

NATURALEZA

CIENCIA É INDUSTRIA

DIRECTOR: D. JOSE CASAS BARBOSA

REDACTOR JEFE: D. RICARDO BECERRO DE BENGOA

3.ª ÉPOCA-AÑO XXVII

IO DE OCTUBRE DE 1891

NÚM. 7

SUMARIO: *Quincena científica*, por R. Becerro de Bengoa.—*Los cables hispano-africanos. III*, por J. Casas Barbosa.—*Caracteres de la física moderna*, por el Dr. Ernesto Naville, traducción de Rafael Alvarez Sereix.—*La lógica simbólica*, por el profesor Dr. Ventura Reyes Prosper.—*Acerca del transporte de la fuerza por la electricidad*, por M. Gisbert Kapp.—*Nuestros establecimientos científicos: La Academia de Ingenieros militares*, por Eusebio Torner.—*Mecánica aplicada. Fabricación de tubos sin soldadura, procedimiento Mannesmann*, por J. Casas Barbosa.—*La sesión de la Asociación británica en Cardiff*, por G. Alvarez Palacios.—*Un nuevo conmutador automático para teléfonos*, por Miguel Pérez Santano.—*La subasta de las redes telefónicas interurbanas*.—*Notas industriales*.—*Crónica*.—*Noticias*.—*Recreación científica: El muñeco en el espejo*.

QUINCENA CIENTÍFICA.

El ozono y la mejora de los vinos.—La cosecha en Francia y los abonos fosfatados.—La bebida más higiénica y nutritiva para los que trabajan á la acción del calor.

Han estado de vacaciones durante tres meses las Academias de Ciencias de Europa y de América; pero no ha descansado el espíritu de los hombres científicos, porque cuando el cerebro, bien preparado para el trabajo, recibe el impulso inicial que dan la afición y el amor al estudio, no puede detenerse y descansar á voluntad, sino que, en virtud de la velocidad adquirida, trabaja é investiga siempre, aunque el calendario doméstico diga *domingo*, y aunque el calendario oficial anuncie la *vagancia*, cuando las cátedras, los laboratorios y las Academias se cierran.

Muchos hombres estudiosos han visitado los campos y los montes, las eras y los graneros, los lagares y las bodegas; y como hoy toda ciencia útil, de inmediata aplicación á la agricultura, constituye una especie de conocimiento sagrado, más interesante

cada día, porque atiende al sostenimiento y mejora de los elementos de la vida, cuanto esa ciencia enseña excita de un modo poderoso la atención pública. Conócense ya, por ejemplo, los excelentes resultados obtenidos recientemente en la mejora de los vinos por la acción directa del ozono producido por la electricidad. No sólo se mejoran, sino que se conservan inalterables durante mucho tiempo, haciéndoles adquirir las excelentes cualidades que el tiempo les da. Los franceses han aplicado el procedimiento de M. Villon á los vinos de Argelia. El material necesario es sencillísimo: un ozonizador, una pila, una bobina de inducción y una bomba de compresión. El oxígeno contenido en tubos, á 120 atmósferas de presión, atraviesa lentamente el ozonizador á la de atmósfera y media; se electriza, y llega por un tubo metálico á la vasija que contiene el vino, donde se va acumulando hasta que su presión interior se equilibre con la que tiene en el ozonizador. Se cierra la bomba y se deja en tal estado durante un tiempo más ó menos largo, según la naturaleza de cada vino y el efecto que se desee obtener, cuya operación se repite dos ó tres veces, gastándose en la primera 15 litros de oxígeno y 10 respectivamente en las otras dos. Cuando el vino tiene

mucha aspereza y necesita mucho oxígeno, hay necesidad de emplear de 50 á 70 litros del gas. No se crea que el ozono da acidez á los vinos, transformando su alcohol en ácido acético: nunca se ha observado esto, sino que lo que resulta es que obra directamente sobre ciertas materias desconocidas hasta hoy, que son las que originan en los vinos los defectos característicos y sus cualidades y propiedades. El oxígeno comprimido no contiene fermento alguno, ni microbios ni bacterias, y no ayuda, por consiguiente, al desarrollo de las fermentaciones perjudiciales, sino que, al contrario, las retrasa y las evita. El gasto, según M. Villon, es muy económico, y ofrece la ventaja de no tener que tocar ni manosear el líquido para nada. He aquí el análisis de un vino antes y después de su tratamiento por el ozono:

	Natural.	Ozonizado.
Alcohol (en volumen).....	8,93	8,87
Extracto.....	25,21	25,15
Cenizas.....	3,41	3,40
Crema de tártaro.....	3,83	3,88
Ácido tártrico libre.....	0,15	0,10
Acidez de SO_4H_2	5,85	5,75
Tanino.....	1,63	1,15
Sulfato de potasa.....	0,54	0,54

El oxígeno comprimido contiene siempre nitrógeno que, por la acción de la electricidad, se cambia en ácido nítrico. No dice M. Villon qué papel desempeña este cuerpo en la transformación del vino, ó cómo queda eliminado ó neutralizado.

Á pesar de la disminución del rendimiento de la cosecha de trigo de este año en Francia, que es, relativamente á la del año pasado, de 44.382.272 hectólitros, lo que supone un déficit para el consumo de 33.946.000, los agricultores grandes y pequeños continúan con entusiasmo aplicando á sus sembrados de este cereal (y de los demás) los abonos químicos. Sin ellos, la cosecha, que ha sido de 75.054.600 hectólitros, no hubiera llegado á 50 millones. Desde aquellos tiempos de 1804 en que el ilustre Saussure decía: «He encontrado fosfato de cal en las cenizas de todas las plantas que he estudiado, y no hay razón para suponer que puedan vivir sin esta substancia,» hasta hace pocos años, en que repetía el sabio M. Dehérain: «No nos han hecho caso á los químicos los labradores prácticos durante largos años; pero hoy la gran mayoría nos escuchan con interés y practican con decisión nuestras enseñanzas,» durante setenta años apenas se hizo nada

en la utilización de esa riqueza natural aplicada al cultivo; pero en estos últimos tiempos la verdad se ha impuesto, y la tierra, agradecida al recibir las substancias nutritivas que tantas cosechas repetidas le habían absorbido esquilmandola, paga con esplendidez la ayuda que se le da. Después de haber utilizado Inglaterra, Francia y los Países Bajos nuestra rica fosforita de España, diéronse á buscar yacimientos de substancias análogas en sus territorios, y en Noruega, y en el Canadá, en las Ardennas, y en varios condados ingleses, y en el Pas-de-Calais, y en Lot, y en Aviñon, y en Vaucluse, y hasta en los escoriales de las fábricas de fundición, utilizaron los fosfatos para emplearlos como abonos. Siguiendo las inspiraciones de los químicos ingleses M. Lawes y Gilbert de Rhotamsted, dedicó un labrador, Mister John Prout, 500.000 pesetas á la adquisición y mejora de unas tierras de labor en Sawbriggeworth. Era en la época de mayor concurrencia y competencia de los trigos de los Estados Unidos. Aplicó al cultivo del trigo los abonos fosfatados, y en catorce años no sólo logró y logra sacar un interés del 15 por 100 al capital, sino que la finca está hoy evaluada en 775.000 pesetas. M. E. Remond, en Mimpincien, Brie (Francia), y M. A. Brandin, en el Seine-et-Marne, obtienen de sus tierras abonadas 40 hectólitros de trigo por hectárea, es decir, cuatro veces más que nosotros, en un país donde sólo llueve doble cantidad que aquí. No sólo han contribuido á ello los abonos: el ilustre profesor M. Georges Ville y otros protectores decididos de la agricultura, á fuerza de pedirlo al Gobierno, han conseguido que se dé constante crédito y préstamos á los labradores sobre la garantía de sus tierras (pocas ó muchas), de sus cosechas y de sus aparatos de cultivo; que se reduzcan los derechos de transmisión y transferencia de la propiedad; que se cree realmente el crédito agrícola, y que se establezca la instrucción primaria completa y adecuada á la agricultura *para todos* los hijos, niños ó adultos de los habitantes de los campos. En muchas comarcas de Argelia y de Túnez, de áspero suelo, jamás abonadas antes y que sólo daban de 7 á 8 quintales métricos de grano por hectárea, se logra ahora, con los abonos fosfatados, que produzcan de 18 á 20; y en muchas vegas que no daban más que de 8 á 10.000 kilogramos de remolacha, se obtienen de 25 á 30.000. Con lo que no se ha conseguido cosechar ni un grano más es con excusas, egoísmos, lamentaciones, vanidades y alzas arancelarias.

El segador ó trillador, que trabaja á 45° al sol:



CASTILLA
 ARAGON
 VALENCIA

NATURALEZA, CIENCIA É INDUSTRIA

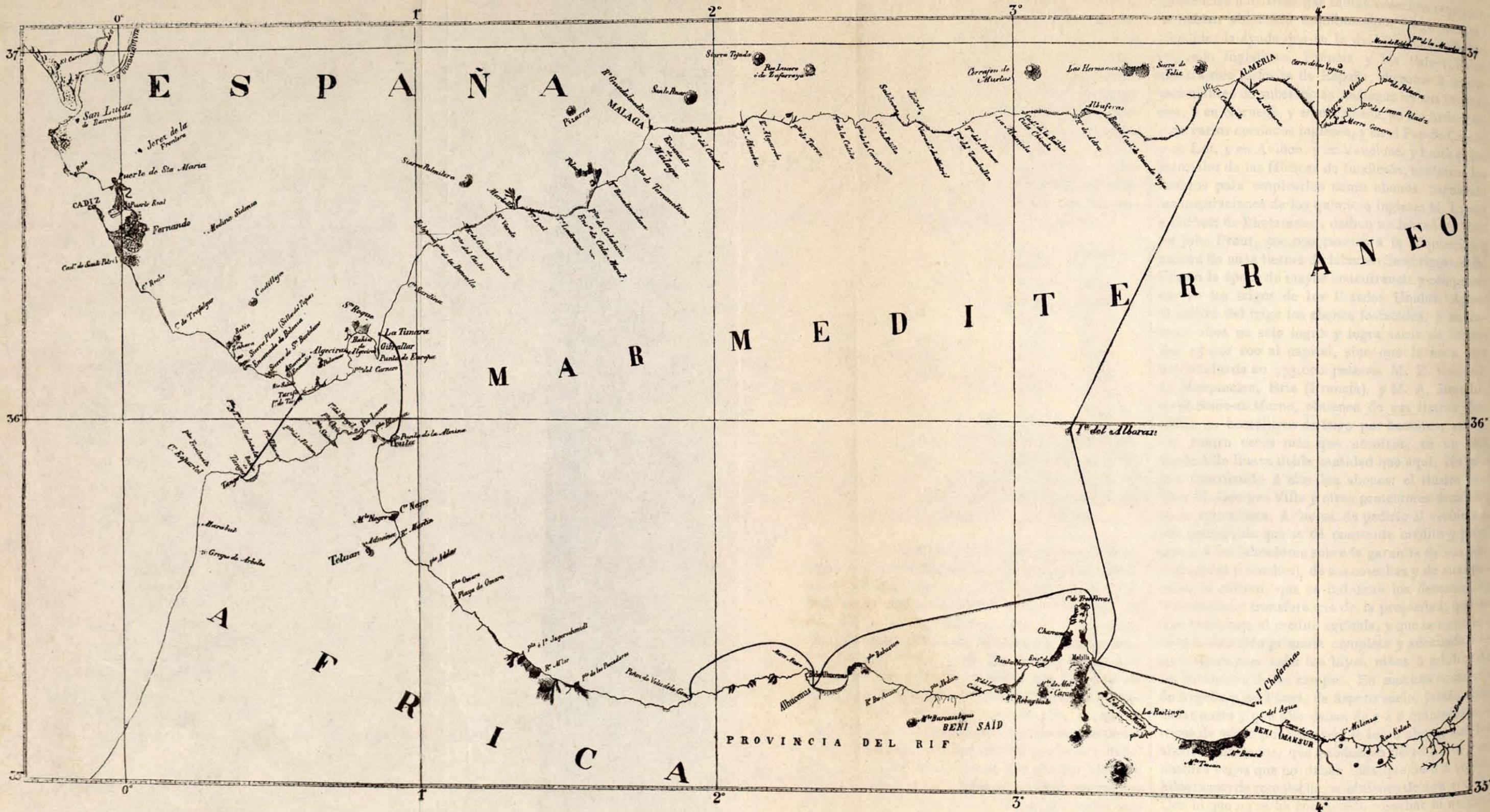


FIG. 7.—CABLES HISPANO-AFRICANOS

el maquinista y fogonero, que se ahogan de calor delante de los hogares de las calderas en los buques, ó el pudlador en los hornos viejos, que se asa, aun trabajando desnudo, todos ellos sudan á mares, y necesitan beber constantemente para refrescarse. ¿Qué deben beber? El agua fresca es nociva en tales momentos, por los espasmos congestivos que produce, y las bebidas más ó menos alcohólicas son, á la postre, un veneno, aunque al punto parezca que dan consuelo y vigor. Necesítase para reparar las fuerzas un líquido *que refresque y que nutra*. Un médico viejo de la marina de los Estados Unidos, Don Joseph Wilson, ha hecho largos estudios prácticos acerca de este punto, y acaba de decir que no hay bebida que más agrade, nutra y conserve la salud y la fuerza de los fogoneros y maquinistas que viven enterrados allá en lo profundo de los buques, recibiendo el calor de la combustión en reducidos espacios, que el agua, al temple ordinario, con *harina de avena*, á razón de 2 á 3 kilogramos de harina por 100 litros de agua. En la marina del Norte América no beben otra cosa mientras trabajan. La receta no puede ser más sencilla, inofensiva y económica. Veremos si prospera este *puré frío* entre los obreros calientes.

R. BECERRO DE BENGUA.

LOS CABLES HISPANO-AFRICANOS (1).

III.

Completado en los primeros días de Marzo el tendido de la sección primera de la red de cables hispano-africanos, dejando instalados los trozos Almería-Alborán, Alborán-Melilla y Melilla-Chafarinas, con un desarrollo respectivo de conductor de 67,5 kilómetros, 53,2 kilómetros y 26,8 kilómetros, el *Cittá di Milano* zarpó para la Spezia, en donde se le esperaba para dirigirle al Mar Rojo para reparar una avería ocurrida en el cable Massuah-Perim.

Entre tanto activábase en el establecimiento de los Sres. Pirelli y Compañía la construcción de los cables que habían de ser objeto de una segunda y última campaña.

El reconocimiento de los fondos en las inmediaciones del Estrecho que se pudo efectuar en la primera, debieron afirmar á los ingenieros de aquella

casa en la existencia de un grave peligro para los cables si su tendido se efectuaba en las condiciones que nuestra Administración había señalado. Aprovechóse, pues, aquel interregno para abrir negociaciones que dieron por resultado las modificaciones del trazado de que hablamos en nuestro anterior artículo. Con arreglo á ellas, Ceuta se ha unido al continente mediante un amarre hecho al Norte de Gibraltar, en lugar de tenerlo en Tarifa, de cuyo punto parte el trozo que establece la comunicación con Tánger.

Los peligros que ofrece la boca del Estrecho, no del todo vencidos con esta modificación, las debió prever nuestra Dirección de Comunicaciones; su existencia era fácil de inducir, y nosotros mismos, al ocuparnos del pliego de condiciones que rigió para la subasta, á raíz de su publicación, ya manifestamos los vicios de que el trazado adolecía. Estos en parte han quedado corregidos; la casa Pirelli, además, ha dotado á la sección de fondo comprendida entre Tarifa y Tánger, más expuesta que ninguna á la acción destructora de la corriente del Estrecho, de una cubierta protectora reforzada mediante la sustitución de la armadura de alambre de hierro por otra de acero de mayor sección.

Las operaciones de la segunda campaña empezaron en Junio, en cuyo día 8, alistado el *Cittá di Milano* y con su cargamento de cable, abandonó el fondeadero de la Spezia haciendo rumbo á Gibraltar. El estado del mar obligó al cablero al siguiente día de su salida á refugiarse en las Hyères, cuyo abrigo abandonó el 10 para proseguir su ruta. En la mañana del 13 echaba el ancla en Gibraltar. Detenido en esta bahía por el cáriz pésimo del tiempo hasta el 17, pudo al fin hacer rumbo á Tánger, en cuyo litoral dió principio á la operación de aterramiento. Dificultada ésta por el estado del mar, el cablero tuvo que refugiarse en Tánger, de donde zarpó el 20 para proseguir la interrumpida tarea. Aquel mismo día quedaba tendida la sección de costa, y boyada la extremidad que ulteriormente se había de empalmar al cable de fondo. Análoga operación hizo al siguiente día el *Cittá di Milano* á partir de la playa de Tarifa; y practicado este aterramiento y el empalme con el cable de fondo, prosiguió con éste hasta la boya de Tánger, en donde hizo el enlace definitivo. La sección Tarifa-Tánger quedaba completa de playa á playa con 20,82 kilómetros de cable: faltaba prolongar el conductor desde las respectivas casetas de amarre hasta la estación; y esta operación, en la poco hospitalaria costa africana, la han dificultado las lentitudes de la diplomacia y la

(1) Véase NATURALEZA, CIENCIA É INDUSTRIA, números 1 y 2 de este tomo.

salvaje hostilidad de una kábila rebelde, no ya á los españoles, sino al propio Sultán. Esa hostilidad ha sido reducida, y el cable genuinamente hispano-marroquí se halla en pleno servicio.

Afortunadamente con el término de esta primera operación parecía haber coincidido el regreso del buen tiempo. El *Cittá di Milano* le aprovechó para efectuar en Ceuta el correspondiente aterramiento. El 22 dejaba boyada la punta á seis kilómetros de la bahía, y se dirigía á la Tunara para efectuar idéntica maniobra y retroceder luego tendiendo el cable de fondo hasta recobrar aquella punta. Mas el 23, día en que el cablero dió vista á la playa de la Tunara, amaneció el horizonte con cerrazón; tras de

una espera inútil hasta el mediodía, hubo que desistir de toda maniobra, y el *Cittá di Milano* puso la proa á Tarifa, en donde se dedicó á efectuar las pruebas eléctricas de la primera sección tendida. Éstas ofrecieron el siguiente resultado:

Longitud del cable, kilómetros.....	20,82
Aislamiento absoluto al primer minuto de electrificación.....	748 Ω
Aislamiento por kilómetro.....	15,500 "
Resistencia total del conductor.....	229,6 ω
Idem por kilómetro.....	11,03 "

En este trozo la temperatura del fondo del mar, deducida de la resistencia del conductor tomada en



Fig. 8.—Ceuta. Vista tomada desde el Sur.

la fábrica á 24°, es próximamente de 14°; resultado que concuerda con el hecho evidenciado por los experimentos del Dr. Carpenter, según los cuales la temperatura del agua del Mediterráneo, á la profundidad de 200 metros, suele ser de 13°, á partir de la cual hasta las mayores profundidades encontradas, que alcanzan la cifra de 4.000 metros, no altera sensiblemente dentro de una misma estación. El cambio de éstas hace variar en 1° ó 1°,5 aquella temperatura.

El 25, serenado el tiempo, pudo el cablero tomar la mar. Efectuó el aterramiento en la Tunara, y, siguiendo con rumbo á Ceuta y aflojando cable, llegó en la tarde del mismo día junto á la punta boyada. Practicóse el empalme aquel mismo día; y establecida la comunicación entre el litoral español y el más

importante de nuestros presidios de África, la longitud de esta sección resultó ser de 38,88 kilómetros de conductor. Las pruebas efectuadas el siguiente día desde la Tunara, acusaron los siguientes resultados:

Longitud de la sección Tunara-Ceuta, kilómetros.....	38,88
Aislamiento absoluto al 1'.....	436 Ω
Idem por kilómetro.....	16,900 "
Resistencia total del conductor.....	429,9 ω
Idem por kilómetro.....	11,07
Temperatura del mar, aproximadamente de 13°.	

Salvo las alternativas propias del mar, cuyo estado, siquier no dificulte la navegación, puede empero entorpecer la operación delicada que el *Cittá*

di Milano realizaba, ninguna contrariedad habíase presentado hasta entonces en el curso de las dos campañas.

Cuando el cablero dejó listo el tendido de las dos secciones anteriores, hizo rumbo á Melilla, vértice importante donde convergen las secciones Alborán por un lado, Chafarinas por otro y, finalmente, la de Alhucemas y Gomera, á continuación una de otra, por la parte opuesta á la sección de Chafarinas. Falta tender la tercera de estas secciones para dejar completa la red, y en esta operación ofreciéronse ya peripecias de las que frecuentemente esterilizan los esfuerzos mejor concertados, originando accidentes que parecen rebeldías de la naturaleza contra los recursos poderosos que para dominarla el hombre emplea.

El tendido empezó en la forma acostumbrada desde la Gomera; practicóse doble amarre en Alhucemas, y siguió el tendido hasta Melilla, última etapa de la campaña. Alhucemas, como punto intermedio, pareció á propósito para las últimas pruebas. El cablero ancló allí, y los telegrafistas de á bordo pudieron probar ambas bandas: la de Melilla resultaba con avería; tenía una fuerte derivación; su aislamiento era de unos miles de ohms solamente, y aun cuando la comunicación telegráfica era perfecta, no podía dejarse el conductor sometido á un principio de alteración que entrañaba su ulterior, inevitable rotura. De la experimentación resultaba hallarse la avería próximamente en el sitio de empalme entre las secciones de fondo y de costa, casi con seguridad en el empalme mismo.

Hízose á la mar el *Cittá di Milano* el 3 de Julio con objeto de repararla. Fué á colocar primero una boya que señalara el sitio en que se presumía la existencia de aquélla, y dió principio al dragado del fondo del mar en la dirección perpendicular al trazado del cable. En la madrugada del 4 el dinamómetro señaló que el rezón había hecho presa. Izósele á bordo, y, en efecto, entre sus garfios traía el cable. Picóse éste, y ya tenían á bordo el cabo correspondiente á la ban-

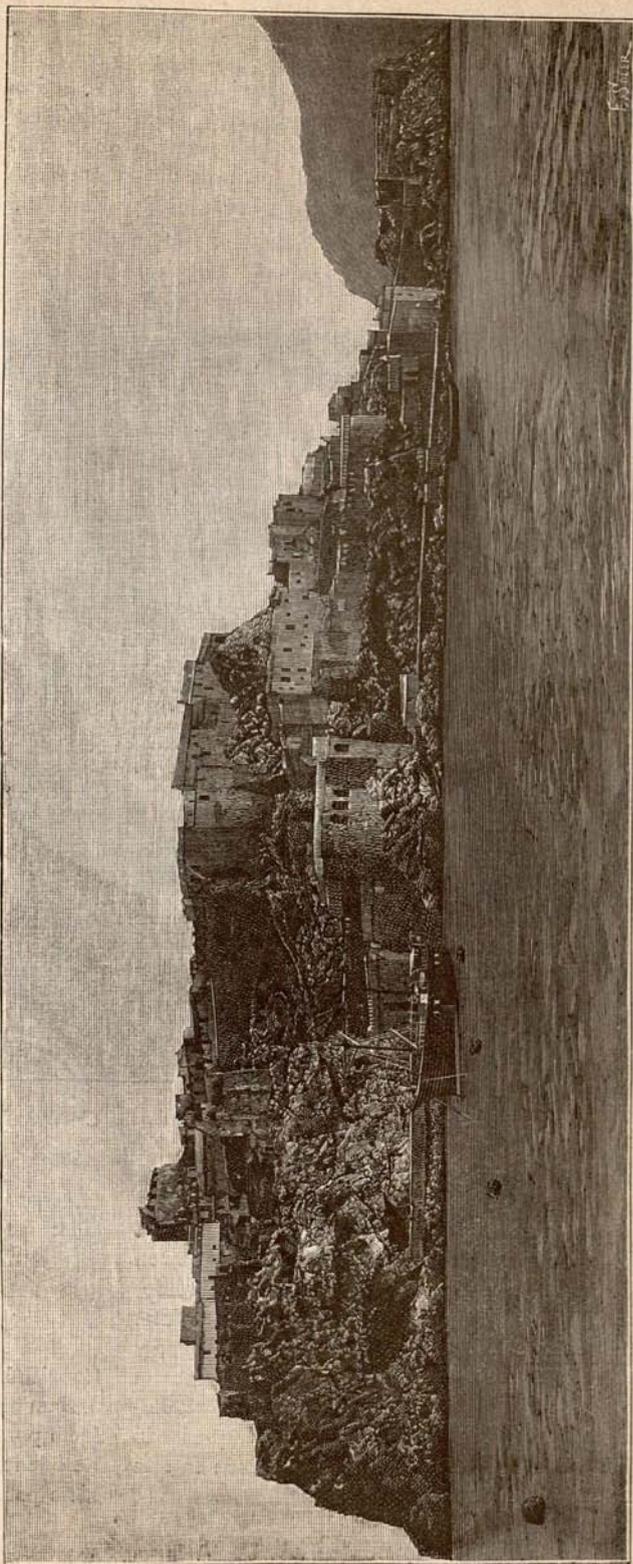


Fig. 9.—Amarre en el Peñón de Vélez de la Gomera.

da de Alhucemas, cuando el otro trozo se rompió á unos 200 metros por debajo de la proa, precipitándose el cable en el mar. El trozo recobrado tenía un aislamiento perfecto: se le arrojó al mar sujeto á una boya, y de nuevo empezó el rastreo en dirección á Melilla, en busca ahora del cabo roto. La operación era, no tan sólo difícil, si que también peligrosa; peligrosa, porque se corría el riesgo de apresar el cable de Alborán, que descansaba en aquel fondo, y de da-

ñarle inútilmente. En efecto, el rezón, antes que con el cable roto, tropezó con el conductor de Alborán; reconocido el error, se aflojó con cuidado; mas de nuevo se hizo presa en él al siguiente día. Entre tanto el rezón no tropezaba con el cable roto. El día 6 de Julio continuaba el rastreo con rezón retensor para asegurar el cabo y poder maniobrar más cerca de él huyendo del cable Alborán, cuando de nuevo se apresó éste, y esta vez se le lastimó. Hubo necesidad de izarlo á

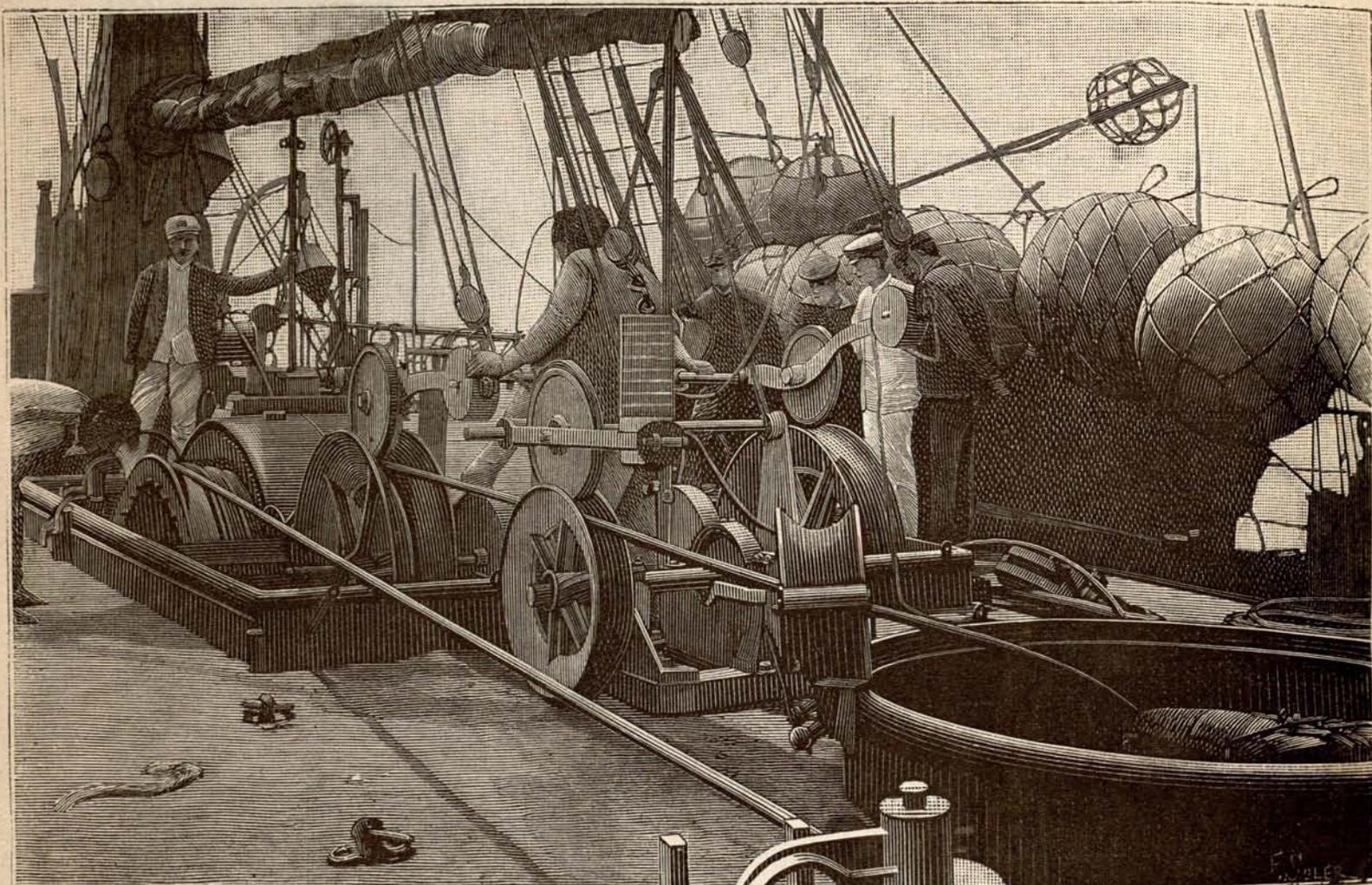


Fig. 10.—Las operaciones del tendido á bordo del *Cittá di Milano*. Recogida de una punta rota.

bordo y reemplazar el trozo dañado. Operación tan larga y trabajosa se pudo acabar aquel mismo día. El 8 prosiguió el rastreo interrumpido, esta vez con más éxito porque se logró repescar el trozo perdido, é izarle á bordo por la proximidad del empalme. Renovóse éste; se le unió otro trozo de reserva, y soltado al mar le fueron tendiendo, haciendo el cableo rumbo á la boya que retenía la otra punta. Recobrada ésta, practicóse el empalme final, quedando definitivamente establecida la comunicación en esta última sección de la red.

Renovadas las pruebas, dieron el siguiente resultado:

SECCIÓN MELILLA-ALHUCEMAS.

Longitud del conductor, kilómetros....	84,61
Aislamiento absoluto al 1'.....	174 Ω
Idem por kilómetro.....	14,900 "
Resistencia total del conductor.....	936,5 ω
Idem por kilómetro.....	11,02 "

SECCIÓN ALHUCEMAS-PEÑÓN.

Longitud del conductor, kilómetros....	37,41
Aislamiento absoluto al 1'.....	366 Ω
Idem por kilómetro.....	13,700 »
Resistencia total del conductor.....	413,8 ω
Idem por kilómetro.....	11,05 »

Tal es el resumen de las operaciones interesantes realizadas para el tendido de los cables que nos ponen en inmediata y directa comunicación con África. Los beneficios de esta comunicación, ya lo dijimos

al principio, son más bien de orden moral, militar y político, que de orden mercantil. Ningún comercio sostiene nuestras plazas del litoral marroquí; el que sostenemos con Tánger no es por desgracia tan intenso como sería menester para el fomento de nuestra influencia, ni como deberíamos prometernos de nuestra vecindad. El cable de Tánger, ya abierto al servicio público, permanece ocioso, en tanto que el inglés sostiene un tráfico respetable. La obra, pues, podría de momento parecer infecunda, si en ese pedazo de cable no viéramos el primer jalón de conquistas civilizadoras ulteriores, en las cuales halla-



Fig. 11.—Amarre en Alhucemas.

rán necesaria satisfacción los anhelos del patriotismo español, siempre inclinado á tender hacia el Estrecho sus miradas.

J. CASAS BARBOSA.

CARACTERES DE LA FÍSICA MODERNA (1)

POR EL DR. ERNESTO NAVILLE.

Diversas son las significaciones que se han dado á la palabra *física* en el curso de los tiempos. Los an-

(1) Publicóse este estudio por primera vez en la *Bibliothèque universelle* (Julio y Agosto de 1872). El señor De la Rive, que conocía las porciones más importantes del escrito, tuvo la bondad de aprobarlo.

tiguos griegos usaron alguna vez aquella voz para designar toda la ciencia de las realidades por oposición al estudio de las ideas abstractas. Agrupábase entonces el conjunto de las investigaciones del entendimiento humano bajo los títulos siguientes: lógica ó ciencia de las leyes del pensamiento; moral ó ciencia de las reglas de la acción; física ó ciencia de los seres. De aquí se deduce que esta última ciencia tenía por objeto, no tan sólo la materia, sino los seres vivos, los espíritus y el principio del mundo; abrazaba la historia natural, la psicología y la teología de ahora. En nuestros días con la palabra física se ha designado un estudio especial, «el de las propiedades generales de los cuerpos y de los fenómenos que no determinan cambios permanentes en

su composición íntima,» porque el estudio de éstos toca á la química. Tal es la definición dada por el Sr. Lamé en su cátedra de la Escuela politécnica. En el lenguaje actual de la ciencia, el vocablo física tiende á adquirir significación más extensa. Roberto Mayer lo empleó para designar «la ciencia entera de la materia inerte (1).» Igual sentido se da á la palabra en las *ciencias físicas* de la clasificación de Ampère, en el título *Archives des sciences physiques et naturelles* que acompaña á la *Bibliothèque universelle*, y en el epígrafe de la obra dedicada por D. Emilio Saigey á la teoría de la unidad de los fenómenos naturales (2). Entendida de esa suerte, empieza la física con la aparición de la materia, lo que la distingue de las ciencias puramente abstractas, la lógica y las matemáticas; se detiene en la aparición de la vida, lo que la diferencia de la botánica y zoología, ciencias que se reúnen hoy, merced á un neologismo oportuno, bajo la denominación de *biología*. Abarca, por lo tanto, la mecánica (incluso la mecánica celeste), la química, la mineralogía, la física (en el sentido estricto de la palabra), la meteorología y la parte de la geología que puede prescindir de considerar los seres vivos. Así como las matemáticas le sirven de ciencia auxiliar, ella lo es de la biología. Todas las ciencias antes enumeradas forman un grupo natural, porque su objeto es común, la materia inorgánica, y porque á medida que progresa el estudio evidénciase la unidad de las leyes que rigen los fenómenos de que tratan. Á la voz física se le da en este libro la acepción general que acaba de indicarse.

Con la expresión *física moderna* no se quiere significar un estado de la ciencia nuevo hoy, y que mañana será viejo relativamente á otro que envejecerá á su vez con respecto al que le suceda. Aquellas dos palabras tienen un valor positivo, porque designan una determinación de la naturaleza de los fenómenos materiales que se separa lo bastante de las nociones anteriormente admitidas para señalar una época en la historia de la ciencia. Bajo el nombre de física antigua agrupo ideas que pertenecen á diferentes épocas, pero que ofrecen el carácter común de que niegan ó desconocen el concepto fundamental de la física moderna. Puede fijarse la fecha de ese concepto, la cual no coincide con la de su completo desarrollo y triunfo incontestado. Toda doc-

trina nueva tiene siempre que luchar con las antiguas que subsisten durante cierto tiempo. Como advierte Ritter, historiador de la filosofía (1), no tienen nunca carácter estrictamente cronológico los períodos que es dable establecer en la historia de las ideas: aseméjense menos á una división mecánica que á la descomposición química de un cuerpo compuesto.

NATURALEZA MECÁNICA DE LOS FENÓMENOS.

Considerados en sí mismos los fenómenos físicos, esto es, prescindiendo de sus relaciones con los seres capaces de sentir y percibir, se reducen á movimientos. El sonido, separado de las percepciones del oído; la luz y el calor, separados de las sensaciones que causan; la electricidad y el magnetismo, separados de los diversos efectos que pueden producir sobre seres sensibles, no son más que movimientos. Los movimientos físicos, al encontrar á los órganos de los cuerpos vivos, determinan movimientos fisiológicos que se transmiten por los nervios al centro cerebral. Puede decirse que el movimiento fisiológico no es sino el movimiento físico transformado por los órganos de los sentidos, de la misma manera próximamente que las vibraciones del aire en un órgano son diversamente modificadas por la forma y magnitud de los cañones en que penetran. Al movimiento fisiológico del centro cerebral corresponden los fenómenos de la sensación y percepción, hechos psíquicos en armonía con los movimientos de la materia, pero de orden diferente, que sirven de punto de partida á todo un mundo de pensamientos y sentimientos. Aclaremos esto con varios ejemplos.

Un aficionado á la música oye una sonata de Mozart: ¿qué sucede? El movimiento mecánico de los instrumentos determina ondulaciones en el aire atmosférico, que hieren los órganos exteriores del oído. El movimiento, modificado por la oreja, se transmite á lo largo de los nervios, y á ese movimiento, llegado al centro cerebral, responde la percepción del sonido, á la cual se asocian impresiones diversas, emociones del alma y pensamientos. Si se suprime el entendimiento capaz de oír, ya nada será oído: no quedarán más que las vibraciones del aire y la de los órganos. Un astrónomo mira una estrella por medio de un antejo: ¿qué sucede? La estrella

(1) Discurso pronunciado en el Congreso de naturalistas alemanes, que se reunió en Insbruck en 1869.

(2) *La Physique moderne, essai sur l'unité des phénomènes naturels*: París, Germer Baillièrre, 1867.

(1) *Histoire de la Philosophie*. Ojeada general y división.

tiene un movimiento que determina ondulaciones en un fluido sutil esparcido por todas partes, al cual dan los físicos el nombre de *éter*, que llegan á la lente del antejo que las modifica. Modificadas así, se transmiten al ojo que las modifica á su vez, y llegan á la retina, en donde determinan un movimiento fisiológico que se propaga á lo largo del nervio óptico y va hasta el encéfalo. Entonces se produce, en virtud de la armonía que relaciona dos órdenes de fenómenos, la sensación de la luz y la percepción del cuerpo luminoso. El astrónomo siente, ve, acaso admira, reflexiona. Quitad el entendimiento capaz de ver y de sentir: ¿qué queda? Las ondulaciones del éter y los diversos movimientos determinados en la lente del antejo, en los órganos del ojo y en el sistema nervioso.

Las palabras luz, calor y sonido tienen dos significaciones distintas; doble sentido que expone á confusión de ideas. Aquellas voces designan ya los fenómenos físicos en el estado puro, el hecho objetivo; ya la sensación y la percepción, hechos subjetivos. Únense estos dos órdenes de hechos por una relación que es uno de los elementos primitivos del Universo, cuya explicación no conocemos y hasta nos es imposible buscarla. En vez de comprobar esa relación, la física antigua creaba entidades imaginarias bajo los nombres de *formas substanciales*, de *causas ocultas*, de *virtudes de la materia*. El sonido, la luz, el calor, el frío, la sequedad y la humedad, considerábanse como causas en las cuales se detenía el pensamiento, creyendo haber explicado los fenómenos cuando no se había hecho más que nombrarlos.

Afirmar que no existe nada en los cuerpos que se asemeje á nuestros sentimientos é ideas; que las voces luz, calor, etc., en cuanto se hace entrar en ellas un elemento psíquico, expresan relaciones entre dos clases de fenómenos distintos, aunque íntimamente unidos; afirmar que todo fenómeno físico en sí no es más que movimiento: tal es el primer carácter de la física moderna, que se puede expresar así: naturaleza mecánica de los fenómenos. Bacon dice en el cuarto aforismo de su *Novum organum*: «Reunir ó separar los cuerpos naturales unos de otros, á esto se reduce todo el poder del hombre: todo lo demás lo verifica la naturaleza en el interior y fuera de nuestra vista.» Hoy aseguramos que en el universo material entero no hay nada más que movimiento, y que lo que Bacon llama «todo lo demás» no es más que una relación entre los fenómenos físicos y la sensibilidad de los seres vivos.

Supone esta teoría la admisión de la existencia del éter, esto es, de un fluido sutil, imponderable y

elástico que penetra en todos los cuerpos y llena todos los espacios que los separan; fluido en el cual se verifican los movimientos que constituyen la luz y el calor. La existencia del éter no es dato inmediato de la experiencia. No se ve ni se toca el aire, pero se percibe directamente en la acción del viento y puede pesarse en la balanza. No es posible hacer que el éter sea objeto de una comprobación análoga. Su existencia es una hipótesis, pero hipótesis necesaria para la aplicación de los fenómenos, que se justifica además por el buen éxito de las explicaciones que proporciona.

Para que se comprenda bien la reducción á la unidad de todos los fenómenos físicos, hay que distinguir tres especies de movimientos: 1.º, los de los cuerpos que forman una masa más ó menos coherente (sólida, líquida ó gaseosa), que es transportada de un lugar del espacio á otro; 2.º, los que se producen en el interior de cuerpos cuyo conjunto continúa ocupando relativamente el mismo lugar del espacio, pero cuyas moléculas ó átomos se mueven; 3.º, los del fluido que se supone llena los intervalos que separan á unos cuerpos de otros y las moléculas ó átomos del cuerpo. Puede darse el nombre de *mecánicos* á los de la primera especie, denominando á los de la segunda movimientos *moleculares* ó *atómicos* y á los de la tercera movimientos *etéreos*. No deja de ofrecer inconvenientes el uso del primer término, porque todo movimiento es mecánico por esencia; pero no he conseguido hallar otro más adecuado.

UNIDAD DE LA MATERIA.

No se manifiesta ni puede concebirse el movimiento sino como un modo de la substancia de los cuerpos, llamada materia. En la afirmación de la unidad de la materia consiste el segundo carácter de la física moderna. Conviene fijar el sentido de esta afirmación.

El análisis químico reduce la variedad indefinida de los cuerpos naturales á un número determinado de elementos llamados cuerpos simples. Siempre resultan los mismos esos cuerpos en los aparatos de los laboratorios, y difieren entre sí por su peso y por diversas propiedades. Con el progreso de la ciencia desde hace unos cincuenta años, ha aumentado el número de esas substancias refractarias á las tentativas de descomposición. Actualmente algunos químicos, fundándose en inducciones bastante firmes, conciben la esperanza de llegar á descomponer una parte por

lo menos de los cuerpos tenidos por simples. Teóricos hay que piensan que los cuerpos ponderables se componen de moléculas que no son más que agregados diversos de átomos semejantes (1). Y no falta quien vaya más lejos todavía y sospeche que los cuerpos ponderables están formados por la agregación de átomos de éter. Según esta hipótesis, los elementos de la materia serán idénticos. ¿Cuál sería entonces el origen de la diversidad de cuerpos naturales? Ese origen no podría ser, desde el punto de vista experimental, sino los movimientos que hubieran aproximado, para formar masas diversas, las partes elementales.

La uniformidad absoluta de los átomos y la variedad de sus agregados resultantes de movimientos que los hubieran reunido diversamente: he aquí, no una teoría experimentalmente demostrada, sino una conjetura atrevida y grandiosa. No debe entenderse en ese sentido, por lo menos en el estado actual de la ciencia, la tesis de la unidad de la materia. Esta afirmación, tal como parecen justificarla los progresos de la física, significa que no hay diversas materias dotadas de propiedades específicas desconocidas é indeterminables. Todas las explicaciones de los fenómenos deben buscarse exclusivamente en la forma de los cuerpos y en sus movimientos. La gravedad, la cohesión y la afinidad se determinarán como movimientos, ya en acto, ya simplemente en potencia. Pueden suponerse diferentes los átomos, pero sólo bajo el aspecto de la forma desde el punto de vista geométrico, y bajo el aspecto de la tendencia al movimiento desde el punto de vista dinámico. Afirmar en este sentido la unidad de la materia equivale á decir que la naturaleza de los fenómenos es mecánica, de suerte que el segundo carácter de la física moderna no es más que la enunciación de una idea contenida en el primero. La física antigua se basaba en concepciones de otra índole.

En otro tiempo se dividían los cuerpos en cuatro clases: sólidos, líquidos, gases y elementos ígneos. Era la teoría de los cuatro elementos: tierra, agua, aire y fuego, teoría que ha reinado hasta época no muy distante de nosotros. Considerábase á la solidez, la liquidez, el estado gaseoso y el estado ígneo como cualidades de diferentes especies de materias. No trataba la ciencia de explicar esas cualidades que tenía como primitivas, y que, por consiguiente, tomaba como puntos de partida para sus explicaciones. Creyóse más tarde que las causas de diferentes

fenómenos físicos eran agentes distintos. Se pensó que la luz, el calor, la electricidad y el fluido magnético eran materias imponderables diversas provistas de propiedades particulares é indeterminables de otra manera que por sus efectos. La observación de cada hecho nuevo exponía entonces á introducir en la ciencia un fluido nuevo. Habiendo colgado Galvani accidentalmente de una barra de hierro una rana unida á un gancho de cobre, descubrió un movimiento inesperado en los miembros del animal: el galvanismo figuró pasajeraente en la ciencia como un nuevo agente. Para la física moderna, los estados sólidos, líquidos y gaseosos pueden pertenecer á todos los cuerpos sin excepción. La liquefacción del oxígeno, recientemente obtenida por los Sres. Raoul Pictet y Cailletet, ha confirmado esta manera de ver.

Por el ejemplo siguiente se apreciará la diferencia entre la física antigua y la nueva para la explicación de un hecho de detalle. Una masa de hierro colocada sobre un yunque que recibe el choque de un martillo, se calienta: he aquí un hecho. ¿Cómo darse cuenta de ese desarrollo de calor? En el concepto antiguo el calórico era un cuerpo sutil, contenido en la masa del hierro, que salía al choque del martillo como sale el agua contenida en una esponja cuando se oprime ésta. En el concepto de la física moderna se explica el hecho por la idea de la transformación del movimiento del martillo, como se comprenderá leyendo la exposición del carácter siguiente.

TRANSFORMACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS.

Consiste el tercer carácter de la física moderna en el principio que algunos sabios designan con el nombre de *correlación de las fuerzas* ó de *transformación de las fuerzas*, y al que prefiero denominar, con el Sr. De la Rive, principio de la *transformación de los movimientos* (1). En el fondo, todas estas expresiones son equivalentes. Con efecto, se llama fuerza á la causa de movimiento; pero una causa de movimiento, una fuerza, nunca puede determinarse, como observa Laplace (2), más que por sus efectos, que son movimientos, y por la ley de su acción, que no es sino la ley del movimiento. No puede, por

(1) *Archives des sciences physiques et naturelles*, Diciembre de 1871.

(2) *Exposition du système du monde*, lib. III, capítulo I.

(1) Véase como ejemplo la opinión que enuncia el Sr. Marignac en la *Logique de l'hypothèse*, pág. 160.

consiguiente, entrar una fuerza en el cálculo y servir para una explicación científica, sino estando determinada por el movimiento que puede producir. Se mide por la masa movida á igualdad de aceleración, y por la aceleración á igualdad de masa. Las consideraciones que se refieren á la causa del movimiento considerada en sí misma con independencia de sus efectos, salen del campo de la física estudiada como ciencia particular. La observación sólo nos revela movimientos actuales ó un estado de los cuerpos, del que resultará tal movimiento en tales circunstancias dadas. Luego la determinación experimental de una fuerza es siempre un movimiento actual ó virtual: de aquí que las voces correlación de las fuerzas y transformación del movimiento sean dos expresiones diversas de un mismo pensamiento. Nótese que al hablar de la transformación del movimiento designamos solamente un estado de la materia que pasa de un cuerpo al otro. Un movimiento produce otros movimientos: éste es el sentido del principio. El movimiento mecánico, el molecular y el etéreo se producen mutuamente; y el movimiento etéreo produce en nosotros la sensación de la luz, por ejemplo. No puede decirse que el movimiento se transforma en luz ó en calor, si se incluye el elemento de sensación en los términos luz y calor. Se verifica aquí la correspondencia armónica de un hecho material y un hecho psíquico, y no una simple transformación mecánica.

Véase ahora cómo se explica en la teoría moderna el calentamiento de una masa de hierro golpeada sobre un yunque: el martillo ejecuta un movimiento mecánico; una parte de este movimiento se emplea en modificar la forma exterior del hierro y en quebrantar el yunque; pero otra parte está representada por un movimiento de las moléculas del martillo y del hierro golpeado; y los movimientos moleculares producen un movimiento etéreo, que es la parte objetiva de lo que llamamos calor, esto es, la causa de la sensación. Si se quiere decir que el movimiento se transforma en calor, no se olvide que es una expresión abreviada que designa la transformación de un movimiento en otro al cual corresponde la sensación. Se enseña en los tratados de física que para apreciar el estado de la temperatura no hay que fiarse de las impresiones, sino observar la dilatación ó la condensación de un cuerpo. Explicado el sentido de las palabras, se podrá emplear sin inconveniente la fórmula de que el movimiento se transforma en calor. Inversamente, un desprendimiento de calor, cualquiera que sea su origen, puede transformarse en movimiento mecánico, hecho

que se produce todos los días en las máquinas de nuestros ferrocarriles y buques de vapor.

(Continuará.)

Traducción de
RAFAEL ÁLVAREZ SEREIX.

LA LÓGICA SIMBÓLICA.

I.

En el año 1847 emprendía George Boole, Profesor en el Queen's College de Dublin, la resurrección y reforma de una serie de tentativas que, iniciadas por Leibnitz y proseguidas por Lambert, Bernouilli, Ploucquet, Semler y otros, tenían por objeto el aplicar á la Lógica el algoritmo matemático. Todos los esfuerzos habían resultado ineficaces hasta entonces, y se hacía preciso seguir un nuevo camino. El cálculo de las probabilidades que Bernouille, Euler, De Moivre, Laplace y Condorcet habían creado, fué, sin duda alguna, como Santiago Peirce piensa, el rayo de luz que guió á Boole, quien consiguió en su admirable obra *The laws of Thought* lo que ninguno de sus predecesores había alcanzado, es á saber: expresar nuestros juicios en forma de ecuaciones, y sacar de un sistema dado de juicios todas las conclusiones posibles, mediante la eliminación algorítmica de los términos convenientes. La íntima conexión entre la lógica de los términos absolutos y las probabilidades, hizo que Boole tratase de ambas en la mayoría de las obras que publicó y que llevan por título *The mathematical Analysis of Logic, The claims of Science, on propositions numerically definite, etc.*

Mas el algoritmo booliano sólo servía para resolver las cuestiones referentes á clases ó proposiciones, lo que hacía necesario que otros sabios se ocupasen de un asunto importantísimo abandonado por Boole: la *Lógica de los relativos*. Ésta fué la obra de uno de los mayores lógicos que hayan existido nunca, Augusto de Morgán, Profesor de Cálculo infinitesimal en la Universidad de Londres, conocido por sus sutilísimas críticas de demostraciones viciosas.

Por algún tiempo no fijaron los sabios su atención en los trabajos citados. En el año 1870 publicó Carlos Santiago Peirce, hijo del gran Benjamín Peirce, Profesor de Matemáticas sublimes en la Universidad de Harvard, en las Memorias de la Academia Nacional de Ciencias de Washington, una obra que es un monumento erigido á la *Lógica de los relativos*. Este tratado original es clásico en la ciencia. Tam-

bién encontró, independientemente del Profesor Stanley Jevons, de Londres, algunos de los resultados que éste había obtenido en 1864 (*Pure Logic or the Logic of quality*) como felices modificaciones en el método de Boole, que han sido universalmente adoptadas después por todos los sabios.

Entre tanto se ocupaba (1872) aisladamente de estudios lógico-simbólicos Roberto Grassmann, hermano del eminente matemático, filólogo, físico y filósofo alemán Hermann Grassmann. Sus trabajos, que tienen gran mérito, tuvieron al principio la misma desgraciada suerte que los de su hermano: quedaron olvidados por algún tiempo, y sólo después se les ha hecho justicia.

En 1877 se publicó en Alemania el *Operation Kressi des Logik Kalkuls*, y desde entonces la Lógica simbólica se ha difundido rápidamente, gracias á la sencillez, elegancia y originalidad con que se encuentra expuesta. Séame permitido saludar desde aquí con gratitud y admiración á su ilustre autor el Profesor Ernesto Schroeder, que en sus obras ulteriores, de que después me ocuparé, ha prodigado su ciencia y se ha colocado en primera fila entre los sabios europeos.

Venn, John Murphy Macfarlane y Leslie se ocuparon en Inglaterra, el primero de vulgarizar la obra de Boole, y los demás de la *Lógica de los relativos*, en la que hallaron hermosos resultados. Mac Coll aplicó con éxito á cuestiones de Cálculo integral las nuevas teorías.

Al llegar el año 1880, una nueva era se abrió con la publicación en el *American Journal of Mathematics* de la Memoria de Peirce *On the Algebra of Logic*. Desde este momento pudo decirse, según Schroeder, que la Lógica no es más que una de las numerosas disciplinas matemáticas. Los métodos adoptados en ella son los seguidos hoy. Esta dirección ha sido la seguida después por los discípulos de Peirce, el difunto Howard Mitchell, tan desgraciadamente muerto en la flor de su vida; Cristina Ladd, Gilman y Allan Marquand.

Peirce ha reunido toda la obra de sus discípulos en un áureo volumen, titulado *Studies in Logic*, publicado en Boston el año 1883.

En el *American Journal of Mathematics* han aparecido los últimos trabajos de Peirce, *On the Logic of Number* y *On the Algebra of Logic à contribution to the Philosophy of notation*.

Por último, todo cuanto hasta el día se ha publicado de estas materias promete verse reunido, adicionado de las brillantes investigaciones del autor, en las *Vorlesungen über die Algebra der Logik* de Schroeder,

comenzadas á publicar en 1890, y en las que, no estando aún terminadas, incluirá los trabajos muy notables de Kempe (Alfred Bray), Giuseppe Peano y Albino Nagy.

Imposible es, sin embargo, dar cuenta de los muchos trabajos hasta hoy efectuados, principalmente en problemas diseminados entre varias publicaciones periódicas. Grove, Elizabeth Blackword y otros han resuelto algunos muy curiosos. George Bruce Halstead ha publicado hace años un artículo vulgarizador en un periódico americano, que hoy ya resulta muy antiguo, dada la pasmosa actividad desplegada de algún tiempo á esta parte.

Los trabajos del Sr. Peano ofrecen la gran ventaja de aplicar todas estas teorías á las demás ramas de las Matemáticas: así es que ha llegado á escribir libros de Aritmética y de Geometría sin usar de palabras ningunas, valiéndose sólo del Cálculo booleano y de los relativos. Nada más extraño que hojear una de sus publicaciones, en las cuales el distinguido Profesor de Cálculo diferencial é integral de la Universidad de Turín ha aplicado tan felizmente lo que antes sólo eran teorías abstractas. Sirva este ejemplo á aquéllos que desdeñan las ciencias que les parecen no tener aplicación á la vida práctica. Cuando Arquímedes estudiaba las secciones cónicas, no sospechaba que sus propiedades se aplicasen á los miles usos que hoy alcanzan, entre los cuales alguno ha salvado la vida de muchos millares de hombres; cuando Boole discurría sus métodos, no soñaba quizá en sus ingeniosas aplicaciones, y he aquí ahora la más pasmosa de todas: Hanley Jevons, Venn y Allan Marquand han encontrado el modo de raciocinar con una máquina: un teclado tocado convenientemente ó un manubrio manejado con destreza, sacan de un sistema de premisas todas las conclusiones posibles y descubren la verdad ó falsedad de una proposición. Los aparatos que hoy se conocen, limitados á casos no muy complicados, podrían fácilmente generalizarse.

Digamos, para terminar, que Rusia no ha permanecido ajena á este movimiento, pues el Sr. Poretzky ha publicado en las Memorias de la Sociedad físico-matemática de Kazan extensas Memorias sobre Lógica matemática y Probabilidades, y que en Bélgica introdujo estas especulaciones el Sr. Delboeuf en su Lógica algorítmica, concebida bajo un plan muy diferente.

(Continuará.)

PROF. DR. VENTURA REYES PROSPER,

ACERCA DEL TRANSPORTE DE LA FUERZA

POR LA ELECTRICIDAD (1)

por M. Gisbert Kapp.

En primer lugar, es evidente que cuando la electricidad es agente transmisor, el transporte puede tener lugar, bien en forma de energía acumulada, bien en forma de energía transmitida directamente. Para comprender bien esto, bastará reproducir el ejemplo de la mina y la fábrica que ya dimos. En lugar de llevar el carbón desde la mina al taller donde se le convierte en energía, se le puede quemar en la misma mina y producir el vapor necesario para poner una máquina en movimiento. La corriente de la dinamo serviría para cargar una batería de acumuladores, y esta batería podría ser transportada á la fábrica para que su corriente, accionando un motor eléctrico, permitiera á éste hacer los oficios propios de la máquina local. Esto nos da el ejemplo de la transmisión de la energía bajo forma de acumulación; pero si, en vez del transporte de los acumuladores, dejamos éstos á un lado y transmitimos á la fábrica, por medio de un circuito eléctrico, la corriente de la dinamo, tendremos el ejemplo de una transmisión de la energía bajo forma de fuerza viva. Éste es el procedimiento que designamos bajo la expresión de *transmisión eléctrica de la energía*, y éste es el procedimiento en que habremos de fijarnos en la presente conferencia. Mas antes de abordar el tema, me propongo decir algo acerca de la transmisión de la fuerza en forma de energía acumulada.

Nadie ignora que un saco de carbón contiene acumulada mayor cantidad de energía que una batería de acumuladores de igual peso, ni que el transporte del carbón por ferrocarril ó carretera cuesta menos y no exige los cuidados que el transporte de una batería: es, pues, de toda evidencia que cuando el manantial primario de energía de que se dispone es el carbón, y cuando nada se opone al establecimiento de una máquina de vapor en el punto en que la fuerza ha de utilizarse, nada será más barato que el transportar la energía en forma de carbón, aun sin tener en cuenta que el capital que se requerirá será menor; menor también la depreciación, y porque habremos eliminado la pérdida de energía procedente de la transformación que implica la batería.

Supongamos, empero, que ya no se trata del carbón, sino de un salto de agua: en este caso ya es

menos evidente lo poco económico de la transmisión eléctrica de la energía acumulada. Con el salto de agua no podemos producir carbón; pero, en cambio, nos es fácil cargar una batería secundaria, y á este almacenamiento de energía debemos el poder utilizar una fuerza natural que, sin el concurso del acumulador, se perdería. Ciertamente que á esto se podrá objetar que la electricidad no es el agente único que consiente la acumulación, porque, en efecto, hay otros medios, uno de los cuales es el aire comprimido. Podríase, pues, utilizar la fuerza procedente del salto en comprimir el aire y almacenarlo bajo presión en depósitos de acero, á fin de poderle emplear ulteriormente en mover máquinas de aire que tienen grande analogía con las de vapor.

Con la diferencia de conducir el aire hasta las máquinas en vez de almacenarlo en depósitos, como en nuestro caso, esta aplicación se hace en París en el sistema de distribución Popp. No hay, pues, duda acerca de la posibilidad de efectuar el transporte de la energía por medio del aire comprimido: lo único que hay que averiguar es si, en virtud de sus condiciones económicas, esta forma de transporte puede competir con el uso de acumuladores.

En la solución de este problema intervienen dos factores: el rendimiento y el coste del transporte.

Entiendo por rendimiento la relación existente entre la energía almacenada y la que reproducen los aparatos que le sirven de vehículo. Con los acumuladores obtiéndose hoy día un rendimiento de 80 por 100; el del aire comprimido es mucho menor.

Según M. Kennedy, que ha efectuado estudios acerca del sistema Popp, el rendimiento hallado en el caso de emplear el aire frío es de 39 por 100, es decir, que de cada 100 caballos indicados por la máquina de vapor que acciona la de compresión de aire, sólo se aprovechan con el aire comprimido 39. Si antes de su admisión en la máquina se calienta el aire á 160° C., ese rendimiento se eleva á 54 por 100; mas como en tal caso la energía calorífica que se comunica al aire cuesta una cantidad determinada de combustible, de ahí que, en realidad, el empleo del aire caliente suponga dos clases de transmisión: la de la energía en forma de aire á presión que circula en las cañerías, y la de la energía en forma de acumulación que reside en el combustible.

Para que la equidad presida á una comparación entre una transmisión por la electricidad acumulada y el sistema de aire comprimido de Popp, es preciso considerar el caso del aire no calentado, y además hacer una corrección por la pérdida de energía que se experimenta en las tuberías.

(1) Véase NATURALEZA, CIENCIA É INDUSTRIA, número 4.

En el sistema Popp la energía se transmite en forma de fuerza viva por medio del aire que se lanza á las tuberías, y, por consiguiente, existe cierta pérdida ocasionada por el frotamiento en tubos y válvulas. La primera de estas pérdidas claro está que desaparecería si en vez de hacer circular el aire por los tubos se le transportara acumulado en cajas; pero en este caso la que se ocasiona por rozamiento en las válvulas sería mayor, toda vez que habría necesidad de interponer entre las cajas y el motor de aire una válvula de reducción que tuviera por objeto regularizar la entrada del aire en el segundo cuando la presión disminuyera.

Probablemente la pérdida de energía que de ahí se originara sería mucho mayor que la que se trataba de evitar, es decir, la que tiene el sistema Popp, en que la presión es constante; y como acerca del particular carezco de datos precisos, apelo á los que suministra M. Kennedy, quien atribuye un 2 por 100 á la pérdida por este concepto en el sistema Popp, lo que eleva su rendimiento indicado á 40 por 100.

Siendo, como se ha averiguado, de 67 por 100 el del motor de aire frío, el rendimiento total del sistema queda reducido á 26,7 por 100; por manera que, adoptando el aire frío, de cada 100 caballos de vapor indicados en la máquina de comprimir, sólo se recogerán $26\frac{3}{4}$.

Veamos ahora lo que sucede con la electricidad acumulada. El rendimiento de la dinamo, ó lo que es lo mismo, la relación que existe entre la energía indicada y la que se obtiene en forma de corriente, se puede calcular en 83 por 100; la de los acumuladores en 80 por 100, y la del motor en 85 por 100 por lo menos, es decir, que la energía final es de 59 por 100, algo más del doble que la del sistema competidor.

He supuesto que la dinamo se accionaba por una máquina de vapor, tan sólo con el objeto de obtener cifras comparables con las del aire comprimido; pues, por lo demás, la comparación entre los rendimientos de la energía acumulada por ambos sistemas es independiente del origen de la energía, y prácticamente resultaría ser la misma en el caso de proceder esta energía de un salto de agua.

Obsérvese, pues, que tocante al rendimiento, la acumulación de la energía, sirviéndose del aire, no es tan ventajosa como empleando la electricidad.

Veamos ahora si sucede lo mismo en el otro caso que hemos mencionado, es decir, cuando se trata del coste del transporte directo. Tratándose del de los acumuladores, los datos que se tienen son exactos; no sucede lo mismo con relación al transporte del aire á

presión. Por lo que á mí toca, ningún experimento he hecho para determinar con alguna exactitud el peso de las cajas de aire comprimido, por lo cual deberá parecer prudente que me sirva de los cálculos que M. Reynolds diónos acerca del particular desde esta misma tribuna.

Según dicho señor, el peso de cada caja de acero capaz de almacenar un caballo-vapor, es de 150 kilogramos. Cuanto al peso de una batería con su carga de líquido, conexiones, etc., no excede de 50 kilos para la propia energía, es decir, un tercio solamente del peso de un depósito de aire.

De ahí se deduce que si desde el punto de vista del rendimiento la acumulación de la energía por medio del aire es dos veces más cara que empleando electricidad, en lo tocante al transporte la relación es de 1 á 3. Con tales circunstancias no hay, pues, posibilidad para el aire comprimido de rivalizar con la electricidad, pudiéndose asegurar que para transportar á alguna distancia la energía obtenida de un salto de agua en forma de energía acumulada, á la segunda, no al primero, habrá que apelar dentro de los sabios preceptos de la economía.

En cuanto á la cuestión de saber si sería económico el transportar así la fuerza, no debe contestarse *a priori*.

El transporte directo de las baterías, comparado con la transmisión de la fuerza viva por medio de alambres conductores, parece desde luego una solución defectuosa; mas como quiera que es nuestro objeto la investigación de las soluciones posibles de un problema importante, no conviene que preconcebamos opinión alguna, ni que nos dejemos seducir por el aspecto elegante que alguna de las que entreveamos tenga.

Hemos de examinar cada condición con los méritos que le sean propios, y así trataremos la transmisión eléctrica de la energía acumulada.

Hoy día el sistema de transportar fuerza mediante acumuladores empléase, no sólo para la transmisión pura y sencilla á larga distancia, como antes dijimos, si que también para llevar fuerza á algunos kilómetros.

Aludimos á los tranvías eléctricos servidos por acumuladores cargados en una estación central: tales coches recorren distancias kilométricas sin que haya necesidad de recargar sus baterías. Aquí la transmisión no tiene por objeto efectuar el transporte en bloque de una cantidad de energía determinada, sino el de servir á la propulsión del vehículo. Podemos, no obstante, suponer que el coche, en vez