

Discurso.

sobre la

Teoría general del movimiento en las máquinas

desarrollado por D. Lauro Clariana

en el ejercicio del Doctorado correspondiente

á la seccion de

Ciencias exactas

Resumen del Discurso.

Historia general del movimiento en las máquinas

<p>Importancia del cálculo diferencial e integral para el desarrollo de las ciencias modernas.</p>	<p>Movimiento</p>	<p>velocidad</p>	<p>Formulas para las diferentes clases de movimiento.</p>
<p>Nociones preliminares</p>	<p>Movimiento</p>	<p>direccion</p>	<p>rectilinea</p>
			<p>curvilinea</p>
			<p>circular</p>
			<p>eliptica</p>
			<p>parabólica &c.</p>
	<p>Máquina</p>	<p>Influencia de los puntos de apoyo</p>	
	<p>Fuerzas</p>	<p>Valuacion en metros</p>	
		<p>"</p>	<p>" Kilogramos</p>
		<p>"</p>	<p>" Kilogrametros</p>
			<p>Diferentes consideraciones importantes sobre el trabajo de las fuerzas.</p>
<p>Origen de la fórmula general del movimiento en las máquinas en función de las fuerzas vivas desarrolladas.</p>	<p>Diferentes elementos constitutivos de dicha fórmula.</p>		
	<p>Discusion de la misma fórmula</p>		
	<p>Simplificacion " "</p>		
<p>Circunstancias principales de las máquinas en movimiento.</p>	<p>De las máquinas a partir del reposo.</p>		
	<p>Del movimiento uniforme, ventajas del mismo.</p>		
	<p>Inconvenientes del movimiento variado y modo de corregirlos</p>		
	<p>Medios de regularizar el movimiento - Volantes</p>		
<p>Del establecimiento de las máquinas industriales</p>	<p>Condiciones y cualidades esenciales del operador y receptor.</p>		
	<p>Consideraciones sobre el operador</p>		
	<p>" " el trabajo motor.</p>		
	<p>Objeto y ventajas reales de las máquinas</p>		
<p>Importancia de la mecánica</p>			

1

Ilmo Sr

Señores: Cuando el hombre busca su
grandeza en las obras de la ciencia y del amor no
puede menos de sentirse satisfecho sobre la gloria
grande i divina que trajo al templo invisible que es
el espíritu de la humanidad levanta sobre la
tierra; empero si el hombre busca su fuerza y po-
derio en el orden material, fuerza es que se sube

me ante el animal mas insignificante de la naturaleza, ante el gusano y el infusorio.

Un eminente escritor lo dijo: "No ya la materia, ni la masa, ni el peso, sino las fuerzas actuantes determinan el valor del trabajo en la grande economia de la naturaleza. No merece nuestro asombro lo grande que se era sino lo pequeño que era lo grande." Este pensamiento sublime nos indica la linea divisoria que existe entre ayer y hoy, relativamente a los conocimientos humanos. Hoy no se levantan piramides estériles como las de Egipto ni otros monumentos gigantescos con el fin tan solo de satisfacer el capricho de un tirano; hoy no se construyen estatuas colosales y groseras, como las de Tacco, para conmemorar la coronacion de un Sialdelfo; hoy el gran cajón de Arquimedes construido por orden de Hieron no tiene importancia ante las artes y ciencias modernas.

La causa de este notable desvío en la serie de conocimientos humanos consiste en que ayer asombraba al hombre todo lo que afectaba un gran manera a los sentidos; hoy atrae la atención del hombre y

estudioso el átomo, el punto, el elemento, en una
palabra todo lo pequeño: El hombre moderno ha
descubierto el gran principio de que lo pequeño es
lo grande. He aquí explicado el enigma. Con to-
do no hay que dudar que los trabajos del sabio en
el estudio de los mundos pequeños, según es praxis
gráfica del gran capitán del siglo, habrían sido es-
teriles si a tiempo no hubieran aparecido en el ho-
rizonte científico dos buceros, dos genios Newton y
Leibnitz, quienes a un mismo tiempo dieron con el
cálculo diferencial e integral, cálculo en el cual
no era posible promover esa gran revolución cien-
tífica que se opera en todas partes desde aquel enton-
ces.

Así es que esa nueva ciencia ordenó la vida qui-
mica de la materia, así fue que las teorías de Fres-
nel, Young, Huygens, etc. llevaron la física por su
verdadero desarrollo, así fue que la mecánica pudo
llevarse a una altura admirable llevando a cabo
la solución de infinitos problemas sumamente di-
fíciles e interesantes.

Siendo uno de tantos el determinar el trabajo

elemental de una máquina, atendiendo á todas las fuerzas que se desarrollan en su movimiento: y como quiera que la teoría general del movimiento en las máquinas es el tema de este discurso, es oportuno detenerse aquí, para pasar cuanto antes á la explicación de ciertas nociones preliminares que facilitarían la comprensión de lo que se oirá después.

Dos puntos principales sugieren el tema del discurso que es fuerza desarrollar porque vienen á ser como dos puntos del eje al rededor del cual gira todo el discurso. — He aquí esos dos puntos — El movimiento y la máquina.

Pasemos á estudiar aunque no sea mas que ligeramente esas dos cuestiones para poder luego entrar de lleno en la teoría general del movimiento de las máquinas.

Nociones preliminares

Movimiento. Los elementos primordiales en toda clase de movimiento son la velocidad y la direc-

cion; mas como la velocidad es funcion siempre de tiempo, resulta que el movimiento depende de las divisiones y del tiempo que gasta un cuerpo o punto material en recorrer una extension determinada.

Ahora del caso dar aqui una definicion exacta del tiempo, pero sabido es que a pesar de ser esa cuestion muy manoseada por los filosofos, no se conoce hoy una definicion que satisfaga todos los extremos que debe abrazar; asi pues procediendo de su exactitud filosofica, atendiendo tan solo a la mecanica que es la que nos interesa, diremos, que tiempo es la sucesion no interrumpida de movimientos identicos; luego para medir el tiempo bastari obtener fenomenos identicos que se sucedan a intervalos iguales y comparar luego el numero a la duracion del fenomeno observado.

Muchos fenomenos, o movimientos, son de su naturaleza que podrian servirnos de unidad de tiempo, pero fijando tan solo la atencion en los mas notables, hallaremos en la antigüedad el aparato llamado Clepsidra formado de dos capaci-

dades que se comunican por un pequeño orificio que deja pasar de la capacidad superior a la inferior cierta cantidad de arena o líquido que corresponde a un tiempo determinado, pero en una unidad de tiempo presenta varios inconvenientes que quedan desvanecidos empleando otra unidad más grande y más constante. Esta unidad se halla en la rotación de la Tierra al rededor de su eje, constituyendo lo que se llama día, y como el día solar es variable se toma el día medio con sus submúltiplos correspondientes para tener una unidad invariable.

Se puede tomar también el submúltiplo siguiendo como unidad de tiempo medida por la oscilación de un péndulo cuya longitud queda determinada por la fórmula $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ correspondiente a un punto de la Tierra donde la acción de la gravedad sea g .

Obsérvese de paso que esta fórmula no depende de la amplitud, por lo cual supone el isocronismo mientras la amplitud se reduce; sin embargo que podríamos evitar esto cuando usamos

de un péndulo cicloidal, pero con todo en la práctica se prefieren los péndulos circulares por las muchas dificultades que presenta la construcción de los cicloidales: es por demas aqui indicar la importancia de un buen cronometro y en particular cuando es fuerza cambiar de latitud terrestre, pues el mundo todo conoce las ventajas de esos instrumentos tan precisos.

He aqui explicado los principales aparatos de que vale el hombre para medir el tiempo.

Asi pues, por medir del tiempo conoceremos la velocidad y segun la velocidad el movimiento, y si bien atendiendo tan solo a la velocidad de un móvil puede el hombre concebir infinitas clases de movimiento, cierto que esos movimientos pueden sujetarse a la clasificación siguiente, que generalmente se atiende en mecánica.

Movimiento uniforme, movimiento uniformemente variado y movimiento variado variado.

Movimiento uniforme es aquel en que la velocidad es constante y el espacio igual a la

velocidad multiplicada por el tiempo, fórmula de la cual se deducen todas las leyes relativas a esa clase de movimiento.

Debemos advertir que como a caso particular de ese movimiento podríamos considerar el movimiento periódico o alternativo de un péndulo aplicado en las máquinas y cuyo movimiento se resuelve por las fórmulas del movimiento uniforme, tomando un promedio entre las velocidades extremas correspondiente al período.

Lo más importante es el movimiento uniforme no lo es menos aquel en que la velocidad aumenta en cada unidad de tiempo incrementos o decrementos iguales, siendo las fórmulas fundamentales $v = b \pm \varphi t$, $e = bt \pm \varphi t^2$, $v = \sqrt{b^2 \pm 2\varphi e}$ fórmulas que comprenden el movimiento acelerado y retardado, según se forme el signo más o menos, no olvidando que

v representa la velocidad
 b " la fuerza inicial
 φ " la fuerza constante
 e " espacio
 t " tiempo.

Por último el movimiento variado variado es aquel en que la velocidad varia de una manera irregular y caprichosa, en movimiento no puede formularse a no ser que el cuerpo o punto materia & que se considera en movimiento obedezca a una cierta ley determinada aunque variable.

Para tener una idea exacta del movimiento estudiado ya, segun la velocidad, falta considerar la direccion que puede tambien variar hasta el infinito, si bien sugetandonos a los casos mas comunes que nos sugiera la naturaleza, los podremos clasificar en rectilíneos, circulares, parabólicos, etc.

El movimiento rectilíneo es efecto de una o mas fuerzas que obran en distintas condiciones, pero que todas son de una misma naturaleza.

Notable es el movimiento parabólico por ser el resultado de dos fuerzas angulares, una instantanea y la otra constante, de cuya combinacion resulta el movimiento parabólico demostrado por el cálculo y comprobado por la experiencia.

De todo modo, el movimiento circular es el que debe llamarnos mas la atencion en este

momento, por ser este movimiento el que tiene
mas aplicacion en el estudio de las maquinas, sea
me pues permitido decir cuatro palabras acerca
de un movimiento antes de pasar adelante.

Supuesto que el movimiento sea uniforme,
llamando velocidad angular lo que recorre un pun-
to a la unidad de distancia en la unidad de tiem-
po, siendo los arcos que describen los diferentes pun-
tos, en la misma cantidad de tiempo proporciona-
les a las distancias de esos puntos al eje de rotacion,
resultara que la velocidad de un punto cualqui-
era vendra medida por la velocidad angular mul-
tiplicada por la distancia que va del punto que
se considere al eje de rotacion; asi pues reciproca-
mente, conociendo el espacio andado por un punto
cualquiera, por ejemplo la periferia de la rueda en
un tiempo T , se podra venir en conocimiento de la
velocidad angular dividiendo $2R$ por el tiempo y mul-
tiplicando ese cociente por el numero de vueltas que
la rueda da durante el tiempo T .

Notese que lo que se ha dicho acerca de los movimien-
tos uniforme, acelerado o retardado tiene cabida en

toda clase de direccion; tanto en el movimiento
 rectilíneo como en el movimiento circular u otro
 cualquiera, formando en estos últimos casos por es-
 pacios las curvas rectificadas, quedando representa-
 das siempre las leyes del movimiento por curvas
 análogas.

Para completar las nociones que me habia pro-
 puesto desarrollar falta dar una idea ligera de lo que
 es una máquina y el modo de operar y, valorar las fuerzas
 aplicadas en ellas.

En la mecánica se estudian todas las condiciones
 necesarias para el equilibrio de un sistema de fuerzas,
 mas cuando en el sistema se consideran algunos pun-
 tos fijos y suficientemente resistentes, cambian por
 completo las condiciones de equilibrio, siendo esos pun-
 tos fijos el principal fundamento de los aparatos que
 se denominan máquinas. Si bien las fuerzas que
 actúan en una máquina pueden producir el equilibrio
 estático, nosotros debemos fijar la atención en el equi-
 librio dinámico que es el fin á que estan destinadas
 las máquinas, por mas que bajo el punto matemá-
 tico sea indiferente el estado de equilibrio con tal

que el movimiento de la máquina se considere siempre uniforme.

Ya que vamos a suponer el movimiento en las máquinas conviene conocer antes el modo de actuar en estas las diferentes fuerzas que se aplican, para así comprender la definición de máquinas dada por M. Delaunoy, el cual dice, que las máquinas son aparatos que sirven para transmitir el trabajo de las fuerzas.

Las fuerzas pueden considerarse bajo tres puntos de vista distintos: Cuando se atiende tan solo a la velocidad que imprimen a los puntos materiales, se mide la fuerza por la velocidad que imprimen al punto material.

Cuando el objeto de la fuerza es producir una presión, una tensión, &c. sin producir movimiento aparente en el cuerpo sobre que opera la fuerza, se mide esta en Kilogramos.

Y por último cuando la fuerza produce todos efectos combinados, se mide en Kilogrametros que es la verdadera medida de las fuerzas cuando actúan en general en una máquina, llamando al número de Kilogrametros resultantes cantidad de trabajo.

Noiones y principios sobre los cuales se funda la ciencia de los motores y de las máquinas

Las máquinas consideradas bajo el punto de vista industrial tienen por objeto la ejecución de ciertos trabajos artísticos por medio de motores ó fuerzas motrices que provienen de la naturaleza, tales como, los animales, el viento, el agua, el calorico.

Los efectos y cualidades de las máquinas y de los motores se valoran en las artes por la cantidad de trabajo de una especie determinada que se puede producir en un tiempo determinado. Su valor absoluto depende de elementos independientes de la mecánica y que deben tenerse en cuenta en la práctica, tales son; el precio del trabajo, la conservación, la duración, &c.

Para poder comparar los efectos de los trabajos de los motores y de las máquinas variadas hasta el infinito, se adapta una unidad de especie particular, una especie de moneda mecánica, como dice M.^o Navier

y que su precio es invariable. Mas se relaciona con la elevacion de cierto cuerpo pesado y de consiguiente, llamando P al peso y H la altura, $P.H.$ es la medida natural del efecto o del trabajo útil total de la fuerza motriz.

El Dinamómetro de Régner puede determinar el valor P por medio de pesas proporcionadas; esto se encuentra por lugares donde la intensidad absoluta de la gravedad permanece invariable aproximadamente por una estension entera de un pais tal, como España.

Este producto $P.H.$ ha recibido diferentes denominaciones entre los mecánicos; Somerton le llama potencia mecánica; Cartnot en sus principios fundamentales del equilibrio y del movimiento le llama momento de actividad; Menye y Hachette le designan simplemente efecto dinámico, expresion que no deja de ser alguna tanto vaga; por fin Coulomb le titula cantidad de accion.

En cuanto al valor absoluto de esta unidad de accion o trabajo M. M. Mongesfier y Hachette le suponen igual al peso de 7,000 kilogramos elevados á un metro de altura y M. Hachette en particular le llama gran unidad dinámica.

Mr. Charles Dupin toma por unidad el peso de un metro cúbico de agua elevado a un kilómetro de altura.

De todos modos el kilogrammetro representado por $K.m.$, según Savio, es la unidad más aceptada. Así pues en virtud de la continuación de la acción de los motores se hace necesario el tiempo en que se desarrolla tal ó cual trabajo, a este fin se formó la fueraza de caballo, ó mejor dicho, caballo dinámico para evitar confusión, entre trabajo y fuerza, y de los diferentes valores que se han atribuido a esta unidad de trabajo, el más admitido es la cantidad de 75 $K.m.$ desarrollados en cada segundo ó sea 584 libras españolas levantadas a un pie en 1"; esta unidad es la que se usó siempre más con la adoptada en Inglaterra por Watt y Newcomen.

Formulas del trabajo.

Si la resistencia es constante el trabajo viene representado por $L \times K.m.$ siendo L la fuerza y q el espacio y si es variable la cantidad de trabajo elemental desarrollado, obrando la fuerza L durante el espacio dq de v a L el trabajo elemental y entre dos posiciones v_1 y v_2 será $\int_{v_1}^{v_2} L \, dq$ lo que podrá calcularse con bas-

ante aproximación, según el teorema de Thomas
 Taylor, conociendo los diferentes valores de L que cor-
 responden a los diferentes valores de q . De modo que
 si llamamos X la fuerza... media para transfor-
 marse de trabajo irregular en uniforme bastará
 establecer la equivalencia entre las superficies de S_{ij} -
 son que expresan los trabajos y luego obtener X , es es,

$$X(z_1 - z_0) = \int_{z_0}^{z_1} L \, d q \quad X = \frac{\int_{z_0}^{z_1} L \, d q}{z_1 - z_0}$$

Si el punto de aplicación de la fuerza recorre un espacio
 oblicuo a la dirección de la fuerza, variando esta de una
 manera cualquiera resulta $\int_{z_0}^{z_1} L \cos \alpha \, d s$ para el trabajo
 entre dos posiciones z_0, z_1 . Llamando α el ángulo de
 las dos direcciones y $d s$ el espacio andado por el pun-
 to de aplicación de la fuerza durante el tiempo
 $d t$; su valor en mecánica racional tome el nombre
 de momento virtual de la fuerza L , de cuya relación
 se pueden sacar infinitas aplicaciones a cual más
 importante, en el estudio de las máquinas.

Conocido el modo de obrar en una máquina las
 fuerzas que en ella se aplican, podemos pasar desde luego
 a considerar las máquinas en movimiento para
 deducir la fórmula general.

Máquinas en Movimiento

Aplicación del principio de fuerzas vivas al movimiento de las máquinas

Para aplicar el principio de transmisión de trabajo o de fuerzas vivas a la teoría de las máquinas tal como se considera en las artes, debemos notar que las máquinas se componen en general de una serie de piezas materiales que se comunican el movimiento sin intervalos desde el motor o receptor hasta alcanzar al operado. A todas estas piezas se las da la solidez, rigidez necesarias a fin de que no se deformen por los esfuerzos que deben soportar y así transmitir la velocidad sin pérdida apreciable de un extremo a otro de la máquina, es decir por leyes dependientes únicamente de la constitución geométrica del sistema, en cuyo estudio forma la Cinemática.

Por lo tanto no deja de existir cierta resistencia en perjuicio del trabajo motor, como se deja com-

prendes, cuyo valor se aprecia de una manera aproximada, sea por medio de la experiencia, o ya se por el cálculo.

Los frotamientos, la adhesión, la rigidez de las cuerdas son resistencias extrañas al trabajo útil y estas, efectos suponen un desvío molecular, debido los unos, al movimiento tangencial de los cuerpos sujetos a presiones normales, los otros a sus flexiones, más o menos grandes y continuamente renovadas; estas resistencias y algunas otras, tales como los ruidos, en todo los cuerpos se mueven, acompañan constantemente al movimiento de las máquinas.

En cuanto a las acciones moleculares que están puestas en juego por el cambio de forma general de las piezas sólidas que se comunican al movimiento, es decir, por la flexión, la extensión, la compresión y la torsión que estas piezas sufren bajo los esfuerzos, debido a la acción recíproca, la experiencia demuestra que se puede desprender la consideración de su trabajo. Todas las veces que el estado de compresión sea sensiblemente igual durante el movimiento o que no sufra variaciones muy notables. Mas cuando estas variaciones son sujetadas con frecuencias seguidas de deformaciones per-

manentes de los cuerpos, cuando estas deformaciones son debidas a la inercia, a las reacciones de toda especie que se desarrollan en los cambios bruscos del movimiento, por choques debidos al encuentro de cuerpos animados de velocidades, contrarias, o desiguales; es indispensable tener en cuenta las perdidas de trabajo que pueden resultar en virtud de esas deformaciones.

Para atenuar una perdida de trabajo en las máquinas siempre con las mejores condiciones, debe atenderse a los principios siguientes.

1.º Que la duración del choque sea generalmente apreciable con relacion al tiempo que se considera en sus efectos la magnitud. 2.º Que las fuerzas que impulsan este choque estén constituidas de modo que las alteraciones de forma que sufran durante su avance se reduzcan y el sistema de elementos despues del choque sensiblemente en las mismas condiciones geométricas que antes del choque, variando tan solo la intensidad de la actividad absoluta de cada punto y por último la resultante del choque debe procurarse que sea una fuerza que sea una pequeña parte de la perdida de fuerza viva sufrida por los diferentes cuerpos.

De lo predicho resulta que las fuerzas únicas que
deben tenerse en cuenta en la práctica son: 1.º Las fuer-
zas motrices destinadas a producir el trabajo útil
y vencer todas las resistencias pasivas; sus cantidades
de acción instantáneas ó momentales pueden repre-
sentarse por $E d f$, que será precisamente positivas.
2.º Las resistencias pasivas de toda clase que obran de
una manera continua ó intermitente durante la du-
ración entera del movimiento; sus cantidades de
trabajo elementales son negativas y podrán represen-
tarse por $-M d r$. 3.º Las resistencias vitales que cons-
tituyen el trabajo de los sistemas físicos de la ma-
quina y juegan el mismo papel que las anteriores
pueden representarse por la fórmula $L d q$. 4.º El pe-
so de los diversos elementos materiales del sistema que o-
bran, han producido un estado del movimiento de la ma-
quina, tan pronto se elige el contrario, dando origen a canti-
dades de trabajo que se representarán por $-p d h$, ó $-m g d h$
siendo m la masa de una molécula material cualquiera; $m g$
ó p su peso ó la altura que se eleva ó baja de la posición nor-
mal durante el tiempo $d t$ que es el tiempo elemental que
se considera en la una ó en la otra. 5.º En fin la fuerza de

inercia $\frac{m dv}{df}$ (siendo $\frac{dv}{df} = \frac{dv}{dt} \frac{dt}{df} = \varphi$, la inercia acelerada
 (Fig): esta fuerza de inercia de las diversas moléculas
 en donde obra produce en el mismo elemento de
 tiempo cantidades de trabajo representadas por
 $-m v dv$ y que se agregan o quitan a los motores
 según la velocidad de cada molécula crezca o au-
 scenda, es decir según el producto $v dv$ sea nega-
 tivo o positivo.

En la fórmula general del movimiento
 de la máquina durante el elemento de tiem-
 po dt se copiará por

$$\sum m v dv = \sum F dt - \sum R dr - \sum Q dq + \sum mg dh.$$

Ahora durante dos estados, en que el primero
 corresponde a la velocidad v' y el segundo a la velocidad v''
 adquirida por la moléculas en resultado

$$\int_{v'}^{v''} \sum m v dv = \sum \int_{t'}^{t''} F dt - \sum \int_{r'}^{r''} R dr - \sum \int_{q'}^{q''} Q dq + \sum \int_{h'}^{h''} mg dh.$$

ó sea

$$\sum m v''^2 - \sum m v'^2 = 2 \sum \int_{t'}^{t''} F dt - 2 \sum \int_{r'}^{r''} R dr - 2 \sum \int_{q'}^{q''} Q dq + 2 \sum \int_{h'}^{h''} mg dh.$$

Discusion de la fórmula general.

Antes de pasar a las lejas, debemos advertir que el término de la fórmula general correspondiente a las piezas que se hallan en contacto tal como $\sum m g d t$, o sea $\sum m g d t$ se puede simplificar, sea haciendo que suponga la integración sea ya por todo el movimiento de la máquina o por el intervalo de tiempo correspondiente a las velocidades v y v' de la masa m , llamando P al peso total de las piezas que se desvían de su posición normal por el movimiento de la máquina y H la altura del centro de gravedad de estas piezas con respecto a la posición regular así resultará según la teoría de las fuerzas paralelas

$$\sum m g d t = M g H - P H \text{ y } \sum m g d t = P d H \text{ o sea } \sum m g d t = \sum m g d t = P H$$

En el supuesto que $t'' = t' = t$. Si procediendo de un modo semejante en las integraciones que suscitamos en la fórmula general, resulta la ecuación del movimiento sencilla mas modificada transfiriéndose en la siguiente:

$$m v'' - m v' = 2(F d - M v - 2 d g + P H)$$

supuesto que $t' = t, v' = v, g' = g$.

La ecuación diferencial que tiene lugar en cada instante del movimiento sea, supuesto que $v' = v$.

$$m v d v = F d t - M d v - 2 d g t + P d H$$

La gravedad influye en el efecto útil, y como en toda máquina se propone aumentar lo mas posible el efecto útil, dada una cantidad de trabajo de motor, debemos ver como puede realizarse este principio fundamental de la mecánica industrial, viendo cuales son las causas mas poderosas que influyen en contra de ese principio para contrarrestarlas luego.

El termino P.H. puede ambientarse si por un lado el centro de gravedad sube y baja de una misma cantidad, supuesto que ese termino lleve el signo de ambigüedad, y lo mismo diremos si el centro de gravedad no sufre desviación como resulta en las ruedas de engranajes, o ruedas centradas, o piezas que resbalan sobre un plano horizontal. En todos los casos la fórmula general se transforma en lo siguiente
$$Lg = Ft - Pr + \frac{mv^2}{2} - \frac{mv^2}{2} \text{ mm}$$
 pero mas sencilla que la primera.

El termino de la fórmula general, correspondiente a las resistencias pasivas, no ofrece grande discusión y a lo unico que debe atenderse es en calcular bien las dimensiones, velocidades y pesos

de la máquina para reducir cuanto sea posible su valor ó término de á un minimum.

Con todo hay que distinguir dos clases de resistencias pasivas, unas que obran constantemente durante el movimiento de la máquina, tales como la resistencia del medio, el frotamiento de los otros que son intermitentes ó periódicas ocasionadas por choques ó cambios bruscos de velocidad.

Las primeras operan a la par como la gravedad ó como fuerzas motrices en desigualdad y las segundas no mas obran que en el momento del choque ó el movimiento en que las moléculas de las piezas sufren alguna desviación, ambos efectos se pueden valuar perfectamente por lo que llevamos dicho determinando el trabajo que desarrollan estas piezas para sustituirlo con el signo correspondiente en la fórmula general del movimiento de la máquina.

Los choques son muy perjudiciales en las máquinas hasta en el caso de constituir este choque el efecto útil, porque sabido es que con el choque se pierde mucha fuerza viva disminuyendo el bé-

minio \mathcal{L}_q , ó reduciendo el efecto útil, que es lo que
siempre debe procurarse evitar en toda máquinas,
por tanto con mucha más razón cuando los des-
ques no sean una necesidad debe procurarse es-
tinguirlos á fin de no perjudicar la máquina y
por esto es conveniente transformar los diferentes
movimientos con suavidad ó sea con veloci-
des graduales por medio de manivelas y excen-
tricos, procurando que todas las piezas de la máquina
obedezcan siempre en su movimiento á la ley de con-
tinuidad.

En cuanto á la acción de los motores en las má-
quinas relativos al término \mathcal{H} correspondiente á las
fuerzas motrices, debemos recordar, que los moto-
res pueden ser primitivos, tales como el calorico, la gra-
vedad, ó secundario, tales como los animales, el viento,
corrientes de agua, vapor de agua &c. por fin pueden
llamarse compuestos y materializados tales
como las manivelas, ruedas hidráulicas &c. que
constituyen las primeras piezas móviles de las má-
quinas, ó sea los receptores inmediatos de las fuer-
zas y del movimiento. Pasamos por alto el

modo de obrar de unos y otros motores, fijando la atención en los motores secundarios determinados por la presión F ; fuerza que puede variar según la velocidad v de la pieza, de modo que v aumenta cuando la velocidad es máxima y al contrario cuando la velocidad es mínima.

La cantidad de acción Fv comunicada por el motor a la máquina v muda por los casos, estemos en que obra, de modo que la velocidad v del punto de aplicación de la fuerza, representada en general por f se supone comprendida entre dos límites, a y b la fuerza entre F_1 y F_2 debiendo deducir entre esos dos límites un valor tal, para que Fv nos dé un máximo.

La experiencia ha probado que cada herramienta ofrece una velocidad que es la mas ventajosa y que no se puede separar de ella sin perjuicio, sea ya por la calidad, o sea ya por la cantidad de la obra elaborada.

Por último en cuanto los términos relativos a la fuerza viva ganada o perdida según la acción del motor, o sea $\frac{mv^2}{2}$ y $\frac{mv^2}{2}$ si el movimiento de las máquinas es continuo la pérdida de tra-

bajo representado por $\frac{mv^2}{2}$, puede despreciarse en relacion al efecto útil total, y su influencia es nada comparativamente a la que se ejerceria en el caso donde el movimiento de la máquina sufriria varias interrupciones.

Por esa razon las piezas que ofrecen un movimiento alternativo, arribandose la velocidad en sus extremos, conviene que esa velocidad varie gradualmente a fin de que los incrementos y decrementos que sufre la fuerza viva respectiva sean graduales y de ese modo no haya tanta cantidad de trabajo perdido.

Esta fórmula general del movimiento en las máquinas puede presentarse bajo formas mas sencillas siempre y cuando el trabajo motor se represente por $F_m v$ y T_m , los trabajos resistentes por F_r resultando $\sum mv'^2 - \sum mv^2 = 2(T_m - T_r)$ de cuya fórmula sencilla se deduce, en caso de ser $v' = v$, $T_m = T_r$, igualdad entre el trabajo motor y el resistente. En caso de ser $\sum mv'^2 > \sum mv^2$ resultará el trabajo motor mayor o menor que el

resistente.

Presumiendo de las fuerzas vivas, atendiendo tan solo a los trabajos de las fuerzas, se puede dar a la ecuacion fundamental otra disposicion tal como $T_m = T_n + T_f$ en que

T_m representa el trabajo motor

T_n " " " útil

T_f " " " de las resistencias pasivas.

Nota de paso que lo que se llama efecto útil de una máquina no es mas que la relacion $\frac{T_n}{T_m}$, cuya relacion en las máquinas que surren mejores condiciones no pasa de 0.5 a 0.6 en virtud de las resistencias que deben desarrollarse en toda máquina, poniendonos esta sencilla consideracion en evidencia la locura de ciertos artistas que se proponen hallar el movimiento continuo, supuesto que ese movimiento es imposible en el terreno de la práctica.

Circunstancias principales de las máquinas en movimiento

Despues de haber examinado aparte la influen-

cia de los diferentes términos de la ecuación de las fuerzas vivas sobre el efecto útil, vamos a deducir las leyes mismas del movimiento en las máquinas.

Las máquinas están destinadas a ejecutar períodos de movimiento que se llaman vueltas, revoluciones &c. al cabo de las cuales las diferentes masas vuelven a la misma posición y si todas las piezas están fijas y enlazadas respectivamente, la velocidad se comunica sin intervalos por leyes puramente geométricas, de modo que la velocidad de los diversos puntos puede expresarse en función de la velocidad de un punto cualquiera de dichas piezas y de la variable que fija su posición a cada instante. La ecuación de las fuerzas dadas pues esta velocidad a un instante cualquiera, si se conoce por este instante las cantidades de acción totales, impresas al sistema por las diferentes fuerzas.

Al instante en que la máquina sale del reposo al movimiento virtual $F \cdot df$ del motor supera necesariamente a todas las resistencias vencidas, es decir, que $F \cdot df - P \cdot dr - N \cdot T > 0$; esto resulta cuando la resistencia útil Q tiene su

valor minimum y la presión motriz. Es máxi-
mo, así la fuerza viva aumenta a cada instante
de la cantidad $d(mv^2) = 2mv dv$ igual al doble de
las cantidades de acciones instantáneas impresas
por las potencias.

El incremento de la fuerza viva continuará en
tanto que el movimiento $F dt$ del trabajo instan-
táneo del motor supera a $R dt + L dv$, de las diver-
sas resistencias; pero debemos admitir como ya está
probado hasta la evidencia que la fuerza viva no crece
indefinidamente a lo menos de una manera apre-
ciable, acercándose de consiguiente al máximo o lí-
mite representado por lo que resulta de igualar
a cero la ecuación fundamental del movimien-
to de una máquina ya hallada, ó sea: $\frac{1}{2} d(mv^2) =$
 $= F dt - R dt - L dv + P d\theta = 0$, una vez que según
el principio de las velocidades virtuales nos dice, que
hay en un mismo instante equilibrio entre
las fuerzas motrices y las resistencias, abstracción
hecha de las fuerzas de inercia: $m \frac{dv}{dt}$ de las di-
versas masas, cuyo sumo de momentos vir-
tuales es naturalmente igual a cero.

Se puede probar fácilmente como puede llegarse á este límite en que el movimiento de la máquina se transforma en uniforme ó próximamente en uniforme.

En efecto, si la fuerza viva crece sin cesar y de una manera sensible en cada revolución de la máquina, resultará que la velocidad de una pieza cualquiera, por ejemplo la del punto de aplicación del motor, crece igualmente y se acercará muy luego á un término por el cual el motor no necesitará ningún esfuerzo, circunstancia que no puede tener lugar en virtud de las resistencias pasivas, pues ellas crecen con la velocidad. Lo que prueba que si en un principio las fuerzas motoras superan á las resistentes producirán un aumento de velocidad; de cuyo incremento de velocidad resultará un aumento en las fuerzas resistentes hasta igualarse con las motoras alcanzando la máquina en este último caso el movimiento uniforme. Para formarse idea de lo que acabamos de decir basta atender á lo que resulta cuando un cuerpo cae por la ac-

cion de la gravedad, esto es, que a cierta distancia el movimiento uniformemente variado se transforma en uniforme en virtud de las resistencias que se operan a su paso.

Si el movimiento instantáneo $2uv$ de fuerza viva es igual así como la suma $Fdf - 2dg$ de las cantidades elementales de trabajo desarrollado, habrá en cada instante equilibrio por todas las posiciones de la máquina, abstracción hecha de las fuerzas de inercia; la velocidad resulta por consiguiente la misma por las mismas posiciones y se tendrá entre dos instantes cualesquiera.

$$mv^2 - mv'^2 = 2(Fdf - 2dg - Pdx + P'dx) = 0.$$

El caso más general y a la vez más ordinario donde estas circunstancias pueden presentarse es cuando las diferentes masas del sistema poseen separadamente velocidades constante o uniformes y para que las velocidades v, v', v'' o $\frac{de}{dt}, \frac{de'}{dt'}, \frac{de''}{dt''}$ de las diferentes masas sean constantes se necesita que las velocidades virtuales de, de', de'' que depende de la naturaleza geométrica del sistema persistan en una relación

invariable; este principio excluye las piezas que están en movimiento alternativo; en fin para la uniformidad del movimiento de la máquina es preciso que en cada instante se verifique

$$F d f - L e l q - A d r \pm P d R = 0$$

Y para realizar bien las condiciones anteriores no pueden entrar en la máquina como se ha dicho piezas en movimiento alternativo, es decir, tendría que constar únicamente de piezas de rotación o de ruedas exactamente centradas de coronas y cadenas sin fin etc.

Es indudable que son grandes las ventajas que resultan de una máquina que trabaje uniformemente, cuando se compara con los movimientos que resultan de una máquina que trabaje en movimiento variado.

Las máquinas que poseen el movimiento uniforme, o sea donde las potencias y las resistencias obran de una manera continua y con la misma intensidad de acción, las piezas obran siempre de la misma manera y permanecen sin cesar en contacto sin sufrir ningún sacudimiento, ningún cambio brusco de velocidad, de modo que las cantidades de trabajo

elementales recibidas y transmitidas por cada una de las piezas son iguales y constantes habiendo equilibrio en cada instante, así como para la máquina entera. Solo en cuanto a las ventajas relativas a la uniformidad del movimiento, pero hay que tener en cuenta que existe para cada motor una velocidad en su punto de aplicación que rinde un máximo de trabajo útil, de lo cual se deduce que lo más conveniente en toda máquina será atender a las velocidades de las piezas extremas haciendo que guarden la debida relación según el trabajo que se ejecuta permaneciendo estas velocidades invariables durante el movimiento así como también las de las piezas intermedias.

¶ Hemos dicho que son graves los inconvenientes que resultan de trabajar una máquina en movimiento variado, pues sepan que esos inconvenientes persisten hasta cuando se sujete el movimiento variado a la ley de continuidad.

¶ Pues suponiendo que el movimiento varía y conserva la variabilidad del movimiento aunque regular producirá en las piezas de la máquina ciertas sacu-

chidos, presiones y tracciones mas o menos considerable,
que deben precisamente alterar su constitucion y
absorber porcion del trabajo motor.

Asi cuando por la clase de la maquina, no pue-
de evitarse el movimiento variado, debe procurarse
a lo menos que las articulaciones sean ligeras, des-
poiniendo todo lo trazado, conformandose a la ley de conti-
nuidad, de suerte que, las giras a movimiento alterna-
tivo inherentes a la constitucion de la maquina uti-
gan gradualmente su velocidad al fin y al principio
de cada oscilacion para que el movimiento de la maqui-
na se acerque lo mas posible al movimiento uniforme,
que es el movimiento tipico, movimiento que, segun
lo que se ha dicho, hace que la maquina trabaje con las
mejores condiciones que se pueden desear. En virtud
de los inconvenientes, producidos por el movimiento va-
riable de las maquinas se deduce la necesidad de bus-
car en todas las aplicaciones a la industria la unifor-
midad y rigor del movimiento para lo cual es muy
recomendar tanto para el motor, como para el operador
giras de rotacion continua y evitar toda accion in-
termitente de parte del motor, pero como no siempre

pueden tenerse en cuenta esas circunstancias por las condiciones especiales de la máquina debemos a lo menos acercarnos, cuanto sea dable a lo que llamamos congnado, para hacer desaparecer los principales inconvenientes del movimiento variable. — Resumamos.

Las causas principales de irregularidad en las máquinas son 1.º Del motor, 2.º De la resistencia útil, 3.º Del motor y de la resistencia útiles juntos.

Si el receptor posee movimiento alternativo y el operador movimiento de rotación continuo y uniforme se transformará inmediatamente en movimiento por medio de manivelas y excéntricas 3.º, haciendo de modo que todas las piezas intermedias sean ruedas, coronas o movimiento continuo.

Se procederá de una manera análoga en el caso inverso. esto es, cuando el receptor posee movimiento de rotación con velocidad uniforme, y el transmisor movimiento alternativo; con todo debe examinarse si el primer movimiento puede aplicarse inmediatamente al segundo, procurando que las oscilaciones y las alternancias de acción coincidan perfectamente, para que así coincida la velocidad y el esfuerzo se evite que por gra-

dos hacia el fin y el principio del movimiento de ellas; pues así no podríamos haber perdido de efecto sensible y lo más que haríamos trabajar con buenas condiciones. Tampoco, si se necesitan piezas intermedias que es lo más general, entonces es indispensable buscar la mayor uniformidad en esas piezas a fin de que obren uniformemente el receptor y el operador.

En una palabra siempre y cuando uno de las piezas extremas de la máquina posea la velocidad uniforme, será preciso atender a las observaciones siguientes: 1.º Se tratarán las partes por las cuales el movimiento de rotación continuo se transmite de una pieza a la otra de modo que la velocidad geométrica se conserve en una relación dada, lo que constituye verdaderamente el problema de los engranajes formado, en toda su generalidad. 2.º Se centrará exactamente las ruedas para los efectos resultantes de la fuerza centrífuga y presión que resulta sobre el eje. 3.º Se pondrá en equilibrio el peso de las piezas e movimiento alternativo o se utilizará el peso de ciertas piezas si hay lugar a regularizar la acción de la potencia y de la resistencia en cada posición del sistema. 4.º Se disminuirá cuanto se posi-

de la velocidad, amplitud del movimiento y la masa de estas mismas piezas, mientras lo permitan la solidez y el uso que se tenga que hacer de ellas. 5.º Por último se regularizará la acción misma del motor ó de la resistencia, por contrapesos ó por otra disposición que puede resultar del examen de cada caso individual.

El medio más general de regularizar el movimiento de las máquinas consiste en colocar sobre uno de los ejes de rotación una especie de rueda ó de volante dotado de una gran velocidad que se llama volante y que por su inercia absorbe ó almacena el exceso del trabajo motor conservándolo en fuerza viva cuando se acelera el movimiento, para restituirlo luego en sentido contrario de las resistencias cuando el movimiento se tarda ó su fuerza viva disminuye.

Llamando en efecto ω la velocidad angular del eje del volante r , la distancia de este eje de la masa elemental dm , la fuerza viva se representará por $\frac{1}{2} dm \omega^2 r^2$. Y de todas las partes del volante por $\omega^2 \int r^2 dm$ la expresión en la cual $\int r^2 dm$ es el momento de inercia de la masa entera.

14
 Comenzando ω por la velocidad a la cual se rota-
 cionan todas las de las diferentes partes del siste-
 ma y separando los términos de fuerza viva que
 corresponden al volante nuestra ecuacion fun-
 damental se convertirá en

$$\int r^2 dm (\omega^2 - \omega'^2) = \omega'^2 \sum dmp e'^2 - \omega'^2 \sum dmp e^2 + 2 \sum F d f - 2 \sum S W d r - 2 \sum S^2 d g.$$

Se puede calcular la velocidad ω por cada
 una de las posiciones del Sistema y así es dable por
 una discusion facil determinar las posiciones
 en que ω tenga el mayor y menor valor ya sea
 en una misma revolucion, ó sea al cabo de
 varias revoluciones sucesivas despues de las cua-
 les vendrá á ser la velocidad periodico por tríp-
 tesis; supongamos que ω sea el valor mayor
 y ω' el valor mas pequeño, representando por
 A el momento de inercia del volante, A po-
 drá comprender los momentos de inercia de
 todas las piezas materiales que son susceptibles
 de tomar un movimiento uniforme y,
 cuya velocidad se halla relacionada con la
 variable ω de suerte que se pueden escribir
 las velocidades v y v' de la formula general

su función de la velocidad angular del volante ω y de las funciones, φ y φ' deducidas de relaciones geométricas de la máquina a fin de que la relación de las velocidades de las diferentes piezas sea una cantidad constante determinada por esas últimas funciones.

llamando por último $\Sigma \int \cos \varphi \varphi' = P$,

$$\Sigma \int \cos \varphi \varphi'^2 = P'; \quad \Sigma \int F \cos \varphi - \Sigma \int K \cos \varphi - \Sigma \int L \varphi = Y$$

funciones que están comprendidas entre los límites ω y ω' calculables o determinados,

a priori por hipótesis: Resulta después de varias consideraciones el valor A ó sea

$$A = \frac{Y}{\omega \omega'} - \frac{P(2+\omega)^2}{2\omega} + \frac{P'(2-\omega)^2}{2\omega} \quad (1)$$

(1)

De la fórmula general anterior se obtiene

$$\omega^2 \int r^2 dm - \omega'^2 \int r'^2 dm = \omega'^2 P - \omega^2 P + 2Y \text{ ó sea}$$

$$\omega^2 (A + P) - (A + P) \omega'^2 = 2Y$$

Conociendo por medio de la cual se podrá siempre determinar la cantidad A de modo que la diferencia $\omega - \omega'$ entre la más grande y la más pequeña velocidad angular del volante sea una pequeña fracción n de la velocidad angular media $\frac{\omega + \omega'}{2}$, ó sea, llamando

funcion que permite calcular el valor de A , o sea, el momento de inercia del volante siempre que a priori se conozca $n = \frac{d}{\sigma}$ asi como la velocidad angular media σ del volante.

Esta misma funcion demuestra que, si se desea disminuir cuanto sea posible el valor de A y por consiguiente las dimensiones y el peso del volante σ o sea siempre un aumento de q o de resistencias pasivas, es preciso 1.º Aumentar convenientemente σ o la velocidad media de estabilidad, 2.º Disminuir cuanto se permita la solidez y la constitucion de la maquina las cantidades P y P' analogas al momento de inercia que corresponden a las masas de las partes del sistema, o las de sus movimientos oscilatorios. 3.º Disminuir igualmente por una reparticion o disposicion conveniente la cantidad P correspondiente a la diferencia de trabajo motor y resistente relativa

$w - w' = d$, $\frac{w + w'}{2} = \sigma$, resulta $n = \frac{d}{\sigma}$, cantidad sumamente

frecuente. De las dos ecuaciones $w - w' = d$, $\frac{w + w'}{2} = \sigma$ se obtienen

$w = \sigma + \frac{d}{2}$, $w' = \sigma - \frac{d}{2}$, substituyendo esos valores en la ecuacion general se tiene multiplicando ambos miembros por $\frac{1}{\sigma^2}$.

$$(A + P) \left(2 + \frac{d}{\sigma}\right)^2 - (A + P') \left(2 - \frac{d}{\sigma}\right)^2 = \frac{8P}{\sigma^2}, \text{ sabiendo q. } \frac{d}{\sigma} = n, \text{ obtenemos}$$

$$(A + P) (4 + 4n + n^2) - (A + P') (4 - 4n + n^2) = \frac{8P}{\sigma^2}, \text{ desarrollando}$$

$$4A + 4An + An^2 + 4P + 4Pn + Pn^2 - 4A + 4An - An^2 - 4P' + 4P'n - P'n^2 = \frac{8P}{\sigma^2} \text{ luego}$$

$$8An + P(2+n)^2 - P'(2-n)^2 = \frac{8P}{\sigma^2}, \text{ deduciendo inmediatamente de esta formula el valor } A.$$

fin al intervalo donde la velocidad es hacia su mas grande y mas pequeña volar

Siendo la fuerza de los volantes de suma importancia para regularizar el movimiento de una máquina, me creo en el deber antes de dejar en prensa hacer unas consideraciones generales acerca su establecimiento.

Para aproximar el movimiento de una máquina tanto como sea dable al uniforme, no hay necesidad de aumentar á la vez la velocidad y el momento de inercia de todas las piezas, pues resulta de inconvenientes muy graves, creciendo las resistencias pasivas, por lo tanto se prefiere valer de un volante que se procura colocar en un eje de gran velocidad y como de la fuerza que se trata de regularizar.

Cuando el motor y la resistencia obran con regularidad se colocan dos volantes; mas en todos los casos conviene que el volante asegure la uniformidad de la velocidad de su eje independientemente de la inercia propia de las piezas de rotacion que no están directamente interpuetas entre él y la fuerza que se trata de regularizar, condición

que simplifica muchísimo el problema de su establecimiento.

El peso de los volantes ocasiona un aumento de frotamiento sobre los ejes y por eso conviene construirlos tan ligeros como se puedan mientras conserven su energía que es proporcional a su fuerza viva $\frac{1}{2} W V^2$ donde W es el peso que se da a la materia de que se componen bastante densidad separada suficientemente del eje de rotación.

Debemos advertir que en las máquinas donde por la clase de la obra lo resulta en ella un movimiento bastante regularizado sera perjudicial colocar allí un volante por las fuerzas pasivas que siempre se desarrollan.

Tambien seran vitales los volantes en aquellas máquinas que por el objeto particular o que se destinan solo sujetar la máquina a sus propios movimientos o cambios de velocidad bruscos, como resulta en las máquinas de taladros, muelinos etc.

Se ve por esta discusion cuan importante es regularizar la accion de las potencias independientemente.

directamente del volante. De todos modos cuando es pequeña la cantidad $\int \sum F \cos \alpha - \sum N \cos \alpha - \sum P \cos \alpha$, se podrá dar al volante disminuciones muy reducidas en cuanto a la masa y la velocidad.

De modo que resulta en suma que la condición más importante es regularizar la intensidad absoluta de la potencia y de la resistencia útil; esto es, que las cantidades de trabajo que ellas producen en la máquina, supuesto que haga oscilarlo un movimiento determinado, sean constantemente iguales por cada revolución o a lo menos por dos, tres, etc., revoluciones, a fin de que la cantidad $\int \sum F \cos \alpha$ que sea valores muy grandes o que la fuerza viva y la velocidad, sino pueden ser constantes, se conserven entre límites determinados, y venga periódicamente a parar a los mismos al cabo de cierto tiempo, formando así la máquina lo que se llama régimen de estabilidad.

Del establecimiento de las máquinas industriales.

Ante todo debemos advertir que la industria

ofrecen dos clases de máquinas. Las unas sirven para vencer resistencias mas o menos considerables y las otras estan destinadas a elaborar cierta clase de materias que exige mas trabajo que fuerza, asi, segun la fórmula ya hallada $T_m = T_u + T_f$ en las primeras máquinas, se supone T_u muy superior a T_f mientras que en las segundas el término T_u es muy pequeño, quedando el trabajo resistente reducido casi al sumando T_f .

Es sabido que las condiciones esenciales de una buena máquina consisten en dar un maximum al efecto útil o a la cantidad de obra confeccionada y un minimum al gasto de trabajo motor, de suerte que la unidad de obra de cada especie se obtenga al menor precio posible. Para tratar la cuestion con toda su generalidad debe atenderse a las multitudinarias condiciones que pueden alterar las relaciones que existen entre el efecto útil y el efecto gastado, pero haciendo abstraccion del precio que varia con el tiempo y la localidad, se puede aqui abordar la cuestion en general atendiendo al establecimiento de las máquinas, por tanto

Es preciso estudiar la acción de los motores sobre los receptores y las herramientas u operadores sobre la materia que se confecciona. E. y en cuanto las fuerzas materiales, que sirven para comunicar el movimiento, la experiencia y el cálculo ha probado que estas últimas fuerzas ejercen en general, poca influencia sobre la cantidad de acción transmitida por ellas, siempre y cuando las máquinas estén bien construidas, porque entonces el trabajo absorbido por las resistencias pasivas subsecuentes a estas fuerzas es ordinariamente una fracción bastante reducida de la que ellas reciben del receptor.

No sucede lo propio respecto las pérdidas de trabajo del receptor y el operador, pues ellas forman como veremos luego una fracción considerable del valor absoluto y mecánico del motor, así lo que importa más en toda máquina es la relación de esos dos trabajos, y como el género de trabajo es casi siempre determinado, resulta que basta conocer sobramente las condiciones particulares a que debe sujetarse el operador.

El operador y el receptor deben ser considerados

como verdaderas máquinas sujetas a una potencia y varias resistencias, obrando cada una de esas partes como una verdadera máquina; así teniendo en cuenta el precio de los agentes y condiciones especiales del sistema podrá verse en conocimiento de la preferencia que debe darse a tal o cual motor. Por ejemplo, sabemos dicho que el mejor operador y el mejor receptor son aquellos donde la potencia y la resistencia, obran de una manera continua, uniforme, sin aumentos ni menguas, lo que se logra por medio de fieras a movimiento de rotación uniforme al rededor de un eje fijo; a su vez conviene que la mayor parte del trabajo receptor sea absorbido en provecho del operador, que los desperdicios de la obra o materia que elabora sean pocos, y que la obra alcance su mayor grado de perfección.

Si el operador y el receptor no están sujetos a ninguna resistencia pasiva se producirá el máximo de efecto absoluto, pero nunca se pueden esperar en la práctica tan favorables resultados, como no se puede tampoco esperar el movimiento uniforme completo en toda máquina.

De donde se deduce que no se obtendrá jamás en el operador ni en el receptor el máximo de efecto absoluto obteniéndose tan solo un máximo relativo.

Cualquiera que sean las condiciones del motor sus dimensiones, su forma, su velocidad ejercen una gran influencia sobre el trabajo transmitido; de suerte que en cada caso será preciso atender ó buscar las combinaciones mas convenientes para que se produzca el resultado mas ventajoso para la maquina. La experiencia y el cálculo suministran algunos resultados preciosos, relativamente á los diversos receptores; no sucede lo propio con respecto á los operadores.

Si se conoce para cada motor, cada receptor y cada herramienta las condiciones de mejor efecto y la relacion de la cantidad de trabajo transmitido á la cantidad de trabajo absoluto, combiniando estos datos con los que son estranos á la maquina se podrá determinar el operador y receptor que en cada caso particular y por cada localidad convengan mas y quedarán asi desvanecidas todas las dificultades. En cuanto á la velocidad, la forma y las dimensiones

siones relativa a estas piezas extremas, así como a las intermedias, debe atenderse a los principios invariables de la mecánica y sobre todo de la Cinemática.

Es preciso suponer que la cantidad de materia que se elabora en un tiempo dado sea conocida, así como el número de revoluciones de la máquina, para lo cual debe regularizarse la marcha de las operaciones y el trabajo motor. La condición mas esencial que debe cumplirse es la de disponer las cosas de modo que se presenten cantidades iguales de materias en el operador n a cada instante y de una manera continua, a lo menos a cada una de sus diversas revoluciones, de modo que sea poco el tiempo que obra la herramienta de una manera irregular. Así pues si se aplica al operador una potencia capaz de vencer todas las resistencias que se le presenten, elle desarrollará cantidades de trabajo iguales, n a cada instante a lo menos a cada revolución y en su virtud las variaciones de la velocidad estarán comprendidas entre dos límites, fijos y muy estrechos.

Estas condiciones son satisfechas en toda buena máquina, sea por la clase del agente, sea por medio

de disposiciones particulares inherentes al mismo operador.

En algunos casos no es posible regularizar la acción del operador, no porque la abundancia de materia ocasiona frecuentes interrupciones, sea porque la resistencia que ofrece esta materia no es constante o por otra causa cualquiera; pero en ese caso conviene reducir las desigualdades a una cantidad muy reducida, de modo que las cantidades de trabajo que se gasten en cada unidad de tiempo no se separen mucho del valor medio deducido de un corto número de revoluciones del operador.

En todos los casos donde resulta una desigualdad de acción produce grandes inconvenientes en la máquina que deben evitarse por medio de un volante colocado cerca del operador, que por su inercia mantiene la uniformidad del movimiento del eje al cual está aplicado; y supuesto que la potencia obra tan generalmente por hipótesis a la circunferencia de la rueda motriz, dividiendo este esfuerzo, medido en kilogramos, por la velocidad respectiva, el cociente nos dará

en kilogramos la fuerza que debe hacer la potencia para vencer la resistencia dada?

Si se consideran unas tras otras las diferentes piezas interpuestas entre el receptor y el operador, piezas que por hipótesis están dotadas de un movimiento de rotación sensiblemente uniforme y donde la influencia de la inercia puede bien despreciarse, resulta que las potencias y resistencias se hallan en equilibrio obrando cada una de estas piezas como máquinas simples, y su punto que se puede calcular las intensidades respectivas de las fuerzas que desarrolla cada una de ellas, merced á ello podremos deducir la cantidad de trabajo que corresponde á cada revolución ó en cada unidad de tiempo en el receptor para vencer todas las resistencias reunidas, y de este modo poder conocer la cantidad de trabajo absoluta que se debe librar al receptor en la unidad de tiempo ó en cada revolución de la máquina. En su consecuencia ya no se tratará mas que de graduar su intensidad de acuerdo, lo cual se hará por medio, análogo, á los

que sirven para graduar el trabajo mismo de los operadores, por ejemplo levantando convenientemente la compuerta que da el agua al motor hidráulico, la llave que da el vapor a los cilindros de la máquina &c.

Estas operaciones se ejecutan también por los hombres encargados del cuidado de la máquina y algunas veces se emplean disposiciones particulares para que la intensidad de la fuerza motriz siga naturalmente las variaciones de la resistencia y mantenga la constancia del movimiento: tal es más particularmente el pendulo cónico o regulador de fuerza centrífuga.

Si la máquina está ya construida, el cálculo anterior es inútil, como se puede comprender, en cuyo caso se tendrán que tantear las condiciones de velocidad, materia elaborable que debe tener, y presentar al operador según la fuerza disponible de dicha máquina; siendo este problema el recíproco del anterior.

La solución del problema del establecimiento de las máquinas que acabamos de bosquejar,

solo es aproximada; pero sería imposible la solución por cualquier otra vía atendida la multitud de índices variables de que depende y es superficialmente exacta para la práctica, en la cual nunca se pretende alcanzar el rigor matemático; siendo un grado de perfección tan precioso como raro llegar a una aproximación con error de $\frac{1}{5}$ y aun de un $\frac{1}{4}$. Por desgracia con demasiada frecuencia suele acontecer que la ignorancia de los constructores de máquinas si no les ha equivocado completamente el objeto, los aparta de él en tal manera que el efecto útil obtenido no es el $\frac{1}{5}$ ni aun el $\frac{1}{10}$ del que se hubiera podido esperar de otra disposición mejor. Por lo demás, si bien séntense sobre este asunto, es para hacer conocer las dificultades y la inutilidad en cuanto ahora de una solución rigurosa del problema de las máquinas; es para evitar la idea de tentativas que con frecuencia se tienen y para hacer apreciar por otra parte el mérito real de los conocimientos fundados en los datos ciertos de la mecánica y de la experiencia, así como para poner en estado de entrever de antemano la naturaleza de los recursos que es lícito esperar de ellos.

en los diferentes recursos

Por lo dicho hasta ahora se ve que no es posible hacer producir a las máquinas los efectos maravillosos que algunos suponen, elogiando por su imaginación y por su ignorancia de las leyes de la mecánica. Los metales como están a una multitud de resistencias pasivas, solo pueden transmitir con pérdida el trabajo que se les confía y esto hasta tal punto que se consideran como escombros los que dan como efecto útil los 0,5, ó 0,6 de la cantidad absoluta de acción gastada por el motor.

Hay máquinas que solo dan $\frac{1}{10}$ y $\frac{1}{20}$ del trabajo a causa de la ridícula complicación de sus engranajes y piezas.

Las ventajas principales de las máquinas consisten esencialmente en modificar la fuerza potente, según las diferentes necesidades de los artes y según leyes tales que sean aplicables a un género de trabajo que no podría realizarse en su estado primitivo.

Es así que por su concurso se ha reemplazado la destreza y la inteligencia del hombre por la fuerza física de animales imaccionales y otros a-

gentes naturales que son menos caras y producen la unidad de trabajo a un precio mucho elevado. Es así que por medio de máquinas y herramientas apropiadas se producen productos más bellos, más perfectos más regulares. Es así que las máquinas facilitan que ciertos motores impriman a ciertos cuerpos velocidades que directamente no podrían desarrollar, así que se elevan ciertos cuerpos cuyo peso excede del esfuerzo absoluto de que puede disponer el motor.

Tales son pues los servicios reales que las máquinas pueden prestar a la sociedad y a las artes en general; mas para hacerles alcanzar su importante fin es indispensable, como hemos visto resolver, una infinidad de cuestiones. aun bajo el punto de vista puramente mecánico, y mas de las cuales se refieren al trabajo de los motores, otras al modo de obrar de las herramientas, otras a la evaluación de las resistencias pasivas que acompañan necesariamente las piezas destinadas a transmitir la acción y el movimiento. Verdaderamente es que podríamos ahora determinar

Las condiciones especiales de cada motor y de cada operador así como de las piezas intermedias, considerando los movimientos en sí mismos y bajo el punto de vista geométrico, prescindiendo de las fuerzas que deben producir dichos movimientos a lo que el célebre Ampère en su ensayo sobre la filosofía de las ciencias llama cinemáticas y otros mecánicas, denominan y mecánica geométrica; pero para hablar debidamente de esta parte debía disponer de un tiempo que el reglamento no me permite, y como quiera que el tiempo del discurso se concreta simplemente a la teoría general del movimiento en las máquinas, creo contra-productivo entrar aquí en esas particularidades; con todo concluire indicando, aunque no sea mas que ligeramente, las partes en que naturalmente debe dividirse la mecánica geométrica.

1.º Receptores - Formas de sus órganos y naturaleza del movimiento producido, según el modo físico de la acción de la fuerza motriz.

2.º Órganos de comunicación, de transformación del movimiento de una parte de máquina a otra parte.

3.º Organos de las maquinas que sirven para modificar el movimiento y disponer los elementos en un orden determinado.

4.º Operadores: Organos que sirven para vencer las resistencias y que varian segun la naturaleza de estas y el producto que se ha de obtener

Yltmo Tor.

Señores: no puedo dejar la pluma sin rendir mi tributo de admiracion a esa ciencia que es la reina de nuestro siglo, a esa ciencia que domina tanto en medio del Ocano como de un extremo a otro de la tierra, tanto en las capitales como en los villorios, esa ciencia que produce el pan del pobre proletario y los capitales del industrial. La Mecanica ¡Bien te dijera! ¡Oh inmortal Arquimedes que te palanca que concubiste para mover el mundo, reducida a proporciones mas modestas bastara para agitar el mundo entero y producir una revolucion social!

No hay que dudar que esa serie de chimeneas que con altivez levantan su frente en las últimas arterias de las ciudades industriales

son una prueba fehaciente del grado de perfeccion
de que ha llegado hoy la mecánica, gracias a los tra-
bajos admirables de insignes mecánicos los cuales
por medio del cálculo sublime de las matemáticas
han resuelto problemas sumamente espinosos
que van facilitando poco á poco la solución de
otros mas complicados, dando así constante cuen-
ta de la mecánica nuevos frutos de un bello árbol
de la ciencia!

He dicho.

Barcelona 5 de Setiembre 1873.

Luis Clavero y Ricart