

lado y en que éstos van duplicándose en longitud al pasar de un tamiz al inmediato. Los residuos se expresan en centésimas del peso de la cantidad de árido ensayada.

Según Abrams, a igualdad de agua y aglomerante, y cualquiera que sea la composición granulométrica, la consistencia y resistencia permanecen constantes mientras no varíe el módulo de finura. Esta propiedad de las mezclas permite variar la composición granulométrica de los áridos sin alterar la plasticidad ni la resistencia.

Los plazos en que empieza el fraguado de las mezclas y su duración dependen de los análogos de las pastas formadas con los aglomerantes empleados. La aireación de los cementos, el uso del agua del mar y la adición de yeso o de puzolana, suelen retrasarlo. El calor, la adición de polvos de gran finura, sobre todo si son de cemento de fraguado rápido, éstos aun en pequeñas cantidades, producen generalmente el efecto contrario. En particular, ligeras cantidades de cemento o cal hidráulica añadidas a los morteros de cemento aluminoso suelen provocar su fraguado instantáneo.

Resistencias de morteros y hormigones

La resistencia a la compresión que alcanzan las mezclas plásticas es función creciente de la relación del aglomerante empleado a la suma de agua y vacíos y, por tanto, función creciente también de la compacidad; y tratándose de morteros y hormigones plásticos, en que los vacíos son casi siempre muy pequeños, cabe aceptar en la práctica, con Abrams y otros, que aquella resistencia crece también con la relación de cemento a agua. Con aglomerantes distintos, y a igualdad de las demás condiciones, la misma resistencia varía proporcionalmente a la de la pasta pura de cada uno.

En muchas partes de las construcciones marítimas las cargas a la compresión son muy moderadas, según ya se recordó, y fácilmente soportables por los morteros y hormigones pobres a base de cemento Portland, por lo cual la proporción de éste dependerá, en tales casos, más bien que de la resistencia, del grado de compacidad e impermeabilidad que hayan de reunir las mezclas; pero en partes determinadas de las obras, y siempre en las de hormigón armado, las cargas previstas habrán de ser altas y servirán para fijar

las mínimas de rotura por compresión que deban resistir morteros y hormigones.

Las Instrucciones francesas para el hormigón armado admiten, en general, cargas iguales a $\frac{1}{3,57}$ de las de rotura por compresión a los noventa días, mientras que las alemanas, aplicables a toda clase de hormigones, establecen para las fatigas permanentes cargas máximas equivalentes, en general, a $\frac{1}{5}$ de las de rotura a los veintiocho días (que, además, no han de bajar, para el hormigón armado, de 150 kilogramos por centímetro cuadrado), con límite superior de 50 kilogramos en los casos ordinarios. Las nuevas normas alemanas para el hormigón armado reducen mucho el coeficiente de seguridad cuando se trata de los cementos de alta resistencia, elevando en este caso la carga límite permanente a 60 kilogramos por centímetro cuadrado, lo que parece más bien moderado.

El coeficiente de $\frac{1}{5}$, aplicable en general, mas no a piezas especiales, es mucho más reducido que el aceptado en los Estados Unidos. Tratándose del Portland corriente, parece admisible, sin embargo, pero acaso podría aumentarse algo para otros productos hidráulicos y reducirse cuando se empleen cementos aluminosos, supercementos y aun las clases más selectas de los Portland ordinarios.

Cuando los aglomerantes estén constituidos por mezclas de Portland y puzolana en las proporciones corrientes, ese mismo coeficiente resultaría algo bajo si se refiriese a las cargas de rotura a los veintiocho días, porque es sabido que en ese plazo las resistencias de aquellas mezclas suelen ser algo más pequeñas que las formadas con el mismo peso de Portland solo de iguales condiciones, especialmente si los cubos de prueba no se conservan en el agua del mar en uno y otro caso, mientras que, al cabo de cierto tiempo, las resistencias se igualan si la proporción de puzolana está bien fijada. Atendiendo a esta consideración, sería lo más conveniente hacer los ensayos de rotura de los hormigones con mezclas de Portland y puzolana a los noventa días, en vez de veintiocho, o bien, conservando este último plazo, elevar algo el coeficiente de seguridad, por ejemplo, a $\frac{2}{9}$.

José NICOLÁU
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Estado actual de algunas cuestiones de Geofísica geológica¹

II

Formación y permanencia de los continentes y de los mares

Varios geólogos han creído que los primitivos mares recubrían toda la Tierra, aunque con escasas

profundidades. Pero si se considera que aun cuando desapareciesen los actuales continentes e islas, por la destrucción de sus rocas y consiguiente sedimentación en los fondos marinos, quedarían éstos con una profundidad media de 2 640 m y que no ha aumentado la cantidad de agua en la hidrosfera, habrá que admitir que siempre hubo profundos océanos.

La cantidad de agua habrá tal vez disminuido

¹ Véase el número anterior, página 75.

algo en el transcurso de los tiempos, por haber llegado a mayores profundidades la imbibición de las rocas al irse enfriando la litosfera. También pudo bajar temporalmente el nivel marino durante las épocas de grandes fríos, como en la era cuaternaria, por quedar considerables volúmenes retenidos en forma de agua sólida en heleros y campos de nieve.

En ningún sitio ha podido comprobarse que antiguos grandes fondos oceánicos hayan pasado a formar parte de macizos continentales. Es cierto que se hallan radiolarios y otros fósiles correspondientes a las profundidades marinas en los Alpes y en otros parajes continentales, pero se ha comprobado que no proceden de profundos océanos, sino de geosinclinales que, a modo de surcos, se encontraban cerca de las antiguas costas. Hoy día se cree que los grandes continentes han constituido formaciones estables desde su origen, por más que hayan podido estar parcial o totalmente recubiertas por mares epicontinentales, es decir, de escasa profundidad media, en virtud de transgresiones marinas a las que seguirían regresiones, producidas ambas por movimientos tanto epigénicos como orogénicos.

Esto no quiere decir que los actuales continentes y mares ocuparan siempre en el esferoide terrestre los mismos lugares donde actualmente se encuentran. Antes de que se admitiese la permanencia de los continentes y mares se explicaba que se encontrasen varios fósiles de animales terrestres iguales en América que en Europa y África, suponiendo continentes, como el paleozoico llamado Gondwana, que unían a los actuales y que posteriormente se hundieron, dejando profundidades que, en el caso mencionado, serían las atlánticas de 4 a 6 000 m; luego se pensó que la unión, en vez de hacerse por medio de continentes, se establecería por istmos o puentes continentales. Pero desde que se admite que los continentes están fundamentalmente constituidos por bloques de sial flotando sobre el sima, se concibe que macizos continentales, que formaban uno solo o que estaban en contacto, hayan podido irse separando durante el transcurso de largos tiempos, dejando entre ellos un espacio que, al rellenarse por las aguas marinas, habrá constituido una cuenca oceánica.

Wegener ha defendido estas ideas, que forman parte de su famosa y discutida teoría, en la que parte del supuesto de un bloque continental único, que se desgarró en varios, los cuales, después de varias transformaciones, al ir derivando hacia el Oeste en virtud de la gravedad, de la precesión y otras causas, han constituido los actuales continentes. No entraremos en detalles respecto a esta teoría, de la que ya se ha tratado en esta REVISTA ¹, y únicamente diremos que se confirma la existencia de movimientos continentales, por las variaciones de las coordenadas geográficas, tomadas en distintos años, en algunos lugares de Groenlandia.

La posibilidad de que primitivamente existiese un continente único ha sido apoyada por Daly, según razonamientos de los que se citarán algunos. Cuando la Tierra estuviese en estado líquido, su superficie afectaría la forma geométrica de un elipsoide de revolución, que luego perdió su perfección al solidificarse la corteza, y aun hoy día, según han comprobado Helmert y Heiskanen, el nivel de los océanos, en el

plano del Ecuador, da una figura elíptica cuyo eje mayor excede en unos 690 m al menor. La relativa rapidez con que la Tierra pasaría del estado gaseoso al líquido daría lugar a que sus materiales constituyentes se agrupasen con irregularidad, y como en virtud de la presión, aun cuando la superficie fuese fluida, se crearía un estado viscoso hacia el núcleo; se concibe que en el interior persistiese bastante asimetría en la distribución de densidades, de temperaturas o de ambas cosas, no sólo mientras la superficie permaneciese fluida y esferoidal, sino también cuando fuera solidificándose.

La solidificación de la corteza comenzaría por la formación de cristales que, como serían más densos que el magma, se hundirían en él y acabarían por refundirse. Seguirían formándose y hundiéndose nuevos cristales, que descenderían hasta que, como la densidad del magma en virtud de la compresión crecería con la profundidad, fuese igual a la del cristal, fundiéndose éste entonces a expensas de la temperatura del magma. Siguiendo este proceso llegaría a enfriarse suficientemente la superficie, para que ya no se fundiesen los cristales, y paulatinamente iría recubriéndose de una corteza sólida y cristalina todo el esferoide. Por debajo de la primera capa irían formándose otras y parece probable que, según se ha dicho al tratar de la constitución de la litosfera, desde los principios se dividirían aquéllas en dos zonas, una más ligera, de composición granítica, el sial, y debajo otra más densa, basáltica, el sima.

Cuando la envolvente granítica estuviese formada o casi formada, persistiría aún la referida asimetría interna de densidades y temperaturas, aun cuando aminorándose en virtud de corrientes de convección dentro de la materia viscosa. Todo esto tendería a que se perdiese la forma esferoidal de dicha envolvente granítica, puesto que, como ya no tendría un espesor uniforme, dada la desigualdad de temperaturas y presiones del magma debajo de ella, si se admite que en un hemisferio el espesor cortical fuese bastante más grueso, su menor densidad le haría sobresalir con respecto a la primitiva superficie. Esto, unido al peso de las aguas oceánicas que cargarían sobre el hemisferio menos saliente, determinaría que en el otro hemisferio se encontrasen todos los continentes, que probablemente llegarían a constituir un continente único, como expresa el esquema (fig. 3.^a). La meteorización de sus rocas produciría considerables derrubios que sedimentarían en los bordes *a, b, c, d* ..., los cuales, en virtud de estas sobrecargas, tenderían a hundirse en el magma relativamente plástico. La acción de la gravedad sobre estos bordes continentales inclinados, que por esta causa, juntamente con fenómenos relacionados con la contracción del núcleo terrestre, según se detallará al expresar las ideas de Daly relativas a la formación de las montañas de plegamiento, acaso se inclinarían más, determinaría el cuarteamiento del primitivo continente, cuya rígida corteza se desgarraría en grandes bloques continentales que, en virtud de la misma acción de la gravedad, se pondrían en movimiento. La resistencia que a éste presentarían los frentes *a, b, c, d* ... determinaría primitivos plegamientos semejantes a los que en la época terciaria se formaron en los bordes de Asia y América que enfrentan el Pacífico (fig. 6.^a ¹), lo que explica lo muy

¹ Esta figura corresponde a la continuación de este artículo.

plegado que se halla en muchas regiones el complejo fundamental o estrato cristalino. Con los plegamientos iría aumentando el espesor de la corteza graní-

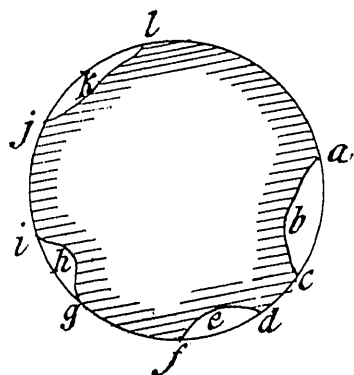


Fig. 3.ª Esquema del hemisferio con el primer continente.

tica, lo cual, dada su menor densidad, sería causa de que se elevasen cada vez más los primitivos macizos continentales. Formaríanse de este modo los continentes y océanos con el carácter de permanentes, en cuanto a que los unos no se habrán nunca convertido en los otros, por más que haya habido múltiples incursiones en las regiones limítrofes y aun inmersiones completas de los macizos por mares epicontinentales o sea de poca profundidad. Tampoco implica dicha permanencia la invariabilidad en la posición de los continentes y de los mares, pues hemos visto que, según las ideas de Wegener, Daly y otros, han estado y aun están cambiando de lugar sobre la superficie del planeta.

Movimientos lentos de la corteza terrestre

Además de los movimientos de corta duración y carácter vibratorio que constituyen los terremotos, se producen otros de tan gran lentitud que sólo podemos apreciarlos observando sus efectos. Forman dos grupos: los *epirogénicos*, que son aquéllos en los cuales, sin ninguna alteración en su forma o con escaso plegamiento, se mueven durante largos períodos de tiempo extensas porciones de la corteza terrestre; y los *orogénicos*, en los que pronunciados plegamientos hacen variar la forma de las largas y de ordinario estrechas fajas de la litosfera que, afectadas por el fenómeno, constituyen las cordilleras, o bien ciertos bloques quedan elevados respecto a los contiguos, en regiones fracturadas según diaclasas sensiblemente verticales.

Movimientos epirogénicos

Son unas veces verticales, elevándose o, como indica su denominación, formando continentes, o, por el contrario, hundiéndose aquéllos. También pueden producir encorvamientos de gran radio en la corteza, levantándola en anchos geoanticlinales o hundiéndola en geosinclinales. Además, pueden ocurrir, juntamente con los anteriores o por sí solos, movimientos horizontales. A esta última clase de movimientos corresponden los que Wegener y Daly creen que ocurrieron al desgarrarse el primitivo continente único.

Donde se comprueba mejor la existencia de estos movimientos es en las costas. En las de Noruega pueden contarse, según la vertical, cinco a ocho te-

rrazas escalonadas de playas antiguas, hoy encima del nivel marino, con desnivel de unos 12 m entre cada dos consecutivas, y en la isla de Anticosti, entre Nueva Zelanda y Nueva Escocia, veintidós terrazas de antiguas playas con desniveles desde 10 m para las antiguas a 2 m para las modernas. Hay que tener, sin embargo, presente que, aun cuando se admite que el volumen total de aguas se ha conservado sensiblemente constante, el nivel marino ha podido experimentar variaciones de alguna importancia. A este efecto afirma el profesor Daly que ha podido comprobar en varias islas y costas del Pacífico y Atlántico, en las cuales, a diferencia de lo que ocurre en Escandinavia, Japón y Alaska, no se han producido movimientos epirogénicos, que desde los grandes glaciares cuaternarios han quedado playas y rocas, antes atacadas por el mar, a una altura que actualmente es de unos 6 m. La generalidad del fenómeno se explica porque el nivel del mar debe estar más bajo, a causa de que hay un enorme volumen de agua retenido en forma de hielo en los glaciares actuales de Escandinavia, Alaska, Groenlandia, Islas Árticas y especialmente en el extenso continente de Antártica, los cuales no tenían la actual importancia o faltaban durante el período de clima más templado que correspondió al principio del neolítico. En los tiempos de intenso glacialismo del cuaternario ha estimado Nansen que el nivel del mar debió bajar unos 50 m.

Correspondiéndose con las terrazas costeras se observan otras en varios ríos, situadas en las laderas de sus valles. Cuando el movimiento epirogénico es continuo, dichas laderas lo serán también en muchos casos, y la interposición de terrazas podrá interpretarse, en varias ocasiones, como indicios de discontinuidades en aquel movimiento.

Los movimientos epirogénicos sólo pueden medirse bien en los continentes y tomando como referencia los mares que los bañan. En Escandinavia se han practicado desde hace tiempo mediciones que acusan para Estocolmo una elevación de $\frac{1}{2}$ m en cien años, y en el golfo de Botnia, al norte del Báltico, de 1,1 a 0,4 cm por año. En la costa alemana del mar del Norte casi no ha habido movimiento, y en la del Norte de Francia se acusa un hundimiento de 1 m en los últimos treinta años. El orden de magnitud es en todos los casos semejante y, según Born, los movimientos en Europa oscilan entre $\frac{1}{2}$ y 1,5 m por siglo.

La elevación de las formaciones que rodean los golfos de Botnia y Finlandia, al norte del Báltico, así como elevaciones análogas observadas en los bordes del lago Superior y de las partes septentrionales de los lagos Michigán y Hurón, entre los Estados Unidos y el Canadá, se han atribuido a la fusión de los hielos cuaternarios. Fijándonos en nuestro continente, se sabe que el manto de hielo del período glacial tuvo un espesor considerable en la cuenca antes citada del norte del Báltico. Según cálculos de los geólogos, la Escandinavia estuvo cubierta por un manto de hielo de cerca de 4 millones de kilómetros cuadrados, con el espesor máximo de unos 1 800 m, y el medio de acaso más de 900 m, que hace unos catorce mil años llegaba hasta el borde meridional de Suecia y que desde hace unos nueve mil años se ha reducido a las proporciones actuales. El espeso manto citado determinó el hundimiento del terreno infrayacente tanto en la parte norte del

Báltico como en las regiones bajas de Escandinavia y Finlandia. La actual costa de Noruega estaba, por consiguiente, en gran parte sumergida y, dado el retraso entre causa y efecto con que se producen estos movimientos corticales, continuó el hundimiento durante largo tiempo después que cesó la presión de los hielos, hasta que por fin sobrevino la emergencia con períodos variables en la actividad, formándose en los tranquilos las terrazas de las playas noruegas costeras, mencionadas anteriormente. En otros parajes, como al norte del Báltico, el movimiento ascendente presenta, según se ha dicho en el párrafo precedente, mayor uniformidad.

La explicación de los movimientos epigénicos de la Escandinavia, que se han citado porque es la región donde mejor se han estudiado los fenómenos relacionados con el glaciario, no ofrece dificultades admitiendo que los continentes son macizos que, por predominar el sial, flotan como «icebergs» sobre el sima. Al cargarse el macizo escandinavo con un espesor medio de más de 900 m de hielo se hundiría lentamente en el sima; al desaparecer aquella gran sobrecarga se inició la emersión y, dada la viscosidad del sima y demás circunstancias de la flotación del sial, aun continúa el movimiento ascendente.

Lo anteriormente expuesto hace ver cómo podrán

producirse movimientos epigénicos siempre que varíen las condiciones de flotación de los macizos continentales sobre el sima. En primer lugar, observaremos que los fenómenos glaciares no son exclusivos de la era cuaternaria, sino que también han ocurrido en el período algonkiano, en el permocarbonífero y aun en otros, y se concibe que en las regiones muy cargadas por los hielos habrán dado lugar a los correspondientes movimientos corticales. Pero hay un fenómeno, que se efectúa sin interrupción desde que se originaron los continentes y los mares, que consiste en la ablación continental o destrucción de las rocas que están por encima de las aguas marinas y la sedimentación de los productos de aquélla en el contorno de las costas; al disminuirse de este modo el espesor y, por consiguiente, el peso de los continentes y sobrecargarse las regiones marinas que los bordean, deben estarse produciendo movimientos epigénicos de carácter constante, aun cuando, en muchos casos, de pequeñez y lentitud inapreciables. Este fenómeno podrá combinarse con otros que pongan en movimiento el magma subcortical, como los relacionados con los plegamientos verticales que producen las cordilleras, y en menor escala con los que acompañan a las erupciones volcánicas y a ciertos terremotos.

N. PUIG DE LA BELLACASA
Profesor de la Escuela de C., C. y P.

La electrificación del ferrocarril transpirenaico de Ripoll a Puigcerdá¹

II

Ensayos y pruebas de taller de las locomotoras

La construcción de las locomotoras eléctricas quedó adjudicada a la Sociedad Auxiliar de Ferrocarriles, tanto porque fué la que presentó proposición más económica, cuanto porque ofrecía construir la mayor parte del material en España, limitando la importación del Extranjero a los motores y algunos elementos accesorios, señalándose para este efecto a la «Société Générale de Constructions Electriques». Además de estas dos circunstancias se tuvo en cuenta que las locomotoras elegidas para la tracción de la sección francesa del ferrocarril transpirenaico Ripoll-Ax-les-Thermes eran del mismo tipo y estaban construídas en los mismos talleres de Tarbes: no podía ciertamente haberse procedido de otra suerte en atención a estas condiciones de singular preferencia. Sin embargo, ha sido realmente un ensayo de construcción el que se ha seguido en este caso por la «Société Générale de Constructions Electriques», pues apenas hacía dos años que había instalado en Tarbes sus grandes talleres, y, aunque es indudable que la perseverancia y el amor patrio francés han de llegar a culminar en este aspecto de la industria como en los restantes, pues en ello se ha puesto verdadero empeño, no cabe duda que al principio surgieron dificultades, tropiezos y hasta quizá fracasos

que han tenido que forzar la atención de esta Jefatura en la inspección de la construcción. Desde el punto de vista de la seguridad, acreditada por la experiencia, cualquiera de las Casas que acudieron al concurso, singularmente la S. I. C. E., Siemens, etcétera, etc., hubieran constituido un margen de tranquilidad para el personal del Estado, que poco habría tenido que vigilar durante la construcción en talleres. Pero esto, que lo podía haber tomado en consideración una Empresa particular, no podía haberlo aceptado la representación del Estado, perdiendo más del 40 por 100 de economía que reportaba la Compañía Auxiliar de Ferrocarriles en su propuesta.

Las averías ocurridas en las primeras locomotoras de la Compañía del Midi fueron consecuencia de una época de aprendizaje por la que ha tenido que pasar la Casa constructora. Estando, pues, en períodos de iniciación, y no pudiendo recabar en un principio los pliegos de condiciones de las Compañías ferroviarias francesas para los ensayos, fué preciso destinar a Tarbes personal adecuado y competente para que, estudiando al detalle la electrificación de la Compañía del Midi, vigilara al mismo tiempo el montaje del equipo eléctrico de nuestras locomotoras y proporcionara bases para un Pliego de ensayos que, aplicado al material de Ripoll-Puigcerdá, garantizara la buena marcha del material tractor.

Como consecuencia de ello, ya en la primera locomotora se han introducido diversas mejoras, unas propuestas por la misma Casa constructora, otras

¹ Véase el número anterior, página 79.