

viajes y no recorren sino 17.500 metros, de ellos 8.740 con carga. El trabajo de los cargadores de hulla, es, pues, muy fuerte, y necesita hombres robustos. Se puede, por lo mismo, mirar este trabajo como un máximo. Este ejemplo es interesante bajo otro punto de vista: hace ver la necesidad de descansos frecuentes; el hombre no soporta muy largos esfuerzos en los mismos músculos, y es necesario en cuanto sea posible alternar el ejercicio de las diferentes partes del cuerpo. Así, variando la longitud del relevo de 36 á 70 metros, el recorrido diario baja de 21.600 á 17.500 metros, bien que los esfuerzos y tiempos perdidos, necesarios para la carga y descarga, se hallan reducidos en la relacion de 300 á 125. Los acarreadores de Coulomb, cargados con 58 kilogramos solamente, con un relevo de 2.000 metros, no hacian, y con sumo trabajo, sino 2.400 metros más que los acarreadores de hulla cargados con 85 kilogramos; pero recorrían solamente 36 metros en cada relevo, lo que prueba que los relevos de 2.000 metros son demasiado largos para un hombre cargado.

Las cifras precedentes se aplican á hombres robustos en toda la fuerza de la edad, y muy ejercitados; pero no es necesario tomar estos datos para términos medios aplicables á un gran número de obreros rurales, reunidos á la casualidad.

Las tropas en marcha pueden dar, en el punto especial que nos ocupa, una enseñanza útil, porque es resultado de experimentos frecuentemente repetidos sobre grandes masas de hombres. El soldado frances, cargado con 15 á 20 kilogramos, hace en llano por 1', según el general Augoyat, 100 pasos de 0<sup>m</sup>,65 cada uno, ó 1<sup>m</sup>,083 por 1". Si pudiera sostener la velocidad durante diez horas, recorrería 39.000 metros. Pero la experiencia ha demostrado que la jornada de marcha no debe exceder de 27 á 32 kilómetros, y que aún en esta tarea, es necesario dar á los hombres un día de descanso cada cinco ó seis días.

Se citan numerosos ejemplos de marchas forzadas, en que los hombres han recorrido espacios más considerables; pero estos resultados no se obtienen sino á costa de una excesiva fatiga, en condiciones particulares, que no se pueden comparar á las del trabajo ordinario, que es lo que sólo debe ocuparnos aquí.

Se acaban de dar muchos ejemplos de transporte de fardos por hombres aislados: conviene añadir unas palabras sobre transporte en parihuelas ó angarillas, que exige dos acarreadores por lo ménos. Se transporta frecuentemente el estiércol en angarillas á pequeñas distancias. En ciertos países se lleva la berza en angarillas largas, cubiertas de tela. En ciertas localidades la angarilla está exclusivamente empleada en transportar la yerba marina, y aún para la piedra y tierra empleadas en la construcción de diques. Los hombres y aún las mujeres se sirven de ellas con mucha destreza. La angarilla es, pues, un instrumento bastante generalizado, muy conveniente para ciertos usos, y que merece especial mención. En trabajo corriente, la angarilla se carga con más de 40 kilogramos, lo que no da sino 20 kilogramos para cada hombre. En estas condiciones, los relevos pueden tener de 30 á 50 metros, y los hombres pueden hacer 20 á 25 kilómetros por día, y de ellos la mitad descargados. Si no hay que hacer más que uno ó dos viajes, se puede elevar la carga á 100 kilogramos. Pero entonces la fatiga llega á ser bien pronto excesiva.

En transporte de enfermos en camillas, verdadera angarilla de una gran longitud, la carga es de 75 á 90 kilogramos. Pero es necesario que los portadores descansen muchas veces, y que se releven si la carrera es un poco larga. Esta carga es, pues, un máximo, y las cifras dadas anteriormente representan el término medio.

**TRABAJO MECÁNICO DE LA MARCHA.** La marcha en llano, con ó sin carga, exige una serie de esfuerzos musculares, que necesitan la transformación de una cierta cantidad de calor en

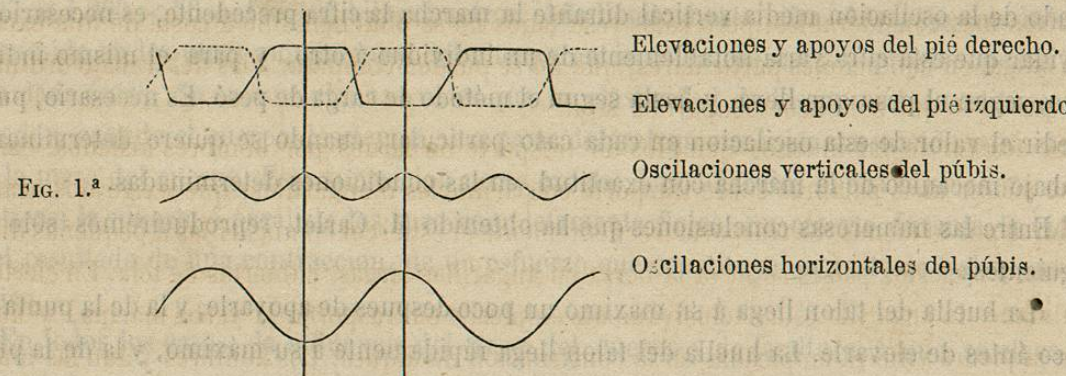
trabajo mecánico. Este gasto de fuerza determina fatiga, necesidad de descanso, y el consumo de una cantidad correspondiente de alimentos.

La exposicion de los trabajos antiguos relativos al mecanismo de la marcha, nos llevaría demasiado léjos; pero debemos indicar rápidamente los medios de investigacion aplicados recientemente al estudio de la marcha, y ver de evaluar en seguida la cantidad de trabajo mecánico gastado por un hombre que se pone en marcha.

Los anatómicos y matemáticos se preocupan hace mucho tiempo con el exámen del movimiento de marcha; pero un problema tan complicado no podia abordarse sin observaciones y medidas precisas que se han hecho hace pocos años.

La notable memoria de los hermanos Weber sobre la locomocion, contiene un conjunto de datos numéricos de gran interés; pero los medios de observacion de que podian disponer estos fisiólogos, dejaban mucho que desear bajo ciertos puntos de vista. El empleo de aparatos registradores, que trazan automáticamente todas las fases de los movimientos, puede sólo dar los elementos de un estudio completo del juego de los diferentes músculos en accion.

Durante la marcha, todas las partes del cuerpo, por decirlo así, sufren movimientos relativos, y oscilan al rededor de la línea del movimiento general del individuo. Parece muy difícil conservar el trazado de movimientos tan complicados, produciéndose periódicamente en intervalo de tiempos tan cortos. M. Carlet, ayudándose de aparatos registradores de M. Marey, ha llegado á resolver este problema para los movimientos más importantes de la marcha del hombre. Sin entrar en la descripción de estos aparatos, hartamente complicados, veamos el resultado de su empleo.



TRAZADO DE LAS HUELLAS DE LOS PIÉS Y MOVIMIENTOS DEL PÚBIS DURANTE LA MARCHA DEL HOMBRE.

La figura 1.ª da una idea del trazado obtenido por el método que acaba de indicarse, y permite dar cuenta de la sucesion de algunos de los movimientos más principales ejecutados durante la marcha. Si se examina, por ejemplo, la línea llena del alto de la figura, que se refiere á los descansos y elevaciones sucesivas del pié izquierdo, se verá que las partes horizontales inferiores de esta línea, corresponden á la duracion de la elevacion. Las partes horizontales superiores de la misma línea, indican, al contrario, la duracion de la plena presion del pié sobre el suelo. Las partes de la línea ascendente de izquierda á derecha, son trazadas desde el momento en que el pié comienza á tocar en el suelo, hasta el momento del apoyo completo. En fin, las partes de línea que descienden de izquierda á derecha responden al tiempo transcurrido, desde el momento en que el pié principia á elevarse, hasta



el que deja completamente el suelo. La línea de puntos del alto de la figura, está trazada por los movimientos del pié derecho, como la llena por las del pié izquierdo, y sus diferentes sinuosidades deben ser interpretadas de una manera análoga. La significación de las curvas de huella, estando comprendida, se ve inmediatamente que cada pié toca el suelo ántes que el otro principie á separarse: así el cuerpo, durante la marcha, no deja jamás la tierra, como lo indica además la definición ordinaria de esta andadura. Se advierte, además, que el tiempo empleado por el pié para llegar al apoyo completo, es más largo que el que pasa desde que se separa del apoyo para llegar al alto, porque la inclinación de las curvas es más fuerte durante el segundo movimiento que durante el primero.

La curva de las oscilaciones verticales del púbis, ó sea centro de las caderas, adquiere un máximo en la mitad de la huella de cada pié, y presenta un mínimo en el momento en que los dos piés se hallan á la vez sobre el suelo. La curva trazada en la parte inferior de la figura, muestra, en fin, que la oscilación del púbis en el sentido horizontal, dura el doble de la oscilación en el sentido vertical. Las dos últimas curvas de que se acaba de hablar, permiten construir en el espacio la trayectoria del púbis, que es una curva de doble curvatura, de forma bastante complicada. Según M. Carlet, la amplitud real de las oscilaciones horizontales del púbis, sería doble de la amplitud de las oscilaciones verticales. Estas varían, según el paso é individuos, entre 0<sup>m</sup>,018 y 0<sup>m</sup>,036.

En la marcha normal, M. Carlet admite que el valor medio de la oscilación vertical del tronco es de 0<sup>m</sup>,037, cifra muy próxima á la dada por las observaciones de M. Weber, y que no se separa tampoco mucho del valor deducido de la observación de un gran número de hombres que marchaban por las carreteras, y hechas con el anteojo del instrumento empleado en operaciones de nivelación. Pero si se puede tomar como valor medio aproximado de la oscilación media vertical durante la marcha la cifra precedente, es necesario no olvidar que esta cifra varía notablemente de un individuo á otro, y para el mismo individuo, según el peso que lleva, y hasta según el método de carga de peso. Es necesario, pues, medir el valor de esta oscilación en cada caso particular, cuando se quiere determinar el trabajo mecánico de la marcha con exactitud, en las condiciones determinadas.

Entre las numerosas conclusiones que ha obtenido M. Carlet, reproduciremos sólo las siguientes:

«La huella del talón llega á su máximo un poco después de apoyarle, y la de la punta un poco ántes de elevarle. La huella del talón llega rápidamente á su máximo, y la de la punta no, sino muy lentamente.

«La presión de la huella dinámica es más fuerte que la de la huella estática, ó de otro modo, el esfuerzo del pié contra el suelo, es mayor durante la marcha que durante el reposo. En las huellas, la presión aumenta con la magnitud del paso.

«En la marcha natural, el pié comienza á apoyarse, cayendo sobre el talón; después continúa su movimiento aplicándose sobre toda la planta y se desarrolla apoyándose fuertemente sobre su parte anterior para elevarse finalmente por la punta.

«La duración del apoyo de una pierna es igual al tiempo de la oscilación de la otra, más dos veces el tiempo de contacto simultáneo de los piés con el suelo. La duración de un paso es igual á la suma de las duraciones de la oscilación y del doble apoyo.

«En general, la duración del paso disminuye á medida que su longitud aumenta.

«La inclinación del tronco para adelante aumenta con la magnitud del paso.»

«Los aparatos registradores permiten analizar otras particularidades de la marcha, que

parecen aún más difíciles de saber que los movimientos generales de que se acaba de hablar. M. Marey ha llegado, por ejemplo, á fijar exactamente las velocidades del cuerpo en cada instante de la marcha.

Observando un número bastante grande de trabajadores del campo, cuyo régimen alimenticio era el mismo que el de peones de albañil del mismo país, y que parecían en un estado de conservación en un todo igual, se ha visto que estos peones hacen de 30 á 50 kilómetros por día; pero no tienen sino rara vez un día de descanso, lo que hace su tarea más penosa. Son, en general, ancianos y elegidos entre los hombres de una fuerza inferior á la media de los obreros robustos.

Según estos ejemplos se puede, pues, mirar una marcha de 40 kilómetros por día, en llano, sobre caminos ordinarios como cuasi equivalente al trabajo de un obrero mediano, y una marcha de 50 kilómetros como cuasi equivalente al trabajo de un obrero robusto. Un bracero obrando sobre una rueda de clavijas puede producir hasta 250.000 kilogrametros, pero obra entonces muy lentamente y en condiciones excepcionalmente favorables. Si se admite que el trabajo en las circunstancias habituales en que se hallan los peones, sea de 180.000 á 200.000 kilogrametros, se ve que el trabajo mecánico desarrollado por un hombre de peso de 70 kilogramos, que recorre 50 kilómetros, está comprendido entre los 0,057 y 0,051 del producto de su peso por el espacio horizontal que recorre. Estas cifras dan una primera aproximación del trabajo mecánico que necesita la marcha. El trabajo mecánico consumido á cada paso para elevar el centro de gravedad, es igual al peso del sujeto multiplicado por la altura de esta elevación. Si se supone un hombre de 70 kilogramos haciendo 1.200 pasos por kilómetro, 50 kilómetros por día, y cuyo centro de gravedad se eleva á cada paso 0<sup>m</sup>,37, se ve que empleará de este modo solamente  $70 \times 0,037 \times 1.200 \times 50 = 155.400$  kilogrametros. Añadiendo á esta cifra el trabajo mecánico consumido en los otros movimientos del cuerpo en marcha, se hallará próximamente la cifra dada ántes. Se supone algunas veces que la elasticidad de los músculos restituye al andador, cuando el cuerpo descende, una parte del trabajo mecánico consumido para elevar la masa del cuerpo. Esta suposición no es exacta. Los músculos por sí mismos no son elásticos; la muerte ó parálisis los hace completamente flojos. Su resorte durante la vida es el resultado de una contracción, de un esfuerzo que constituye un gasto de trabajo mecánico.

En todos los casos, la influencia del peso del cuerpo y de la altura á que se eleva á cada paso, es siempre preponderante en el trabajo de la marcha, así que los buenos andadores son generalmente de estatura media, más bien delgados que gruesos, y elevan poco su centro de gravedad, avanzando sin que se les vea moverse, como se dice vulgarmente.

M. Haughton y la mayor parte de los autores ingleses, admiten que el trabajo mecánico de la marcha libre en llano, es igual á  $\frac{1}{200}$  ó 0,005 del producto del peso del peon por el espacio que recorre. Esta evaluación es próximamente la que acabamos de hacer por una consideración bien sencilla y completamente distinta.

Cuando la velocidad ó la carga llegan á ser considerables, el trabajo efectivo disminuye rápidamente; pero con velocidades y cargas ordinarias, se puede, sin gran error, evaluar por hora el trabajo mecánico del peaton en llano, con ó sin carga, tomando los cinco céntimos del producto de la suma de su peso y de su carga por el espacio que recorre.

TRABAJO MECÁNICO DIARIO. Una exposición más detallada de trabajos ejecutados ó de investigaciones que aún quedan por emprender sobre el mecanismo de la marcha, nos lle-



varia demasiado lejos. Nos limitaremos, pues, al enunciado de los hechos que preceden para pasar al estudio de la cantidad de trabajo producido por el hombre en cierto número de operaciones diarias. Un hombre subiendo sin carga una escalera ordinaria, se eleva á  $0^m,15$  próximamente por segundo, y podría, en rigor, continuar este trabajo durante ocho horas por día. Si se supone que este hombre pesa 65 kilogramos, produce por segundo un trabajo mecánico expresado por  $65^k \times 0^m,15 = 9^{kgm},75$ , y después de ocho horas ha consumido una cantidad de trabajo mecánico externo, expresado por  $9,75 \times 5.600 \times 8 = 280.000$  kilográmetros. Se obtendrá cuasi el mismo resultado, calculando el producto producido al subir una rampa moderada sobre un camino ordinario.

Se emplea en ciertos trabajos de terraplenes, monta-cargas formados por dos tableros unidos por una cuerda que pasa sobre una gran polea, cuyo eje horizontal está colocado en la parte superior de un andamiaje. Se pone el peso, una cesta cargada, por ejemplo, en el platillo que se halla en lo bajo de la carrera; en el interin monta un hombre por una escala ó escalera al platillo vacío detenido en lo alto de la carrera. Si el obrero es un poco más pesado que la carga que hay que elevar, es claro que él hará descender el platillo en que se halla, determinando la ascension del otro platillo. Repitiendo la misma operacion, se elevará un peso cuasi igual al del obrero, tantas veces como éste suba del nivel del platillo inferior al del superior. En los trabajos del fuerte de Vincennes, cada hombre subia por día 310 veces á la altura de 13 metros, y elevaba, por consiguiente, á esta altura próximamente 310 veces su peso. Un hombre que pesara 70 kilogramos producía, pues,  $310 \times 13 \times 70 = 282.000$  kilográmetros. La cantidad de trabajo útil producida con este género de monta-cargas es muy considerable. Se podría en ciertos casos utilizar una máquina análoga para la elevacion de heno, mies ó grano en las casas rurales.

Cuando el hombre está cargado, la cantidad de trabajo mecánico externo que él desarrolla disminuye rápidamente. Así, un cargador de leña en Paris sube por término medio al día 4.500 kilogramos de leña á 12 metros de altura, en 90 viajes de 50 kilogramos cada uno. Produce, por consiguiente,  $4.500^k \times 12^m = 54.000^{kgm}$ : además eleva su propio peso á la misma altura, lo que hace por término medio  $65 \times 12 \times 90 = 70.200^{kgm}$ , ó sea un total de 124.200 kilográmetros, es decir, menos de la mitad de la cifra generalmente admitida para el trabajo del hombre que se eleva sin carga. El trabajo útil es solamente en el caso actual de 54.000 kilográmetros, y representa solamente los 0,43 del trabajo total. Según Coulomb, si la carga se eleva á 70 kilogramos, el trabajo cotidiano útil se reduce aún á la mitad.

**TRABAJO DEL DESCENSO.** Cuando un hombre baja una rampa ó escalera, lejos de consumir trabajo, produce, mecánicamente hablando, una cantidad igual á su peso multiplicado por la altura de que ha bajado su centro de gravedad. Pero esta produccion de trabajo, en vez de servirle de ayuda, es para sus músculos una verdadera fatiga, como cada cual ha podido comprobar. Los miembros, para mantener la regularidad del descanso y de la marcha, están sujetos á esfuerzos que fatigan, que absorben calor y necesitan el consumo correspondiente de alimentos. Cuando se baja una escalera, por ejemplo, los esfuerzos musculares tienen por resultado impedir que el cuerpo y el peso de que va cargado adquieran una velocidad igual á la que la pesantez tenderia á imprimirles. Se fatiga, pues, en impedir la caída, y los músculos producen en cada marcha un trabajo igual al peso transportado multiplicado por la diferencia del espacio que el cuerpo tendria que recorrer y del que realmente recorre. A este trabajo se añade el de las modificaciones de las formas impuestas á

los miembros, modificaciones tanto más laboriosas, cuanto que los esfuerzos de retencion sean menos habituales que los esfuerzos de elevacion.

Se evalúa algunas veces el trabajo del descenso para motores animados á la mitad del trabajo consumido para conseguir una ascension á la misma altura. No conozco los experimentos sobre que esta evaluacion se funda, y he preferido despreciar completamente en los ejemplos anteriores el trabajo del descenso á evaluarle arbitrariamente.

El obrero rural tiene muchas veces que ejercer esfuerzos de traccion para empujar ó arrastrar fardos: conviene, pues, citar algunos ejemplos de esta especie de esfuerzos, y hacer conocer los resultados de los experimentos efectuados con una exactitud suficiente en este género de trabajo mecánico.

Las mejores observaciones relativas á la traccion se han hecho sobre barqueros, que tiran de sus barcas en ciertos canales por medio de la sirga. Dos hombres ordinarios, tirando de una barca de 27 metros de longitud sobre 5 de ancho, y  $1^m,40$  de tirante de agua, ejercen un esfuerzo medio, que medido con el dinamómetro, ha dado  $52^k,31$ , ó sea  $26^k,155$  por hombre.

Su velocidad es de 975 metros por hora, media de la de subida y bajada; pero tiene pérdidas de tiempos variables, de suerte que no recorren sino 7.150 á 8.800 metros por día, aunque la jornada sea de 11 horas.

Cuatro tiradores, en las mismas condiciones, no ejercen sino un esfuerzo de  $19^k,7$ , y adquieren una velocidad de 1.192 metros por hora.

El trabajo diario útil en estas condiciones se eleva por hombre á 208.586 kilográmetros en el caso de los dos barqueros, y á 191.671 kilográmetros en el caso de los cuatro. Añadiendo á este trabajo útil el consumido por la marcha del hombre, y que se eleva próximamente á 27.900 kilográmetros en el primer caso, y á 34.000 en el segundo, se reconoce que los barqueros citados producen por día un trabajo mecánico de 228.671 á 236.486 kilográmetros, no comprendiendo el trabajo de algunas maniobras accesorias, como el paso de las esclusas, etc.

Los pequeños carros de mano son empleados en muchos países para el transporte de frutos y para el movimiento de tierras.

En estos últimos trabajos se emplean generalmente camiones del peso de 150 kilogramos próximamente, cargados de 320 kilogramos de tierra, y tirados por tres hombres. Los transportes están divididos en relevos de 100 metros. Los hombres hacen próximamente 30.000 metros por día, cuya mitad con el camion vacío. En las condiciones ordinarias de las vías de las obras, el esfuerzo de traccion ejercido por cada hombre puede evaluarse en  $4^k,13$ . El trabajo mecánico así desarrollado es de  $4,13 \times 30.000 = 123.900$  kilográmetros. Añadiéndole el trabajo de marcha, calculado como precedentemente, y que se eleva en el caso actual á 105.000 kilográmetros, se halla para el trabajo diario total de cada acarreador 228.900 kilográmetros. Se ve muchas veces un solo hombre tirar, sobre vías empedradas de las grandes ciudades, carros de brazo que pesan lo menos 500 kilogramos, incluyendo la carga. El esfuerzo de traccion es entonces de  $12^k,5$  próximamente. La fatiga en estas condiciones llega á ser bien pronto excesiva, y el espacio recorrido diariamente no puede pasar de algunos kilómetros.

En general, el esfuerzo de traccion ejercido por un hombre con un carro de mano no debe pasar de 4 á  $5^k$ , si el espacio que ha de recorrer es un poco considerable. Puede elevarse á 10 y 12 kilómetros en casos difíciles y excepcionales. En estas condiciones, que son