

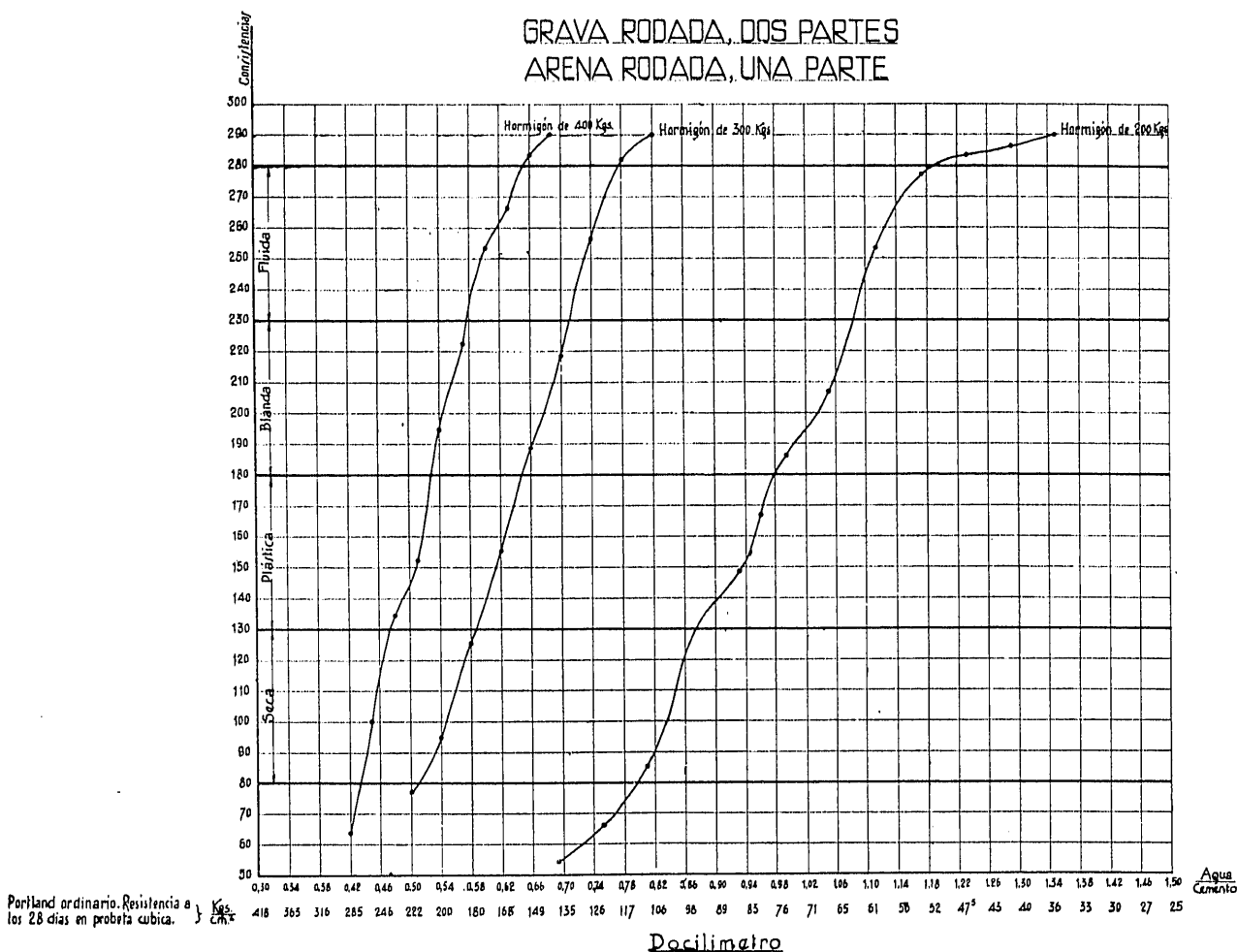
DETERMINACIÓN Y MEDIDA DE LA CONSISTENCIA Y TRABAZÓN DE LOS HORMIGONES

POR RAMÓN IRIBARREN, INGENIERO DE CAMINOS

La determinación y medida de la consistencia y trabazón de los hormigones frescos ha constituido un problema, por cuya interesante solución se han preocupado eminentes técnicos y constructores que

jor dicho, plasticidad o blandura necesarias para la puesta en obra del hormigón.

Además de las cualidades, que pudiéramos denominar especiales, exigidas por la obra al hormi-



hace tiempo se dieron cuenta de la importancia de la cuestión.

Es muy general la creencia de que solamente el aumento de las resistencias de los hormigones implica mayores dosificaciones de cemento y, por lo tanto, un aumento de coste, olvidándose de que, tanto como por la resistencia, viene obligada la dosificación de cemento por la consistencia o, me-

gón, éste debe reunir siempre dos cualidades fundamentales: necesaria resistencia y adecuada consistencia para su puesta en obra.

Dentro de ciertos límites, puede mejorarse una de estas cualidades fundamentales, a expensas de la otra, en un determinado hormigón de dosificación fijada de cemento.

Una simple disminución de la dosificación de

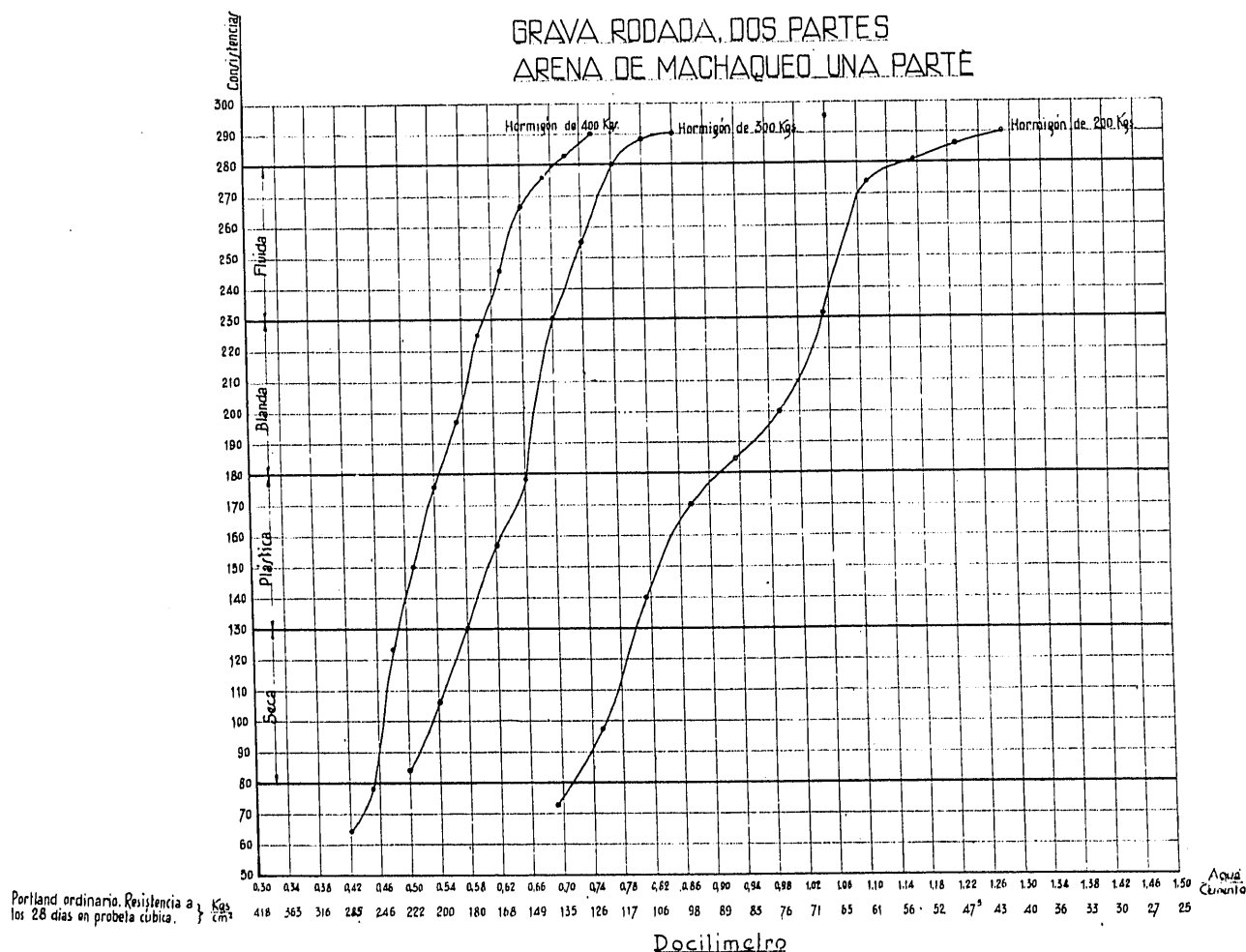
agua puede mejorar la resistencia a cambio de una mayor dureza y consiguiente dificultad de puesta en obra del hormigón fresco.

Un aumento de la proporción de agua produce efectos contrarios.

La dosificación de cemento de un hormigón, constituido por un árido determinado, viene, como

anomalía desaparece, pues, sea cualquiera la igual consistencia fijada para ambos hormigones, resulta más resistente el hormigón más rico.

Si hacemos la comparación a igualdad de resistencia, resulta que el hormigón más rico es siempre más blando, y reúne, por lo tanto, mejores y más fáciles condiciones de colocación en obra.



consecuencia, precisada tanto por la resistencia como por su consistencia.

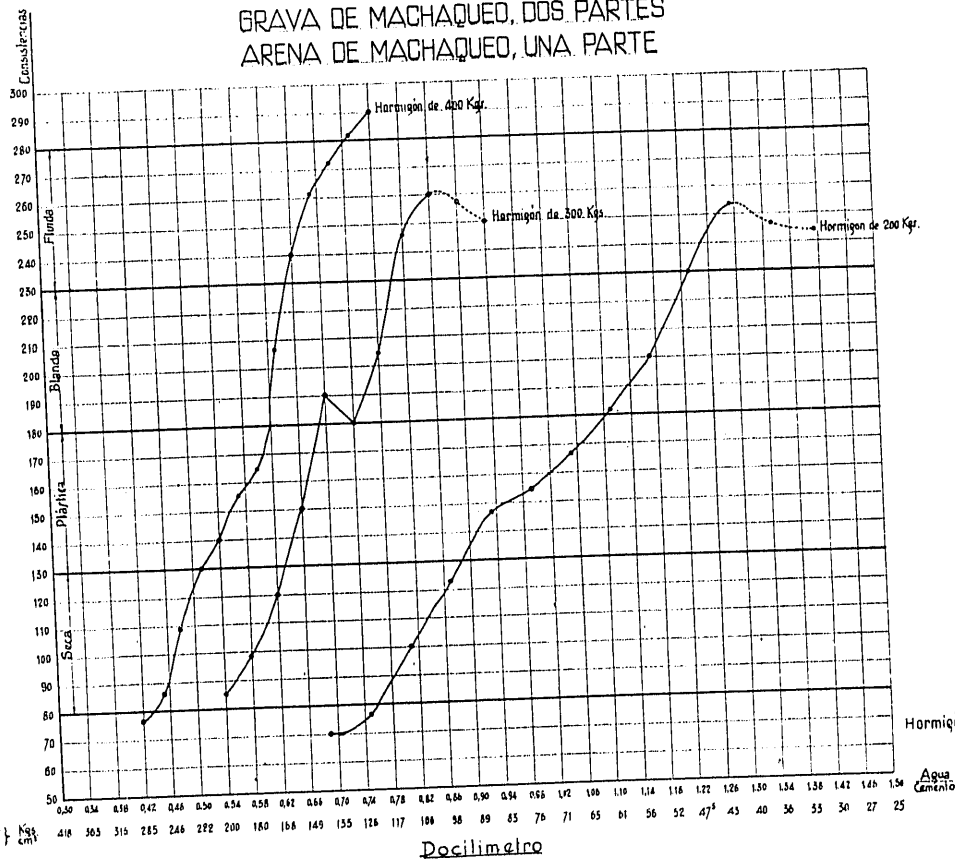
A la vista de las curvas de consistencia que acompañan al presente trabajo, puede precisarse más todo esto, pues, por ejemplo, puede observarse la aparente anomalía de que un hormigón de 300 kilogramos de cemento puede ser más resistente que otro de 400 kg., constituido con el mismo árido, resultando, en cambio, el primero mucho más duro y difícil de colocar en obra que el segundo.

Si, más lógicamente, hacemos la comparación a igualdad de condiciones de colocación en obra, o sea a igualdad de consistencia, aquella aparente

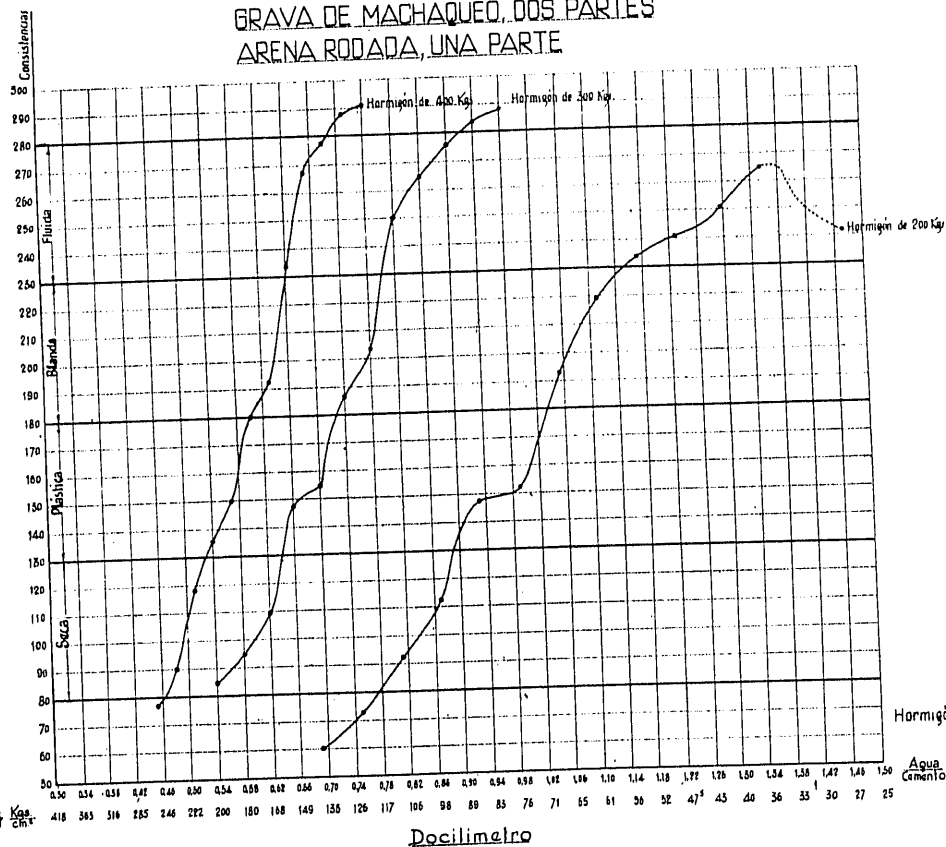
Todo esto es tan aproximado como la ley que liga las resistencias a las relaciones $\frac{\text{agua}}{\text{cemento}}$ de los

hormigones constituidos por el mismo árido y un determinado cemento, y es indudable que esta ley, siempre que se obtenga experimentalmente, con la necesaria profusión y en las debidas condiciones, ha de resultar tan aproximada como los resultados de la experimentación directa, pues, para esos determinados hormigones, en los que, además de precisarse el árido y el cemento empleado, se determina la dosificación de este; es axiomático que sus resistencias, siempre que se fabriquen debidamente, sólo

GRAVA DE MACHAQUEO, DOS PARTES ARENA DE MACHAQUEO, UNA PARTE



GRAVA DE MACHAQUEO, DOS PARTES ARENA RODADA, UNA PARTE



han de ser función de la única variable, o sea de la proporción de agua o, si se prefiere, de la relación $\frac{\text{agua}}{\text{cemento}}$.

Pero no es esto todo, sino que, como teóricamente se concibe y abundante experimentación ha comprobado, dicha ley es suficientemente aproximada para la mayoría de los casos prácticos, aun en el caso de que se empleen áridos distintos, siempre que éstos reúnan las necesarias condiciones de utilización, y también puede generalizarse la ley, o mejor dicho, es posible establecer una ley que determine las resistencias, prácticamente mínimas posibles, correspondientes a cada relación $\frac{\text{agua}}{\text{cemento}}$.

aun en el caso en que se empleen diversos cementos de características semejantes.

Lo anteriormente expuesto prueba suficientemente que, si es del mayor interés disponer de prensas que determinen las cargas de rotura de los hormigones, es también muy interesante poder precisar, práctica y cómodamente, sus consistencias.

Con el fin de evitar el exceso de agua, tan perjudicial para la resistencia y demás cualidades de los hormigones, es preciso determinar, en cada caso particular, la cantidad de agua, estrictamente necesaria, para permitir la debida manipulación y puesta en obra del hormigón, que asegure la total envoltura de las armaduras y eficaz relleno de los

moldes. El defecto de agua puede ser también perjudicial al producir coqueas o huecos en el seno del hormigón.

Durante toda la ejecución de la obra, tiene el máximo interés el asegurarse de que las proporciones de los elementos que constituyen el hormigón, y especialmente la del agua, no varíen, debiendo corregirse, inmediatamente, cualquier anomalía que se pudiese observar, producida por la variable humedad de los áridos y, en especial, de la arena.

Para conseguir ambas finalidades, la de precisar la cantidad mínima de agua conveniente para el amasado y controlar su constancia durante la ejecución de la obra, es, como hemos indicado, de la mayor importancia encontrar un procedimiento práctico y suficientemente seguro que permita medir la consistencia de los hormigones.

Para ello, se ha partido de la base de que la mayor o menor facilidad con que un hormigón penetra en los moldes, pasando a través de las armaduras, si las hubiese, y rellenando los huecos, debe estar íntimamente relacionada con la mayor o menor facilidad con que, ese mismo hormigón, se deja penetrar por un cuerpo extraño.

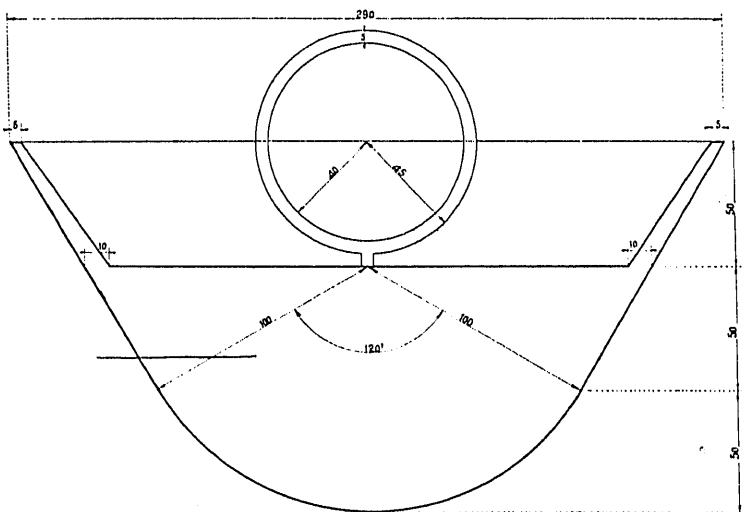
Se han efectuado numerosos ensayos con diversos hormigones y empleando esferas, semiesferas, tercios de esferas, paraboloides y demás formas adecuadas de equilibrio estable, con el fin de determinar la forma, dimensiones y peso más convenientes para ese cuerpo de prueba, llegando a la conclusión de que el más apropiado y de más exacto resultado es el tronco de cono, rematado con el casquete esférico, que se detalla en la figura correspondiente y cuyo método operatorio se precisa en la vigente Instrucción para el proyecto y ejecución de obras de hormigón.

Sería prolijo detallar aquí los innumerables ensayos efectuados para elegir el tipo adoptado, limitándonos a acompañar las curvas obtenidas con él, cuya continuidad y regularidad, más que aceptables, tratándose de curvas experimentales en las que no se ha desechado ninguno de los puntos obtenidos, justifican la elección efectuada.

Para la determinación de esas curvas, se ha operado con $1/6$ de m^3 , o sea con 166,6 litros de árido, perfectamente mezclado, y la cantidad correspondiente de cemento, aumentándose la cantidad de agua, de dos en dos litros, para obtener los puntos correspondientes. Cabe, para mayor brevedad, y dada la capacidad de 62,5 litros de la caja tipo

HORMIGONES EN MASA

Árido: hasta 8 cm ó 9 cm.



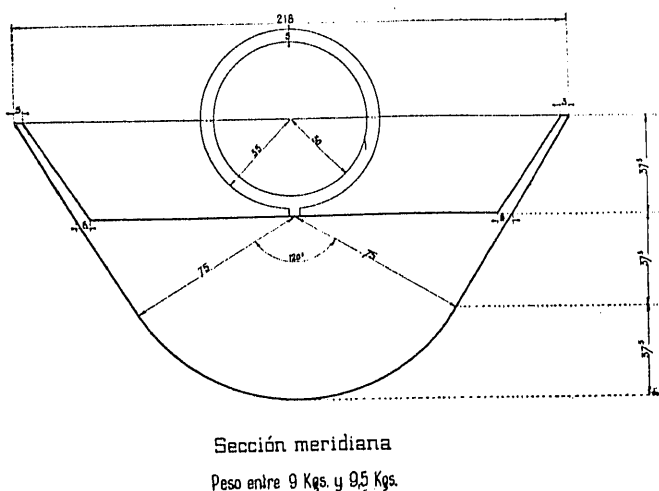
Sección meridiana

Peso entre 21,5 Kgs. y 22,5 Kgs

En el eje de abscisas, además de la relación $\frac{\text{agua}}{\text{cemento}}$, se indican las cargas probables de rotura, a los veintiocho días de los hormigones correspondientes, siempre que sus elementos constitutivos reúnan las debidas condiciones, y deducidas de la fórmula de Bolomey:

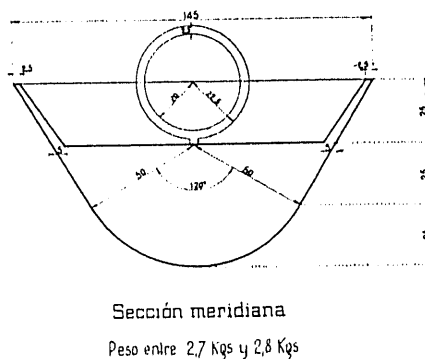
$$H = \frac{Rm}{2.7} \left(\frac{1}{w} - 0,5 \right)$$

HORMIGONES ARMADOS
Arida/ hasta 3,5 cm ó 4 cm.


$$R_m = 400 \frac{\text{kg.}}{\text{cm.}^2}.$$

No se han precisado las condiciones de los áridos empleados, que son de tipos corrientemente utilizados en la construcción, por no tratarse de deter-

PASTAS Y MORTEROS
Aridos hasta 5 mm.



El único resultado, a primera vista, desconcertante, que se desprende del estudio de las curvas obtenidas con el docilímetro, es que, en la zona alta de las mismas, se produce, solamente en las correspondientes a los hormigones de áridos de baja compacidad y no muy ricos en cemento o en polvo y finos, un brusco aumento de curvatura y caída de la curva, tendiendo el hormigón a no dejarse penetrar más, aunque se le aumente la ya excesiva dosificación de agua.

Tenemos, pues, en definitiva, que, además de medir la consistencia de los hormigones, determinamos también cuándo a estos hormigones les falta la debida trabazón necesaria para que el árido no se separe de la pasta, o sea que, según la feliz concepción de D. Eduardo Torroja, como compendio de la consistencia y trabazón, determinamos la trabajabilidad o, con la acertada denominación por él propuesta, la docilidad del hormigón, que permita su fácil manejo y puesta en obra en las debidas condiciones.