

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

Apuntes sobre Mecánica social (1)

POR ANTONIO PORTUONDO Y BARCELÓ,

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Estática y Dinámica.

2.^a Parte: Equilibrio y movimiento de las agrupaciones sociales.

Estática social.

Teorema de los trabajos virtuales.

Para hacer el estudio en general del equilibrio de las agrupaciones sociales, conviene recordar el *Teorema* llamado *de los trabajos virtuales* en la *Mecánica racional*, en la cual son considerados de un modo general y abstracto los sistemas de puntos con enlaces. En términos generales, puede decirse que la Estática está encerrada en ese gran Teorema, del cual se deduce la solución de casi todos los problemas particulares del equilibrio (2). En él se expresa la *condición necesaria y suficiente* del equilibrio. Es decir, que si el equilibrio existe, la condición *se cumplirá necesariamente*. Y recíprocamente, que si la condición se cumple, ella *bastará*; esto es, que el equilibrio *existirá*. La condición de que vamos a hablar da, pues, en general *la ley*, é indica en cierto modo (como veremos) la razón de ser del equilibrio.

Se supone que estén bien definidos los enlaces del sistema por ecuaciones, es decir, que se sepa *cómo* cada punto de los que lo forman está ligado con los otros. Es evidente que si un punto no tuviera enlace alguno con ninguno de los demás puntos, no formaría parte del sistema: sería un punto aislado, y no habría que considerarle para nada al estudiar el equilibrio del sistema como de una entidad.

Si se supone, además, que sean perfectamente conocidas en magnitud, dirección y sentido todas y cada una de las fuerzas que actúan sobre todos ó algunos de los puntos del sistema en las posiciones que ocupan, se ve que unas fuerzas pueden emanar, pueden venir de fuera del sistema: se

las llama (como hemos dicho repetidas veces) *fuerzas exteriores*. Otras pueden emanar de puntos del sistema mismo: se las llama *fuerzas interiores* al sistema. Y es muy de notar que en virtud del principio de la acción y la reacción las fuerzas interiores que actúan sobre *puntos del sistema* son siempre *conjugadas dos á dos*, mientras que las fuerzas exteriores no lo son; porque aunque cada fuerza exterior tenga su conjugada, ésta no está aplicada á ningún punto del sistema, sino á algo que está fuera de él, que no nos interesa.

Es evidente que la condición necesaria y suficiente para el equilibrio del sistema es que todos y cada uno de los puntos que lo constituyen estén en equilibrio; pero para saber si cada punto está en equilibrio, sería preciso conocer todas, todas las acciones que sobre él se ejercen, y no nos encontramos en este caso; porque si bien suponemos conocidas las fuerzas que *directamente* actúan sobre cada punto, no conocemos en general las fuerzas que (como acciones *indirectas*) ejerce sobre cada punto el conjunto del sistema, por intermedio de los enlaces. En una palabra, las fuerzas llamadas *de los enlaces* nos son, en general, desconocidas, para cada punto; y de esta suerte la consideración del equilibrio punto por punto aparece como irrealizable para llegar á establecer la condición necesaria y suficiente del equilibrio del sistema. Pero se observa y se demuestra que al imaginar un conjunto de desplazamientos *virtuales* muy pequeños — de puntos del sistema — que sean *compatibles con los enlaces* que haya en éste, la suma *algebraica* de los *trabajos virtuales* de esas fuerzas desconocidas de los enlaces puede considerarse como nula (prescindimos de los rigorismos infinitesimales); y de aquí se deduce después que para esos desplazamientos de que hablamos, la suma de los trabajos virtuales de las demás fuerzas habrá de ser *nula* (1).

No puede tener lugar aquí la demostración (que es larga y difícil) de este gran *Teorema*. Hemos querido tan sólo recordar brevísimamente las notas que preceden y que nos interesan, para enunciarlo en forma vulgar que permita luego su adaptación á la *Estática social*. Prescindiendo, como hemos dicho, del rigorismo infinitesimal, diremos que, si un sistema de puntos entre los cuales haya enlaces, se haya en reposo en cierta posición, y sobre todos ó algunos de los

(1) Véase el núm. 1.919.

(2) Es sabido que en la Mecánica racional no se considera que pueda haber rozamientos ni adherencias entre unas y otras partes. En lo que aquí recordamos se admite, en general, que los enlaces sean bilaterales, y se puedan definir analíticamente por ecuaciones.

(1) No se olvide que el trabajo elemental de una fuerza para un desplazamiento muy pequeño (real ó virtual) de su punto de aplicación, es positivo (*motor*) cuando el desplazamiento, estimado en la dirección de la fuerza, tiene el mismo sentido que ésta; y que es negativo (*resistente*) cuando tiene el sentido contrario.

puntos actúan fuerzas cualesquiera conocidas, el sistema permanecerá en equilibrio, ó dicho de otro modo, las fuerzas se equilibrarán en el sistema por intermedio de los enlaces, si se cumple esta condición, á saber: *Que si se conciben muy poco cambiadas las posiciones de los puntos, de cualquier modo, pero respetando los enlaces, la suma algebraica de los trabajos virtuales de todas las fuerzas dadas para los respectivos desplazamientos virtuales de sus puntos de aplicación sea nula* (1).

O dicho de otro modo: *Que tomando en cuenta todas las fuerzas, la suma numérica de los trabajos virtuales motores (positivos) sea igual á la de los resistentes (negativos).*

Esta condición suficiente para el equilibrio, es también necesaria, es decir, que si hay equilibrio se cumplirá.

*
* *

Pasando ya á la *Estática social*, y asimilados los individuos y elementos sociales que constituyen una agrupación, á los puntos de un sistema; y concibiendo que el hecho de formar parte de la agrupación, significa que cada uno de los individuos y elementos sociales está enlazado *de algún modo* con otros individuos ó elementos (conjunto de enlaces, que será tanto más complejo y variado, cuanto más elevado sea el grado de la agrupación); y suponiendo, por último, que en una *posición* dada de la agrupación se ejerce sobre alguno ó sobre todos los individuos y elementos sociales, fuerzas psíquicas que vengan de fuera de la agrupación ó de otros individuos ó elementos de la agrupación misma, ó bien del conjunto ó totalidad de ésta, diremos que la ley del equilibrio de la agrupación, con sus enlaces, bajo la acción de todas estas variadísimas fuerzas (condición necesaria y suficiente para que las fuerzas todas se equilibren en la agrupación social, por intermedio de los enlaces), es la siguiente:

Que al concebir cambios muy pequeños en las posiciones dadas de los individuos y elementos de la agrupación, que sean compatibles con los enlaces, la suma numérica de todos los trabajos virtuales motores, sea igual á la de los resistentes.

Si se piensa en esta proposición como expresiva de la ley del equilibrio en una agrupación social, se ve que todas las fuerzas ó influencias psíquicas — ya vengan del exterior, ya procedan de iniciativas de los particulares individuos ó elementos constitutivos de la agrupación misma, ya emanen del ambiente social—que soliciten á los individuos y elementos sociales en muy varias direcciones y sentidos y con intensidades cualesquiera, *no producirán efecto alguno de movimiento*, es decir, de *cambio de posiciones*, si se cumple aquella condición esencial que equivale á una *compensación*. Pero el efecto se manifestará en el sistema por la *tensión de los enlaces*. Por esto se dice, con toda propiedad, que las fuerzas dadas se equilibran en el sistema ó agrupación *por intermedio de los enlaces*. Si estos enlaces fueran suficientemente vigorosos, en la agrupación social que se considere, para soportar las presiones ó tensiones que sufran, el equilibrio quedaría asegurado (2). Pero si no resistieran á las

presiones ó tensiones, se romperían los enlaces de la agrupación y ésta se destruiría, es decir, dejaría de ser tal como era la agrupación. Las fuerzas á que habría sido sometida, tanto desde el exterior como en el interior de la agrupación misma, habrían sido demasiado enérgicas para la resistencia que los enlaces ofrecían; y esta debilidad relativa de los enlaces de la agrupación considerada, habría sido entonces la causa de su ruina, aunque aquellas fuerzas se habrían equilibrado entre sí—por medio de los enlaces—si hubiera habido el suficiente vigor en la constitución interna de la agrupación social.

Para cada asunto de carácter social que se quiera estudiar desde el punto de vista *estático*, y haciendo abstracción de los demás asuntos sociales en la agrupación, se deberá de poner atención:

1.º En las fuerzas relacionadas con el asunto que lleguen á la agrupación desde el exterior de ella, señalando bien los individuos ó elementos de la agrupación á quienes se apliquen, y sobre quienes obren *efectiva y directamente*.

2.º En las iniciativas, ó mejor dicho, fuerzas *efectivas* (de naturaleza apropiada al asunto) que emanen de individuos y elementos de la agrupación misma; aspirando á conocer, no sólo sus direcciones, intensidades y sentidos, sino también los individuos ó elementos sobre quienes se ejerzan y obren *efectiva é inmediatamente*; y

3.º En el examen de aquellos enlaces sociales que hayan de entrar principalmente en juego, por decirlo así, para transmitir de unos individuos ó elementos á otros las acciones de las fuerzas, tanto exteriores (1.º) como interiores (2.º).

Si respecto de un asunto jurídico—por ejemplo—pensamos que una nación dada tiene—en un instante en que la consideremos—una determinada *posición*; y suponemos (para simplificar) que los individuos y elementos nacionales se hallan en este instante en estado de reposo en el asunto, sin velocidades de modificación de ninguna especie (1), se diría que esa nación se halla *en equilibrio en el asunto* si permanece en *esa misma posición* y conserva su estado de reposo; á pesar de las influencias que, como *fuerzas sociales*, exteriores é interiores, se ejerzan sobre los individuos y elementos de la nación para cambiar sus posiciones en el asunto jurídico de que se trate. Entonces se diría que todas las fuerzas se equilibran; y este equilibrio se produciría, porque habría individuos y elementos de la nación interesados en el asunto, con aspiraciones opuestas—por ejemplo—á la influencia de algunas de las fuerzas que vienen del exterior y á las de otras que emanen de individuos y elementos nacionales, acaso también reforzadas por la acción social. Para equilibrar á todas éstas, habrían de ser calculadas convenientemente aquellas fuerzas en sus direcciones, intensidades y sentidos, así como en sus puntos de aplicación, contando indispensablemente con los enlaces (tales como existan) por medio de los cuales habría de lograrse el equilibrio social en el asunto. Y es indispensable, decimos, contar con los enlaces interiores de la agrupación, porque si el teorema de los trabajos virtuales es admisible—tal como lo enunciamos para la *Mecánica social*—, debemos de pensar que la compensación por el equilibrio ó para el equilibrio

(1) Se dice que estos desplazamientos son *virtuales*, no efectivos, porque son puramente concebidos como un artificio para aprehender los movimientos elementales que podrían hacer los puntos del sistema en vista de la naturaleza de sus enlaces mutuos. Y deben de ser concebidos, en general, como muy pequeños esos desplazamientos para que se refieran á la disposición y forma en que está el sistema, y no á otra diferente.

(2) Esto se admite siempre en los sistemas que considera la *Mecánica racional*, puesto que se trata el caso ideal en que los enlaces sean *indefinidamente resistentes*.

(1) Esta hipótesis no se presenta casi nunca—cualquiera que sea el asunto de que se trate—en las naciones que están dentro de la civilización moderna. Veremos que en el caso del movimiento se puede aplicar lo que decimos en el caso del reposo para el equilibrio de un conjunto de fuerzas dadas.

no es—en puridad—una compensación de fuerzas, sino una *compensación de trabajos virtuales posibles*, y esta posibilidad depende de los cambios elementales posibles en las posiciones de individuos y elementos, y esto, finalmente, depende de los enlaces á que estén sujetos los individuos y elementos. Se ve la inmensa complejidad del problema si hubieran de determinarse fuerzas que equilibraran á otras dadas sobre una posición conocida de la agrupación. Aunque, por lo demás, este problema así planteado sería indeterminado si se atendiera exclusivamente al *aspecto mecánico*. Si se impusieran á las fuerzas psíquicas otras condiciones *ajenas á la Mecánica*, el problema ya podría ser determinado ó absurdo. Más adelante volveremos sobre esta consideración, que es de gran transcendencia; pero limitándonos ahora á ver cómo una agrupación social puede permanecer en la misma posición que tenga en un asunto social cualquiera, conviene observar lo que ocurre con frecuencia en los pueblos poco civilizados y (más acentuadamente aún) en los pueblos de civilización estancada. El desprecio y el odio que sienten éstos hacia los fines de la civilización nuestra, despiertan en esas sociedades muy intensas fuerzas psíquicas interiores, y éstas son las que algunas veces equilibran á las exteriores que llegan á ellas desde Europa, tendiendo á poner en movimiento alguna de esas agrupaciones sociales que esté en reposo.

Ese mismo hecho mecánico se observa también en los países que se hallan de lleno en la corriente de la civilización moderna. Aquí las fuerzas interiores que se despiertan para contrarrestar la acción de otras fuerzas son componentes para las resultantes motrices. Si no consiguen (en la mayor parte de los casos) impedir el movimiento de modificación, contribuyen algunas veces por su influencia á moderarlo, en ciertas agrupaciones sociales privilegiadas, para que se realice suavemente—por decirlo así—y se evite la ruptura violenta de algunos enlaces sociales. Además de estas fuerzas genuinamente conservadoras, podría en muchos casos contribuir al mismo fin la supresión ó modificación de algunos enlaces y el establecimiento de otros nuevos.

Pero volviendo á nuestro asunto, tratemos de aplicar la ley general del equilibrio de un número cualquiera de fuerzas sociales, actuando de cualquier modo sobre los individuos y elementos de una agrupación dada, al caso más sencillo de dos fuerzas solamente. Supongamos, para simplificar, que haya una sola fuerza exterior que aspire á modificar con una cierta tendencia las posiciones actuales de los individuos y elementos de la agrupación (que consideramos en reposo en un asunto de carácter social), y que haya una sola fuerza—exterior también—que tienda, por el contrario, á modificar en sentido inverso las posiciones actuales en el mismo asunto (1). Una y otra fuerza pueden ejercer sus acciones como aplicadas directamente sobre dos individuos—ó sobre dos elementos—ó sobre un individuo y un elemento, y por intermedio de éstos influir en las posiciones de los demás individuos y elementos en general, toda vez que los puntos de aplicación (sean individuos ó elementos individualizados) estarán enlazados de varios modos con el resto de la agrupación, y á ésta, en general, se transmitirá por los

enlaces (como hemos dicho repetidas veces) la influencia de las dos fuerzas que consideramos. La condición esencial para el equilibrio de las dos fuerzas será, no la de igualdad de sus *intensidades psíquicas*—por decirlo así—, sino la de igualdad de sus *trabajos virtuales de signo contrario*. O dicho de otro modo: la relación de las intensidades de las dos fuerzas habría de ser igual á la relación inversa de los cambios de posición que pudieran virtualmente adquirir sus dos puntos de aplicación sin romper los enlaces, estimando las fuerzas en las direcciones de los desplazamientos respectivos de los puntos de aplicación para que los productos—esto es, los trabajos virtuales—sean iguales.

Se vería, pues, en el caso de dos fuerzas, lo siguiente: que una fuerza de intensidad psíquica muy pequeña podría equilibrar á otra relativamente grande, si por los enlaces interiores de la agrupación le fuera permitido al punto de aplicación de la primera un cambio de posición muy grande (en la dirección de esta fuerza), y, por el contrario, el punto de aplicación de la segunda fuerza no pudiera—sin romper los enlaces de la agrupación—hacer más que un cambio muy pequeño de su posición en el asunto. Acaso sirva esta consideración mecánica (idéntica á la que se hace en la *Mecánica racional* sobre las dos fuerzas llamadas ordinariamente potencia y resistencia, que se hacen equilibrio en una máquina simple como la palanca, el torno, etc.) para explicar el hecho, asombroso para algunos, de que una fuerza psíquicamente insignificante por su pequeñez, sea capaz—como se observa diariamente—de equilibrar á otra muy grande.—En las familias—como agrupaciones sociales muy sencillas—es fácil hacer la observación, especialmente respecto de asuntos religiosos, pedagógicos y otros, que se relacionan mucho con el medio social en que las familias viven.

Para terminar estas indicaciones generales de *Estática social*, tal como nosotros la consideramos, debemos de advertir que el concepto del equilibrio de un conjunto de fuerzas sociales, es más general que el anteriormente expuesto. Lo dicho en el caso de las fuerzas equilibrándose sobre una agrupación social en reposo se aplica también al caso en que la agrupación social se halla en estado de movimiento en un asunto. Este es el caso que se presenta ordinariamente. Entonces un conjunto de fuerzas exteriores é interiores que se equilibren en un instante dado, habría de ser tal, que el movimiento continuara como si ese conjunto de fuerzas no existiera (1). Las condiciones que se habrían de cumplir serían las mismas que si en ese instante la agrupación, con sus enlaces, se hallara en reposo en la misma posición, puesto que las leyes sólo dependen de las posiciones y de los enlaces, así como de las direcciones, magnitudes y sentidos de las fuerzas. Excusado parece añadir que, aunque ese conjunto de fuerzas en equilibrio no influya en el movimiento de la agrupación, sí influirá en el estado interno de tensión de los enlaces.

Dinámica social.

La estructura (como dicen los sociólogos) de una agrupación social está, en general, en perpetuo estado de cambio, no ya por movimientos de modificación de los individuos y de

(1) Este caso particular es puramente teórico para las grandes agrupaciones, porque no se dará casi nunca el supuesto de que sean solamente dos fuerzas exteriores las que actúen, respecto de un asunto, sobre una agrupación social de alguna complejidad. En una simple familia se presentará más recuentemente este caso.

(1) Quizás esto corresponda, en cierto modo, á la indicación del sociólogo americano Ward, de que el estado *estático* de una agrupación social no debe de ser considerado como estado de reposo obligado, es decir, estacionario ó de estancación social, aunque Ward se refiere tan sólo á la conservación de la estructura de la agrupación social.

los elementos sociales, sino principalmente por modificaciones de los enlaces de la agrupación, que son los que forman la estructura, y por eso dicen que, en la realidad, el estado de las agrupaciones es *dinámico*. El Profesor Charles H. Cooley hace notar que las amplias estructuras y los movimientos de conjunto de las sociedades no han sido, en general, producidos como efectos de una voluntad consciente que haya previsto los procesos dinámicos sociales, sino que han resultado (sin haber sido previstos) de un conjunto de diversas acciones ejercidas para intereses parciales, y con fines egoístas. Indica el citado Profesor que la Sociología, basada en las leyes de la *Dinámica social*, debe de estudiar la formación de una efectiva opinión pública, y de una conciencia y voluntad sociales, cada vez más definidas, que permitan algún día realizar los movimientos de modificación de las sociedades, sabiendo adónde y por donde se va.

Señala Cooley el hecho de que en las sociedades modernas se está elaborando indudablemente un conjunto de ideas armónicas para la vida social en toda su complejidad, y que de ellas va teniendo la sociedad misma más y más clara conciencia. Con el conocimiento más y más profundo que la Humanidad vaya teniendo de sí misma, y por intermedio del sentimiento, se va formando una voluntad social consciente. Pero estas ideas, muy interesantes desde el punto de vista general sociológico, salen fuera del terreno propio de estos *Apuntes*. A nosotros lo que nos interesa es el conocimiento de las leyes de la acción dinámica de las fuerzas psíquicas sociales, tanto interiores como exteriores, sobre los individuos y los elementos sociales que, enlazados entre sí, constituyen una agrupación dada.

Para nuestro estudio exclusivamente mecánico del movimiento de las agrupaciones sociales, hay que recordar el *Teorema de d'Alembert*, por virtud del cual se reduce, en principio, el estudio del movimiento de los sistemas de puntos materiales con enlaces, al estudio del equilibrio. Este *Teorema* es tan admirable por su sencillez como por su fecundidad, y revela el genio portentoso de d'Alembert.

Recordemos brevemente el Teorema, tal como se expone en los Tratados elementales de *Mecánica racional* para los sistemas de puntos materiales.

Se sabe que cuando un sistema de puntos materiales, con enlaces, está en movimiento bajo la acción de fuerzas cualesquiera aplicadas á todos ó algunos de sus puntos, cada punto del sistema se mueve—siguiendo su trayectoria con un determinado movimiento en ella—, no por la sola acción dinámica de las fuerzas aplicadas *directamente* á él, sino por esta acción combinada ó compuesta con la que ejerce sobre él todo el conjunto del sistema á que pertenece, y con el cual está ligado por ciertos enlaces que, en general, no le dejan libertad para obedecer exclusivamente á las fuerzas que directamente le solicitan. Y así vemos que la fuerza que determina en definitiva la aceleración del movimiento de un punto del sistema, es la *resultante F* de las fuerzas que actúan directamente sobre él, y de las *interiores* que llegan á él por intermedio de los enlaces.

Pues bien; si el punto que se considera es de masa m , la resultante motriz F de que hablamos provoca (por el principio de Newton) una fuerza de reacción ó de inercia, que es en magnitud igual al producto de su masa por su aceleración ($m \cdot J$), y que tiene la misma dirección y el *sentido opuesto* al de aquella resultante motriz F . Se ve, por tanto, que ese punto—y en el mismo caso se hallan todos los del sistema—*estaría en equilibrio en ese instante si por una fic-*

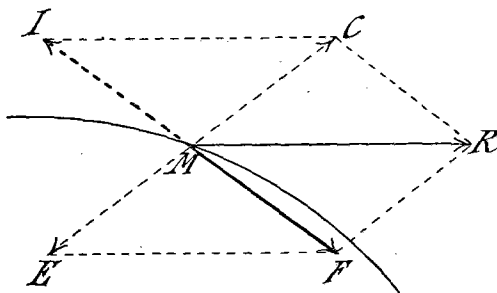
ción imagináramos su fuerza de inercia *aplicada* á él mismo, y actuando juntamente con todas las fuerzas, incluso las interiores que provienen de sus enlaces con el resto del sistema.

Pero la segunda idea fecundísima de d'Alembert fué la de ver todas las fuerzas interiores de los enlaces existentes en el sistema, produciéndose (mediante dichos enlaces) en el conjunto de todos los puntos del sistema, y ver, por consiguiente:

TEOREMA.—*Que el sistema todo en movimiento podría ser concebido en la posición por la cual pasa en un instante cualquiera, como en equilibrio ficticio, bajo la acción en ese instante de todas las fuerzas dadas y todas las de inercia, mediante los enlaces.*

Este equilibrio *ficticio* concebido por d'Alembert en cada instante del movimiento, es lo que suele llamarse—con frase paradójica—*equilibrio dinámico*. Y las *tensiones dinámicas* de los enlaces serán en cada instante las que corresponderían (como se explicó en la *Estática*) á la acción simultánea de las fuerzas dadas y las de inercia en equilibrio—mediante los enlaces—sobre la posición que tiene el sistema en ese instante.

Fig.^a 5.^a



Antes de dar por terminado este ligero recuerdo del *Teorema de d'Alembert*, nótese lo que ocurre en cada punto M del sistema en cada instante. La resultante R de las fuerzas dadas (fig. 5.^a) que sobre ese punto M del sistema actúan en un instante dado, no se aprovecha toda ella—como si dijéramos—para el movimiento *efectivo* que ese punto realiza, porque se descompone en dos, á saber:

1.º Una componente C , igual y opuesta á la resultante E de las acciones que sobre ese punto ejercen los demás del sistema, por intermedio de los enlaces; esta componente C tiene por misión contrarrestar la resultante E de las acciones interiores de los enlaces.

2.º Otra componente F , que real y efectivamente se *aprovecha* para el movimiento del punto M : es en la dirección y el sentido de su aceleración J , y vale (como sabemos) $m \cdot J$ (1).

Por consiguiente, si pensando á la vez en todos los puntos del sistema, llamáramos *fuerzas perdidas* para el movimiento de éste, á aquellas primeras componentes C (por contraste en la denominación á las *aprovechadas F*), podría decirse, según el Teorema de d'Alembert:

(1) Claro es que esta componente F , que se aprovecha para el movimiento del punto M , puede tener *igual, mayor ó menor* intensidad que la resultante R de que proviene.

Que en cada instante, el conjunto de fuerzas perdidas para el movimiento se equilibra por intermedio de los enlaces en la posición que el sistema tiene en ese instante (1).

* *

Recordado todo lo que precede, y mirando una Sociedad ó agrupación como un sistema constituido por individuos y elementos sociales con enlaces, y que estos individuos y elementos se hallan sometidos á la acción de las fuerzas, aplicadas á ellos — que hemos llamado fuerzas sociales —, debemos de pensar que las acciones y reacciones que se ejercen entre los individuos y elementos que constituyen la agrupación, influyen sobre el movimiento de todos los individuos y elementos; porque al fin y al cabo, la comunicación se halla establecida á través de los enlaces de la agrupación misma, de que todos forman parte. Estas interacciones serán tanto más complejas cuanto mayor variedad y complicación haya en la estructura de la agrupación.

Pues bien: si pensamos que cada uno de los individuos y elementos constitutivos de la agrupación tiene su determinada *masa* para el asunto, podríamos enunciar el *Teorema de d'Alembert* (que admitiremos para la *Dinámica social*) de este modo:

TEOREMA.—*Cada una de las posiciones sucesivas por las cuales va pasando una agrupación social en el tiempo, podría ser mirada como una posición de equilibrio (equilibrio dinámico), si á las fuerzas psíquicas dadas que sobre ella actúan, y á las interiores de los enlaces, se unieran—por una ficción—las fuerzas de inercia de todos los individuos y elementos de la agrupación.*

O dicho brevemente:

Que en un instante cualquiera se equilibrarían todas las fuerzas dadas y todas las de la inercia mediante los enlaces.

Quizá se adapta mejor, y en forma más adecuada á la *Dinámica social*, la expresión del *Teorema* por su referencia á lo aprovechado y á lo perdido de las fuerzas que actúan sobre la agrupación, al efecto de cambiar el estado en que ella se encuentre respecto de un asunto, en un instante dado. Porque efectivamente: si se piensa que en el cambio de estado de cada individuo ó elemento no se aprovecha (para este cambio) más que una componente F de todo lo exterior R que sobre él actúa, puesto que necesariamente hay que emplear ó dedicar una primera componente C á equilibrar, es decir, á contrarrestar las influencias de los enlaces que tenga el individuo ó elemento con el resto de la agrupación (2), se ve, como en la *Mecánica racional*:

Que en cada instante y en cada posición de una agrupación social han de estar equilibradas por las resistencias de los enlaces sociales aquellas componentes de las fuerzas exteriores que sean perdidas para el fin de la modificación efectiva que se opera en la sociedad en este instante.

Y es muy de notar que esas *tensiones dinámicas* á que están

sometidos en cada instante los enlaces sociales provienen de la acción simultánea y compuesta de las fuerzas dadas, que tienden á modificar la sociedad, con las fuerzas de inercia de todos sus individuos y elementos (véase la fig. 5.^a); y que habiendo de resistir esas tensiones, los enlaces se romperían si no tuvieran la resistencia suficiente para soportarlas. Esto explica bien—á mi entender—el hecho de que las agrupaciones, como ciertas naciones (Inglaterra, por ejemplo), que están dotadas de enlaces sociales internos muy vigorosos, puedan soportar bien grandes movimientos de modificación; es decir, grandes cambios de estado, que se operen en un transcurso de tiempo relativamente pequeño, bajo la acción de fuerzas sociales de gran intensidad (esto ocurre á la hora presente); mientras que si á otras naciones se las sometiera á fuerzas motrices muy intensas, que tendieran á modificar grandemente su estado, se produciría relajación en sus enlaces internos, seguida de la ruptura de muchos de ellos, y de la consiguiente desorganización, que podría ocasionar hasta la disgregación de la agrupación, si la ruptura afectara á los lazos esenciales. Otras veces la firmeza ó gran resistencia de algunos de estos enlaces esenciales de una agrupación social, pueden salvarla de la ruina, aunque surja la perturbación consiguiente á la ruptura de algunos otros enlaces menos resistentes, de lo cual ha sido España un ejemplo (1).

Pero dejando esta digresión, vengamos al problema general de la *Dinámica social*, ya que hemos admitido el *Teorema de d'Alembert*.

Lo mismo que hicimos cuando se trató de un solo individuo bajo la acción de varias fuerzas, veamos ante todo los datos del problema en toda su generalidad.

Son los siguientes:

1.º *El estado inicial* de la agrupación en el asunto que se considere. Esto comprende no sólo las posiciones que tienen todos los individuos y elementos en el instante que tomamos como inicial para el estudio, sino además sus *velocidades* respectivas—en magnitudes, direcciones y sentidos—en ese instante.

2.º *Las masas* (para el asunto) de todos y cada uno de los individuos y elementos constitutivos de la agrupación.

3.º *La naturaleza ó constitución* de los varios enlaces internos que pueden influir en el asunto de que se trate; estos enlaces son los que definen, por decirlo así, la agrupación que se considere (2).

4.º *Todas las fuerzas efectivas* que (en relación con el asunto) estén aplicadas directamente á todos ó algunos de los individuos y elementos de la agrupación. Estas fuerzas serán muy varias en magnitudes, direcciones y sentidos. Pueden emanar (como sabemos) de individuos y elementos exteriores á la agrupación, viniendo, por decirlo así, de fuera, ó pueden emanar de individuos y elementos interiores, es decir, que formen parte de la agrupación misma, ó bien pueden provenir del todo social.

Con estos datos, el problema de la *Dinámica social*—en toda su generalidad—consiste en determinar *cuál será el mo-*

(1) No podemos entrar aquí en la consideración de las ecuaciones diferenciales de segundo orden á que conduce el desarrollo analítico de la solución del problema general de la *Dinámica*, ni mucho menos referirnos á la forma dada por Lagrange á las ecuaciones diferenciales, limitando el número de variables á las estrictamente necesarias.

No alcanzo yo á ver cómo se pueda ahondar para la *Mecánica social* hasta estas profundidades.

(2) Se comprende que estos enlaces influyen, de este modo indirecto, en el aprovechamiento de las fuerzas exteriores, unas veces favoreciéndolo y otras perjudicándolo.

(1) Esto se corresponde quizás con lo que dice Durkheim: "Tratar de realizar una civilización superior á la que reclame la naturaleza de las condiciones ambientales, es querer provocar la enfermedad en la sociedad de que todos forman parte, porque no es posible sobreexcitar la actividad colectiva, traspasando un cierto grado determinado por el estado del organismo social, sin comprometer la salud de éste."

(2) Es claro que en el *estado inicial* (que hemos citado como *p. imer dato*), las posiciones y velocidades deben de ser compatibles con estos enlaces.

movimiento de modificación de la agrupación social en el asunto. Para esto se podría empezar por hallar el *movimiento elemental* ó el conjunto de cambios muy pequeños en un intervalo muy pequeño de tiempo Δ , y enlazar después, por ley de continuidad en el tiempo, estos movimientos elementales, haciéndolo para todos y cada uno de los individuos y elementos que forman parte de la agrupación. O bien se podría aspirar á la determinación directa de las leyes de los movimientos de todos y cada uno de los individuos y elementos de la agrupación, con sus respectivas trayectorias (usando esta palabra en sentido figurado).

Nótese que para la determinación del movimiento de cada individuo ó elemento social, tenemos ciertamente como datos su estado inicial y su masa (datos primero y segundo); pero surge una dificultad gravísima en cuanto á la fuerza motriz, porque si bien son conocidas todas las fuerzas dadas que sobre él actúan (dato cuarto), *no lo son las interiores* que se ejercen también sobre él, por las influencias de los enlaces. Y lo que al parecer agrava aún más la dificultad, es que si estas fuerzas interiores de los enlaces influyen sobre el movimiento del individuo ó elemento, ellas, á su vez, son influidas por el movimiento que contribuyen á producir, es decir, que dependen de lo que sea este movimiento, por lo cual parece, á primera vista, que estamos en un círculo vicioso.

Y aquí resulta bien la hermosa fecundidad del *Teorema de d'Alembert*. Por medio de él se salva *en principio* la dificultad, procediendo á considerar los individuos y elementos sociales, no uno á uno—como si dijéramos—, sino en conjunto y como partes del *todo social*. Porque efectivamente; considerada así la cuestión, se ve que el *equilibrio dinámico* que debe de existir necesariamente entre todas las fuerzas dadas R (dato cuarto), y las de inercia I —por intermedio de los enlaces—obliga á éstas de inercia á cumplir las condiciones esenciales del equilibrio, que ya expusimos en el *Teorema de los trabajos virtuales*; y de esta suerte, imponiendo á los cambios virtuales de posición *en cada instante* la compatibilidad con los enlaces conocidos (dato tercero), se podría llegar á determinar, por este *Teorema de Estática*, las fuerzas de inercia de todos y cada uno de los individuos y elementos, y esto daría ya la solución del problema general de la Dinámica, puesto que cada fuerza de inercia cambiada de sentido (se sobreentiende, en su misma dirección), y dividida por la masa del individuo ó elemento á que corresponda, nos daría la aceleración del movimiento de éste, y el movimiento mismo quedaría ya perfectamente determinado (Cinemática) por el conocimiento (dato primero) de su estado inicial.

Se ve, y casi es innecesario decirlo, que las dificultades serían enormes, y á mi entender, insuperables hoy (1).

*
* *

El *Problema inverso* es el siguiente: Dado en un instante inicial el estado en que se encuentra (posiciones y velocidades) una agrupación respecto de un asunto de carácter so-

(1) Durkheim ve claramente que las transformaciones ó modificaciones de una Sociedad no pueden derivarse exclusivamente de los precedentes históricos—ó sea de la herencia social—(que suministran tan sólo el *estado inicial* de que hemos hablado); porque es imposible concebir cómo este estado podría ser la *causa* determinante del siguiente. Como dice bien este sociólogo, los progresos realizados en el orden jurídico, en el político, eco-

cial, suponiendo conocidas las masas para el asunto de sus individuos y elementos, y también conocida la constitución interna de la agrupación por sus enlaces, y queriendo que la agrupación tenga un cierto *determinado movimiento*, ¿cuáles son las fuerzas capaces de producir este movimiento? (1).

Se comprende que este problema inverso—así puesto—es en general *indeterminado*; porque el movimiento que se desea para la agrupación, podría ser obtenido (como efecto) de distintos modos, es decir, por las acciones de muy diferentes conjuntos ó sistemas de fuerzas. Las direcciones, magnitudes y sentidos de éstas, así como sus puntos de aplicación, son bastante indeterminados si se atiende exclusivamente al problema *dinámico* (2).

nómico, etc., hasta un instante dado, hacen *posibles* nuevos progresos, pero no los *predeterminan*; son simplemente un punto de partida que permite ir más lejos. Y añade que lo que se ve es una serie de cambios entre los cuales la única relación que existe es exclusivamente *cronológica* (nosotros diríamos *cinemática*), no existiendo entre ellos enlace de causa á efecto, es decir, que el estado antecedente *no produce* el subsiguiente.

No podemos seguir á este sociólogo, cuando al concebir la Sociedad como un sér colectivo de naturaleza *sui generis*, ve salir de sus entrañas mismas—no de los individuos y elementos—las fuerzas naturales que producen los cambios en los hechos sociales, tal como él los define. El se explica la variedad de las formas ó tipos sociales (que caracterizan las que él llama *especies sociales*) por la diversidad de los medios sociales, como él los concibe.

(1) El enunciado de este problema inverso acaso corresponda bien á lo que dice D. Gumersindo Azcárate en su *Concepto de la Sociología*, porque se ve:

1.º Que *el estado inicial*, en posiciones y velocidades, proviene de toda la *historia* de la agrupación en el asunto que se considere, y, por tanto, el conocimiento del estado inicial, como herencia social, puede equivaler al conjunto de *lo hecho*, como dice Azcárate.

2.º La constitución interna de la agrupación define la agrupación particular de que se trate, tal como sea en el instante en que se la considere. Azcárate da por sobreentendido esto, á mi juicio.

3.º Las direcciones, sentidos y magnitudes de las velocidades con que se deben de seguir moviendo los individuos y elementos sociales, corresponden quizá á *lo que*—según la expresión de Azcárate—*se debe de hacer, se debe de conseguir*; y

4.º El conjunto de fuerzas convenientemente dispuestas en magnitudes, direcciones y sentidos, y puntos de aplicación para que se realice el movimiento que se quiere conseguir, el movimiento deseado, corresponde quizá al *cómo ha de hacerse*, que dice Azcárate.

Sobreentendiendo definida una particular y determinada agrupación social, el problema se podría tal vez enunciar, diciendo con Azcárate: *Conocido lo hecho y lo que se debe de hacer, ¿cómo se ha de hacer?*

(2) En todo problema social, el *aspecto mecánico* de las fuerzas habrá de estar, á mi parecer, subordinado á otros aspectos como el jurídico, el ético, el económico, etc., en cuanto revistan estos caracteres las fuerzas de que se trata. (Si el problema mismo fuera sobre asunto jurídico, ético, etcétera, se le podría tratar mecánicamente; pero no decimos ahora eso.) Siendo así, se ve que entre aquellas infinitas soluciones posibles—puramente mecánicas—del problema inverso, es decir, entre los diversos sistemas de fuerzas que podrían resolver el problema mecánico habrían de aceptarse *sólo* aquellos conjuntos de fuerzas que fueran *admisibles* desde el punto de vista jurídico, ó moral, ó económico, etc.; y esto ya hace comprender que habiendo de estar sometida la solución á estas nuevas condiciones *ajenas* á la pura Mecánica, el problema no será en general tan indeterminado, si se considera en toda su complejidad, y tal como en la realidad social se plantea. Por el contrario, los problemas se presentarán frecuentemente como *incompatibles*, porque las condiciones impuestas lo sean; y habrá que prescindir frecuentemente de algunas de estas condiciones para que sean determinados los problemas. Quizá el arte de los hombres de Estado—ó de los que dirijan la acción de las fuerzas sociales—, consista en designar bien las condiciones que hayan de cumplirse para llegar al resultado que se desea, y aquellas otras de que se pueda prescindir con el menor perjuicio posible para los intereses sociales en conjunto.

En el orden puramente científico, toca á la Sociología investigar—si le es posible—cuáles deban de ser las direcciones y sentidos de los movimien-

Ocurre pensar que siendo enorme la complejidad de estos problemas de Dinámica social — planteados así en toda su generalidad — porque hay que seguir (por decirlo así) el movimiento de cada individuo y de cada elemento social — sería más asequible quizá el estudio del simple *movimiento de conjunto* de la agrupación social. Así lo haremos más adelante, cuando exponamos un *Teorema* que se refiere al movimiento de lo que llamaremos *Centro de masas* de la agrupación, por analogía con el centro de masas ó centro de inercia (que suele llamarse *Centro de gravedad*) de un sistema de puntos materiales.

Pasemos ya á hacer la exposición de algunos *Teoremas generales* de la *Dinámica social*. Son los mismos que expusimos al tratar del movimiento de un solo individuo; y además de ellos, ese *Teorema* del movimiento del Centro de masas, á que acabamos de aludir, y el *Teorema del menor esfuerzo*, conocido con el nombre de *Principio de Gauss*.

(Continuará).

Ensayos de cables de alta tensión, debajo del agua.

Al revestir los cables se forman á veces grietas invisibles á simple vista en el plomo del revestimiento. Puede también darse el caso de haber defectos más graves que pasan desapercibidos en el examen directo. Si después de colocado el cable el agua llega á penetrar á lo largo del mismo por estas grietas, se tendrá un cable defectuoso.

Para evitar estas sorpresas desagradables se sumergen los cables, una vez recubiertos, durante veinticuatro horas, en depósitos de agua, verificándose después los ensayos. Este ensayo es suficiente para las antiguas sustancias de impregnación, en particular para el yute impregnado, y los defectos del revestimiento del plomo se notan á las pocas horas de la inmersión.

Sólo queda por averiguar si estas prescripciones son suficientes para los cables fabricados en la actualidad, y si puede suponerse ó asegurarse á ciencia cierta que el revestimiento de plomo de un cable que ha resistido á los ensayos anteriores puede considerársele no defectuoso.

El autor ha efectuado durante un año ensayos en este sentido con cables de diferentes fabricaciones. Estos ensayos han dado en general resultados parecidos; de modo que es suficiente indicar los de una serie cualquiera de ensayos.

Después de haber medido una vez la resistencia de aislamiento de los cables, se han practicado grietas más ó menos grandes en los revestimientos de plomo, y en seguida se les ha sumergido. A las doce horas de esta inmersión se ha medido nuevamente la resistencia de aisla-

to del cable, aplicándole durante una hora una tensión doble de la del sistema.

Ha habido cables que habiéndolos tenido veinticuatro horas debajo del agua, han dado exactamente la misma resistencia de aislamiento que antes de sumergirlos y algunos después de repetir nuevamente la inmersión durante otras veinticuatro horas. Los ensayos han sido repetidos diariamente. Al cabo de cinco semanas los resultados eran idénticos; el cable soportaba siempre una tensión doble de la del sistema.

Un segundo cable sin revestimiento y provisto solamente de papel impregnado, fué igualmente sumergido; al cabo de cuatro semanas, este cable soportaba todavía una tensión doble de la del régimen. La resistencia de aislamiento había disminuído en un 10 por 100.

Un tercer cable de 3×16 milímetros cuadrados, y para una tensión de sistema de 700 voltios y al cual se le había desprovisto de la cubierta de plomo, fué sucesivamente sumergido durante veinticuatro horas, y después secado al aire durante igual lapso de tiempo. Al cabo de veinte días de este tratamiento, la resistencia de aislamiento no había cambiado. El crugimiento del cable se verificó entre los conductores á una tensión de 25.000 voltios.

Se han verificado ensayos con diferentes cables de moderna construcción y han dado aproximadamente los mismos resultados.

Se ve, pues, que para los cables modernos de alta tensión, el estar en el agua durante veinticuatro horas, no es suficiente para descubrir los defectos del revestimiento de plomo. Para examinar estos cables, sería preciso servirse de agua bajo presión. Algunas casas tienen estanques construídos expresamente con este objeto, para sumergir los cables bajo una presión de algunas atmósferas.

Se sabe (1) que la humedad se aspira en el polo negativo de un cable de corriente continua, por endósmosis, en el sitio donde el cable presenta algún defecto, de modo que este defecto, al principio sin importancia, llega á producir muy pronto un contacto con la tierra. Parece, pues, lógico que los defectos, ó mejor dicho las grietas que existen en la cubierta de plomo de un cable, deben ser fácilmente descubiertas haciendo pasar por él, durante su inmersión de veinticuatro horas, una corriente continua con el polo negativo al cobre.

Sin embargo, en los ensayos efectuados con 20 cables modernos de alta tensión, cuya cubierta de plomo estaba perforada, ha sido imposible obtener por medio de endósmosis eléctrica y una corriente continua de 440 voltios, una disminución en la resistencia de aislamiento, aun después de una inmersión de setenta y dos horas.

H.

(1) Cf. Fernier, *The Electrician*, vol. LVII, 1906, pág. 125; *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1907, pág. 133.

tos para alcanzar el mejoramiento en los diversos asuntos de carácter social: y también investigar de qué género hayan de ser los sistemas de fuerzas que se apliquen, si á tanto pueden llegar en sus investigaciones. A la Mecánica le corresponde solamente determinar los movimientos de modificación que las fuerzas habrían de producir, si estas fuerzas hubieran sido convenientemente señaladas.

