

una clasificación de suelos, basada en la granulometría, en relación con su aptitud para la mezcla con cemento

SANDRO ROCCI, Ingeniero de Caminos

607-3

Uno de los más importantes factores que influyen en la dosificación mínima de cemento para obtener un suelo-cemento de características dadas; y viceversa, en las propiedades de un suelo-cemento con una dosificación dada de cemento, es el tipo de suelo. Entre las características que definen este "tipo" de suelo, una primordial es la granulometría, o distribución ponderal de los distintos tamaños.

Ha de recordarse que, cuanto más fino es un suelo, más aumenta su superficie específica (área de las partículas por unidad de peso), y que, por lo tanto, los fenómenos físico-químicos asociados con dicha superficie cobran mayor importancia. Siguiendo esta idea, podríamos distinguir el árido, inerte, grueso, del suelo, activo, fino. Naturalmente, la mezcla de estos dos tipos opuestos de material, con cemento, no puede conducir a los mismos resultados.

Siempre en estos casos extremos, la adición de cemento en pequeñas dosis y siempre en las debidas condiciones de compactación y curado, produce dos efectos distintos:

— En los áridos (cuya principal característica es la de poseer rozamiento interno, aunque poca o ninguna cohesión) el cemento une entre sí a los granos, y sus vínculos forman una estructura celular que confiere cohesión al conjunto, aumentando, por lo tanto, su resistencia intrínseca.

— En los suelos propiamente dichos (que tienen el inconveniente de alterar su resistencia por la acción del agua) el cemento ejerce, ante todo, una intensa acción superficial que neutraliza en cierto modo la del agua, haciendo que el suelo así "modificado" pierda su plasticidad, aumente su resistencia en estado húmedo, y pierda, en definitiva, su susceptibilidad al agua.

Aumentando la dosificación de cemento se obtiene un nuevo material, cuyas propiedades no son ya tan sólo las de los áridos o suelos, modificados o mejorados, sino que también presenta una nueva característica que convierte a la mezcla en un material diferente: el suelo-cemento (en el caso de los suelos) o el hormigón magro (en el caso de los áridos). Esta nueva propiedad es la durabilidad, o resistencia a la intemperie, a las alternancias de humedecimiento y desecación, y congelación y deshielo, que destruyen la cohesión entre las partículas y, por consiguiente, disminuyen grandemente la resistencia mecánica.

Naturalmente, el proceso que hemos descrito cualitativamente, no es cuantitativamente idéntico para todos los suelos o áridos: de donde la necesidad de una clasificación.

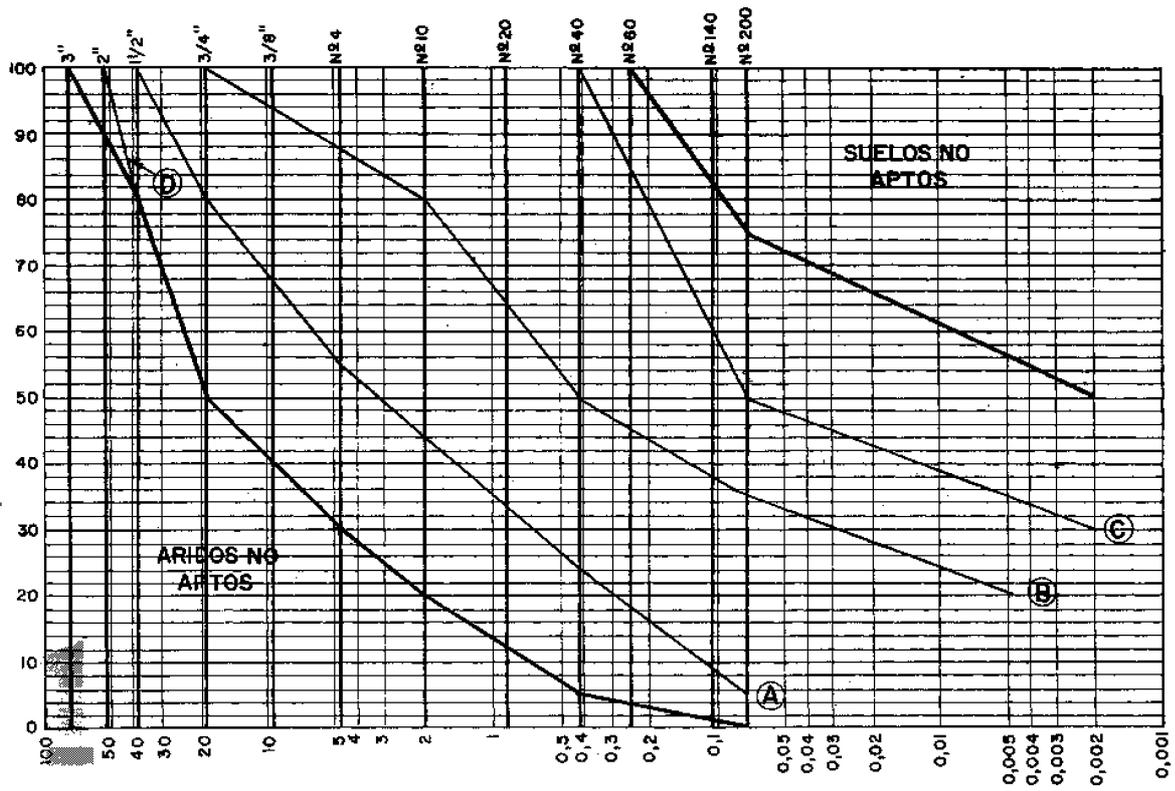
Por lo pronto, hay materiales cuya misma naturaleza los hace no aptos para la mezcla con cemento, cualquiera que sea la dosificación de éste: entre los áridos, los que son excesivamente gruesos (elevado índice de huecos, compactación imposible); entre los suelos, los excesivamente cohesivos (cuya mezcla con el cemento es imposible de realizarse homogéneamente, al menos con los medios de que se dispone hoy día). En un diagrama granulométrico como el de la figura 1 existirán, por lo tanto, dos zonas, indicadas "no apto": si la curva granulométrica del material pasa por una de ellas, aunque sea tan sólo parcialmente, dicho material no es tal que su mezcla con cemento proporcione resultados satisfactorios. En la zona de la izquierda, ello será debido a que contiene demasiada fracción gruesa; en la zona de la derecha, a que contiene demasiada fracción cohesiva (esto es, finos arcillosos).

Otra distinción importante es la que se puede establecer entre los "áridos" (que darán origen, a partir de cierta dosificación, a un hormigón magro) y los "suelos" (que darán origen, en análogas condiciones, al suelo-cemento). Claro está que los primeros son más gruesos que los segundos, pero aquí no es tan sencillo diferenciar, puesto que interviene la proporción relativa de las fracciones gruesas y finas. Por lo tanto, se ha recurrido al original criterio de la "línea frontera". La que nos ocupa se designa en la figura 1 por la letra A. En principio, toda curva que pase por debajo de ella dará origen a un hormigón magro, y la que pase por encima dará origen a un suelo-cemento.

Pero la principal ventaja de la "línea frontera" es que permite distinguir los casos intermedios, en los que la curva granulométrica del material corta a la línea A, dando origen a un producto intermedio entre el hormigón magro y el suelo-cemento propiamente dichos. La distinción puede

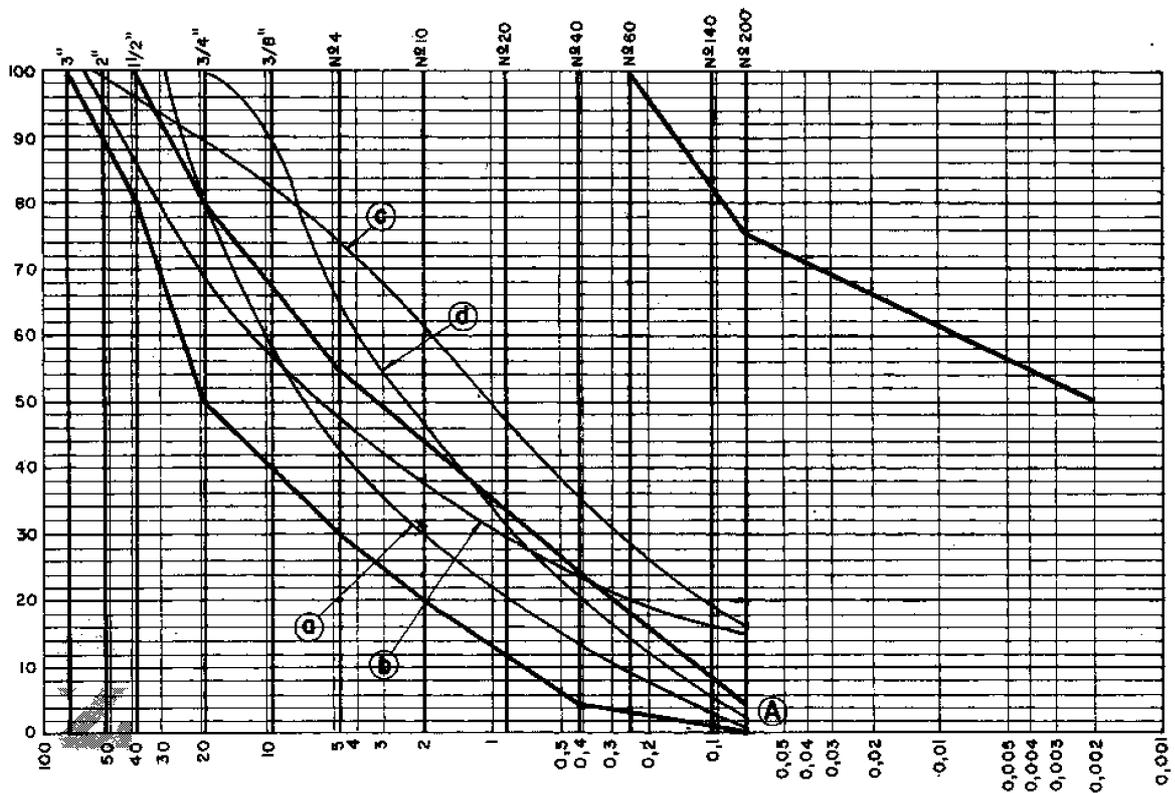
17

TAMICES SERIE A. S. T. M.



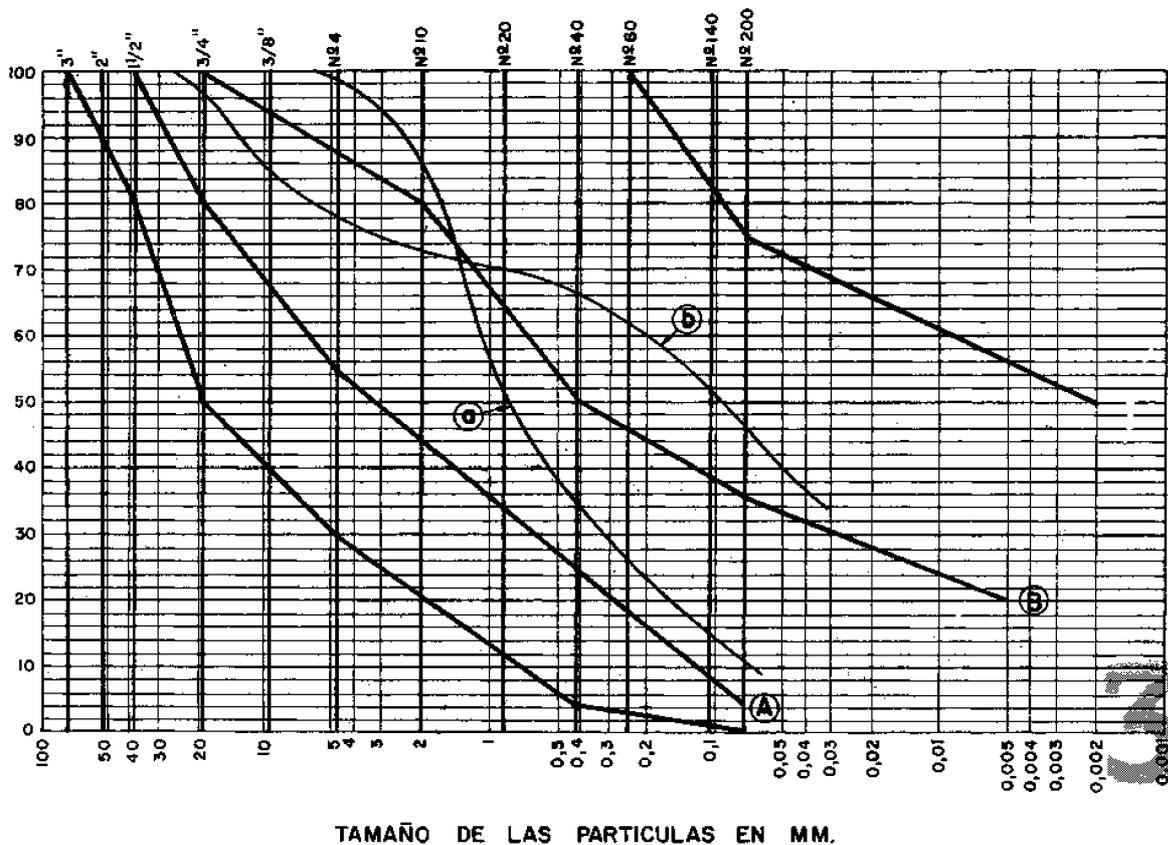
TAMAÑO DE LAS PARTICULAS EN MM.

TAMICES SERIE A. S. T. M.



TAMAÑO DE LAS PARTICULAS EN MM.

TAMIGES SERIE A. S. T. M.



TAMAÑO DE LAS PARTICULAS EN MM.

efectuarse, bien sea observando el sentido del corte, bien sea apelando a los coeficientes de uniformidad (d_{60}/d_{10}) y de curvatura ($d_{30}^2/d_{60} \cdot d_{10}$). De esta manera, se tienen los cuatro casos representados en la figura 2:

— Materiales de granulometría uniforme: $C_u < 50$.

Caso a) $C_u < 0,6$: árido con tamaño máximo reducido (no debe ser inferior a 20 mm (3/4")).

Caso d) $C_u > 0,6$: suelo con falta de elementos finos (filler), que hace que el conjunto tenga muchos huecos y, por lo tanto, requiera una dosificación de cemento más elevada.

— Materiales de granulometría discontinua: $C_u > 50$.

Caso b) $C_u < 0,6$: árido con exceso de material fino.

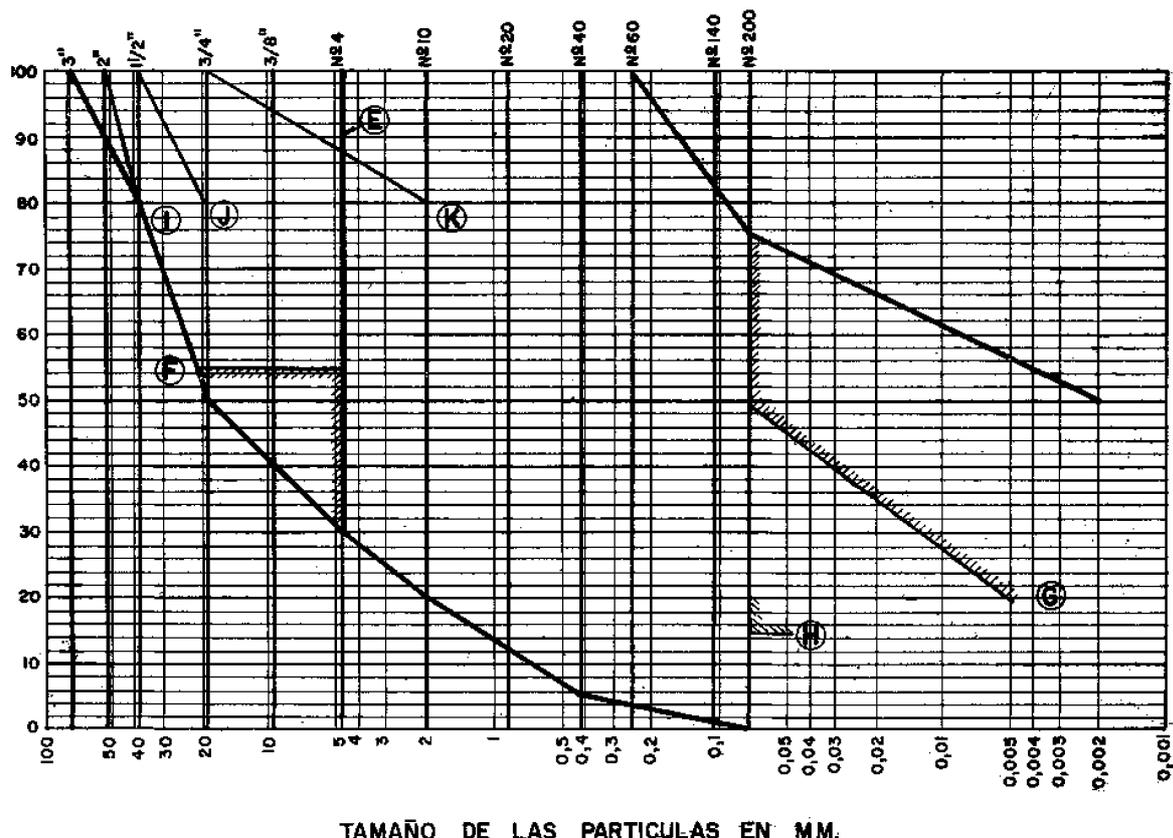
Caso c) $C_u > 0,6$: suelo con exceso de material grueso.

Una vez establecida, como antecede, la casuística completa hormigón magro vs. suelo-cemento, podemos distinguir otros tipos de material, con vistas a propiedades interesantes desde el punto de vista de proyecto (dosificación) y de construcción; también hemos recurrido al empleo de "líneas frontera". Entre ellas destacan (fig. 1):

— La línea B: que divide los suelos "medios" (por debajo) de los suelos "finos" (por encima): generalmente, los primeros requieren menor dosificación de cemento. También aquí se pueden tener casos en los que la curva granulométrica del suelo corta a la línea frontera: materiales de granulometría uniforme [caso a), fig. 3] y discontinua [caso b), fig. 3], los cuales requieren dosificaciones más elevadas de cemento.

— La línea C: que se refiere a suelos más finos que los anteriores, cuyo empleo puede ser dificultado en obra, puesto que se hallan formando terrones cohesivos de difícil disgregación. Se debe exigir el empleo de maquinaria adecuada.

TAMICES SERIE A. S. T. M.



TAMANO DE LAS PARTICULAS EN MM.

— La línea D: que se refiere a áridos muy gruesos, cuyo empleo puede ser perjudicial a la maquinaria.

— Las líneas de "criterios de ensayo", marcadas en la figura 4, y que delimitan los campos de aplicación de diversos criterios de dosificación para suelo-cemento.

— Línea E: Criterios norteamericanos ASTM sobre ensayos de durabilidad D-559 (ciclos de inmersión-deseccación) y D-560 (ciclos de congelación-deshielo), separa los métodos A (sin gravilla) y B (con gravilla).

— Líneas F y G: Ensayo abreviado de la Portland Cement Association. Se distinguen, asimismo, un método A y B, separados por la línea E.

— Línea H: Ensayo del factor de absorción de calcio para detectar suelos que, debido a impurezas generalmente orgánicas, responden anormalmente al anterior ensayo abreviado.

— Líneas I, J, K: Criterios de elección de diámetros de probetas para aplicar las BS-1924, criterio británico basado en la resistencia a compresión simple.

De esta manera hemos visto cómo aplicando una clasificación cualitativa, basada en el empleo de la línea frontera, se puede predecir, de forma aproximada, no sólo las características más salientes del material en cuanto a su aptitud para la mezcla con cemento, sino también los campos de validez de los diversos criterios de dosificación. La combinación de esta clasificación cualitativa con un ensayo granulométrico aproximado, puede hacer que los reconocimientos en el campo cobren una mayor envergadura, permitiendo llegar a más conclusiones acerca de la conveniencia de emplear determinados materiales.

No basta, sin embargo, el examen de la granulometría y su encaje dentro de uno u otro tipo de material, de los anteriormente definidos; intervienen otras variables, que no hemos considerado aquí, pero que pueden tener una influencia decisiva: principalmente, la plasticidad de la fracción fina, y el contenido en materias orgánicas que inhiben la acción del cemento. De todos estos temas se tratará en sucesivos artículos.