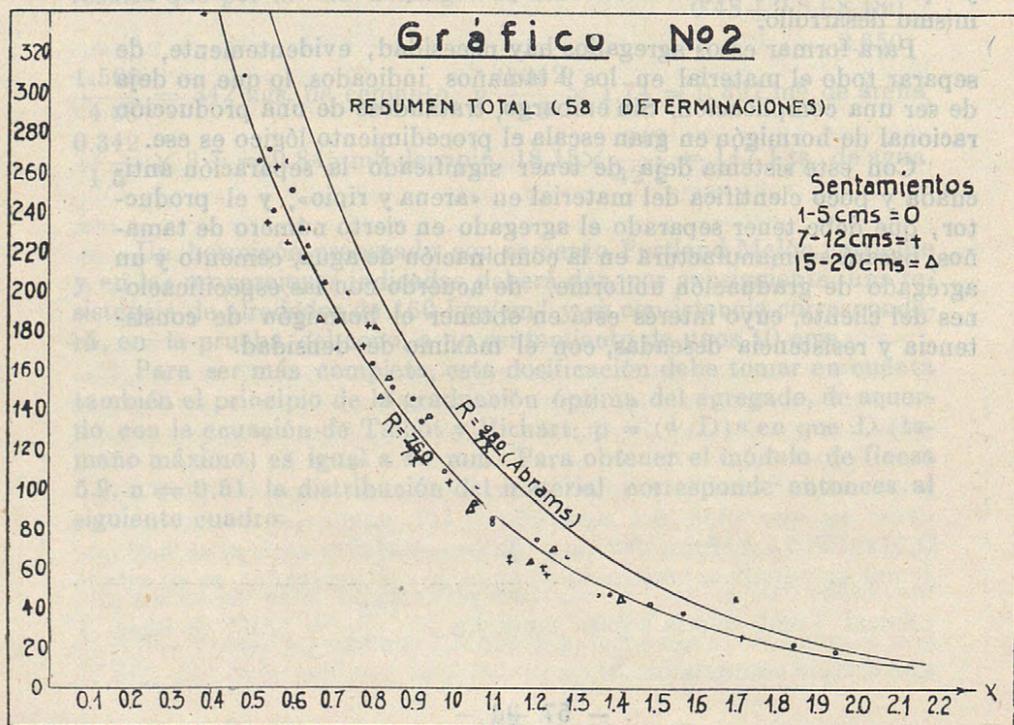
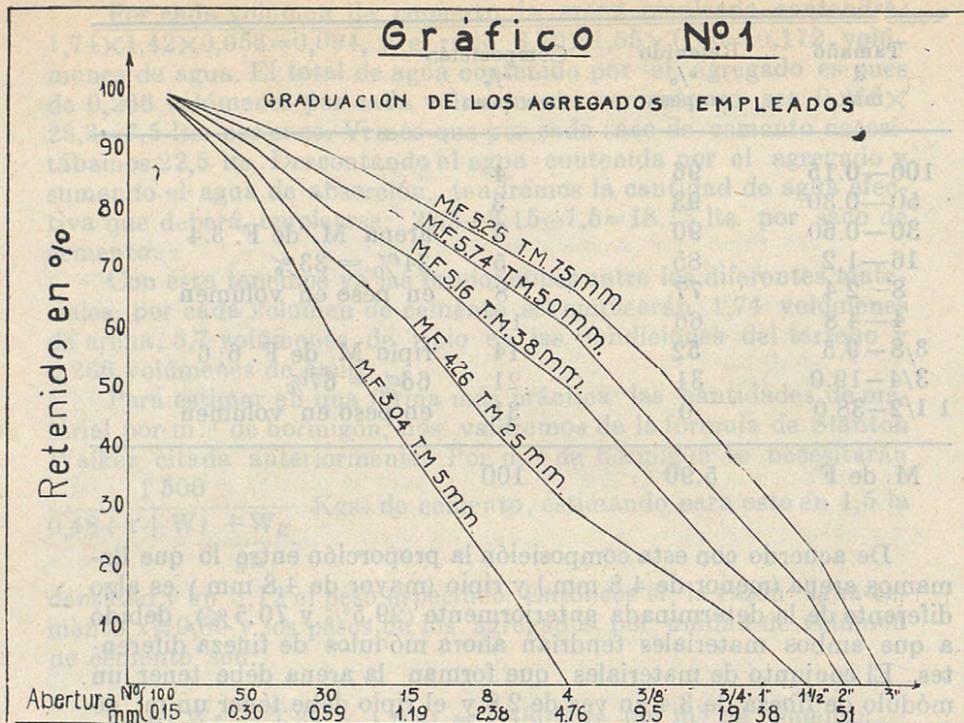
Tamaño d mm.	Retenido % en peso	Composición % en peso	
100—0.15	96	4	
50—0.30	93	3	
30—0.60	90	3	arena M. de F. 3.4
16—1.2	85	5	34% = 33%
8—2.4	77	8	en peso en volumen
4—4.8	66	11	
3/8—9.5	52	14	ripio M. de F. 6:6
3/4—19.0	31	21	66% = 67%
1 1/2—38.0	0	31	en peso en volumen
M. de F.	5.90	100	

De acuerdo con esta composición la proporción entre lo que llamamos arena (menor de 4.8 mm.) y ripio (mayor de 4,8 mm.) es algo diferente de la determinada anteriormente (29.5% y 70.5%), debido a que ambos materiales tendrían ahora módulos de finza diferentes. El conjunto de materiales que forman la arena debe tener un módulo de finza de 3.4 en vez de 2.8 y el ripio debe tener un m. de f. de 6.6 en vez de 7.2.

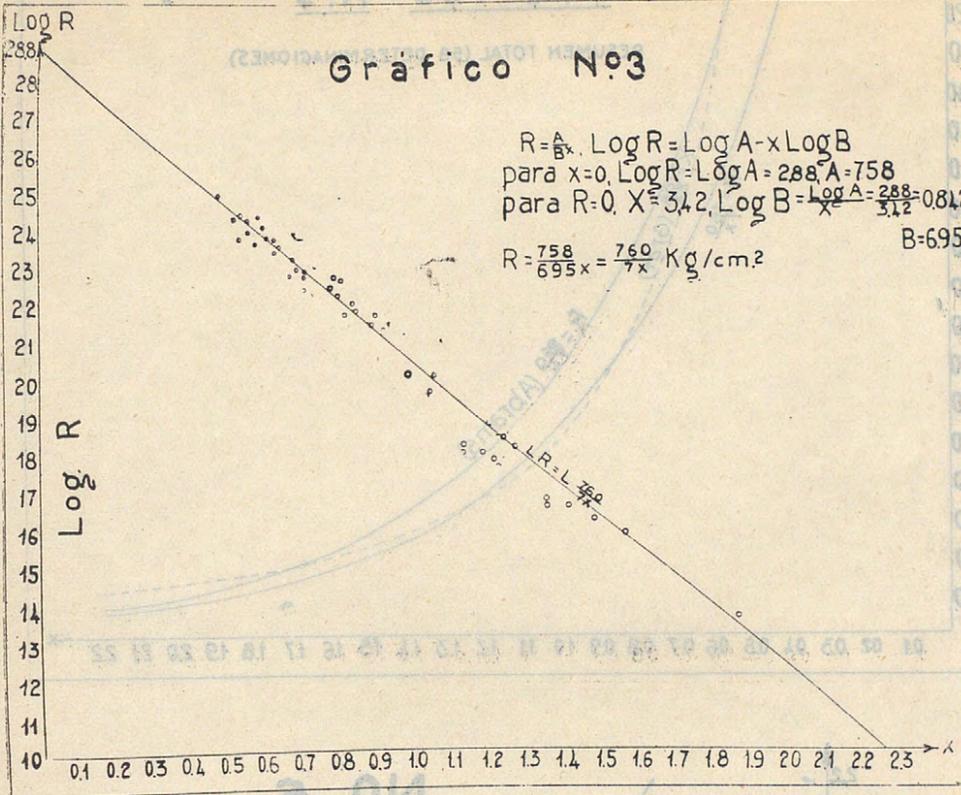
Partiendo de estos nuevos módulos, que cumplen con la graduación uniforme de máxima densidad, las proporciones entre arena y ripio resultarán algo diferentes; pero el procedimiento tendrá el mismo desarrollo.

Para formar estos agregados hay necesidad, evidentemente, de separar todo el material en los 9 tamaños indicados, lo que no deja de ser una complicación. Sin embargo, tratándose de una producción racional de hormigón en gran escala el procedimiento lógico es ese.

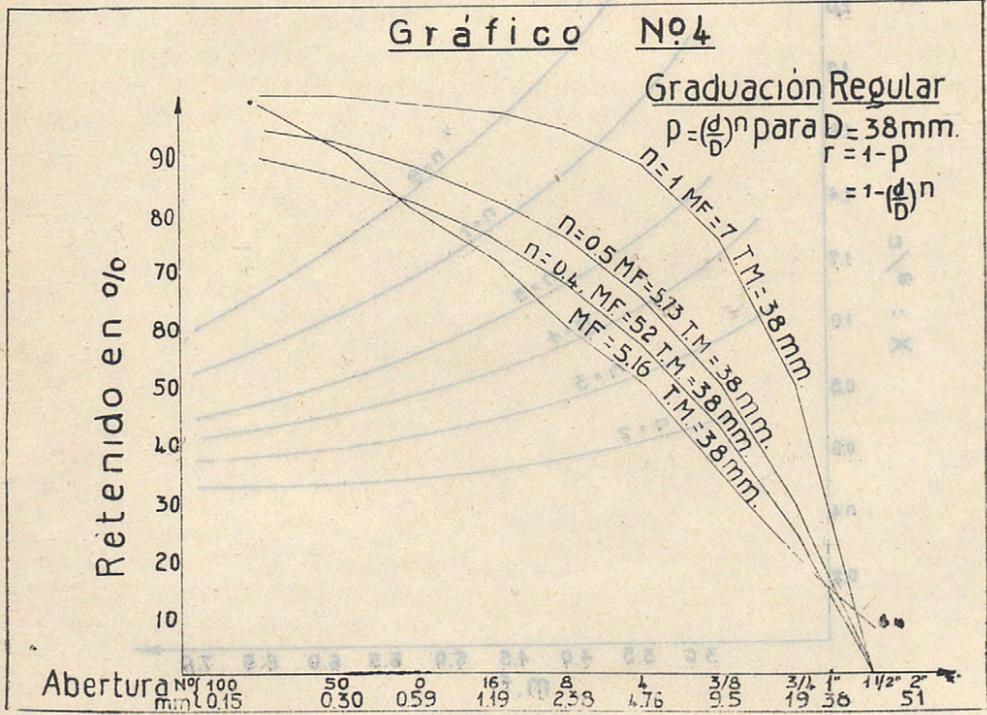
Con este sistema deja de tener significado la separación anticuada y poco científica del material en «arena y ripio», y el productor, que debe tener separado el agregado en cierto número de tamaños, basará su manufactura en la combinación de agua, cemento y un agregado de graduación uniforme, de acuerdo con las especificaciones del cliente, cuyo interés está en obtener el hormigón de consistencia y resistencia deseadas, con el máximo de densidad.

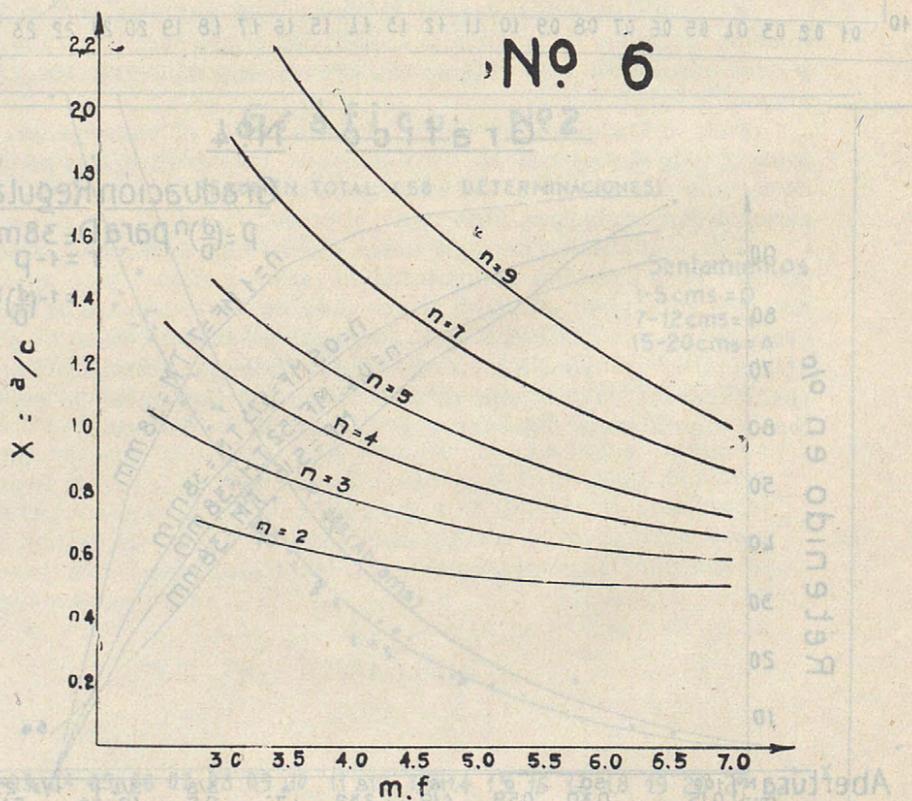
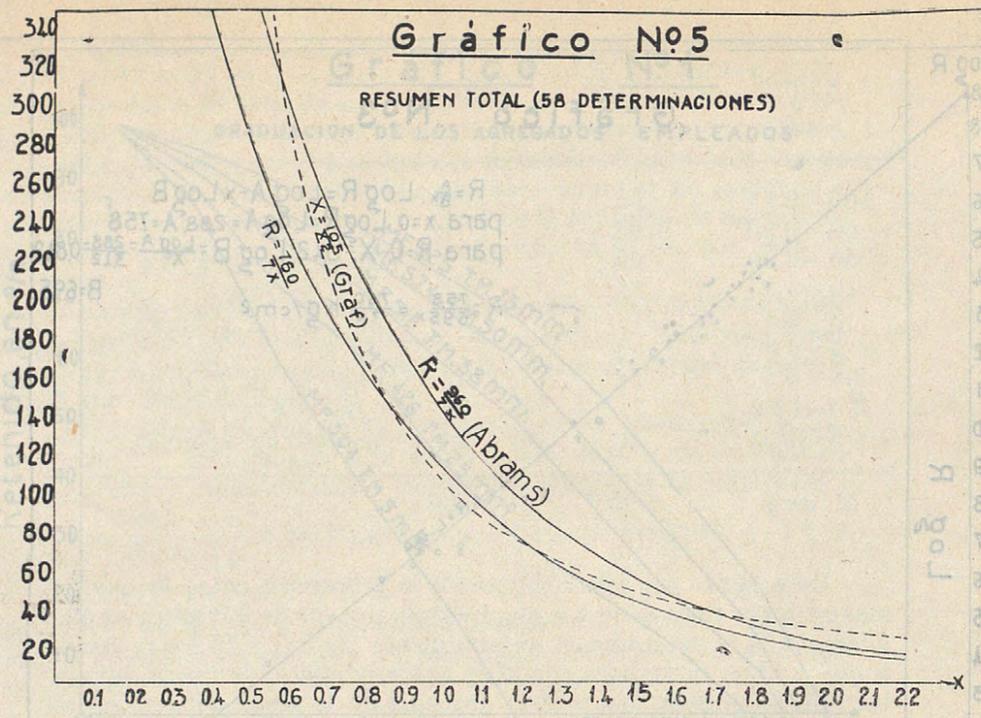


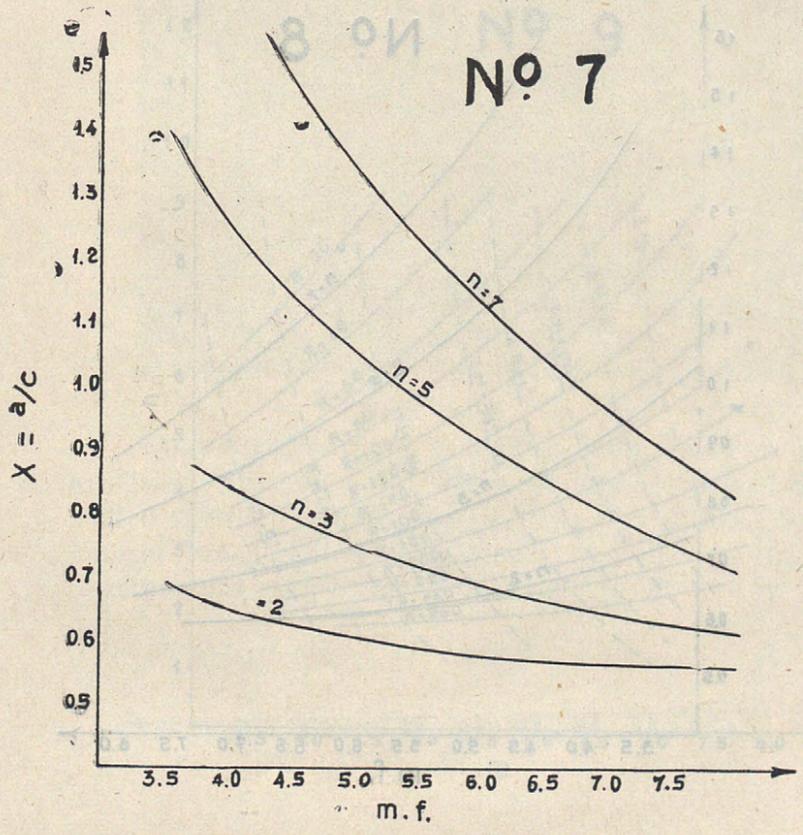
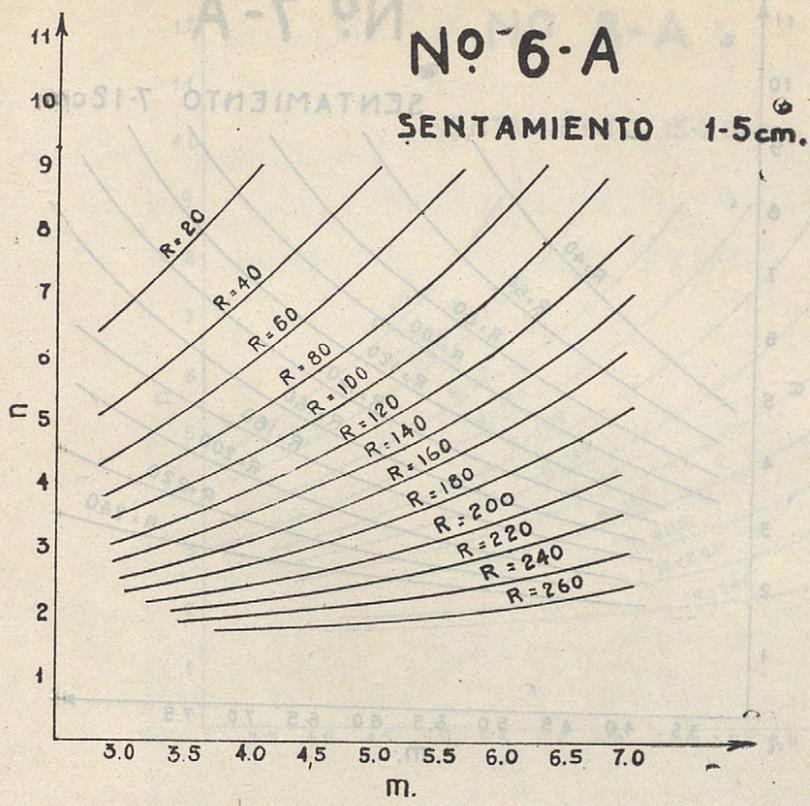
### Gráfico Nº3

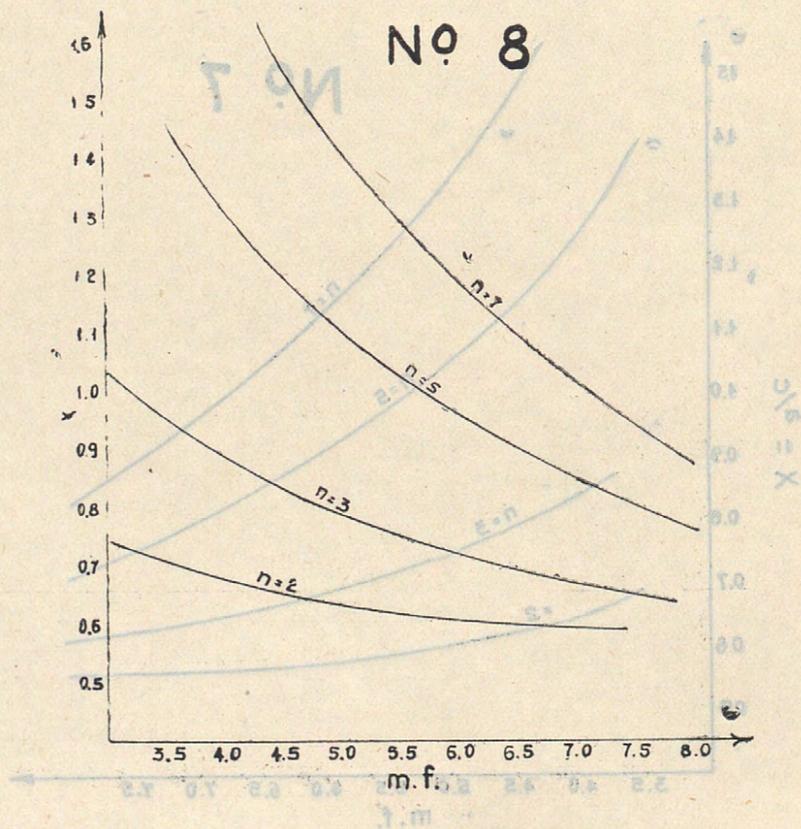
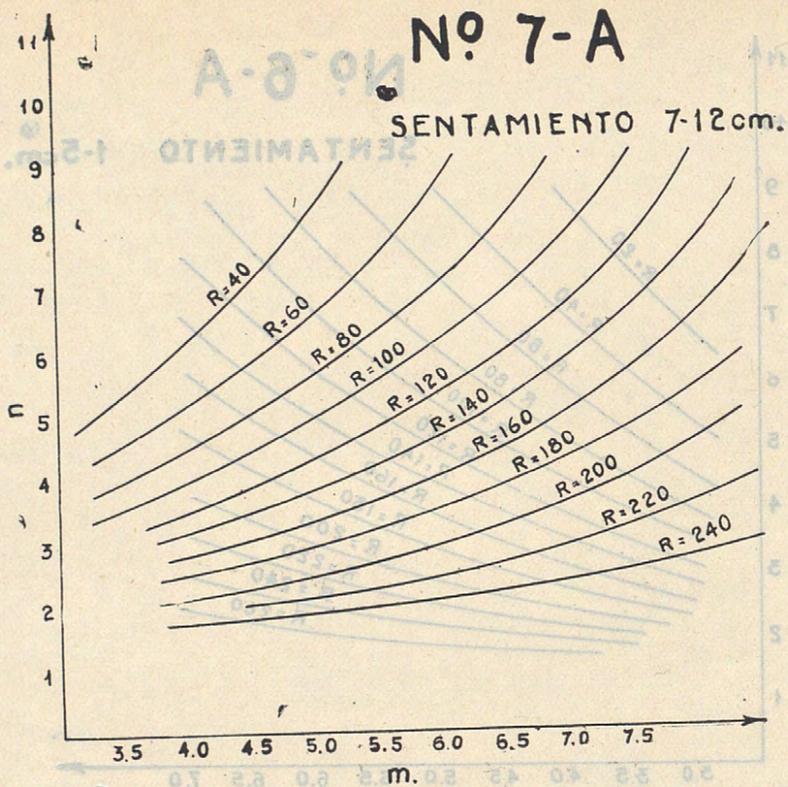


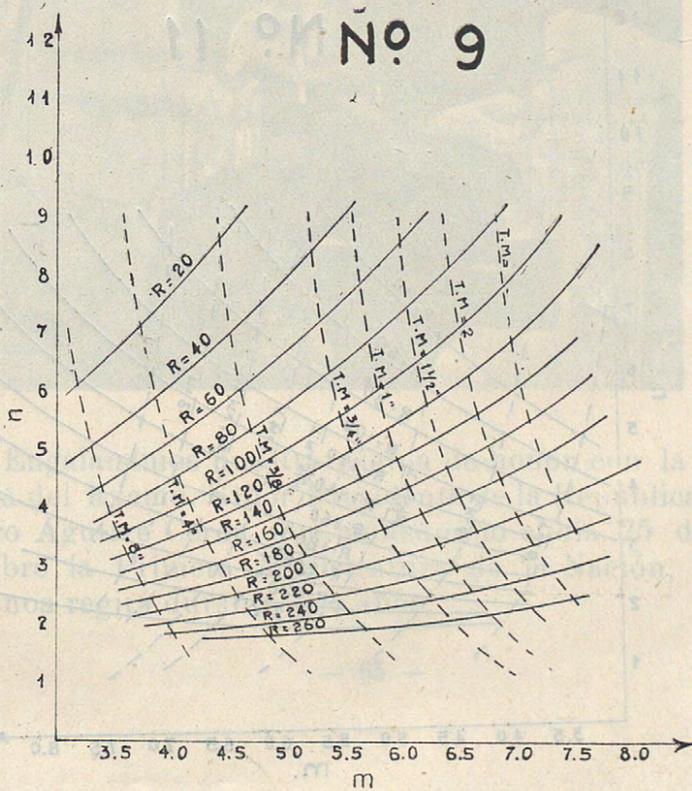
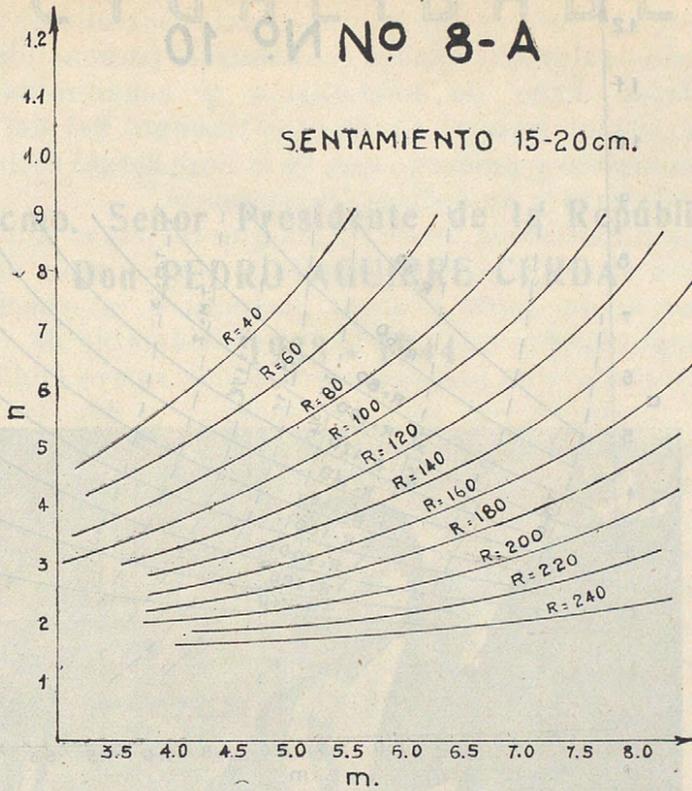
### Gráfico Nº4

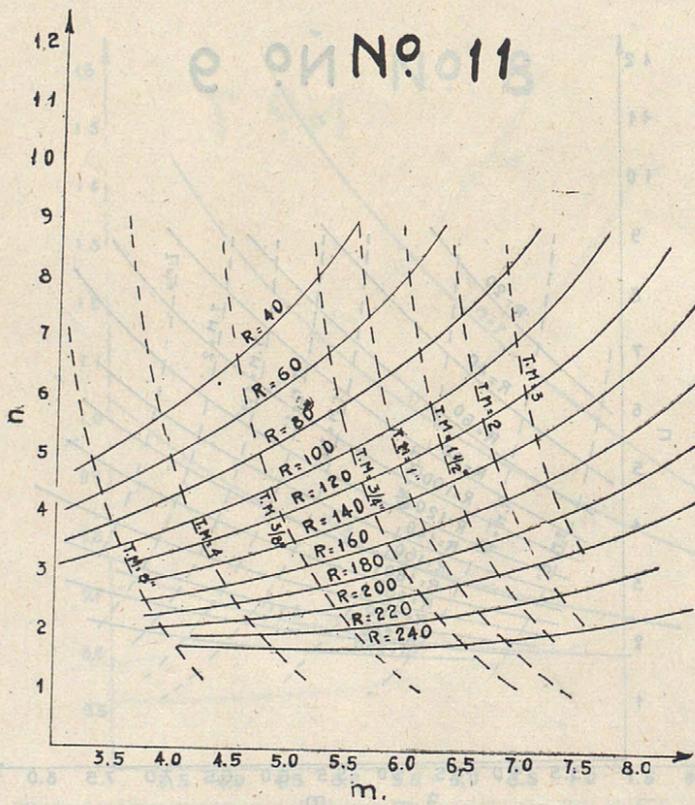
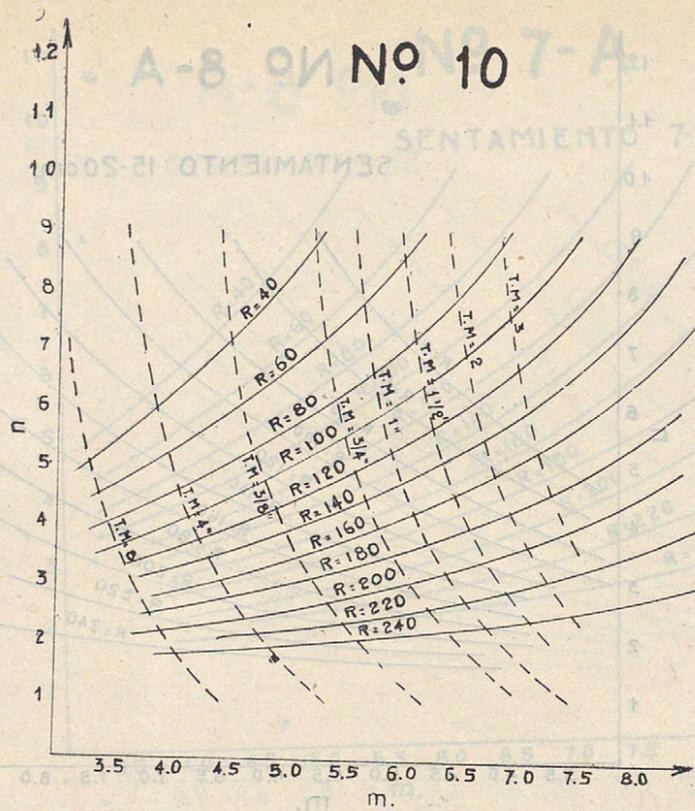








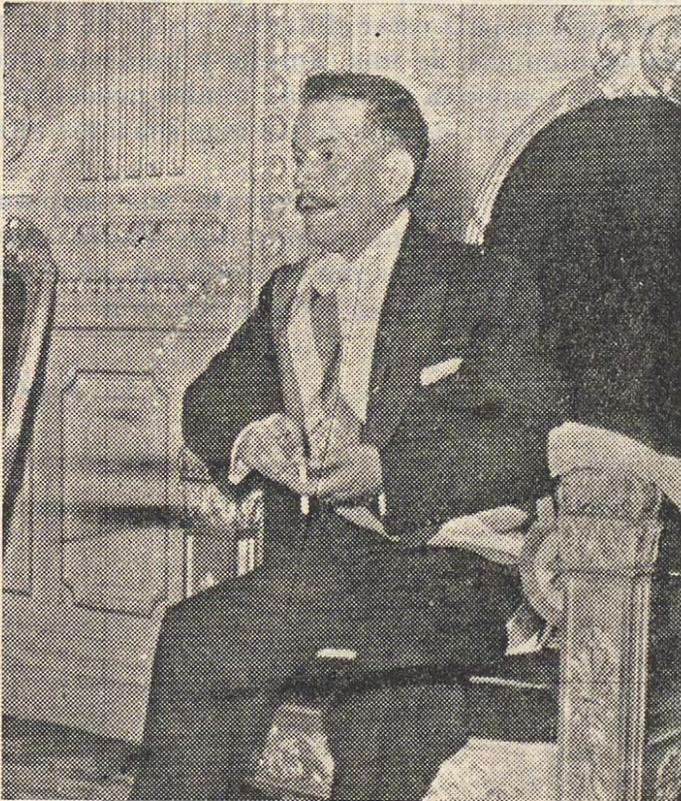




# A C T U A L I D A D E S

Excmo. Señor Presidente de la República,  
Don PEDRO AGUIRRE CERDA

1938 - 1944



Engalanamos nuestra página de honor con la fotografía del Excmo. Señor Presidente de la República, don Pedro Aguirre Cerda, que ha asumido el día 25 de diciembre la Primera Magistratura de la Nación, cuyos destinos regirá durante seis años.

Político eminente, maestro de grandes condiciones pedagógicas, infatigable propulsor del desarrollo de nuestras principales actividades económicas, personalidad de singulares dotes de moderación y ecuanimidad, el Excmo. Señor Aguirre Cerda es el trasunto fiel del estadista completo y moderno que en la hora actual reclaman las verdaderas y auténticas Democracias.

La importancia no discutida que reviste el ramo de caminos en el desenvolvimiento y crecimiento de los pueblos, en su doble aspecto nacional e internacional, hará seguramente que este factor considerable de riqueza, de cultura y de progreso, reciba del nuevo Gobierno de la República un impulso enérgico y decisivo que permita a nuestro país estar dotado, dentro de sus posibilidades económicas, de una amplia y moderna red de carreteras que responda a sus más vitales necesidades y que sea la realización de uno de los más sentidos anhelos nacionales.

La Revista de Caminos presenta sus respetuosas congratulaciones al Excmo. señor don Pedro Aguirre Cerda, y los sinceros votos que formula por su felicidad personal y por el éxito de su Administración.

L. A. Z.

# INFORMACIONES GENERALES

## Resumen de la labor realizada por la Sección Puentes y Vías Fluviales durante el mes de Noviembre

### Puentes

#### CONSTRUCCIONES POR CONTRATOS

El número de puentes cuyos trabajos se realizan por medio de contratos, llega a 21. El valor total de estos contratos, con aumentos de obra, alcanza a la cantidad de \$ 19 millones 043,879.17.

Durante el mes de noviembre se ejecutaron trabajos en 18 puentes por un valor total de \$ 570,959.55, alcanzando la obra realizada hasta la fecha en estos contratos a la suma de \$ 9.564,396.16.

Los Estados de Pago cancelados en el mes, suman \$ 182,796.73.

Los gastos de inspección técnica llegaron a \$ 19,667.50.

El promedio mensual de operarios fué de 403 y el de empleados, de 14.

#### CONSTRUCCIONES CON CARGO A EROGACIONES PARTICULARES

Se han ejecutado trabajos en el mes de noviembre, con cargo a erogaciones particulares, en el Puente Mapocho en Lo Contador, por un valor de \$ 53.500, llegando la obra realizada hasta la fecha a \$ 111,000.

El monto total del presupuesto de este Puente, alcanza a la suma de \$ 626,211.40.

El promedio mensual de operarios fué de 53 y de 1 el de empleados.

#### CONSTRUCCIONES POR ADMINISTRACION

Los puentes cuya construcción se realiza por administración son 4, con un presupuesto total de \$ 7.741.393.75, habiéndose pagado hasta la fecha la suma de \$ 2.959,345.94.

En el mes de noviembre se invirtió en estos trabajos la cantidad de \$ 192,297.42, y en inspección técnica la de \$ 11.837.50.

El promedio mensual de operarios fué de 202, y el de empleados de 6.

## PUENTES TERMINADOS

Se encuentran terminadas las obras de los Puentes Lolol, en Santa Cruz, y Rahue, en Caipulli.

## Vías Fluviales

### ESTUDIOS

Estudio y anteproyecto de un muelle en Llifén en el lago Ranco con presupuesto de \$ 28,496.

Estudio y anteproyecto de un muelle en Puerto Varas cuyo presupuesto asciende a la suma de \$ 495,000, incluidos elementos de trabajo, pavimentación, pescante de 1,5 ton., etc.

### TRABAJOS

*Río Trovolhue.*—Se continuaron las obras de regularización con un gasto de \$ 3,585 entre jornales y adquisiciones, con 5 operarios.

*Río Tirúa.*—Se continuó la prolongación de la escollera con un avance de 13 mts.; se construyeron 130 mts. de espigas permeables en las obras de regularización del río con una inversión de \$ 24 000 en dos meses, con un promedio de 55 operarios.

*Río Queule y sus afluentes: (Dunas de Cayúlfe)*—Se levantaron 8.500 metros de cerco de contraduna, con un gasto de \$ 3,352.50 y con 6 operarios.

*Río Futa*—Se perfeccionó el despalizamiento del cauce entre los kms. 4 y 17, y se continuaron los trabajos de desviación de los torrentes «Palo Santo» y «Joaquines».

Se adquirió, además, la madera para señalar el río, y construir el puente en el «Joaquines». Se invirtió en total la suma de \$ 5,056.

*Ríos de Chiloé.*—Se continuaron los trabajos de limpieza de los cauces de los ríos «San Antonio» y «Negro», con un avance de 635 mts. l. para el San Antonio y de 490 mts. l. para el Negro, con un gasto total de \$ 14,277.33, con 43 operarios.

# Oficina del personal

## Movimiento habido en el mes de noviembre

### RENUNCIAS

Acéptase a contar desde el 1.º de noviembre actual, la renuncia que hace de su puesto de Nivelador grado 15.º señor Juan de la Fuente Novión.

Acéptase a contar desde el 16 de noviembre, la renuncia que hace de su puesto de Ayudante-Técnico grado 12.º el señor Juan Peredo Soto.

### FALLECIMIENTOS

El 1.º de noviembre falleció el Inspector de Obras, grado 18.º, señor Cristian Hermanssen Vergara, que prestaba sus servicios en el camino de Quilquileo a La Montaña.

El 18 de noviembre falleció el Ayudante-Técnico, grado 10.º, señor Juan Garín Mandiola, que prestaba sus servicios en el camino de Quilquileo a La Montaña.

### ASCENSOS

Ha sido ascendido al grado 12.º a partir desde el 12 de noviembre, el Topógrafo grado 13.º señor Luis Morales Quinteros.

### TRASLADOS

Trasládase a Malleco al Secretario-Contador, grado 14.º, Sr. Mahomet Peña Sobarzo, a contar desde el 15 de noviembre.

Trasládase a Arauco al contador grado 14.º Sr. Luis Ríos Manríquez, a contar desde el 15 de noviembre.

## **El Ingeniero don Alejandro Guzmán S.**

Una pérdida muy sensible y dolorosa ha experimentado el país con el fallecimiento de don Alejandro Guzmán S., ocurrido el día 3 de enero en nuestra capital.



El señor Guzmán, que era un Ingeniero eminente, desempeñó en la Administración Pública a través de su dilatada existencia, cargos de la más alta importancia y de la mayor responsabilidad, como los de Director General de los FF. CC. del E. y Director General de Obras Públicas, a los que llegó con el aplauso unánime de la opinión y en razón de sus propios merecimientos, tras una vida consagrada con máxima honestidad y eficiencia al servicio público.

Su actuación en todas sus actividades funcionarias fué siempre descollante y en estas líneas dedicadas a su memoria, queremos referirnos especialmente a la que le cupo desarrollar como Director General de Obras Públicas, repartición en la que, al retirarse para aco-

gerse a un descanso sobradamente merecido, dejó el más grato de los recuerdos y afectos muy cordiales que perdurarán más allá de su muerte.

El señor Guzmán en las funciones aludidas, sobresalió por su extraordinaria preparación profesional, su gran capacidad de trabajo, su acuciosa defensa de los intereses fiscales y su espíritu generoso y siempre comprensivo para el personal que colaboraba a sus órdenes.

La rectitud del Jefe se hermanaba en forma admirable con la bondad innata de su alma selecta. Y fué así como era, a la vez, Jefe recto y justiciero y amigo leal y verdadero de sus subordinados.

Del señor Guzmán, cuyo deceso lamentamos con profundo dolor, se puede decir con la sinceridad que debe existir al borde de una tumba, que fué modelo de funcionario, de Jefe, de caballero y de amigo. Y debemos agregar: modelo digno de imitarse, porque fué ejemplo y fué enseñanza.

En su vida privada, el señor Guzmán se destacó como un ciudadano meritísimo por sus virtudes cívicas y su entrañable amor a la tierra chilena.

Para su distinguido hogar, el fallecimiento del señor Guzmán importa el más cruel de los golpes. Allí desparramó él a raudales el tesoro inagotable de sus bondades y de sus ternuras.

Se ha ido para siempre un varón justo y noble, un hombre superior y un Ingeniero eminente de la generación pasada.

Ante su sepulcro, nos inclinamos doloridos y dejamos constancia del pesar que en la Dirección General de Obras Públicas y todas sus dependencias, ha producido la muerte del Ingeniero don Alejandro Guzmán S.

L. A.

## VII Congreso Nacional de Carreteras de Brasil

3—13 de mayo de 1939

La Revista A. C. B., órgano oficial del Automóvil Club de Brasil, en su número correspondiente al mes de septiembre del presente año, nos ofrece interesantes informaciones relacionadas con la celebración del VII Congreso Nacional de Carreteras, que se celebrará en la bella capital fluminense en los días 3 al 13 de mayo del año próximo.

Las finalidades de este Congreso son múltiples y merecen ser señaladas, siendo la más importante de ellas la que se vincula a la estructura económica de Brasil, que tiene relación íntima con el trazado y ejecución de autovías que fomenten el aumento de la producción y permitan un contacto más fácil del litoral con el interior.

Viene a continuación, el punto referente a la instrucción—des-terrando el analfabetismo—de las zonas rurales; el del saneamiento de las regiones afectadas por epidemias como el paludismo y otras; el de la provisión de caminos estratégicos; el de los trazados de rutas internacionales que, serpenteando por los valles, por las colinas, dominando a las montañas, salvando abismos, lleven al conocimiento de sus vecinos la capacidad técnica de sus ingenieros de caminos y ofreciendo facilidades al turismo, estrechen las relaciones de los países conectados con la nación brasilera.

Presidente honorario de este Certamen que tendrá honda repercusión en todo el vasto territorio del país amigo, será el Excmo. señor Presidente de la República, y Presidente efectivo el General Joao de Mendonça Lima, Ministro de Vialidad que ha sido un propulsor constante de la realización del amplio programa vial de Brasil.

Concurrirán a este Congreso representantes oficiales de los Estados brasileiros, de las instituciones vinculadas al ramo de caminos, funcionarios viales, profesionales, etc.

---

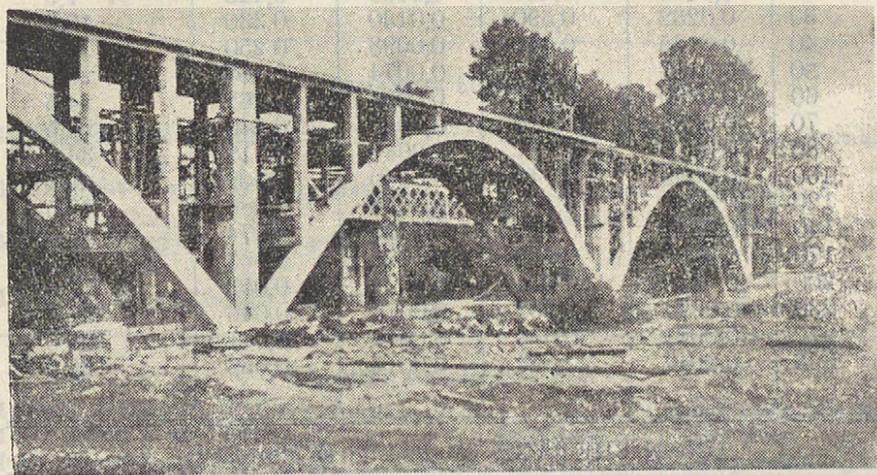
Hasta los pueblos más atrasados se preocupan de tener buenos caminos: No debemos quedar rezagados.

# Puente Toltén en Pitrufuquén

En el curso del mes de diciembre quedó totalmente terminada esta espléndida obra de ingeniería, que ha sido construida por administración y cuyo presupuesto oficial es de \$ 2.792,058.67.

Está ubicado este puente sobre el río Toltén en el camino longitudinal entre Freire y Pitrufuquén y sus características principales son:

a) largo total: 432 mts;



Puente Toltén

b) diez tramos en arco de 40,50 y dos accesos de 12 mts. c/u;

c) fundación de aire comprimido a 8 mts. de profundidad;

d) construcción íntegra de concreto armado.

Proyectó esta obra el ingeniero señor Julio Ibáñez y a cargo de ella han estado los ingenieros de la Sección Puentes señores Carlos Olavarrieta y Federico Wiese.

La inauguración del puente Toltén dió, en su oportunidad, ocasión a una brillante ceremonia a la que concurrieron el señor Ministro de Fomento, el señor Director General de Obras Públicas, el señor Director del Departamento de Caminos, otros altos funcionarios del servicio, parlamentarios, autoridades locales y periodistas.

## TAMISES AMERICANOS Y BRITANICOS

TABLA DE CONCORDANCIA DE LAS DIMENSIONES EXPRESADAS EN  
PULGADAS Y SUS EQUIVALENTES EN MILÍMETROS

### ESTADOS UNIDOS

N.º de mallas por pulgada lineal	Ancho interior de la malla l		Diámetro del hilo d		N.º de mallas $\left( \frac{p. \text{ cm. lin.}}{1+d} \right)$
	pulgada	m/m.	pulgada	m/m.	
N.º 0	0,0787	2,000	0,0299	0,760	3,6
20	0,0331	0,840	0,0165	0,420	7,9
30	0,0232	0,590	0,0130	0,330	10,9
40	0,0165	0,420	0,0098	0,250	15,0
50	0,0117	0,297	0,0074	0,188	20,5
60	0,0980	0,250	0,0064	0,162	24,5
70	0,0083	0,210	0,0055	0,140	28,5
80	0,0070	0,177	0,0047	0,119	34,0
100	0,0059	0,149	0,0040	0,102	40,0
120	0,0049	0,125	0,0034	0,086	47,5
140	0,0041	0,105	0,0029	0,074	56,0
170	0,0035	0,088	0,0025	0,063	66,0
200	0,0029	0,074	0,0021	0,053	79,0
230	0,0024	0,062	0,0018	0,046	92,5
270	0,0021	0,053	0,0016	0,041	106,0
325	0,0017	0,044	0,0014	0,036	125,0

### GRAN BRETAÑA (Malla inglesa standard)

N.º de mallas por pulgada lineal	Ancho interior de la malla l		Diámetro del hilo d		N.º de mallas $\left( \frac{p. \text{ cm. lin.}}{1+d} \right)$
	pulgada	m/m.	pulgada	m/m.	
N.º 10	0,0660	1,676	0,0340	0,864	3,95
22	0,0275	0,699	0,0180	0,457	8,7
30	0,0197	0,500	0,0136	0,345	11,8
4	0,0139	0,353	0,0088	0,224	17,5
60	0,0099	0,251	0,0068	0,173	23,5
72	0,0083	0,211	0,0056	0,142	28,0
85	0,0070	0,178	0,0048	0,122	33,5
100	0,0060	0,152	0,0040	0,102	39,5
120	0,0049	0,124	0,0034	0,086	47,5
150	0,0041	0,104	0,0026	0,066	59,0
170	0,0035	0,089	0,0024	0,061	67
200	0,0030	0,076	0,0020	0,051	79,0
240	0,0026	0,066	0,0016	0,041	93
300	0,0021	0,053	0,0012	0,030	120,0

La International Standard Association (I. S. A.) tiene en estudio la unificación internacional de los tamises.

## TABLA DE MEDIDAS USUALES

### TEMPERATURA

F, número de grados Fahrenheit; C, número de grados centígrados Celsius;  
R, número de grados Réaumur

$$F = \frac{9}{5} C + 32 \qquad C = \frac{5}{9} (F - 32) \qquad R = \frac{4}{9} (F - 32)$$

$$F = \frac{9}{4} R + 32 \qquad C = \frac{5}{4} R \qquad R = \frac{4}{5} C$$

### MEDIDAS DE LONGITUD

<p>1 pulgada (inch-pouce) = 2,54 cms.</p> <p>1 pie (foot-pied) = 12 pulgadas = 30,48 cms.</p> <p>1 yarda (yard) = 3 pies = 91,44 cms.</p> <p>1 milla (mile-mille) = 1,609 mts.</p>	<p>1 cm. = <math>\frac{2}{5}</math> pulgada (aproximadamente)</p> <p>1 m. = 3 pies + 3,5 pulgadas</p> <p>1 Km. = 1093,633 yardas</p>
--	--

### MEDIDAS DE SUPERFICIE

<p>1 pulg. cuadr. = 6,4516 cm. cuadr.</p> <p>1 pie cuadr. = 929 " "</p> <p>1 yarda cuadr. = 0,8361 mts. "</p> <p>1 acre = 4047 " "</p>	<p>1 m. cuadr. = { 1.550 pulg. cuadr. 10,764 pies " 1.196 yardas "</p> <p>1 hectárea = 10,000 m. cuadr. = 2,47 acres.</p>
--	---

### MEDIDAS DE CAPACIDAD

<p>1 pinta = 0,5679 litros</p> <p>1 cuarto (2 pintas) = 1,1359 litros</p> <p>1 galón (4 cuartos) = 4,5434 litros</p> <p>1 bushel (8 galon.) = 36,348 litros</p> <p>1 galón americ. = 3,785 litros</p> <p>1 pulg. cúbica = 16,387 cmt. cúb.</p> <p>1 pie cúbico = 0,0283 m. cúb.</p>	<p>1 litro = { 0,220 galones ingleses 0,264 galones americ.</p> <p>1 litro = 61 pulg. cúbicas</p> <p>1 m. cúb. = 35,3148 pies cúb.</p>
---	--

### MEDIDAS DE PESO

<p>1 onza = 28,35 gramos</p> <p>1 libra = 16 onzas = 453,5 gramos</p> <p>1 cuarto = 28 libras = 12,7 Kgr.</p> <p>1 tonelada = 1016,046 Kgr.</p> <p>1 tonelada americana = 2 mil libras = 907 Kgs.</p>	<p>1 Kgr. = 2,204 libras</p> <p>1 quintal métrico = 100 Kgr. = 220 libras</p> <p>1 tonelada métrica = 1,000 = 0,9812 ton.</p>
---	---

# Indice Bibliográfico

*Autorizados por la Asociación Internacional Permanente de Congresos de Caminos, insertamos el Índice Bibliográfico que ella publica en su Boletín, a fin de contribuir a la difusión de los conocimientos camineros. Al final se indican las direcciones de las revistas citadas en este Índice, para que los interesados puedan solicitar los números que deseen.*

## CAMINOS EN GENERAL

Kurt Gustav KAFFAN.

Die "Autocamionale" — Geschichte und Beschreibung der Lastwagen-Autobahn von Genua nach Serravalle Scrivia in Italien.

La "autocamional". Historia y descripción de las autovías para camiones desde Génova a Serravalle Scrivia en Italia. (Strassenbau, 1937 8. 1 ù 15).

J. T.

L'effort routier au Danemark.

El esfuerzo caminero en Dinamarca.

(Revue Générale des Routes, 1937-11. N<sup>o</sup> 143).

Roberto Bosco.

La viabilità minore presso il Ministero dei lavori pubblici.

Los caminos secundarios bajo la autoridad del Ministerio de Caminos Públicos.

(Le Strade, 1937-12. N<sup>o</sup> 12).

The widest avenue in the world (Buenos Ayres). (Underground parking accomodates 1000 cars)

La avenida más ancha del mundo (B. Aires). (Parque de estacionamiento subterráneo donde pueden estacionarse 1,000 vehículos).

(Pan American Union, Bulletin, 1938-1).

D. DUTRON.

Autobahn Brüssel-Ostende.  
La autovía Bruselas Ostende.  
(Betonstrasse, 1938... N<sup>o</sup> 1).

B. P. ROOT.

Highways of the world. Annual statistical and progress survey  
of world highways.  
Caminos del mundo. Estadística anual, progresos realizados.  
(Automotive World News. N<sup>o</sup> 636. 1938-1 10).

Otto SCHMIDT, Berlin.

Deutsche wegecongres te Bayreuth  
El Congreso alemán de Caminos en Bayreuth.  
(Wegen, 1938-2-1).

Strassenbautagung 1937 in Bayreuth.  
Congreso de Caminos en Bayreuth en 1937.  
(Strasse, 1937-12. N<sup>o</sup> 23).

## LEGISLACION Y REGLAMENTACION

Dr. Jur. Werner WEIGELT.

Die Haftung für die Verkehrssicherheit bei Strassenbauarbeiten.  
Responsabilidad de la seguridad de la circulación en lo que se re-  
fiere a las reparaciones. Jurisprudencia.  
(Strassenbau, 1937 12-15).

K. MASSAR.

Die Deutschen Reichs und Lanstrassen.  
Los caminos alemanes: caminos nacionales y otros caminos situa-  
ción en 31 marzo 1937.  
(Verkehrstechnik, 1937-12-20)

.....  
Internationale normalisatie op automobielgebied.  
Uniformidad internacional de los Reglamentos sobre los vehículos  
automóviles.  
(Wegen, 1938 1-16)

---

## CONSTRUCCION DE CAMINOS EN GENERAL

.....

Visite des travaux de construction de l'autoroute de l'Ouest.  
Visita de los trabajos de construcción de la autovía del oeste.  
(Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux  
Publics, Nov.-Déc., 1937. N<sup>o</sup> 6)

---

Thos. H. Mac DONALD,  
Chief U. S. Bureau of Public Roads.

Asphalt in relation to the highway improvement program. Paper  
presented at the eleventh national conference Memphis-Ten-  
nesse Dec. 7-1937.

Asfalto en relación con los programas de mejoramiento de Cami-  
nos. Artículo presentado en la 11.<sup>a</sup> Conferencia Nacional de  
Ménfis-Tennessee. Dic. 7-1937.

(11 e Conférence nationale de l'Asphalte Memphis Tennessee,  
déc. 7-1937).

---

R. G. BATSON.

Some problems in connexion with modern roads and road cons-  
tru-tion.

Algunos problemas relacionados con los caminos modernos y la  
construcción moderna.

(Chemistry and Industry, 1937 11-27).

---

Stuart M. LOVELL.

Reconstruction of rural trunk h ghways.

La reconstrucción de las grandes arterias camineras rurales.

(The Surveyor, 1937-12-10).

---

E. WYDLER Kantonsingenieur.

Unfallverhütung und Kehenüberhöhung.

La prevención de los accidentes y el peralte de las curvas.

(Strasse und Verkehr, 1937-12-24).

---

Dipl. Ing. Ernest v. GOTTSTEIN.

Das Moorsprengverfahren.

La r·moción de los suelos pantanosos por medios de explosivos.  
(Strassenbau, 1937-1-1).

---

B. RENTSCH.

Fragen des Strassenbaues.

Cuestiones sobre construcción de caminos y examen retrospectivo  
correspondiente a 1937.

(Asphalt und Teer Strassenbautechnik, 1938-1-5, N° 1).

---

Gustav KAFTAN

Die Verbindung Deutscher Grosstädte mit den Reichsautobahnen.

Unión de las grandes ciudades alemanas a las autovías.

(Strassenbau, 1937, 11, 1 bis; 1938, 2, 15).

---

Karl C. von LOESGH.

Der Zugang zur Grosstadt.

Las vías de acceso a las grandes ciudades.

(Strasse, 1938-1. N° 2).

---

Walter OSTWALD.

Steigung und Gefälle auf der Reichsautobahn.

Las pendientes y rampas en las autovías alemanas.

(Strasse, 1938-2. N° 4).

---

## MATERIALES

Paul HERRMANN (Essen-Werden.)

Kaltteer. Sein Wesen und seine Anwendung.

El alquitrán en frío; su naturaleza y utilizaciones.

(Technisches Gemeindeblatt, 1937-7-10).

---

W. J. HADFIELD.

Modern road tars.

Alquitranes modernos para caminos.

(Roads and Road Construction, 1937-12-1).

---

W. K. BECKHAM.  
Asphalt in stabilizing.  
El asfalto utilizado para la estabilización.  
(Construction, 1938. 1-10).

---

R. ARIANO

Cristalli su bitumi estratti da polveri asfaltiche.  
Cristales en la superficie del betumen extraídos del polvo asfáltico).  
(Le Strade, janv. 1938).

---

### REVESTIMIENTOS Y CALZADAS

Dr. J. OBERBACH.

Strassenbahnschiene und Asphalt (die Bedeutung des Asphalts als Isolierschicht gegen Lärm und Erschütterungen).  
La utilización del asfalto en los trabajos de colocación de las vías de tra ías Su rol de aislador contra el ruido y trapidaciones.  
(Bitumen, 1937. Heft 7).

---

Armand MAYER.

Les routes stabilisées en Afrique du Nord (Bitumen et chlorure de calcium).  
Los caminos « estabilizados de Africa del Norte. (Betumen y cloruro de calcio)  
(Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics. S-pt. Oct. 1937).

---

Rudolf DITTRICH.

Neue Ziele im Betonstrassenbau.  
La construcción de caminos de concreto, nuevos fines perseguidos.  
(Strassen, 1937 111. N° 22).

---

Thor LARSEN,

Chief Engineer of Public Roads of Nestfold county Norwège.  
Progress, since the Congress at Munich with the use of Cement for carriageway surfacings.  
Progreso realizado desde el Congreso de Munich en el uso del cemento para caminos.  
(Rapport rédigé en vue du Congrès International de la Route de La Haye, 1938).

---

Frank T. SHEETS.

How to lay cement bound macadam.  
Como establecer un macadam-cemento.  
(Public Works, 1938-1).

---

Levi MUIR.

A comprehensive review of road mix construction.  
Una indicación práctica de la construcción de caminos por el método de mezcla "en sitio".  
(Western Construction News, 1938-1. N° 1).

---

C. L. Mc KESSON.

Soil stabilization with emulsified asphalt.  
Estabilización del suelo por medio de emulsión de asfalto.  
(Public Works, 1938-1. N° 1).

---

Bitumen and rubber latex form improved joint filler (In California).  
Filler para juntas en California constituido con betumen y caucho.  
(Construction Methods and Equipment, 1938-1. N° 1).

---

H. H. HOUK.

Surface treatment on stabilized bases in Alabama.  
Tratamiento superficial sobre bases estabilizadas en Alabama.  
(Public Works, 1938-1).

---

B. C. TINEY.

Important details in stabilization with calcium chloride.  
Importantes detalles en estabilización con cloruro de calcio.  
(Public Works, 1938 1. N° 1).

---

J. E. PENNYBACKER.

Roads of asphalt.  
Caminos de asfalto.  
(Construction, 1938-1-10)

---

A. HOLTER.

Novel concrete road construction in Norway. The Holter system.  
Nuevo tipo de construcción de caminos de concreto en Noruega.  
Sistema Holter.  
(Highways and Bridges, 1938 1-12).

---

Edgar MORTON.

The use of limestone for road making. Test results, etc.  
El uso de la piedra caliza en la construcción de caminos. Ensayos  
y resultados.  
(The Surveyor, 1938-1-21).

---

W. E. TRAUFFER.

Stabilizing with emulsified asphalt.  
Estabilización con emulsiones de asfalto.  
(Pit and Quarry, 1938-1. N<sup>o</sup> 7).

---

C. A. HOCENTGLER.

Soil stabilization.  
Part 1. The stabilization of soil used in road surfaces and founda-  
tions.  
Part 2. The methods used for determining the supporting power  
of soil foundations for bridge piers abutments, etc.  
Estabilización de suelos.  
Parte 1.a La estabilización de suelo para superficies de caminos y  
fundaciones.  
Parte 2.a Métodos usados para determinar el poder portante de  
las fundaciones de suelos para estribos de puentes, etc.  
(Roads and Streets, 1938-2).

---

Geo E. MARTIN

Using tar for road stabilization. (Mixing and compacting. Surface  
protection).  
El uso de alquitrán para la estabilización de caminos. (Mezcla y  
compresión. Protección de la superficie).  
(Public Works, 1938-2).

---

W. E. CONE, Technical Adviser  
British Road Tar Association.

Thin Tar Carpets.  
Carpetas delgadas de alquitrán.  
(Highways and Bridges, 1938-2-2).

---

.....  
Stabilisierte kiesstrassen.

Estabilización de caminos de grava.

(Wasser und Wegebau Zeitschrift, 1938-2-5).

---

.....  
Competition: thin bituminous carpets (Gives specification).

Un concurso: carpetas betuminosas delgadas. (Se da una especificación).

(Highways and Bridges, 1938-2-16).

---

E. Warren BROWDEN.

Roadways on Bridges.

Las calzadas en los puentes.

(Engineering News Record, 1938-3-18).

---

## HERRAMIENTAS MAQUINAS

L. W. TELLER et James A. BUCHANAN.

A machine for impact and sustained load tests of concrete by the Division of Tests Bureau of Public Roads.

Una máquina para los ensayos de choque y de carga concerniente al concreto, por la División de Ensayos, Oficina de Caminos Públicos.

(Public Roads, 1937-12. N<sup>o</sup> 10),

---

J. F. KESPER.

Einrichtungen für Abkühlen und Ablassen des Rückstandes bei der Teerdestillation.

Aparatos para el enfriamiento y la descarga del residuo en la destilación del alquitrán.

(Asphalt und Teer Strassenbautechnik, 1937-12-15).

---

George E. MARTIN.

Tar plant mixes.

Plantas para mezclas de alquitrán.

(Public Works, 1938-1.)

---

Fritz DOLL.

Die Entwicklung der Geräte für die Winterwartung an der Reichsautobahn.

Evolución de las herramientas que sirven para mantener las auto-vías alemanas.

(Strasse, 1938-1. N<sup>o</sup> 1).

---

J. J. Cullimore ALLEN.  
Modern roadmaking machinery.  
Maquinaria moderna para la construcción de caminos.  
(Institution of highway Engineers, Bulletin n° 9, supplément  
1938 1).

---

## ACCESORIOS DEL CAMINO

Paul LECOLIER.

Plantatiunile pe strazzi; plantatiuni fructifere.  
Plantaciones en los costados de los caminos. Plantaciones de árboles  
frutales.  
(Urbanismul (Roumanie), 1937. Juillet-aût).

---

C. H. WOODWARD.

Photometry in public lighting.  
Fotometría en el alumbrado público.  
(Roads and Road Construction, 1937 12 1).

---

G. LÜSCHER, Ing. Aaran.

Ueber die zweckmässige Anlage von Radfahrwegen.  
Diseño apropiado para pistas de ciclistas.  
(Staasse und Verkehr. 1937 12 24).

---

I. VANDONE.

La Strada guidata.  
El camino guiado (faja dibujada en el centro del camino).  
(Le Strade. 1938 1. N° 1).

---

Dr. Ing. SCHACHT.

Radwegebuea in Dänmark.  
Construcción de pistas para ciclistas en Dinamarca.  
(Strassenbau, 1938-1 15).

---

Schienengleiche Strassenkreuzungen in Frankreich.  
Cruces a nivel de caminos y vías férrea en Francia.  
(Strassenbau, 1938 2 1).

---

## MANTENCION DE CAMINOS Y CALZADAS

Provinzialbaurat Kayser Siegburg.

Vereinfachungen in der Strassenunterhaltung.

Simplificación en la conservación de caminos.

(Asphalt und Teer Strassenbautechnik, 1937. 12. 15).

---

Frilz RATH.

Anheben abgesunkener Betonfahrbahnplatten mittels Pressluft.

Extracción de losas de concreto hundidas por medio de aire comprimido.

(Betonstrasse, 1938 1. N<sup>o</sup> 1).

---

Gustav LÜTTMANN.

Schneeräumung auf der Reichsautobahn Königsberg-Elbing.

Extracción de la nieve de la autovía de Königsberg a Elbing.

(Strasse, 1938. 2. N<sup>o</sup> 3).

---

## ESTUDIOS - INVESTIGACIONES - ENSAYOS.

A. R. LEE et A. H. D. MARKWICK.

The mechanical properties of bituminous surfacing materials under constant stress.

Las propiedades mecánicas de los productos betuminosos utilizados en los revestimientos sometidos a un esfuerzo constante.

(Journal of the Society of Chemical Industry, 1937. Mai V. 56).

---

Dr. Ing. A. FRAASS.

Prüfmethoden für Bitumen und bituminöse Massen, mit besonderer Berücksichtigung der Brechpunktbestimmung.

Método de ensayo del betumen o materias betuminosas, sobre todo de la determinación del punto de ruptura.

(Bitumen, 1937. Heft 7).

---

F. C. WEST.

Laboratory testing in highway engineering.

Ensayos de laboratorio en la técnica de los grandes caminos.

(Roads and Road Construction, 1937. 12. 1).

---

A. CLARK et H. J. HODSMAN.

A viscosimeter suitable for material of high viscosity.  
Un viscosímetro apropiado para materiales de viscosidad elevada.  
(Journal of the Institution of Engineers, Austria, 1937.  
N<sup>o</sup> 12).

---

P. HERRMANN.

Der Kornaufbau von Schwarzstrassen.  
La composición granulométrica de los revestimientos con aglutinantes hidrocarbonados.  
(Asphalt und Teer Strassenbautechnik, 1937-12 22).

---

Thos. H. Mc. DONALD.

A practical view of the problem of highway safety.  
Un punto de vista práctico del problema de la seguridad en los grandes caminos.  
(Better Roads, 1938 1: N<sup>o</sup> 1).

---

Bernard H. KNIGHT.

The adhesion of bituminous binder to road aggregates.  
La adhesividad de los conglomerantes betuminosos a los agregados para caminos.  
(Highway and Bridges, 1938-1-19).

---

Folke RENGMARK

Falkkilen en ny metod för undersökning av jordarters saint gruvvägbanors bärighet.  
Un nuevo método para la determinación de la capacidad portante de los suelos y caminos de grava.  
(Brochure N<sup>o</sup> 57 du Stateus Väginstitut Stockholm).

---

R. G. BATEON.

Concrete carriageways: investigations in hand and required.  
Las calzadas de concreto: investigaciones en curso e investigaciones necesarias.  
(Roads and Road Construction, 1938 2-1).

---

Via VITAE.

Some random thoughts on road research: with special reference to the Road research board's report (soils mechanics; mechanical tests of bituminous materials, etc.)

Algunas ideas sobre investigaciones de caminos que se refieren a un informe del Bureau de Investigaciones. (Mecánica de los suelos, ensayos mecánicos de los productos betuminosos, etc.) (Highways and Bridges, 1938-2-16).

---

CIRCULACION CAMINERA

.....

The electro-matic system of traffic control in Piccadilly circus.  
El sistema 'electro-magnético' de control de la circulación en el barrio de Piccadilly.  
(Engineering, 1937-10-19).

.....

Cesari ALBERTINI.

Teoria e practica nella circolazione giratoria.  
Teoría y práctica en materia de circulación giratoria.  
(Le Strade, 1937-12, N<sup>o</sup> 12).

.....

Traffic control in Piccadilly (unusual factors of installation),  
El control del tráfico en Piccadilly (elementos especiales de la instalación).  
(Highways and Bridges, 1937-12-29).

.....

The toll for 1937. (Ministry of Transport table showing toll of road for 1937 as compared with 1936).  
Accidentes mortales ocurridos en 1937. (Estadística del Ministerio de Transportes indicando los accidentes ocurridos en los caminos durante 1937, comparándolos a los del año 1936).  
(Pedestrians' Association Quaterly News Letter. N<sup>o</sup> 23, Janv. 1938).

Rudolf HOFFMANN.

Der Verkehr auf der Reichsautobahn im Herbst 1937.  
La circulación sobre las autovías alemanas durante el otoño de 1937.

Strasse, 1938-2. N<sup>o</sup> 4).

J. F. L. van GILS

Statistiek van de verkeersongevallen in 1936.  
Estadística de los accidentes de circulación en 1936.  
(Wegen, 1938-2-16).

CIRCULACION CAMINERA

.....

Road signs: simplification and standardization essential for speeds of to day and to morrow.

Signos de caminos: la simplificación y la estandarización. Medidas esenciales en razón de las velocidades de hoy día y de mañana.

(Highways and Bridges, 1938 2. 16).

Cesari ALBERTINI.

Teoria e pratica nella circolazione gitoria.  
Teoría y práctica en materia de circulación gitoria.  
(Le Strade, 1937-12, N<sup>o</sup> 12).

Traffic control in Piccadilly (annual factors of installation).  
El control del tráfico en Piccadilly (elementos especiales de la instalación).  
(Highways and Bridges, 1937-12-29).

The toll for 1937 (Ministry of Transport table showing toll of road for 1937 as compared with 1936).  
Accidentes mortales ocurridos en 1937. (Estadística del Ministerio de Transportes indicando los accidentes ocurridos en los caminos durante 1937, comparándolos a los del año 1936).  
(Pedestrian's Association Quarterly News Letter, N<sup>o</sup> 23, Janv. 1938).

## Revistas, Boletines, etc., mencionados en el Indice Bibliográfico

- L'Action Automobile*, 17-19, rue de la Nerée-Bleue, Strashourg.
- American Association of State Officials*, 1222-24. National Press Building, Washington D. C.
- American City*. American City Magazine Corp, 470 Fourth Avenue, New-York (Etats Unis).
- American Highway*, *American Association of State highway Officials* 1222-24. National Press Building Washington D. C.
- American Railway Engineering. Association Bulletin*, 5, East Van Buren Street, Chicago III.
- American Society of Civil Engineers Proceedings*, 220, West Fifty Seventh Street New-York (Etats-Unis).
- American Society for Testing Materials, Bulletin*, 1315, Spruce Street, Philadelphia Pa.
- Annales des Ponts et Chaussées*, 6, rue de la Chaussée-d'Antin, Paris (France).
- Annales des Travaux Publics de Belgique*, 21, rue de la Limite, Bruxelles (Belgique).
- Annali dei Lavori Pubblici*. On Ministero dei Lavori Pubblici. Comitato di redazione degli Annali, Rome (Italy).
- Arizona Highways*. State Highway Department. Phoenix (Arizona).
- Asphalti Bitami Catrami*. Via Lamarmora, Milano (Italie).
- Asphalt und teer Strassenbautechnik*. Berlín S. W., 11, Stresemann-Strasse, 27 (Allemagne).
- Bauingenieur*, Berlín, W 9, Linkstrasse 23-24 (Allemagne).
- Beton Strasse*, Charlottenburg, 2, Knesebeck Str. 30 (Allemagne).
- Better Highways*, Ohio Crusbed Stone Association, 407, Hartman Building. Columbus, Ohio.
- Better Roads*, 173 West Madison Street, Chicago III (États-Unis).
- Bitumen* (Arbeitsgemeinsschaft der Bitumenindustrie E. V.), Berlín N. W. 7, Neue Wilhelmstrasse (Allemagne)
- Bureau of Standars Journal of research*, U. S. Bureau of Standars Washington D. C.
- Bus Transportation*. Mc Graw Hill Publishing C.º, Inc. 330 West 42 nd Street. New York City.

- Canadian Engineer.* Monetary Timec Printing Company o  
Canadá Ltd. 341 Church Street, Toronto (Canadá)
- California Highways and Public Works.* P. O. Box 149 Sa-  
cramento California.
- Caminos Revista Técnica-Solis,* 443, Buenos Aires (Argentina).
- Cemento.* Calle de Gerona, 69, Barcelona.
- Cement and Cement Manufacture,* 20 Darmouth Str. London S.  
W. 1, (Great Britain.)
- Commerce Reports.* U. S. Departament of Commerce, Washing-  
ton D. C
- Commercial Standards Monthly.* U. S. Bureau of Standards,  
Washington D. C.
- The Commercial Motor User Association Journal,* 50, Pall Mall,  
London. S. W. I. Great Britain.
- Commonwealth Engineer,* 39, Queen Street, Melbourne, C. I.,  
Australie.
- Civil Engineering.* American Society of Civil Engineers, 35,  
West 39 th Street New York City.
- City Planning,* 9, Parksteet, Boston. Mass. (U. S. A.).
- Ghronique de Transports,* 282, boul. Saint Germain. Paris  
(France).
- Compressed Air Magazine,* Philippsburg N. J. (U. S. A.)
- Concrete.* Concrete Publishing Company, 400 West Madison  
Street, Chicago III.
- Concrete and Constructional Engineering.* Concrete Publica-  
tions, Ltd. 20, Dartmouth Street, S. W, London (Englan).
- Construction Methods.* Mc Graw Hill Publishing C<sup>o</sup>, 330 West  
42 nd Street, New York City.
- Contractor's and Engineers.* 470 Fourth Avenue, New York  
City.
- Cornell Civil Engineer.* Association of Civil Engineers of Cor-  
nell University Ithaca, N. Y.
- Crushed Stone Journal.* National Crushed Stone Association,  
1735 Fourteenth Street N. W. Washington D. C.
- Dansk Vrjtidskrift.* St. Kingensdade 132, Kjobenhaben K  
Danemark.
- Dependabe Highways,* National Paving Brick Association Na-  
tional Press Building, Washington D. C.
- Engineering Experiment Station News.* Ohio State University  
Columbus, Ohio.
- Engineering News Record.* Mc Graw Hill Publishing Company.  
Inc 330 West 42 nd Street, New York City (Etats-Unis).
- Génie Civil,* 5, rue Jules Lefebvre, Paris (France).
- Good Roads (England),* 53, Broad Street, Birmingham England.
- Highway Magazine.* Armco Culvet Manufacturers Association  
Middletown, Ohio (Etats Unis).

- Highways and Bridges*, 329 High Holborn, London, W. C. I. (Great Britain).
- Ingegnere*. Direzione e Amministrazione. Roma (104), Via dei Sabini 7.
- Ingeniería y Construcción*. Asociación Española de la Prensa Técnica, Larra, 6, Apartado de Correos 4.003, Madrid, España.
- Ingeniería Nacional*. 3 Frente al Parque Marozan, Guatemala.
- International Review on Timber Utilization*, Wien I. Singers-  
trasse 27, (Autriche).
- La Route, le Rail et l'Eau Revue Internationale des Ponts et  
Chaussées*. California. Corrugated Culvert C.º West Ber-  
keley Californie U. S. A.
- Le Moniteur des Travaux Publics*, 23, rue de Châteaudun Pa-  
ris (France).
- Les Transports Modernes*, 2, rue Jean Goujon, Paris (France).
- Main Roads*. Main Roads Board N. S. W. Box 3903, C. P. O.,  
Sidney (Australia).
- Meddelelser fra Veidirektoren Oslo*. Teknisk Ukeblad. Akers-  
gaten 7 IV, Oslo (Norvège).
- Michigan Roads and Air Ports*. Estate Review Publishing Com-  
pany, 357. Capital National Bank Building. Lansing Mi-  
chigan (Etats Unis).
- Mitteilungen der tudengesellschaft für Automobilstrassenbau*.  
Berlin Charlottenburg, 2 Knesebeckstr, 30 (Allemagne).
- Modern transport*. Norman House 105/100 Strand, Londres W.  
C. 2 Grande Bretagne.
- Motor Transport*. Dorset House, Tudor Street, London E. C.  
(Grande Bretagne).
- Nature Magazine*. American Nature Association Washington,  
D. C. 1214 Sixteenth Str N. W.
- National Petroleum News Publishing C.º* 12 13 West 3rd Str.  
Cleveland Ohio (U. S. A.).
- Nerba*, 89, Broad Street, Boston, Mass. (U. S. A.).
- Public Roads*, U. S. Bureau of Public Roads, Willard Building,  
Washington D. C. (Etats Unis).
- Public Safety*. National Safety Council, 20 North Wacker Drive,  
Chicago III (Etats Unis).
- Public Works*, National Safety Council, 20, North Wacker  
Drive, Chicago III.
- Public Works*. Public Works Journal Corporation, 310, East  
45 th Street New York City (Etats Unis).
- Quarry and Road Making*, 30-31, Furnival Street, Holborn  
London E. C. 4 England.
- Revista de Caminos*. Casilla 153, Santiago (Chile).

- Revue Générale des Routes*, 80, rue Taitbout (France).
- Roads and Road Construction*. Bangor House, 68-69, Shoe Lane, Londres E. C. 4 (Grande-Bretagne).
- Roads and Streets*, 400 West Madison Street, Chicago III (Etats Unis).
- S. A. E. Journal*. Society of Automotive Engineers Inc. 29, West 39 th Street. New York City.
- Schweizerische Zeitschrift für Strassenwesen*. Waisenhausstrasse, 2, Zurich (Suisse).
- Strade*. Dell Instituto Sperimentale, Stradale del T. C. I. Corso Italia, 10, Milano Italie).
- Strassenbau*. Martin Boerner, Halle Saale (Allemagne).
- Strassenwesen*. Wien IV. Operngasse, II (Autriche).
- Structural Engineer*. Londres.
- Swenska Wagforeningen Tidskrift*. Kungs. aten 55, Stockolm. (Suède).
- Surveyor and Municipal and County Engineer*, 14 Bride Lane. Fleet Street, Londres E. C. 4 (Grande Bretagne).
- Teer und Bitumen*, Verlag von Wilhelm Knapp, Halle a. d. Saale, Mühlweg, 19 (Allemagne).
- Verkehrstechnik* Berlin S. W. 68. Kochstrasse 22 26 (Allemaen).
- Verkehrswarte*. Berlin W. 8. Wilhelmstrase 46.
- Wegen*. Nederlansche Wegencongres, Parkstaat, 18, The Hague (Holland).
- Western Construction News*. Inc. 114. Snsome Street, San Francisco. Californie (Etats Unis).
- World's Carriers and Carrying*. Trades Review Carriers Publishing Company, Ltd. Bangor House, 68-69 Shoe Lane, London E. C 4, England.

# REVISTA DE CAMINOS

Señor Industrial,  
Señor Ingeniero,  
Señor Agricultor,  
Señor Comerciante,

**A todos conviene suscribirse  
a la Revista de Caminos**

## PORQUE:

- 1) Ayudáis a la única Revista Técnica chilena dedicada especialmente a caminos.
- 2) Encontraréis en sus páginas, una relación completa de las actividades camineras del país.
- 3) Publicará vuestras buenas ideas que signifiquen cooperación o mejoramiento de los trabajos camineros que os interesan.
- 4) Contribuís por fin, al progreso de vuestro país, y a su bienestar propagando la necesidad de mejorar siempre los caminos.

# Fábrica de Material de Guerra del Ejército

AV. P. MONTT 1606—SANTIAGO—TELEF. 51011

**La Fábrica de Material de Guerra del Ejército**, creada con fines Militares, es a la fecha un alto exponente del progreso alcanzado en estos últimos años por la Industria Nacional.

Bajo la denominación FAMAE, esta Fábrica ha comercializado sus actividades y ahora sus numerosos productos sirven ampliamente las más importantes necesidades de la Agricultura, Industria, Comercio, Minería, etc.

Su Sección Aceros ofrece:

FIERRO REDONDO EN BARRAS PARA CONSTRUCCIONES.

FIERRO PLATINA.

FLEGES.

Científica y rápida elaboración de toda clase de repuestos para Chancadoras y Molinos de bolas.

*Cilindros de acero* forjado para plantas laminadoras.

*Piñones helicoidales* de acero silicio.

*Aceros rápidos* para herramientas de torno, etc., etc.

En cuanto a materiales para agricultura, los arados CONDOR han sido muy bien recibidos por los consumidores, quienes los prefieren a los importados. Hay miles en trabajo en todos los campos de Chile.

Igual cosa puede decirse del cultivador FAMAE para chacarería y viñas, implemento que se ha impuesto por su solidez, eficacia y fácil manejo.

Se elabora también toda clase de herramientas para la agricultura y minería como ser:

Palas de diferentes tipos, picotas, azahachas y azapicos, chuzos, combos mineros, azadones, rozones, etc.

Se complementan estos renglones con FRAGUAS portátiles y carretillas tubulares, ejes de acero, etc., etc. que colocan en el país y el exterior la totalidad de su producción.

La laminación de metales no ferrosos ofrece: planchas, cañerías, barras y alambres de cobre, bronce, alpaca y plomo.

Merece un capítulo especial, la fabricación de la pistola FAMAE, similar a la Browning 635, admirable por su presentación, seguridad y solidez. Con su uso, se han ganado varios primeros premios en concursos de tiro.

Se fabrican también balas de diversos calibres y munición de caza en las acreditadas marcas Liebres, Huemul y Cóndor.

Los ferrocarriles necesitan

## CAMINOS

para ser alimentados debidamente y poder llenar su capacidad de transporte.

La agricultura, el comercio y la industria necesitan

## CAMINOS

para poder transportar sus artículos a los centros de mayor consumo.

La escuela necesita

## CAMINOS

para cumplir su verdadero papel social facilitando el acceso a ella.

Los países necesitan

## CAMINOS

para mantener su tranquilidad interior y asegurar su integridad en el exterior.

# REVISTA DE CAMINOS

---

REVISTA NACIONAL DEDICADA  
A LOS ESTUDIOS, CONSTRUCCION  
Y CONSERVACION DE CAMINOS.

---

ORGANO OFICIAL del DEPARTAMENTO  
DE CAMINOS DE LA DIRECCION  
DE OBRAS PUBLICAS

---

Casilla 153

— Teléfono 85231

**SANTIAGO DE CHILE**

OFICINA:

Morandé 45.—Edificio del Ministerio de Fomento.—  
Tercer Piso—Oficina N.º 310

## PRECIOS DE SUSCRIPCION

EN EL PAIS.....	\$ 30.00
EN EL EXTRANJERO.....	50.00
NUMERO SUELTO EN EL PAIS.....	4.00
„ „ EN EL EXTRANJERO .....	5.00

---

SANTIAGO



DEPARTAMENTO CAMINOS  
**RED CAMINERA DE CHILE**

DICIEMBRE DE 1938

ESCALA 1:2.000.000  
*C. Ponce de Leon*  
 Director

