

2/3268

1919JE

tit m- 33985

10
1912

ic

Sig.: 1919 IE

Tit.: Curso de mecánica aplicada á

Aut.: Moltó é Izquierdo, Julio

Cód.: 51042999



D-621:358.1

PPPS

ACADEMIA DE ARTILLERIA.

CURSO

DE

mecánica aplicada á la artillería.



Probetas y aparatos balísticos

Por

Don Julio Molto' é Izquierdo,

Comandante de ejército Capitan de Artillería,

Profesor de la Academia.

(Escrita en 1872)

Segovia.

Autografía de la Academia.

1875

ACADEMIA DE ARTILLERIA



CURSO

Artilleria

Handwritten initials

Examen de ingreso a la academia de artilleria

Examen de ingreso a la academia de artilleria

Don Juan de los Rios y Capitan

Comandante de la fuerza de artilleria

Ante mi

Probetas y Aparatos Balísticos.

Capítulo I.

Sumario.

I. Necesidad de probar las pólvoras por medio de las probetas. II. Diferentes clases de probetas. III. Probetas D'Arcis. IV. Morterete. V. Conveniencia de usar el cañon y fusil pendulo como probeta. VI. Cañon Pendulo. VII. Fusil Pendulo. VIII. Determinacion de la fuerza relativa de la pólvora en el cañon o fusil pendulo. IX. Determinacion de las distintas cantidades que entran en la formula de la fuerza de la pólvora. X. Balanza de momentos o de Division. XI. Asistencias pasivas o causas de error de la formula de la fuerza de la pólvora.

I.

— La Artilleria, es una aplicacion de la mecánica, al estudio de una clase particular de máquinas que tienen por fuerza motriz la expansiva de los gases de la pólvora.

La determinacion de dicha fuerza es una de las cuestiones mas importantes de aquella ciencia, perteneciendo exclusivamente a la balística interior.

Es sabido por esta, que teóricamente no se pue-

de determinar la expresada fuerza, que tampoco toda ella se aprovecha en las armas de fuego y que la parte que se hace sensible ó sea su fuerza relativa depende de las condiciones de fabricacion, pero variando su intensidad segun la forma y dimensiones de las armas, cantidad de carga y estado de la pólvora.

De lo espuesto se deduce 1.^o que hay necesidad de probar las pólvoras tanto al concluir de fabricarlas como antes de usarlas. 2.^o que es preciso verificarlo valiendose de aparatos á los que, teniendo presente su objeto, se ha dado el nombre de Probetas.

II.

Estas pueden comprenderse en cuatro clases. 1.^a Las de muelle, en las que su elasticidad sirve de resistencia. 2.^a Las de peso, en que la resistencia es un peso que tapa la boca del receptáculo donde se inflama la pólvora. 3.^a Las hidrostáticas, en las cuales el efecto se mide por la inmersión en el agua de un cuerpo ligero y 4.^a Las armas de fuego, ordinarias u otras mas pequeñas.

Varias son las probetas que hay de las tres primeras clases, tales como la probeta-Pistoleta y la de Romana de Regnier, correspondientes á la 1.^a la Austriaca ó de Barra dentada y la de Colson á la 2.^a y la hidrostática ó de Regnier á la 3.^a; pero que no merecen detenerse en ellas pues están reducidas á una pequeña cavidad donde se coloca la pólvora, la que se cubre con una tapa que al inflamarse dicha pólvora, mueve un muelle ó un peso, ó un tubo que introduce en agua, y que estando graduados, su

mayor ó menor movimiento marcará la correspondiente graduación ó sea la fuerza; pero no se emplean, ya hace tiempo, á causa de que en las de la 1.^a clase es muy irregular la resistencia de los muelles; en las de la 2.^a no es fácil colocar siempre igual el peso y que generalmente tiene el agua diferente densidad en las de la 3.^a; además de que en todas, las de dichas tres clases, la pequeña cantidad de pólvora que se prueba sirve muy imperfectamente de comparación con respecto á las que se usan en las armas ordinarias, y tanto más, cuanto que una pequeña variación en su carga en pesos ó volúmenes induce á grandes errores (11)

III.

— Por dichas razones la ordenanza del Cuerpo de 1802 solo manda se empleen las de la 4.^a clase, previniendo sean la probeta de retroceso D'Arcy y el morterete.

Consiste la de D'Arcy (fig. 5.^a lámina 3.^a) en un cañoncito corto *A* del calibre de un fusil, el que oscila como un péndulo, para lo cual unos estribos *B* le unen á una barreta *C*, que ha de pasar por el centro de gravedad de todo el aparato, cuya barra hacia un extremo está unida á un prisma triangular *d* por el que descansa sobre unas lunetas *f*

(11) Puede verse en obras antiguas: *Senderos*, tomo 1.^o artículo 1.^o párrafos 30, 31, y 32.

sujetas á su vez á un marco \mathcal{D} apoyada en un cuadro \mathcal{O} tiene sus correspondientes pies. Este cuadro y pies, son de madera y el resto del instrumento es de hierro. El tornillo \mathcal{L} sirve para poner horizontal el marco \mathcal{D} , quedandolo entonces tambien el prisma \mathcal{A} á sea el eje de rotacion, por construccion paralelo al maxo \mathcal{D} . En prolongacion de dicho eje hay un limbo \mathcal{M} , unido al marco \mathcal{D} y paralelo al cañon, cuyo limbo es vertical cuando el marco este horizontal, lo que se vera por el nivel con pendulo \mathcal{I} . De la barra de suspension sale un brazo curvo \mathcal{G} que mueve un indice \mathcal{H} el que marca la mayor ó primera semi-oscilacion.

Se carga poniendo vertical el cañoncito, echandole una onza de pólvora y acompañandole hasta que tome la posicion horizontal, pero con cuidado para que la pólvora quede reunida: se le da fuego por un hilo de mecha. Tambien se carga con 50 gramos de pólvora y encima una bala, lo que parece preferible por ser analogo á lo que se hace con las armas de guerra.

Como se vera despues, las fuerzas estan en la proporcion:

$$\frac{\mathcal{P}}{\mathcal{P}'} = \frac{\sin \frac{1}{2} \alpha}{\sin \frac{1}{2} \alpha'} = \frac{e}{e'}$$

siendo α y α' los ángulos de oscilacion y e y e' las cuerdas correspondientes. La corta cantidad de pólvora que se emplea solo la hace apreciable para comparar pólvoras de fuel.

IV

— Por eso la de cañon se ha de probar en el morterete que es de bronce y análogo a un mortero de los antiguos de placa, si bien de dimensiones menores pero fijadas exactamente por ordenanza; y puede formarse idea de él con la (fig. 2.^a lámina 3.^a). La carga de pólvora ha de ser de 86,267 gramos, se la coloca en la recámara para lo cual se pone vertical el morterete, metiendo antes el punzon por el fogon, despues se introduce la bombeta (que es de bronce) con la llave puesta, situando la flecha en el plano de la boca, se deja caer el morterete, se quita la llave y la aguja: se apunta, se ceba y se da fuego con una mecha.

Hay que tener gran cuidado en cada prueba de igualar todas las condiciones del tiro: viendo si la esplanada está bien horizontal; reconociendo el morterete para asegurarse de las dimensiones; rectificando la graduacion por 45° y los pesos de la carga y proyectil. Se cargará siempre del mismo modo y se medirán exactamente los alcances poniendo para ello una línea de banderolas.

Se hace un disparo sin bombeta para calibrarlo, despues otros tres con ella; no debiendo el alcance medio de dichos tres disparos bajar de 97^m para que la pólvora pueda emplearse en ejercicios de instruccion ó salvas, pues la que de mas de 97^m se destinará ya para funciones de guerra: sin

embargo convendrá compararla con otra que sirva de tipo y cuyo alcance sea conocido con un morterete y bombeta nueva, á consecuencia de que las degradaciones de aquel hacen disminuir gradualmente los alcances en 0,004 á 0,007 por 300 tiros, atendiendo á lo cual construyen en Francia los morteretes de hierro fundido.

Aunque se ha procurado dando un peso exagerado á la bombeta (25,9995 Kg^s) con respecto á la carga, disminuir el efecto de la resistencia del aire, no por eso desapareciera dicha resistencia, lo que producirá irregularidades en los alcances, y por consiguiente en las fuerzas, y en cambio pequeñas diferencias en las cargas no influirán lo que debían en la velocidad de inflamacion y solo será la combustion la que cause el efecto principal, por cuya razon los morteretes tienen el defecto de clasificar las pólvoras en orden inverso á lo que se verifica en los cañones, si bien en el mismo de los morteros por ser igual su modo de actuar.

V.

— De aqui pues, que apesar de la generalidad con que se usa el morterete debe quedar reducido á probar las pólvoras vivas ó de mortero, y es preciso otro aparato para las lentas ó densas. Con este objeto puede emplearse el cañon y fusil-pendulo de Robins; los que constituyen una parte de los pendulos balísticos, usados en las fabricas de pólvora + va

la determinacion de la fuerza relativa ó balística de la pólvora, cuyos péndulos con la invencion de los aparatos electro-balísticos han perdido su importancia pero conservandola sin embargo dicho cañon y fusil-péndulo bajo el punto de vista de probetas; y por consiguiente, sirviéndose de uno y otro podrán probarse las polveras de cañon y de fusil, eliminandose la probeta d' Arcy que siendo tambien un péndulo es mas imperfecto, pues que en los de Robins las armas son tales como se emplean en la guerra.

XX.

— El cañon péndulo (fig.^a 9.^a lám.^a 5.^a) consiste en una pieza del calibre que se quiera AA colocada de modo que entren sus muñones A en las muñoneras de dos gualderas A' de hierro forjado, que se apoyan en 4 barras de suspension BB, las que por medio de dos collares C pueden ceñir al cañon por la caña y culata y cuyos collares C deben tener ademas mayor peso en la parte inferior, á fin de bajar cuanto sea posible los centros de gravedad y oscilacion. De las 4 barras de suspension dos abrazan el cañon por su parte anterior y las otras dos por la posterior, acercandose las de cada lado por la parte superior al mismo tiempo que se separan del plano vertical que pasa por el eje del cañon. Las cuatro barras están ligadas entre sí por travesaños EE' y entretoesas FF' y en la parte inferior se unen las entretoesas HH anteriores y HH' posteriores por un perno de rosca I, mientras que otro á cabeza atravesada M las une

en su parte superior por encima del cañon. Montado en \underline{L} hay un peso movable que tiene por objeto variar á voluntad los centros de gravedad y oscilacion, para lo que dicho peso se compone de varios discos de plomo que se sujetan en la posicion mas conveniente por dos rocas de presion \underline{O} .

Se sostiene todo el aparato por el arbol \underline{Q} , elevado $\underline{5}^m$ sobre el terreno, en direccion perpendicular al eje del cañon y cuyos extremos forman cuchillas redondeadas que descansan en cojinetes ó lincetas de auro \underline{R} , que consisten en dos planos inclinados ligeramente y unidos por un arco de circulo de dimensiones convenientes, para que en las oscilaciones del pendulo el rozamiento haga que en vez de resbalar las cuchillas solo puedan rodar, impidiendose asi el movimiento lateral. Dichos cojinetes descansan sobre planchias de hierro colado \underline{X} sujetas por pasadores á dos pilares de piedra los cuales sostienen todo el aparato.

Un arco de cobre \underline{III} graduado y dividido en minutos, se fija sobre otro de madera \underline{II} perpendicular al plano de las cuchillas y se sostiene por pies derechos \underline{IV} que descansan en la solera \underline{Z} . Sobre el arco se desliza un indice con su nombre movido por una aguja \underline{G} fija al pendulo.

VII.

— Del fusil-pendulo, posee la Academia un ejemplar que consiste en un fusil liso (calibre = 55, 52^{ras}) analogamente dis-

puesto al cañon-péndulo ya descrito, pero sostenido por pies derechos de hierro: despues de lo ya dicho bastará para comprenderlo inspeccionar las (fig^{ta} 4^{ta} lam^{ta} 2^a) aunque tengase presente que pueden variar tanto los detalles como el modo de suspension del aparato. Para cargarlo se separa el fusil del instrumento, se hacen 30 gramos de pólvora, despues se pone una bala en un cartucho vacío de papel y con un baqueton se la acompaña, se coloca el fusil vertical en el suelo apoyando su boca que se pondrá hacia arriba, en una palomilla que habrá en la pared; se introduce el baqueton (el cual ha de tener 5^m, 47 largo, con peso de 5,176 Kilog^{os}) hasta tocar su extremo en una cavidad abierta en otra palomilla superior situada de tal modo, que la cabeza del baqueton solo diste de la carga 5^m, 55 y se suelta dejándole caer por su propio peso. Se lleva despues el fusil al péndulo, se ceba con pólvora fina, llenando el oido y el rebajo en que está abierto y se da fuego con un alambre enrojecido, para lo que se le habrá encorbado y dotado de su correspondiente mango: se hace primero un disparo para calentar el fusil y despues otros 30 y el termino medio de las oscilaciones de estos ultimos, será el valor del ángulo α que describe con dicha carga.

VIII.

— Es preciso pues, ver como se puede determinar la fuerza de la pólvora, es decir la que ha producido el ángulo α al moverse el péndulo, ya sea este cañon ó fusil.

Supóngase (fig.^a 5.^a lám.^a 3.^a) en cualquiera de ellos, que O sea el eje de rotación, G el centro de gravedad con el cañon cargado y A el centro de suspensión; quedando por consiguiente el aparato reducido al péndulo compuesto $O. G. A$.

En el instante del disparo los gases de la pólvora además de comunicar movimiento al proyectil, actúan contra el ánima de la pieza y con arreglo al 2.^o teorema general de mecánica racional ó que „en todo sistema material el incremento total de la suma de las cantidades de movimiento proyectadas sobre un eje fijo cualquiera durante cierto tiempo, es igual á la suma de las impulsiones totales de las proyecciones de las fuerzas exteriores sobre dicho eje en dicho tiempo,“ se verificará que

$$\sum m v - \sum m v_0 = \int_0^t F dt$$

Si se toma ahora por eje fijo del sistema al de la pieza como $v_0 = 0$ pues el aparato estaba en reposo y $F = 0$ por no haber fuerzas exteriores, quedará reducida dicha ecuación á

$$\sum m v = 0$$

con lo que si se llama M y \bar{v} la masa y velocidad de la pieza y demás partes del péndulo y m y \bar{v} á las del proyectil, se tendrá

$$\sum m v = M \bar{v} + m \bar{v} = 0$$

ó sea $M \bar{v} = -m \bar{v}$

y por consiguiente la pieza se pondrá en movimiento en sentido contrario al proyectil ó sea en el de $A G$, si bien en la

práctica lo hará con mayor cantidad de movimiento que la $m \bar{v}$ por haber despreciado la masa de la carga.

Pero como el cañon no está libre durante cada instante del tiempo t en que se verifica la inflamacion, el péndulo recibe de los gases acciones que reaccionando otras iguales y contrarias á las de la pólvora tienden á imprimirle un movim^{to}. de rotacion cuya aceleracion angular $\dot{\omega}$ sea la ecuacion del movimiento de rotacion al rededor de un eje es

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{\sum P_{\rho}}{\sum m r^2}$$

En la fuerza P hay que considerar 3.^o las acciones de la pólvora que representandolas por F si se llama i á su brazo de palanca CA , tendran por momento $F i$. 2.^o el peso del aparato; pero siendo la accion de los gases casi instantanea puede suponerse que el centro de gravedad no sale del plano vertical y por consiguiente la vertical que marca la direccion del peso cortará al eje y su momento será nulo. 1.^o las reacciones del eje cuyo momento tambien es cero por que pasan siempre p.^o dicho eje. Con lo que

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{F i}{\sum m r^2}$$

de donde $d\omega = \frac{i}{\sum m r^2} \times F dt$ y, $\int_0^t F dt = \frac{\sum m r^2}{i} \times \omega$ (a)

El 5.^o miembro de esta ecuacion expresa la impulsión total de la fuerza que se quiere conocer, pero durante el tiempo que actúan los gases, por lo que para eliminar dicho tiempo se empleará el 2.^o teorema general $\int v dv = \dots$

$$\sum m v - \sum m v_0 = \varepsilon \int_0^t F dt.$$

No tomándose en cuenta mas que el pendulo, y poniéndose este en movimiento en virtud de la sola accion de la pol-
vora que obra como fuerza exterior y siendo ademas $v_0 = 0$ la
ecuacion anterior se reduce á

$$M \bar{v} = \int_0^t F dt$$

Y si se llama \mathcal{I} á dicha cantidad de movimiento
será

$$\mathcal{I} = \int_0^t F dt$$

con lo que la ecuacion (a) se tendrá bajo la forma

$$\mathcal{I} = \frac{\sum m r^2}{2} \times \omega$$

Ahora bien, \mathcal{I} es la representacion de la fuerza, p.
se quiere hallarla en funcion del ángulo α , descrito por el
pendulo en su movimiento y como la cantidad desconocida
que entra en el valor de \mathcal{I} es la velocidad angular ω habrá
que poner esta en funcion de α para lo que servirá el 1^o teo-
rema general, ó que el incremento total de la fuerza viva de un sis-
tema durante un tiempo es igual al doble de la suma de trabajos de
todas las fuerza que obran sobre el sistema en dicho tiempo, lo que se
expresa por

$$\sum m v^2 - \sum m v_0^2 = 2T$$

para el caso actual con

$$\sum m v^2 = 2T \dots \dots \dots (b)$$

El 1^o miembro es la fuerza viva adquirida por el pendu-
lo en su movimiento y es claro que será

$$\sum m v^2 = \sum m r^2 \omega^2$$

pues que se ha indicado con r las distintas variables de cada punto del péndulo a su eje de rotación; mientras que el 2.º término es el trabajo ejecutado por el cañón en su semi-oscilación, es decir que si \underline{OA} es la posición inicial del péndulo y por efecto del disparo toma la $\underline{OA'}$ que forma con la primitiva el ángulo α , el centro de gravedad \mathcal{G} habrá descrito el arco $\underline{GG'}$ en lo que habrá desarrollado un trabajo y como este es igual a la fuerza por el camino recorrido en dirección de la fuerza, que es aquí el peso del aparato, será por consiguiente

$$2T = 2P \times \underline{GG'} = 2P (\cos \alpha - \cos \alpha')$$

y si a la distancia \underline{OG} se la llama a quedará

$$2T = 2I(a - a \cos \alpha) = 2Pa(1 - \cos \alpha) + 2Pa \sin^2 \frac{1}{2} \alpha.$$

Con los valores encontrados para los dos miembros de la ecuación (b) se convertirá esta en

$$\sum m r^2 \omega^2 = 2Pa \sin^2 \frac{1}{2} \alpha$$

de donde, $\omega = 2 \sin \frac{1}{2} \alpha \times \sqrt{\frac{Pa}{\sum m r^2}}$

y substituyéndolo en el valor hallado para T quedará*

$$T = \frac{2 \sin^2 \frac{1}{2} \alpha}{\sqrt{Pa \sum m r^2}}$$

pero como $\sum m r^2 = M a^2$ (1) por ser l la longitud del péndulo

(1) Esta fórmula debe haberse deducido en Mecánica Racional, pero se encontrará fácilmente recordando, que el momento de inercia de un sólido con respecto a un eje por ejemplo el o es igual al momento de inercia del mismo sólido con respecto a otro eje paralelo al o y tirado por el centro de gravedad aumentado del producto de la masa del sólido por el cuadrado de la distancia a de su centro de gravedad al eje o sea que $\sum m r^2 = \sum m r'^2 + M a^2$ y como $\sum m r'^2 = M k^2$ siendo k el radio de giro será $\sum m r^2 = M k^2 + M a^2 = M a^2 (\frac{k^2}{a^2} + 1)$ y como $a + \frac{k^2}{a} = l$ resultará $\sum m r^2 = M a l$.

simple isocrono ó equivalente del compuesto ó lo que es lo mismo $l = oL$ por ser L el centro de oscilacion del péndulo se tendrá

$$g = \frac{2 \operatorname{sen} \frac{1}{2} \alpha}{\frac{Pa}{r}} \times \frac{Pa}{r} \times \frac{r}{g} = \frac{2 \operatorname{sen} \frac{1}{2} \alpha}{\frac{Pa}{r}} \times \frac{Pa}{r} \times \frac{r}{g} = 2 \operatorname{sen} \frac{1}{2} \alpha \times \frac{Pa}{r} \times \frac{r}{g} \dots \dots \dots (c)$$

en la que g ya se ha dicho representa la cantidad de movim.^{to} que lleva el péndulo é impresa por la accion de la fuerza de la pólvora.

Con otra carga de pólvora diferente y en las mismas condiciones se tendría

$$g' = 2 \operatorname{sen} \frac{1}{2} \alpha' \times \frac{Pa'}{r} \times \frac{r}{g'}$$

de donde $\dots \dots \dots \frac{g}{g'} = \frac{\operatorname{sen} \frac{1}{2} \alpha}{\operatorname{sen} \frac{1}{2} \alpha'} \dots \dots \dots (d)$

y se puede decir que las cantidades de movimiento ó sean las fuerzas de la pólvora son proporcionales á los senos de las semioscillaciones del péndulo.

Algunas veces conviene medir en vez de los senos, las cuerdas de los arcos, y para esto habrá que hallar una relacion entre α, α' y sus cuerdas; para ello en el triangulo rectángulo $D.A.C.$ (fig.^a 6 lám.^a 5.^a) ó por la semejanza de los ADC y AHC se tiene que

$$\frac{DC}{AC} = \frac{AC}{CH} \dots \frac{2r}{c} = \frac{c}{r(2 \operatorname{sen} \frac{1}{2} \alpha)} \frac{c}{r} = 2 \operatorname{sen} \frac{1}{2} \alpha$$

y substituyendo en g y en $\frac{g}{g'}$ será

$$g = \frac{c}{r} \cdot \frac{Pa}{r} \times \frac{r}{g} \dots \dots \dots (c)$$

$$\frac{g}{g'} = \frac{c}{c'} \dots \dots \dots (d')$$

Las fórmulas halladas son aplicables á la probeta D'Arcy; como se deduce de la descripcion de ambos aparatos.

Las fórmulas (d) y (d') permiten hallar la fuerza de la pólvora por comparación con otro tipo, mientras que las (c) y (c') sirven para encontrarla directamente.

IX

— En la fórmula (c) entran las cantidades α o $\frac{1}{2}$, l , g y H , por lo que habrá que determinar dichos elementos.

— En cuanto al valor de α o $\frac{1}{2}$ quedará marcado en cada caso, por el índice que arrastró la aguja y se expresará con toda la exactitud que permita el nonio o vernier.

— La distancia l es fácil de medir directamente.

— La gravedad g varía con la latitud β , y con H altura sobre el nivel del mar del sitio donde se opera, por lo que habrá que usar la fórmula

$$g = \frac{9.80670 (1 - 0.00288 \cos 2\beta)}{1 + \frac{54}{2H}}$$

en la que todo es conocido, pues R radio medio del meridiano terrestre es $R = 6366,200 \text{ m.}$

— El valor de l longitud del péndulo simple isocrono del compuesto de que se trata, se hallará midiendo el tiempo t de una pequeña oscilación de dicho péndulo compuesto, que siendo el mismo que el de su equivalente simple, por medio de la fórmula

$$t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

se obtendrá

$$l = \frac{t^2}{\pi^2} \times g.$$

Para conocer el espresado tiempo t , se hace oscilar el cañon ó fusil péndulo, observando exactamente con un cronómetro que marque décimas de segundo, (1) la duracion de un gran número de oscilaciones que no baje de 200 y cuyas oscilaciones pueden ser grandes ó muy pequeñas.

Si se quiere decir cierto de las pequeñas no habrá de empezarse por un ángulo muy diminuto, pues que así es muy difícil la observacion con la exactitud que se desea; por lo que convendrá que dicho ángulo sea de unos 5 grados. Desde esta posicion, se pondrá en movimiento el péndulo y fijando la vista solamente en la parte derecha ó izquierda del limbo, para observar cada vez que á dicha parte lleque el péndulo, se contará el número de oscilaciones dobles ó correspondientes á los ascensos y descensos. El tiempo que en dichas oscilaciones se haya tardado, partido por el doble del número de oscilaciones será el correspondiente, á una semi-oscilacion.

Si se elije el determinar dicha duracion t valiéndose de oscilaciones grandes, lo que si bien puede dar ma-

(1) Es conveniente el emplear el contador de segundos de Breguet, aparato que por medio de una palanqueta ó manecilla aprueba hasta $\frac{1}{10}$. En el instante de iniciar su movimiento el péndulo, se alza la palanqueta ó se aprueba por medi de un boton y para pararlo se baja ó ufloja.

por exactitud tal vez sea más pesado y epifa más de un observador) se deducirá de la fórmula de mecánica racional para el tiempo de dichas oscilaciones en el péndulo simple o

$$T_{(2)} = \pi \sqrt{\frac{L}{g}} \times \left\{ 1 + \left(\frac{1}{2}\right) \frac{h}{L} + \left(\frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 4}\right) \cdot \left(\frac{h}{L}\right)^2 + \left(\frac{1 \cdot 3 \cdot 5}{2 \cdot 4 \cdot 6}\right) \left(\frac{h}{L}\right)^3 + \dots \right\}$$

en la que h es igual al radio L de oscilación menos el seno del ángulo α . Para ello se hará oscilar el péndulo, empezando por una amplitud grande y yendo aproximando el índice se irán viendo las graduaciones que señala; las que se irán apuntando, repitiéndose la operación varias veces. Así pues habrá habido un número n de oscilaciones de α° , n' de α'' , n'' de α''' , ... y si se supone que los valores de la serie para α , α' , α'' , ... sean \bar{h} , \bar{h}' , \bar{h}'' , ... y que T , T' , T'' , ... representen los tiempos parciales de dichas oscilaciones, se tendrá que

$$T = t \bar{h} \times n, T' = t \bar{h}' \times n', \dots \quad \text{y como}$$

$$T + T' + T'' + \dots = \bar{T}$$

tiempo total, será también

$$\bar{T} = t (n\bar{h} + n'\bar{h}' + n''\bar{h}'' + \dots)$$

y si a todo este factor del parentesis se le llama H , que dará

$$\bar{T} = t \times H$$

de donde

$$t = \frac{\bar{T}}{H}$$

Como \bar{T} , se habrá medido por el contador al hacer las operaciones anteriores y H es conocido se tendrá el valor de t y por consiguiente el de L

- Por lo que hace al de P puede hallarse

por partes ó de una vez; pero es conveniente que el del aparato sea ya marcado de la fundicion ó sitio de su construccion, pues que los de las partes que se le agregan son conocidos.

- Para obtener a es preciso determinar el centro de gravedad del aparato ya cargado, lo que puede ejecutarse de varios modos.

Uno consiste en calcular con la exactitud posible los pesos parciales y centros de gravedad de las distintas partes de que se compone el péndulo y midiendo la distancia a que se encuentran del eje de rotacion, la suma de momentos $p'a + p''a'' + \dots$ será igual á Pa momento total. Los pesos parciales se encontraran sin dificultad y en cuanto á los centros, la parte en que se le quiere conocer se la coloca en equilibrio sobre la arista aguda de una barra horizontal y valiendose de una plomada se marca con yeso el plano vertical que pase por el punto de contacto. Se pone la barra en equilibrio en otra posicion, se traza analogamente otro plano vertical y el centro de gravedad estará en la interseccion de los dos, siendo ya fácil determinar la distancia de él al eje de rotacion.

Tambien podia analogamente determinarse de una vez el valor de a . Como el aparato está suspendido sobre el eje de rotacion que debe ser horizontal, se marca el plano vertical que pasa por el eje del cañon, pues que por la simetria del aparato en él estará el centro de gravedad.

En seguida se desuelga el aparato, se pondrá en equilibrio sobre la arista viva de una barra horizontal y se traza otro plano vertical. Puesto otra vez el aparato en su sitio, la distancia desde la interseccion de los dos planos al eje de rotacion, será el valor de \underline{a} ; y es facil medirla por medio de dos reglas.

Estos metodos tienen los defectos de ser siempre embarazosos e inexactos; pero se salvarán, hallando de una vez el momento \underline{Pa} , si bien el modo variará segun el descansa del eje sea sobre muñoneras como en algunos pendulos antiguos ó en lunetas. En el ^{ser} caso se puede entones hacer girar el aparato hasta que quede horizontal y suponiendo sea \underline{O} (fig.^a 7.^a lam.^a 5.^a) la proyeccion del eje de rotacion y \underline{G} el centro de gravedad, se le mantendrá en dicha posicion por medio de un peso \underline{P} , valiendose de un cordon que pase por una polea fija.

Considerese en esta máquina compuesta las simples que la constituyen: en cuanto á la polea la ecuacion de equilibrio es

$$\underline{P} \times \underline{o'r} = \underline{A} \times \underline{o'r'}$$

pero como

$$\underline{o'r} = \underline{o'r'}$$

quedará

$$\underline{P} = \underline{A}$$

y en la palanca de 2.^o género que forma el pendulo, si se llama $\underline{A'}$ la reaccion de \underline{A} quedará para su ecuacion

de equilibrio

$$OC \times R' = OS \times P$$

y eliminando entre ambas ecuaciones la $R = R'$ resultará

$$P \times OS = \bar{L} \times OC$$

$$\text{o} \quad Pa = \bar{L} \times OC$$

como \bar{L} es conocido y OC es medible quedará determinado de una vez el momento Pa .

Si el péndulo igualmente que en los descritos, descansa por el filo de sus cuchillas en los cojinetes de los soportes, como no podrá situarse horizontal, habrá que darle una inclinación que no permita se salga de las lunetas, por ejemplo que forme con la posición vertical un ángulo de 5 á 6°. En esta disposición (fig.^a 6 lám.^a 2.^a) se afirma al extremo del péndulo, un cordón que pase por una polea colocada convenientemente para que su ramal CD quede perpendicular á ce , mientras que en el otro se pone el peso \bar{L} necesario para la estabilidad del instrumento. Encontrando las condiciones de equilibrio de las máquinas simples que entran en la actual, se tendrá para la polea

$$\bar{L} = A.$$

para el péndulo la ecuación de momentos con respecto al eje proyectado en O la que será

$$R \times OC = P \times OS = P \times OS' = P \times a \text{ sen } \alpha$$

y eliminando la resistencia auxiliar A resultará

$$\bar{L} \times OC = P \times a \text{ sen } \alpha$$

de donde

$$Pa = \frac{\bar{L} \times oc}{\sin \alpha}$$

Como \bar{L} y oc son conocidos y α se medirá por los arcos mismos del péndulo, se tendrá hallado el momento Pa

X.

— Pero á fin de evitar la rigidez del cordón, rozamiento de la polea, y la inexactitud en la medida del ángulo α , deberá encontrarse el momento Pa por medio de la balanza llamada de momentos (1). Este aparato fue imaginado por Mr. Didion en 1809 y adoptado el año 1857 para las pruebas de las pólvoras en las fábricas Francesas.

Consiste (fig.^a y lamina 2.^a) en una palanca recodada ABC cuyos brazos AB y BC tienen $0,75$ de largo y forman entre sí un ángulo igual á $90^\circ + \alpha$, siendo $\alpha = 5^\circ 44', 35$. En la estremidad C' de uno de sus brazos está articulado por medio de cuchillas, un vastago inclinado CD susceptible de alargarse para poder á su vez articularlo al péndulo; el extremo A del otro brazo lleva otro vastago movable, igualmente sobre cuchillas, el que soporta un platillo. La balanza recodada se apoya en B , siempre con cuchillas, sobre un soporte E que permite fijarla á la solera que sostiene el péndulo, pudiéndose mover un poco, sea para-

(1) El fusil péndulo de la Academia que se apoya sobre lincetas no tiene la balanza por lo que no puede con exactitud medirse dicho momento Pa

lamente al brazo AC sea perpendicularmente a esta direccion, valiendose de los tornillos F y F' .

Su construccion es tal, que si se articula el vástago CD (fig.^a 30 lám.^a 2.^a) perpendicularmente a AD y se le obliga a girar haciendo contrapeso en A , hasta que AD y CD queden paralelas, el brazo AA es entonces horizontal, cuya posicion se conocerá por la horizontalidad que marcara un nivel que lleve el brazo CD , formando con él un ángulo α ; y que por consiguiente es entonces paralelo al brazo AA . Se llegará facilmente a colocar el brazo AA horizontal y a la vez el vástago CD con la inclinacion de α ó sea perpendicular a BC y a AD , situando la balanza a conveniente distancia y moviendo sucesivamente los tornillos F y F' (fig.^a 9 lám.^a 2.^a); en cuya posicion se la mantendrá por medio de pesos colocados en el platillo, los que daran la medida del momento que se desea.

Para establecer la teoria de la máquina compuesta que constituye este aparato, deberán encontrarse las ecuaciones de equilibrio de las simples que la forman.

Imperando primero por el péndulo, se tomarán los momentos de las fuerzas que lo solicitan con relacion al eje proyectado en e (fig.^a 30 lám.^a 2.^a) como la suspension se verifica por medio de cuchillas, se puede considerar como nulo el momento de la reaccion de los apoyos y no quedarian entonces mas que el momento del peso P y el de la reaccion

A ejercida en D por el vástago, en el sentido de DC , con lo q.
se tendrá

$$R \times OD = P \times OC = P \times a \text{ sen } \bar{L}.$$

la que por ser $\bar{L} = 5^\circ 44', 35''$, ó sea $\text{sen } \bar{L} = \frac{1}{10}$ se reducirá á

$$P \times 10 = R \times OD \dots \dots (a)$$

Considírese en 2º lugar el equilibrio del vástago CD con cuyo
objeto supongase que sea R' su reaccion en C por efecto de la
palanca recodada, llámuse p el peso del vástago aplicado á
su centro de gravedad g' , y como el vástago recibe del péndu-
lo una reaccion R igual y contraria á la que ella misma
ejerce sobre el péndulo, si se proyectan las fuerzas R , R' y P
sobre la direccion DC se obtendrá la ecuacion

$$R + p \text{ sen } \bar{L} = R'$$

de donde

$$R = R' - \frac{p}{10} \dots \dots (b)$$

Estúdiase finalmente el equilibrio de la palanca re-
codada para lo que se tomarán los momentos con relacion
al eje proyectado en D , pero como la balanza y articulaciones
 C y A reposan sobre cuchillas, no habrá por consiguiente que
considerar resistencias pasivas, con lo que la cuestion queda-
rá reducida, á igualar el momento de la reaccion R' que
se ejerce en C por la barilla CD con la suma de los momen-
tos del peso \bar{L} mas el de p' del platillo, y el de p'' de la pala-
cas, cuyo p'' ha de estar aplicado en su centro de gravedad, es
decir, en un punto tal como el g'' situado en la bisectrix del
ángulo CBA , y la ecuacion seria entonces

$$R' \times CB = (\bar{Q} + p') BA + p'' \times Bg'' + \cos(45^\circ + \frac{1}{2}\bar{\alpha}) \dots \dots (C)$$

Eliminando las reacciones auxiliares R y R' entre las relaciones (A) y (C) se obtiene

$$Pa = 10 \bar{Q} \times OD + OD \left\{ 10 p' + 10 \times \frac{P'' \times Bg'' \cos(45^\circ + \frac{1}{2}\bar{\alpha})}{BC} \right\} - p \left\{ \right.$$

Però como el aparato está construido de tal manera que si no se le ponen los pesos \bar{Q} ni se le articula al péndulo, pero si se le obliga á que quede en la misma posición, se verifica que la ecuacion de momentos con relacion al eje proyectado en B es

$$\frac{P}{10} \times BC = p' \times BA + p'' \times Bg'' \cos(45^\circ + \frac{1}{2}\bar{\alpha}) \quad \text{ó sea que}$$

$$10 p' + \frac{10 p'' \times Bg'' \cos(45^\circ + \frac{1}{2}\bar{\alpha})}{BC} - p = 0, \quad \text{quedará q'}$$

$$Pa = 10 \times \bar{Q} \times OD'$$

Este aparato da el valor de $P.a.$ en menos de una diez milésima de su valor, pero es casi necesario que los brazos sean iguales; lo que se observará haciendo dos experiencias en las que se cambien la posición de dichos brazos. De no ser iguales, como para establecer el equilibrio en los dos casos sería preciso colocar pesos distintos \bar{Q}' y \bar{Q}'' se podría según Biddion reemplazar en vez de \bar{Q} la $\sqrt{\bar{Q}' \bar{Q}''}$; pero esto que es riguroso para la balanza ordinaria solo es aquí aproximado (1).

(1) Lo exacto sería hacer uso de la fórmula $Pa = \frac{OD'}{\text{sen } \alpha} \times \frac{BA}{BC} \times \bar{Q} + \frac{OD}{\text{sen } \alpha} \left\{ p' \frac{BA}{BC} + p'' \times Bg'' \times \frac{\cos(45^\circ + \frac{1}{2}\bar{\alpha})}{BC} \right\} - p \times OD$, la que se encuentra análogamente. Pero es preciso que se diesen exactamente todas las cantidades que entran en ella, pues que un error de $\frac{1}{10}$ en el valor de BC da para el momento el de media milésima suya. Dicha fórmula tiene por que hay error en admitir $\sqrt{\bar{Q}' \bar{Q}''}$ como valor de \bar{Q} .

-17-
XV.

— En la determinacion de las fórmulas (d) y (d') se ha prescindido de las resistencias pasivas, las que si bien no tienen influencia sensible si se hacen las experiencias por comparacion, no deben despreciarse cuando se trate de determinar el valor de L .

Dichas resistencias son, la del c' i al movimiento del aparato, el rozamiento de las cuchillas en las lunetas y el del indice al resbalar por el arco graduado.

Para conocer su influencia no hay mas que hacer oscilar el péndulo á partir de la amplitud α producida por el disparo (fig.^a 55 lám.^a 2.^a) estando el indice en cero, y en una doble oscilacion quedará dicho indice mas abajo del ángulo α , marcandose un decremento, con lo que observando así hasta diez dobles oscilaciones, presentando en cada una el indice á la punta metálica en el cero del arco graduado, el decremento total sera $\alpha - \alpha'$ y por consiguiente $\frac{\alpha - \alpha'}{4x \frac{1}{10}} = L'$ dará el correspondiente á una semi-oscilacion ascendente, siendo este α' el valor que por causa de las resistencias habrá que agregar á α para tener el verdadero valor de L .

Si se desea saber que parte de L' corresponde al rozamiento del indice y cual á la resistencia del aire y rozamiento de las cuchillas, no habrá mas que repetir la opera-

cion anterior, pero aproximando el indice á la aguja al conducir las dobles oscilaciones y de modo que dicha aguja no lo arrastre, con lo que viendo el decremento que marcara para otras diez dobles oscilaciones y suponiendole $\frac{\alpha - \alpha''}{10}$ el valor de $\frac{\alpha - \alpha''}{4 \times \frac{\alpha - \alpha''}{10}} = \bar{\alpha}$ representará la influencia debida á la resistencia del aire y rozamiento de las cuchillas, y $\frac{\alpha' - \alpha''}{10}$ nos dará la de solo el indice.

Bien se comprende que no siendo las circunstancias las mismas que en las experiencias estas apreciaciones siempre muy pequeñas, no son mas que aproximadas.

Capítulo II

Sumario.

I. Pruebas de la pólvora por los efectos que producen los proyectiles. II Preferencia de las verificadas encontrando las velocidades iniciales. III Medidas de estas, por los alcances. IV Su determinación por la altura y duración de los ascensos verticales. V. Id. por el tiempo transcurrido en el trayecto. VI Caso en que este sea pequeño. VII Rueda giratoria de Mathay. VIII Máquina de Probet. IX Aparato Deboor. X Medida de la velocidad de un proyectil por la que imprima a una masa mayor. XI Aparato de Cassini. XII Aparato de Odrivzala. XIII Péndulos balísticos de Robins y sus modificaciones. XIV Descripción de los receptores de los péndulos balísticos. XV Velocidad de llegada del proyectil. XVI Causas de error en la fórmula de dicha velocidad. XVII Determinación de las velocidades iniciales. XVIII Relación entre las cantidades de movimiento de un proyectil y la de su póvra libre ó fórmula de Roche. XIX Inconvenientes de los péndulos.

I.

Aunque se pueden probar las pólvoras valiéndose de las Probetas, es indudable que el medio mas directo de comparar sus fuerzas balísticas, consistiría en observar los efectos que las cargas ordinarias produzean sobre los proyectiles de las armas en que hayan de emplearse.

Claro es, que para las pruebas, se habrán de hacer cierto número de disparos, con cañon ó fusil segun la clasificación de las pólvoras, igualando en ellos todas las condiciones para apreciar con la mayor exactitud uno cualquiera de los efectos del proyectil, tal como su penetración en un cuerpo blando, su aplastamiento en el choque con otro mas resistente, el alcance de él.

proyectil G.

Desde luego se comprende que deberá tomarse por resultado el promedio de los de dichos tiros y que es preuso el conocimiento ó inmediata prueba de una pólvora-tipo para que se comparen los efectos que se obtengan y aun así, estos métodos no dejarán de ofrecer serias dificultades.

Si se elije el hacer fuego contra un blanco de madera, tierra, u otra materia que se preste á ser penetrada, su falta de homogeneidad dará lugar á grandes errores, si bien se salvarán en parte construyendo dicho blanco de resmas de papel prensado, en las que se hayan intercalado previamente un pliego de color entre cada cinco cuadercillos, para que con mas facilidad se midan las penetraciones.

Aun ofrece mas dificultades el apreciar la deformacion de los proyectiles al chocar contra blancos resistentes, ya sean de mamposteria ó de planchas de hierro.

En cuanto al alcance, está sujeto principalmente por la resistencia del aire á irregularidades muy variables, y difíciles de igualar, apesar de lo cual parece esta manera preferible á las otras.

Pero dichas clases de pruebas tienen ademas el inconveniente de ser muy costosas, lo que ha sido causa de la general aceptación del morterete, probeta fundada en los alcances y que permite hacer las pruebas con facilidad y economía, aunque adolce de los graves defectos que ya se han expresado.

II.

De los efectos que la pólvora produce en cada arma, los que están menos espuestos á causas de variacion, son las velocidades iniciales, es decir las comunicadas á los proyectiles en las bocas de las armas ó á poca distancia de ellas, por lo que es evidente, que las referidas velocidades iniciales servirán para medir las fuerzas relativas de las pólvoras.

Pero el conocimiento de las espresadas velocidades es la base para calcular el movimiento de los proyectiles, é indispensable para las aplicaciones de la balística al arte militar: por consiguiente esta cuestion corresponde mas bien á la balística exterior, habiendo sido su determinacion objeto de estudios é investigaciones de los mas distinguidos artilleros (1)

III.

El metodo mas elemental consiste en apreciarla por los alcances del proyectil sobre un terreno horizontal. Para ello se dispara el arma con la carga cuya velocidad se desea

(1) Aunque hoy día por medio de los aparatos electro-balísticos se pueden hallar las velocidades iniciales con gran exactitud y hasta para ciertos calculos, han ya construidas tablas de los terminos medios de ellas, correspondientes á las cargas usuarias de las piezas usuales; como podria suceder hiciese falta conocer al menos la velocidad inicial y no se tubiesen á mano dichos aparatos, es conveniente indicar, aunque sea ligeramente algunos medios de encontrarlas con mayor ó menor aproximacion: razon única de ser del presente capítulo.

conocer, apuntandola bajo cierto ángulo de proyeccion y midiendo el alcance: de él se deduce la velocidad por medio de las fórmulas que los ligan.

Pero como los alcances de varios disparos son muy diferentes aunque se hayan procurado igualar todas las condiciones, este medio es siempre variable y espuesto á errores, si no se procede con toda escrupulosidad. Con dicho objeto y segun el procedimiento de Lombard, á unos 8 ó 30 metros del arma se colocará una placa de plomo muy delgada y sujeta por bridas de hierro. El centro del agujero puede considerarse como prolongacion de la tangente á la trayectoria en el origen, lo que permite determinar el ángulo de proyeccion y midiendo exactamente el alcance, no habrá ya mas que despejar la velocidad en la fórmula que se emplee.

Si basta con una primera aproximacion se podrá adoptar la expresion

$$X = \frac{1}{2A'V^2} \left(\sqrt{5 + 2A'V^2 \frac{2V^2 \sin 2\theta}{g}} - \cos \theta' \right)$$

en la que no habrá mas que despejar V (metros) que es la velocidad que se desea hallar, pues en ella se conocen el alcance X (metros), el ángulo de proyeccion θ' , la gravedad g y $A = \frac{c'}{P}$, pues que

$$c' = b' \frac{P^2}{P}$$

$$\therefore \left. \begin{aligned} &= 0,025 \text{ para las velocidades probables de hasta 365 metros } \\ &= 0,02 \text{ para idem menores} \\ &= 0,02513 \text{ para proyectiles ojivales} \\ &= 0,29026 \text{ para idem esféricos} \end{aligned} \right\} \text{ } \rho \text{ el peso del proyectil en}$$

kilogramos y H su radio en metros (1)

Tal vez se obtuviera mas aproximacion encontrandola por las fórmulas teóricas de Didion (2)

Para ello, como se ha medido con bastante exactitud el ángulo de proyeccion θ y se puede hacer lo mismo en cuanto al alcance, se tendrán conocidas las cantidades q. entran en el 2.º miembro de la ecuacion

$$\frac{v_0^2}{7\psi(z\%)} = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{ga}{2(\operatorname{tg}\theta' - \operatorname{tg}\epsilon)}}$$

pues que, ϵ es el ángulo que forma el terreno con la horizontal trazada por el centro de la boca del arma, el que sera cero si se supusiera esta situacion y α , de no admitirse la igual a la unidad, se determina por la expresion

$$\alpha = \frac{\xi(\theta') - \xi(\psi)}{\operatorname{tg}\theta' - \operatorname{tg}\psi}$$

dando un valor prudencial al ángulo ψ de caída y buscando en las tablas los de $\xi(\theta')$, $\xi(\psi)$, $\operatorname{tg}\theta'$, $\operatorname{tg}\psi$. Asi pues, si se llama X a dicho 2.º miembro, quedará

$$\frac{v_0^2}{7\psi(z\%)} = X$$

Ademas se tendrá el valor de

$$z = \frac{\alpha X}{\sigma}$$

por que X se medirá y σ es conocido como tambien

(1) *Nóciones de Artilleria del Brigadier D. Candido Barrios*, 1871.

(2) *Suponese el estudio previo del trmite de Balística por le Gral Didion* 1860.

$$C = \frac{F}{2\pi R^2 g A} \text{ siendo } A \begin{cases} = 0,027 \text{ para proyectiles lisos} \\ = 0,058 \text{ para id. ojivales.} \end{cases}$$

Con la funcion $\frac{v_z^2}{4r(z, v_0)} = H$ y la variable z se podra por medio de las tablas de Didion hallar la otra v_0 y como

$$v_0 = \frac{\alpha V}{r} = \frac{\alpha}{r} \times V \cos \theta' \quad \text{se tendria}$$

$$V = v_0 \times \frac{r}{\alpha} \cos \theta \quad \text{y por con-}$$

siguiente queda conocido V por serlo el 2.º miembro, para lo que se recordara que $r = 435$ metros.

Pero si se quisiera mas exactitud, se podria hallarla, fijando la posicion de otro punto (a'b') de la trayectoria al mismo tiempo que se busca el angulo de proyeccion θ' , para lo que servira la marca que el proyectil cause en un blanco: y se encontrara la ecuacion que corresponde a la trayectoria practica que proyectada bajo el angulo θ' paso por dho. punto (a'b') y cuyo alcance sea X , es decir que corta el terreno en un punto (a, b) situado a dicha distancia de la boca y aun seria mejor obtener la trayectoria media de varios disparos.

La ecuacion practica satisfecha por las coordenadas de los puntos (a', b') y (a, b) dara dos ecuaciones por las que se podran hallar las dos variables de la presente cuestion, es decir lo que modifica la ecuacion teorica y V velocidad inicial que se queria determinar (1)

(1) Didion, págs. 220, 24 y 25. Ademas tengase presente que la ecuacion practica de que se trata se reduce de la teorica para proyectiles esféricos u ojivales segun las cosas, las que se diferencian en que se reemplaza g por g' , o que se sustituye la v por v_0 por v ($v = V \cos \theta'$)

IV.

Tambien puede apreciarse la velocidad inicial, conforme lo hizo Bernoulli, por la altura á que se eleva el proyectil, ó por el tiempo que tarda en ello; valiendose de la fórmula de Mecánica; pero la casi imposibilidad de medir dicha altura y la dificultad de observar el tiempo en que se verifica la sola ascension vertical y mas con grandes velocidades, hace preferible el valerse del tiempo del ascenso y descenso, de donde

$$V = \frac{1}{2} g T$$

Este medio mas sencillo que el del alcance horizontal es mas inexacto, pues siendo T muy pequeño un error cualquiera influirá mucho en V

V.

Para salvar la dificultad del tiro vertical, puede emplearse una de las fórmulas del tiempo T del alcance horizontal; ya usando la

$$T = \frac{X}{V \cos \theta'} \left(\frac{c'' V X}{g} + \cos \theta' \right)$$

en la que $c'' = b \frac{g}{F}$ siendo $b \begin{cases} = 0,003511 \text{ para proyectiles esféricos} \\ = 0,004247 \text{ para id. esféricos} \end{cases}$ (1)

ya sirviendose de

$$T = \frac{X}{V \cos \theta'} \times X' (\approx V_0) \dots \dots (2)$$

(1) *Noiones de Artilleria del Brigadier Barrios.*

(2) *Idem.*

en las que puede desojarse su única incognita \mathcal{U} aunque despues de desarrollar la funcion si es que se elije la segunda. Pero como los errores en la medida del tiempo son de consideracion en el valor de \mathcal{U} solo se podrian adoptar estos sistemas cuando se opere con bombas.

VI.

Para obtener con precision la duracion de los trayectos, se eligieron estos muy cortos y tales que el movimiento pudiera considerarse como uniforme e independiente de la resistencia del aire. Con tal objeto se procuro imprimir un movimiento rapido y regular, a cuerpos de poco espesor, cuyas caras fuesen atravesadas por el proyectil: la posicion relativa de los agujeros indicaria el tiempo trascurrido.

A ello se dirijen la rueda gíratória de Mathuy, la máquina de Gobet y el aparato Deboor.

VII.

La máquina de Mathuy, destinada esclusivamente a experiencias con armas portátiles, está reducida a un cilindro de carton montado sobre un eje vertical, animado de cierta velocidad de rotacion, cuyo movimiento uniforme se le imprimira por un medio mecánico, y contra el que se disparara el arma que a cierta distancia le estará apuntada en direccion perpendicular al eje.

La separacion entre el agujero que la bala haya hecho al salir y el que hubiera producido si el cilindro hubiese estado en reposo, dará la medida del arco α recorrido por un punto de este mientras el proyectil le atravésó. Como es conocido el movimiento de rotacion del aparato y por lo tanto, tambien el tiempo t' que tarda en dar una vuelta, es claro que lo será el

$$t = \frac{\alpha}{2\pi r} t'$$

que empleó en dicho arco, que es igual al que la bala invirtió dentro del cilindro. Obtenidos así el tiempo t y medida de la distancia e que dentro del cilindro haya recorrido el proyectil, la que dependerá de su direccion al atravesarlo, será fácil hallar la velocidad por considerarse el movimiento uniforme, pues como

$$e = vt$$

resultará

$$v = \frac{e}{t} = \frac{2\pi r x e}{\alpha \cdot t'}$$

Depende la exactitud de la operacion del grandor del cilindro, de la velocidad de rotacion y de la mayor ó menor certesa con que se marque la direccion de la bala al atravesar el cilindro, para lo cual se establecen varios marcos antes y despues del cilindro en la direccion presumible de la trayectoria que ha de describir. Pero siempre las vibraciones de la materia han de ocasionar perturbaciones en el movimiento del aparato y como ligeras diferencias en la apreciacion de cantidades tan pequeñas las darán muy crecidas en el resultado final, este medio es muy inexacto.

VIII.

El Coronel Francis Robert modificó el anterior aparato haciéndole consistir en un eje horizontal AB de 4.^m de longitud (fig.^a 5.^a lám.^a 2.^a) que en cada uno de sus extremos lleva dos discos CD , de cartón, de 2.^m de radio, divididos en 360 por radios que se corresponden en los mismos planos meridianos y en los que llevan la misma graduación. Una correa sin fin que pasa por una polea F va á parar á un toro con volante, en cuyo árbol está liado un cordón, que pasando por otra polea lleva un peso que en su descenso da un movimiento rápido de rotación al eje AB y discos CD .

Ya en régimen el aparato, se dispara el arma paralelamente al eje de los discos y como estando en reposo los atravesaría el proyectil por la misma graduación, la diferencia entre los grados de entrada y salida marcaría el ángulo de girado por el instrumento, durante la bala atraviesa por entre los discos.

La determinación de la velocidad se hará del mismo modo que en la máquina anterior, pues si es t' el tiempo en que dan una vuelta los discos, el que se conocerá de antemano por serlo el movimiento de rotación,

$$t = \frac{\alpha t'}{360}$$

será el invertido en girar el ángulo α , ó sea en recorrer el proyectil la distancia e , que por ser pequeña se puede suponer lo

verifica con movimiento uniforme o

$$v = \frac{e}{t} = \frac{360 \cdot e}{2t}$$

La certeza del procedimiento, depende de condiciones iguales a las del anterior y está sujeto a los mismos errores, por lo que apesar de ser el trayecto mayor, los resultados serán siempre inexactos.

En Inglaterra se perfeccionó, aumentando a 5.^m la distancia entre los discos y adaptandola un engranage, con lo que resultaba mayor y mas regular la velocidad de rotacion; pero como no se puede impedir la torsion, todavia dá notables diferencias para las velocidades apreciadas.

IX.

El aparato ideado por el coronel de la Artilleria Francesa Deboor está fundado en la caída libre de un cuerpo y tiene por objeto medir la duracion de un trayecto horizontal de 50.^m cuya distancia está dentro de los límites adoptados hoy día y en la que aun se considerará el movimiento del proyectil como uniforme.

Para ello, coloca dos grandes marcos de madera, paralelos y a 50.^m uno de otro. Sobre la cumbreira del segundo hay dos poleas *F* (fig.^a 33 lám.^a 2.^a), por las que pasan dos cordones que sostienen una planchita *C* de carton, terminada en su extremo inferior por una barreta de hierro; detrás de dicha planchita hay otra fija *B* que tiene graduada su altura. Los

otros extremos de los cordones se unen y van á pasar por la polea *F* situada sobre el caberal del 3.^{er} mario, sujetandole á una clavija colocada en su solera *A*.

El arma que estara á 3.^{er} del 3.^{er} mario, se apunta horizontalmente en direccion de estos, para que al disparar corte el cordón; caerá entonces la planchita *C*, cuyas dimensiones permiten que sea atravesada al mismo tiempo que la *B*, por ejemplo en *x* y si se supone que sea *m* la posición inicial del extremo inferior de la planchita *C*, habra esta descendido una altura *m x'* que se medirá volviendola á su primitiva posición: llamando *h* á dicha altura *m x'*, con arreglo al descenso de los cuerpos pesados que se dejan caer libremente en el vacío sin velocidad inicial, será

$$h = \frac{1}{2} g t^2 \dots \dots \dots (e)$$

cuya emanacion es admisible pues puede despreciarse la resistencia del aire por la pequenez de *h*. De la expresion (e) se sacará

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

y como se considera uniforme el movimiento del proyectil entre los marcos es evidente que

$$v = \frac{h}{t} //$$

Esta velocidad podría hallarse mas exactamente contando con la resistencia del aire, sobre todo en el trayecto *AB* para lo que habria que valerse de la fórmula del tiempo en función del alcance.

Por ser la altura *h* muy pequeña es fácil cometer

ter errores al medirla, los que se harán sensibles en el valor de t y que se aumentarán por que la tension é inercia del cordón detiene la caída de la planchita (1)

X.

La dificultad que presenta el medir exactamente la duracion de un corto trayecto recorrido por un móvil con gran velocidad, condujo á buscar el modo de disminuirla, dirigiendo el proyectil á chocar contra un cuerpo de mucha mayor masa al que comunicara una velocidad menor; sera asi mas fácil el encontrar esta y de ella se podrá deducir la otra por medio de las fórmulas de la teoria choques.

XI.

El primero que empleó dicho medio fue Cassini en 1707; reducese su máquina á una pieza de madera que en uno de sus extremos tenia una plancha de hierro forjado, contra la que chocaban las balas de un fusil que se dispara-

(1) Estos instrumentos se están bien contruidos, con cordones de seda, poleas metálicas & podrán aun usarse á falta de otros mas precisos, por que daran resultados muy regulares si se opera por comparacion con otros disparos cuyas velocidades sean conocidas, por que entonces las causas de error se eliminan.

Es de notar, que los principios fundamentales han sido adoptados, en los aparatos modernos. En efecto la base de las máquinas de Mathy, y de Frobet, es la medicion del tiempo por arcos que hoy día sirve para los péndulos. El de la caída libre de un cuerpo ó sea el del aparato Deboer, ha sido admitido por Le Boulanger y Navet tuvo tambien la misma idea antes de inventar su péndulo.

ba siempre á la misma distancia. Dicha piedra era móvil y debía ceder á la fuerza del choque estando contruida de tal manera que se marcaba lo que hubiese cedido (1)

En este principio están fundados el péndulo balístico de Robins y el aparato del Brigadier Odriozola.

Aunque mas antiguo, conviene hacer un detenido estudio del primero, por su mayor importancia y para verificarlo con la estension que se requiere se tratará primeramente del aparato Odriozola.

XII.

Consiste este (fig.^a 34 lám.^a 2.^a) en un receptor ó cajon de madera cuya forma es la de un paralepípedo de base cuadrada reforzado con aros de hierro, teniendo por cara de recepcion una plancha de plomo y existiendo ademas una tapa móvil para poder por ella rellenarlo de arena. Lleva tambien unas abrazaderas, con muñones de hierro que pueden rodar sobre dos carriles del mismo metal, situados en dos vigas correderas, paralelas y colocadas con la inclinacion que convenga para que el proyectil (cuyo cañon estará muy cerca) dé hacia el centro de la plancha de plomo del receptor, el que se asegura en la posicion inicial por un cable que pasa por una polea para ir atarse al terreno.

(1) No se sabe que sus esperiencias fuesen para medir las velocidades de los proyectiles.

Puesto que su teoria está fundada en la de los choques de los cuerpos duros, si se representa por v y m la velocidad y masa del proyectil, por M la del receptor y se llama v' á la velocidad que los dos unidos adquiririan por la accion del choque será

$$mv = (M+m) v' \quad \text{de donde}$$

$$v = \frac{M+m}{m} v' = \frac{P+p}{p} v'$$

Es pues, preciso determinar v' y para ello se empleará el 4º teorema general ó que

$$\sum m v^2 - \sum m v_0^2 = 2T \dots \dots (f)$$

— El 1º miembro representa el incremento total de fuerza viva durante la subida del receptor por el plano inclinado y como tambien está incrustado el proyectil, será para el caso actual

$$\left. \begin{matrix} v_0 = v \\ v_0 = 0 \end{matrix} \right\} \text{ y } \sum m v^2 - \sum m v_0^2 = \left(\frac{P+p}{p} \right) v'^2$$

— El 2º miembro constará del doble del trabajo de elevar el receptor, que si se expresa por A la altura á que lo verifique es

$$2 \times (P+p) \times A :$$

mas el duplo del de vencer el rozamiento el que, si se llama f al coeficiente de hierro sobre hierro, N á la presion que lo cause y E al espacio recorrido sobre el dicho plano inclinado, estará expresado por

$$2 f \times N \times E :$$

como N representa la presion ó componentes de los pesos per-

perpendiculares al plano inclinado, se tendrá que

$$N = (P+p) \times \frac{H}{B}$$

siendo H la base del plano: con lo que el valor de T se convertirá en

$$T = (P+p) A + f \times B (P+p).$$

Sustituyendo en los dos miembros de la ecuacion (f) los valores encontrados, se tendrá que

$$\left(\frac{P+p}{\frac{1}{2}g}\right) v'^2 = (P+p) \times (A+fB)$$

de donde

$$v' = \sqrt{2g(A+fB)}$$

con lo que

$$v = \frac{P+p}{\rho} \times \sqrt{2g(A+fB)}$$

cuya expresion será conocida pues se pueden determinar las cantidades de que depende.

Es evidente que si los carriles se colocasen horizontales será

$$\left. \begin{matrix} A=0 \\ B=B \end{matrix} \right\} \text{ y } v = \frac{P+p}{\rho} \sqrt{2g f B}$$

XIII.

En 1740, fue cuando Robins (1) empleó el aparato conocido por péndulo balístico y cuyo objeto era hallar las velocidades de las balas de fusil, disparandolas contra un mástil de 22 kg. de peso suspendido de una vareta rígida, que podía

(1) Trataba de estudiar las leyes de la resistencia del aire al movimiento de los proyectiles.

girar al rededor de un eje perpendicular á la direccion que llevaban los proyectiles. Descubriendo en el pendulo compuesto asi formado, la relacion entre la velocidad angular ó de rotacion y la de traslacion de la bala, se puede encontrar esta en funcion de aquella, la que á su vez se podrá medir por medio del angulo de giro.

Aunque al principio no se aplicó este sistema mas que á las armas portátiles, ya en el que usó Hutton en Inglaterra desde 1775 á 1789, el receptor, que estaba formado de varias piezas de madera fuertemente ensambladas y reforzado con herrajes, podia recibir balas hasta de 5 libras. En 1835 y despues de 1835 á 1838, Gregori en el mismo pais, le dió dos varillas paralelas y aumentó las dimensiones y peso del pendulo hasta hacerle á proposito para el tiro de proyectiles de 2 á 5 lb; ensayandole con calibres mayores, aunque con los de 2 lb (35 cent.) era ya preciso á cada disparo desmontar el aparato y prepararle de nuevo para el siguiente.

El pendulo balístico recibió posteriormente en Francia diferentes mejoras, siendo la mas importante el sustituir el marco de madera por un recipiente metálico y hueco cargado de una materia penetrable y fácil de reemplazar. Así es, que si bien en 1820 todavia consistia en una masa de fundicion, se cambió en seguida por un ánima de hierro, que en su interior llevaba un alma de plomo; en lugar de la cual puso despues Maguin arcilla seca, sos-

teniendo dicha ánima con dos brazos de suspensión, pero divergentes.

Piobert y Didion en 1836 perfeccionaron aun mas el péndulo balístico, convirtiéndole en un instrumento bastante preciso. Las armas tambien se suspendieron, con lo que se llegó a medir la velocidad de retroceso y aun deducir de ella la del proyectil. El receptor se llenó de arena, la que se colocó primero en sacos y despues en barriles tronco-cónicos. Pudo ya emplearse en determinar la ley de la resistencia del aire, encontrando las velocidades de los proyectiles a diversas distancias. Asi lo hizo la Comision de Principios de tiro de Metz en 1839, con uno construido en dicha Ciudad por los planos de los generales Morin y Didion; cuyo receptor, pesaba unos 6000 Kg.

Aunque este péndulo fué por largo tiempo el mas exacto y por consiguiente el preferido, ha perdido hoy dia su importancia a causa de la invencion de los aparatos electro-balísticos; pero donde exista y falten los expresados eléctricos, es preferible a los otros medios por lo que se explicaran su constitucion y modo de hallar la velocidad.

XIV.

Desde luego hay que distinguir en el aparato dos partes principales: el cañon ó fusil péndulo y el péndulo-receptor; y como se conocen ya los primeros se pasará

desde luego á describir sus receptores.

— El destinado para el tiro de cañones de todos los calibres, varia segun haya de servir para medir las velocidades iniciales, cuestion primordial de que se trata, ó para la de un punto en cualquiera de la trayectoria.

En el 5.^o caso frente al cañon á 52 m^l de él y suspendido del mismo modo, se coloca un receptor q. consta (fig.^a 55 lám.^a 3.^a) de un vaso tronco-cónico Π i. union, reforzado conunchos de hierro forjado, cuya ánima ó parte interior tiene tambien la forma de un tronco de cono, con el fondo redondeado y de suficiente longitud para que lleno de arena no puedan atravesarlo los proyectiles. Antes de operar se le prepara colocando en su interior un bamil de su misma forma, con arena seca, tamizada y bien comprimida; se le cierra despues por la parte anterior con una plancha de plomo de 5.^o de grueso sujeta por cuatro tornillos y dos lunetas de hierro. En seguida se marca sobre dicha plancha el eje del receptor, trazando dos rayas una vertical y otra horizontal, lo que tiene por objeto poder medir facilmente la distancia desde el agujero que forme la bala al eje de rotacion, conocida la que haya á este seso el eje del receptor.

Però si la que se desea conocer, es la velocidad en un punto cualquiera de la trayectoria, por temor á los desvios, se hacen todas las piezas de madera (fig.^a 56 lám.^a 3.^a)

con pernos de hierro K, y se le da además el receptor grandes dimensiones. Tiene esta la forma cilíndrica, formado de duelas de madera y reforzado con sinchos. La cara K de delante es de plomo, pero la arena no se introduce por ella sino por las puertas LL.

— Cuando ha de servir para el fusil péndulo (fig. 57 lám. 3.ª) se construye de bronce ó hierro, de menores dimensiones, tronco-cónico, hueco, cerrado por el fondo, y relleno con un mauxo de plomo que se ajusta exactamente á su ánima, cubriendo la boca con una tapa de madera donde se marca el centro ó eje. La suspensión es igual á la del fusil péndulo, pero lo mismo que en este podrá variar su disposición y se le situa de modo que su eje de rotacion y el del fusil disten unos 3 metros.

Tanto en el cañon como en el fusil péndulo se procederá con la mayor uniformidad y cuidado, igualando todas las condiciones; lo que tambien se ejecutará en la preparacion del receptor.

XV

Así dispuesto y hecho fuego, se puede determinar la velocidad de llegada del proyectil, al punto A (fig. 58 lám. 3.ª) para lo que deberá tenerse presente que como este penetra en el receptor, habrá que considerar uno y otro.

En cuanto al péndulo; en cada instante del

tiempo t , es que se verifica el choque y que debe suponerse de un solo periodo, el referido péndulo recibe del proyectil acciones iguales y contrarias a la fuerza reaccion F que ejerce sobre dicho proyectil, por lo que tiende a tomar movimiento de rotacion cuya aceleracion angular será

$$\frac{dw'}{dt} = \frac{F r}{\Sigma m r^2}$$

En la fuerza F hay que considerar la F' cuyo momento es $F'i'$ si se llama i' a la distancia OA , es decir desde la arista superior de las cuchillas al punto de impacto, que se ha supuesto A ; y aunque ademas existe el peso del aparato y la reaccion del eje, como se sabe que sus momentos son nulos, quedará

$$\frac{dw'}{dt} = \frac{F'i'}{\Sigma m r^2}$$

de donde

$$dw' = \frac{i'}{\Sigma m r^2} \times F dt \dots w' = \frac{i'}{\Sigma m r^2} \int_0^t F dt$$

Para eliminar $\int_0^t F dt$, considérese el proyectil, el cual pierde la mayor parte de su cantidad de movimiento por efecto de la reaccion del medio en el cual se introduce, y en el instante final del choque la bala y el receptor han tomado la misma velocidad comun é inferior a la que tenia el proyectil y por consiguiente si se expresa por v la velocidad de llegada y por m la masa del proyectil, como solo está sujeta durante la penetracion a la reaccion F y la velocidad que adquiere es $w'i'$; aplicando el N.° teorema general, su ecuacion

$$\sum m v - \sum m v_0 = \int_0^t F dt$$

se convertirá en

$$m v - m \omega' r' = \int_0^t F dt$$

Ligando ahora proyectil y péndulo, quedará

$$\omega' = \frac{v'}{m r'} \{ m v - m \omega' r' \}$$

y despejando v' que es la cantidad que se quiere conocer resultará

$$v = \frac{\omega'}{m r'} \{ \sum m r'^2 + m i'^2 \} \dots \dots \dots (g)$$

Es pues preciso conocer ω' y como esta es la velocidad angular del péndulo, se empleará en este el 4º teorema general ó

$$\sum m v^2 - \sum m v_0^2 = 2T$$

cuya ecuación, por ser $v_0 = 0$ pues el aparato estaba en reposo, se convertirá en

$$\sum m v^2 = 2T \dots \dots \dots (h)$$

y como durante el giro va el proyectil dentro del receptor es evidente que

$$\sum m v^2 = \sum m r'^2 \omega'^2 + m i'^2 \omega'^2 = \omega'^2 \{ \sum m r'^2 + m i'^2 \}$$

el trabajo T será también igual al de ambos, ó sea llevar el peso P' del péndulo desde G centro de gravedad á G' y el p del proyectil de A á A' con lo que

$$T = P' \times GG' + p \times AA' = P' \{ OG - OG' \} + p \{ OA - OA' \}$$

y si se llama α' á la distancia OG

$$T = P' \{ \alpha' - \alpha' \cos \alpha' \} + p \{ i' - i' \cos \alpha' \} = \{ P' \alpha' + p i' \} \{ 1 - \cos \alpha' \} = \{ P' \alpha' + p i' \} 2 \sin \frac{1}{2} \alpha'$$

Poniendo por los dos miembros de la ecuación (h) sus

valores resultará.

$$w'^2 \left\{ \sum mr'^2 + mi'^2 \right\} = \left\{ P'a' + pi' \right\} 2 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} \alpha'$$

de donde se sacará

$$w' = \sqrt{\frac{P'a' + pi'}{\sum mr'^2 + mi'^2}} \times 2 \operatorname{sen} \frac{1}{2} \alpha'$$

Sustituyendo ahora en (g) en vez de w su valor, quedará

$$v = \frac{\sum mr'^2 + mi'^2}{mi'^2} \times \frac{P'a' + pi'}{\sum mr'^2 + mi'^2} \times 2 \operatorname{sen} \frac{1}{2} \alpha' = 2 \operatorname{sen} \frac{1}{2} \alpha' \times \frac{\sqrt{(P'a' + pi') (\sum mr'^2 + mi'^2)}}{mi'^2}$$

y como ya se sabe que $\sum mr'^2 = H'a'l'$, siendo l' la longitud del péndulo simple equivalente del compuesto ó $l' = \alpha L$ representando por L el centro de suspensión, quedará

$$v = 2 \operatorname{sen} \frac{1}{2} \alpha' \times \frac{\sqrt{(P'a'l' + pi'^2)(P'a' + pi')}}{mi'^2} \dots \dots \dots (k)$$

Como en el fusil péndulo, el receptor se llena siempre con el mismo de plomo cuyo peso y disposicion es próximamente los mismos, á cuya condicion tambien satisfacen las balas, se tendrá que la cantidad sub-radical solo variará de un disparo á otro en el valor de l' , el cual sin gran error se podrá tomar por termino medio, como igual á la distancia que hay entre los ejes del receptor y de rotacion. Pero en el tiro del cañon péndulo, donde se usan barriles de arana difíciles de uniformar y cuyos proyectiles aunque de un mismo calibre tendrán pesos diferentes, variarán las cantidades $P'a', l'$ y p y si no se han de determinar en cada disparo por ser muy pesado é incómodo, se podrá tomar por ellas sus terminos medios, é introducir algunas correcciones en la fórmula (k), tales son:
1.º suponer que la variacion con respecto al termino medio de P'

este representada por un peso adicional P'' situado sobre el eje del receptor, pues que la arena se reparte con regularidad y que sea d' la distancia á que actúe, la que deberá ser diferente de i' pues que el punto de choque no estaría regularmente sobre el eje y l' que el peso del proyectil se diferencie del medio p' en una cantidad p''

En este supuesto la fórmula se convierte en

$$v = \frac{B}{p'i'} \{ 1 + \gamma (P'' + p'') \} \operatorname{sen} \frac{1}{2} \alpha' \dots \dots \dots (1)$$

en la que $\dots \dots B = 2 \sqrt{(P'a'l' + p'i'^2)(P'a' + p'i')} g$

y el valor de $\dots \dots \gamma = \frac{1}{2} \left\{ \frac{d'^2}{P'a'l' + p'i'^2} + \frac{d}{P'a' + p'i'} \right\} \dots \dots \dots (1)$

De las distintas cantidades que entran en la expresión (1) de la velocidad, las $\alpha', i', g, l', P', p'$ y a' son comunes para la fórmula (1) y las P'', p'' y d la pertenecen exclusivamente. En cuanto á estas últimas, se tiene que d puede medirse directamente en el aparato y P'' y p'' se obtendrán en cada disparo pesando el barril de arena y

(1) El paso de la fórmula (1) á la (1) está reducido á una simple transformación de cálculo que no se ha ejecutado por la poca importancia que tiene el péndulo balístico. Está reducido á introducir en los dos factores sub-radicales del numerador de la fórmula (1) los términos respectivos de $P''d'^2$ y $P''d$, á sacarlos en seguida fuera del radical, efectuar el producto y en desarrollo de la potencia un medio, despreciar los términos desde entonces en adelante ascendiendo á la segunda y sus valores; y poniendo por γ el suyo quedará $v = \frac{B}{p'i'} \{ 1 + \gamma (P'' + p'') \} \operatorname{sen} \frac{1}{2} \alpha'$ en la que se agrega á P'' el p'' de la variación del proyectil y por B su valor y resultará la expresión (1). Pero se por causa de la corta explicación dada hubiese dificultado enjuiciar este cálculo, puede verse en *Didion* párrafo 20.

el proyectil, y viendo lo que se diferencia en sus terminos medios. Por lo que hace á las primeras curtidades, son analogas á las encontradas en el cañon-pendulo, determinandose del modo dicho en aq. el lugar.

XVII.

- En el calculo de la velocidad, se ha presundido de las resistencias pasivas y se han hecho ciertas suposiciones que variaran algo su valor, pero sin que las diferencias sean de consideracion. La generalidad de ellas no se estimaran, si las experiencias se ejecutan á pequeña distancia, ó si se comparan las fuerzas de distintas clases de pólvora; pero esas mismas serán las que habrá que valuar si se tratare de pruebas muy delicadas, ó de determinar las velocidades en distintos puntos de la trayectoria; si bien uno y otro no es de creer que haya que ejecutarlo hoy dia valiendose de este aparato.

Las resistencias pasivas son las mismas que se dieron á conocer en el cañon ó fusil-pendulo y se determinaran de igual manera que allí se dijo.

Si la velocidad que se encuentra es la que tiene el proyectil á poca distancia de la boca, pueden entones los gases de la pólvora conseguir á la oscilacion del rector y aunque para salvarlo se situa entre él y la pieza una pantalla de madera, con un hueco circular que deje paso

al proyectil, se averiguará el efecto de los gases disparando con solo la carga de pólvora.

Se ha admitido que durante la penetración de la bala en la arena del péndulo permanezca este en reposo, y aunque en rigor se habrá elevado algo en dicho tiempo, considerando la diferencia tan excesiva que existe entre la velocidad de la bala y la que adquiere el aparato, se comprende será casi inapreciable: por igual razón se admite como exacta la práctica de medir la semi-oscilación bajo el supuesto de que el péndulo principiara su movimiento, cuando la bala ha terminado el suyo.

Finalmente aun cuando se coloque la piedra a la altura del eje del receptor, el proyectil no le chocará exactamente en dirección horizontal, por que está sujeto a la acción de la gravedad y sobre todo por que no sale en dirección del eje de la piedra; así pues, el choque se verificará en cada disparo en puntos diferentes y con distintas inclinaciones, lo que dará lugar a alguna leve variación en el valor de v , si bien será despreciable cuando se opere a pequeñas distancias (11)

(1) Aunque ya se ha expresado que no es de creer se haya de emplear actualmente el péndulo balístico a largas distancias, si por cualquiera causa hubiese que verificarlo será necesario en dicho uso tomar en consideración la influencia de la dirección del choque (fig.^{na} 19 lam.^{ta} 3.^{ra}) para ello llamando v la velocidad verdadera se empleará la fórmula $v = v' \sqrt{\frac{1 + \cos \delta}{1 - \cos \delta}}$ (11) siendo $v' = \frac{v}{\cos \delta}$ y δ el ángulo de la dirección del choque con la horizontal el que se podrá medir pues que se conoce la posición de la piedra y del punto de impacto. En efecto, el ángulo δ depende de la altura de caída φ y por consiguiente del ángulo de proyección de la trayectoria.

XVII.

La velocidad hallada por los medios indicados es aproximadamente la del proyectil en el instante y punto en que choqua con el receptor, pero de ningun modo la inicial.

Si la separacion entre los ejes de rotacion de los dos aparatos es de 32 m.^l si se opera con canon, y de 3.^m si con fusil, la expresada velocidad es en general suficientemente aproximada á la inicial para considerarla como tal en los problemas balísticos.

Cuando se desee mas exactitud en la experiencia ó se opere á distancias mayores de la ordinaria, puede deducirse la verdadera inicial V de la v que nos resulto para el punto de choque.

Con dicho objeto se usará la formula

$$v = \frac{V}{1 + C^m V^p} \dots \dots \dots (1)$$

ria del proyectil y ademas de la altura de la pieza y de su separacion del receptor. Esta es la razon por la que hay que tener en cuenta la inclinacion en la direccion del choque si se opera como se ha supuesto y por lo que en caso contrario se despreciara aun para experiencias delicadas.

La formula (m) se encontrará con solo tener presente que en la expresion de $v \dots (1)$ en vez de i que se habia supuesto fuese el brazo de palanca de la fuerza de choque se era preciso colocar el que lo sea actualmente que se representara por i' lo que es lo mismo habra que dividir $v \dots (1)$ por $\frac{i'}{i}$. $v' = v \cdot \frac{i}{i'}$. En seguida se pondrá i' en funcion de las distancias l' y α' del punto de impacto al eje de rotacion y se sustituirá por f' su valor, se ejecutará la division y despreciando los terminos de 2.^o orden resultara el valor de V que se ha dicho. Para mas detalles consulte se Diction parrafo 206.

(1) Formula tomada de las nociones de Artilleria del Brigadier Barrios la que ha sido adoptada por el capitan Weiler y Artilleria Francesa desde 1862, por Helie en su tratado de Balística y en varias escuelas, obras y memorias.

en la que x es la distancia horizontal que hay de la boca de la pieza al receptor y $c'' = b \times \frac{R^2}{p}$ siendo

$$b. \begin{cases} = 0,003321 \text{ para proyectiles ojivales} \\ = 0,004257 \text{ para proyectiles esféricos} \end{cases} \quad R \text{ el radio del proyectil y } p \text{ su peso. Tambien se obtendrá despejando } V \text{ en la ecuacion}$$

en la que $r = 429 \frac{m^2}{g} c = \frac{p}{A \pi R^2 y}$ siendo R y p radio y peso del proyectil, $A = \begin{cases} = 0,018 \text{ para proyectiles ojivales} \\ = 0,027 \text{ para id. esféricos} \end{cases}$ y $e = 2,718282$ base de los logaritmos neperianos.

$$(1 + \frac{r}{V}) = (1 + \frac{r}{V_0}) e^{-\frac{r}{V_0}} \quad (2)$$

XVIII.

Se sabe que el empleo de este aparato estará hoy día casi reducido al de probeta, usando solo el cañon ó fusil péndulo; y como de la fuerza de retroceso de estos se ha indicado ya que podría deducirse la velocidad de sus proyectiles, esta cuestion es mas interesante que las anteriores; por lo que es indispensable ocuparse de ella.

Ya se dijo que antes de la deflagracion de la carga, esta, proyectil y cañon ó fusil péndulo, forman un sistema material; y que no desarrollandose en el acto de dicha deflagracion sino fuerzas interiores, con arreglo al 1º teorema general era

$$M \dot{v} = m \dot{v}$$

pues que se habia expresado por M y \bar{v} la masa y velocidad del cañon ó fusil pendulo, por m y \bar{v} las del proyectil y se despreciaron los gases de la pólvora. En este concepto resulta

$$\bar{v} = \frac{M \bar{v}}{m}$$

y como se conociera m y $M \bar{v}$ ó sea el valor de \mathcal{L} se encontró que estaba expresado por

$$\mathcal{L} = 2 \operatorname{sen} \frac{1}{2} \alpha \times \frac{P \alpha}{g} \times \sqrt{\frac{1}{g}}$$

es evidente que

$$\bar{v} = 2 \operatorname{sen} \frac{1}{2} \alpha \times \frac{P}{\rho} \times \frac{\alpha}{\sqrt{g}}$$

Pero este valor de \bar{v} no es el que se desea por haberse despreciado la masa de la pólvora y por consiguiente el valor de \bar{v} solo representará la velocidad que habia de tener el proyectil para que su cantidad de movimiento fuese igual á la del cañon ó fusil pendulo.

La relacion entre la velocidad de la pieza y del proyectil varia segun muchas circunstancias, sin que se haya obtenido una fórmula exacta (1) si bien es suficientemente

(1) Piobert propuso la fórmula $v = \frac{g \cdot 420 \rho}{\rho - \frac{50}{100} \frac{P}{\rho}} = \frac{P \alpha \sqrt{\frac{1}{g}} \cdot 2 \operatorname{sen} \frac{1}{2} \alpha - 420 \rho}{\rho \frac{50}{100} + \frac{1}{2}}$ en la que ρ representa el peso de la carga de pólvora, ρ el del proyectil y carga pero sin pólvora y $\frac{g}{c}$ la relación entre el calibre y diametro del proyectil: apesar de haberse usado largo tiempo para las pruebas con el fusil pendulo en las fábricas de pólvora de Francia, ni los principios teóricos ni sus resultados prácticos la hicieron completamente aceptable.

aproximada la que dá Roche (1) ó sea

$$\frac{C}{C'} = 1 + 1/r' \times \frac{P'}{p} \dots \dots \dots (j)$$

en la que C es la cantidad de movimiento de un cañon, C' la de su proyectil, p el peso de este, p' el de la carga y r' la relacion que haya entre el volumen de esta y espacio en que se forman los gases (2)

La cantidad de movimiento del cañon se halla ser efectivamente siempre mayor que la del proyectil y el valor de la velocidad U' de este encontrado por el receptor, es menor que la U que para dicho proyectil se dedujera del retroceso de su cañon; cuyas velocidades, como seria

$$C = m U'$$

$$C' = m U$$

estarian ligadas por la relacion

(1) La fórmula (j) tomada de Senderos y de Barrios es algo diferente que la de Roche en su traité de balistique appliqué à la Artillerie navale. En efecto admítase como es natural, $M \bar{v} = m U' + m' v''$, expresando M y v'' masa y velocidad de una pieza libre, m y U' la de su proyectil y m' v'' la de los gases de la polvora; supone enseguida que $m' v'' = m U' \times u''$ de donde $u'' = U' \frac{m'}{m}$ y $M \bar{v} = m U' (1 + \frac{m'}{m})$. Expresa a continuación que las experiencias de Esquerdes por Mr Maguin le han hecho ver que habia que corregirlo y que $M \bar{v} = m U' (1 + r' \times \frac{p'}{p})$; pero que aun así esta fórmula solo serviria para el caso en que casi no hubiera viento, pues que de consistir este seria preciso tomar en cuenta su influencia ó sea llamando C al calibre y C' al diámetro convertir la fórmula en $M \bar{v} = m U' \{ 1 + r' \} \frac{C'}{C} \}$ ó, $\frac{C}{C'} = 1 + r' \frac{C'}{C}$.

(2) La fórmula (j) si bien puede servir para hallar la velocidad del proyectil dada la cantidad de movimiento de retroceso C pues que $C' = m U'$ y no habria mas que despejar U', su principal uso será para determinar la cantidad de movimiento C del retroceso de una pieza M ó su velocidad v'' pues que $C = M \bar{v}$ y que se podria hallar conociendo la $C' = m U'$ del proyectil por medio de los aparatos balísticos u hoy dia con gran exactitud valiendose de los electricos.

$$\frac{U}{v} = 1 + \sqrt{\frac{P}{v}}$$

Finalmente, la cantidad de movimientos de una pieza libre ó su velocidad de retroceso, puede tambien deducirse directamente del valor de Q . Para ello, no hay mas que tener presente que se ha demostrado en Mecánica Racional que en todo sistema material se pueden sustituir las ligaduras por fuerzas que hagan su mismo efecto; luego si se supone la pieza del pendulo una de masa \bar{M} y que este libre seria lo mismo que suprimir la ligadura que la unia al eje de rotacion, lo que es equivalente á introducir una fuerza que actuase perpendicularmente al eje del cañon pasando por el de rotacion, la cual teniendo por consiguiente nulos su momento y su trabajo no ejercerá influencia y así toda la cantidad de movimiento la adquirirá la pieza de masa \bar{M} y si á su velocidad se la llama v' será

$$\bar{M} v' = M v = Q = 2 \sin \frac{1}{2} \alpha \times \frac{P a}{r} \times \sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$v' = 2 \sin \frac{1}{2} \alpha \times \frac{P}{\bar{M}} \times \frac{a}{r} \times \sqrt{\frac{L}{g}}$$

cuyo valor se conocerá determinando los de las expresiones que entran en ella, para lo que se colocará en el pendulo la pieza de masa \bar{M} y despues se pondrá en vez de P el peso \bar{P} mas el del pendulo sin el cañon (1)

XIX.

Susceptibles de correccion la mayor parte de las cau-

(1) Esta fórmula será la conveniente para hallar la velocidad de retroceso de una pieza libre, si se operase con el pendulo Robins.

El error que influyen en la determinacion de la velocidad de los proyectiles por medio de los pendulos balísticos de Robins, no es de extrañar el que por largo tiempo haya ocupado el 5.^{to} lugar para la resolucion de las cuestiones balísticas. Pero no por eso está exento de muy graves inconvenientes, siendo el principal el no poderle emplear en ciertos casos, como cuando el ángulo de proyeccion ó las distancias fuesen muy grandes, además un mismo instrumento no sirve para todos los calibres, son muy costosos, difíciles de colocar y tan pesados que dan lugar á que influyan en los resultados las variaciones atmosféricas, casi imposibles de tener en cuenta.

Los expresados inconvenientes han sido causa para que ya de antiguo se tratase de buscar otros aparatos, que libres de ellos, permitiesen verificar los disparos muy seguidos con lo que se igualarian todo lo mas posible las condiciones. Estos nuevos aparatos son aun mas necesarios hoy dia con la introduccion de los nuevos cañones de grueso calibre, lisos y rayados, pues que el aumento de la cantidad de movimiento de sus proyectiles obligaria á modificar la constitucion de los pendulos para aumentar su resistencia, embarazandose aun mas su manejo: á lo que habria que agregar el movimiento rotativo de los proyectiles ojivales, el cual introduciria nuevas perturbaciones y destruiria mas rápidamente el aparato.

Capítulo III.

Sumario.

I. Aparatos electro-balísticos. II. Defectos de dichos aparatos. III. Cronoscopos Navier. IV. Ventanas de estos cronoscopos. V. Modelos de 1848 y 1858. VI. Descripción del modelo de 1858. Pendulo. VII. Vid. Coniector. VIII. Vid. disjuntor. IX. Establecimiento de las corrientes. X. Modo de operar. XI. Vid. del modelo de 1848. XII. Condiciones del disjuntor. XIII. Empleo del aparato Navier.

I.

La facilidad con que se puede interrumpir y volver à establecer una corriente eléctrica y su velocidad casi instantánea, ha proporcionado el modo de medir con exactitud por la electricidad el tiempo que tarda un proyectil en recorrer un corto trayecto conocido, del que podrá deducirse la velocidad media con que lo haya efectuado ó la inicial con que partió.

La medición del tiempo se obtiene colocando en los extremos del trayecto dos marcos blancos de madera, los que se guarnecen con un hilo de alambre que va formando líneas paralelas á menor distancia entre sí que el diámetro del proyectil y valiéndose de unas pilas se hace pasar por cada marco una corriente eléctrica. Apuntada la pila en direccion

de los blancos, el proyectil en su movimiento cortara primero un circuito y despues el otro, por lo que es necesario un aparato en el que se marquen dichos cortes y que de idea del tiempo transcurrido.

Muchos son los que se han propuesto desde 1840 en que Mr. Wheastone aplicó la electricidad con el indicado fin los que se dividen en dos clases, cronoscopos ó medidores del tiempo por graduacion y cronógrafos ó que lo ejecutan graficamente.

II.

Muy diferentes en sus combinaciones y detalles, tienen en general inconvenientes inherentes á su composicion. Tales son 1.º Los aparatos en cuya formacion entran electroimanes dan indicaciones variables con la intensidad de las corrientes. 2.º En los que hay movimiento de velos por ruedas dentadas y escapes de ancora, las indicaciones son de exactitud muy limitada, pues que el ancora no se puede detener sino entre dos dientes. 3.º Los de cilindro rotativo, tras de construccion difícil y costosa, exigen el empleo continuo de un cronómetro destinado á comprobar la velocidad de rotacion. 4.º Los fundados en reómetros son difíciles de graduar y observar. 5.º Aquellos en que existen péndulos, no permiten el medir tiempos instantes pequeños, por que en el principio de la oscilacion la velocidad no es suficientemente grande y la mas pequeña imparcitud en la medida de los arcos la produce gran-

de en los tiempos (1) 6.º Los que marcan la interrupcion de la corriente por el salto de la chispa electrica, tienen el inconveniente de la influencia de las circunstancias atmosféricas y el de la irregularidad en el salto y número de chispas (2) y 7.º Cada aparato, incluso aquellos cuyo sistema no se haya tomado en consideracion en la anterior clasificacion, ademas de la falta inherente a su especialidad, participará mas ó menos de la de los otros (3)

Tales defectos se han opuesto á la aceptacion de la mayor parte de los aparatos electro-balísticos y hasta ahora los que han merecido mas especial predileccion son Favre y sus derivados Leers y Le-Bulange.

(1) Este defecto es naturalmente relativo con las dimensiones: pues si el limbo fuese mas grande, es evidente que para las mismas divisiones serian mayores los intervalos y si la varilla se construyese tambien mas larga la velocidad seria á su vez mayor.

Por dicha causa el Comandante de Ejercito, Capitan del Cuerpo D. Francisco Javier Zapata ha dado crecidas dimensiones á el péndulo que ha inventado.

(2) Aunque sin negar los defectos de los aparatos fundados en la chispa de induccion es de creer que si se haya esajerado y que sean susceptibles de correccion los inconvenientes que hasta hoy dia han presentado los de Vignotti y Schütz: bajo la idea de que el porvenir pertenecerá á dicha clase de instrumentos es de esperar que dará un buen resultado el péndulo del Comand. Capitan D. Francisco Zapata.

(3) En los apuntes sobre el péndulo balístico de Favre traducidos del Journal de Sciences Militaires de Febrero y Marzo de 1859 se considera tambien el defecto de que „En los que se emplea un papel preparado sobre el que se marque el paso é interrupcion de las corrientes, no es aquel bastante sensible. No es posible admitirlo tan en absoluto por que con algunas precauciones se salvará dicha dificultad, por ser visible en cuanto se mira el papel con un anteojo ó al trasladar ya sea que se use el papel preparado por Vignotti con elorato de potasa, ya el de Schütz con el negro humo de corilla; sin embargo el Comand. Capitan D. Francisco J. Zapata coloca un anteojo en el número de su cronógrafo.

III.

En 1845, el entonces Capitan de la Artilleria Delya Mr. Haver propuso un método en el que por medio de la electricidad se podia encontrar el tiempo que tarda un proyectil en un corto trayecto determinado, y presentó un aparato con que lo realizaba.

El fundamento del método Haver consiste en medir el tiempo, que tarda un proyectil en recorrer cierta extension de su trayectoria comprendida entre los dos marcos blancos, del siguiente modo.

Por medio de un instrumento al que llamo *disyuntor* se ejecuta la rotura simultanea de las dos corrientes electricas cuyos circuitos pasan por los marcos. Esta primera operacion da una indicacion sobre un péndulo que le sirve de cronometro. Inmediatamente se vuelve a colocar todas las partes del aparato en las mismas condiciones que antes del corte simultaneo de las corrientes y se da fuego á la pieza. El proyectil atravesando los blancos produce disyunciones sucesivas en los circuitos las que dan otra indicacion sobre el péndulo; y la diferencia entre las marcas servirá para la medida del tiempo transcurrido, á lo que se llama *trabajar por diferencia*.

Para poder ejecutar cada una de las disyunciones, ya simultanea ya sucesivas, el aparato en que vá el péndulo tiene dos electro-imanés en comunicacion con los alambres de los

marcos, de tal modo, que uno de los electro-ímánes forme un circuito por medio de una pila con el 1.^{er} marco, es decir con el más próximo a la boca de la pila y si se sostiene la lenteja del péndulo valiéndose de dicho electro-íman, se pondrá en movimiento al cortarse la corriente; mientras que al romperse el 2.^o circuito, ó sea el de otra pila con el 2.^o marco se ha de detener un nonio, que habrá acompañado á la varilla del péndulo, para lo que sirve el 1.^o electro-íman que entra entonces en actividad y que por consiguiente no ha de formar parte del 2.^o circuito, lo que exige que se establezca un 3.^o en el que este el referido 2.^o electro-íman, para lo que se necesita emplear otro aparato al que dió el nombre de *casijunto*.

Resulta de lo dicho que este cronoscopio consta de tres instrumentos ó partes principales, que son el péndulo, el *casijunto* y el *disjuntor*.

El trabajar por diferencia, es decir el emplear el *disjuntor*, parte característica del sistema *Haverly*, (11) que corta las corrientes simultáneamente ó como si el 1.^o marco costubiese contiguo al 2.^o, tiene por objeto el evitar las causas de error que se reproducen con el mismo valor en cada operación, tales como lo que tardan en imanarse ó desimanarse los electro-ímánes, en cerrarse el 2.^{er} circuito & y que por ser muy pequeños los tiempos que se miden, no pue-

(11) Por emplearse tambien *Leurs y Le-Dulange* hemos dicho que eran derivados del *Haverly*.

den despreciarse (1). Con esto y la regularidad á que se puede llegar en la marcha de las corrientes se obtendrá el tiempo verdadero en que el proyectil ha recorrido la distancia que separa los marcos, por la diferencia entre los que se hayan tardado en describir los arcos marcados en el péndulo, para lo que se calculan unas tablas; pero como atendiendo á la poca velocidad de las varillas es difícil que se señalen claramente dichos arcos, se dispone el aparato de manera que pueda medirse el copresado tiempo por los arcos comprendidos en donde la velocidad de oscilacion es mayor (2).

IV.

Las principales ventajas que el cronoscopio de Navon presenta son: que un mismo instrumento sirve para todos los calibres desde las bombas hasta las balas mas pequeñas de armas portátiles; que permite operar bajo cualquiera ángulo de proyeccion y á cualquiera distancia y que duran poco tiempo las experiencias por ser portátil y fácil de manejar.

Agregando á lo expuesto su poco costo (3) y casi ningun gasto al usarlo, resulta apropiado para determinar con gran aproximacion la velocidad de un proyectil.

(1) Disminuye así el inconveniente del uso del electro-imán ó sea al que sellamo 1.^o

(2) Corrige el defecto atribuido á los péndulos ó sea el 5.^o

(3) Unas 675 pesetas próximamente, adquirido en Bélgica.

La referida velocidad se halla dividiendo el intervalo entre los marcos por el tiempo empleado por la bola en recorrerlo ó en cortar el alambre ó corrientes que pasan por los blancos.

Esto es suponer que el movimiento ha sido uniforme, y el valor que se obtenga corresponderá á un punto entre los marcos, que se podrá fijar casi exactamente.

V.

Como el cronoscopio inventado por Raven en 1846, dejase mucho que desear bajo el punto de vista mecánico apesar de ser el mejor aparato-balístico conocido hasta entonces, lo modificó en 1858; existiendo por consiguiente dos modelos el de 1848 y el de 1858.

Conocido este último, que es el mas perfecto es fácil comprender el primero, por cuya razón se describirá antes el de 1858.

VI.

El péndulo se compone (fig.^a 2o lám.^a 3.^a) de una meseta *a* de madera que se coloca horizontal por medio de tres tornillos *b* y un nivel *c* que sirve de guía. Sobre ella hay montada perpendicularmente una plancha de latón *d* la que está graduada de cero á 550 grados sesagesimales y que quedará vertical cuando la meseta esté horizontal. Por una abertura hecha en el costado izquierdo de la referida plancha,

aparece un electro-iman e sujeto por tornillos f; además, en el centro existe otra abertura circular que recibe los extremos de un gran electro iman en herradura que tiene sus polos separados por dos piezas de latón y que está sujeto por dos tornillos g. Entre los dos electro-imanés hay un tope h que detiene la varilla de un rónio cuando su cero coincide con el del limbo.

En el centro de la placa oscila un péndulo cuya varilla i es de acero y su lenteja j de latón, la que en su canto lleva una pequeña pieza de hierro dulce l que es la que se adhiere ó no al electo-iman e; dicho péndulo ha de arrastrar en su movimiento al índice m con su rónio n que aprecia $\frac{1}{20}^{\circ}$ (11). El péndulo parte de un eje de suspensión ó sea de un cilindro de bronce o (fig. 23 lám.ª 4), que tiene sus extremos de acero, para sujetarle por medio de los tornillos p que entran por los puentes q y r unidos á la placa d: el eje o atraviesa á rozamiento suave un runcho s en cuya estremidad vá una redondela, de la que por un lado pende la varilla ó índice m y por el otro T está reforzada, para que quede equilibrada. Un muelle bifurcado con su tornillo u para variar la tension, vá desde el péndulo á la pieza s, con lo que arreglando la tension de dicho tornillo, arrastrará el péndulo

11) Coje nueve medios grados y los divide en diez partes por lo que

$$d' = \frac{n}{n+1} \times d = \frac{9}{10} \times 36 = 32' \quad d - d' = 3' = \left(\frac{1}{20}\right)^{\circ} = 0,05'$$

dido en su movimiento al índice; arreglase el voramiento de este con el limbo por un tornillo de presión p ; teniendo presente que para detenerse el espresado número ha de quedar su redondela casi en contacto con la del electro-iman en heradura y para activar tanto este como el electro-iman recto e hay cuatro prensas de tornillos 3, 2, 3, 4. (fig. 20 lám. 3^a) que sirven para establecer las comunicaciones con las pilas.

Todo el instrumento se cubre con una caja de cristal que deja fuera las prensas y tornillos de nivelar y cuyo cristal de delante se saca para poder trabajar sin descubrirlo.

VIII.

El conjuntor consta de una meseta d' de madera (fig. 22 lám. 4^a) sobre la que se elevan los montantes b' entre los cuales corre un electro-iman c' sostenido por una placa de latón d' y que se sujeta en la posición que convenga por medio de los tornillos e' . Como el referido electro-iman recibe la electricidad por las prensas 5 y 6 de los montantes b' , la plancha d' está aislada de ellos por unas rodajas de marfil.

Al electro-iman c' cuando está en actividad, se le aplica un supletorio que lleva dicho conjuntor, cuyo adherente consiste en una pesa f' de plomo excepto la parte g' que es de hierro dulce.

Debajo del electro-iman, hay una capsula

de hierro k' (fig.^a 23 lám.^a 3.^a) rodeada de un cilindro de laton, dentro de ella se coloca mercurio arreglandose su nivel por medio de un tornillo de laton que tiene su cabeza i' graduada (fig.^a 24 lám.^a 3.^a) el que lleva un indice j' para marcar la graduacion debida, siguiendo por consiguiente el indice el movimiento del tornillo. De la expresada capnula parte por un lado una hoja de cobre $l'm'$ (fig.^a 25 lám.^a 4.^a) que pone en comunicacion el mercurio con una prensa de tornillo 7 y por el otro lado hay otra varilla de acero n' que partiendo de la prensa 8 viene á parar encima del mercurio dirigiendo hacia este su pequeña punta o' (fig.^a 25 lám.^a 3.^a), la que se introducirá si se violenta dicha lámina de acero y para regularizar su aproximacion existe un tornillo p' de cabeza graduada, el que atravesando un puente q' viene por uno de sus extremos, que es de marfil á actuar sobre la varilla, marcandose la graduacion ó vueltas dadas por medio de un indice r'

VIII.

El disyuntor consiste en dos muelles rectos a'' (fig.^a 25 lám.^a 4) sujetos por un lado á unas prensas 9 y 10 y por el otro en que están reforrados, reciben unos tornillos b'' cuyos extremos se cubren de platino y se presentan enfrente de otros tornillos c'' igualmente recubiertos de platino, los que penetran en una pieza g'' de madera, en la que existen las prensas 11 y 12 .

En medio de la pieza g" hay un cilindro e" que tiene su estremidad f" de marfil y que al otro lado lleva un mango d" de laton. En la parte e" se encuentra una especie de embolo h", que en el interior del tubo i" (sujeto este al zocalo por dos tornillos) puede comprimir un muelle de acero j".

Por debajo de la pieza d" f" y en direccion perpendicular a ella hay un disparador l" cuyo diente m" (fig.^a 26 lam.^a 4.^a) entra en un rebajo hecho en g" f" (fig.^a 28 lam.^a 4.^a) con objeto de impedir se dispare cuando se comprime el muelle j". En esta posicion el cilindro e" no toca á los muelles a" y los tornillos b" y c" estarian en contacto y en circuito las prensas (9 y 11) y (10 y 12). Si se dispara entorces, apretando el boton n", se romperan los circuitos. Areglase la fuerza necesaria para el disparo, por medio de un muelle de acero o".

X

Se ha dicho ya, que es preciso establecer tres circuitos de tal modo, que puedan los dos primeros romperse por el proyectil ó por el disyuntor, luego tendran que pasar por este aparato y por los dos marcos.

Ademas, como al cortarse la 1.^a corriente se ha de poner en movimiento el pendulo, es evidente que deberian formar parte de dicho circuito el 5.^{er} marco, el disyuntor, el electro-iman recto del pendulo y una 3.^a pila que lo alimenta. Al romperse el 2.^o circuito, se ha de detener la vari-

lla del nóico - para ello habrá que activar el electro-iman en herradura; será pues preciso que el 2.^o circuito, es decir el formado por una 2.^a pila, pase por el 2.^o marco y el disyuntor y vaya á parar á las prensas de los montantes del conjuntor, con lo que, al romperse el 2.^o marco ó circuito caera la pila y uniría las prensas de las banllas inferiores; las que puestas en comunicacion con el electro-iman en herradura por medio de un tercer circuito habrán activar dicho electro-iman.

Dedúcese de lo anterior, que la disposición de las corrientes tendrá que ser análoga á la de la (fig.^a 27 lám.^a 7.^a); es decir, el 1.^{er} circuito (marcado con una raya) se establecerá por medio de unos alambres conductores uniendo el polo positivo de una pila con el 2.^{er} marco, de aquí se le hace pasar por el electro-iman recto del péndulo, por el disyuntor y ha de volver al otro polo de la misma pila. El 2.^o circuito (trozado por raya y punto) parte del mismo polo de la 2.^a pila, pasa por el 2.^o marco, el electro-iman del conjuntor, el disyuntor, y termina en el polo negativo de la pila. Y finalmente el 3.^{er} circuito (descrito con puntos) arranca de el polo positivo de una 3.^a pila, sigue al electro-iman en herradura del péndulo, de donde irá al conjuntor y por último al polo restante de dicha pila.

X

Con lo dicho anteriormente, es fácil comprender ya el modo de funcionar. En efecto establecidas las corrien-

tes, sujeta la lenteja del péndulo al electro-iman recto, col-
 gada la pesa y preparado el disyuntor, si entonces se dispara
 este, cortará el 1.^o circuito y se pondrá en movimiento el pé-
 ndulo y el nóio; pero como se corta al mismo tiempo el 2.^o cir-
 cuito, caerá la pesa, se establecerá el 3.^o y se detendrá el nó-
 io marcando un ángulo α . Este corresponderá á los tiem-
 pos, $-t$ que el electro-iman recto tarda en desimantarse a
 causa del magnetismo remanente, $+t'$ de desimantarse tam-
 bien el electro-iman del conyuntor, $+t''$ de la caída de la
 pesa y $+t'''$ de activarse el electro-iman en herradura; es
 decir que el ángulo α corresponde al tiempo $-t+t'+t''+t'''$. Co-
 locado todo en el mismo ser y estado que antes y disparada
 la pieza, al cortar el proyectil los dos marcos, se reproducirán
 los mismos tiempos $-t+t'+t''+t'''$ mas el T' que tarda el pro-
 yectil en recorrer su trayecto y se marcará un arco α' : por
 consiguiente el arco $\alpha'-\alpha$ dará la indicación del tiempo T' .

XI.

Descrito ya el modelo de 1855, se pasará á dar á cono-
 cer el de 1848, del que posee un ejemplar la Academia.

En cuanto al péndulo (fig.^a 26 lám.^a 5) consta de
 iguales partes y casi igualmente dispuestas: puede pues ó-
 cíirse que no se diferencian sino en ser el limbo un círculo
 entero, aunque solo lleva graduación de 0' á 55", pero por
 arriba, hacia donde va igualmente el nóio.

El conjuntor (fig.^a 29 lám.^a 5) no tiene mas que un montante, dentro del cual existe una plomada, que sirve para poder ponerle vertical; lo que se ejecuta por medio de tres tornillos que lleva en su base: en dicho montante va el electroimán, el que se puede mover valiendose de un tornillo que el montante tiene en su cabeza.

El disyuntor (fig.^a 30 lám.^a 5) es el que mas se diferencia pues consiste en dos barritas de cobre cc' fijas y paralelas cuyas estremidades c' tienen hacia el interior una capa de platino, dichas barras estan separadas por una banda b de marfil y sujetas por un travesaño a a' de lo mismo: con dichas barras rotan otras movibles d d' con sus extremos igualmente cubiertos de platino para poder asi establecer circuito y las que á su vez estan separadas por la banda f de marfil. Las primeras barras cc' comunican por debajo de la meseta con dos prensas m y n, mientras que las barras d d' se unen á las prensas p y q por medio de unas planchitas en forma de muelle. Se mueven las expresadas barras d d' ó sea la banda f por un vástago de acero que atraviesa un cilindro g' donde hay un muelle que tiende á unirlos, pero que se vence (con lo que se prepara el disyuntor) por medio del tornillo h y se dispara valiendose del boton k.

La (fig.^a 31 lám.^a 5) representa el establecimiento de las corrientes y para ver el modo de formar los tres circuitos con solo dos pilas, es este el núm.^o de ellas q.^{ue} se representan.



XII.

Siendo el disyuntor la parte esencial del sistema de operar de Navors, es preciso que las roturas, simultáneas de los circuitos y las sucesivas ó por el proyectil, sean lo mas idénticas posibles (1) De aqui la preferencia del disyuntor modelo 5858, pues que si bien sus contactos no son todo lo convenientes que fuera de desear, pues que para ello debrian verificarse en un punto (2), no dá tan grandes irregularidades como el de 5848, por ser en este muy difícil de conseguir el paralelismo y equidistancia en la entrada de las barras.

XIII.

Con el empleo de dicho disyuntor, la regularizacion de las corrientes (3) y la posibilidad como ya se verá de variar la caída de la pesa, para que la mitad del arco $2'-2$ corresponda con el grado 75 (pues que siendo allí mayor la velocidad del péndulo, los pequeños errores de lec-

(1) De aqui se deduce la conveniencia de que el observador de fuego con una bobina en cuanto haya encontrado regularidad en el disyuntor, antes de que pueda ocurrir cualquiera variación, como un cambio en la intensidad de las corrientes,

(2) Como hizo el Comodoro Capitán S. Drun. J. Zapata con un disyuntor del 1^o modelo en el que dispuso las barras con los esferitas pues que estas de cualquier modo que se toquen siempre lo haran en un punto. Pero en rigor han perdido su importancia los dos disyuntoras descritos, pues los de Lacroix de Bulangé & son más sencillos y su marcha más regular.

(3) Para conseguirlo fácilmente, se establecieron hoy día tres pilas pues de usar solo dos seria preciso como ya se dirá el emplear ríscotels.

tura tendrán menos influencia) este cronoscopio quedó en buenas condiciones para emplearlo en la resolución de las cuestiones de Escuela Práctica ó sea determinar los tiempos ó las velocidades, ya para calcular las trayectorias de las piezas ordinarias y en condiciones regulares, ya para los efectos producidos por los modos de cargar, variaciones de construcción de piezas, estudio de pólvoras &c.

Cap.º IV.

Sumario.

I. Necesidad de preparar el cronoscopio Navex. II. Preparacion de los tres aparatos. III. Id. de las pilas. IV. Marcos. V. Comunicaciones. VI. Corrientes. Arreglo del 1.º y 2.º circuito. VII. Electro-iman de Mr. Jaspas. VIII. Corrientes. Arreglo del 3.º circuito. IX. Ensayo del cronoscopio. X. Arreglo de la caída de la pesa. XI. Modo de ejecutar las experiencias. XII. Determinacion de la velocidad y punto a que corresponde. XIII. Velocidad inicial. XIV. Construcción de una tabla de tiempos. XV. Modificación de dicha tabla pero que sirve para otros ejemplares. XVI. Efectos de las resistencias pasivas en los tiempos y velocidades.

I

Aunque el cronoscopio Navex no es difícil de manejar, exige sin embargo para que su marcha sea regular y de indicaciones exactas, el que haya una atención constante durante la manobra y que se llenen varios requisitos al instalarse, rason por la cual es necesario tratar de los detalles mas precisos para resolver esta cuestion, exponiéndolos por el orden con que en la práctica conviene considerarlos.

II.

Los tres aparatos deben colocarse en el interior de una caseta, que puede ser de madera, pero que no ha de

estar próxima a ningún camino ni á menos de 50 metros de la pieza en terreno ordinario, variando dicha distancia segun la naturaleza del suelo, para que nunca puedan las vibraciones poner en movimiento el péndulo ó dejar caer la pieza.

El péndulo y el conjuntor han de ser los que esten mas solidamente situados, para lo que se les pone sobre una sola mesa cuyo tablero quede exactamente horizontal y muy estable, es decir apoyada en el terreno y nunca sobre el entarimado del piso (por causa de las pisadas) ni sobre las paredes, aunque lo mas conveniente seria emplear un mazo de piedra.

Colocados ya los dos aparatos, se pasará á disponer el péndulo, empezando por hacer que esti horizontal el eje de suspension, con lo que el limbo quedará vertical, lo que se conseguirá valiendose de los dos tornillos de un lado siguiendo las indicaciones que marque el nivel. Además, parado el péndulo, debe coincidir el cero del nonio con el 75° del limbo y para que así se verifique se lleva el nonio y péndulo á la posicion inicial ó sea á corresponderse los dos ceros, se suelta la tuerca y se vé si al pararse sucede lo que se desea y de no, se logra empleando el 5.^o tornillo. Entonces se arregla convenientemente la suspension: para ello, se sacará poco á poco el tornillo-eje de detrás, hasta que la redondela del nonio toque con el gran electro-iman, lo que se conocerá escuchando el péndulo por el ruido que harán al rozarse y ya conseguido, se vuelve á

introducir el tornillo lo bastante para que cese el contacto. el tornillo-eje de delante se dispone de un modo igual. Despues se aprieta el bifurcado, lo preciso para que al oscilar el pendulo avanzare este al nonio levemente, pues que ha de ceder al obrar el electro-iman y por ultimo, se ponen casi en contacto el nonio y el limbo por medio de su tornillo.

El conyuntor que estava á la derecha del pendulo, con el tornillo del mercurio por delante ó sea hácia el operador y con los montantes verticales pues la mesa esta horizontal, se arregla del siguiente modo; se pone en la capsula de hierro un poco de mercurio muy puro, para cuya operacion se quita el cilindro y se giran puentes y varillas; volviendole despues á colocar todo en su sitio, pero de manera que la punta de la varilla no toque al mercurio.

Suspendese en este estado el arreglo del conyuntor para pasar al de el disyuntor: el que debe ponerse separado en otra mesa, con objeto que las sacudidas de dispararlo no hagan efecto sobre el pendulo y conyuntor. Suolto el muelle, se introduce un pliego de papel ordinario entre cada par de tornillos, se aprietan estos hasta que le muerdan y se aflojan enseguida dichos tornillos lo suficiente para poder quitar el papel. Se prepara á continuation el aparato, poniendole en el disparador ó sea encajando el diente en el rebajo, con lo que no tocando en los muelles el extremo de marfil del mango, habra contacto entre los tornillos.

III.

Se sitúan las pilas en una tabla sujeto a la pared por la parte de afuera de la caseta.

Ya se ha visto que se necesitan dos pilas, si bien es preferible emplear tres: se formarán con pares tamaño medio de Archeveau ó Bunsen y cuyo número variará según la longitud que hayan de recorrer los conductores, clase de estos, é intensidad que necesite la corriente. Si como es conveniente diese fuego el operador por medio de una bobina, hará falta otra pila. En todas ellas deberán tenerse presente las prescripciones que en Física se han dicho para la manipulación de la pila Bunsen (1)

(1) Recuérdese que la pila de Bunsen está formada por pares q^{ue} constan de un cilindro de coque calcinado, el cual se pone dentro de un vaso de tierra de pipa (poroso) entre los cuales se coloca ácido azoico ordinario que con un peso ácido debe dar de 40 á 50. Ades de dicho vaso un cilindro de zinc puesto dentro de otro vaso de porcelana y entre los dos se hecha agua acidulada con $\frac{1}{2}$ de ácido sulfúrico. Como todos los pares han de estar acidulados a $\frac{1}{2}$ debe la mortla hacerse toda junta en una vasija y se conoce esta en la proporción debida si se enturbia el agua.

Lo q^{ue} se hecha en los pares es el ácido azoico, poniéndole en aguita la mezcla para que el ácido azoico no se salga por los poros del vaso de tierra de pipa; teniendo cuidado de dejar al mismo nivel el líquido de los vasos, son objeto de que la pila sea constante.

El zinc debe estar amalgamado y se conviene que necesita serlo cuando sin funcionar la pila se oiga un silbido en el agua acidulada, y si el zinc fuese fuertemente atacado se verá el agua humear y hasta hervir y en este caso hay que retirar inmediatamente el zinc pues sino se agripará.

Para amalgamar el zinc se le mete en agua acidulada a $\frac{1}{2}$ después se le pone en un vaso de tierra donde hay un poco de agua acidulada a $\frac{1}{2}$ y 2 libras de mercurio el que por medio de un cepillo de hierro se estienda sobre el zinc, ya amalgamado se introduce en una vasija con agua en cuyo fondo se deposita el exceso del mercurio.

Las emanaciones de esta pila son perjudiciales para la economía animal, que es la razón por que se colocan fuera de la caseta.

Si los zincs son viejos tal vez sea demasiado fuerte la proporción $\frac{1}{2}$ y convenga mejor a $\frac{1}{4}$ y a caso menos.

La pila de Archeveau difiere de la de Bunsen en tener el zinc exterior: es de más poder y puede un par remplazar a dos de Bunsen.

II.

Los marcos son de madera e iguales en un todo cada par y con las dimensiones precisas para que pudiendo acertarse de ellos, segun la distancia y precision de punteria de la pieza, sean lo mas pequeños posible pues que asi se colocaran mejor los alambres (1). Estos deben ser de cobre bien recocido de 0.^{mm}003 diametro si se emplea el cañon y de la mitad si las experiencias se hacen con armas portatiles: Dichos hilos se ponen formando lineas paralelas, ya sean horizontales o verticales, pues que lo 1.^o facilita la tension y lo 2.^o evita el pandeo pero tanto de uno como de otro modo la distancia entre ellos no debe exceder de $\frac{1}{3}$ del diametro del proyectil para que aun con ojeales siempre corte por lo menos uno de los de cada marco. El modo de sujetar los alambres a los bastidores puede ser por clarijas de madera o con puntas de Paris (2): cada dos hilos se unen alternativamente a uno y otro lado del marco (fig. 32 y 33 lám. 1.^a); si se emplean clarijas, se dan dos o tres vueltas a su alrededor y si se usan las puntas se rodean a estas; pero para evitar resulten corrientes derivadas hay que barnizar el bastidor y clarijas o cubrir las puntas de gutapircha

(1) Para velocidades iniciales, bastara con que tenga 1.^o 58 alto y 0,8 de ancho tomadas internamente.

(2) Pueden introducirse los alambres en unos tiercos que cada dos estan en una plancha; aprietanse con tornillos.

el papel y seda ó laere ó larnes.

Aun teniendo presentes todas las prescripciones dadas para la construcción de los marcos, no se conseguirá quitar completamente las corrientes derivadas, pues por la ductibilidad del cobre se alargarán los alambres y tocándose unos con otros darán lugar á irregularidades que suelen ser la causa principal de no funcionar bien los aparatos y que serán aun mayores si no se tiene la precaución, en las uniones de los alambres de enlazarlos con ligaduras ó recovecos uno sobre otro, dejando dicha union entre dos clavijas (1)

Como la velocidad del proyectil es independ.^{te} de la inclinacion de la pieza se pondrán los marcos sobre el terreno y la pieza sera la que se critierre lo que se necesite p.^o que el proyectil dé en los marcos (2). Si el 5.^o ha de estar muy cerca de la pieza como se ha probado que antes de llegar á ellos el proyectil los rompe el rebujo, se establecerá una pantalla que deje paso á la bala, si bien no será ya necesaria cuando

(1) Sobre todo será muy conveniente hacer los marcos análogos á los propuestos por el Com.^o Cap.^o D. Fran.^o Zapata y por lo menos á estilo de arpa, tendiendo los alambres, sujetos con clavijas, á una ranura hecha en la madera del marco y ligando, dos si, dos no, á cada lado por un trozo de alambre, con sus puntas introducidas en la madera. Los marcos se colocaran verticales por medio de pinnada y á distancias bien medidas por marmolillos, pues por ser $t = \frac{1}{10}$ próximamente una diferencia de milésimas es considerable para $v = \frac{400}{10}$.

Son convenientes los portátiles de hierro que describe Le-Bulange, como tambien cumplir con varias prescripciones que indica en su memoria sobre su cronógrafo, modelo 1847.

(2) Lo mismo se ejecutará aun con morteros, como indica la fig.^a de la lámina 5.

la distancia á que el marco se haya de establecer de la pieza es de 30 a 35^m si se opera con cañon ú obus y de 5^m si con mortero (1)

Siendo el 1.^{er} marco á cierta distancia de la pieza, la que del va estar, bien medida hay que establecer convenientemente el 2.^o En efecto dada la pieza y carga con que se tire, ó se conoce ya de antemano por tablas, experiencias ú la velocidad que otras veces ha dado ó de no, se podrá encontrar aproximadamente por fórmulas ó por comparacion con otra pieza ó carga conocida, de este modo se tendrá una velocidad presumible y si se supone para simplificar que el movimiento sea rectilíneo y uniforme es claro que será dicha

$$v = \frac{c}{t}$$

Conviendría pues dar á c ó sea á la distancia entre los marcos, valores que variandose segun las velocidades presumibles, hagan que t resulte en límites á propósito para su medicion en el péndulo, lo que se ejecutara con arreglo á la tabla n.^o 5.

V.

Hay que establecer las comunicaciones entre las pilas, marcos y los aparatos por medio de alambres de cobre recocido: en cuanto á sus dimensiones como se sabe que cre-

(1) Si la pieza es cargada por la culata el 1.^{er} marco se puede llevar sin cuidado hasta la boca y aun remplazarse por un solo alambre.

ciendo estas aumenta la superficie de resistencia, y como al mismo tiempo se admite que si hay partes mas delgadas la intensidad de la corriente es como si todo el alambre fuese igual al mas delgado, parece natural que se emplee generalmente el de $0^m,0055$.

Los conductores, que estan en la parte de afuera de la caseta no necesitan revestirse, pero entonces hay que sostenerlos por medio de escarpas cubiertas de guta-percha y colocadas de 30 en 30 mt. y a las que los alambres dan dos vueltas si la escarpia es impar y una si es par. Dichas escarpas se introducen en unos piquetes, en los que se pone una hoja de zinc que las cubre (11)

Pero lo mejor, sera disponerlos igualmente que los que han de estar en el interior del edificio; los cuales es precisa se revistan de algod6n empapado en goma-laca, para que si se tocasen, ni aun asi diesen lugar a corrientes derivadas, pero los extremos que se introduzcan en las prensas habrá que descubrirlos y cubrirlos con papel de esmeril.

VI.

En este estado, se pasará a ver si los dos 500 circuitos estan establecidos, lo que tendra lugar si los electro-ima-

(11) Si en un mismo piquete hay varias escarpas para diferentes conductores han de estar mas de $1/2$ y se han de cubrir alternativamente sobre varas opuestas. Puede suprimirse dichas escarpas usando cable aislado y conductos hilos.

atraen un objeto de hierro que se les aproxime. Si no lo ejecutan, se procederá á buscar la causa, primero completando los circuitos sin los conductores que van á los marcos, luego con los conductores y por ultimo introduciendo los marcos.

Ya establecidas las corrientes hay que regularizarlas. La que vá al electro-iman recto no debe ser muy intensa, pues si lo fuese conservaria magnetismo remanente, pero tampoco conviene sea excesivamente débil pues tal vez no detuviese bien el péndulo y de ambos modos daría lugar á irregularidades; por eso el tipo para operaciones delicadas consiste en que un lapiz se deje caer desde algunos decímetros de altura basta para que se desprenda el péndulo; así pues si esto no se verifica ó llevado el péndulo con la mano al electro-iman es atraído con fuerza, habrá que arreglar la intensidad de dicha corriente.

El modo de ejecutarlo es el siguiente. Si se han establecido tres pilas se disminuirán pares en la que se trata, pero si solo se emplean dos, se hará dicha disminución de intensidad cambiando el sitio de union del alambre conductor, pero sin quitar ningun par por que han de hacer falta para el tercer circuito; hecha ya una u otra cosa se ensaya de nuevo la fuerza del electro-iman recto y se introduce en ultimo caso un reostat.

La corriente que imanta el electro-iman del conmutador, tambien debe ser nada mas que lo precisa para

que sostenga la pesa, y se arregla del mismo modo que la anterior y con igual precisión (11) pues de este modo el funcionamiento relativo de ambos electro-imanos será equivalente y habrá cierto equilibrio entre los tiempos $-t$ y $+t$.

VII.

En los aparatos mas modernos de Savoy (1860) ha ideado Mr. Gaspar, constructor de ellos, una modificacion q^{ta} permite sustituir el arreglo de las corrientes, por el de los electro-imanos obrando directamente sobre estos. Con dicho objeto, sus electro-imanos (fig.^a 55 lamina 5) consisten en unas bobinas cuyos ejes están divididos en dos partes, una mas pequeña A que es la que forma el polo, la cual penetra muy poco en la hélice con lo que se imanta muy debilmente, la otra B es movable y puede aproximarse ó separarse de la anterior por un movimiento micrométrico muy lento. La máxima potencia del iman corresponde al contacto de las dos partes, que se podrá aumentar cuanto se quiera dando al cilindro una longitud suficiente y se disminuirá separandolas; para todo lo cual se actuara sobre la cabera C del trozo movable. De este modo puede quedar el electro-iman con la fuerza de atraccion que se desea.

(11) No deben dejarse suspendidos pesa y péndulo mas que el tiempo preciso, para que no se aumenten las intensidades de atraccion.

VIII.

Establecidos los dos circuitos hay que preparar el 3.^o habiendo llegado ya el momento de continuar el arreglo del conjuntor, que se habia dejado en suspenso. Para ello se mueve el tornillo graduado que atraviesa el punte, hasta que se apoye ligeramente en el muelle de acero. Inseguida se va introduciendo muy despacio el tornillo grande graduado, hasta que el nivel del mercurio quede en contacto con la punta de la varilla de acero, lo que se conocerá en que establecido así el 3.^{er} circuito se oirá un ruido seco producido por el choque de la redondela del nóisio, atraída por el electro-iman grande ó en herradura; se vi entonces á qué altura de mercurio ó graduacion de la cabera se establece el circuito, se sacará dicho tornillo dos vueltas completas y por último se separará con la mano la redondela. La intensidad del 3.^{er} circuito ha de ser grande pues el contacto se verifica por superficies planas y debe ser tal que atraiga de golpe y con energia á la redondela, pero por su poca extension bastara con uno ó dos pares.

IX

Consiste el ensayo del instrumento en romper á la vez por medio del disyuntor, el 3.^o y 2.^o circuito con lo que quedará establecido el 3.^o y el nóisio marcará un arco. Esta operacion se repite unas 50 veces, siendo preciso para poder ope-

rar, el que dos indicaciones sucesivas no se diferencien en mas de 0^m 25.

Para ejecutar la 1.^a prueba (1) se coloca el disyuntor en el disparador y se examina si los dos 3.^{os} circuitos estan cerrados. Se coloca el nonio coincidiendo los ceros, se lleva la lenteja hasta medio centimetro del electro-iman recto y soltandola, al quedar fija ha de coincidir con la graduacion 75°: elevase otra vez y se la suspende. Presentase la pesa del conjuntor a su electro-iman, pero de manera que sus ejes respectivos estan en prolongacion uno de otro y se pone la mano izquierda debajo de la pesa por si se soltase accidentalmente y se espera a que deje de oscilar. Apriatase entonces el boton del disparador del disyuntor, con lo que se cortaran los dos primeros circuitos, caerá el pendulo arrastrando al nonio y como tambien caer la pesa se establecerá el 3.^{er} circuito y se detendrá el expresado nonio.

Quitase entonces la pesa de encima de la barilla, con lo que se rompe el 3.^{er} circuito, pero quedando aun la redondela adherida se ve la graduacion del nonio, la que se apuntará; separase en seguida la redondela, ponesse el disyuntor en el disparador y suspendiendole pendulo y pesa repitese la operacion las 5 o mas veces que se han dicho.

11) P. no estar sentado el operador, pero ha de evitar apoyarse en la mesa del pendulo y conjuntor.

Si el aparato no marcha con regularidad se busca la causa guiándose por las preguntas de la tabla n.º 2.

X.

Aunque no es indispensable para el éxito de las experiencias, si lo será para la mayor precisión, el que se arregle la altura de caída de la pesa del conjunto de tal modo que la mitad del arco $L - a$ corresponda hacia la graduación 75° donde el péndulo tiene mayor velocidad. Para ello ténase presente que con arreglo a la velocidad probable que llevara el proyectil, se ha determinado el intervalo c entre los mares, bajo el supuesto, para mayor sencillez, de ser el movimiento rectilíneo y uniforme y por consiguiente.

$$c = v \cdot \bar{t}$$

de donde se tiene $\bar{t} = \frac{c}{v}$

Con lo que será conocido el tiempo probable \bar{t} (véase tabla número 3)

Por medio de una tabla de tiempos (tabla n.º 4) que se ha construido expresando los tiempos que tarda el péndulo en los diferentes arcos, se tendrá el \bar{t} en que recorre el arco de 75° y se podrá de dicho tiempo \bar{t} restar la mitad del probable ó sea $t - \frac{\bar{t}}{2} = \bar{t}$. Por la misma tabla se hallará el arco que corresponde á dicho tiempo \bar{t} y supóngase que sea α'' . Si trabajando solo con el disyuntor, el mismo se detuviese en el arco α'' , es claro que después, al operar

con el cañon, el tiempo sera $\bar{t} + \bar{t} = (\bar{t} - \frac{\bar{t}}{2}) + \bar{t} = \bar{t} + \frac{\bar{t}}{2}$ y el nonio se detendra mas alla del arco de 75° en una cantidad propiamente igual al que recorriese en la mitad del tiempo probable, es decir que la mitad del arco $\alpha' - \alpha$ caera hacia la graduacion 75° .

Ahora bien, si despues de ensayado el instrumento, se va moviendo el marco del electro-iman del conjuntor ó sea la pesa, hasta que el nonio se detenga operando solo con el disyuntor en dicho arco α'' cuando esto se verifique y el aparato marche bien, estara en las condiciones mas convenientes para las experiencias.

XV

Para verificarlas, se dispone el aparato para hacer un corte con el disyuntor; ejecutado el cual se apuntara el arco α (que sera igual al α'') que marque el nonio; se volvera otra vez á preparar y se disparara la pisa inmediatamente, para que no de lugar á irregularidades, con lo que se obtendra el arco α' medido por el nonio: sera pues conocido el $\alpha' - \alpha$ recorrido por el péndulo durante el tránsito del proyectil por entre los marcos y por la tabla n.º 4 si hallara el tiempo que se queria medir.

En efecto: como cada arco estara expresado en enteros y centesimas de grado; y la tabla para cada uno de estos contiene una casilla de tiempos totales y otra de par-

ciales, el correspondiente a la parte entera se encontrará en la total de las tablas y para la decimal se multiplicara esta por su parcial. De este modo se obtendrán los tiempos T' del tiro y T'' de la disjuncion y se restarán uno de otro. La diferencia $T' - T''$ dará la medida del T' transcurrido por el proyectil entre los marcos.

XVII

Encontrado exactamente el tiempo T' y la distancia e , se tendrá conocida la velocidad del proyectil ó sea $v = \frac{e}{T'}$, pero esto es bajo el supuesto de ser el trayecto horizontal y con movimiento uniforme, pero como en la práctica es curvilíneo y retardado, dicha velocidad corresponderá a un punto entre los dos marcos mas allá del punto mitad, pero que por su proximidad puede admitirse sea dicho punto mitad.

Si para conveniencia de ello se usan las fórmulas de la balística de Didion se tendrá que la velocidad que el proyectil llevara en dicho punto medio se hallará sustituyendo las condiciones del movimiento en la fórmula general de la velocidad de la trayectoria atmosférica, la cual es

$$v = \frac{V \cos \theta}{\cos \varphi (1 + \frac{g}{2c} T^2)} = \frac{V \cos \theta}{\cos \varphi (1 + \frac{g}{2c} \alpha T^2)}$$

Considerando siempre que el trayecto entre los marcos lo recorre el proyectil horizontalmente, lo cual es admisible a causa de lo pequeño de la distancia e con respecto a la trayectoria total, si se establece el origen del sistema coordenado en

el punto de corte del primer marco (fig. 26 lám. 5) será

$$\theta = \varphi = 0, \quad \alpha = 1$$

y si se llama v' la velocidad con que el proyectil corta al 1.º marco se tendrá también

$$\bar{V} = V \cos \theta = V = v'$$

con lo que el valor de la velocidad para los puntos situados entre los marcos se convertirá en

$$v = \frac{v'}{(1 + \frac{v'}{c})e^{\frac{x}{\lambda c} - \frac{v'}{c}}}$$

y por consiguiente al punto medio donde

$$x = \frac{1}{2} \lambda'$$

le corresponderá

$$v = \frac{v'}{(1 + \frac{v'}{c})e^{\frac{1}{2} \frac{\lambda'}{\lambda c} - \frac{v'}{c}}} \dots \dots \dots (m)$$

La velocidad encontrada con el cronómetro fijo

$$v = \frac{c}{\beta}$$

en la que $c = v' \gamma^2$ conocido por la tabla de tiempos. Para poder comparar las velocidades, como la 1.ª fórmula viene en función de la de llegada habrá aquí que poner γ en función de dicha v' lo que se conseguirá por la fórmula general de

$$t = \frac{x}{v} \cdot X(x, v') = \frac{x}{v} \left\{ (1 + \frac{\alpha \bar{V}}{v}) \left(\frac{c \frac{x}{\lambda c} - 1}{v} - \frac{\alpha \bar{V}}{v'} \right) \right\}$$

teniendo presente las condiciones con que se verifica el trayecto ó sea según se ha dicho

$$\theta = \psi = 0, \alpha = 1, \bar{V} = v', x = x'$$

el valor de v se convertira

$$v = \frac{v'}{\frac{p'}{p'} \left\{ \left(1 + \frac{v'}{c} \right) e^{\frac{v'}{2c}} - 1 - \frac{v'}{c} \right\}} = \frac{v'}{\left(1 + \frac{v'}{c} \right) e^{\frac{v'}{2c}} - 1 - \frac{v'}{c}} \quad (n)$$

Comparando las fórmulas (m) y (n) se ve que dependen de las funciones $\frac{1}{2} \frac{v'}{c}$ y $\frac{e^{\frac{v'}{2c}} - 1}{\frac{v'}{c}}$ las que desarrolladas en series dan

$$\frac{1}{2} \frac{v'}{c} = 1 + \frac{v'}{2c} + \frac{1}{2 \cdot 3} \left(\frac{v'}{c} \right)^2 + \frac{1}{2 \cdot 3 \cdot 4} \left(\frac{v'}{c} \right)^3 + \dots$$

$$\frac{e^{\frac{v'}{2c}} - 1}{\frac{v'}{c}} = 1 + \frac{1}{2} \frac{v'}{c} + \frac{1}{2 \cdot 3} \left(\frac{v'}{c} \right)^2 + \frac{1}{2 \cdot 3 \cdot 4} \left(\frac{v'}{c} \right)^3 + \dots$$

Ahi pues, la 1.^a es menor que la 2.^a por consiguiente la velocidad hallada corresponde a un punto mas alla del medio, es decir que dista de v' marco mas de $\frac{1}{2} v'$; pero como la desigualdad de las series empieza en el 4.^o termino y se diferencian en cantidades muy pequeñas, se puede admitir en la práctica que sea la de el referido punto medio.

Si se emplean las fórmulas del Brigadier Barrios se tendra que la velocidad del proyectil en el punto mitad del trayecto se obtendra por la expresion

$$v = \frac{v'}{1 + C^m v' x}$$

en la que considerando que el movimiento empieza en el 1.^o marco sera

$$v = \frac{v'}{1 + C^m v' \frac{x'}{2}}$$

La hallada con el cronoscopio es

$$v = \frac{c}{\gamma}$$

$$c = v \gamma'$$

en la que

y poniendo por X' su valor en función de la velocidad v' de llegada al 2^{er} marco ó sea usando la

$$t = \frac{x}{v \cos \theta} \left(\frac{c^2 v' x}{2} + \cos \theta \right)$$

en la que

$$v = v' \theta = 0, \quad x = x'$$

será

$$t = \frac{x'}{v'} \left(1 + \frac{c^2 v' x'}{2} \right)$$

y

$$v = \frac{v'}{1 + \frac{c^2 v' x'}{2}}$$

y por consiguiente, la igualdad

que resulta para los dos valores de v , hace ver que la velocidad que el péndulo da puede admitirse sea la del punto medio pero para la práctica, pues que teóricamente no puede ser la misma.

XIII.

Si lo que se quiere hallar es, como sucede generalmente, la velocidad inicial V ó sea la de boca de la piedra, se sabe que entre esta V y la hallada v hay relaciones que las ligan. Si se usan las fórmulas del Brigadier Barrios será

$$v = \frac{V}{1 + c^2 v p}$$

siendo p la distancia desde la boca al punto medio entre los marcos y si se emplean las de Bidion será

$$1 + \frac{v}{c} = \left(1 + \frac{V}{c} \right) e^{\frac{v p}{c}}$$

XIV.

Hasta aquí se había supuesto conocida la tabla número 4

y ahora se expondrá el modo de construirla segun lo hizo el Capitan Haver.

Como en todo péndulo compuesto existe el centro de oscilacion el cual se mueve como si fuese un péndulo simple equivalente ó isocrono suyo, es evidente que los tiempos del Haver serán también los de su centro de oscilacion ó péndulo simple y se le conocerá determinando los de este último. (1)

Con dicho objeto considera el arco cuyo tiempo se quiere encontrar como una reunion de otros parciales, los que siendo pequeños pueda suponerseles descritos con movimiento uniforme, para por este medio hallar una fórmula que ligue el tiempo que tarda dicho péndulo simple en describir su arco parcial con el valor α de la oscilacion y el tiempo t de una muy pequeña, lo que ejecuta del siguiente modo. Sea M (fig.^o 27 lámina 5) el punto material que unido por un hilo al eje de rotacion A constituye el péndulo simple isocrono del Haver. Dicho punto describira con movimiento variado el arco MM' , pero si se toma un punto M'' (2) como principio de un arco parcial $M''M'''$ puede admitirse, que en este marche con velocidad uni-

(1) Es claro que la fórmula de Mecanica Racional del valor del tiempo T de una oscilacion α , que es $T_{(a)} = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \times \left\{ 1 + \left(\frac{\alpha}{2}\right)^2 \times \frac{1}{4} + \left(\frac{\alpha^2 \alpha^2}{2 \cdot 4 \cdot 6}\right) \times \left(\frac{1}{4}\right)^3 + \dots \right\} = t \times \left\{ 1 + \left(\frac{\alpha}{2}\right)^2 \times \frac{1}{4} + \left(\frac{\alpha^2 \alpha^2}{2 \cdot 4 \cdot 6}\right) \times \left(\frac{1}{4}\right)^3 + \dots \right\}$ podrá servir para hallar los tiempos totales del péndulo simple ó de su isocrono Haver pero seria mas pesado, que por el modo especial que se va a explicar.

Aunque los tiempos resultan mayores las diferencias no serian de consideracion y menos en los arcos donde ordinariamente se miden los tiempos.

(2) Fue el punto M es un caso muy particular.

forme y casi igual á aquella con que llegue á M' , la cual será pues

$$v = \sqrt{2gy}$$

La cuestion estará reducida á hallar el tiempo que el móvil tardará en recorrerlo llevando la velocidad uniforme v . Para ello, supongase que el punto M'' animado con la velocidad con que llega á M' ó sea la v describiese una circunferencia alrededor de A es decir con un radio l en lo q^t tardará un tiempo.

$$\bar{T} = \frac{2\pi l}{v} = \frac{2\pi l}{\sqrt{2gy}}$$

y como \bar{T} es el tiempo que tarda en recorrer toda la circunferencia, para un arco parcial será

$$T = \frac{\bar{T}}{k} = \frac{2\pi l}{k\sqrt{2gy}}$$

el cual servirá para el arco $M''M'''$ que tambien recorre un movimiento uniforme siempre que se haga:

$$k = \frac{2\pi l}{M''M'''}$$

Como dicho valor de T viene en funcion de y y se sabe que

$$y = Ab - Aa = l \cos(\theta - p) - l \cos \theta$$

será

$$T = \frac{2\pi l}{k\sqrt{2gl(\cos(\theta - p) - \cos \theta)}}$$

En esta formula que está ya en funcion del arco, entra el valor de l , el que se puede poner en funcion de t tiempo de una oscilacion muy pequeña del péndulo simple pues que

$$l = \frac{t^2}{\pi^2} \times g$$

y por consiguiente será

$$T = \frac{2g \frac{t^2}{T^2}}{k \sqrt{2g} \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \left\{ \cos(75^\circ - \varphi) \cos 75^\circ \right\} \right\}}$$

$$b \quad T = \frac{2t}{k \sqrt{2} \left\{ \cos(75^\circ - \varphi) - \cos 75^\circ \right\}} \dots \dots \dots (p)$$

fórmula tal cual se quiera hallarla, es decir en función del arco φ y del tiempo t de una oscilación muy pequeña.

Es preciso pues determinar dicho valor de t para que el de T sea conocido. Como t es el tiempo de una oscilación muy pequeña del péndulo simple isócrono del cronómetro no habrá más que valorse de este último. El modo de ejecutarlo es el mismo que se dijo en el péndulo Robins, pudiendo hacerlo o por medio de oscilaciones muy grandes o tomando el término medio de muchas muy pequeñas, solamente que siendo más delicado el aparato deberán repetirse de dos á tres mil veces y despreciar aquellas que más se separan (17)

Obtenido ya el valor constante de t se tendrá de la fórmula (p) solo dependerá de φ y analízandola se ve, que a medida que esta vaya siendo menor o que el arco se aprovi-

(17) En los apuntes sobre el péndulo eléctrico de Favre, tomados de la Revue de Technologie se dice que se saque el aparato oscilante del cronómetro y se suspen- da de un soporte que se compone de dos montantes de bronce fijos sobre un fuste y atravesados cada uno por un tornillo que los ha de sujetar al eje del péndulo y engrasados como están en este, teniendo cuidado de colocar la varilla del nóris con relación á la lenteja en la misma situación que tiene cuando esta toca al electro-imán y acou- lla al tope coincidiendo los cerros de nóris y lombos; con con objeto de que todo se con- junte lo más igual posible que en el cronómetro, pero como aun así siempre habrá diferencias es perjudicial el sacar el péndulo del aparato.

me mas al origen el cos (15-y) vá disminuyendo, con lo que T' se irá aumentando; de aqui el que para formar tablas valiéndose de dicha expresion (p) se dé á y valores tanto mas pequeños cuanto mas cerca esté del inicial del péndulo, debiéndose atribuirse los correspondientes al medio del arco cuyo tiempo parcial se quiere encontrar, pues que dicho arco $M''M'''$ lo recorre con movim.^{to} variado y su velocidad será aproximadamente la del punto m y por consiguiente los valores de y deben contarse desde los puntos medios de los arcos.

Asi pues hallado para un péndulo el tiempo t de una oscilacion muy pequeña se irá dando á y valores de la manera que se ha dicho (1), resultando los de T' para los arcos parciales y como los tiempos totales se encuentran sumando los parciales, se formarán de este modo las tres casillas de la tabla n.º 4.

XV.

Dicho valor de t debe buscarse en cada ejemplar q^e se tenga que manejar y si no resultase igual á aquel que haya servido para construir la tabla n.º 4 (2) será preciso

(1) Cuando la tabla empieza por 30°, se puede dar á y valores de grado entero y sus puntos medios, como $y = 10^{\circ} 30', 11^{\circ}, 12^{\circ} 30', \dots$ pero para los arcos del principio y fin de las oscilaciones deberá ser y menor. = Para el 1.º grado, como no debe suponerse la velocidad como medio de la inicial cero y de su final, se hallará suponiendo que el centro de suspensión resbala por un plano inclinado 75° con la horizontal.

(2) Se ha hallado dicha tabla n.º 4 para un aparato el que $t = 0^{\circ} 5342$ y próximamente obra para todos los cronoscopos de Navier.

rectificar esta.

Para ejecutarlo observese que en el aparato cuya tabla se tiene, el valor del tiempo de un arco parcial es

$$T = \frac{\lambda t}{kV\lambda(\cos \theta' - \cos \theta)}$$

y como p.^o el nuevo sería

$$T' = \frac{\lambda' t'}{kV\lambda(\cos \theta' - \cos \theta)}$$

si se dividen entre sí quedará

$$\frac{T'}{T} = \frac{t'}{t} \quad \text{ó} \quad T' = T \times \frac{t'}{t}$$

con cuya ecuacion se puede ya facilmente formar la nueva columna de tiempos parciales. En cuanto á los totales tambien será

$$\left. \begin{aligned} \frac{T'}{T} &= \frac{t'}{t} \\ \frac{T''}{T} &= \frac{t''}{t} \\ \frac{T'''}{T} &= \frac{t'''}{t} \end{aligned} \right\} \text{de donde } \frac{T'+T''+T'''}{T+T+T} = \frac{t'+t''+t'''}{t} \quad \text{ó} \quad \frac{\sum T'}{\sum T} = \frac{t'}{t} \quad \text{y, } \sum T' = \sum T \times \frac{t'}{t}$$

pudiendose pues con igual facilidad construir la columna de tiempos totales, que igualmente podrá obtenerse sumando sus parciales

XVII.

Sero como en estos aparatos existen rozamientos, resistencia del aire, presiones sobre los ejes y atracciones diferentes de los imanes &, cuyas resistencias varian segun los arcos, los tiempos que ausen las tablas no son los verdaderos y debería existir otra casilla en que para cada arco se viese lo que debería disminuirse el tiempo por efectos de dichas resistencias: y por consiguiente las expresadas tablas son algo

incompletas (11)

Resulta finalmente de todo lo dicho q.
en el cronoscopio si se acortara el ángulo de la oscilacion
y no tomándolo en consideracion, la velocidad que se deter-
mine será algo grande si bien su variacion es despreciable
para las necesidades de la práctica.

(11) Por esta razon son preferibles otras tablas en las que se corrigien los tiempos
valiéndose de la caída libre de los cuerpos.

Capítulo V.

Sumario.

I Inconvenientes del cronoscopio Navier. II Modificación de Leurs. III La posición del aparato modificado. IV Sus ventajas. V Descripción del cronoscopio Navier. Leurs. Aparato con dos péndulos. VI El Disyuntor. VII Variaciones en el n.º 67 que posee la Armadura. VIII Establecimiento de las corrientes. IX Modo de operar. X Prescripciones de instalación. XI Modo de ejecutar las experiencias. XII Tabla de tiempos y determinación de los coeficientes de corrección. XIII Insuficiencia de estos. XIV Coeficiente de corrección para arcos que corresponden a $0,2$. XV Determinación de tiempos mayores de $0,2$ y totales. XVI Aparato de contraste del Com.º Cap.º Kapata para encontrar los coeficientes de todos los tiempos incluso los mayores de $0,2$. XVII Defectos del aparato Navier. Leurs.

I.

Aunque en teoría es sencillo el cronoscopio Navier, existen en él las causas de irregularidad que marca la tabla n.º 2.

Fijando la atención en ella se observa que en su mayor parte son debidas al conjuntor, tanto por la existencia del mercurio como por la dificultad de conseguir que en todos los casos quede la pesa suspendida de un modo igual.

Pero el expresado conjuntor le era preciso para activar el gran electro-imán en herradura, al cual además se le achaca la pral. objecion teórica del aparato ó sea la de la influencia de su atracción sobre la velocidad del péndulo, pudiéndose decir que las circunstancias del instrumento que

obligan á que el operador sea siempre igualmente hábil y á que esté con una constante atencion, provienen del modo de sujetar la varilla del nóvio.

II.

Esta es la razon por que el Coronel de la Artilleria Belga Leurs modificó el cronoscopio Navex, ejecutando la sujecion de dicho nóvio por un medio mecánico, con lo que si bien resulta menos elemental será en cambio menos compleja su disposicion.

Ejecutada la modificacion con ausencia del Comandante Navex suele llamarse á dicho aparato cronoscopio ó péndulo Navex-Leurs, del cual posee la Academia un ejemplar.

III.

La disposicion mecánica para detener al nóvio consiste en que el péndulo obligue á marchar á la redondeza de aquel entre dos muelles separados por una cuña y cuando deba detenerse el referido nóvio, saque de su sitio á la cuña el tope que lleve otro péndulo que empiece entonces á oscilar.

Reducese que el aparato tiene dos péndulos con sus correspondientes electro-imanos para sujetarlos y soltarlos; uno de los expresados péndulos es cronométrico y lleva un nóvio, que ejerce el mismo servicio que en Navex y el otro, que llamo registrador, reemplaza al conjuntor, su tope que ha

de ser movable á la pesa, y la disposicion mecánica sustituye al 3.^{er} circuito.

En cuanto al modo de operar, está fundado naturalmente en el de Navex; es decir en establecer, con unos conductores dos corrientes electricas que pasen por los marcos, las que cortandose simultaneamente por medio de un disyuntor, han de producir una señal en el cronóscopo; rompiendo despues los circuitos sucesivamente ó con el proyectil dará una nueva marca; sirviendo la diferencia entre ellas para la medida del tiempo empleado por aquel en atravesar los blancos.

Pero como los disyuntores Navex, aun el del último modelo, son muy complicados y el choque del vástago doblando los tornillos dá lugar á anomalías, los sustituye Leurs por otro que consiste en hacer concurrir las corrientes á dos puntas muy próximas mientras que los polos positivos, reunidos van á parar á una prensa situada sobre una planchita la que segun se apoye ó no en las puntas, cerrará ó cortará simultaneamente los dos circuitos. Aunque Leurs admite q^e una parte de estos sea comun (1) á las dos corrientes que animan los electro-imanés de los péndulos, no por eso se sale en nada del sistema Navex pues que el corte se ejecuta en la parte donde están

(1) Segun Leurs es indiferente la direccion de las corrientes, pero cree preferible el disponerla como se ha dicho ó sea uniendo los polos positivos Navex, hace presente que hubiera preferido las corrientes completamente separadas.

separadas 117

El modo de verificar las disyunciones, ya simultanea ya sucesivas consistirá; en que el 1.^o marco forme un circuito con el electro-iman del péndulo cronométrico, de donde se sostendrá la lenteja, con lo que, al interrumpirse la corriente se pondrá en movimiento arrastrando al nómo. Cuando se rompa la 2.^a corriente habrán de detener a la redondela del nómo, los dos númillos entre quienes marcha ó sea, que a la cuna la saque de su sitio el tope del 2.^o péndulo que empiece entonces su movimiento, lo cual es lo que está en este sujeto por el electro-iman que a su vez ha de formar parte del 2.^o circuito, es decir del que pasa por el 1.^o marco: valiéndose p.^o todo esto del disyuntor que ha de entrar en ambas corrientes del modo ya indicado antes.

Resulta de lo dicho que el cronoscopio *Haver-Deuss* consta de dos instrumentos; uno que es un aparato con dos péndulos y el otro un disyuntor; con los que se opera por diferencia, es decir se eliminan las causas de error que se reproducen con el mismo valor en cada operación. Así, arreglada la fuerza de atracción de los electro-inares, se puede obtener el tiempo verdadero empleado por el proyectil en atravesar los blancos, por la diferencia que hay entre los que ha tardado en describir los arcos marcados por el nómo; pero debe proce-

rarse disponer la altura de caída del lado del péndulo registrador para que el referido tiempo se mida donde la velocidad del cronometro es mayor.

IV.

El aparato Raver-Geurs tiene las mismas ventajas del Raver, siendo ademas mas exacto y fácil de manejar; así ha podido sustituirle en la resolución de las cuestiones de Escuela Práctica, es decir en la determinacion de tiempos ó velocidades, pues que estas se deducen de aquellas del modo ya explicado en Raver.

V.

El aparato con dos péndulos consiste (fig.^a 38 lámina 6.^a) en un soporte de fundicion a que se coloca horizontal por medio de tres tornillos ó de nivelar, sobre ella se eleva perpendicularmente un pie de guttapercha c, que á su vez lleva una placa d en forma de segmento de círculo, cuyo borde e, de laton, está un poco mas saliente que la plancha y afecta la forma de un anillo de seccion rectangular, en él que existe una graduacion en cinta de plata que abarca de 0.^o á 38.^o sesagesimales, correspondiendo el 9.^o á la vertical que pasa por el centro del círculo ó sea de la plancha d 117

117) Recorriendo el péndulo 9.^o en una semi-oscilacion, como viene de mas alto 9.^o en Raver será mayor su velocidad en la parte de oscilacion que ha de servir generalmente para valuar el tiempo tardado por el proyectil en su marcha, y entre los mares.

En los cortados tiene dos electro-ímanes rectos que se activan por medio de las prensas 1.ª y 2.ª y los que sirven para suspender por las partes m y n de hierro dulce las lentejas de cobre f y g de los dos péndulos, (1) el cronómetro f que gira por delante del anillo y el registrador g que lo ejecuta por dentro y que si bien parten del mismo eje (2) tienen sus movimientos independientes por mayor precisión en la medida de los arcos.

Con dicho objeto el bastago del péndulo f se atorquilla en un cilindro de bronce (fig.ª 5ª lám.ª 5) que tiene un alma i de acero terminada por dos ejes cilíndricos rematados en puntas, los que descansan en unos alojamientos abiertos en direccion del eje, en dos tornillos h y k que sostienen todo el sistema y que se aseguran el 3.º a la placa d y el 4.º a un puerito que parte de ella.

El cilindro i atraviesa a un zuncho, de cuyo extremo sale una redondela o muy delgada, de acero, que lleva la varilla del nonio (que aprecia $\frac{1}{20}$); al moverse el péndulo, le ha de verificar la expresada redondela, siendo preciso que el cilindro roce suavemente en el zuncho y para

(1) Las varillas de acero, de dichos péndulos son algo mas cortas que las del Navier con las modificaciones de esta nota y la anterior ha resultado aumentada en $\frac{1}{2}$ la amplitud del arco correspondiente a 0,7.

(2) El que parten los dos péndulos del mismo centro es perjudicial entre otras cosas por que suele chocar entre si. Tal vez pudiera salvarse sin variar el sistema sustituyendo en vez del péndulo registrador un peso con su dado ó saliente.

conseguirlo, en el medio del ancho de este, sobre la mitad de su circunferencia, tiene dos cortes de sierra reunidos por un lado con una seccion ejecutada segun una generatriz; hase el radio de curvatura de la parte cortada el conveniente para que el rozamiento sea el que se desea.

El vástago del péndulo registrador parte de un anillo unido a un zuncho de bronce que se atornilla en el K. Por la mitad de dicho vástago sale un arco graduado q (fig.^a 38 lám.^a 6.^a) en el cual corre un dado de acero que se sujeta a la altura que se quiere por medio de un tornillo de coincidencia, dicho dado reemplaza a la pesa que ha de detener al nonio para lo cual la redondela de este marcha entre las palancas ó muelles s separados por una cuña t, la que al caer el dado r sale de su posicion y cerrandose los muelles aseguran la redondela y el nonio marcará una graduacion.

Asi pues los muelles s (fig.^a 40 lám.^a 6.^a) que estan sujetos a la plancha por tornillos y, tienen tendencia a cerrarse y llevan unas taquillas ó salientes n que abracan a la redondela y otras p en los que se introduce a mano la cuña t que forma parte de una escuadra u (fig.^a 41 lám.^a 6.) que esta mandada por una palanca k (fig.^a 42 lám.^a 6.) girando ambas alrededor del punto fijo r.

Un tope colocado debajo del electro-iman de la izquierda sirve para detener la varilla del nonio cuando su cero coincida con el del limbo.

Un muelle *a'* situado entre la plancha y el anillo del limbo, y sujeto á éste con tornillos tiene por objeto contener á los péndulos en su movimiento hacia la izquierda.

VII.

El disyuntor consta (figs 43 y 44 lám^a 6) de un zócalo *a'* de cauchout sobre el que se apoyan unas barras metálicas *b'* que terminan por uno de sus extremos en las prensas 5 y 6, mientras por el otro concluyen con las puntas *c'* muy próximas ($\frac{1}{10}$ de milímetro) y de igual altura. Sobre la misma base se fija un muelle ó plancha de cobre *d'*, en forma de un triángulo isósceles, la que se apoya sobre un saliente de la base por la parte *d', e'*, donde existe la prensa 7. Al extremo opuesto lleva una escentrica que actuando sobre el vértice del triángulo, cerrará simultáneamente las corrientes, pues que los contactos están á la misma altura ó sea sobre una línea paralela á la base del muelle triangular y si se abra este la interrupcion es también simultánea.

VIII.

No todos los aparatos Savar-Geurs son exactamente iguales al descrito, por haber sido modificados posteriormente y así que en el n.º 67 que posee la Academia se observan algunas diferencias, si bien de poca importancia, tal es el descanso del eje (fig^a 45 lám^a 7) verificado sobre semi-muñoneras

y para que no se salga lleva un tornillo \bar{m} que trabaja sobre el, lo que ejecuta atravesando un puente: siendo tambien algo diferentes los muelles de sujecion de la redondela (fig.^a 46 y 47 lám.^a 7) y la posicion del de reloj de los péndulos.

VIII.

De lo ya dicho ya, que es necesario establecer dos circuitos que se corten, ó con el proyectil ó por el disyuntor; tendrán pues que pasar por este ultimo y por los marcos; recordando que se reúnen los polos positivos pues que sus conductores van á parar á la prensa comun ó sea á la 7 del disyuntor.

Por consiguiente la disposicion será análoga á la de la (fig.^a 44 lám.^a 7) es decir que el 1.^{er} circuito (descrito con rayas) se formará con la 5.^a pila, el electro-iman del péndulo cronométrico, el 1.^{er} marco y por ultimo con uno de los contactos del disyuntor. El 2.^o circuito (trazado con rayas y puntos) debe comprender la bobina del péndulo registrador, el 2.^o marco y el otro contacto del disyuntor.

IX.

Con lo ya dicho es fácil comprender el modo de funcionar. Establecidas las corrientes hecho coincidir los ceros de nóris y limbo, introducida la cuña entre los muelles y sujetas las lentejas de los dos péndulos á sus electro-imanos, se dispara el disyuntor; con lo que cortandose el 1.^{er} circuito se pondrá en movimiento el péndulo cronométrico y el nóris.

como al mismo tiempo se corta la 2.^a corriente, caera el péndulo registrador, sacara de su sitio a la cuña y se detendrá el nóris, marcandose un ángulo α . Este corresponde a los tiempos $-t$ de desmagnetarse el 5.^{er} electro-iman, $+t'$ en que lo verifique la 2.^a bobina, $+t''$ de la caída del dado, $+t'''$ de la salida de la cuña (1) y $+t''''$ de cerrarse los muelles (2) es decir que α es representacion de los tiempos $-t+t'+t''+t'''+t''''$. Vuelto a colocar todo el aparato como al principio y disparada la pieza, al atravesar el proyectil los dos marcos se reproducen los mismos tiempos $-t+t'+t''+t'''+t''''$ y ademas habrá el I' en que el proyectil recorrió su trayecto y como se marcará en el péndulo en arco α' , el α' dará la indicacion del tiempo I' , que se hallará por medio de una tabla de tiempos (tabla n.º 5) que se tendrá construida.

X

Este aparato no exige ni gran estudio ni habilidad de parte del operador, pero si conviene se tenga presente en su instalacion las prescripciones que se van a indicar.

- Los dos aparatos se colocan en el interior de una caseta, análoga y análogamente situada a la que se explicó para el cronoscopio Navier.

(1) Dicha cuña aunque automáticamente, se coloca siempre lo mismo.

(2) El tiempo para cerrarse los muelles, es siempre el mismo pues tiene que recorrer igual espacio para cojer a la redondela situada exactamente en medio de los datos o taquígrafos y cuya separacion es una fraccion de milímetro.

El aparato de dos péndulos se establece sobre una sólida mesa cuyo tablero esté horizontal; en seguida valiéndose de los dos tornillos de nivelar, de la derecha del zócalo, se obtendrá la verticalidad del plano de oscilacion, lo que se conseguirá usando á guisa de plomada de un corchete (fig.^a 49 lám.^a 7) que se cuelga de una cavidad que existe en un saliente que lleva el péndulo cronométrico: se pasa despues á hacer que parado el péndulo, coincida el cero del nonio con el 90° del limbo, para lo cual se llevarán nonio y péndulo cronométrico á su posición inicial se soltará entonces la lenteja y se observará si sucede lo que desea y de no se logrará empleando el tornillo de la izquierda.

El disyuntor puede colocarse al lado del otro aparato, siempre que para amortiguar las vibraciones se le ponga sobre un cuerpo elástico como una tohalla plecada, un monton de papel & pero lo mejor será situarle en una mesa aislada.

- Las dos pilas que hemos visto se necesitan, se ponen en una tabla á la parte de afuera de la caseta: se forman con un número igual de pares de tamaño pequeño de Bunsen, de Leclanché ó de Marie-Davy (1) cuyo número depende de la distancia que han de recorrer los conductores, clase de estos &c.

(1) Leurs préfere estas últimas. Ya se sabe consisten en reemplazar el ácido arsico por el sulfato de protoxido ó bióxido de mercurio y el agua acidulada por agua pura ó por una disolucion de cloruro de sodio.
 Esta pila es económica, pues casi todo el mercurio se deposita y puede servir para preparar y emplear otra cantidad casi igual de sulfato, sin embargo (2 ó 3 meses) teniendo cuidado de interrumpir los circuitos cuando no se opere, pues la acción química no se produce mientras no se reúnan los polos por un conductor.

intensidad de las corrientes y se reúnen sus dos carbones ó polos positivos ó por medio de un solo alambre que se conduce a la prensa 7 del disyuntor ó llevándolos directamente (como en la fig. 48 lám. 71)

- Los marcos-blancos han de ser iguales á los que se han descrito para Navex y se les coloca á las mismas distancias y de igual modo.

Los conductores son también de la misma clase y á fin de evitar las commociones que pueden trasmitir á los aparatos, conviene colocar el disyuntor en la parte de los circuitos que de los marcos vá á las pilas (como en la fig. 48 lám. 71).

Se conocerá si dichas corrientes están establecidas, observando si los electro-ímanes atraen un objeto de hierro y si no se verifica, se buscará la causa viendo si corresponde á dentro del edificio, á los conductores, ó á los marcos.

Establecidos los circuitos, se regularizará la fuerza de atracción de los electro-ímanes, separando convenientemente las divisiones de sus ejes, debiendo dejarlas con la intensidad precisa para que los péndulos no sean atraídos con fuerza; pudiendo llevar la delicadera en las operaciones hasta que la caída de un lápiz baste para desprenderlos.

- 5.º arreglado todo lo dicho, se pasará á ensayar el instrumento, es decir á romper los circuitos por medio del disyuntor, para que el nonio de el arco de la disyun-

ción, cuya operación se hará varias veces para observar su regularidad.

Para ejecutarlo, se coloca primero el disyuntor de manera que su plancha quede en contacto con las puntas. Inseguida con la mano izquierda se mantiene el cronómetro a la derecha de la aguja y con la otra mano la palma vuelta hacia la bobina, se hace que encaje la cuña de las palancas dentro de los muelles y hasta su asiento, con lo que estos se separan y el escape entrara por si mismo entre los topos, cesando entonces lentamente a la presión de los muelles que tratan de rechazar la cuña. Levase ahora los dos péndulos a que sean atraídos por sus electro-ímanes ejecutandolos poco a poco y al mismo tiempo, conduciendo con la mano izquierda el cronómetro y con la derecha el registrador, cuyo dado al subir no mueve las palancas. En este estado se vuelve bruscamente la escurtroica del disyuntor, es decir, para que haciéndose la flexión de la plancha en c' y d' (fig.^a ~~4~~ lám.^a 6^a) se corten de golpe los circuitos, marcándose el ángulo α de disyunción.

Si los valores de d en las varias pruebas se diferencian en más de $\frac{1}{5}^{\circ}$ podrá consistir en el único defecto posible del disyuntor a sea que las puntas no estén iguales, pues que en este caso tocando la chapa solo a el punto más alto, no parara la otra corriente y no habrá disyunción simultanea. El aparato dara a conocer si tiene este defecto pues con un

movimiento lento de la chapa se puede notar si pasan las dos corrientes, es decir si inmanitan á los dos electro-ímanes y en caso de no verificarse, se arreglará limando la punta mayor (11). Además el uso mejorará este disyuntor pues tratará de igualar dichas puntas y el rozamiento de la plancha en los contactos destruirá la oscilacion de las chispas de las extra-corrientes.

También en este cronoscopio conviene determinar la caída del dado para que el arco se mida donde la velocidad de oscilacion del péndulo es mayor, ó sea á caballo sobre la graduacion 9°. Para ello se subirá mas ó menos el dado hasta que operando con solo el disyuntor, el nóris se detenga en un arco d'' con el cual se verifique lo que se desea y que se hallará de una manera igual á la esplicada para Navier (cap. IV párrafo X)

XI

Cumplidas todas las prescripciones se pasará á las experiencias, para lo que dispuesto el aparato se hará un corte con el disyuntor y se marcará el arco d'' que produzca. Inmediatamente se prepara otra vez el instrumento y se dá fuego á la piedra, con lo que se obtendrá un arco d' y por consiguiente $d'-d$ será el correspondiente al tiempo T' que se quiere determinar

(11) Por eso, como en el péndulo del Com.^{ta} Cap.^{ta} Zapata, sería conveniente el que se construya dichas puntas á tornillos.

nar y que se conocera por la tabla de tiempos.

De el valor T se deduce la velocidad (como se dijo en el cap. IV parrafo XII) la que se sabe corresponde a un punto situado proxivamente a la mitad del intervalo entre los marcos; siendo ya fácil el encontrar la inicial (cap. IV parrafo XIII)

XII

En cuanto a la tabla de tiempos podria determinarse valiendose de la fórmula (p) de Newer, pero poniendo 90° en vez de 75° y hallando por medio de un contador el tiempo t de una oscilacion muy pequeña del péndulo simple isocrono del cronometro y así implícitamente se tomarian en consideracion las resistencias pasivas. Pero en vez de esto lo que hizo Leurs, para ahorrarse el pesado empleo del contador Dregust, fue construir una tabla de tiempos para un péndulo simple de $0^m 5$ de longitud (tabla n.º 5) y por consiguiente sin contar con dichas resistencias, y para tener las en cuenta y que puedan servir los tiempos de la tabla para los aparatos en cuestion, los multiplica por un coeficiente p que encuentra tomando por base la caída libre de un cuerpo.

Con dicho objeto ha completado el cronoscopio con una disposicion que permite hallar dicho coeficiente sin mas que colocar en estacion el aparato.

Consiste en emplear dos cilindros de bronce de

diferentes dimensiones, terminados ambos por un corchete para poder colgarlos de la pequeña cavidad que existe en la prolongacion de la varilla del pendulo cronometrico, en cuyo plano de oscilacion y sobre el zócalo ha fijado, por medio de una prensa de tornillo 8, una lamina de acero L.B que hace muelle en B (fig.^a 25 lam.^a 6.^a) la que tiene de a establecer el contacto entre su estremidad b^o revestida de plata y una punta u, revestida tambien de lo mismo 8. forma parte de otra lamina que viene a parar a la prensa de tornillo 9 situada en un lado de cautchouc endurecido, establecido sobre el zócalo.

La potencia del muelle L.B es la precisa para dejar pasar la corriente del electro-iman del pendulo registrador, que para esta operacion se dirige a la prensa 8 y 9 y que se cortara, al separarse de la punta u, la parte revestida b^o de la lamina L.B, al caer sobre esta uno de los cilindros de bronce π

Para ejecutar la operacion, lo unico que hay que variar en las corrientes, es que el 2.^o circuito en vez de ir (fig.^a 25 lam.^a 7.) a las prensas 7 y 6 del disyuntor ordinario, vayan a las 8 y 9 del cuerpo (rayas y dos puntas). En seguida suspendido uno de los dos cilindros y dispuesto el aparato para operar es decir, nivelado, las corrientes establecidas del modo ultimamente dicho, arreglada la fuerza de los electro-impulsores, introducida la cinta, suspendi-

dos los péndulos y determinadas las oscilaciones del cilindro, se hará por medio de la escéntrica del disyuntor la rotura del circuito del cronómetro. El electro-iman de la inyección se desmagnetará, caerá la lenteja y desprendiéndose el corchete vendrá el cilindro a dar sobre la lamina de acero e interrumpirá el 1.º circuito, con lo que a su vez caerá el péndulo registrador y supresa ó dado chocará con la palanca porta-cuña, sacando a esta, se sujetará así el número y marcará un ángulo \bar{L} , el cual corresponderá al tiempo \bar{t} empleado por el péndulo registrador en fijar la varilla del número a contar desde la rotura del 1.º circuito, mas el \bar{t} debido a la altura h que el cilindro recorre verticalmente y por consiguiente con un movimiento libre que tendrá por valor

$$\bar{t} = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad \text{de donde} \quad \bar{L} - \bar{t} = \sqrt{\frac{2h}{g}} + \bar{t}$$

Se suspende el 2.º cilindro, se repite la operación y se obtendrá otro arco \bar{L}' debido al tiempo \bar{t}' de la altura h' mas el empleado por el péndulo registrador en fijar la varilla, ó sea el tiempo

$$\bar{L}' - \bar{t}' = \sqrt{\frac{2h'}{g}} + \bar{t}'$$

Es claro que el resultado por el péndulo en describir el arco $\bar{L} - \bar{L}'$ será

$$\bar{L} - \bar{L}' - (\bar{t}' - \bar{t}) = \bar{L} - \bar{L}' = \sqrt{\frac{2h}{g}} - \sqrt{\frac{2h'}{g}}$$

Ahora bien, si los tiempos \bar{L} y \bar{L}' que para los arcos \bar{L} y \bar{L}' nos da la tabla n.º 5 fuesen los verdaderos para

el péndulo en cuestión, es claro que $\bar{t} - \bar{t}'$ sería igual $T - T'$ pero como este tiempo $T - T'$ corresponde al péndulo simple de 0^{m} de longitud y no al de que se trata, será preciso multiplicar á $T - T'$ por un coeficiente x para que sea igual á $\bar{t} - \bar{t}'$ ó

$$\bar{t} - \bar{t}' = x(T - T') \dots \dots \dots (9)$$

y se obtendrá que dicho coeficiente

$$x = \frac{\bar{t} - \bar{t}'}{T - T'} = \frac{\sqrt{\frac{2h}{g}} - \sqrt{\frac{2h'}{g}}}{\frac{2\pi}{g} - \frac{2\pi}{g'}}$$

por consiguiente será conocido x en midiendo las alturas h y h' .

Dichas h y h' se encontrarán determinando la distancia D del fondo de la cavidad á la lámina de acero y las longitudes l y l' de los cilindros, pues que $h = D - l$ y $h' = D - l'$, y para que el tiempo correspondiente al arco $(\bar{t} - \bar{t}')$ fuese próximamente el que los proyectiles tardarían de ordinario en atravesar los marcos, después de varias experiencias les fijé Leurs en... $D = 0^{\text{m}},552 \left\{ \begin{matrix} l = 0^{\text{m}},035 \\ l' = 0^{\text{m}},552 \end{matrix} \right\}$ ó sea $\left\{ \begin{matrix} h = 0^{\text{m}},517 \\ h' = 0^{\text{m}},020 \end{matrix} \right\}$ (fig.^a 50 lám.^a 7) cuyas alturas comprobadas van grabadas en cada aparato.

El coeficiente x que con estas cantidades se halla, (próximamente 0,975) convendrá á tiempos de 0^{m} correspondiente al arco $\alpha - \alpha'$ formado en el medio de la oscilación (ó sea de unos 50 á 55°) que es donde el rozamiento del eje tendrá mas influencia sobre la velocidad del péndulo.

Por este procedimiento se han eliminado los errores que proceden del disyuntor y desimantación del electro-iman del cronómetro, importando poco cuales sean y que estén ó no

arregladas las corrientes, pues hasta que el péndulo vence su inercia y se pone en movimiento no caen los cilindros y el tiempo preciso para que estos dominen la suya se elimina en las dos operaciones sucesivas. Además la igualdad (9) se ha podido establecer por que la suspensión de los cilindros no tiene influencia sobre la velocidad del péndulo; en efecto, en la posición inicial, el vástago del cronometro es horizontal, el punto donde está sujeto el corchete tiene mas velocidad que el centro de oscilacion y esto y el corchete la misma, es evidente pues que la lenteja se sustrae del cilindro y que no hay influencia en cuanto á la marcha entre el péndulo y el cilindro (11)

XIII.

El coeficiente ρ que se ha encontrado es insuficiente, pues que equivale á admitir que ha de haber unas mismas resistencias para todo el arco $\alpha - \alpha'$, lo que no es así, pues varían en cada graduacion.

Esto lo reconoce Lecoq pues que halla otro ρ' correspondiente al tiempo t' para los arcos situados entre el

(11) Ha sido probado por sus experiencias ejecutadas por Lecoq, haciendo las disyunciones simultaneas con el disyuntor ordinario, ya con cilindro puesto en el péndulo ya sin él, pero cuidando de arreglar la fuerza de atraccion de los electroimanes para que fuese la precisa para sostener ó el cilindro y péndulo, ó á este solo. Además usando cilindros de diferentes pesos nió que la rotura de los circuitos era instantánea é independiente entre ciertos limites, de la cantidad de fuerza viva con que caia el cilindro y hasta de la fuerza de atraccion del eje de la bobina.

de la disyuncion por el arco α y el α' (que viene a ser de 54° a 52°) es decir en la parte descendente de la curva, donde el rozamiento tendra poca influencia.

El arco α' ha sido recorrido por el péndulo en el tiempo \bar{t}' debido a h' , mas el \bar{t} necesario al registrador p.^o p.^o y la aguja, despues de la rotura del circuito por el choque del cilindro, es decir en el tiempo $\bar{t}' + \bar{t}$ y como para el arco α' de la tabla el tiempo T' debera ser $T' \bar{t}'$ igual a $T' \bar{t}$, pero como no puede verificarse dicha igualdad sera

$$\bar{t}' = (T' - \bar{t}) x'$$

$$x' = \frac{\bar{t}'}{T' - \bar{t}}$$

Lo preciso pues determinar preventivamente el \bar{t} lo que se ejecuta disponiendo el 1.^o circuito como para el tiro o sea haciendole pasar por el 2.^o contacto del disyuntor ordinario y verificar despues cierto numero de pruebas (lo que ejecuto y le dio para x' un valor proximo a 0,965764). El coeficiente x' que se encontro asi, conviene para tiempos muy pequenos comprendidos en la 3.^o mitad de la curva descendente de la oscilacion.

Tambien podria análogamente hallarse el x'' p.^o p.^o tiempos acusados por arcos $\alpha = 54^\circ$ (proximamente $0,17$) y resultaria

$$x'' = \frac{\bar{t}''}{T'' - \bar{t}''}$$

(vendria a dar sobre 0,974295).

Pero tanto p'' como p' no son rigurosamente exactos, pues que no se toma en cuenta el retardo de la caída del cilindro con respecto á la marcha del péndulo.

XIII.

— Ya se ha visto el modo de operar para encontrar tiempos á 0",5. lo que es conveniente para determinar las velocidades cuando los marcos estén separados las cantidades que fija la tabla n.º 5. las que han sido redactadas por el comandante Navar para experiencias con piezas lisas, pero si hubiesen de verificarse con rayadas la separacion dependerá de las distancias á que se debe obtener la velocidad (tabla núm.º 2) y que en algunos casos exijan que los tiempos que se miden excedan ó á lo menos no bajen de 0",2.

Entonces el ángulo α de disyuncion debe ser próximamente de 25°. con lo que el α' de la rotura sucesiva resultará de unos 55°; habrá pues que disponer el dado del péndulo registrador de modo que la disyuncion suceda en los 25° y no quedará ya mas que hacer que encontrar el coeficiente γ por quien debemos multiplicar $(\frac{T-t}{\alpha' - \alpha})$ diferencia de tiempos de la tabla n.º 5 para que nos de el verdadero.

Las dimensiones del cronoscopio son demasiado pequeñas para que el disyuntor anexo se pueda usar en la determinacion del coeficiente γ y por eso el coronel

Seus en vez de pesos de desigual longitud se vale de uno solo pero variando la altura de caída.

Para ello, emplea (fig. 51 lám. 7) una regla de 5^m c de alto dividido en milímetros y fija por su estremidad superior a la cara izquierda del soporte del aparato con dos péndulos; en dicha regla marcha una corredera que lleva un nómo y un trazo de cauchout endurecido, sobre el que hay una lámina de acero con sus contactos y prensas de tornillo; constituyendo un disyuntor enteramente igual al arribo. Otras dos correderas sirven de matices en la regla, sujetas por tres por tornillos de presión.

Al vástago del péndulo cronométrico se le ha adosado un saliente muy largo; cuyo extremo tiene una cavidad de ágata en la que se cuelga un peso ó sea un hilo de latón, que en una de sus estremidades forma un ojo atravesado por un tornillo de acero terminado en punta que es la que entra en la cavidad.

Para hallar dicho coeficiente \bar{x} sitúese el aparato como se ha dicho para el \bar{x} de los tiempos de 0",5 (fig. 48 lám. 7); pero que la 2.^a corriente en vez de ir al disyuntor cuyo vaya al de la regla. Dúese la corredera central hasta que el hilo toque en la plancha del disyuntor y el nómo marcará su altura c ó sea la longitud exacta del peso que es constante para toda la duración de las experiencias. Colócase el dado en la estremidad del arco de círculo

y variando la posición del disyuntor de la regla encuentranse las distancias D y D' con las que (cortando el 3.^{er} circuito por el disyuntor ordinario y por consiguiente el 2.^o por la caída del peso) se detendrá el nómo en las graduaciones 21° y 159° y si las alturas con que se verifique son las

$$h = D - C$$

$$h' = D' - C$$

$$\left. \begin{array}{l} h = D - C \\ h' = D' - C \end{array} \right\} \text{ es claro que } \frac{t}{(h)} - \frac{t}{(h')} = \bar{x} \left(\frac{T}{(h')} - \frac{T}{(h)} \right) \quad \bar{x} = \frac{\frac{T}{(h')} - \frac{T}{(h)}}{\frac{t}{(h')} - \frac{t}{(h)}}$$

XV.

— Algunas veces será también necesario determinar tiempos mayores de $0",2$, tal como cuando se desea conocer los totales de las trayectorias, con cuyo objeto ha ejecutado Leurs largas experiencias, de cuyas results ha presentado un medio aplicable á las de la escuela Práctica.

Consiste, en contar las oscilaciones que dá el péndulo y en observar el punto de parada del nómo.

En seguida se encuentra el tiempo correspond^{te} valiéndose de la tabla n.^o 111, por medio de los siguientes trabajos de gabinete.

Los tiempos tendrán que ser la suma de los de cada oscilación; el de la 3.^a se halla por la caída libre del

(11) Leurs se vale de otra tabla construida p.^o el Capitan de Artill.^a Francese Mr.

Vauchereux y que puede verse en el tomo IV de la Revue de Technologie militaire.

hito de que se ha hablado antes y los de las demas se deducen del de la 3.^a para lo cual se miden las diferencias de amplitud de cada oscilacion ó sea el angulo de separacion entre cada dos.

Para buscar dicho angulo de separacion de una á otra oscilacion, se emplea un muelle (fig.^a 52 lám. 7) que tiene un extremo unido á una escuadra cuyo otro brazo lleva un tornillo á presion para poderlo fijar al aparato, lo que se ejecuta abrazando el limbo entre la escuadra y sujetandola con el tornillo, pero de tal modo que la estremidad libre del muelle este separada lo suficiente para dejar paso al nonio y que no estorve al pendulo en sus oscilaciones.

Nivelado el instrumento, colocado el muelle por ejemplo en a (fig.^a 53 lám.^a 8); si lleva el cronometro al contacto de su electro-iman que no estara imantado, se suelta y cuando al cabo de cierto numero de oscilaciones (por ejemplo n) el nonio casi no pase del sitio del muelle, se aprita este, lo que detendra al nonio en dicho punto a , mientras que el pendulo seguira todavia hasta donde debiera concluir su oscilacion que supongase sea b ; aflojese inmediatamente el muelle y al pararse el pendulo en su posicion estable ó de 90° , el nonio que ya le habra acompañado tomara la posicion a' y marcara el angulo $(90 - a')$ igual al $(b - a)$ con lo que $(0, a)$ menos $(90 - a')$ sera la diferencia de amplitud de la 3.^a á

la n , oscilacion.

Colocando el resorte en 1° 5° & es decir en diferentes posiciones, puede hallarse el ángulo de separacion de una doble oscilacion, de dos, tres & y si se t'' ma t''' t'''' t'''''' a los ángulos de separacion de la 1° a 1° de la 2° a la 3° & estos se diferenciaran en muy poco.

Conocidas ya las amplitudes de la 1° 2° 3° n , oscilacion se pasa a determinar los tiempos de ellas.

En cuanto al de la 1° ; en vez de contar esta de 0 a 360 , se tomara en la subida de la 1° y bajada de la 2° p.^o para ello, era preciso que el péndulo ascendiese hasta 360 mientras que no sucede así sino que solo llega a $360 - \frac{t''''}{2}$. Se salva este inconveniente elevando el costado izquierdo del aparato con dos péndulos (fig.^o 54 lam.^o 8) por medio de su tornillo del costado, hasta que el nonio en la posición estable del cronómetro acuse $90 + \frac{t''''}{2}$. Así dispuesto el instrumento y establecidas las cornientas como en el párrafo anterior, se puede ya medir la duracion t'''' de dicha 1° oscilacion a partir de 90 para lo que se buscara á tanto dos distancias ó alturas h y h' en las que cayendo el hilo sobre el disyuntor de la regla se detenga el nonio, con la menor en 90 de la 1° oscilacion y con la mayor en 90 de la 2° y es claro que $t'''' - \frac{t''''}{2}$ será el tiempo t'''' de la oscilacion.

Hallada así con suficiente exactitud la duracion t'''' del 1° par de medias oscilaciones se pasa a deducir

de ella la de otro cualquiera par; lo que se consigue restan-
do del referido t^m el producto de la separacion de dos oscila-
ciones reducidas a veinte avos de grado por $0",000649$ (duracion
de $\frac{1}{20}^\circ$ en el péndulo simple de $0",5$ y hacia la vertical)

Pero si se deseara conocer la duracion de una serie
de pares de semi-oscilaciones; habrá suficiente aproximacion
con multiplicar la duracion media del 3° y último por el
numero de ellas.

Encontrados de este modo los tiempos de todos los pares
de semi-oscilaciones, solo queda que hallar el de los 9° prime-
ros y el del avos que sobra del último par. En cuanto al de los
 9° primeros al que ademas hay que quitarle el d de la disjun-
cion es evidente que está reducido a valuar tiempos menores
de $0",5$: y por lo que hace al delo que sobra de el último par, el
modo de obtenerlo será el siguiente.

Puesto que la amplitud de la oscilacion en que se
considere, que supóngase sea la $2n+1$, tiene por valor $380^\circ - \epsilon$
devese el costado derecho del aparato por medio de los tornillos
del rocalo (fig.^a 55 lám.^a 5) hasta que el electro-iman forme
con su primitiva position el ángulo α, r, a igual a ϵ con lo

(1) El término $0",000649$ dice Leurs que segun le hizo ver el bral Mayuski es demasiado escueto por haber sido tomado entre límites muy estrechos y que por eso habia construido una tabla en la que tambien da los valores de tiempos de las diferentes oscilaciones del péndulo de $0",1$ calculados hasta el ángulo de separacion de 45° pues desde aqui se pueden conside-
rar como isocronos.

Consultese para mas detalles sobre dicha cuestion de tiempos totales
la memoria y apéndice de Leurs *Rivue de Technologie militaire* tomo 3.^o fascicule y
la del General Mayuski tomo VI 2.^o fascicule.

que al partir el péndulo de cero su 5^a oscilacion será análoga á la n de la posicion anterior y en dicha 5^a oscilacion estará el arco sobrante y situado naturalmente hacia la derecha de m por ser impar la oscilacion. Inseguida se dispone el dique de la regla de modo que el 3^{er} vité sea en m y el 2^o en donde concluya el referido arco, con lo que se valorará el tiempo por la diferencia de caidas ó por el coeficiente τ como se dijo para los 2^o, 3^o.

Si la oscilacion fuese par, se operará análogamente aunque tambien puede ejecutarse considerando las oscilaciones como impares, con lo que el arco resultara á la izquierda y sería preciso restar su tiempo de la suma de los otros en vez de aumentarlo como se hace en el caso anterior.

Podrá suceder que la varilla del nómo se doblare hacia donde concluye una oscilacion y empiece otra, con lo que sería difícil observar á cual corresponde y para salvar este inconveniente se arregla á tantas la posicion del dado ó sea la disyuncion hasta que próximamente el tiempo se mida á caballo sobre la graduacion 9^o.

XVII.

— Para que la tabla n. 5 estuviese completa en cuanto á tiempos hasta de 5^o, 2 sería preciso establecer una casilla de coeficientes de correccion, que variasen segun las graduaciones; con este objeto el Comandante Capitan D. Francisco

J. Zapata ideó y construyó un aparato de contraste, cuyos resultados nada dejaron que desear.

„ Se reduce sencillamente (fig.^a 56 lam.^a 5) a un pie derecho de bastante altura b'' fijo y perpendicular al tablero a'' : un objeto de que este pie pueda colocarse vertical lleva su plomada así como el tablero base, sus tornillos correspondientes; a correa y con un tornillo de presión tiene dos pequeños bastidores c'' con sus poleas para estirar el alambre que queda constituyendo un plano, en la parte superior hay un electro-imán d'' del que se ha de suspender una esfera de marfil con su lengüeta de hierro dulce. De este modo si hacemos pasar una corriente por el electro-imán, la esfera quedará suspendida si además la que debe pasar por los bastidores en la práctica del tiro se lleva por los de este aparato tendremos, una vez cortada la 3^{a} corriente iniciado el movimiento de caída de la bola y cuando atraviesa los bastidores chispas que dejarán su huella correspondiente, esto es reemplazado el movimiento del péndulo por el de la caída libre del cuerpo" Cuyo movimiento de termino contando con la resistencia del aire.

Usando el referido aparato podrá hasta suprimirse el disyuntor aereo pues que el cilindro es reemplazable por la bola y el disyuntor por su marco

XVII.

Este cronoscopio tiene varios defectos, tales son; lo

muy imperfecto de su construcción (1) á juzgar por el número 67 en el que suelen á veces tropesear los péndulos. Lo difícil de que la disposición mecánica actúe exactamente igual en todas las operaciones, aun sin contar con lo que se modifique por el uso. Tambien hay que considerar que (como en todo péndulo) el tiempo y el servicio variarán el rozamiento del eje el que segun el juego que tenga y la habilidad del operador podrá suceder que choque ó que sea demasiado grande su rozamiento. Ademas debe no olvidarse que es contra la regularidad el unir los polos positivos de las pilas, pues que entonces cada una envia una debil corriente derivada sobre la otra, resultando asi que las disyunciones no se hacen en iguales condiciones, pues la simultanea corta todas las corrientes mientras que la sucesiva suprimiendo la derivada del 1.^{er} circuito deja en actividad por cierto tiempo á la del 2.^o, cuyas direcciones é intensidades dependen del modo de arreglar dichas corrientes y de su longitud; aumentandose la desigualdad de las disyunciones por que se verifican en puntos donde el péndulo cronométrico lleva diferentes velocidades. Agréguese lo difícil é inexacto del modo de determinar tiempos totales

(1) Tal vez por su poco precio que es de 350 pesetas en Bélgica.

y, sobre todo la clase de marcos empleados hasta
ahora y se tendrán las causas por que apesar de ser
el mas espaciado de todos los aparatos electro-balísticos
no es muy a proposito para experiencias delicadas,

Capit.^o 6.^o

Sumario.

I. Cronógrafo Le-Bulange. II. Disposición del aparato. III. Descripción del instrumento. IV. Establecimiento de las corrientes. V. Modo de operar. VI. Prescripciones para instalarlo y operar. VII. Tabla de tiempos. VIII. Determinación de los tiempos de hasta 0,2. IX. Experiencias de contraste. X. Defectos de este aparato. XI. Modelo Le-Bulange de 1857. XII. Cronógrafo. XIII. Disyuntor. XIV. Regla y pesos suplementos. XV. Teoría del aparato. XVI. Establecimiento de las corrientes. XVII. Prescripciones para instalarlo. XVIII. Id. para operar. XIX. Disposición para medir tiempos muy pequeños.

I.

Uno de los aparatos electro-balísticos que se ha dicho mereca distinguirse es el cronógrafo del Teniente de la Artillería Belga Le-Bulange.

Aunque debe considerarse, según reconoce su autor, como una aplicación del método Navier ó sea del empleo de disyunciones simultáneas y sucesivas, es muy diferente del péndulo Navier tanto en sus partes constitutivas por estar fundado en la caída libre de un cuerpo que la sirve de cronómetro, como en la disposición de las corrientes.

II.

Determinar el tiempo que el proyectil tarda en recorrer

el intervalo que haya entre dos marcos, por la diferencia de los correspondientes a las alturas de dos señales ejecutadas en un cronómetro, una cortando dos circuitos que pasan por los blancos por medio de un disyuntor y la otra producida por la rotura con el proyectil. Las expresadas marcas consisten en incisiones que traza una cuchilla puesta en movimiento por medio de un peso que cae sobre ella al interrumpirse por cualquier modo la 2.^a corriente, siendo pues preciso que al suceder lo mismo con la 3.^a empiece la caída del cronómetro, lo que se verifica merced a los electro-ímanes que sujetan a los referidos cronómetro y peso, formando cada uno parte de su respectivo circuito.

Para salvar el inconveniente del magnetismo remanente de los electro-ímanes varió la disposición de las corrientes, dividiéndolas en directas e inversas (11)

Para ello, además del alambre que rodea toda bobina ha enrollado en sentido contrario otro de menor sección que ha de partir con el anterior el fluido de la pila; sirve el primero para establecer los circuitos directos o principales y el segundo para los inversos o secundarios y como la marcha de las corrientes es distinta, el hilo principal dará un polo positivo mientras el secundario lo dará nega-

(11) Nunca también ensajé un aparato con hélices para emplear las corrientes inversas pero lo abandoné por creérselas perjudiciales.



tivo; si se rompe solamente el circuito directo, toda la fuerza de la pila se reconcentrará en el inverso cambiando bruscamente los polos del iman; con lo que arreglada la intensidad de las corrientes inversas para que sea justamente la precisa para vencer el magnetismo remanente de la directa, habrá cierto equilibrio en la pila, pues que aumentando la tension de la directa ó sea el magnetismo remanente tambien aumentara la inversa para destruirle.

Es vale pues preciso disponer los circuitos de modo que aunque se cortasen los directos ya con el disyuntor, ya con el proyectil, no se interrumpiesen los inversos. Con dicho objeto reunió los polos positivos (1) de dos pilas de igual numero de pares llevando un conductor á una prensa de un disyuntor: mientras que de cada negativo sacó dos alambres, los unos sin pasar por los marcos van á unirse á los secundarios de las bobinas y al salir de ellas los lleva á las prensas de tornillo de una varilla que ligó con la citada prensa del disyuntor y así, estos circuitos que son los inversos, cumplen con la condicion deseada. Para establecer los directos puso en comunicacion los otros hilos negativos con los marcos; de ellos van á los alambres principales de los electro-imanés y al salir los hizo concluir en otra varilla que ha de ser independiente de la prensa del disyuntor, para que estos cir-

(1) Es el 1.º que reunió los polos positivos, por ser anterior al aparato de Leurs.

ente se pueda interrumpir.

Como consecuencia de lo dicho sobre los dos polos de los electro-imanos, ha construido de acero no solo sus ejes sino tambien los extremos del cronometro y del peso, n° que imantandose á su vez presentan en sus puntos de contacto un polo permanente del mismo signo de la corriente inversa, con lo que cuando esta queda dominando cesaran los contactos.

Resulta pues que en el cronógrafo Le-Dulange existen cuatro partes que son 1.^o El cronometro y electro-iman. 2.^o El peso con otro electro-iman. 3.^o Un fiador con su cuchilla y 4.^o El disyuntor con las varillas; pero que constituyen un solo aparato.

III.

Consiste este cronógrafo (figs 57 y 58 lám.^{as} 5) en un montante *a* de madera, dura, seca, barnizada y de un metro de altura, el cual tiene la forma de un prisma rectangular cuya base está guarnecida de una placa de hierro *b*. El instrumento se situa encima de una mesa, de modo que quede vertical para lo que se emplea una plomada y con cuyo objeto se monta por medio de unas tuercas *d* sobre tres ejes ó brocas *e*, unidas invariable y perpendicularmente á una plancha de hierro *f* por la que descansa en la mesa á lo que se sujeta por tornillos de madera.

En una de las caras del prisma existen los dos electro-imanos verticales *g* y *g'*, en las posiciones relativas que marca

la (fig. 57 lám. 8) Cada uno de ellos, tiene su eje de un solo trozo, pero las bobinas por medio de unas planchitas de metal están divididas en dos partes siendo mas pequeña la inferior (11)

Los alambres se enrollan en la de arriba de derecha á izquierda mientras que en la otra van en sentido contrario que es lo que da lugar á las corrientes directas é inversas.

Al eje del electro-iman superior g es al que se sujeta el cronómetro e sea la varilla de acero i , para lo cual uno de sus extremos remata en un cono redondeado en su cúspide. Dicho cilindro i lleva dos cartuchos receptores j, j' que solo son unos tubos delgados de papel enrollado, encolado y que pueden mudarse con facilidad. Se les coloca en posiciones fijas pues han de descansar en las enchufaduras k y k' . Para aligerar el cronómetro y asegurar la verticalidad en su caída esta pieza y su agujero longitudinal se cierra por abajo con un tapon l que necesita de acero, que sirve de descanso al cartucho inferior.

Al eje del 2.º electro-iman g' en un todo igual al anterior, es al que se suspenderá el peso m que tiene la forma cilindro cónica con la punta redondeada y que siendo hueco está á su vez provisto en la parte inferior de un tapon n que puede considerarse como el verdadero peso.

Debajo de él, se encuentra el fijador cuyas partes son hechas de acero y que se compone de un gran muelle $ñ$, que por uno de sus extremos descansa en la plancha o de la base y por el otro que es móvil lleva una cuchilla p bien agudo o el

es resaca muelle está sostenido por una palanca de uña p cuya cola, solicitada de abajo arriba por otro pequeño muelle s, es la que recibe el choque del peso m, con lo cual avanzará la cuchilla limitando su avance el top r.

En la cara derecha del paralelepípedo (figura 58 lám. 81) existen cuatro prensas de tornillo 1, 2 y 3-4, correspondiendo las primeras a la entrada de las corrientes directas en las bobinas de cronómetro y peso y las de segundas a las 3 y 4 las corrientes inversas. Los alambres de salida de las corrientes inversas van a las prensas 5 y 6 de la banda conductiva de cobre q que es la que por medio de un conductor t se une con la prensa de tornillo 7 del disyuntor ó pieza metálica n. Los hilos de las corrientes directas concluyen en la prensa 7 y 8 de la banda conductiva q' mas larga que la q para que su extremo termine en la laminita ó muelle x del disyuntor que cierra los circuitos por su contacto con el puente n y que se rompen apretando el boton z (1)

(1) El 1.^o aparato con que Le-Buloif hizo sus experiencias era una regla de madera dividida en milímetros y que en su parte superior tenía una armadura de hierro dulce, siendo también de lo mismo el peso. Las bobinas colocadas las dos en lo alto del instrumento pertenecían a las electro-dinámicas es á saber bobinas huecas formadas por un hilo de cobre cubierto, las q' gozan de la propiedad de atraer en dirección del eje a los cuerpos de hierro dulce si se las suspende en un cronómetro y peso. En teoría estas bobinas están libres del magnetismo remanente pero en la práctica a causa de las extra-corrientes (además por demorarse a los cuerpos dentro del eje daban lugar a corrientes de inducción a lo que se agregaba el causar las fluctuaciones de intensidad de los circuitos. Como no había corrientes inversas se arreglaba la acción de aquellos como en los pendulos. El cronómetro se detenía por medio de un freno lo que le destruía prontamente y complicaba el aparato solo las corrientes inversas y las armaduras de acero ó imantadas han sido usadas después para regularizar la marcha de los instrumentos pues la inercia de la corriente inversa neutralizaba las demoras y como al mismo tiempo de un conductor a dicha corriente era un tiempo más y remedio según expresión del mismo Le-Buloif. = Para disminuir aun más el efecto de dichas demoras se dividieron por tornillos los electroimanes. También se dio al extremo del cronómetro la forma conica redondeada que siempre había tenido el peso.

De lo dicho se deduce el modo de establecer las corrientes. En efecto supuesto (fig.^a 59 lám.^a 5) las dos pilas de número igual de pares, situados los marcos y tendidos los conductores; para formar el circuito directo del cronómetro (vaya y punto) póngase en comunicación el 3.^{er} marco con el polo negativo de la 3.^a pila y con la prensa 5 de la bobina del cronómetro y se lleva el alambre de salida a la prensa 7 de la banda conductiva. Para el directo del peso (vaya y cruz) hágase igual operación con los del 2.^o cuadro, de los que uno se lleva al polo negativo de la 2.^a pila y el otro a la prensa 2 viniendo luego á parar á la 8 y por último colóquese un alambre que desde la prensa 9 vaya á los polos positivos que se habrán reunido, con lo que los dos circuitos directos quedarán cerrados.

Establecese en los inversos, ligando los mismos polos negativos con las prensas correspondientes: es decir, el del cronógrafo (puntos) se obtendrá uniendo el de la 3.^a pila con la prensa 3 de el electro-iman, de donde sale para ir á la 4, mientras la corriente del peso (cruces) marchara de la 2.^a pila á la prensa 4, yendo luego á la 6 la que por fin se une por un alambre con la prensa 9 concluyendo los circuitos con el hilo común ó que va al polo positivo.

V.

Dispuesto el aparato, es decir establecidas las corrientes, suspendidos de sus electro-imanés el cronómetro y el peso; se puede pasar á hacerle funcionar.

Para ello se aprieta el boton \times del disyuntor; la plancha cede y los circuitos se interrumpen simultaneamente, la atraccion magnetica de los electro-imanés cesa y el cronómetro y el peso ceden á la accion de la gravedad. El instrumento está construido de tal modo que el peso cae sobre la palanca de uña en el momento en que el cartucho inferior del cronómetro pasa por delante de la cuchilla; impulsada esta, hierve á aquel y le hace un trazo limpio y permanente. Vuélvese á colocar el aparato en estacion y si se llama H á la distancia entre dos planos horizontales que contengan el trazo y la cuchilla, es claro que H representará la altura de caída del cronómetro hasta que fué tocado y como es un cuerpo libre y la altura poca se podrá despreciar la resistencia del aire, con lo que se tendrá.

$$T = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

cuyo tiempo será debido al $-t$ que tarde en desmagnetarse el cronómetro, $+t'$ de verificarlo el peso, $+t''$ de la caída de este, $+t'''$ de moverse la palanca y $+t''''$ empleado hasta marcar la disyuncion.

Puesto otra vez todo en su sitio, hágase la lectura

sucesiva con lo que el proyectil atravesando el 1.^{er} marco hará que caiga el cronómetro y obligando después a descender al peso cuando el pase por el 2.^o marco, resultará el trazo en el cartucho superior. Sea H' la segunda altura y \bar{T}' el tiempo correspondiente, y por consiguiente

$$\bar{T}' = \sqrt{\frac{2H'}{g}}$$

el que dependerá de los mismos $t + t' + t'' + t''' + t''''$ que se reproducen, mas el \bar{T} en que el proyectil recorrió el trayecto, lo que dará el valor de

$$\bar{T} = \bar{T}' - \bar{T} \quad \text{---} \quad (1)$$

VI.

El manejo de este aparato no exige un operador muy experimentado por ser bastante sencilla su instalación.

Colocado el cronógrafo en una mesa dentro de la casetta ó barraca, se pone vertical por medio de la plomada y tuercas de las brocas de la base.

En la parte exterior, estarán las dos pilas formadas del mismo número de pares, el que variará según sea la longitud de los circuitos y cuyas pilas análogas á las usadas en los otros aparatos electro-balísticos, deben pre-

(1) En el 1.^{er} aparato de Le-Bulange como las bobinas estaban á la misma altura, la caída de la disyunción simultánea era mayor que la sucesiva y así para ejecutar esperimentos había que ligar el 1.^{er} marco con el peso y el 2.^o con el cronómetro obteniéndose el tiempo al revés que como se ha explicado.

pararse de igual modo una que otra.

Los marcos y conductores son en un todo idénticos a los ya conocidos y se sitúan de la manera que se indicó.

Cerrados los circuitos hay que reconocer antes de operar, si como es preciso tienen las corrientes el mismo sentido, para que no se cambie alguno de los polos permanentes del cronometro ó peso. Para ello se presenta sucesivamente una pequeña brújula á los electro- imanes y deberá suceder que cerrado el disyuntor atraigan los dos al mismo polo, siendolo el contrario cuando este abierto.

En seguida se arregla la intensidad de las corrientes: respecto á las directas, conviene sean energicas tanto por que imantan á los ejes de los electro- imanes por diferencia con las inversas, cuanto por evitar los tantes en la suspensión de los contactos. En las circunstancias ordinarias de tiro basta con emplear en cada pila tres ó cuatro elementos de Daniell. Debe procurarse que la del peso no sea superior á la del cronometro lo que se conseguira con un rheostat.

En cuanto á los circuitos inversos, han tener la fuerza suficiente para mantener, cuando obran solos, á un pequeño cilindro de hierro dulce ó punta de París grande, por lo que si fuesen muy fuertes y neutralizasen demasiado á los circuitos directos, habra que interponer en la parte común (figura 59 lámina 8) un rheostat ó bobina

na de resistencia (11) ó cierta longitud de hilo muy delgado de cobre ó platino.

Arregladas las corrientes, se colocan en el cronómetro los dos cartuchos receptores asegurandose si descansan en las enchufaduras; se sujeta el muelle del fiador, se suspende el cronómetro y el peso á sus electro-ímanes y se detienen sus oscilaciones.

Quitado a su vez una disyunción, apretando el botón del disyuntor; así avanza el cronómetro y el peso con lo que la uetilla trazará su muesca en el cartucho inferior si el aparato está bien situado. Se hace con un lápiz, una señal por debajo de la incisión para distinguirla de las demás y se repite la operación otro par de veces más, teniendo cuidado en cada una de volver un poco el cartucho para que no se confundan las señales. Con las tres disyunciones hay suficiente para ver si se separan dentro de los límites de algunas décimas de milímetros.

Colo case otra vez el aparato en estacion, asegurandose de la exacta posición del cartucho superior y se da fuego á la pizca; lo que producirá una traza en dicho cartucho. No hace falta en ninguna operación el volver á suspender el cronómetro para medir las alturas, si se tiene determinado de ante-

(11) El que Le Bulange empleaba era una serie de hilos de un metro, tendidos detrás de la plancha q. llevan los electro-ímanes, e interponia el n.º de hilos q. le conviene.

man y con exactitud las distancias de la cuchilla á los enchufamientos del cronómetro, pues basta con agregarles las q. haya desde el borde inferior de los cartuchos al rasgo: la forma de este (fig.^a 50 lam.^a 8) presentando por su parte inferior un plano ab normal á su eje aumenta la exactitud de la medición, la que por medio de un compás de piezas puede apreciarse hasta por décimas de milímetros. Bastara pues con tomar nota de las alturas de las muescas y separar los dos cartuchos inscribiendo con lapis el núm. 1. 2 & según la experiencia, p.^a despues determinar las alturas de caída.

En los demas disparos no se hará mas que una disyunción simultánea, pero esta es precisa por si las reparaciones de los marcos produjesen diferencias en la resistencia de los circuitos, lo que puede ser causa de que varien las alturas de dichas disyunciones.

Tambien ha de cuidarse que los circuitos no esten cerrados cuando no sean necesarios, y se conseguirá desprendiendo el hilo comun del disyuntor, pues que de no disminuirá rápidamente la energia de las pilas.

VII

Como desde el instante en que el cronómetro se mueve no hay mas resistencia que la del aire y la superficie q. opone es muy pequeña con respecto á su peso, puede despreciarse la expresada resistencia tanto mas, cuando por su poca altu-

ra no alcanzara gran velocidad, con lo que se admite q: su movimiento sea el de un cuerpo libre; asi la formula para determinar los tiempos es tan sencilla que una tabla de ellos es casi inutil. Sin embargo para facilitar los calculos construyó Le-Dulangé una, cuyas alturas de caída van creciendo de milimetro en milimetro de cero a 500 teniendo ademas otra casilla para las diferencias entre cada dos consecutivas (tabla n.º 6).

Como el instrumento da las alturas en milímetros y décimas de milimetro, el tiempo correspondiente a la unidades se encuentra en la tabla y para la parte decimal se multiplicara esta por la diferencia tabular.

De este modo se hallaran los tiempos \bar{T}' del tiro y \bar{T} de la disyuncion y se restara uno de otro y la diferencia $\bar{T}' - \bar{T}$ dara la medida del T transcurrido por el proyectil entre los marcos.

Para obtener la velocidad se dividira dicho espacio, (que lo representara e), por $\bar{T}' - \bar{T}$ y

$$v = \frac{e}{\bar{T}' - \bar{T}}$$

sera la velocidad media de la que puede deducirse la inicial, si se deseara, conforme ya se ha indicado en los otros aparatos.

VIII.

El cronografo y sus partes, tal como estan representadas en las (figuras 57 y 58) no permiten medir tiempos.

mayores de $0^{\circ},1$ y por consiguiente habrá que colocar los marcos según las velocidades probables y si hubiese algún error en la apreciación de esta la uetilla no alcanzará al cartucho: en este caso, en vez de mudar de sitio los marcos, cuya operación es muy larga, se cambiará la situación de la anilla que sujeta el cartucho superior del cronómetro, que puede tener 5 posiciones diferentes y se pondrá otro cartucho pues que también los hay de 5 tamaños (11)

Como la altura total del instrumento es de 5° que corresponde a tiempos de $0^{\circ},4$ se comprende que solo el ver los de $0^{\circ},1$ los que generalmente se necesitaban, fué la causa de usar cronómetro de $0^{\circ},435$ y colocar en su posición actual al electroiman del peso dando á este $0^{\circ},8$ de longitud.

Hoy día para hallar velocidades de piezas rayadas convenia, por la menor influencia de la resistencia del aire, trayectos próximos á 500^{m} y por consiguiente determinar tiempos de $0^{\circ},22$ ó por lo menos de $0^{\circ},2$. Para ello no habrá mas que usar otros cronómetros y otros pesos que deberán tenerse anexos. En efecto aumentando la longitud del cronómetro ó alargando el actual por una varilla hasta que resulte de $0^{\circ},632$ y sustituyendo el peso por otro de $0^{\circ},289$ se obtendrán tiempos de $0^{\circ},2$ y si se reemplazan por de $0^{\circ},889$ y $0^{\circ},494$ respectu-

(11) Se adquirieron en gran número con el aparato costando todo ello 500 pesetas en Bélgica; Le Hulangé dice que su primitivo cronógrafo solo valia 50 pesetas; pero era muy imperfecto.

vamente servirán para el de 0", 5%.

Otro medio propone tambien Le Boulange, en el que se sirve del cronómetro actual y solo alarga el peso ó le agrega una varilla. Como con estas condiciones no se marcará la disyuncion simultanea por haber ya salido la cuchilla cuando pase el cronómetro, salva esta dificultad deduciendo el tiempo de dicha disyuncion del encontrado sin emplear varilla en el peso. Para ello como se ha llamado \bar{T} el tiempo que resulta para este, será

$$\bar{T} = t + t' + t'' + t''' + t''''$$

si se supone que puesta la varilla fuese \bar{T} el tiempo de la disyuncion simultanea (o fuese posible verificarla) sería

$$\bar{T} = t + t' + \bar{t}'' + \bar{t}''' + t''''$$

pues que solo variará la altura de caída del peso y cuando mas el tiempo de mover la palanca por ser diferente la fuerza viva del choque, pero como se diferenciarian en muy poco admite que $\bar{t}''' = t''''$ con lo que

$$\bar{T} - \bar{T} = t'' \text{ y } \bar{T} = \bar{T} + (t'' - t''')$$

y representando á $t'' - t'''$ por C quedará

$$\bar{T} = T - C.$$

Determinada \bar{T} encuentrese el tiempo correspondiente al disparo para lo que se pone la varilla y si se le expresa por \bar{T}' se obtendrá $\bar{T}' - \bar{T}$ para el verdadero, ó

$$\bar{T}' - \bar{T} = \bar{T}' - (T - C) = (\bar{T}' - T) + C$$

Se vé pues, que la cuestion está reducida á restar del tiempo del tiro usando vastago, el de disyuncion simultanea.

sin él y agregarle la constante C , la que se conocerá haciendo dos series de disyunciones con un cronómetro especial de doble longitud, una con vástago y otra sin él y el tiempo medio de las superiores menos el medio de las inferiores será el valor de la constante.

Segun cálculos de Le-Bulange, empleando para la disyuncion simultanea el peso actual de 0^m , esto, bastará para la sucesiva el que sea de 0^m , 289 si los tiempos que se hallen son hasta de 0^s , 2 y de 0^m , 494 si hasta 0^s , 52 : ó que la varilla tenga de largo 0^m , 289 y 0^m , 494 respectivamente. Con estas dimensiones se hallarían las constantes, ó como se ha dicho ó calculandolas por los valores de \bar{T}'' y \bar{T}'' por ser ahora conocidas las alturas de caída, pero si se encuentra de este último modo será preciso que los dos pesos fuesen iguales en todo, excepto en la longitud.

La exactitud de este método necesita comprobarse por experiencias que su autor no pudo verificar.

IX.

(1) Este aparato en diferentes experiencias en Francia y especialmente en las muchas de Bélgica sobre todo con pesas rayadas ha dado buen resultado como lo comprueban los informes oficiales. Entre dichas experiencias son notables las de contraste ejecutadas por Melsens y Le-Bulange. Trataban de comprobar los tiempos que daba la disyuncion simultanea y la sucesiva. Para lo 2º interpuso en los dos

Hydrostat.

circuitos el disyuntor ordinario de un péndulo pasando además las dos corrientes por los hilos de su mismo mazo para que pudiese interrumpirlas el proyectil, pero tambien simultáneamente: de ambos modos dio siempre iguales alturas que cuando se usaba el disyuntor del cronógrafo. Para contrastar los tiempos de la disyuncion sucesiva ideó un aparato al que llamo *verificador* cuyo objeto es romper sucesivamente los dos circuitos pero existiendo entre dichas interrupciones un tiempo conocido. El instrumento (fig. 65 lam. 8) se compone de un cilindro de hierro *a* que se suspende de un doble electro-iman *b* activado por una pila especial y cuyas barras están contornadas en su parte inferior y por consiguiente cada uno de sus dos polos tiene un punto de contacto con el cilindro. Las barras imantadas están aisladas y forman parte de los circuitos del cronómetro del cronógrafo. Así pues al romperse el que activa el electro-iman del verificador, caerá el cilindro y al mismo tiempo el cronómetro. La caída del cilindro es sobre la cola de una palanca *c* con lo que interrumpe su contacto con una broca de latón por la que pasa la corriente del peso y se desprende este.

Como la distancia entre la cola de la palanca y la base del cilindro es conocida, se deducirá el tiempo; el cual deberá ser igual al que acusa el cronógrafo, si en esto no hay causas de error.

Así se verificó en las experiencias, en las que

si bien resulto alguna ligera variacion era esta debida a la inercia de la palanca, pues entre otras pruebas se vio que variaba con la fuerza viva del cilindro o sea con la velocidad, lo que se observo disminuyendo la altura de caída alargando el cilindro sin aumentar su peso.

X

Apesar de sus buenos resultados en las experiencias y contrastes tiene grandes impugnadores entre ellos Haver y Leuss. Achaacarle los defectos; de ser difícil el colocar siempre igual el peso y el cronómetro: el de que las partes mecánicas, como cuchilla, muelles & actuen del mismo modo; la variacion de los cartuchos y prisma por el estado higrométrico; la atraccion sobre el cronómetro y peso del magnetismo remanente; el que el disyuntor si bien muy sensible y que rompe simultáneamente las corrientes no lo hace con iguales condiciones que las que se verifican en la disyuncion sucesiva, por ser aquella en la parte comun y está en la separada de los circuitos lo que exige el que se regularien las corrientes para que sus efectos sean idénticos (1), introduciéndose así dificultades prácticas; todo lo cual

(1) Según Leuss para asegurarse que dos disyunciones con iguales caídas dan exactamente la velocidad buscada, habrá despues de operar con la disposicion ordinaria, que hacer pasar la corriente del pen. el 1º mano y la del cronografo por el 2º y el resultado que sea igual al anterior.

se opone á la regularidad y exactitud de los resultados, á lo que hay que agregar los efectos de las corrientes y los de las derivadas á causa de la disposicion de los circuitos.

Y finalmente que como la fuerza de las corrientes inversas es difícil equilibren exactamente las magnéticas de los electro-imanes; despues del cambio de los polos habrá repulsion entre ellos y los permanentes del peso y cronómetro, con lo que esté recibiendo una impulsión inicial caerá con mayor velocidad y la señal de la cuchilla quedará mas alta, resultando tambien mayor la diferencia de los tiempos calculados por la caída libre de los cuerpos, y por consiguiente que la velocidad encontrada será algo menor que la verdadera (1)

XI

Se ha detallado la esplicacion del anterior cronógrafo por causa de que los ejemplares que el cuerpo posee son en un todo iguales al descrito (2)

Pero á consecuencia de modificaciones sucesivas el ya Capitan Comandante Le-Boulangé llegó en 1867 ha establecer otro modelo bajo la base de la supresion de las corrientes inversas, dejando las reducidas á dos completamente independen-

(1) Según teoría y experiencias de Navier: si bien dicha repulsion estará contrarrestada por la condensa. magnética. Stelens dice que sus experiencias le han hecho ver que en vez de repulsion hay atraccion.

(2) Junta superior Facultativa y Comisa practica de Madrid.

dientes, que pasan por sus respectivos marcos. De este modo ha resultado mas exacto y exacto, habiendo podido ademas conseguir que de las velocidades sin necesidad de calculos y como ha obtenido la sancion de la experiencia sin nota desfavorable, es conveniente describirle á continuacion.

XII.

Sobre una base cualquiera se coloca el aparato cuyo triángulo *A* (fig.^o 62 y 63 lám.^o 9) se sujeta por los tornillos *E* de tope y cabeza plana y sobre la cual se eleva una columna *C* que lleva dos electro-imanos *D* y *E* (11) los que se sujetan por medio de un mango de cabeza atornillada que atraviesa la columna, asegurandolos con una tuerca: en el extremo fijo del eje tienen un saliente cónico de los que se han de suspender el peso y al que llama registrador y el cronometro que lleva dos cartuchos receptores *H* y *K* que ahora son unos tubos de zinc. En cuanto al cronometro (fig.^o 64 lám.^o 9) si bien sigue siendo una vanilla cilindrica hueca, la ha dado dimensiones convenientes haciendola terminar, lo mismo que al registrador que tambien es cilindrico (fig.^o 65 lám.^o 30) por un lado en un cono y por el otro en un tapon que esta atornillado y cuya forma es redondeada con dos chaflanes planos, uno vertical y marcado con el número del aparato y el otro inclinado, cuyo tapon es pre-

ciso desatornillar al colocar el cartucho inferior.

Para que el cronómetro quede sujeto en la posición conveniente, hay en la plancha del círculo un rebajo *A* (fig. 65 y 66 lám.^{as} 9 y 10) en el que ha de entrar el tope, con lo que podrá caer en un agujero cuyo fondo está almohadado. Para conseguir la fijación necesaria del registrador existe en la columna (fig. 62 y 63 lám.^{as} 9) una correa *L* con un tornillo que la sujeta y de la que parte un brazo *M* que ha de tocar a dicho registrador el cual al caer será retenido por un cilindro *N* que partiendo de la plancha viene a parar en una del piador.

Este consiste (fig. 62, 63 y 66 lám.^{as} 9 y 10) en la cuedilla *P* de acero fundido y de forma de rodete, sostenida por el tornillo *Q* que le sirve de eje en el encastre del muelle *R*, el que se apoya en la columna y tiene un saliente en el que se engancha la uña de la palanca *S* terminada en una tuerca por donde se apoya en el tornillo vertical que concluye en el círculo *X* graduado y dentado para que engrane un diente que parte de la palanca, la que se aprieta mas ó menos sobre su punto fijo con el tornillo *z*.

XIII.

Aparte y formando otro aparato está un disyuntor (fig. 67 lám.^a 10) que consta de una base *a* sobre la que se apoya un muelle *b* que tiene una plancha aisladora *c* con la

que impide que dos laminitas *c'* que llevan las prensas 8 y 6, puedan descansar sobre los tornillos *f'* unidos á las prensas 7 y 5. Para que este contacto se verifique se hace fuerza sobre un boton *c'* que existe en el muelle, hasta que se enganche en la uña *g'* de la palanca *h'* mientras para que cese basta con apretar a un tiempo la palanca *h'* y la contra-uña *k'*.

XIV.

Acompaña al aparato, una regla graduada, cuyas divisiones, segun se verá, corresponden á tiempos conocidos (fig. 68 lám.^o 10) y ademas se necesitan tambien unos tubos cilindricos de laton ó pesos supletorios los que sirven para el arreglo de las corrientes (fig. 64 y 65 lám.^o 9 y 10).

Todas las partes del cronógrafo se llevan en un cajon que hace de mesa para las experiencias, para cuyo objeto se le colocará sobre un tripode que tiene 3 tornillos de nivelar.

XV.

Descrito el aparato es facil comprender su teoria tanto mas cuanto que es una modificacion del anterior. El proyectil al romper el circuito del cronometro hará caer á este y al cortar la 2.^a corriente caerá tambien el registrador sobre la palanca: como así se soltará la cuchilla, hará una incision en el cartucho superior.

Si se supone que parado el cronometro la cuchilla

lla le traxase una marca, la distancia H desde esta, que llama origen, hasta la ejecutada estando en movimiento, medira la altura de caída y

$$T' = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

será igual al tiempo verdadero T mas el \bar{T} de la disyunción, simultánea y por consiguiente

$$T' = T + \bar{T}$$

El aparato está dispuesto de modo que $\bar{T} = 0,11$ por lo que poniendo por T' su valor en función de H y por T el suyo de $\frac{2H}{g}$, se obtendrá una relación entre estas cantidades.

Le-Dulangi para los diferentes valores de v a partir de 285^m calculó los de H que iban creciendo de milimetro en milimetro suponiendo la separación de los marcos de 50^m cuyas alturas van grabadas en la regla de corredora aneja. Con ella se puede encontrar directamente la velocidad del proyectil viendo la altura de caída H pues si hubiese que variar el valor de v ó el de v fuese mas pequeña de 285^m no habría mas que multiplicar los resultados de la regla por el valor que en este caso tomara la relación $\frac{g}{v^2}$.

XVI.

Para poder verificar las experiencias, los dos circuitos independientes que ya se ha dicho se necesitan se establecen del modo que indica la (fig.^a 69 lám.^a 9)

El 3.^o ó del cronómetro parte de un polo para ir al 5.^o marcos, de donde pasando por una de las láminas del disyuntor

vuelve a la pila y el 2.º del registrador se dispone análogamente ó sea comprendiendo la pila, el 2.º marco, la otra lámina del disyuntor y la bobina del registrador.

XVII

La marcha regular de los aparatos, se asegura con ciertas precauciones en su instalacion.

Las pilas que tambien son de Brunsen, dependiendo el número de sus elementos de la longitud de las corrientes, basta de ordinario conque tengan de 4 á 5 pares para el cronometro y dos para el registrador.

Los conductores y marcos son analogos á los ya descritos; pero procurando usar de los mas perfeccionados y salvando los defectos que presenten hasta donde sea posible.

Colocanse los 2 aparatos, separados uno de otro, sobre solidas bases, se vé si los circuitos se cierran bien y en seguida se pasa á arreglarlos, lo que se divide en tres operaciones.

1.^{ca} La instalacion del cronografo; se ejecuta valiendose del cronometro cuyo tapon estara dentro del hueco colocado bajo el rebajo de la base.

Por medio de los tornillos del tripode se hace que el plano inclinado que debe estar hacia la parte de atras ó opuesta al observador toque ligeramente con una arista c que hay en el rebajo, al mismo tiempo que su costado quede exactamente á la altura de la linea d extrema del recodo; con lo que resultara

a poca distancia del tornillo tope e (fig. 66 lam. 50) pero lo suficiente para que pase libremente todo el cronómetro en su movimiento descendente. Inseguida se rectifica viendo si separandole un poco de dicha posición al soltarle vuelve a ocupar la que habia tenido.

Suspendese el registrador de modo que el plano inclinado de su tapon se apoye ligeramente contra el brazo de su corredora, situada a la altura conveniente y se rectifica del mismo modo que se ha dicho para el cronómetro y ademas observando si soltandole, cae sin tocar al tubo.

2^a Arreglase la fuerza de los electro-imanos; por medio de los pesos supletorios, que son 0,2 de los del cronómetro y registrador, los que se colocan sobre estos, llevandoles asi al contacto con sus electro-imanos y separando despues poco a poco las partes de sus ejes hasta que suelten a dichos pesos. Rectificase enseguida la operacion viendo si volviendo a presentarles, no les pueden sujar. Conseguido el objeto, se les quita los supletorios y se les suspende sin ellos.

Debe colgarse siempre el cronómetro antes que el registrador y tanto uno como otro se llevan verticalmente con la mano izquierda, sujetandoles por debajo con la derecha, teniendo cuidado de que el número quede hacia el operador, evitando cojerlos cerrando la mano, ni tocandoles con el cuerpo ó brazo, usando solo de la derecha cuando ya haya contacto y por ultimo separando esta desde que estén unidos por las puntas.

3^a Para arreglar la altura de la disyunción; se empieza por pr-

maner el fiador de modo que no vaya á desnivelar el aparato para lo que se empleará la mano izquierda con la que se tirará ligeramente del musle hasta que enganche en la uña de la palanca. Como el corte de la cuchilla en la disyuncion simultanea debe ser á 0",35007 que corresponde al tiempo elegido de 0",35, se trazará en el cartucho inferior un círculo á dicha altura, para lo que se le lleva á la regla en la que se habrá puesto el nonio en la marca que dice disyuncion y dándole vueltas se dibujará el círculo. Se suspenderá el cronómetro otra vez y si la cuchilla cortando las corrientes con el disyuntor diese mas alto ó mas bajo, se corregirá por medio de la rueda graduada.

XVIII

Para operar, se vuelve á preparar el aparato y se da fuego á la pieza con lo que se obtendrá una incision en el cartucho superior, el que lo mismo que el inferior ó de las disyunciones puede servir para varios disparos, si se les hacen en su parte baja señales en círculo y se numeran: en los disparos se les pondrá de modo que presenten á la cuchilla lo generatriz que corresponda á su número. Despues de cada uno, se hallará la velocidad por medio de la regla.

Conviene apuntar los resultados en un estado con las seis casillas que dice Le-Bulangi ó sea „Núm. del tiro, Velocidades, Term. media, Viento maximo, Idem minimo y Observaciones.

Este cronógrafo es tan regular en sus indicaciones que

basta con frotar las disyunciones simultáneas en cada tres disparos. Si en ellas hubiese irregularidades pueden consistir, en estar mal arreglada la intensidad de las corrientes, en no haberse hecho bien la nivelación, en faltas del establecimiento de las corrientes, ó como mas comunmente sucede, en que no estan bien limpias las puntas de los contactos del cronometro y registrador, las que se limpian con una piel, sin tocarlas nunca con la mano.

Si las corrientes se interrumpiesen sin causa conocida, hay que ver si tiene la culpa el disyuntor, lo que se conocerá cambiando de sitio respectivamente los alambres y si así se restablecen los circuitos será preciso limpiar el contacto de aquella lamina que no operaba.

Cumplidas todas las prescripciones, no cabe duda que el aparato marchará bien y que es un instrumento muy estudiado, perfeccionado y en el que la práctica ha demostrado su gran regularidad (1)

XIX

Cuando los tiempos que se quieran medir sean muy pequeños, como para hacer experiencias de fenómenos verificados dentro del ánimo; cambia entonces Le-Dulangé la disposición de su cronógrafo, llevando el electro-iman del registrador á que se sujete en el agujero α de lo alto de la columna (fig.^a 62 lám.^a 9) acompañándole

(1) El cronógrafo completo con su dotación de cartuchos receptores cuesta en Lisboa casa de Mr. Jaspas unas 600 pesetas.

la corredera en su movimiento.

La corriente del 1.^{er} mares se dirige ahora al registra-
dor y la del 2.^o al cronometro.

El tiempo se marca en este caso negativamente,
por ser mayor la altura de caída de la disyunción simultanea que la
del tiro; por consiguiente se hallarían los dos tiempos por la formu-
la general viendo las alturas que acusa el aparato y se restaría
del de la disyunción simultanea el de la sucesiva.

Consideraciones

sobre el empleo de los aparatos electricos en las experiencias
balisticas.

— Empleando cualquiera de los tres aparatos electro-balisticos que se han descrito y cumpliendo las prescripciones hechas para su manejo, se ha visto que se podia encontrar el tiempo en que un proyectil recorría el intervalo entre dos marcos, del que se deducia la velocidad del punto medio de este trayecto; la que á su vez servia para hallar la inicial.

Però si por medio de dichos instrumentos se quisiesen hacer experiencias balisticas, en las que fuese preciso obtener la velocidad del proyectil en un cierto numero de puntos de su trayectoria, se necesitarian entonces un numero igual de aparatos; pudiendo ser estos de diferentes autores.

Aunque, con cada uno de ellos se seguirán las instrucciones dadas para cuando opere solo, si se quiere que el éxito de la experiencias sea el debido, habra que tener presente ciertas condiciones que dependerán de la clase de ellas.

En tres grupos se pueden clasificar (1) 1^o Las que sirven para determinar las leyes del movimiento de los proyectiles

(1) Tomado de una memoria del Comandante Navas.

Desde la boca al punto de caída. 1.º Las concernientes al movimiento dentro del ánima y 2.º Las que tienen por objeto el estudio de los elementos que producen ó modifican la velocidad.

2.º Al 3.º grupo corresponden: las de encontrar velocidades ya sean iniciales ó para un punto cualquiera de la trayectoria; las de determinar tiempos parciales ó totales; las de hallar á la vez unas y otros y finalmente las de la determinación de la resistencia del aire.

Como este último exige generalmente el operar á un tiempo á diferentes distancias, en lo que está comprendido casi todo el 3.º grupo, es necesario tratar de esta cuestión, que es de actualidad por causa de las piezas rayadas.

- Para ver el efecto de la resistencia del aire hay que encontrar las velocidades de los proyectiles en diferentes puntos de las trayectorias, empleando por las iniciales que no serán las máximas (según Voyer) pues que es de creer que los gases impulsen al proyectil aun después de salir de la pieza.

Por dichas razones, para hallar la velocidad, de la cual se ha de deducir la inicial; se deben colocar los marcos cerca de la pieza pero estando el 3.º á distancias convenientes (cap. IV párrafo IV) y empleando solo un aparato.

Las otras velocidades se han de encontrar en número suficiente para observar su ley de decrecimiento: cuando se trate de piezas lisas, como la sección del proyectil normal á la trayectoria es igual en todos los puntos de esta, se podrá determinar todas las

velocidades cerca de la boca, pero haciendo que la acusada sea la conservada en la experiencia anterior, no necesitandose así tampoco mas que un solo aparato. Sin embargo otras veces conviene obtener las expresadas velocidades operando en puntos diferentes como en este caso se necesitan varios aparatos, si son *Naves*, su autor previene que se coloquen a un lado de la linea de tiro, por delante de la boca y que estén dentro de la misma caseta, pues como las disyunciones y el tiro han de formar serie continuas, tiene que ser un mismo operador el que manda el fuego. Y como las prescripciones se tendrían presentes para los *Leurs*. Si los instrumentos fuesen de *Le-Dulangi* se establecen en los puntos mas convenientes para conseguir el objeto propuesto (1)

Si los tiros de trayectoria estuviesen contiguos, pueden los cuatro marcos de cada dos trayectos reducirse a tres.

Bajo este supuesto, si los dos pendulos son *Naves*, bastará con tres pilas y se dispondrá de modo que el electro-iman recto del conjuntor esté en el mismo circuito que el electro-iman recto del pendulo: pero es preferible usar cuatro pilas haciendo pasar dos circuitos por el 2.^o marco a fin de arreglar las corrientes como en el caso general. La misma advertencia se hace para dos *Leurs*: si se ponen tres marcos se llevarán los alambres negativos de la 2.^a pila del 3.^{er} aparato al disyuntor anexo del 2.^o y se colocará el

(1) Como se hizo en algunas experiencias en *Braschaett* (Belgia) pero tambien convendrá un establecimiento permanente

corchete en el péndulo cronométrico del 2.^o instrumento; pero mejor sería que por el 2.^o marco pasen dos circuitos, cuya disposición se usará si fuesen Le Boulange los instrumentos empleados, teniendo cuidado de aislar los alambres y de que la bola no vaya á servir de comunicacion.

En general es conveniente que haya gran distancia entre cada par de marcos y será preciso cumplir esta condicion si se opera con piezas rayadas, pues que perdiendo sus proyectiles poca velocidad, para que se marque la influencia del aire tendrán que ser considerables dichos espacios, lo que no permitirá hallar mas que un corto número de velocidades en cada trayectoria.

Ademas, en todos los casos, dichas velocidades se deducen del tiempo acausado y corresponden á puntos que se pueden considerar como los medios de los trayectos, siempre que estos estén entri ciertos limites (1) con respecto á los tiempos ó velocidades.

Por eso, para piezas lisas se sitúan los marcos segun la tabla núm. 3 y el tiempo será próximamente de $\frac{1}{10}$ de segundo; pero para los proyectiles oblongos habrá que aumentar el trayecto, el que consistiría que no bajase de 500^m, lo que obligará á medir tiempos mayores ó, si dicho trayecto de 500^m no puede ser en absoluto pues segun las distancias á que se opere

(1) Segun cálculos del Coronel Viret

habrá gran desnivel entre los puntos de impacto y por ello deben separarse los marcos las cantidades que previene la tabla n.º 2 y aun se modificara segun las circunstancias del terreno, teniendo despues presente que el punto para quien se halla la velocidad no es el medio de x sino mas bien el de $x' = \sqrt{x^2 + d^2}$ llamando d al referido desnivel.

La distancia de 50^m usada por Le-Dulangé puede considerarse como un valor medio á propósito para la generalidad de los casos de la práctica.

Aun con los espacios de la tabla n.º 2 los tiempos estarán entre 0",17 y 0",32; y el total hasta la distancia máxima de dicha tabla no bajará de 20 lo que exigirá el empleo de aparatos que le acusen, por ejemplo el péndulo y el método Gauss (1)

- Si á la vez que se hallan velocidades se deseara encontrar tiempos y fuese preciso que un mismo marco sirviera para los aparatos, se operaría análogamente á cuando eran dos trayectos contiguos. Por ejemplo, velocidades iniciales y tiempos totales, entonces el marco común ó tiene que ser doble ó si no hace falta un suplemento, es decir un disyuntor de pesa de cualquiera forma, en el que un electro-iman activado por el circuito del marco y en comunicacion con el cronómetro

(1) Con el objeto de poder verificar todo lo dicho con un solo aparato, inventé un péndulo el Sr. Capitan Zapata, pues que la generalidad de los instrumentos no resolvian algunas de las cuestiones y los otros mas generales eran muy imperfectos.

metro de un aparato sostenga el peso, mientras a los contactos colocados debajo de él hace ir el circuito del cronómetro del otro instrumento.

Si al mismo tiempo se quisiese encontrar otra velocidad, esta será independiente, como no sea la final en cuyo caso su marca ha de servir para el tiempo total, se tendrá entonces que ligar el instrumento del tiempo con el de la expresada velocidad final, de un modo igual a lo dicho para el de la inicial y el tiempo.

Además después de establecidas las corrientes, que pasando por los aparatos de la manera indicada han de servir para hacerlos funcionar, se harán las disyunciones simultáneas correspondientes, repitiéndolas varias veces y anotando las indicaciones.

Al hallar los tiempos que los aparatos marquen, habrá que tener presente el empleado por los pesos de los disyuntivos supletorios los que se obtendrán por la fórmula $t = t \frac{h}{g}$ midiendo de antemano las alturas de caída h y cuyos valores de t se agregarán a aquellos tiempos en que tengan influencia.

2^o Desde que se empezaron a usar los aparatos electro-balísticos, trataronse de aplicar a las experiencias de dentro del ánima colocando conductores que el proyectil rompiera en su movimiento; pero como se observó que los alambres eran cortados por los gases antes de tiempo lo que abandonó este sistema.

El empleado en las experiencias de Prusia para estudiar la fuerza motriz de la pólvora ó sea el de cilindros de diferentes pesos lanzados por aberturas laterales y que chocan con un péndulo balístico, puede efectuarse también con los eléctricos haciendo que dichos cilindros corten los alambres de unos marcos que se comuniquen con los aparatos.

Además hoy día, para las piezas cargadas por la culata sirve ya el método de alambres interiores que atraviesan las paredes de la pieza, los que convendría que sean de acero templado duro y que la distancia entre ellos no baje de $0^m,6$; pudiendo operarse por trozos contiguos disponiendo el hilo central de modo que aun tiempo se comuniquen á dos aparatos.

En las experiencias de este grupo son comparativas, pues, las pólvoras se admitirán por las velocidades que produzcan, viendo la dada por la tipo de recepción; y así pueden ejecutarse con uno ó con dos aparatos.

Es conveniente que las separaciones entre los marcos sean grandes para que los errores resulten con menor influencia relativa y que el 3.^{er} marco esté lo mas cerca posible de la pieza.

Estas pruebas son precisas, pues el morterete se sabe no da indicaciones exactas y menos para las piezas rayadas que utilizan la fuerza de la pólvora mucho mejor que las lisas.

Pero la regularidad y exactitud en los disparos de estas piezas, permitirán no emplear los aparatos balísticos y que baste con el método de Lombard (capit. II párrafo III): para ello se apunta-

vá á 350^m por medio de un telometro bien centrado y que siguiendo la visual paralela al eje del cañon vaya á un hilo horizontal fijo al marco, sobre el que se coloca la planchita de plomo para marcar el paso del proyectil; de este modo se determina la velocidad hasta con 5^m de aproximacion.

Apendice.

— De los aparatos electro-balísticos que hasta hoy se han dado á luz, solo se han descrito los de Navier, Leurs y Le-Bulange. Aunque son los mas generalmente aceptados, no obsta para que tambien se hayan propuesto ó empleado otros y para que en ciertas circunstancias, teniendo los á mano, se hiciese uso de estos; por cuya razon se va á dar una ligera indicacion de algunos instrumentos que sirva de base para que se pueda en su dia comprenderlos y estudiarlos mas detenidamente.

= Wheatstone fue el 1.^o que aplicó la electricidad para medir las velocidades de proyectiles ó los tiempos; reducese el cronoscopio que presentó en 1840 á un reloj que marca decimas de segundo y cuyo movimiento está detenido por un chete retenido por un electro-iman, el cual se pone en comunicacion con un doble marco, que estando separado se une por la accion del choque del proyectil; emplea para todo esto una pila de cuyos alambres conductores se saca una corriente de derivacion que pasa por delante de la pila.

Al romper el proyectil la corriente derivada queda interrumpido el circuito por estar separados los marcos,

con lo que el reloj se pone en movimiento, concluyendo este en el acto del choque, lo que deja marcado el tiempo. (Véase Daguin - Física - tomo III).

= En 1841 Constantinoff, proyectó otro aparato que fue construido por Dregutt y cuyo principio consiste en un cilindro movido uniformemente por un sistema de relojería; dos lapices retenidos cada uno por un electro-iman tienen su punta muy cerca de la misma arista del cilindro; cada uno de los espresados electro-imanes forma por medio de una pila un circuito en el que existe un marco.

Al romperse el 1.º caerá un lapiz y trazará una línea perpendicular á la generatriz del cilindro, mientras que al interrumpirse el 2.º caerá el otro lapiz dar también su señal y como la velocidad del cilindro y la distancia entre las marcas son medibles se podrá obtener el tiempo en que el proyectil atraviesa los marcos. (Daguin - tomo III).

Este aparato fue modificado por Siemens, sustituyendo los lapices por chispas de botellas de Leiden.

= Pouillet, ensayo determinar los tiempos fundándose en que son proporcionales á las derivaciones de las agujas magnéticas, siendo constante las corrientes y para ello construyó una tabla de derivaciones correspondientes á duraciones conocidas del paso de una corriente, con lo que introduciendo un reómetro en un circuito, se pondrá en marcha su aguja al empezar el tiempo y cesará al final de él; por ejemplo si se

trata de encontrar lo que se tarda en disparar un fusil, bastara con formar el circuito de modo que por un lado vaya de la pila a la boca y al lado y por el otro al disparador (Daquin tomo III).

= Hippo hizo ya uso del pendulo, el que tambien adopto Navon y que parece es de los mas convenientes.

= Desde que dicho Comandante Navon consiguió generalizar los aparatos electro-balísticos se han inventado muchos fundados en diferentes principios, como son los de Denton, Bashforth, Schults, Wignotti, Le-Dulangi &, notandose gran tendencia al empleo de la chispa de induccion.

= Denton Capitan de la Artilleria de los Estados Unidos presento un aparato que ha sido empleado en dicha nacion. Esta formado de un zócalo que se pone horizontal por medio de unos tornillos y un nivel y sobre el que se eleva perpendicularmente un limbo cuyo cero esta en la vertical y que concluye en 90° por cada lado. Del centro parte un eje que soporta dos pendulos, el interior tiene la lenteja fija mientras la del otro es movable para que sean isocronas las oscilaciones, las que parten de los extremos del limbo donde hay unos electro-imanos que sujetan dichas lentejas. Como al moverse se encontraran; para marcar el punto en que se verifica, lleva el pendulo interior en su prolongacion un estilete colocado dentro de un tubo, que enrasa con el limbo, al paso que el pendulo exterior tiene un boton

de acero y así al encontrarse choca el boton contra el estilote y este hará una señal en el limbo.

Los electro-imanes se activan por medio de dos circuitos que pasan cada uno por su correspondiente marea, pero p^o que los tiempos de desimantarse, chocarse & no alteren el valor del que se busca, sigue el método Navex es decir emplea un disyuntor que no es mas que un pequeño aparato para cerrar y romper a un tiempo las dos corrientes. Los tiempos se determinan por una tabla analógicamente construida que la del Navex pero a partir de la vertical del centro donde está el cero (Revue de Technologie militaire tomo IV).

= Washforth describe un cronógrafo, que consiste en un volante que gira al rededor de un eje vertical sobre el que hay un cilindro a quien da movimiento y un sistema de engranajes que sirve para liar la cuerda que sostiene una planchita vertical que se apoya en una columna, moviéndose aun tiempo y paralelamente planchita y cilindro. Sobre aquella existen dos electro-imanes que sujetan una armadura con marcadores, que actúan sobre un papel colocado en el cilindro; uno de ellos está en comunicación con un aparato de relojería, que cada segundo corta la corriente de un electro-iman y hace que la hélice que traza se interrumpa con un arco de círculo y el 2^o se liga a unos marcos que al atravesarlos el proyectil su índice da otra señal igual a la anterior.

Para que pueda operarse á varias distancias, los marcos tienen una disposicion especial que permite que al cortarse el circuito vuelva automáticamente á restablecerse.

Lo mas notable de este aparato son dichos bastidores (solo por conocerlos se ha descrito el instrumento): Están formados de alambres tendidos por pesos, que llevan en una de sus estremidades y sujetos por la otra á unos muelles que se incrustan en el marco y que atraviesan un círculo hecho en unas planchas de metal, colocadas en la parte exterior de la cubrera del blanco; cuando los hilos están tirantes los muelles tocan en la parte inferior de la plancha y el circuito queda cerrado, al romper el proyectil alguno de ellos hay un instante de interrupcion, pero en seguida su muelle toca en la parte superior del círculo y vuelve á establecerse la corriente.

Para poder medir el tiempo, se tienen las indicaciones de segundo en segundo y á la vez se conoce la velocidad de rotacion del cilindro, con lo que se verá cada señal á que corresponde; para ello se traslada el papel á un cilindro anexo movido con rotacion conocida y que tiene un marcador que va marchando sobre la hélice correspondiente al marcador de los disparos (*Revue de technologie militaire* tomo 17)

= El aparato de Vignotti se compone de un pendulo medidor de tiempos con una punta en su extremo que ha de

dar paso á la chispa de induccion y un limbo que sirve de conductor á la otra corriente, sobre el que se adosa el papel preparado.

La corriente que se conduce á la punta, pasa del soporte al muñon del eje y es preciso una bobina y corriente por cada bastidor; en lo demas puede considerarsele, hasta cierto punto, como una modificacion del *Naver*. (Memoria de su autor).

= Le-Dulangé propuso además de sus cronógrafos ya descritos, otro basado tambien en la caída libre de un cuerpo piro haciendo aplicacion del paso de la chispa; consiste en una regla metálica plana y con su abertura longitudinal en la que hay una banda de papel. La regla está suspendida de un electro-iman cuyo circuito pasa por delante de la pira. Cuando el proyectil le rompa, caerá la regla pero de modo q. el papel pasa por entre dos puntos establecidas en el pie del aparato y á las cuales llegan los extremos de la corriente inducida. El proyectil al atravesar cada marco rompe la inductora, lo que produce una chispa y por las alturas de estas se halla los tiempos analogamente á lo dicho para el otro aparato.

= Modernamente ha presentado Le-Dulangé otro aparato al que dió el nombre de *clepsidra-electrica*, con el cual puede determinar un tiempo mas ó menos largo y que puede abarcar toda una trayectoria.

Se refiere á un depósito de mercurio que tiene un agujero cerrado por una válvula; esta se abre por la rotura del 2.^o bastidor y se cierra por la del 1.^o; del peso de mercurio que ha salido mientras que la válvula ha estado abierta deduce por unas tablas el tiempo que ha habido entre las roturas. Existen pues los electro-ímanes, uno de ellos en comunicacion con el 5.^o bastidor, retiene una palanca que mantiene cerrada la válvula y por lo tanto roto el circuito se abrirá esta, el 2.^o íman en relacion con el 2.^o bastidor sujeta otra palanca que cuando cae sobre la primera y hace que se cierre la referida válvula. Necesita por consiguiente disyuntor y tabla de tiempos que depende del diametro del orificio (Memoria de su autor).

= En Inglaterra para determinar el tiempo q.
un proyectil tarde en recorrer distintos espacios dentro del ánima, se usa un cronoscopio que se compone de ocho discos de bronce fijos á intervalos en un eje que se pone en movimiento por el descenso de un gran peso, manivela &c; un sistema de engranage trasmite la velocidad de la rueda maestra, en mucha mayor escala, al eje de los discos. Para maniobrar con él una vez puesto en movimiento, se hacen unos taladros en la pared del cañon en los que se atorñan diferentes grans huecos, por los cuales se llevan al ánima hilos metálicos que están en comunicacion con una bobina y con los discos. Cuando el proyectil pasa, corta los expresados hilos, interrumpe las corrientes y saltan chis-

pas que producen un punto en cada disco. Para que estos puntos sean perceptibles fácilmente, se cubren los cantos con papel blanco y encima betun negro, el que quemandose por la chispa descubre un puntito blanco. Como esto se verifica en todos los discos, si los ocho puntitos correspondientes á cada alambre cortado están en línea recta se comprobaba la velocidad uniforme del aparato y para medir el tiempo entre cada dos cortes, se ve la diferencia ó extensión entre los dos de cada disco, lo que será suficientemente pues se conocia la velocidad con que marchaba el instrumento.

= Los defectos que hasta hoy dia han presentado todos los aparatos electro-balísticos animaron al inteligente Comand.^{te} Capitan D. Francisco J. Zapata á proyectar un cronógrafo que pudiese servir para todas las clases de experiencias por delicadas que fuesen, sobre todo para la determinacion de la ley de la resistencia del aire y por consiguiente que di mas de un tiempo en una misma trayectoria.

Este aparato ha dejado ya de pertenecer á la categoria de proyecto: pero como su autor continua todavia investigando el modo de simplificarlo, lo que tal vez le obligue á modificar algunos detalles que inutilizarian su descripción y de no ser así, la memoria de su autor podria servir como agregacion al presente escrito, bastará por ahora con darle á conocer en general, para á su vista poderle com-

prender.

Consiste en un péndulo, cuyo eje de suspensión terminado en dos muriones cilíndricos que descansan en soportes de ágata, los que por medio de los tornillos de la plancha que sirve de base, deben colocarse perfectamente horizontales, indicándolo así un nivel de aire situado encima y paralelo por construcción a los mismos soportes. Perfectamente aislados del aparato, hay dos alambres, uno por la parte anterior y el otro por la posterior de la lenteja los que prolongados en chapa metálica concluyen por la parte inferior en unas puntas y por la superior en unos tornillos; dichas puntas, que por la disposición del aparato, comprenden al papel preparado colocado en el limbo, son las que han de dar paso a la chispa, que ha de producir la señal gráfica del acto de atravesar el proyectil al bastidor; los espresados tornillos están hacia la prolongación del eje matemático, cuyos extremos se unen por medio de unas laminas flexibles de cobre con las prensas que colocadas en las partes externas de los montantes, sirve para hacer llegar las electricidades respectivas.

El limbo de latón, perpendicular por construcción al plano de la base, que se situará vertical por los tornillos del pie, tiene una ranura circular para descubrir al papel preparado el que se coloca entre las placas del limbo, sujetándolo por otras de caoutchouc atornilladas al lim-

bo; dicho papel está comprendido por las puntas de los alambres que salen del eje de suspensión, se perforará por el paso de la chispa y marcará la señal gráfica del momento en que el proyectil atraviesa los respectivos bastidores. El limbo lleva su nonio correspondiente con su anteojo y espejo; además está en el montado un electro-iman, que sirve para el sostenimiento de la lenteja en su posición inicial. Correspondiendo al grado 90° o sea a la posición vertical del péndulo, hay un disyuntor que ha de servir para cortar la corriente, cada vez que el péndulo pase por esta posición.

Además y aunque no tenga mucho uso en la práctica, (pues solo para largas distancias y que se empleen más de tres bastidores, lo que es bastante difícil, es cuando puede necesitarse,) hay un adyacente cuyo objeto es indicar a cual de las oscilaciones corresponde la señal producida por la chispa. Este nuevo aparato consta de dos electro-imanés; cada uno de ellos atrae a una palanca; tienen estas en su extremo, un estilo que traza en una banda de papel dispuesta al efecto una raya, seguida en tanto no se desmagnetiza el electro-iman respectivo. estando dispuesta una de las corrientes, de modo que se corte cada vez que el péndulo pase por la posición vertical, si se ha conducido a uno de los electro-imanés, cesará de obrar siempre que aquel se verifique y por tanto el estilo trazará una línea, que tendrá tantas interrupciones como veces para el péndulo por la posición

vertical; si la corriente de induccion, se lleva al otro electro-iman, inmediatamente lo convertiria en tal, cuando se produjera la chispa y por tanto solo un punto se marcará por el estilo correspondiente: de este modo la combinacion referida marca una raya, que señala con sus interrupciones u oscilaciones distintas y puntos aislados que con ver a que trazo quedan determinadas la oscilacion correspondiente pudiendo pues servir de cronografo.

Para conseguir su deseo el autor le era preciso que la corriente fuese al 3.^{er} bastidor, despues al 2.^o & pues de esta manera solo necesitaba fuerza electrica proporcional al bastidor de mayor resistencia. Al mismo tiempo como tenia que restablecer la corriente, lo que á su vez le producía chispas para salvar este inconveniente hizo que el restablecimiento de los circuitos fuese sucesivo y con sucesivas resistencias. Con dichos objetos ideó otros aparatos anexo al primitivo q. consisten de un tablero conteniendo tantos electro-imanos, menos uno, como marcos hay para operar, sirviendo para retener ó dejar en libertad unas palancas que mueven unos muelles fuertes, que á su vez, por medio de diversas puntas, se ponen en contacto ó se aíslan sucesivamente del mercurio contenido en unas cápsulas. Asi pues, para que el restablecimiento tenga lugar cual se deseaba hace falta que los muelles esten forrados y vayan cayendo sucesivamente á medida que el proyectil vá cortando los referidos bastidores: para que los

muelles estén forzados emplea pilas locales pues la general solo fuerza el 5^{er} muelle. De esta manera al romperse la corriente general se restablece por la 5^a local y esta por la 1^a y para ello los muelles ya dichos arrastran en su movimiento á otros mas débiles en contacto con los circuitos locales y por consiguiente al romperse uno cualquiera y caer el muelle fuerte cerrará el circuito inmediato, excepto el del último marco que no se necesita restablecer. Para que al romperse la corriente general quede interrumpida en toda la línea, lleva el tablero un electro-iman que sujetando dos muelles establece los contactos: tambien lleva unos carretes para introducir resistencias en los circuitos en que sea necesario.

Con dicho tablero ha podido simplificar los marcos, si bien construyendoles con gran perfeccion por creerse causa siempre de la mayor parte de las irregularidades de los otros aparatos. Aunque no era preciso fuesen de contacto, por restablecer los circuitos con el tablero, los usa de dicha clase por ser mas económico de fuerza eléctrica. Se componen de dos pies derechos con su caberal que sostiene el bastidor: este está formado por dos prismas de madera con sus casquillos y tornillos de presión para sujetarle en la posición que convenga; en uno de los prismas hay fuertes muelles en espiral que tiran de los alambres y los fuerzan por tener mas poder que otros muelles que situaron en el pie opuesto han de establecer los contactos lo que se consigue por medio de las puntas de una serie de

planchitas atravesadas por tornillos, cuyas tuercas hacen canimar en un sentido ó en otro á las expresadas puntas.

Como el principio fundamental del aparato es la producción de la chispa de inducción, se necesita una bobina de Ruhmkorff sin interruptor ni anejo y alimentada por una corriente principal sacada de una pila de Bunsen (de 26 pares) para trabajar á 750^m: la que ha de comprender en su parte inductora á los bastidores y tablero y formar el 3.^{er} circuito local ó que pasa por la boca del cañon: la inducida va á parar á las puntas y al electro-iman del aparato adyacente que ha de atraer la palanca para indicar la oscilación en que se verifica el corte. Además hay otra pila de Bunsen completamente independiente que ha de contener el disyuntor y el restante electro-iman del adyacente; así como también las locales del tablero, de un par de Bunsen cada una. Dedúcese de lo dicho que no hay que regularizarlas.

Como el péndulo es resistente y no puede prescindirse de las resistencias pasivas ha necesitado de una tabla especial de tiempos, determinando los coeficientes por que deben multiplicarse los tiempos del movimiento teórico del péndulo para que resulten los verdaderos.

Para ello, emplea un aparato reducido á un pie derecho de 5^m de alto, en cuyo extremo se colocan dos electro-imanos en direcciones contrarias, que sostienen el como una bola de billar y el otro una esfera de bronce (peso 2 Kilogr.): debajo de

este se fijan dos pequeños bastidores mientras por la parte inferior del otro puede moverse un tercer bastidor. Ponen los circuitos de los electro-imanés, las bolas caen y la de billar atraviesa su bastidor que es el mas alto y rompe su circuito, 1.^o estando en comunicacion con el electro-iman del péndulo pone a este en movimiento: la esfera de bronce atraviesa el 2.^o bastidor que se comunica con la bobina y produce chispa en el cronógrafo y al atravesar el 3.^o vuelve a producir tambien chispas.

Variando la situacion del mazo que pone en movimiento el péndulo se señalan diferentes grados y midiendo con exactitud la altura de caída se pueden conocer los coeficientes (Memoria de Struill.^o 2.^o serie, tomo XI, entrega II. Abril 1872).

Fin.

Tabla número 1.

Proyectiles esféricos

<u>Velocidades probables.</u> <u>Metros.</u>	<u>Distancia entre los marcos</u> <u>Metros</u>	<u>tiempos probables</u> <u>Segundos</u>	<u>Velocidades probables</u> <u>Metros.</u>	<u>Distancia entre los marcos</u> <u>Metros.</u>	<u>tiempos probables</u> <u>Segundos</u>
600	50	0, 083	200	30	0, 150
500	45	0, 090	300	20	0, 200
400	40	0, 100	50	30	0, 200
300	35	0, 117	30	7	0, 200

Tabla núm.º 2.

Proyectiles ovales

<u>Velocidades con cargas ordinarias</u>	<u>Distancia en metros á contar desde la boca de la pieza, y á las que se va á encontrar las velocidades iniciales o á 45 m</u>	<u>Separacion que del e haber entre los marcos.</u>	<u>Diferencia de nivel entre los puntos de impacto de los marcos</u>
	245	70	"
	470	100	1, 2
	710	100	2, +
	100	70	3, 2
		50	3, 3
			Memoria de suav.

Tabla núm.º 3.

(Naves)

Orden en que deben buscarse las causas de irregularidad del aparato

- 1.^a } La tensión del resorte bifurcado, no será por demas grande
 ó pequeña? Una raya marcada en la cabeza de un tornillo
 permite ver si ha variado durante las operaciones.
- 2.^a } La redondela de hierro dulce está bastante próxima del electro-
 imán? ¿No habrá rozam.^{to} por estar demasiado cerca?
- 3.^a } ¿Rozará el núcleo con el limbo?
- 4.^a } La pila que forma el tercer circuito, da suficiente fuerza
 al electro-imán grande?
- 5.^a } La resistencia de los dos primeros circuitos está arreglada con
 bastante precisión?
- 6.^a } El suelo sobre el que se apoyan los pies de la mesa en q.^e está el
 instrumento estará sujeto á vibraciones? La presencia de varias per-
 sonas en la baraca, basta á veces p.^a q.^e no marche con precisión.
- 7.^a } ¿La superf.^e del mercurio en la capnula del conjunto, está bastante limpia?
- 8.^a } ¿Estará oxidada la punta del resorte de acero? ¿No estará
 bien amalgamada?
- 9.^a } ¿No convendrá variar la dist.^a entre esta punta y la superficie del mercurio?
- 10.^a } El tornillo que atraviesa el puente, comprime lo suficiente el
 resorte de acero del conjunto? ¿No será demasiado?
- 11.^a } El resorte este, no tocará al ceder, el cilindro q.^e cubre la capnula del mercurio?
- 12.^a } Las superficies cubiertas de platino en el disjuntor, están sin
 polvo de modo que no se espongan á que las corrientes pasen
 con facilidad y por completo.

Tabla núm. 4.

(Cruces)

Relacion entre los areas recorridos y los tiempos correspondientes.

$$t = 0,002342.$$

Areas	Tiempos		Areas	Tiempos		Areas	Tiempos	
	Totales	Parciales		Totales	Parciales		Totales	Parciales.
0								
1	0,020186	0,020186	24	0,100249	0,002177	47	0,342931.	0,001657
2	28582	8386	25	102387	2128	48	44637	1686
3	35019	6447	26	104488	2101	49	446268	1646
4	40461	5442	27	106554	2066	50	447919	1636
5	45254	4793	28	108598	2034	51	449546	1627
6	49597	4243	29	110591	2003	52	451164	1618
7	53598	4001	30	112566	1975	53	452774	1610
8	57328	3730	31	114514	1948	54	454376	1602
9	60838	3540	32	116436	1922	55	455971	1595
10	64163	3325	33	118334	1895	56	457559	1588
11	67391	3168	34	120209	1875	57	459140	1581
12	70564	3033	35	122065	1854	58	460715	1575
13	73778	2914	36	123896	1833	59	462284	1569
14	76888	2810	37	125710	1814	60	463848	1564
15	78804	2716	38	127506	1796	61	465407	1559
16	81437	2633	39	129284	1778	62	466961	1554
17	83994	2557	40	131046	1762	63	468511	1550
18	86482	2488	41	132792	1746	64	470057	1546
19	88907	2425	42	134523	1731	65	471600	1543
20	91274	2367	43	136240	1717	66	473139	1539
21	93588	2314	44	137944	1704	67	474673	1536
22	95853	2265	45	139635	1691	68	476202	1534
23	98072	2219	46	141311	1679	69	477741	1532

Anos	Tiempo		Anos	Tiempo		Anos	Tiempo	
	Totales	Parciales		Totales	Parciales		Totales	Parciales
70	0' 149 271	1523	70	0' 221 030	1610	124	0' 269 016	2161
71	150 299	1527	99	222 640	1615	125	271 417	2128
72	152 320	1526	99	224 258	1627	120	270 555	2177
73	150 352	1525	100	225 885	1626	127	275 702	2219
74	151 377	1525	101	227 521	1634	129	277 951	2243
75	156 909	1525	102	229 167	1636	129	280 216	2254
76	158 427	1525	103	230 920	1637	130	282 500	2257
77	159 952	1526	104	232 490	1649	131	284 897	2425
78	171 478	1527	105	234 569	1671	132	287 322	2488
79	183 005	1525	106	235 860	1704	133	289 810	2558
80	194 503	1530	107	237 564	1717	134	292 567	2620
81	196 063	1532	108	239 231	1745	135	295 000	2716
82	197 595	1534	109	241 012	1752	136	297 716	2810
83	199 129	1539	110	242 758	1755	137	301 526	2914
84	200 661	1539	112	244 520	1776	138	303 440	3053
85	202 204	1545	113	246 298	1796	140	306 470	3169
86	203 747	1550	114	248 034	1833	141	309 641	3325
87	205 293	1554	115	249 903	1852	142	312 966	3410
88	206 843	1559	116	251 741	1875	143	316 476	3700
89	208 397	1564	117	253 595	1898	144	320 207	4001
90	209 955	1569	118	255 470	1922	145	324 260	4040
91	211 520	1575	119	257 368	1945	146	328 580	4190
92	213 089	1587	120	259 290	1975	147	333 285	4422
93	214 664	1588	121	261 238	2003	148	338 295	4647
94	216 245	1595	122	263 210	2054	149	343 618	4886
95	217 804		123	265 216		150	349 804	20186
96	219 428		124	267 250				

Tabla núm.^o 5.

Tiempo correspondientes a los arcos recorridos.

$l = 0,^m 5.$

$g = 9,^m 8/08.$

Arco	Tiempo empleado por el pendulo simple en recorrer el grado	Tiempo totales	Arco	Tiempo empleado por el pendulo simple en recorrer el grado	Tiempo totales	Arco	Tiempo empleado por el pendulo simple en recorrer el grado.	Tiempo totales.
30	0,003035	0,003065	33	0,003698	0,003739	36	0,004072	0,004102
31	2917	5982	34	3676	58998	37	1064	88396
32	2789	8775	35	3655	55650	38	1356	89352
33	2677	11448	36	3634	57284	39	1849	90901
34	2577	14021	37	3615	58899	60	1222	92223
35	2489	16514	38	3596	60498	61	1335	93578
36	2410	18924	39	3578	62070	62	1528	94906
37	2337	21261	40	3561	63634	63	1622	96228
38	2271	23532	41	3544	65179	64	1316	97544
39	2211	25743	42	3520	66709	65	1310	98854
20	2153	27893	43	3533	68224	66	1305	100159
21	2104	30022	44	3501	69725	67	1300	101459
22	2057	32059	45	3488	71210	68	1295	102754
23	2013	34072	46	3475	72688	69	1291	104048
24	1972	36044	47	3462	74150	70	1287	105332
25	1934	37978	48	3450	75600	71	1283	106615
26	1898	39876	49	3439	77039	72	1279	107894
27	1864	41740	50	3428	78467	73	1275	109169
28	1832	43572	51	3418	79885	74	1272	110441
29	1803	45375	52	3408	81293	75	1269	111710
30	1775	47150	53	3398	82691	76	1266	112976
31	1748	48898	54	1089	84080	77	1263	114239
32	1723	50621	55	1080	85460	78	1260	115499

alturas	tiempos p. ^o		alturas	tiempos p. ^o		alturas	tiempos p. ^o		alturas	tiempos p. ^o	
	un grado	totales		un grado	totales		un grado	totales			
79	0 ^o 5258	0 ^o 116777	110	0 ^o 5283	0 ^o 155622	141	0 ^o 5361	0 ^o 298923			
80	5258	118119	111	5287	156936	142	5378	300437			
81	5254	119267	112	5291	158250	143	5396	302033			
82	5252	120519	113	5295	159525	144	5615	303700			
83	5250	121769	114	5300	160821	145	5624	305354			
84	5249	123018	115	5305	162120	146	5633	306989			
85	5248	124266	116	5310	163420	147	5676	308263			
86	5247	125513	117	5316	164756	148	5698	310053			
87	5246	126759	118	5322	166078	149	5723	311856			
88	5245	128004	119	5328	167406	150	5748	313834			
89	5244	129248	120	5335	168741	151	5725	315609			
90	5244	130492	121	5342	170083	152	5803	317412			
91	5244	131736	122	5349	171432	153	5802	319244			
92	5244	132980	123	5356	172778	154	5844	321103			
93	5245	134225	124	5354	174152	155	5898	323006			
94	5246	135471	125	5372	175524	156	5954	324940			
95	5247	136718	126	5380	176904	157	5972	326912			
96	5248	137966	127	5389	178293	158	2013	328925			
97	5249	139213	128	5398	179691	159	2057	330982			
98	5250	140463	129	5408	181099	160	2104	333086			
99	5252	141717	130	5418	182517	161	2155	335241			
100	5254	142971	131	5428	183945	162	2203	337452			
301	5256	144227	132	5439	185384	163	2221	339723			
302	5258	145487	133	5450	186834	164	2307	342060			
303	5260	146743	134	5462	188296	165	2410	344470			
304	5262	148003	135	5475	189771	166	2489	346959			
305	5266	149274	136	5488	191259	167	2577	349536			
306	5269	150540	137	5501	192760	168	2677	352213			
307	5272	151813	138	5515	194275	169	2739	355002			
308	5275	153090	139	5530	195805	170	2717	357929			
309	5279	154369	140	5545	197360	171	3065	360984			

Memoria de Leuro

Tabla número 6.

(La-Bulange)

Tiempos correspondientes á las alturas de caída desde 1. hasta

5000 milímetros

$$g = 9^m, 8508.$$

Altura de caída	Tiempos correspond. ¹⁶⁰	Diferencias	Alturas de caída	Tiempos correspond. ¹⁶⁰	Diferencias	Alturas de caída	Tiempos correspond. ¹⁶⁰	Diferencias
1	0 ^o , 042 779		21	0 ^o , 0614 295		41	0 ^o , 074 228	
2	0 ^o 20 5919	0 ^o , 0037 422	22	0 ^o 569 391	0 ^o , 0015 298	42	0 ^o 825 311	0 ^o 035
3	0 ^o 24 7299	45 280	23	0 ^o 684 742	15051	43	0 ^o 936 261	10 950
4	0 ^o 28 5557	38 258	24	0 ^o 699 469	14 727	44	0 ^o 947 085	10 824
5	0 ^o 31 9262	33 705	25	0 ^o 713 993	14 424	45	0 ^o 957 787	10 702
6	0 ^o 34 9754	30 472	26	0 ^o 728 300	14 137	46	0 ^o 968 271	10 584
7	0 ^o 37 7756	28 022	27	0 ^o 74 3899	13 869	47	0 ^o 978 840	10 469
8	0 ^o 40 2839	26 053	28	0 ^o 75 5513	13 614	48	0 ^o 989 198	10 358
9	0 ^o 42 8235	24 476	29	0 ^o 76 8886	13 373	49	0 ^o 999 449	10 251
10	0 ^o 45 3505	23 170	30	0 ^o 78 2030	13 144	50	1 ^o 0 959	10 150
11	0 ^o 47 3845	21 928	31	0 ^o 79 4956	12 926	51	1 ^o 01 964	10 050
12	0 ^o 49 4599	21 056	32	0 ^o 80 7677	12 721	52	1 ^o 02 959	995
13	0 ^o 51 4795	21 196	33	0 ^o 82 0199	12 522	53	1 ^o 03 944	985
14	0 ^o 53 4228	19 433	34	0 ^o 83 2524	12 335	54	1 ^o 04 920	976
15	0 ^o 55 2972	18 750	35	0 ^o 84 4639	12 151	55	1 ^o 05 887	967
16	0 ^o 57 1114	18 126	36	0 ^o 85 6671	11 982	56	1 ^o 06 846	959
17	0 ^o 58 6922	17 576	37	0 ^o 86 8437	11 816	57	1 ^o 07 795	949
18	0 ^o 60 5758	17 066	38	0 ^o 88 0146	11 659	58	1 ^o 08 727	942
19	0 ^o 62 2557	16 599	39	0 ^o 89 0651	11 505	59	1 ^o 09 670	935
20	0 ^o 63 8125	16 168	40	0 ^o 90 2011	11 360	60	1 ^o 10 596	926
		15 768			11 217			918

Altura de caída	Tiempos correspond. ^{tos}	Diferencias	Altura de caída	Tiempos correspond. ^{tos}	Diferencias	Altura de caída	Tiempos correspond. ^{tos}	Diferencias
61	0", 111 514		90	0", 125 432		139	0", 355 753	
62	102 422	0", 00910	91	136 202	0", 000 750	120	156 406	0", 000 553
63	110 227	903	92	136 948	746	124	157 056	650
64	114 223	896	93	137 691	743	122	157 704	648
65	115 112	889	94	138 429	738	120	158 349	645
66	115 994	882	95	139 163	734	124	158 991	642
67	116 869	875	96	139 896	731	125	159 621	640
68	117 703	869	97	140 621	727	126	160 269	638
69	118 601	863	98	141 344	723	127	160 903	634
70	119 457	856	99	142 063	719	128	161 535	632
71	120 307	850	100	142 783	715	129	162 165	630
72	121 152	845	101	143 491	712	130	162 792	627
73	121 990	838	102	144 199	708	131	163 417	625
74	122 825	833	103	144 904	705	132	164 039	622
75	123 649	826	104	145 606	702	133	164 660	621
76	124 471	822	105	146 305	699	134	165 278	618
77	125 288	817	106	146 999	694	135	165 894	616
78	126 099	811	107	147 691	692	136	166 507	613
79	126 904	805	108	148 379	688	137	167 118	611
80	127 705	801	109	149 063	686	138	167 727	609
81	128 501	796	110	149 747	682	139	168 334	606
82	129 291	790	111	150 426	679	140	168 938	604
83	130 089	786	112	151 103	677	141	169 540	602
84	130 889	782	113	151 776	673	142	170 140	600
85	131 685	776	114	152 446	670	143	170 738	598
86	132 407	772	115	153 115	667	144	171 334	596
87	133 175	768	116	153 777	664	145	171 928	594
88	133 938	763	117	154 438	661	146	172 519	591
89	134 697	759	118	155 097	657	147	173 109	589
		755			656			588

Altura de caída	Tiempos correspondientes	Diferencias	Altura de caída	Tiempos correspondientes	Diferencias	Altura de caída	Tiempos correspondientes	Diferencias
148	0" 175 697		177	0" 189 955		206	0" 204 926	0" 000 496
149	174 282	0" 000 585	178	190 491	0" 000 526	209	205 422	
150	174 867	585	179	191 024	533	208	205 918	496
151	175 449	582	180	191 557	523	209	206 412	494
152	176 029	580	181	192 089	532	216	206 906	494
153	176 607	578	182	192 619	530	211	207 398	492
154	177 182	576	183	193 147	528	212	207 889	491
155	177 757	574	184	193 674	227	212	208 378	489
156	178 330	573	185	194 197	525	214	208 867	488
157	178 901	571	186	194 724	525	215	209 355	486
158	179 407	568	187	195 247	522	216	209 841	486
159	180 007	568	188	195 768	521	217	210 326	485
160	180 602	565	189	196 288	520	218	210 810	484
161	181 165	563	190	196 807	519	219	211 293	483
162	181 727	562	191	197 324	517	220	211 775	482
163	182 287	560	192	197 839	515	221	212 255	480
164	182 846	558	193	198 354	515	222	212 735	480
165	183 402	556	194	198 867	513	223	213 214	479
166	183 957	555	195	199 379	512	224	213 691	477
167	184 511	554	196	199 889	510	225	214 168	477
168	185 062	551	197	200 399	510	226	214 643	475
169	185 612	550	198	200 907	508	227	215 117	474
170	186 160	548	199	201 414	507	228	215 591	474
171	186 707	547	200	201 919	505	229	216 063	472
172	187 252	545	201	202 423	504	230	216 534	471
173	187 796	544	202	202 926	503	231	217 005	471
174	188 338	542	203	203 428	502	232	217 474	469
175	188 879	540	204	203 928	500	233	217 942	468
176	189 417	539	205	204 428	500	234	218 409	467
		535			498			466

Alt. de Cada.	Tiempos correspond.	Diferencia	Alt. de cada	Tiempos correspond.	Diferencia	Alt. de cada	Tiempos correspond.	Diferencia
235	0", 219 875		264	0", 231 988		293	0", 244 097	
236	219 341	0", 000466	265	232 427	0", 000429	294	244 314	0", 000417
237	219 808	464	266	232 865	438	295	245 320	416
238	220 268	463	267	233 302	437	296	245 645	415
239	220 730	462	268	233 738	436	297	246 060	414
240	221 192	462	269	234 174	435	298	246 474	413
241	221 652	460	270	234 609	434	299	246 887	412
242	222 111	459	271	235 040	433	300	247 299	412
243	222 569	458	272	235 476	433	301	247 711	411
244	223 027	458	273	235 909	431	302	248 122	411
245	223 484	457	274	236 340	431	303	248 533	410
246	223 939	455	275	236 771	430	304	248 943	409
247	224 394	454	276	237 201	430	305	249 352	408
248	224 848	453	277	237 631	429	306	249 760	408
249	225 301	452	278	238 059	428	307	250 168	407
250	225 753	451	279	238 487	427	308	250 575	407
251	226 204	450	280	238 914	426	309	250 982	405
252	226 654	449	281	239 340	426	310	251 389	405
253	227 103	449	282	239 766	425	311	251 792	405
254	227 552	447	283	240 191	424	312	252 197	404
255	227 999	447	284	240 615	423	313	252 601	403
256	228 446	447	285	241 038	422	314	253 007	403
257	228 891	445	286	241 460	422	315	253 403	401
258	229 336	445	287	241 882	421	316	253 793	401
259	229 780	444	288	242 303	420	317	254 197	401
260	230 223	443	289	242 723	420	318	254 596	400
261	230 666	443	290	243 143	419	319	255 000	399
262	231 107	441	291	243 562	419	320	255 409	399
263	231 548	441	292	243 980	417	321	255 808	399
		440						

Altura de cada	Tiempo correspondiente	Diferencia	Altura de cada	Tiempo correspondiente	Diferencia	Altura de cada	Tiempo correspondiente	Diferencia
322	256 207		351	267 495		380	278 228	
323	256 604	0,000 397	352	267 876	0,000 387	381	278 693	0,000 366
324	257 001	397	353	268 256	380	382	279 056	365
325	257 398	397	354	268 636	380	383	279 420	365
326	257 793	395	355	269 015	379	384	279 784	365
327	258 188	395	356	269 394	379	385	280 152	364
328	258 583	395	357	269 772	378	386	280 515	363
329	258 977	394	358	270 149	377	387	280 878	363
330	259 370	393	359	270 526	377	388	281 241	363
331	259 763	390	360	270 903	377	389	281 603	362
332	260 155	392	361	271 279	376	390	281 965	362
333	260 546	391	362	271 655	376	391	282 326	361
334	260 937	391	363	272 030	375	392	282 687	361
335	261 328	391	364	272 404	374	393	283 047	360
336	261 717	389	365	272 778	374	394	283 407	360
337	262 106	389	366	273 151	373	395	283 767	360
338	262 495	389	367	273 524	373	396	284 126	359
339	262 883	388	368	273 897	373	397	284 484	358
340	263 270	387	369	274 269	372	398	284 842	358
341	263 657	387	370	274 640	371	399	285 200	358
342	264 044	387	371	275 011	371	400	285 557	357
343	264 429	385	372	275 381	370	401	285 914	357
344	264 814	385	373	275 751	370	402	286 270	356
345	265 194	385	374	276 120	369	403	286 626	356
346	265 583	384	375	276 489	369	404	286 981	355
347	265 967	384	376	276 858	369	405	287 336	355
348	266 350	383	377	277 226	368	406	287 691	355
349	266 732	382	378	277 593	367	407	288 045	354
350	267 114	382	379	277 960	367	408	288 399	354
		381			367			353

Altura de caída	tiempos correspondi ^{tes}	Diferencia	Altura de caída	tiempos correspondi ^{tes}	Diferencia	Altura de caída	tiempos correspondientes	Diferencias
409	288 752		438	298 813		467	308 847	
410	289 605	0,000 350	439	299 154	0,000 341	468	308 877	0,000 390
411	289 457	352	440	299 495	341	469	309 207	330
412	289 809	352	441	299 835	340	470	309 537	330
413	290 161	352	442	300 175	340	471	309 866	329
414	290 512	351	443	300 514	339	472	310 195	329
415	290 862	350	444	300 853	339	473	310 523	328
416	291 212	350	445	301 192	339	474	310 851	328
417	291 562	350	446	301 530	338	475	311 179	328
418	291 911	349	447	301 868	338	476	311 506	327
419	292 260	349	448	302 205	337	477	311 833	327
420	292 609	349	449	302 542	337	477	312 160	327
421	292 957	348	450	302 879	336	479	312 486	326
422	293 305	348	451	303 215	336	480	312 812	326
423	293 652	347	452	303 551	336	481	313 138	326
424	293 999	347	453	303 887	335	482	313 463	325
425	294 346	347	454	304 222	335	483	313 788	325
426	294 692	346	455	304 557	335	484	314 113	325
427	295 037	345	456	304 891	334	485	314 437	324
428	295 382	345	457	305 225	334	486	314 761	324
429	295 727	345	458	305 559	334	487	315 085	324
430	296 072	345	459	305 893	334	488	315 408	323
431	296 416	344	460	306 226	330	487	315 731	323
432	296 760	344	461	306 559	330	490	316 054	323
433	297 103	343	462	306 891	332	471	316 376	322
434	297 446	343	463	307 223	332	472	316 698	322
435	297 788	342	464	307 555	332	473	317 020	322
436	298 130	342	465	307 886	331	474	317 341	321
437	298 472	341	466	308 217	330	475	317 662	321

Altura de caída	Tempos correspondentes	Diferença	Altura de caída	Tempos correspondentes	Diferença	Altura de caída	Tempos correspondentes	Diferença
496	0", 317 983	0",000 326	525	0", 327 147	0",000 311	554	0", 336 061	0",000 203
497	318 303	326	526	327 458	311	555	336 264	303
498	318 623	326	527	327 769	311	556	336 667	303
499	318 943	317	528	328 079	311	557	336 970	302
500	319 262	319	529	328 390	311	558	337 272	302
501	319 581	319	530	328 701	310	559	337 574	302
502	319 900	319	531	329 011	310	560	337 876	302
503	320 219	318	532	329 321	309	561	338 178	302
504	320 537	318	533	329 629	309	562	338 479	301
505	320 857	317	534	329 938	309	563	338 780	301
506	321 172	317	535	330 247	309	564	339 081	301
507	321 489	317	536	330 556	309	565	339 381	300
508	321 806	317	537	330 864	309	566	339 681	300
509	322 123	316	538	331 172	307	567	339 981	300
510	322 439	316	539	331 479	307	568	340 280	300
511	322 755	316	540	331 786	307	569	340 581	299
512	323 071	315	541	332 093	307	570	340 880	299
513	323 386	315	542	332 400	307	571	341 179	298
514	323 701	315	543	332 707	307	572	341 477	298
515	324 016	315	544	333 014	306	573	341 775	298
516	324 331	314	545	333 320	306	574	342 073	298
517	324 645	314	546	333 626	305	575	342 371	298
518	324 959	313	547	333 931	305	576	342 669	297
519	325 272	313	548	334 236	305	577	342 966	297
520	325 585	313	549	334 541	304	578	343 263	297
521	325 898	313	550	334 845	304	579	343 560	297
522	326 211	312	551	335 149	304	580	343 857	296
523	326 523	312	552	335 453	304	581	344 153	296
524	326 835	312	553	335 757	304	582	344 449	296

24 Julho

25

Altura de cada	Tiempo correspondiente	Diferencia	Altura de cada	Tiempo correspondiente	Diferencia	Altura de cada	Tiempo correspondiente	Diferencia
583	0" 344 745		612	0" 352 215		641	0" 361 437	
584	345 040	0" 000 295	613	353 503	0" 000 288	642	361 769	0" 000 282
585	345 335	295	614	353 791	288	643	362 051	282
586	345 620	295	615	354 079	288	644	362 332	281
587	345 925	295	616	354 367	288	645	362 613	281
588	346 220	295	617	354 655	288	646	362 894	281
589	346 514	294	618	354 942	287	647	363 175	281
590	346 808	294	619	355 229	287	648	363 455	280
591	347 102	294	620	355 516	287	649	363 735	280
592	347 395	293	621	355 803	287	650	364 015	280
593	347 688	293	622	356 089	286	651	364 295	280
594	347 981	293	623	356 375	286	652	364 575	280
595	348 274	293	624	356 661	286	653	364 855	280
596	348 567	293	625	356 947	286	654	365 134	279
597	348 859	292	626	357 232	285	655	365 413	279
598	349 151	292	627	357 517	285	656	365 692	279
599	349 442	292	628	357 802	285	657	365 970	278
600	349 735	292	629	358 087	285	658	366 248	278
601	350 026	291	630	358 372	285	659	366 526	278
602	350 317	291	631	358 656	284	660	366 804	278
603	350 608	291	632	358 940	284	661	367 082	278
604	350 899	291	633	359 224	284	662	367 360	278
605	351 189	290	634	359 507	283	663	367 638	278
606	351 479	290	635	359 790	283	664	367 915	277
607	351 769	290	636	360 072	283	665	368 192	277
608	352 059	290	637	360 356	283	666	368 469	277
609	352 348	289	638	360 639	282	667	368 745	276
610	352 637	289	639	360 922	283	668	369 021	276
611	352 926	289	640	361 205	282	669	369 297	276
		289						276

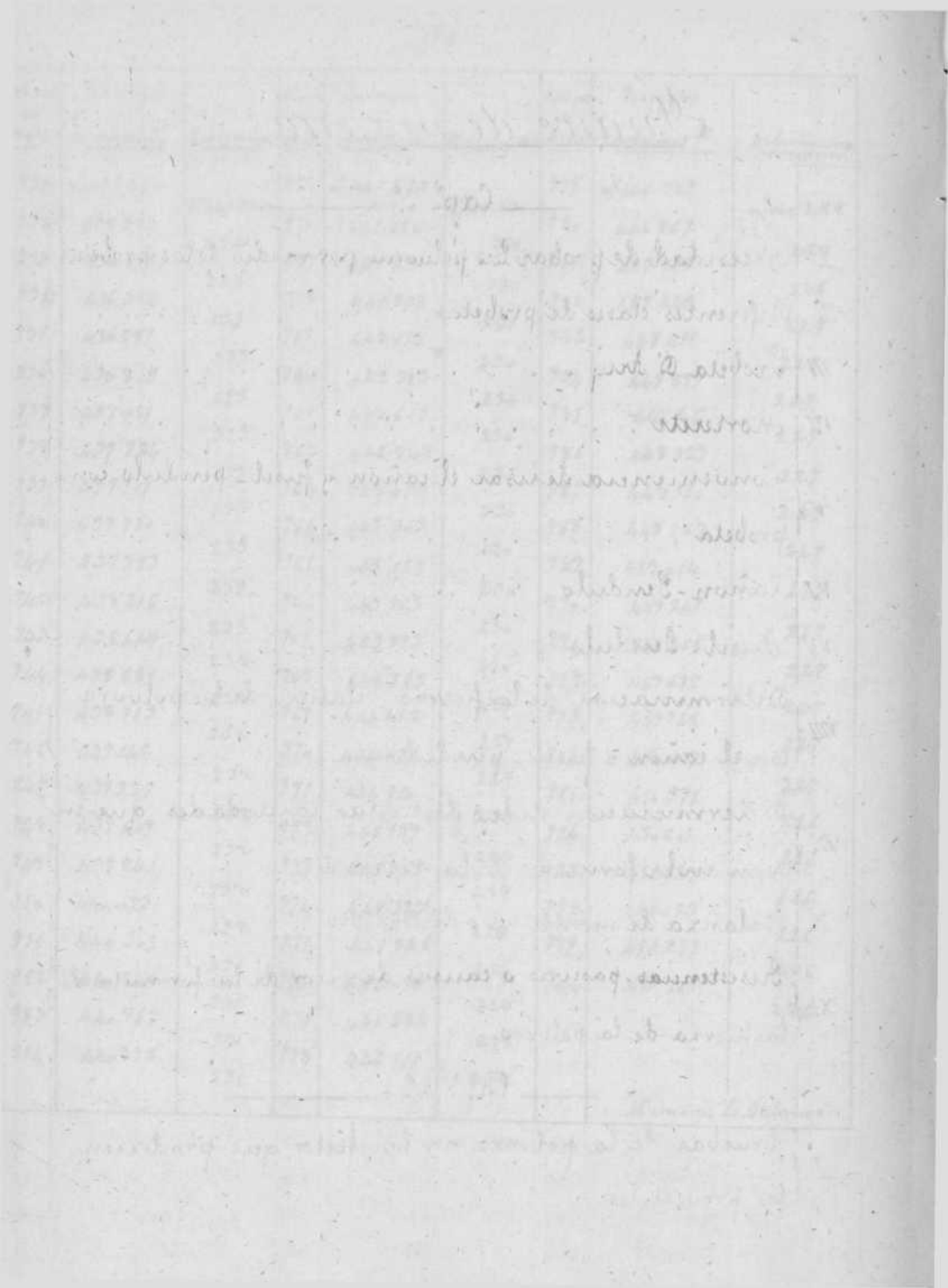
Atam de caida	Tiempos Correspond.	Diferencia	Atam de caida	Tiempos Correspond.	Diferencia	Atam de caida	Tiempos Correspond.	Diferencia
670	0",369 573		699	0",377 496		728	0",385 288	
671	369 849	0",000 276	700	377 756	0",000 270	729	385 502	0",000 264
672	370 125	276	701	378 026	270	730	385 706	264
673	370 400	275	702	378 296	270	731	386 030	264
674	370 675	275	703	378 566	270	732	386 294	264
675	370 950	275	704	378 835	269	733	386 558	264
676	371 225	275	705	379 104	269	734	386 822	264
677	371 499	274	706	379 373	269	735	387 085	263
678	371 770	274	707	379 641	269	736	387 348	263
679	372 047	274	708	379 909	268	737	387 611	263
680	372 321	274	709	380 177	268	738	387 874	263
681	372 595	274	710	380 445	268	739	388 137	263
682	372 868	273	711	380 713	268	740	388 400	263
683	373 141	273	712	380 981	268	741	388 662	262
684	373 414	273	713	381 248	267	742	388 924	262
685	373 687	273	714	381 515	267	743	389 186	262
686	373 960	273	715	381 782	267	744	389 448	262
687	374 233	273	716	382 049	267	745	389 710	262
688	374 505	272	717	382 316	267	746	389 972	262
689	374 777	272	718	382 583	267	747	390 233	261
690	375 049	272	719	382 849	267	748	390 494	261
691	375 321	272	720	383 115	266	749	390 755	261
692	375 592	271	721	383 381	266	750	391 015	260
693	375 865	271	722	383 647	266	751	391 275	260
694	376 134	271	723	383 913	266	752	391 535	260
695	376 405	271	724	384 178	265	753	391 795	260
696	376 676	271	725	384 443	265	754	392 055	260
697	376 946	270	726	384 708	265	755	392 315	260
698	377 216	270	727	384 973	265	756	392 575	260
		270			265			260

Altura de cada	Tempo correspond.	Diferença	Altura de cada	Tempo correspond.	Diferença	Altura de cada	Tempo correspond.	Diferença
757	0",372 833	0",000 259	786	0",400 239	0",000 255	815	0",407 606	0",000 250
718	393 0 95	259	787	400 544	214	816	407 856	250
719	393 354	259	788	400 798	254	817	408 106	250
760	393 613	259	789	401 052	254	818	408 356	250
761	393 872	259	790	401 306	254	819	408 606	249
762	394 131	259	791	401 560	254	820	408 855	249
763	394 390	258	792	401 814	254	821	409 104	249
764	394 648	258	793	402 068	254	822	409 353	249
765	394 906	258	794	402 322	253	823	409 602	249
766	395 164	258	795	402 575	253	824	409 851	249
767	395 422	258	796	402 828	253	825	410 100	249
768	395 680	257	797	403 081	253	826	410 349	248
769	395 937	257	798	403 334	252	827	410 597	248
770	396 194	257	799	403 586	252	828	410 845	248
771	396 451	257	800	403 838	252	829	411 093	248
772	396 708	257	801	404 090	252	830	411 341	248
773	396 963	257	802	404 342	252	831	411 589	247
774	397 222	257	803	404 594	252	832	411 836	247
775	397 479	256	804	404 846	252	833	412 083	247
776	397 735	256	805	405 096	252	834	412 330	247
777	399 991	256	806	405 350	252	835	412 577	247
778	398 247	256	807	405 602	251	836	412 824	247
779	398 503	256	808	405 853	251	837	413 071	247
780	398 759	255	809	406 104	251	838	413 318	247
781	399 014	255	810	406 355	251	839	413 565	246
782	399 269	255	811	406 606	250	840	413 811	246
783	399 524	255	812	406 856	250	841	414 057	246
784	399 779	255	813	407 106	250	842	414 303	246
785	400 034	255	814	407 356	250	843	414 549	246

Altura de caída	Tiempos correspondi ^o	Diferencias	Altura de caída	Tiempos correspondi ^o	Diferencias	Altura de caída	Tiempos correspondientes	Diferencias
844	0", 414 795		875	0", 421 862		902	0", 427 811	
845	415 041	0", 000 246	874	422 103	0", 000 241	903	427 049	0", 000 238
846	415 287	246	873	422 344	241	904	427 286	237
847	415 532	245	876	422 585	241	905	427 523	237
848	415 777	245	877	422 826	241	906	427 760	237
849	416 022	245	878	423 067	241	907	427 999	237
850	416 267	245	879	423 308	241	908	430 234	237
851	416 512	245	880	423 549	241	909	430 471	237
852	416 757	245	881	423 790	241	910	430 708	237
853	417 001	244	882	424 031	241	911	430 945	237
854	417 245	244	883	424 271	240	912	431 182	237
855	417 489	244	884	424 511	240	913	431 418	236
856	417 733	244	885	424 751	240	914	431 654	236
857	417 977	244	886	424 991	240	915	431 890	236
858	418 221	244	887	425 231	240	916	432 126	236
859	418 465	244	888	425 471	240	917	432 362	236
860	418 709	244	889	425 710	239	918	432 598	236
861	418 952	243	890	425 949	239	919	432 833	235
862	419 195	243	891	426 188	239	920	433 068	235
863	419 438	243	892	426 427	239	921	433 303	235
864	419 681	243	893	426 666	239	922	433 538	235
865	419 924	243	894	426 905	239	923	433 773	235
866	420 167	243	895	427 144	239	924	434 008	235
867	420 410	243	896	427 383	238	925	434 243	235
868	420 652	242	897	427 621	238	926	434 478	235
869	420 894	242	898	427 859	238	927	434 713	235
870	421 136	242	899	428 097	238	928	434 948	235
871	421 378	242	900	428 335	238	929	435 182	234
872	421 620	242	901	428 573	238	930	435 416	234
		242			238			234

Número de cada	Tiempos correspond.	Diferencia	Número de cada	Tiempos correspond.	Diferencia	Número de cada	Tiempos correspond.	Diferencia
931	0",435 650		955	0",441 229		979	0",446 727	
932	435 884	0",000 234	956	441 460	0",000 231	980	446 967	0",000 228
933	436 118	234	957	441 691	231	981	447 195	228
934	436 352	234	958	441 922	231	982	447 428	228
935	436 585	233	959	442 153	231	983	447 659	228
936	436 818	233	960	442 383	230	984	447 879	228
937	437 051	233	961	442 613	230	985	448 106	227
938	437 284	233	962	442 843	230	986	448 333	227
939	437 517	233	963	442 073	230	987	448 560	227
940	437 750	233	964	443 303	230	988	448 787	227
941	437 983	233	965	443 533	230	989	449 014	227
942	438 216	233	966	443 763	230	990	449 241	227
943	438 449	233	967	443 993	230	991	449 468	227
944	438 681	232	968	444 223	230	992	449 695	227
945	438 913	232	969	444 452	229	993	449 922	227
946	439 145	232	970	444 681	229	994	450 147	227
947	439 377	232	971	444 910	229	995	450 375	227
948	439 609	232	972	445 139	229	996	450 601	226
949	439 841	232	973	445 368	229	997	450 827	226
950	440 073	232	974	445 597	229	998	451 053	226
951	440 305	231	975	445 826	229	999	451 279	226
952	440 536	231	976	446 055	228	1000	451 505	226
953	440 767	231	977	446 283	228			226
954	440 998	231	978	446 511	228			226

Memoria Le Bulange



Indice de materias.

Títulos	Páginas
<u>Cap. 1.º</u>	
I Necesidad de probar las pólvoras por medio de las probetas	3.
II Diferentes clases de probetas	4
III Probeta D'Arcy	5
IV Morterete	7
V } Conveniencia de usar el cañon y fusil - pendulo como probeta	8
VI Cañon - Pendulo	9
VII Fusil - Pendulo	10
VIII } Determinacion de la fuerza relativa de la pólvora con el cañon ó fusil - pendulo	11
IX } Determinacion de las distintas cantidades que entran en la fórmula de la pólvora	17
X Balanza de momentos ó de Bidion	23
XI } Resistencias pasivas ó causas de error de la fórmula de la fuerza de la pólvora	27
<u>Cap. 2.º</u>	
I } Pruebas de la pólvora por los efectos que producen los proyectiles	29

II	Preferencia de las verificadas encontrando las velocidades iniciales	31
III	Medida de estas por los alcances	31
IV	Su determinacion por la altura y duracion de los ascensos verticales	35
	Yd por el tiempo trascurrido en el trayecto	
V	Caso de que este sea pequeño	36
VI	Rueda giratoria de Mathy	36
VII	Maquina de Grobert	38
VIII	Aparato Deboer	39
X	Medida de la velocidad de un proyectil por la que imprima a una masa mayor	41
	Aparato de Cassini	
XI	Yd Odviorola	42
XII	Pendulo balistico de Robins y sus modificaciones	44
XIII	Descripcion de los receptores de los pendulos balisticos	46
XIV	Velocidad de llegada del proyectil	48
XV	Causas de error en la formula de dicha velocidad	53
XVI	Determinacion de las velocidades iniciales	55
XVII	Relacion entre las cantidades de movimiento de un proyectil y la de su pieza libre ó formula de Roche	56
	Inconvenientes de los pendulos balisticos	

Capit.º 3.º

I	Aparatos electro-balísticos	61
II	Defectos de dichos aparatos	62
III	Cronoscopos Navex	64
IV	Ventajas de estos aparatos	68
V	Modelos de 1844 y 1855	57
VI	Descripcion del modelo de 1855 - Pendulo	67
VII	Yd conjuntor	69
VIII	Yd disyuntor	70
IX	Establecimiento de las corrientes	71
X	Modo de operar	72
XI	Idea del modelo de 1844	73
XII	Condiciones del disyuntor	75
XIII	Emples del aparato Navex	75

Capit.º 4.º

I	Necesidad de preparar el cronoscopo Navex	77
II	Preparacion de los tres aparatos	77
III	Yd de las pilas	80
IV	Marcos	81
V	Comunicaciones	83
VI	Corrientes - Arreglo del 1.º y 2.º circuito	84

VII	Electro-inares de Mr. Gaspar	86
VIII	Corrientes = Arreglo del 5 ^{er} circuito	87
IX	Ensayo del cronoscopio	87
X	Arreglo de la caida de la pesa	87
XI	Modo de ejecutar las experiencias	90
XII	Determ ^{on} de la velocidad y punto á q ^e . corresponde	91
XIII	Velocidad inicial	94
XIV	Construccion de una tabla de tiempos	94
XV	Modificacion de dicha tabla p. ^a otros ejemplares	99
XVI	Efecto de las resist. ^o pasivas en los tiempos y velocidades	99

————— Capít.^o 5.^o —————

I	Inconvenientes del cronoscopio Navex	101
II	Modificacion de Leurs	102
III	Disposicion del aparato modificado	102
II	Sus ventajas	105
V	Descripcion del cronoscopio Navex - Leurs Aparato con dos pendulos	105
VI	Disyuntor	103
VII	Variaciones en el n. ^o 67 que posee la Academia	105
VIII	Establecimiento de las corrientes	109
IX	Modo de operar	109

X	Prescripciones de instalacion	116
XI	Modo de ejecutar las experiencias	114
XII	Tabla de tiempos y determinacion de los coefi- cientes de correccion	115
XIII	Insuficiencia de estos	119
XIV	Coefficientes de correccion p ^o axes q ^o corresponden a 0", 2'	121
XV	Determinacion de tiempos mayores de 0", 2' y totales	123
XVI	Aparato de contraste del Comand ^{te} Cap ^{ta} Zapata p ^o encon- trar los coeficientes de todos incluso los mayores de 0", 2'	127
XVII	Defectos del aparato Navar-Leurs	128.

Capit^o 3^o

I	Cronografo de Babbage	131
II	Disposicion del aparato	131
III	Descripcion del instrumento	134
IV	Establecimiento de las corrientes	137
V	Modo de operar	138
VI	Prescripciones para instalarlo y operar	139
VII	Tabla de tiempos	142
VIII	Determinacion de los tiempos hasta de 0", 2'	143
IX	Experiencias de contraste	146
X	Defectos de este aparato	148

XI	Modelo Le-Dulange de 1867	149
XII	Cronógrafo	150
XIII	Disyuntor	151
XIV	Bregla y pesos supletorios	152
XV	Teoría del aparato	152
XVI	Establecimiento de las corrientes	153
XVII	Prescripciones para instalarlo	154
XVIII	Id para operar	155
XIX	Disposicion p. medir tiempos muy pequeños	157.

Consideraciones

}	Sobre el empleo de los aparatos electricos en las experiencias balísticas	159
	Empleo de dichos aparatos en la determin. de las leyes del movim. ^{to} de los proyectiles desde la boca al punto de caída	160.
}	Id en las concernientes al movim. ^{to} dentro del arma	163
	Id en las que tienen por objeto el estudio de los elementos que producen ó modifican la velocidad	164

Apéndice.

	Quinta idea del cronoscopio Wheatstone	167
--	--	-----

Quinta idea del cronógrafo Constantinoff.	168
Id del aparato Pouillet	168
Id del cronoscopio Benton	169
Id del id Bashforth	170
Id del id Wignoth	171
Id de otro cronógrafo Dulange	172
Id de la clepsidra-electrica	172
Id de un cronoscopio usado en Inglaterra para experiencias de dentro del árcima	173
Descripcion del cronógrafo del Comandante Capitan D. Francisco J. Zapata	174





Fig.^a 1.^a
($\frac{1}{2}$)

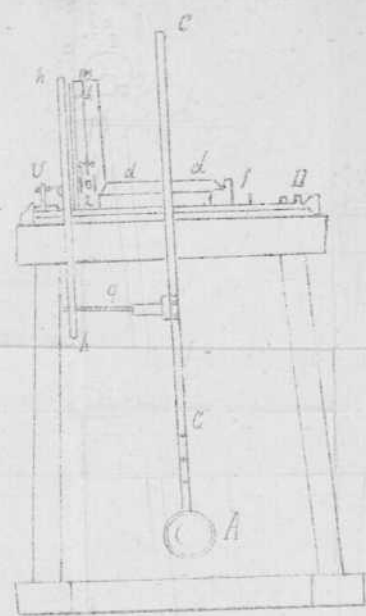
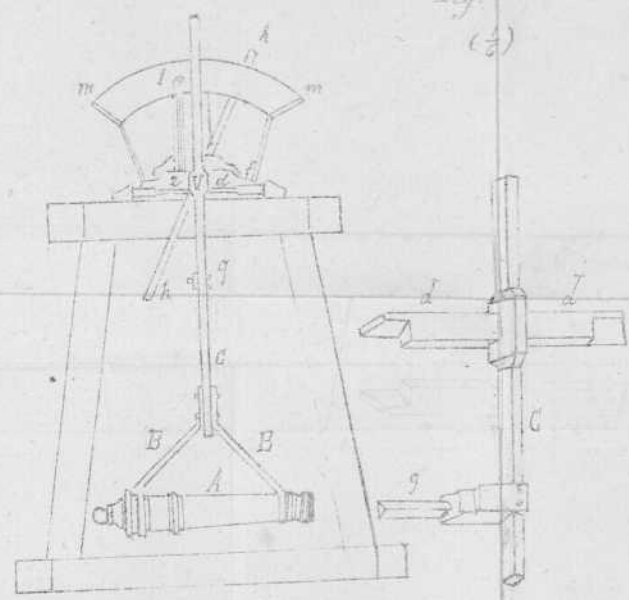
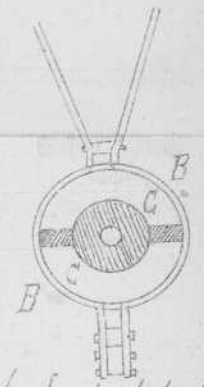
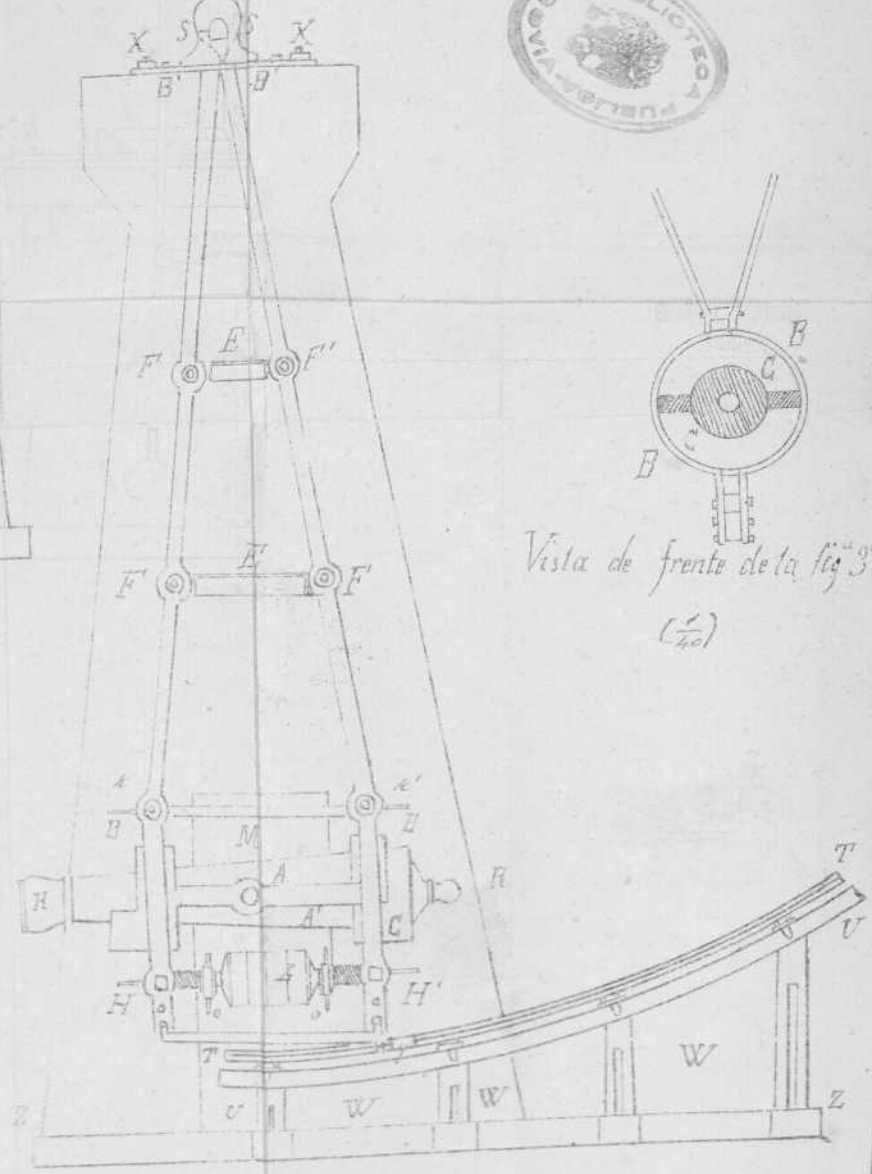


Fig.^a 3.^a (Escala $\frac{1}{40}$)



Vista de frente de la fig.^a 3.^a
($\frac{1}{40}$)

Fig.^a 4.^a
($\frac{1}{10}$)

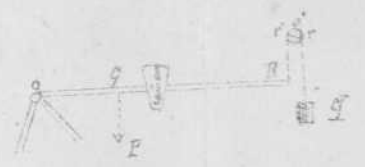
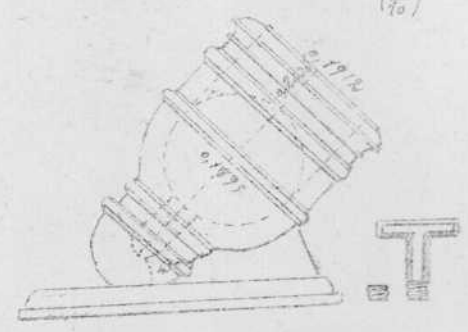


Fig.^a 6.^a

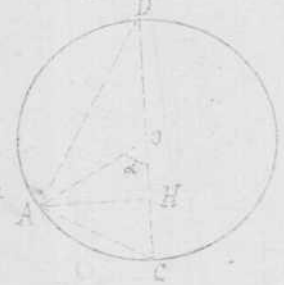
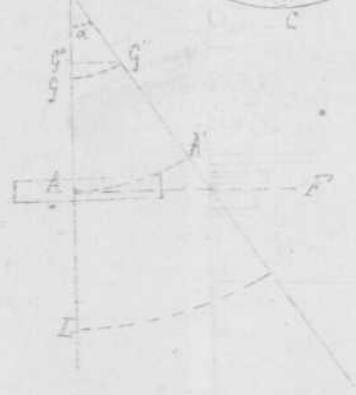


Fig.^a 5.^a





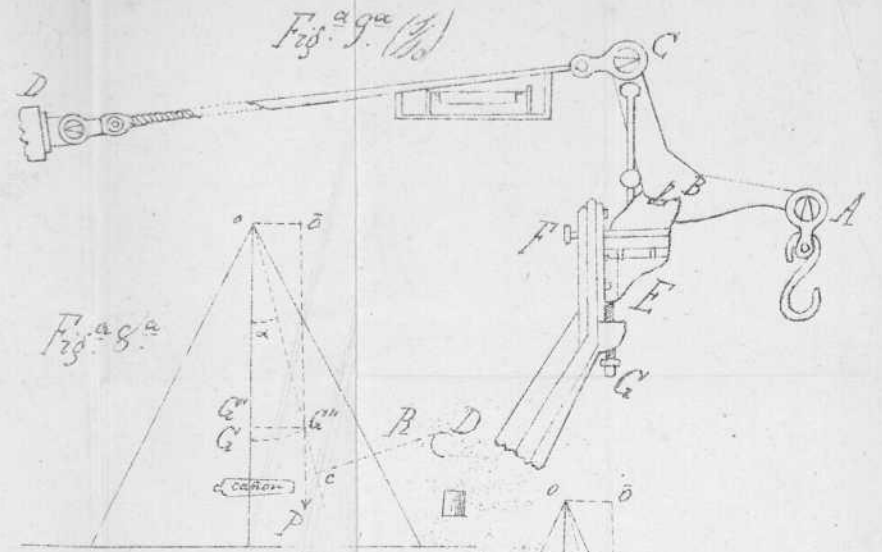
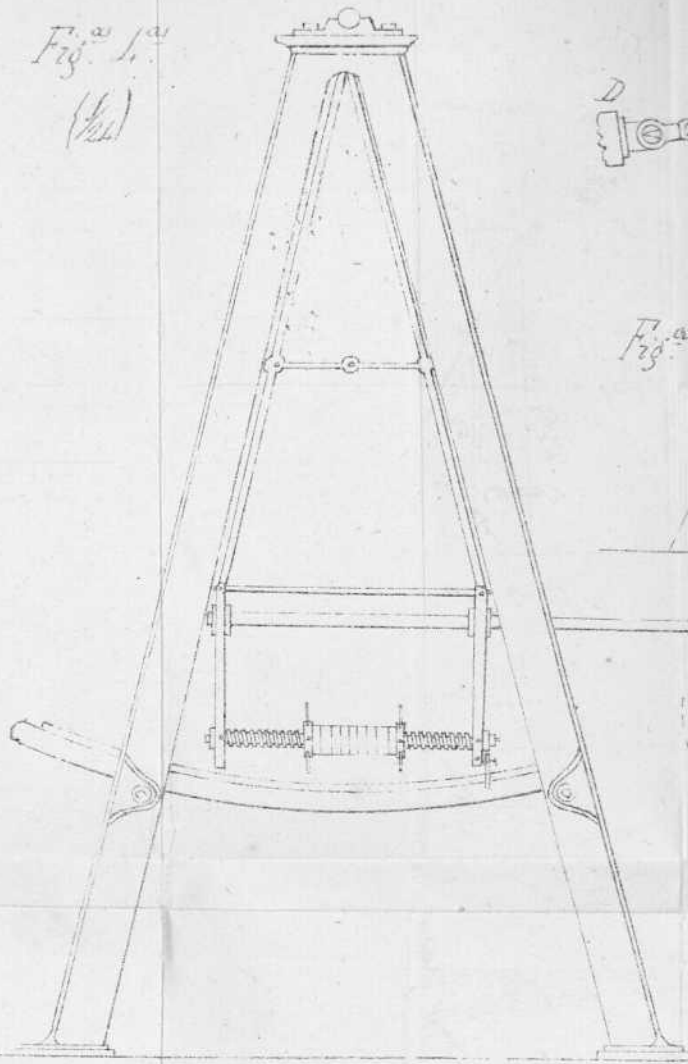
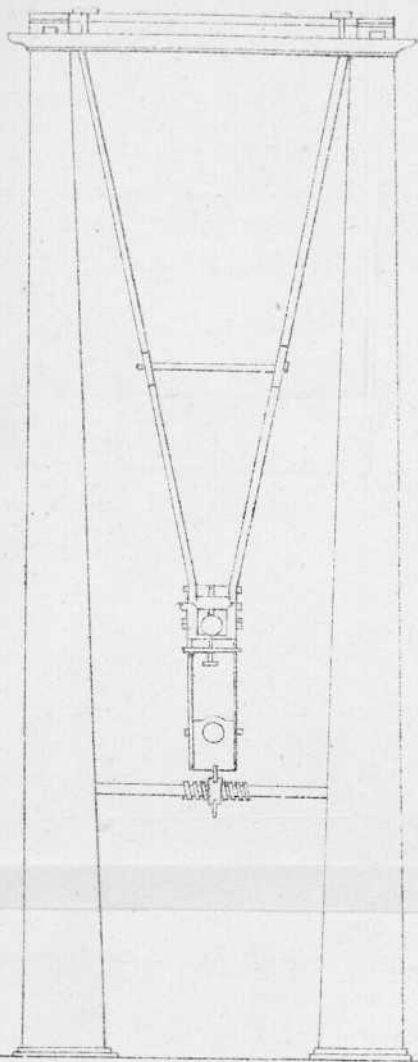


Fig. 8.ª

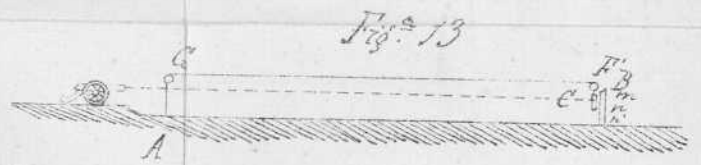
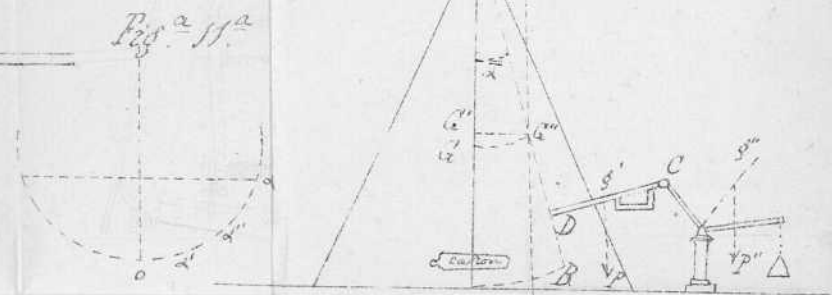
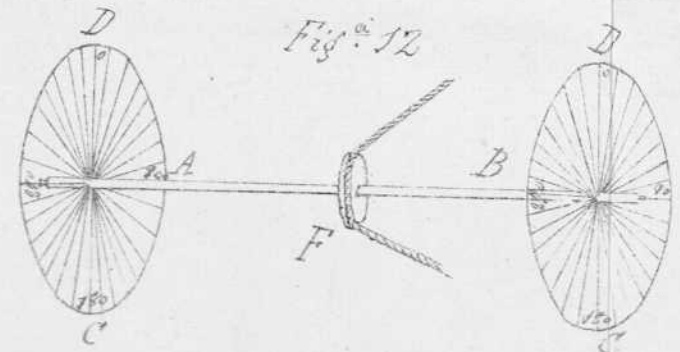
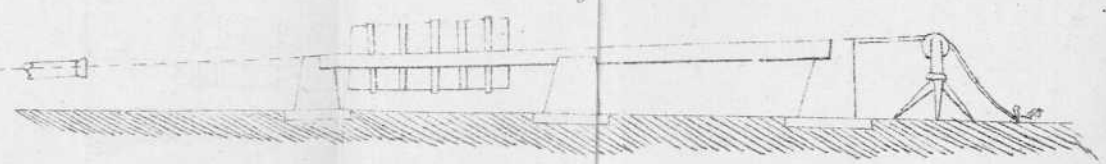
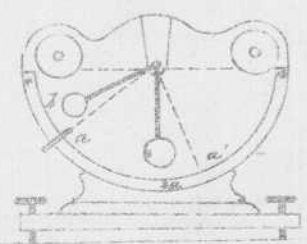


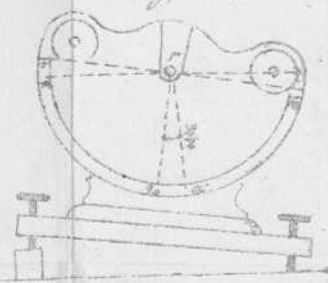
Fig. 14



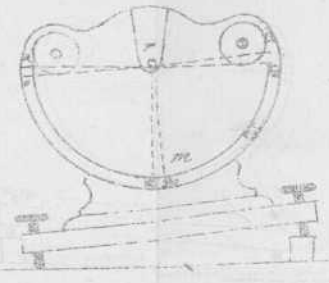
Fig^a 53



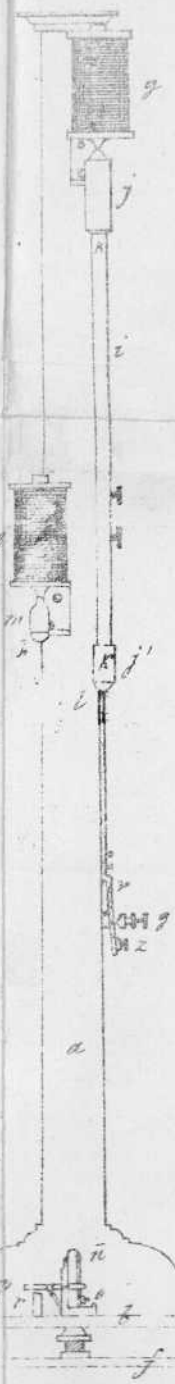
Fig^a 54



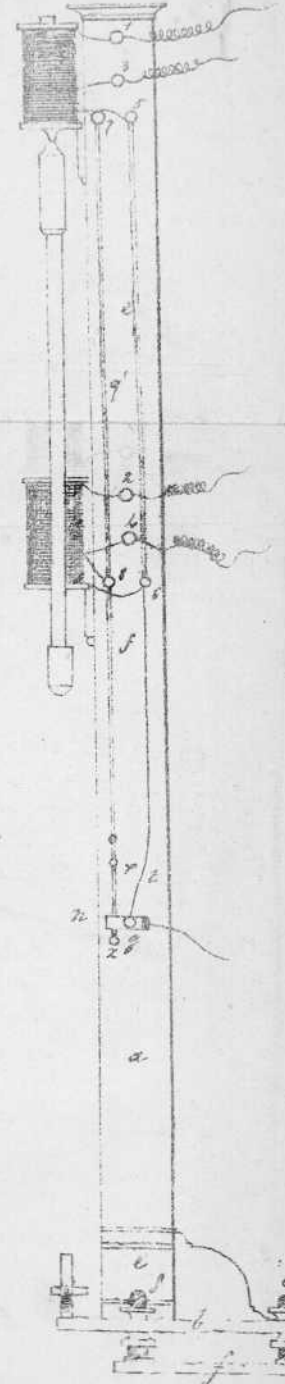
Fig^a 55



Fig^a 57 (1/2)



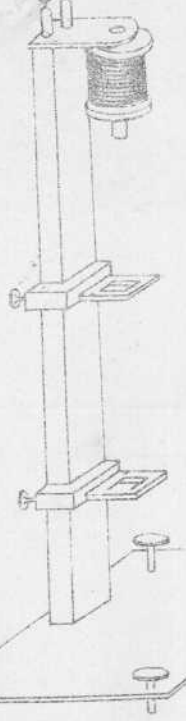
Fig^a 58 (1/2)



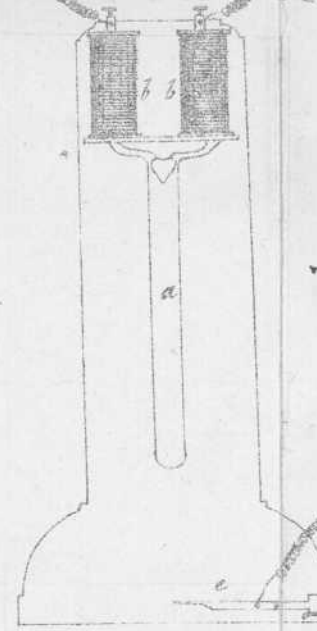
Fig^a 60



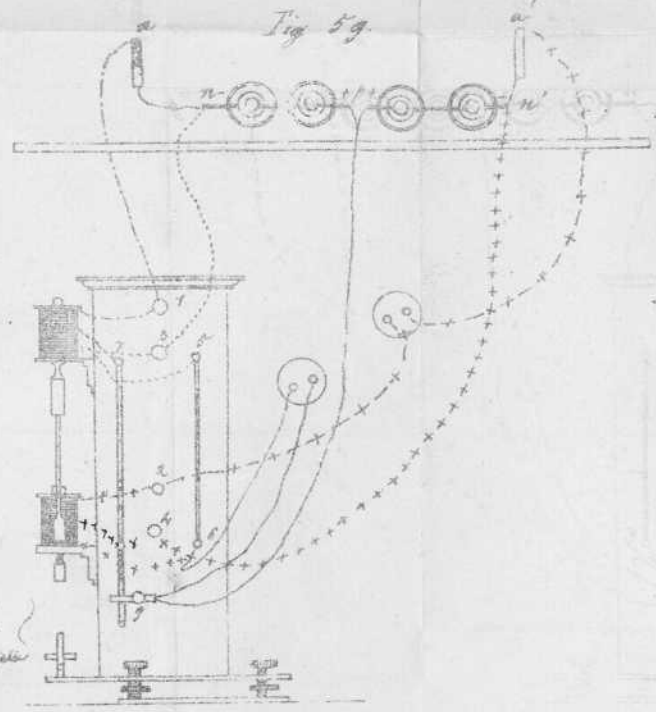
Fig^a 56



Fig^a 61



Fig^a 59



Para la fig^a 59
 Circuito directo del cronometro n.º 1, 7, 8, 9, p. ---
 id id del peso - n.º 2, 8, 9, p. - - -
 id inversa del cronometro - n.º 3, 5, 6, 9, p.
 id id del peso - n.º 4, 6, 9, p. + + + + +



Fig. 21 (1/2)

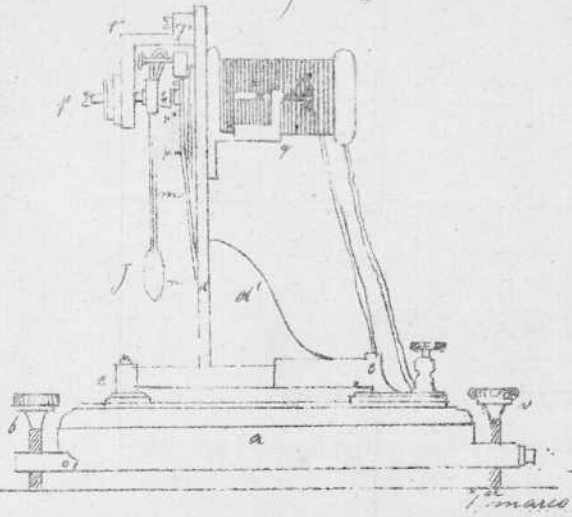


Fig. 22 (1/2)

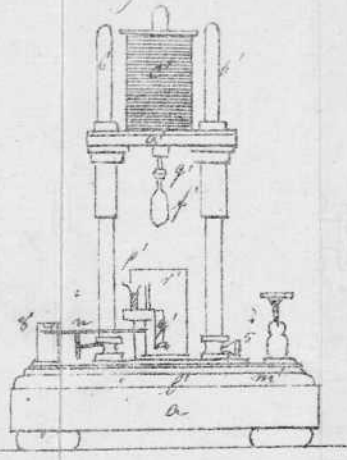


Fig. 23 (1/2)

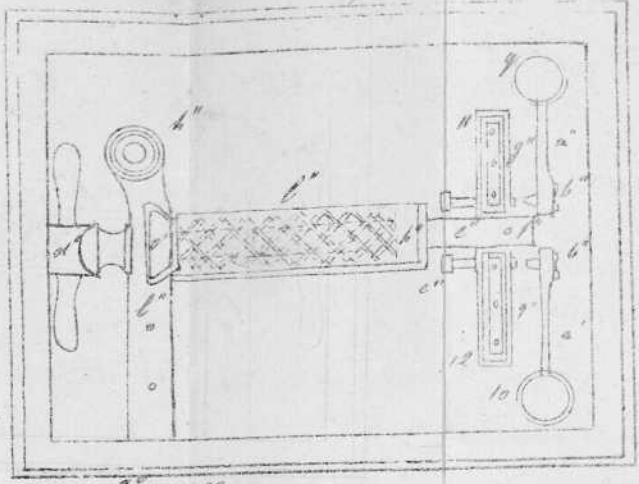
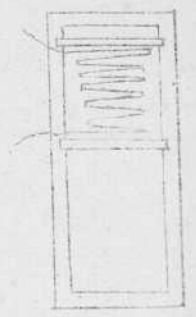


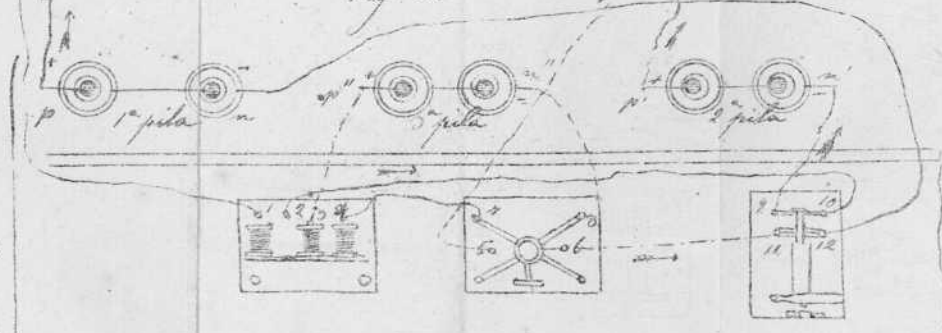
Fig. 23



Marco para armas portátiles



Fig. 24



1.º circuito -- p, a, 1, 2, 10, 11, a --

2.º id -- p, a, 5, 6, 11, 1, a --

3.º id -- p, 3, 4, 7, 8, a --

Para las fig. 24 y 21

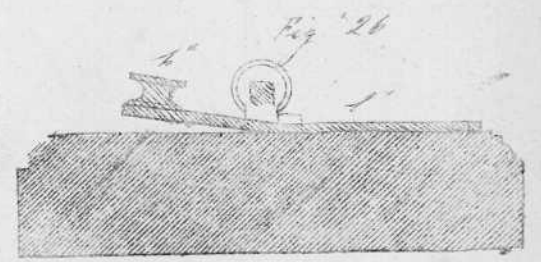


Fig. 26

Fig. 25

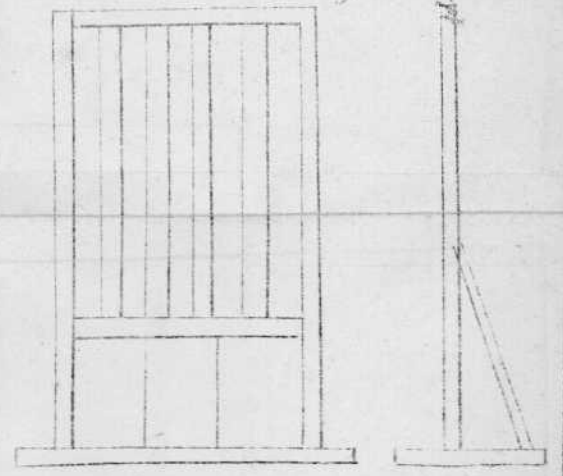
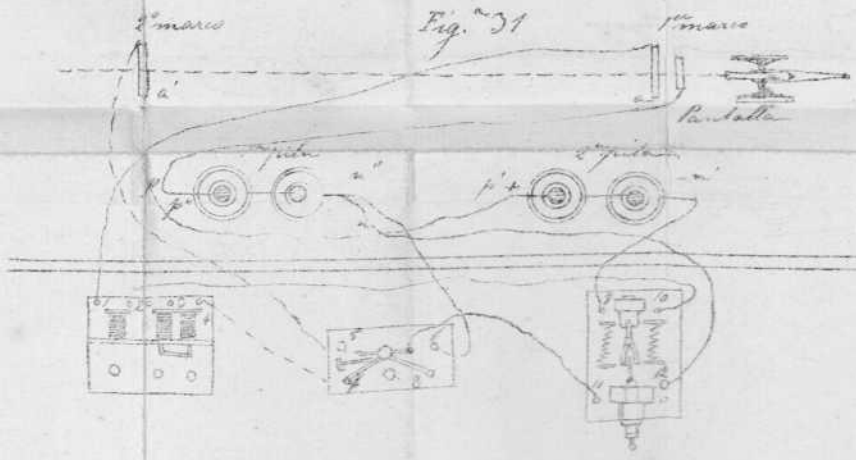


Fig. 27

Marco para cañon



Fig. 28 (1/2)

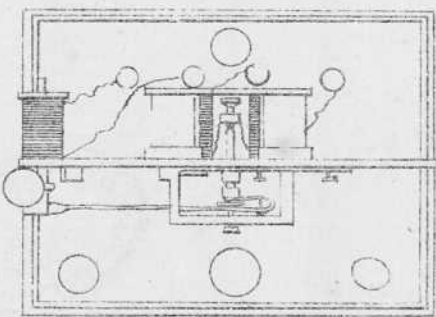
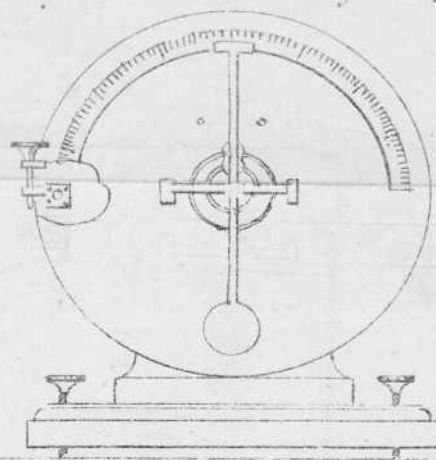


Fig. 29 (1/2)

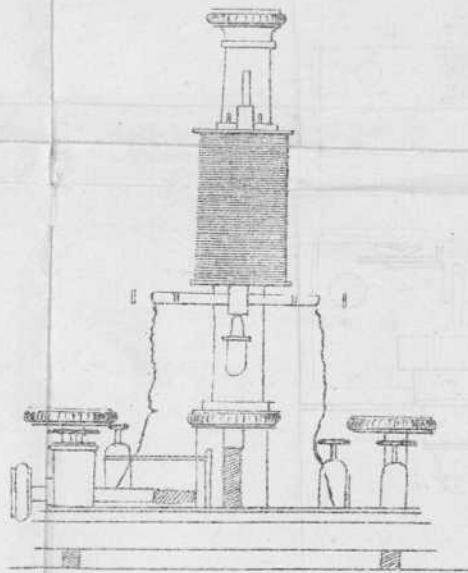


Fig. 30 (1/2)

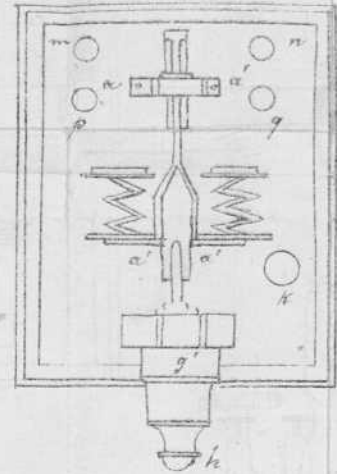


Fig. 35

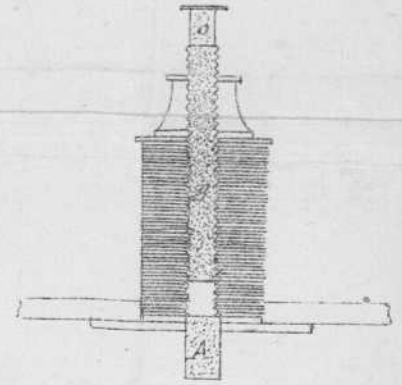


Fig. 36

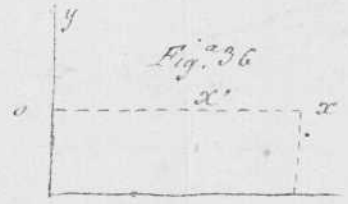


Fig. 37

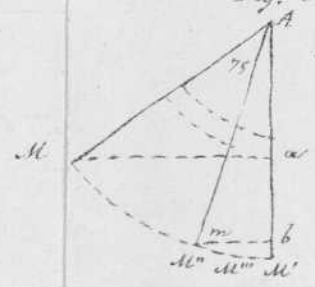


Fig. 34

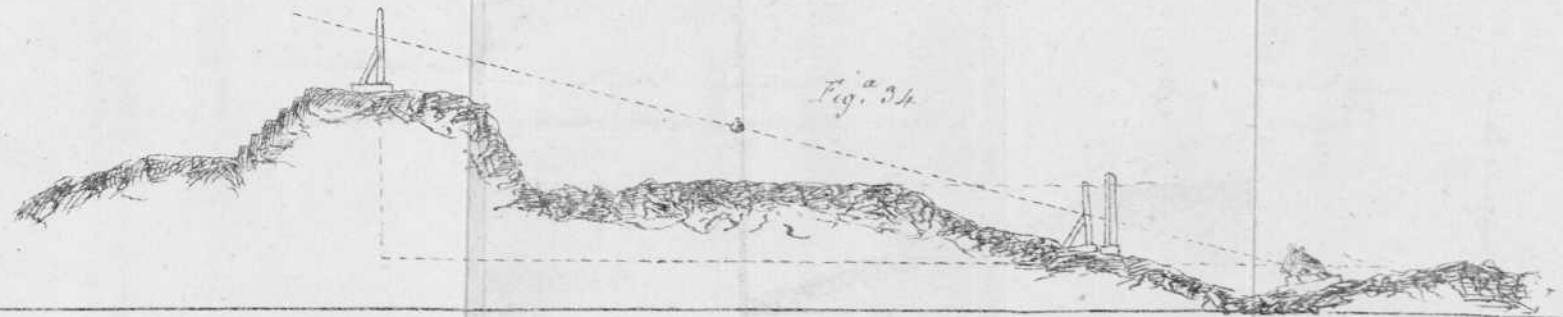




Fig.^a 38.
($\frac{1}{2}$)

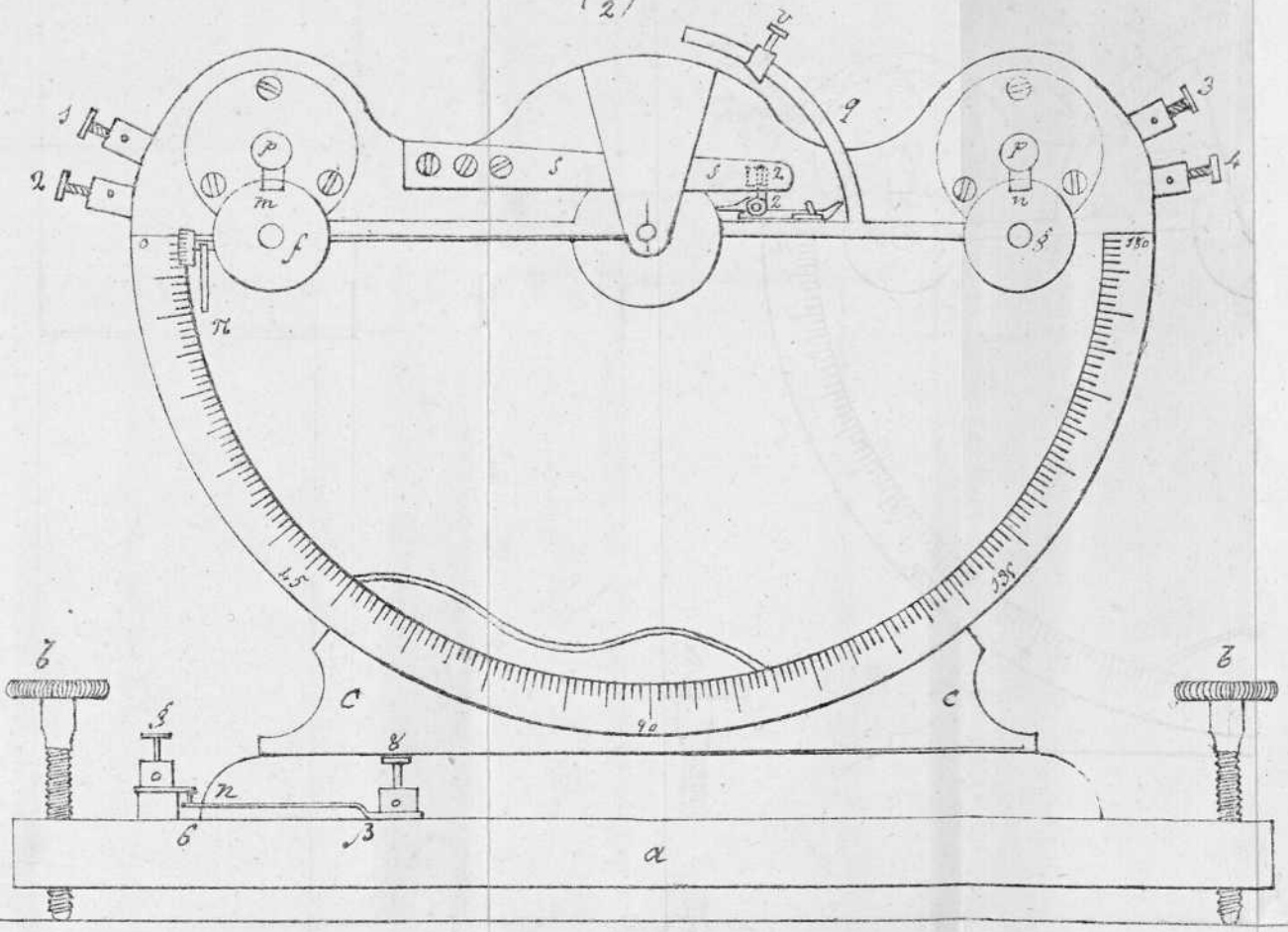


Fig.^a 44 (natural)

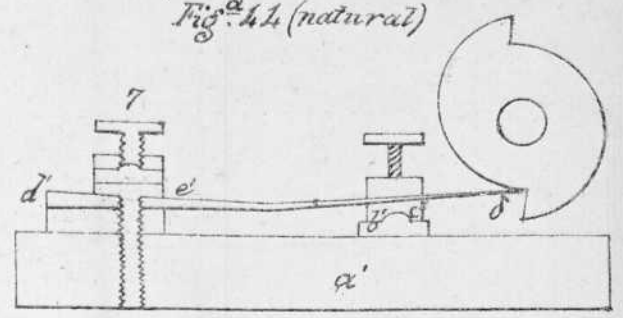


Fig.^a 43. (natural)

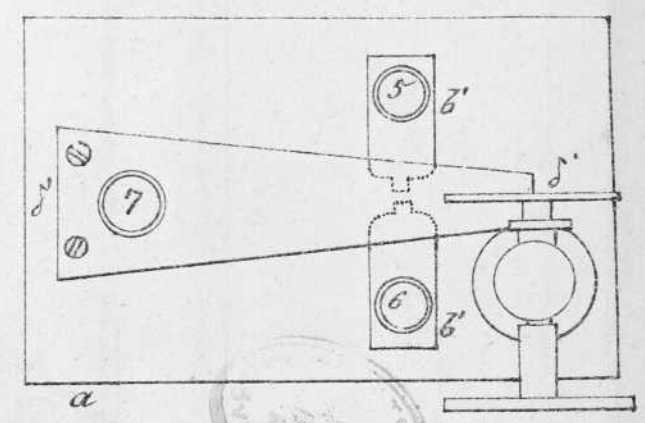


Fig.^a 39 ($\frac{1}{2}$)

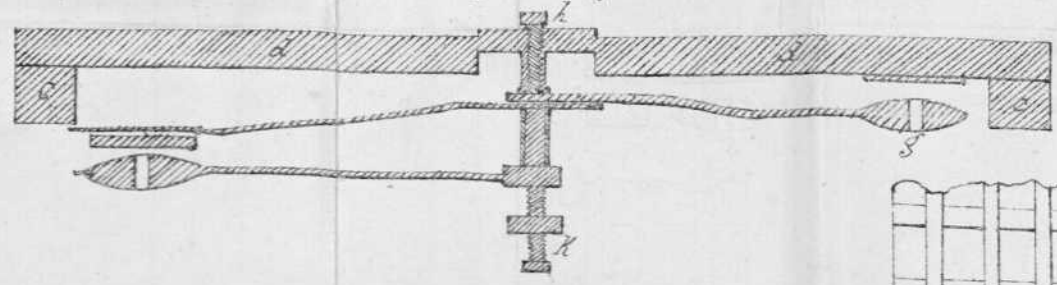


Fig.^a 41. (natural)



Fig.^a 42. (natural)

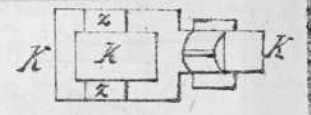


Fig.^a 40. (natural)

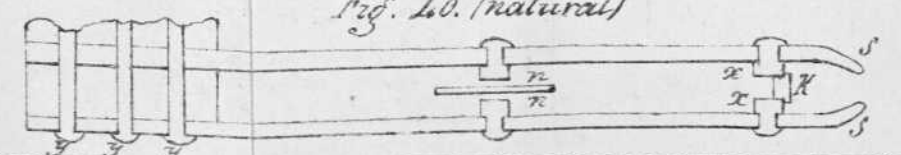


Figura 45 (natural)

Figura 46 (natural)

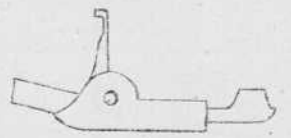
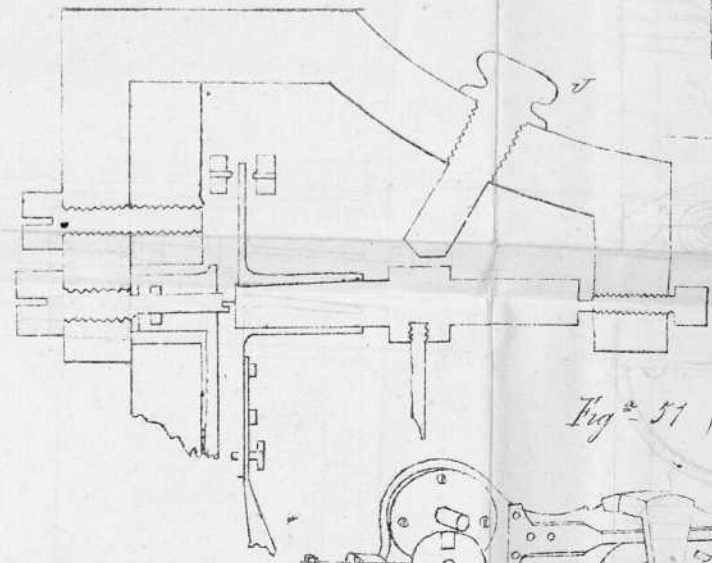


Fig. 48

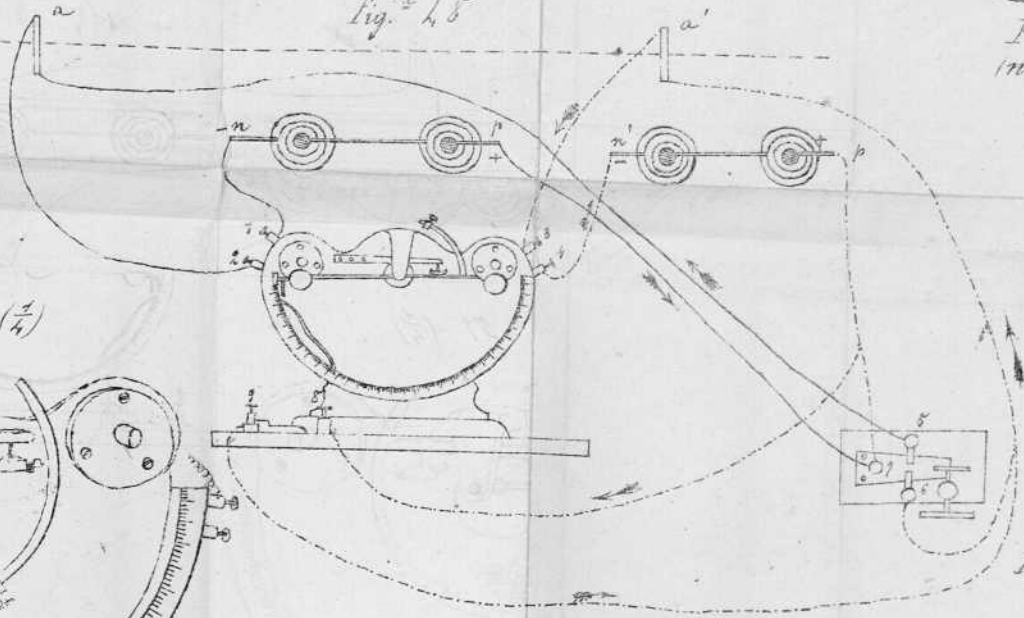
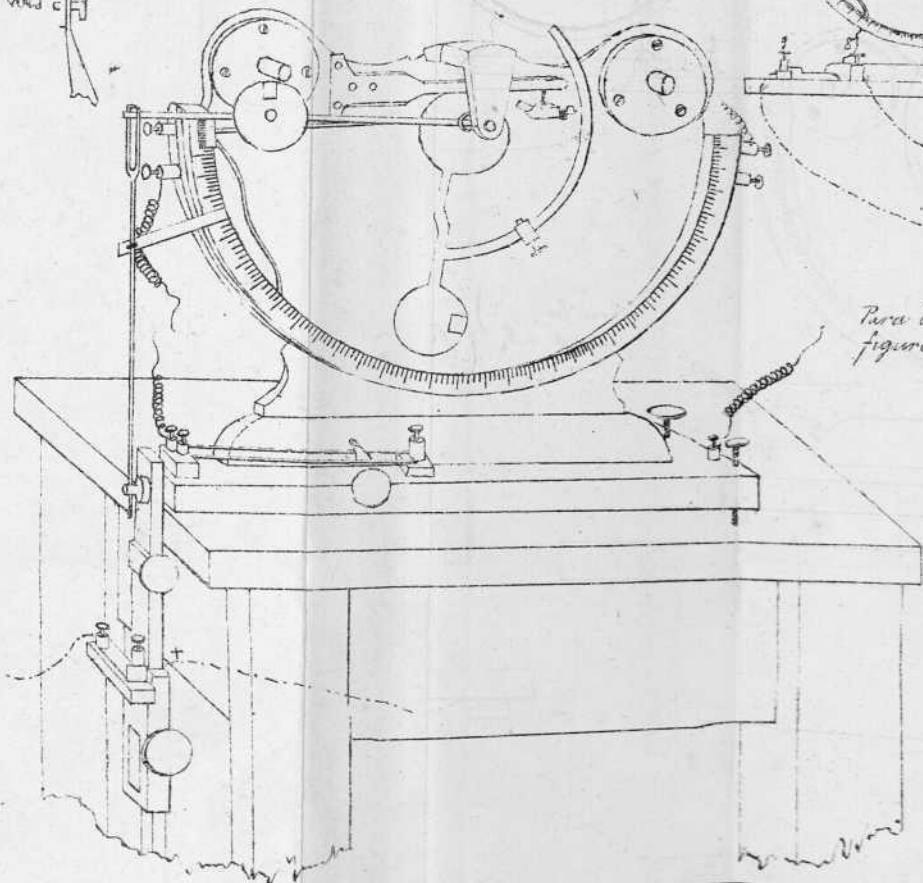


Fig. 47 (natural)

Fig. 51 (1/4)



Para la figura 48

- 1^o Circuito p. 7.5 a 2.4. n.
- 2^o Circuito p. 7.6 a 3.4. n.
- Circuito para determinar los 7.9 a 3.4. n. constante x

Figura 50

Fig. 49

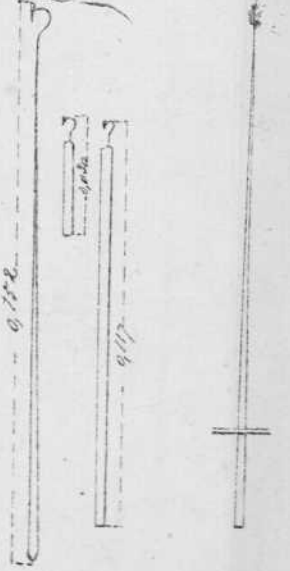


Fig. 52 (natural)

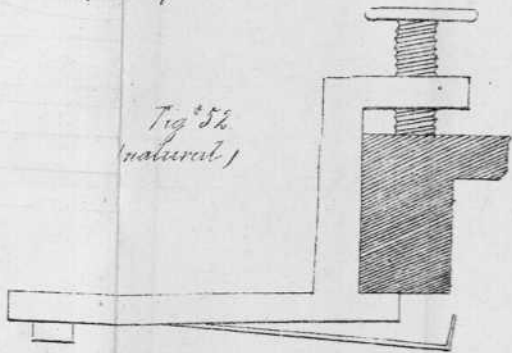


Fig.^a 15 (1/2)

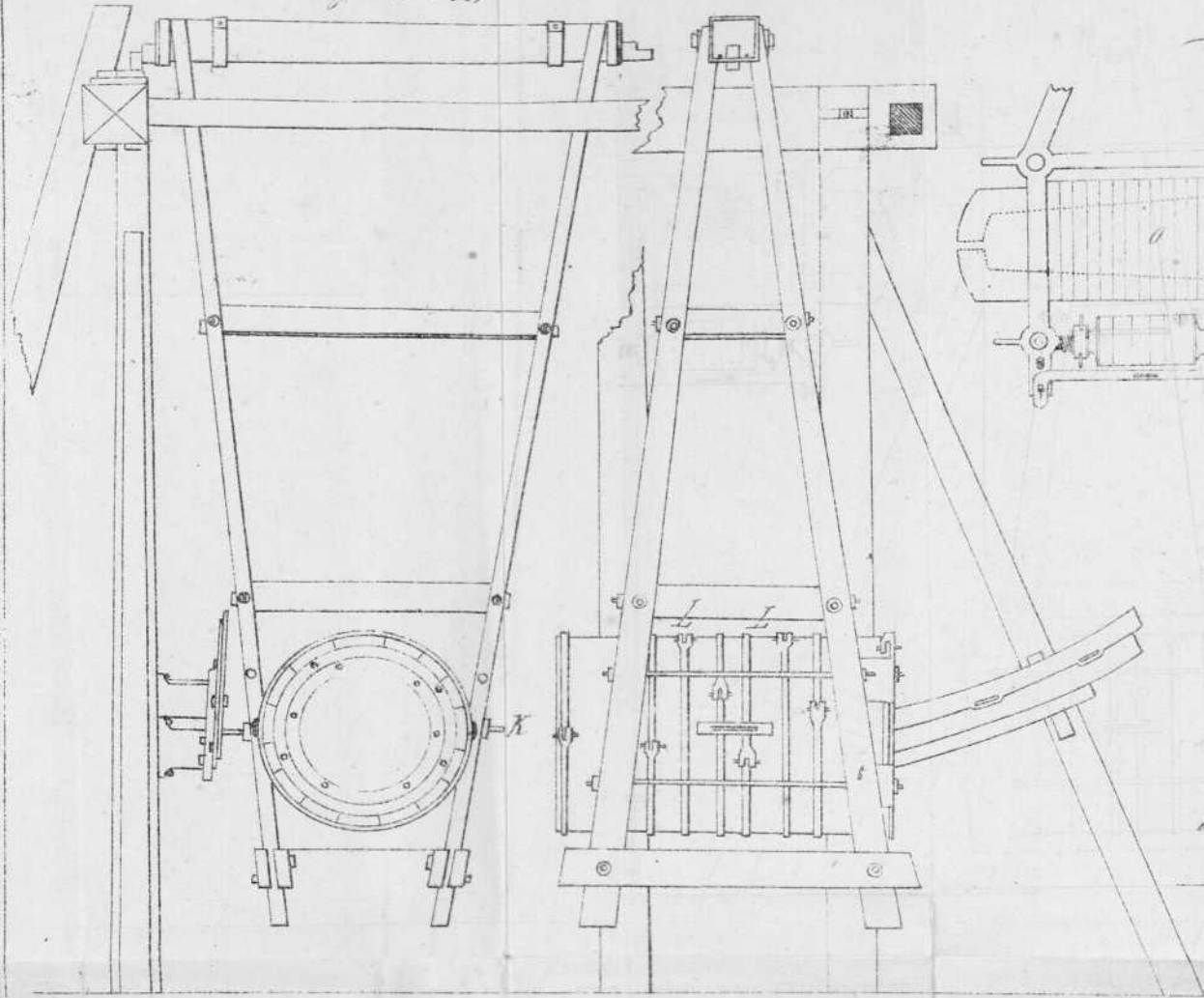


Fig.^a 15
1/4

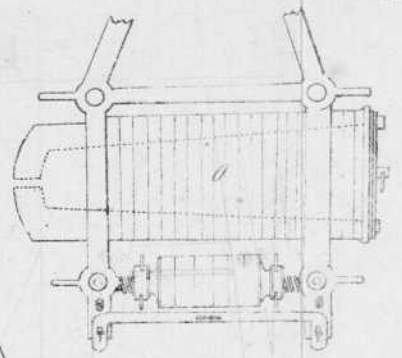


Fig.^a 17

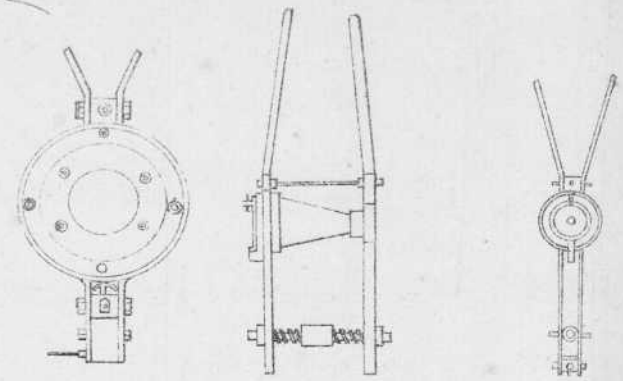


Fig.^a 20 (1/2)

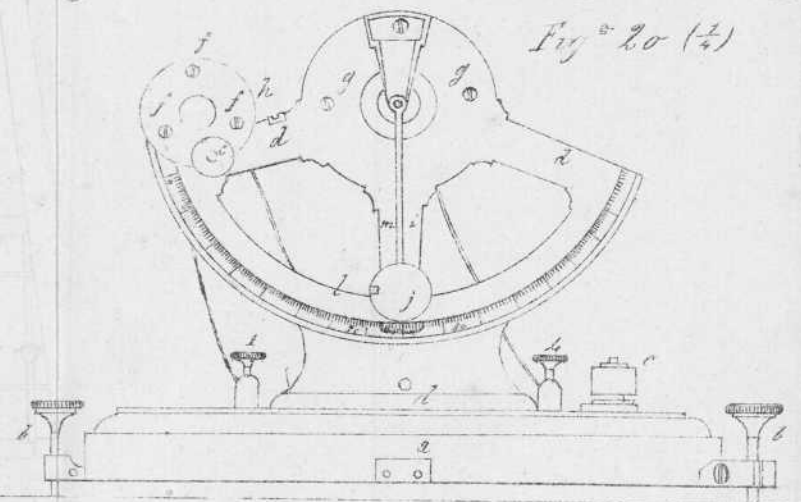


Fig.^a 18

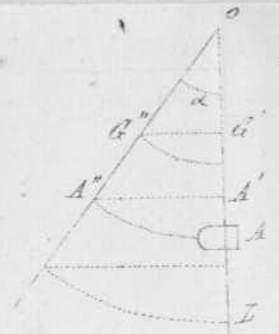


Fig.^a 19

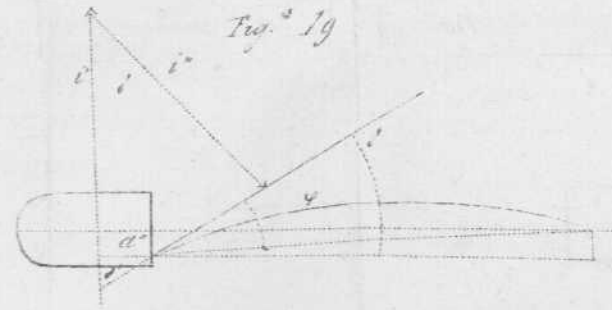


Fig.^a 22 (1/2)

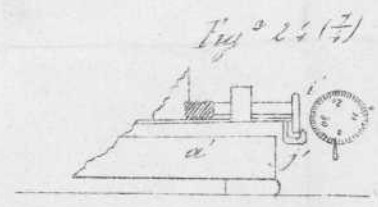
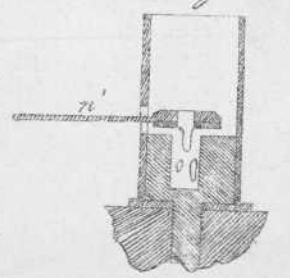
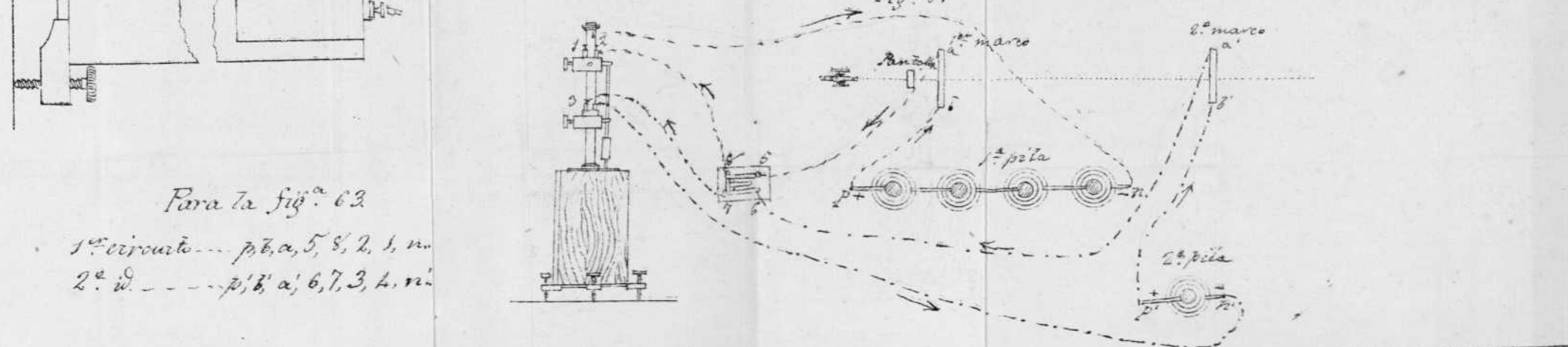
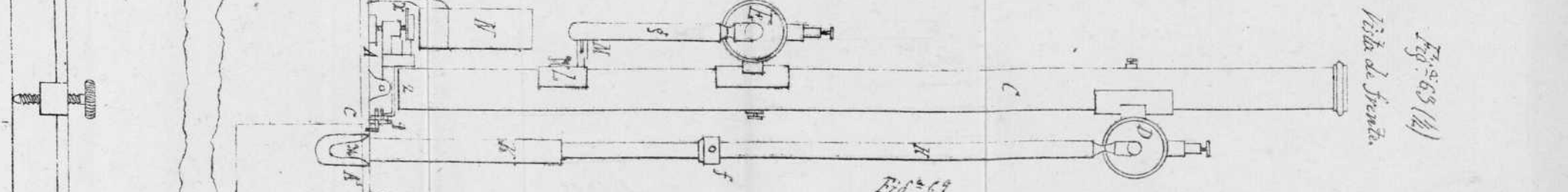
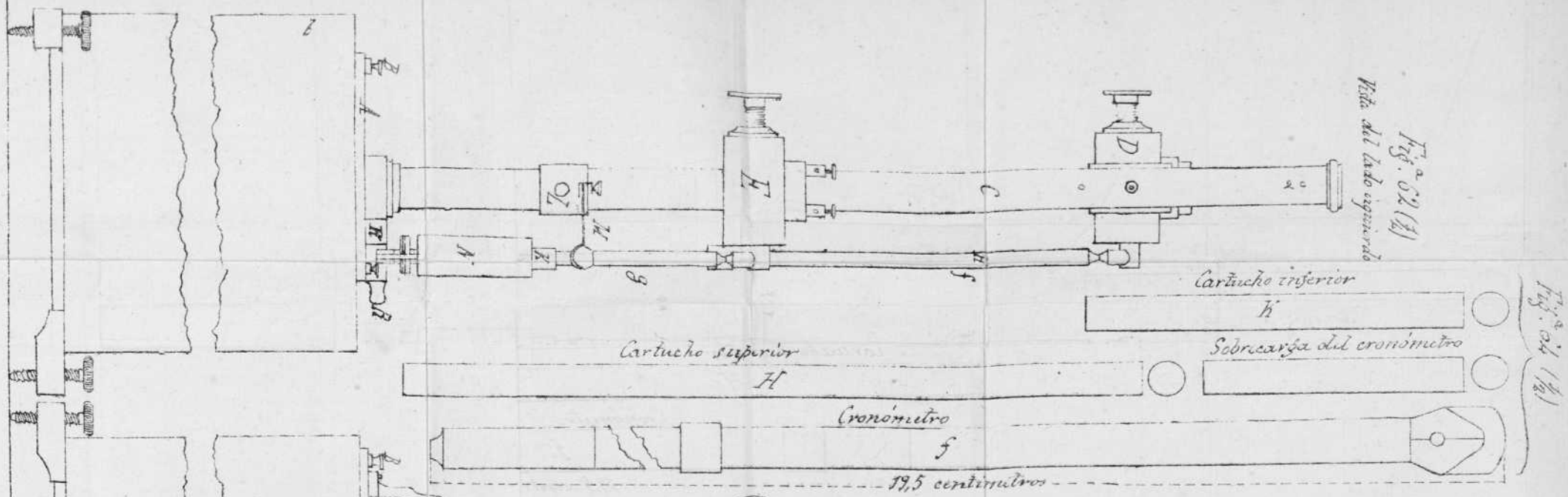


Fig.^a 23 (1/2)

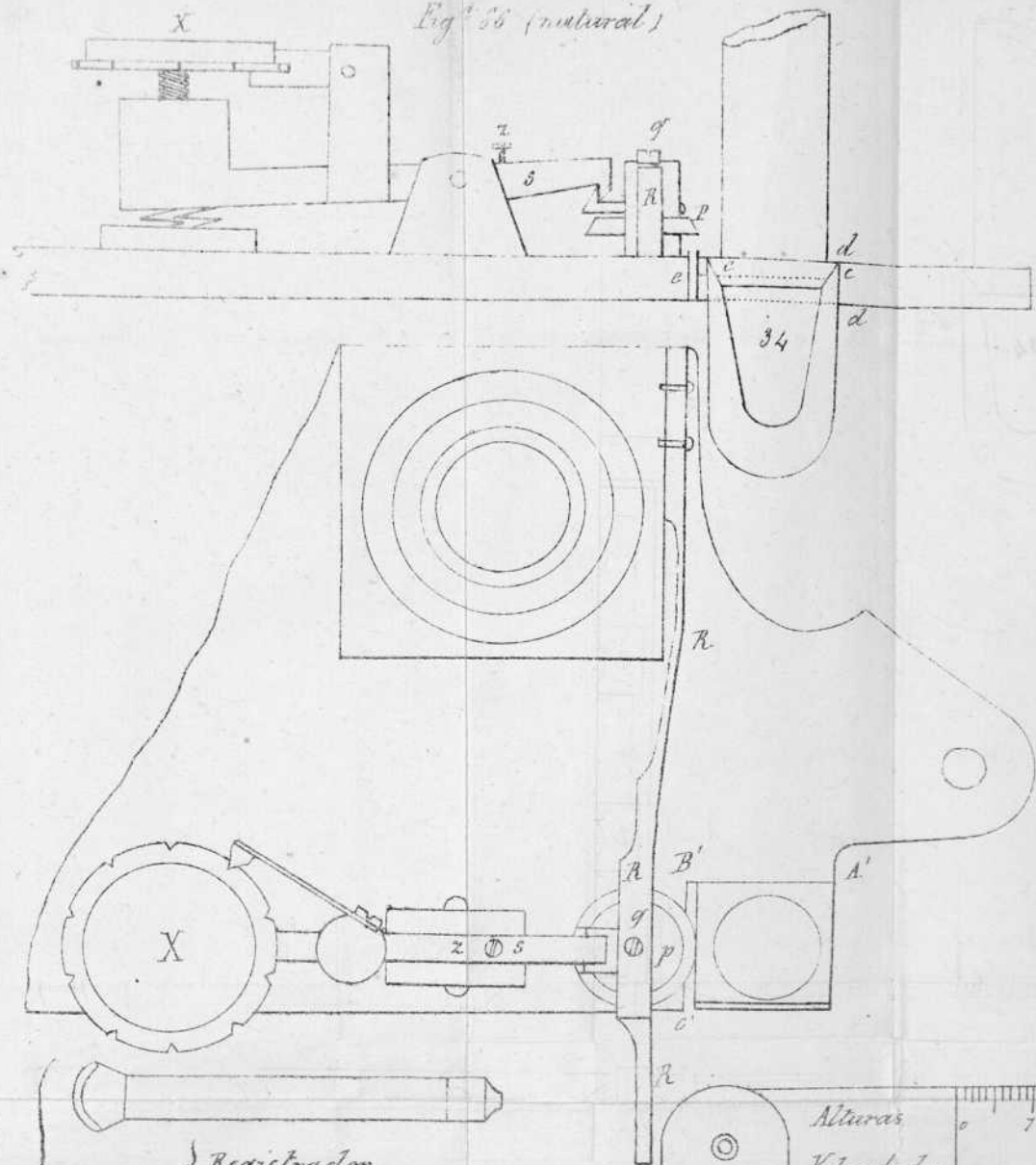




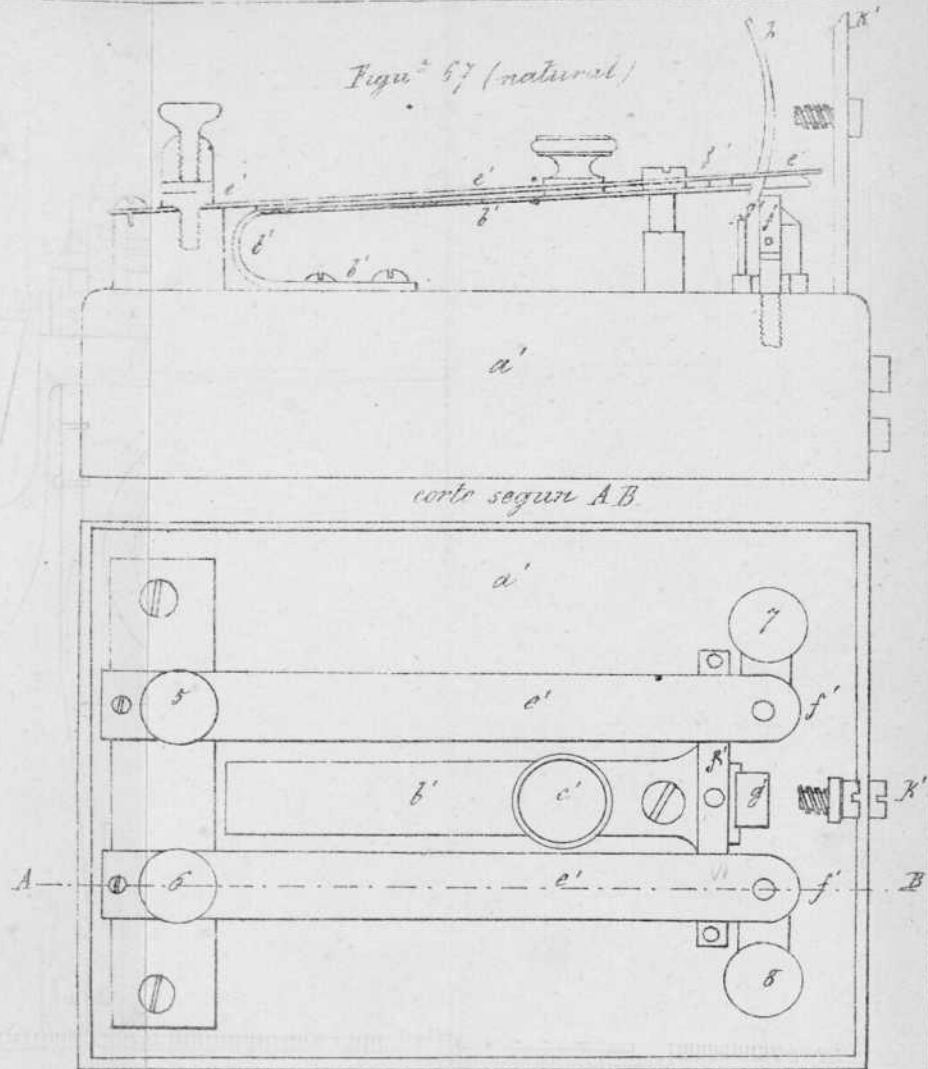
Para la fig. 69

- 1.ª circuito --- p, b, a, 5, 8, 2, 1, n.
- 2.ª id. --- p, b, a, 6, 7, 3, 4, n.

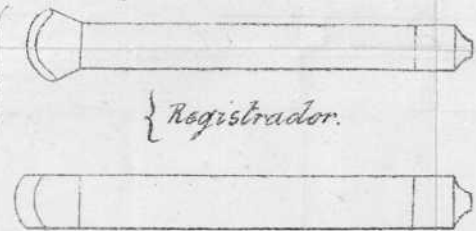
Fig^a 56 (natural)



Fig^a 57 (natural)



Fig^a 58 (2)



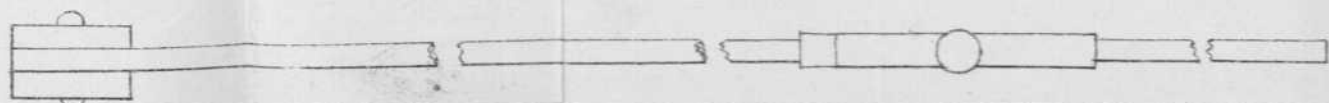
Sobrecarga del registrador.

Alturas
Velocidades

Resurgencia

53 centim^{os}

Fig^a 68 (natural)



Descripcion

de la maquina de aire caliente del sistema Ericsson, perfeccionada por el Capitan de Artilleria Don Guillermo Reinlein.

Introduccion.

Es un principio hoy perfectamente admitido por la ciencia que el calor y el trabajo mecanico no son mas que una misma cosa presentada bajo dos distintos aspectos y cuando se dice q^e un cuerpo esta mas o menos caliente solo debe entenderse que sus moleculas se agitan y vibran con mas o menos intensidad habiendose llegado a demostrar hasta un punto que no puede dejar duda ninguna que la trasformacion del calor en trabajo mecanico y reciprocamente, debe considerarse; pura y simplemente, como una trasformacion de movimientos.

2

Antes que los hombres de ciencia hubieran analizado este fenómeno la industria habia hecho grandes aplicaciones de él en las máquinas llamadas de vapor donde el calor desarrollado por el combustible que se quema en su hogar es transformado en trabajo mecánico que se recoge en el eje motor de la máquina.

Una máquina de vapor marchando de esta manera tiene mucha semejanza con un reloj marchando por el esfuerzo que le comunica el resorte que lo impulsa.

El carbon, frio antes de entrar en el hogar, debemos considerarlo como una agrupacion de pequeños resortes puestos en tension y dispuestos a soltarse y a producir una fuerte vibracion en su masa en cuanto una causa cualquiera venga a desatar uno de ellos: esta vibracion de movimientos cortos pero rápidos que encierran una gran fuerza viva, es lo que se llama combustion, y al transmitirse al agua de la caldera se vaporiza esta y el vapor adquiere un movimiento vibratorio semejante al que tenia la masa de carbon, es decir que se ha transmitido al

agua parte de la fuerza viva que tenían las moléculas del carbon; pero como el vapor de la caldera lo llevamos luego a un cilindro cerrado que tiene una pared movable llamada piston, sus vibraciones al impulsar a este, son transformadas en trabajo mecánico. Vemos pues, que por el intermedio del vapor la vibración que se produjo en el hogar de la máquina se ha transmitido al piston desde donde con el auxilio de órganos rígidos de trasmisión puede llevarse al sitio donde convenga aplicarla. En estas transformaciones sin embargo ha habido gran pérdida de calor, fuerza viva, ó trabajo mecánico (que tanto significa una de estas palabras como la otra) y el objeto que se propone todo constructor de máquinas es hacer que esta pérdida sea la menor posible.

La cantidad de calor que se utiliza en un motor de esta clase puede medirse de la manera siguiente.

Pesado el combustible que se quema en el hogar es fácil calcular el número de calorías que desarrolla. Si luego se miden las calorías que se

4

Llevan los humos por la chimenea, á esta cantidad se le añaden las calorías que se lleva el vapor al abandonar la máquina mas las que se pierden por la radiación en todo el aparato, y esta suma se resta del mismo total de calorías desarrolladas en el hogar, tendremos la cantidad de calor que ha desaparecido por haber trasformado en trabajo mecánico y por consiguiente la única realmente utilizada. La experiencia ha probado que en las máquinas mejor construidas solo se utiliza un 12 por ciento del calor desarrollado en el hogar. Para evitar pues en cuanto sea posible las pérdidas de calor es preciso procurar por una parte que los humos y el vapor abandonen la máquina con la menor temperatura posible y al mismo tiempo evitar con esmero las pérdidas de calor por la radiación. Las pérdidas de esta última clase se disminuyen abrigando cuanto se pueda todas las partes calientes de la máquina. Para que los humos salgan fríos por la chimenea no hay mas remedio que hacer marchar el aparato á una baja temperatura. Y en cuanto el vapor, como aparte su calorico sensible encierra una gran cantidad de

calor latente podria este ultimo economizarse si en vez de haber sido encerrado en la caldera en forma de agua lo hubiera sido en forma de gas ó vapor y este voramiento, unido al peligro de explosion que acarrea el uso del agua en las calderas, dió lugar á la idea de sustituir el vapor con el aire atmosférico haciendo ya mas de 30 años que se hicieron los primeros ensayos en busca del mejor modo de llevar á cabo esta sustitucion.

Varios son los experimentadores que han llegado á construir máquinas aplicables á la industria y entre ellos debemos contar á Fran- dot, Million, Pascal & pero Ericsson, es á no du- darlo, el que ha conseguido realizar el motor mas sencillo y práctico, y descartado como hoy se halla de la mayor parte de los defectos de que adolecia á su primera aparicion en el mundo industrial yo no abrigo la menor duda de que en determinadas circunstancias podria prestar verdaderos servicios.

Los resultados de los muchos ensayos que se llevan hechos pueden resumirse, bajo el pun- to de vista teórico, de la manera siguiente.

Los nuevos motores presentan respecto

á los de vapor la ventaja de economizarse todo el calor latente que en estos se lleva el vapor á la atmósfera cuando concluye su trabajo, pero esta ventaja se halla compensada en parte por las — causas siguientes:

La cantidad de trabajo necesaria para introducir en las máquinas calóricas el aire que ha de hacerlas funcionar es mucho mayor que la necesaria para inyectar en las máquinas de vapor el agua que necesitan con el mismo objeto.

La razón de esta diferencia es fácil de comprender. La cantidad de trabajo necesaria para introducir un fluido en una vasija cerrada que tiene una tensión interior superior á la de este fluido, es proporcional á la diferencia de estas tensiones y al volumen del fluido que se trata de introducir y como el volumen del aire necesario para desarrollar la fuerza de un caballo en una máquina calórica, es considerablemente superior al del agua necesaria para desarrollar esta misma fuerza en una máquina de vapor, nunca la pequeña diferencia de tensiones que pueda haber entre ambas máqui-

nos compensará los efectos de esta diferencia de volumen y podemos concluir, por consiguiente, que la pérdida de trabajo por la introducción en la máquina del fluido que ha de hacerla funcionar es mayor en los nuevos motores de aire que en los antiguos de vapor.

Esta pérdida, en aquellos, será una fracción tanto mayor del trabajo desarrollado por el motor cuanto menor sea la temperatura á que se haga marchar el aparato y por consiguiente hay ventaja en hacerla marchar á la mayor temperatura posible, pero al llegar á cierto punto se tropieza con dos dificultades graves, una de orden teórico y otra de orden práctico.

La primera consiste en que á medida que la máquina se calienta mas, los humos la abandonan á una temperatura mas alta arrastrando consigo mayor cantidad de calor y llega un momento en que la pérdida originada por esta causa es mayor que la que se trata de evitar.

La dificultad práctica con que se tropieza está en que cuando los metales que constituyen la máquina se calientan mas allá de los

500 grados centígrados se destruyen con mucha rapidez y las reparaciones tienen que ser muy frecuentes.

En vista de esto parece que ha de haber una temperatura que sea la que mas convenga bajo todos conceptos a la buena marcha del motor y la experiencia ha demostrado que calentando el aire hasta 150° y marchandose los humos a la atmosfera a unos 300° el aparato puede durar largos años sin destruirse y su marcha es lo mas económica posible.

Asi y todo vemos que los humos salen de estas máquinas mas calientes que de las de vapor y por consiguiente se hallan bajo este punto de vista en situacion desventajosa respecto a aquellas.

Como por otra parte el trabajo necesario para introducir en ellas el fluido que las ha de hacer funcionar es una fraccion mas considerable del trabajo útil que desarrollan que en las máquinas de vapor resulta que apesar de la gran ventaja de economizarse en el nuevo motor todo el calor que en los de vapor se marcha en forma de calórico latente no es tan económico de combustible

como podria esperarse por esta circunstancia.

Su consumo, sin embargo, no pasa de 3.^{ks} de carbon por caballo y por hora, en los tipos de la fuerza de 1, 2 y 3 caballos, que son los que hoy se construyen, y este resultado debe considerarse como muy satisfactorio teniendo en cuenta el tamaño de las máquinas. Pero las principales ventajas de estos motores las enumeraremos al final de este escrito y despues de haber hecho su descripcion detallada.

La lamina adjunta representa en escala $\frac{1}{2}$ una máquina de la fuerza de 3 caballos.

La figura 2.^a es una proyeccion horizontal de la máquina.

La 1.^a un corte vertical por la linea *AB* de la 2.^a

La 3.^a otro corte por la linea *CD* y

La 4.^a una vista en perspectiva en menor escala presindiendo de la obra de fabrica.

Descripcion de la Máquina.

El cuerpo principal de ella lo forma un cilindro vertical de fundicion *A* dividido en dos mitades hallandose la superior pulimentada interiormente para el fuego de dos pistones. La mitad inferior permanece sin pulimento y encierra una campana *B* llamada calentador haciendo entre ambos el papel de la caldera en las máquinas de vapor.

El cilindro *A* al que van ligadas todas las piezas de la máquina se halla sumergido hasta su parte media en un pozo circular *A'* y lleva un reborde *A''* por el que desliza sobre una placa de fundicion sentada en el borde del pozo y ligada al macizo de ladrillos que forma las paredes de este, por medio de largos botones que lo atraviesan de arriba a abajo.

En la parte baja del pozo se halla el hogar *P* que es tambien circular y concéntrico con el cilindro. El combustible se carga por la puerta *f* y el aire de la atmosfera llega hasta la parrilla

por las canales f' .

Los productos de la combustion se escapan por la canal P' dan dos vueltas alrededor del cilindro mientras recorren los conductos de humos y por ultimo se van a la atmosfera por la chimenea P'' . El poro X sirve para bajar a alimentar la máquina y el X' para hacer la limpieza de las canales de humos las cuales están provistas de los registros Z .

En la parte pulimentada del cilindro se muestran dos pistones que son designados segun sus funciones respectivas. El superior C , es llamado piston motor y el inferior D , piston de alimentacion. En el corte vertical que representa la figura 5^a aparecen los dos pistones como montados en el mismo vástago; pero en realidad son completamente independientes (fig. 2^a) yendo provistos el de alimentacion D , de dos vástagos a que resbalan con rozamiento suave, por dos cajas de estopa fijas en el piston C .

Este tiene por vástagos dos planchas de hierro b que son guiadas lateralmente por dos guias c fijas sobre el extremo del cilindro.

A los extremos de los vástagos a hay fijas dos cabezas d que van guiadas por las planchas b .

Los dos pistones están ligados separadamente al árbol principal E , receptor de la potencia, por medio de un mecanismo de transmisión que vamos a describir.

El árbol motor E montado sobre dos cojinetes e (fig.^{as} 5.^a y 2.^a) lleva a una de sus extremidades el volante F , y a la otra la manivela G .

Al botón de esta van ligadas las bielas H e I que corresponden respectivamente con los dos pistones de la manera siguiente.

La biela H va ligada a una fuerte palanca J que forma parte de un árbol K colocado horizontalmente sobre la cabeza del cilindro, y que lleva formando una sola pieza con él, dos brazos de palanca gemelos L cuyas extremidades vienen a ligarse a los vástagos planos b del pistón motor. Segun esto, se ve, que el pistón C debiendo ejecutar un movimiento de vaiven, comunica por medio de los vástagos b un movimiento angular a las palancas, L , lo mismo q.^d al eje K y palanca J q.^d forman todos juntos un solo cuerpo; y por ul-

timo la biela H transmite el movimiento de esta última palanca á la manivela I transformandola en circular continuo.

Esta comunicacion que es, como lo explicaremos pronto, la de la fuerza motriz, y por consiguiente la causa del movimiento del árbol E , vuelve por el contrario de este árbol al piston de alimentacion cuyo movimiento no es mas que el resultado de una trasmision. La biela J que sirve para operar esta trasmision une la manivela motriz á un brazo de palanca KE que forma parte de un tercer eje N paralelo á los otros y montado sobre la cabera del cilindro; este eje lleva fundidos con él dos brazos de palanca gemelos O terminados en unas horquillas por medio de las cuales se ligan á las caberas de los vástagos del piston de alimentacion.

Razonando como hace un momento pero partiendo del extremo opuesto del movimiento, vemos que la biela J mandada por la manivela I hace describir un arco de círculo á la palanca KE y por consiguiente al eje N y á las palancas gemelas O las cuales dan al fin

un movimiento alternativo al pistón D.

El juego combinado de los pistones tiene por objeto tomar el aire de la atmósfera y encerrarlo en el cilindro A para que se caliente y adquiera la fuerza elástica necesaria para engendrar trabajo motor. Esta acción se divide necesariamente en dos partes que corresponden á los dos golpes simples del pistón C. La alimentación del aire frío tiene lugar cuando este pistón desciende sumergiéndose en el cilindro A y la acción motriz se desarrolla mientras tiene lugar el movimiento contrario, es decir mientras el pistón C sube.

La introducción del aire en la máquina tiene lugar por las válvulas de que van provistos ambos pistones.

El pistón motor C lo forma un plato de fundición armado de cuatro válvulas f'' dispuestas para abrirse de fuera á dentro.

El pistón de alimentación D está compuesto en principio de dos platos superpuestos q^t dejan entre sí un intervalo vacío por el cual pasa el aire á través de este pistón. Esta comunicación se requ

la p.^{ra} medio de una válvula *K* que funciona poco mas ó menos como la de un fuelle. En su parte inferior vá armado el piston que nos ocupa de un manguito de chapa *g* llamado Telescopio del piston que envuelve la campana *B* sin tocarla y lleva un fondo plano que deja entre él y el plato inferior del piston un espacio vacío que se llena con carbon vegetal molido á fin de sustraer este órgano á la acción directa del calor de la campana.

Durante el periodo neutro de la marcha de la maquina el aire motor que en el periodo activo ha producido el movimiento debe poderse escapar libremente á la atmosfera y á este efecto el piston motor, lleva en su centro una quinta válvula *F* llamada de escape, cuya caja está formada de un tubo que fija en el piston motor atraviesa el de alimentacion á rotamiento suave, por un orificio circular preparado en su centro. Esta válvula se halla suspendida por medio de un vástago vertical á uno de los extremos de una palanca horizontal que oscila al rededor del otro extremo fijo á charnela sobre el piston motor. Dispuestas,

asi las cosas, la válvula se abre cuando al terminar el pistón su curso ascendente, tropieza la palanca de que vá suspendida con un obstáculo fijo, manteniendose en esta posicion por medio de un pestillo de resorte que la sujeta hasta que la cabeza de uno de los vástagos del pistón de alimentacion viene oportunamente á soltar el pestillo y entonces la válvula se cierra atraida por un resorte en espiral.

Descriptas ya las diferentes partes de que se compone la máquina, veamos cuales son los movimientos relativos y absolutos de ambos pistones y qué camino, en virtud de estos movimientos se verá obligado á tomar dentro de aquella el aire que la hace funcionar.

Para este estudio supongamos que la máquina está en reposo, el hogar con fuegos, el botón de la manivela en el punto mas alto de la circunferencia que describe y los dos pistones reunidos en la parte superior del cilindro. Si por medio del volante se dá entonces á la máquina un movimiento inicial se pasan las cosas del modo siguiente: los pistones empiezan á descender

en el cilindro, y por la disposicion del mecanismo, el inferior lo hace con mayor velocidad q^e el superior, resultando de aqui que la distancia que los separa aumenta rápidamente; y produciendose un vacío entre ambos se abren las válvulas del piston motor y el aire de la atmosfera pasa a ocupar este espacio vacío. He aqui el periodo de alimentacion de aire de la maquina que se produce como acabamos de ver por la diferencia de velocidad de los dos pistones y que dura mientras el intervalo que separa á estos tiende á aumentar.

Tan pronto como este máximo de separacion ha sido alcanzado, momento que llega antes que los pistones hayan concluido sus cursos respectivos, empieza á aproximarse y el volumen de aire que los separa se comprime.

La presión que de esto resulta hace entonces abrir la válvula *k* del piston de alimentacion y el aire pasando por el interior de este piston se reparte entre el espacio que ocupa actualmente y el que rodea á la campana *B*.

Desde este momento el aire que se ve

obligado á bañar las paredes del cilindro y la campana, mantenidas calientes por el fuego del hogar se calienta, se dilata y muy pronto llega á ser agente motor. Como la disminucion de la distancia que separa á los pistones continua aun despues que el piston C ha terminado su curso descendente y vuelve en sentido contrario, la valvula $\frac{1}{2}$ del piston D continua abierta y la presion del aire caliente se hace sentir directam^{te} sobre el piston C mientras que el D sumergido completamente en un mismo medio permanece en equilibrio de presiones y asi vemos q^e el piston C es el que trasmite la accion motor á toda la maquina, mientras el D tiene que ser mandado por esta.

Cuando el piston C empieza á subir en el cilindro empieza el verdadero periodo motor de la maquina, durante el cual los dos pistones continuan aproximandose casi hasta el fin del curso del C quedando entonces á la distancia de D á $\frac{1}{2}$ milimetros.

En este instante puede considerarse que el aire que habia sido admitido dentro

de la máquina por aspiración, ha pasado todo del lado del hogar y concluido el periodo motor se abre la válvula de escape para dejar marchar este aire a la atmósfera, dando de nuevo principio al periodo de aspiración tal como lo acabamos de describir.

Estas diferentes funciones que resultan de haber puesto la máquina en acción por medio de un impulso inicial, transmitido de mano al volante, se continúa por si mismo desde el momento que la inercia está vencida y que el volante ha adquirido una velocidad suficiente.

Para favorecer el caldeo del aire, el espacio reservado entre la campana B y el cilindro, está guarnecido de un tubo de chapa llamado telescopio del cilindro que divide la vena aérea y la obliga a circular en toda la extensión de este espacio ofreciéndola una pared metálica caliente de mas.

Al rededor del cilindro A y en la parte donde juegan los pistones hay adherida una caja de chapa S' abierta en la parte su-

terior la cual debe mantenerse constantemente llena de agua para impedir que la temperatura de esta parte del cilindro pase nunca de 50° y así no se evaporan las grasas con que se lubrifica el pistón motor.

La caja de chapa 4^{a} con que se cubre la máquina, preserva del polvo á todos sus órganos y va provista de una puerta que permite hacer la lubricación. Cuando aquella tenga que trabajar con aplicación á una industria que insucia la atmósfera de la habitación donde se halla, como por ejemplo la molinda de trigo, el aserrado de maderas &c, debe hacerse venir el aire que la hace funcionar al interior de esta caja, desde un punto en que esté limpio, por medio de un tubo.

Para regularizar el movimiento de la máquina y pararla cuando se desee, lleva esta una llave que dejando escapar á voluntad, mas ó menos cantidad de aire, dá lugar, ya á una disminución de velocidad, ya á que se pare completamente.

El volante como en todas las máquinas

sirve, para uniformar el movimiento.

El peso de los pistones contribuye tambien mucho á esta uniformidad anulando parte del trabajo producido en el periodo motor cuando ellos ascienden y devolviendo este trabajo en el periodo neutro cuando descienden.

Para vencer el peso de los pistones y poderlos subir cuando la máquina este parada, hay un mecanismo que consiste en un eje horizontal *m* armado de un largo mango *s* y de dos pestillos *t* y *t'* que vienen á mordir sobre una dentadura preparada en el interior y sobre el borde de la llanta del volante. De este modo, un solo hombre obrando sobre el mango *m* sube de una manera segura los pistones, y una vez arriba, el movimiento se inicia dando á mano un ligero impulso al volante.

Diferencias esenciales entre esta máquina y la de Ericsson, y ventajas q^{de} de estas diferencias se desprenden.

La primera diferencia consiste en la disposicion vertical de la máquina.

21

Esta diferencia da lugar á la supresion del trabajo resistente desarrollado por el rozamiento que ocasiona el peso de los pistones, en la máquina horizontal de Ericsson.

En las máquinas de vapor se ha observado que bajo el punto de vista del trabajo absorbido por el rozamiento de su piston es casi indiferente que el cilindro ocupe una posicion vertical u horizontal pero en las máquinas de aire caliente las condiciones no son las mismas y no es posible considerar del mismo modo esta variacion.

En efecto; en una máquina de vapor no hay mas que un piston mientras que en la máquina de aire caliente que nos ocupa hay dos; la máquina de vapor es de doble efecto mientras que la de aire caliente es de simple efecto; el piston de alimentacion de esta ultima tiene un curso doble del de su piston motor, y por ultimo, los organos de estas máquinas son considerablemente mas pesados que los de las de vapor á igualdad de fuerzas.

Una segunda ventaja que se de-

riba de esta primera modificacion es que el peso de los pistones sirve para regularizar el movimiento de la maquina obrando en el periodo motor como una fuerza retardatriz que se opone a el y en el periodo neutro como una fuerza aceleratriz que devuelve a la maquina todo el trabajo anulado antes. De este modo se puede prescindir del contrapeso que tiene el volante en la maquina Ericsson y que tantos inconvenientes acarrea.

La segunda variacion proviene de la nueva situacion de la hornilla.

En las maquinas de Ericsson el calentador B ocupa una posicion horizontal y la hornilla se halla colocada dentro de el, de modo que mientras su mitad superior se enrojece por concentrarse en aquel punto la accion de la radiacion, mas el choque de la llama, la mitad inferior esta fria y de aqui resulta que a mas de destruirse en pocos tiempos se producen antes fuertes dilataciones en su parte superior y ampollas que dan lugar a encuentros con el telescopio del pistón de alimentacion.

tacion originandose las consiguientes roturas en cualquiera de los organos de la máquina.

En el nuevo motor la hornilla se halla situada en el centro de su base y la llama que se desprende del combustible allí quemado rodea el cilindro por la parte exterior antes de marcharse a la atmosfera por la chimenea que lleva adherida.

De aqui resulta que la campana calentador se caldea solo por efecto de la radiacion del combustible, sin que le toque en ninguna parte la llama de este, cuyo calor se utiliza para caldear el cilindro.

Es fácil comprender que hallandose de este modo el calor dividido y distribuido con regularidad por todas las partes de la máquina no habrá como en la de Ericsson unas partes que se queman mientras otras están frias y de aqui que la duracion del aparato sea considerablemente mayor.

La tercera variacion consiste en la variacion de la válvula de escape.

En las máquinas Ericsson esta válvula

válvula se halla fija en el cilindro; resultando de esta disposición que el aire caliente, p.^a buscar su salida á la atmósfera, después que ha comunicado su esfuerzo al pistón motor, tiene que volver á bañar el calentador, y como su temperatura ha de ser fuertemente inferior á la de este, le roba inutilmente una nueva cantidad de calor.

A más de esto al recalentarse el aire, vuelve á dilatarse, y originando una contrapresión, desarrolla en la máquina un trabajo resistente. La salida del aire por otra parte, es más directa con la nueva disposición, lo que da también lugar á una disminución en la contrapresión que experimenta el pistón de alimentación al expulsar á la atmósfera el aire que ha trabajado ya.

Resulta pues de esta variación la doble ventaja de economizarse combustible y aumentarse la fuerza útil del motor.

Otra ventaja se desprende también de la nueva posición de la válvula de escape y es que no habiendo ahora inconvenien-

te ninguno en aumentar cuanto se quiera la longitud de la campana calentador, es posible proporcionar al mismo tamaño de máquina una superficie de caldeo mucho mayor. En las máquinas Ericsson esta longitud está limitada por la necesidad de no dificultar la salida a la atmósfera del aire que ha trabajado ya. Pero como ahora este aire no viene a bañar el calentador para escaparse a la atmósfera se comprende que esta dificultad ha desaparecido.

La cuarta variación está en la manera sencilla y segura de comunicar el movimiento a la válvula que acaba de ocuparnos, manera que hace desaparecer casi por completo el ruido desagradable que tienen las antiguas máquinas.

Por último la posición horizontal del cilindro en la máquina Ericsson y su elevada temperatura obliga a emplear como lubricante una mezcla de sebo y aceite que ensucia extraordinariamente la máquina y dificultando los movimientos del aire en su interior con

tribuye á que esta pierda su fuerza con bastante rapidid: la disposicion vertical y el depósito de agua *A* que rodea al cilindro en su parte superior manteniéndole fresco para que no se evapore el aceite, permiten que la lubricacion se haga esclusivamente con esta sustancia y asi se evita aquel inconveniente á mas de consumirse muy corta cantidad de este lubricante.

Hay ademas algunas otras variaciones de detalle que completan y perfeccionan al antiguo motor y que por no ser tan importantes como las mencionadas dejaremos de enumerar.

Resumiendo: la máquina modificada no hace el ruido desagradable de las antiguas, tiene mucha mayor duracion, gasta un 50 por 500 menos de combustible y hace un 50 por 500 mas de fuerza que las de Ericsson de igual tamaño. Puede pues decirse que en las nuevas máquinas han desaparecido todos los inconvenientes que terian las antiguas quedando de relieve sus preciosas cualidades.

Comparadas las nuevas máquinas con las de vapor presentan las ventajas siguientes.

1^a Gastan menos combustible pudiendo emplear indistintamente el carbon, el cok ó la leña.

2^a Son mucho mas sencillas, pues no tienen bombas ni aparatos de seguridad y de aqui que sus composuras sean mas fáciles de remediar y las reparaciones menos costosas.

3^a Su manejo está al alcance de las inteligencias mas medianas por que despues de armada en su puesto, lo unico que necesita para funcionar es lumbrre y saber como se pone en marcha y como se para y esto se aprende á primera vista. Para ponerla en marcha basta empujar el volante y para pararla abrir una llave. La supresion de una persona inteligente que está constantemente al cuidado de la máquina, como exigen las de vapor, dá lugar á una economia considerable de

jornales.

4^a. A igualdad de fuerza ocupan menos espacio y son mucho mas económicas de instalacion.

5^a. No gastan agua ninguna. Basta enunciar esta ventaja para comprender toda su importancia sobre todo en determinadas localidades en que escasea el agua ó es de mala calidad.

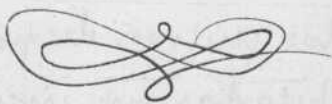
6^a. No ofrecen el mas ligero peligro de explosion ni incendio lo que permite colocarlas en los centros de poblacion y dentro de casas habitadas sin inconveniente de ninguna clase. Donde quiera que sea posible encenderse un brasero puede colocarse una de estas máquinas.

7^a y ultima. El aire atmosférico y puro que sale de ellas á una temperatura de 25° centígrados puede utilizarse para multitud de usos, como por ejemplo, secaderos de todas clases, calentar agua, templar habitaciones &c &c.

Las aplicaciones que pue-

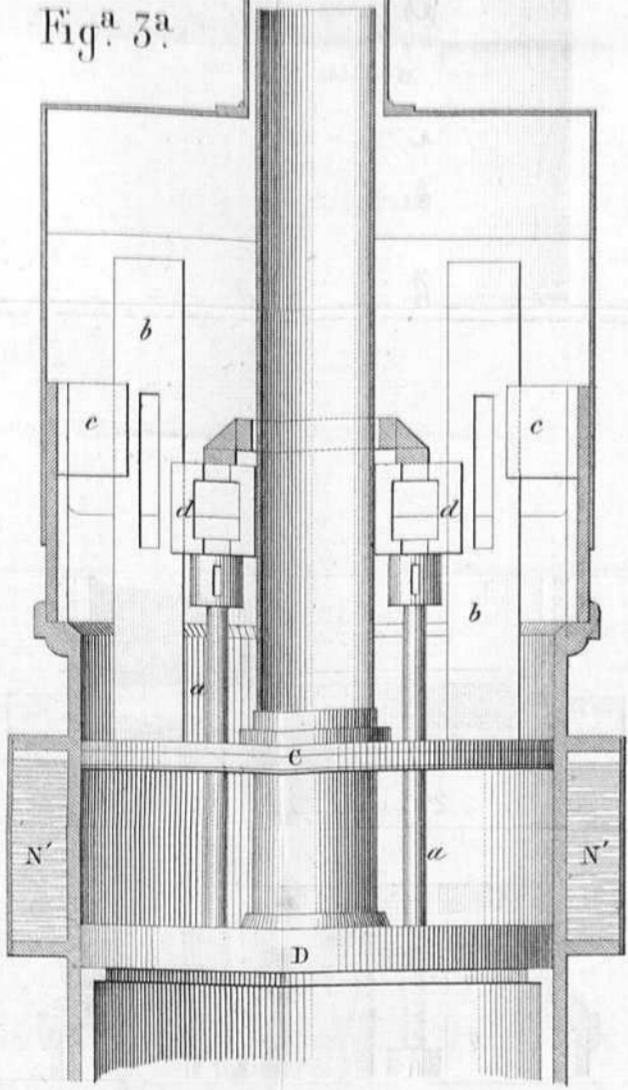
den hacerse de estas máquinas son tantas, como industrias hay en que no son necesarias fuerzas superiores á ocho caballos. Citarémos entre otras, la elevacion de agua p^a riego y demas usos: las fábricas de chocolate, fideos, clavaron, aserrado de maderas, imprentas, molinos de granos, minerales ó aceites, y en fin toda pequeña industria que requiera un motor economico, sencillo y de poco volumen.

G. R.



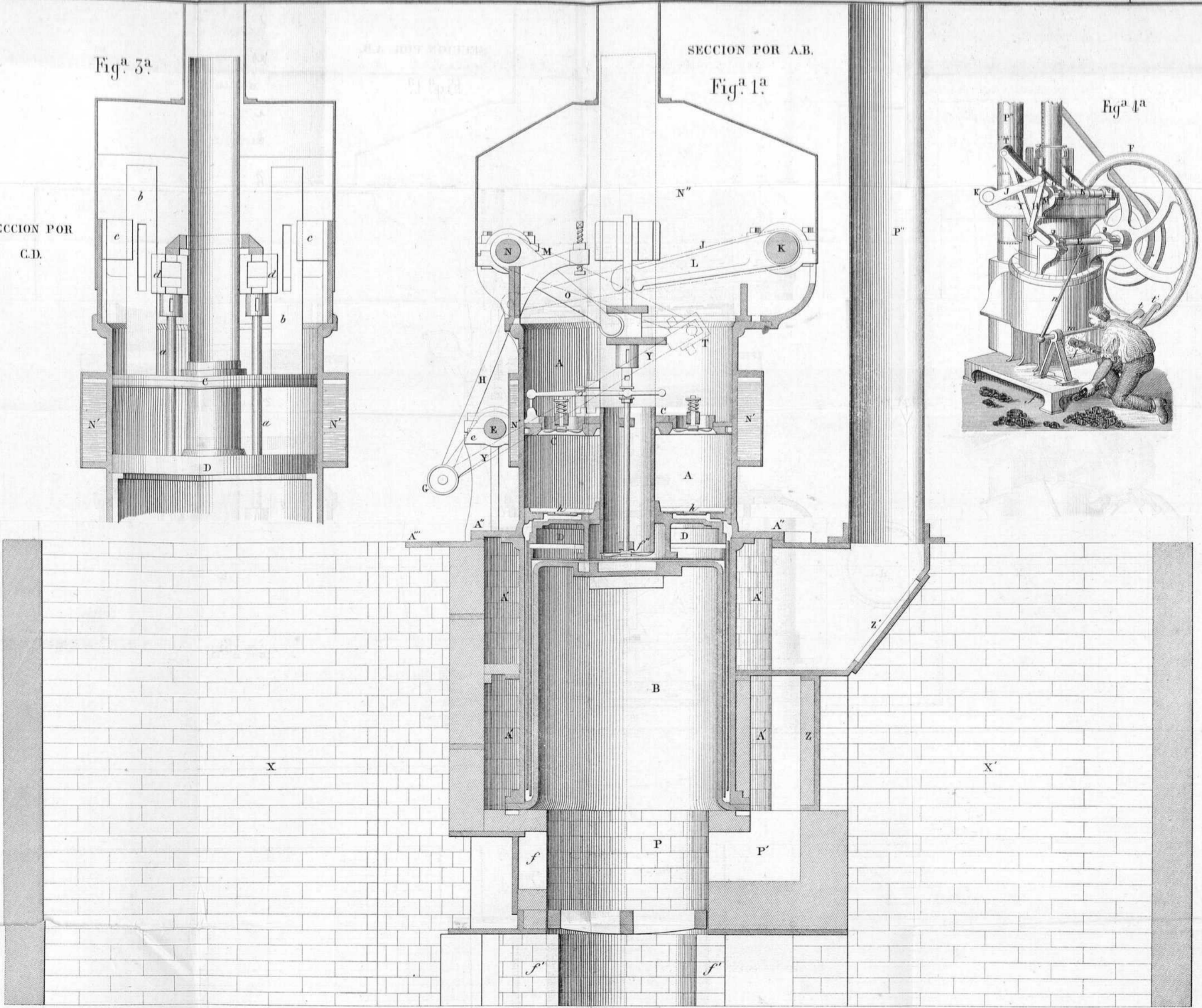
Fig^a 3^a

SECCION POR
G.D.

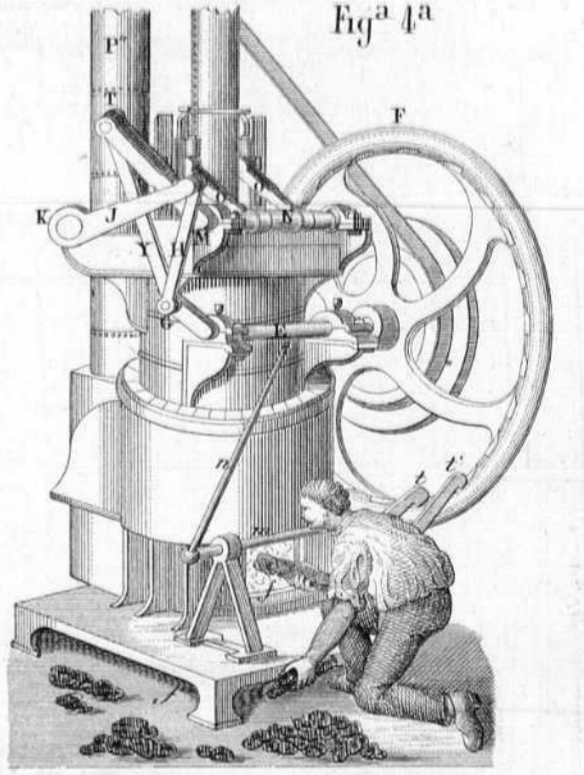


SECCION POR A.B.

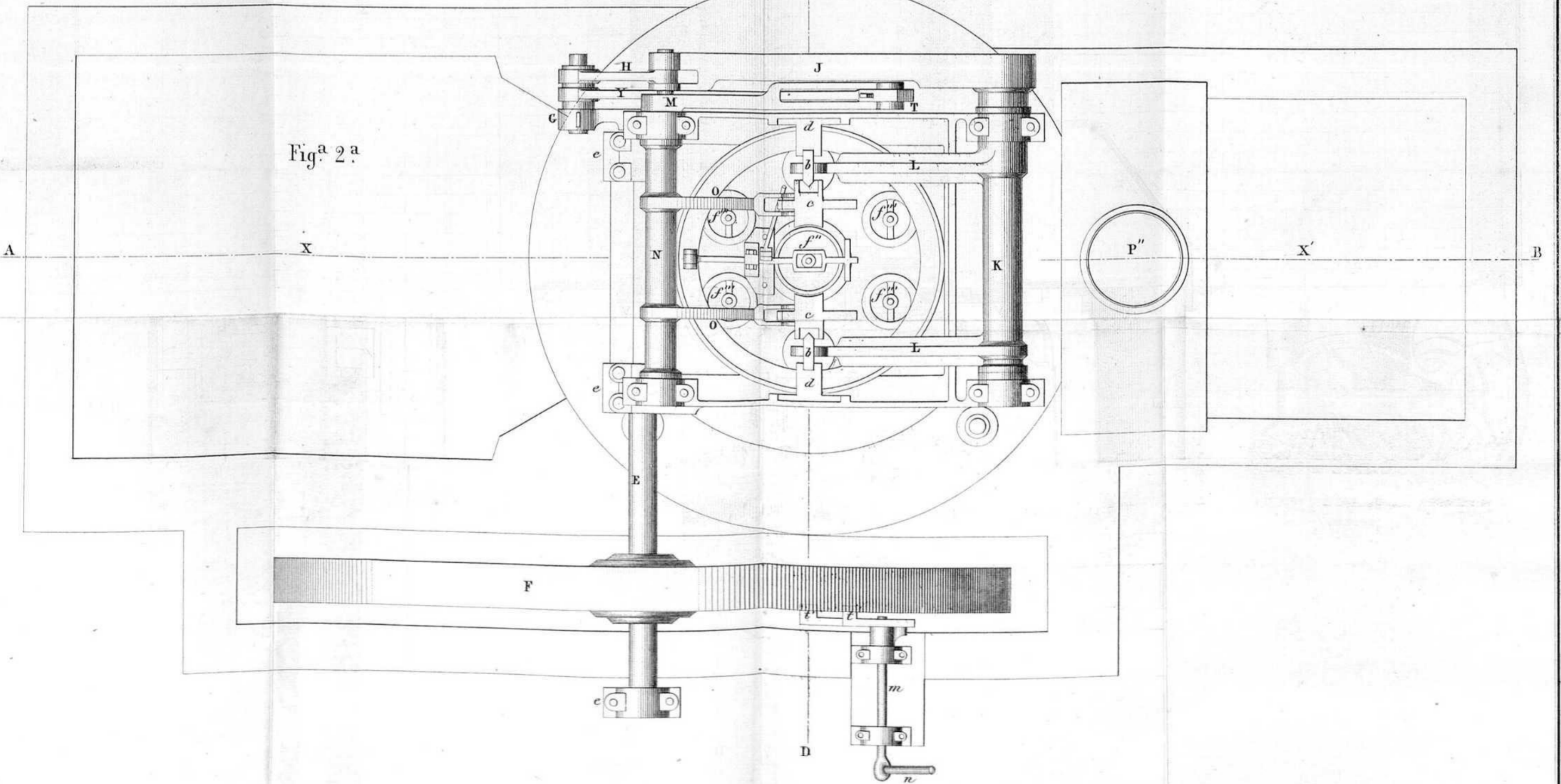
Fig^a 1^a



Fig^a 4^a



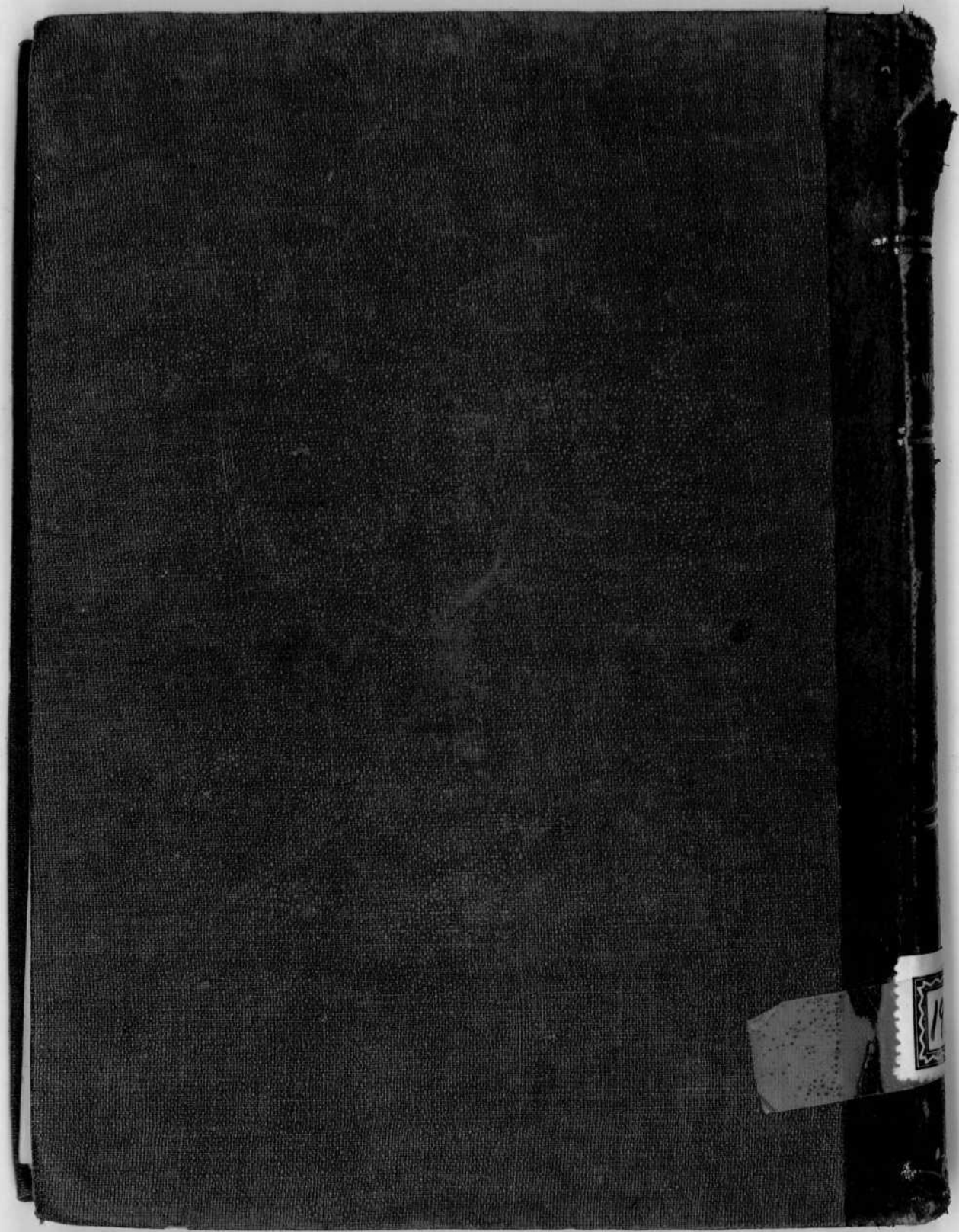
Fig^a 2^a











1919

CURSO

DE

MECANICA

J. N.

1919 16