

CAPITULO VI

Del estudio de las máquinas en estado de movimiento no uniforme.

I. De los volantes.

197. VOLANTES. — Hay numerosas máquinas que no pueden producir el movimiento uniforme, y de aquí la necesidad de regularizar, en cuanto sea posible, la marcha de las mismas con el fin de que la velocidad de cada una de sus piezas no aumente ni disminuya mas allá de los límites á que debe circunscribirse.

Cuando la potencia es mucho mas superior que las resistencias que tiene que vencer, el movimiento de la máquina se acelera considerablemente; esto no necesita demostracion; empero, debemos conocer que esta aceleracion es proporcional á la magnitud y disposicion de las piezas de las máquinas sujetas á la accion de la fuerza que la produce. Ahora bien; la cantidad de

movimiento producido por esta fuerza debe distribuirse, como fácilmente se concibe, entre todas las piezas que funcionan á la vez, y por lo tanto cada una recibirá la bastante para llenar su objeto. Sucede que esta distribucion no puede verificarse con la medida exacta que fuera de desear, y para remediar este inconveniente se han fijado á la máquina cuerpos duros y pesados con el solo fin de aumentar la resistencia y hacerlas menos sensibles á la accion de las fuerzas aceleradoras, y por consiguiente con el de modificar, segun convenga, la velocidad del movimiento.

Hay quien supone que estos cuerpos duros y pesados añadidos á la máquina, no exigen en ella el aumento de la fuerza que alimenta su movimiento, y que si las resistencias son las mismas, la misma debe ser tambien la potencia que ha de vencerlas, lleven ó no fijos dichos cuerpos, visto que estos solo tienen la mision de estrechar los límites en cuyo círculo puede variar la velocidad de la máquina. Mas nosotros, siguiendo la opinion de eminentes físicos, no podemos menos de afirmar que adaptando un cuerpo pesado á un árbol cuando gira, este cuerpo aumenta la presion del árbol sobre sus puntos de apoyo, y en su virtud el rozamiento debe ser mayor que antes de la adición del cuerpo, y la potencia suministrada á la máquina debe ser aumentada para vencer el exceso del rozamiento. Con todo, tampoco podemos negar que la adición de dichos cuerpos necesita muy poco

aumento de fuerza motora, y en algunos casos es tan débil que puede pasar como desapercibida sin exponerse á inconveniente alguno.

Generalmente estos cuerpos ó masas adicionales tienen la forma de una rueda, ó de dos ó tres rayos terminados en forma circular como lo demuestran las figuras 65, 66 y 67, y se llaman volantes, cualesquiera que sean sus formas.

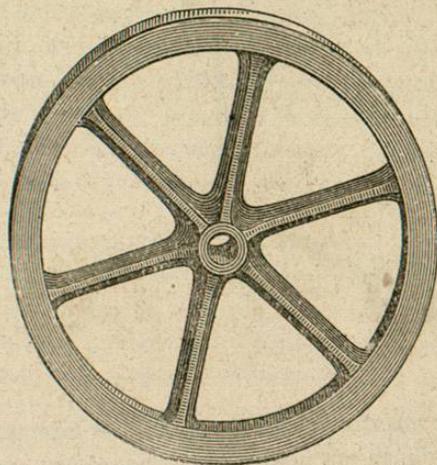


Fig. 63.

La precedente rueda adaptada al árbol de la máquina cuya velocidad se desea disminuir, participa del movimiento de rotacion del expresado árbol, y la aceleracion de su circunferencia será tanto mayor

cuanto mas grande sea el volante ó la rueda adaptada.

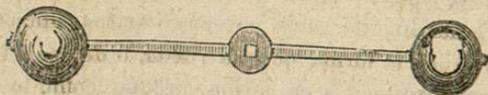


Fig. 66.

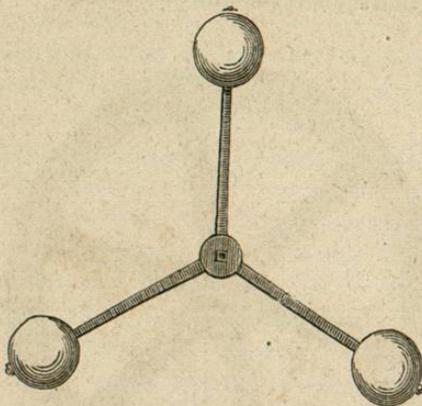


Fig. 67.

Los volantes representados por las figuras 66 y 67 terminan por un disco, para que con su auxilio puedan cortar y disminuir la resistencia del aire, cuya magnitud está siempre en proporción de la velocidad de su movimiento, y en su virtud podría ser considerable en ciertos casos.

Colócanse, como el volante, en forma de rueda, y hacen las mismas funciones que esta.

198. MANERA DE AUMENTAR LA POTENCIA DE UN VOLANTE. — Se acrecienta la potencia de un volante, ya sea aumentando su peso sin variar en forma, ya dándole mayores dimensiones sin añadirles mas materia en su fabricación. Este último medio se emplea con preferencia á fin de no hacer el volante demasiado pesado, y de no sobrecargar mucho el árbol que lo suporta. Por esa razón vemos muchas máquinas de escasa fuerza, armadas de volantes de extensas dimensiones. Sin embargo, no deben exceder de ciertos límites, porque engrandeciéndolos sin aumentar el peso no quedarían bastante sólidos, y por consecuencia correría riesgo de romperse á impulsos de la fuerza centrífuga que se desenvuelve durante su movimiento de rotación.

199. RESULTADO QUE DAN LOS VOLANTES. — Siempre que la potencia es mayor que la resistencia, el exceso de la primera se transforma en movimiento, produciéndose generalmente aceleración en la máquina. Si la aceleración es demasiada en términos que sea dañosa á las funciones regulares de la máquina, entonces es indispensable moderarla, y al efecto habrá que usar de los volantes como el único medio eficaz conocido hasta el día para contener las aceleraciones del movimiento de las máquinas. Mas, si el volante disminuye el aumento de la velocidad, no disminuye sin embargo el efecto que produjera dicho

aumento. El exceso del movimiento ocasionado por la preponderancia del trabajo motor sobre el resistente, se distribuye en muchas mas partes que si la máquina no tuviera volantes, y así, aun cuando la velocidad no cambia realmente, con todo, el exceso del movimiento que se reúne en todo el volante, sin que por esta circunstancia se modifique sensiblemente la velocidad, da lugar siempre á la produccion igual de un trabajo resistente.

Efectivamente, cuando el trabajo motor excede al resistente, el exceso del primero se deposita en el volante bajo la forma de movimiento. Esta reserva de trabajo produce una suma igual de trabajo resistente en ciertas ocasiones, como la que se presenta en el momento de principiar el movimiento de la máquina, y durante sus primeros pasos, en cuyos casos se necesita mayor fuerza motora que si los volantes no existieran. Empero, como dejamos ya apuntado, este exceso de trabajo no se pierde, visto que se utiliza en los últimos instantes del camino cuando al parecer se ofrece á la máquina una cantidad igual de trabajo resistente.

Hé ahí porque, considerados bajo este punto de vista, los *volantes* pueden llamarse almacenes ó depósitos de trabajo, para emplearlo cuando el momento lo requiera.

II. De los frenos.

200. OTROS MEDIOS PARA AUMENTAR LAS RESISTENCIAS PASIVAS.— Aunque generalmente se trata de producir la mayor suma de trabajo útil con una cantidad dada de trabajo motor, y de atenuar así la influencia de las resistencias pasivas, se presentan, sin embargo, casos excepcionales en que hay necesidad de modificar y moderar la marcha de la máquina, y de aumentar por consiguiente la potencia resistente en proporcion de la disminucion de movimiento que se considera conveniente al objeto que los maquinistas ó conductores se proponen.

Con este fin se ha imaginado un mecanismo sumamente sencillo que aumenta considerablemente el rozamiento de las piezas giratorias, y se llaman *frenos*.

El de los carruajes, como lo vemos cada dia, consiste en una plancha de hierro plana levantada por ambos lados de manera que encaje en la superficie inferior de la rueda hasta impedirla, si se quisiera, el movimiento de rotacion. Unas se hallan sujetas á una cadena de hierro fija en las varas del vehiculo, otras se manejan por medio de un mecanismo adaptado al carruaje y á la mano del conductor, á fin de que sin incomodarse en bajar y subir pueda ponerlo en uso segun lo exijan las

circunstancias de los caminos que recorre. Empero, estos frenos ya no se colocan debajo de las ruedas, sino detras, como lo demuestra la figura 68.

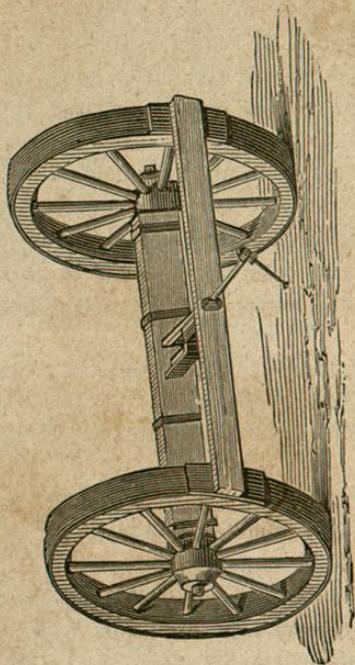


Fig. 68.

Los frenos aplicados á las gruas para moderar el movimiento cuando se quiere descender un cuerpo, sin necesidad de tener aseguradas las

cuerdas con las manos ó torno, consiste en una hoja de hierro batido que envuelve casi enteramente el tambor cilíndrico, fijo al lado de una de las ruedas dentadas. Ambos extremos de la hoja de hierro están unidos por medio de un tornillo en los puntos *AB* dos pequeños brazos de la especie de palanca *DBA* que puede moverse al rededor del punto fijo *C*. Cuando se levanta el tercer brazo, que es el principal y mas largo *DC*, la hoja se estrecha con la superficie del tambor colocado en su interior, y si este tambor se mueve sobre su propio eje, experimenta un rozamiento tanto mas considerable cuanto mayor es la fuerza que se imprima al extremo *D* de la palanca ó brazo principal de ella. La figura 69 nos hará conocer prácti-

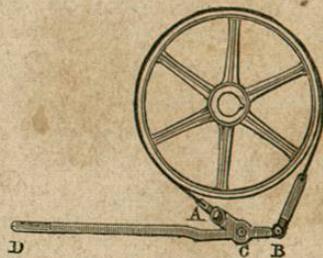


Fig. 69.

camente cuanto queda dicho. Mas, si no fuera conveniente el producir tanta resistencia, se abajará dicho brazo *D*, y en su virtud se disminuirá la

opresion hasta dejarla sumamente débil en ciertos casos. Pero cuando el cuerpo se ha elevado mas del punto donde debia quedar, entonces se abandonan los brazos del torno para que descienda en virtud de su propio peso, haciendo mover las ruedas en sentido contrario, sin aumentar la velocidad fuera de sus justos límites, y al efecto se aumenta proporcionalmente la presion del freno hasta que su fuerza resistente se equilibre con la del cuerpo que tiende á descender aumentando su velocidad.

201. FRENOS DINAMOMÉTRICOS. — Una máquina de vapor en funcion comunica un movimiento de rotacion á un árbol horizontal llamado *árbol de couche* ó de tálamo, del cual se toma el que debe transmitirse á las máquinas útiles destinadas á ejecutar sus respectivos trabajos. Así, cuando se quiere medir la potencia de la máquina motora, hay necesidad de incomunicar las máquinas útiles del árbol que las pone en movimiento, y de las resistencias que tiene que vencer. Acto continuo se añade al árbol una resistencia artificial fácil de evaluar, é inmediatamente, haciendo variar la suma de dicha resistencia, se opera de manera que el movimiento de la máquina motora se encuentre ó quede en las mismas condiciones que cuando transmitia su fuerza viva á los útiles que ponía en accion. Por consiguiente, venciendo esta resistencia y graduándola en seguida, se obtendrá la me-

dida del trabajo realizado por la máquina en circunstancias ordinarias.

La dificultad de esta operacion consistia antes en la adopcion del freno que produjera la resistencia necesaria para ejecutarla, y afortunadamente el célebre físico *Prony* tuvo el honor de resolver la cuestión inventando los frenos dinamométricos que llevan su nombre. Este freno consiste en una especie de cadena formada de placas de hierro batido, articuladas unas con otras, guarnecidas de pedazos de madera entre articulacion y articulacion; términase en dos pernos de hierro en forma de tornillo para enlazarse á la otra mitad del freno, compuesta de una barra ó palanca de madera guarnecida de un pedazo de madera circular á fin de que pueda abrazar la parte superior del cilindro que no cubre la cadena. Esta palanca sostiene en el extremo del brazo mas largo un plato destinado á recibir el peso. Ultimamente colócanse convenientemente dos puntos de parada con objeto de mantener la posicion horizontal del freno mientras el árbol gire en su interior.

Ahora bien; supongamos que el árbol *A* (1) (fig. 70) se pone en movimiento por la máquina motriz cuya potencia quiere saberse, y que al efecto se estrechan los tornillos de la cadena *FF* de

(1) La superficie de este árbol debe ser cilíndrico, y no siéndolo, se le deberá adaptar un mango exactamente circular, á fin de que todos los puntos de la superficie estén igualmente distantes del centro del eje de rotacion.

manera que el punto *D* de la barra y la cadena *B' B* queden fuertemente aplicados sobre el cilin-

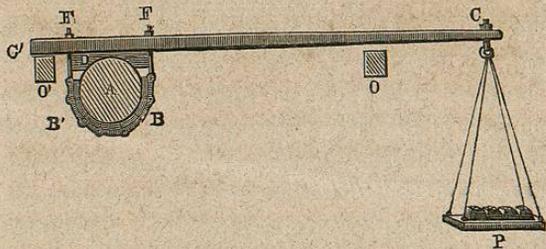


Fig. 70.

dro *A*. La adherencia y rozamiento que se desarrolla entre el cilindro y el freno arrastrará á la palanca *C'CE* en su movimiento de rotacion. Pero los puntos de parada *O'* se oponen obligándola á permanecer en su estado horizontal. Este rozamiento es una resistencia que tiende á destruir el movimiento del árbol, y esto supuesto, ya será fácil calcular la cantidad del movimiento que produce la máquina en circunstancias ordinarias, visto que para lograrlo no hay mas que aflojar los tornillos y graduarlos de manera que nos dé el resultado que se busca. Entonces el trabajo resistente producido por el roce del cilindro con el freno, se toma por la medida del que la máquina puede realizar.

Veamos ahora cómo se evalúa este trabajo. Pon-

dráse peso suficiente en el plato *P* á fin de que la palanca *C'CE* se mantenga horizontalmente, sin tocar los puntos de parada *O* y *O'*. No chocando con dichos puntos, entonces la palanca se hallará equilibrada por la accion de las fuerzas del roce del árbol con el freno, y del peso colocado en el plato.

Lo que precede, quizas no diera la inteligencia necesaria para hacer dicha evaluacion, y por esta razon, para simplificar la operacion, parécenos conveniente el dejar de lado el peso del freno incluso el de su plato, y suponer *F* el peso total colocado en el mismo. Supongamos así mismo que *Q* es la fuerza única, en vez de las varias que ejercen su accion en la circunferencia del árbol. Así, el freno, debiendo moverse al rededor de dicho árbol, no podria permanecer en equilibrio si las fuerzas no fueran proporcionales á sus distancias respectivas de sus propios ejes, ó, lo que es lo mismo, inversamente proporcionales á las circunferencias del círculo, cuyos radios son dichas distancias. El producto de la fuerza del rozamiento *Q* se multiplicará por la circunferencia del eje del árbol á la vertical que pasa por el punto *E'*. Empero, el primer producto no es otra cosa mas que el trabajo hecho por la expresada fuerza *Q* durante una vuelta entera del árbol : el segundo, que puede evaluarse con facilidad, es el que servirá de medida al mismo trabajo. Al efecto se multiplicará el segundo producto por un cuarto de hora ó por una hora, segun mejor convenga, para tener la suma

total de trabajo que la máquina puede hacer en el mismo tiempo.

Idéntico resultado se obtendrá si en vez de la única fuerza Q que acabamos de suponer como aplicada al freno, se distribuyesen otras muchas en diversos puntos del cilindro que comunica el movimiento. También hemos hecho abstracción del peso específico del freno y de su plato: empero, si se quiere hacerlo entrar en el cálculo, entonces se medirá con un dinamómetro la fuerza que deberá aplicarse verticalmente y de abajo arriba al punto C para sostener el freno en el momento en que los tornillos no están apretados y el plato se halla sin ningún peso extraño: hecho así, se adicionará al peso colocado en el mismo, y en seguida ya puede procederse á ejecutar la operación.

Deberá tenerse en cuenta y no olvidarlo, que la unidad del trabajo es la elevación de un cuerpo del peso de un kilogramo á la altura de un metro. Esta unidad se llama unidad *dinámica* ó *kilogrómetra*. Por esta razón se dice que el trabajo desarrollado por la elevación de un cuerpo que pesa 8 kilogramos á tres metros de altura, es igual á 24 unidades dinámicas ó á 24 kilogramos elevados á un metro de altura.

Observando lo que precede, se hará el cálculo de esta manera. Se contará el peso puesto en el plato y se añadirá el que represente el específico de todo el freno, y en seguida se multiplicará el peso

total por la longitud de la circunferencia del círculo que tiene por radio la distancia horizontal del eje del árbol á la vertical que pasa por el punto de suspensión del plato: en seguida se multiplicará este primer resultado por el número de vueltas que el árbol hace en una hora por ejemplo; empero, no deberá olvidarse que es necesario evaluar á kilogramos el peso puesto en el plato, y el que debe añadirse, el cual no es otro que el del mismo freno, y á metros la longitud de la circunferencia que debe servir para ejecutar la primera multiplicación. De este modo, el resultado dará el trabajo de la máquina durante una hora, evaluado á kilográmetros, según queda dicho antes.

III. De los reguladores de fuerza centrífuga.

202. Hemos dicho en el párrafo 197 y siguientes, que los volantes impiden así la aceleración excesiva, como la disminución de la velocidad necesaria al buen funcionamiento de las máquinas, que se producen por el desequilibrio ó desigualdad de la acción recíproca de las fuerzas motoras resistentes. Sin embargo, preséntanse numerosos casos en que los volantes son insuficientes para lograrlo cual se requiere. Si disminuyeran notablemente las fuerzas resistentes, la velocidad del movimiento crecería por instantes, pues aunque los volantes lo contuvieran, según dejamos dicho, se aumentaría inces-

santemente á despecho mismo de su verdadera influencia, en términos de perjudicar el trabajo de la máquina y de producir aun otros inconvenientes mucho mas funestos todavía. En sentido contrario, la máquina se pararía; esto es, si la resistencia que ofrecieran los volantes fuera tal que dominara la accion de la potencia.

En ambos casos es indispensable modificar las fuerzas que ejercen su accion sobre la máquina, ora sea aumentando, ora disminuyendo la potencia ó la resistencia hasta equilibrar ambas fuerzas y dejar el movimiento en su estado natural. Cierto es que no se puede mantener constantemente dicho equilibrio; empero, no obstante deben regularizarse las fuerzas de tal suerte, que el aumento ó disminucion sucesivo del movimiento no altere la velocidad en términos de perjudicar ó embarazar el trabajo ordinario de la máquina. Este inconveniente se evita con un regulador.

203. REGULADOR DE FUERZA CENTRÍFUGA. — Generalmente compónese este, en cuanto á lo esencial, de dos bolas metálicas fijas á los extremos de dos árboles BD , BC , los cuales se fijan al principal AE por el punto B (fig. 71). Este árbol vertical recibe de la máquina su movimiento de rotacion, y en su virtud pueden moverse formando con dicho árbol ángulos mas ó menos grandes, segun la velocidad que la fuerza motora les imprima. Dos barras de hierro unen otra vez el árbol AE con los

dos meneres terminados en dos bolas por los puntos ECD . Nótese que el punto E es una abrazadera que puede subir y bajar libremente por lo

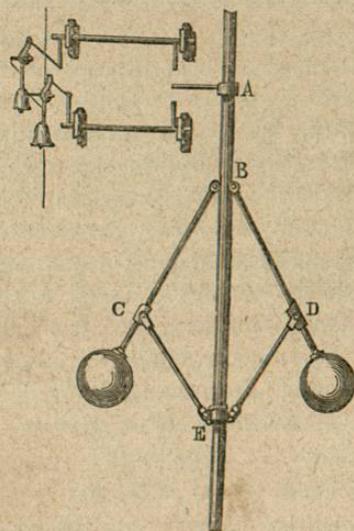


Fig. 71.

largo del árbol AE . Separando á derecha é izquierda ambas bolas, el losange $BCED$ se deforma, disminuye su diagonal, y por consiguiente sube la abrazadera E que bajaría sí, en vez de separarla, se unieran ambas bolas al árbol AE .

Hemos dicho que el árbol principal recibe su movimiento de la máquina. Pues bien; como el

regulador se halla sometido á la fuerza resistente de su propio peso, y á la centrifuga que produce el movimiento de rotacion del árbol vertical *AE*, sucede que ambas bolas dan vueltas al mismo tiempo y se separan de él hasta que la resultante de dichas fuerzas siga la direccion de abajo arriba y de arriba abajo que indica la posicion del regulador. Si la velocidad de la máquina se aumenta, el movimiento de las bolas se aumentará en proporcion de aquella alejándolas cada vez mas de su tronco. Por el contrario, disminuyéndola la velocidad disminuirá tambien la fuerza centrifuga, y las bolas bajarán hasta unirse al árbol á que se hallan adaptadas. En suma, el movimiento ascendente y descendente de la abrazadera *E*, se utiliza en favor de la fuerza motora ó resistente, segun mejor convenga al buen trabajo de la máquina, visto que el regulador ejerce su accion sobre la potencia que hace mover todo el mecanismo, ora disminuyéndola cuando el movimiento es demasiado rápido, ora aumentándolo cuando es insuficiente y débil.

En otros casos el regulador no hace mas que prevenir al conductor ó director de la máquina indicándole la rapidez ó lentitud del movimiento : entonces el director se apresura á modificar la velocidad de la máquina aumentándola ó disminuyéndola segun las circunstancias lo exigieran.

ADVERTIR LA RAPIDEZ Ó LENTITUD EXCESIVAS DE UNA MAQUINA. — La expresada figura 71 nos dará una idea de la disposicion de este mecanismo, muy puesto en uso en los telares á la *Jacquard*, en los molinos harineros y en otras diferentes máquinas. La abrazadera *E* del árbol vertical *AE* tiene dos varillas verticales ; una de ellas, la invisible en la expresada figura, está unida á la abrazadera *A*. Ligado así ambos anillos, los dos tendrán necesariamente el mismo movimiento, de modo que subirá ó bajará conforme la mayor ó menor velocidad de la máquina.

El anillo *A*, que da vueltas al propio tiempo que el regulador, lleva un dedo horizontal colocado de manera que no encuentre en su camino obstáculo alguno, mientras que la máquina marche con la velocidad conveniente á la perfecta ejecucion de los trabajos que la incumben. Empero, tan luego como la velocidad aumenta excesivamente sus proporciones, el dedo metálico lo anuncia acto continuo chocando ó levantando uno de los martillos que van á dar á las campanillas adaptadas con este objeto. Debemos advertir que cada campanilla tiene un sonido diferente á fin de que puedan llenar sus funciones respectivas. Así, cuando la velocidad del movimiento es demasiado grande, el dedo metálico levanta el martillo de la campana que tiene la mision de anunciarlo, y vice-versa cuando tiene que advertir la extremada lentitud ó insuficiencia del movimiento.

205. OBSERVACION. — Ya hemos tratado en otro capítulo de las *resistencias pasivas*, de su influencia y de los *medios de vencerlas*. Bajo de este supuesto, allí remitimos al lector que desea enterarse á fondo de los principios que rigen esta materia. Tambien hemos hablado en el expresado capítulo de las consecuencias generales de dichos principios, y sin embargo, aunque incurramos en la nota de extremadamente prolijos, reproduciremos, en otra forma, las siguientes, que consideramos mas necesarias al estudio de las máquinas en estado del movimiento que nos ocupa.

206. 1.^a CONSECUENCIA. — No es absolutamente necesario que las potencias estén siempre equilibradas con las resistencias. Pues, si es cierto que en ciertos casos se experimenta exceso de potencia, resulta sin embargo de él un aumento de movimiento capaz de producir mas tarde el mismo efecto que produjera el mismo exceso de potencia.

207. 2.^a CONSECUENCIA. — Si la velocidad de la máquina pudiera aumentarse considerablemente por la demasiada acumulacion producida sucesivamente por el exceso del trabajo motor, el empleo de un regulador de fuerza centrífuga puede modificar convenientemente esta velocidad y mantener la que debe conservar siempre la máquina.

208. 3.^a CONSECUENCIA. — Es necesario disminuir, en cuanto sea posible, las resistencias pasi-

vas que se desarrollan durante el movimiento de la máquina, absorbiendo inútilmente una parte mas ó menos considerable de la potencia.

209. 4.^a CONSECUENCIA. — Los choques de dos cuerpos, no siendo perfectamente elásticos, ocasionan siempre una pérdida de trabajo. El mejor medio de evitar esta pérdida es el cambiar las partes de la máquina que tienen que chocarse durante el movimiento de la misma en otras fabricadas con materias verdaderamente elásticas.

210. 5.^a Y ÚLTIMA CONSECUENCIA. — Si la potencia y las resistencias no permanecen constantemente equilibradas en términos que la máquina tenga que depositar, en ciertos momentos y bajo la forma de movimiento, el exceso del trabajo motor, en tal caso se la adaptará un volante que impida el desequilibrio, segun queda indicado en el párrafo 197 y siguientes.