

---

# PANTÓGRAFO DE REGLA

---

## I

En la esposicion internacional de Santiago de 1875, presenté el modelo de un pantógrafo de mi invencion, que obtuvo un premio de primera clase. Aunque este instrumento es de una gran sencillez, su construccion ha presentado en Santiago los inconvenientes propios de todo pais nuevo, en donde, a la escasez de operarios i medios de construccion, se agrega el inconveniente económico de la escasez de venta, por el poco número de personas que se ocupan en trabajos topográficos, i, mas todavia, por las reducidas necesidades respecto de copias de planos.

Tanto esta causa como la pereza, i aun puedo decir la repugnancia del autor para ocuparse, con un fin comercial, de cualquiera obra, inventada a hecha, una vez que las ha dado a conocer, han tenido abandonada a esta idea. Pero, creyendo ahora que seria útil el darla a conocer de nuevo, me propongo consignar la esplicacion de dicho instrumento en las pájimas de los ANALES DEL INSTITUTO DE INJENIEROS, a fin de que el que lo tenga a bien saque de aquí el provecho que pueda, pues mi objeto no ha sido, ni es, ni será jamas otro que el de estender el conocimiento de una idea útil, i en el caso presente, el de un instrumento que, a mi entender, presenta ventajas en la práctica de esta clase de operaciones.

Pero, ántes de llegar a la descripcion del instrumento definitivo, i ya perfeccionado, espondré los antecedentes que me llevaron

al resultado final, por dos razones: la primera es porque en tales antecedentes encontrará el lector la razón fundamental del instrumento; i la segunda porque el conocimiento de dichos antecedentes pondrá de manifiesto algunos medios simplísimos para la copia de un plano.

## II

Supongamos que se trata de copiar el plano de una línea angulosa  $o a b c d f g h i$  (figura 4) trazada sobre una hoja de papel  $m n$ . Colóquese sobre dicha hoja otra transparente  $M N$ , i clávese en el punto de partida  $o$  un alfiler, en el que se pondrá la argolla de una cinta metálica  $o p$ , dividida en milímetros desde la argolla inclusive. Tendida la cinta de manera que el borde de las divisiones coincida con el primer elemento recto  $o a$ , se verá qué division es la que cae sobre el punto  $a$ ; i si la copia ha de hacerse, por ejemplo, al doble, se buscará en la cinta la division que indique el doble de la distancia  $o a$ , i se marcará el punto A. Si la copia hubiera de ser al triple, cuádruple, etc., el punto A se marcará tres, cuatro, etc. veces mas distante de  $o$  que el punto  $a$ . Haciendo en seguida pasar la cinta por el segundo vértice  $b$  de modo que tome la posición  $o q$ , se marcará el punto B, como anteriormente el A. Las sucesivas posiciones  $o r$ ,  $o s$ , etc. de la cinta nos darán los puntos C D, etc., doblemente distantes de  $o$ , respecto de  $c d$ , etc. Es evidente que, siendo los triángulos  $o A B$ ,  $o B C$ ,  $o C D$ , etc., respectivamente semejantes a los  $o a b$ ,  $o b c$ ,  $o c d$ , etc., las líneas A B, B C, C D, etc., serán paralelas i respectivamente proporcionales a las  $a b$ ,  $b c$ ,  $c d$ , etc. Luego, la línea O A B C D... es la copia al doble de  $o a b c d e$ .

## III

Si, al contrario, se quisiera copiar un plano reduciéndolo a la mitad, la cuarta parte, etc., emplearíamos un procedimiento inverso. Haciendo pasar la cinta por los puntos A, B, C, D, etc. del plano por copiar (figura 4), marcaríamos los puntos  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ , etc. de la copia.

## IV

En caso de no emplear papel transparente, no se puede poner la hoja de la copia sobre el plano por copiar. Entónces se colocará una hoja en pos de la otra, como se vé en la figura 2, en donde la copia  $A B C D \dots$  es tres veces mayor que  $a b c d \dots$ . El procedimiento es del todo análogo al antedicho, tanto para reducir como para ampliar las copias.

## V

En vez de la cinta puede emplearse una regla achaflanada dividida en milímetros, tal como se vé, por ejemplo, en la figura 3. Aquí una hoja de papel está sobre la otra, i la regla  $o p$  jira en torno de un punto mas o ménos central  $o$ . El plano por copiar puede ser  $a b c d e \dots$  trazado en la hoja  $m n$ , i la copia  $A B C D \dots$  en la hoja  $M N$ , o vice-versa. Una primera posicion de la regla  $o d$ , nos daría el punto  $D$ ; otra posicion  $o e$ , nos daría el  $E$ ; i así sucesivamente. Haciendo pasar la regla por todos los vértices  $f, g, a, b, c$ , tendríamos los vértices correspondientes de la copia  $F, G, A, B, C, D$ .

De la misma manera podríamos fijar todas las líneas i puntos interiores del plano  $a b c d \dots$ .

La hoja  $m n$  debe ser, en este caso, transparente; pero no empleando de este papel, podrá procederse como queda indicado en el párrafo IV.

## IV

Siendo mui engorroso, en la práctica, el hacer ya la reduccion, ya la ampliacion de las distancias, en cada punto, imaginé una regla que dá las distancias reducidas o ampliadas, con los mismos números correspondientes a los puntos del plano por copiar. La figura 4 representa la regla así modificada,  $A B$ . El punto en torno del cual jira es  $C$ . El chaflan  $m n$  está dividido en milímetros. Paralela a este chaflan tiene la regla una ranura  $o$ , en la cual resbala la corredera  $X$ , que lleva una punta  $T$  para marcar los puntos en el papel, i una aguja horizontal  $X V$  en frente de

$T$ , que señala los puntos de division de las líneas  $p$ ,  $q$ , paralelas a la ranura. Cada division, en la primera de estas líneas, corresponde a dos de la del chaflan  $m n$ ; las de la línea segunda,  $q$ , corresponden a tres, etc. Por manera que si la copia es de 1 : 2 se operará con la primera línea  $p$ , moviendo la corredera hasta que el índice  $X V$  toque a la division o número correspondiente al de milímetros entre el centro  $o$  i el punto que se trata de copiar. Si la ampliacion es de 1 : 3, se empleará la segunda línea, etc.

Para obtener copias reducidas, se operará de un modo inverso, haciendo que la punta o estilo  $T$  marque los puntos del plano por copiar, i marcando en el chaflan  $m n$  las divisiones correspondientes a las señaladas por el índice  $X V$ .

## VII

Por lo espuesto se vé que lo que produce la copia es un par de líneas, a saber: la línea del chaflan  $m n$  (figura 4) pareada con cualquiera de las  $p$ ,  $q$ ,  $r$ ,  $s$ . Es como si dijéramos *un par de reglas* cuyas divisiones guardan, en sus longitudes respectivas, la misma proporcion que las líneas del plano orijinal i la copia. Esta consideracion me hizo dar al par de reglas la disposicion que se vé en la figura 5. Las dos reglas son  $o A n$  i  $o a m$ , i están unidas en el extremo  $o$ , de manera que sus chaflanes se hallen en una misma línea recta. El largo de la una así como la longitud de sus divisiones, es la mitad del largo i de la longitud de las divisiones de la otra: por manera que la division correspondiente a una cifra numérica cualquiera de la regla  $o F$  dista de  $o$  el doble que la division de la regla  $o f$  con la misma cifra.

Ahora, para operar con el instrumento bajo esta nueva forma, supongamos que se trata de copiar el plano  $A B C D E F G H I J$  reduciéndolo a la mitad de su escala. Haciendo pasar el chaflan de  $o A n$  por el primer vértice  $A$ , la regla cortará ademas al lado  $E F$  en el punto  $n$ . Viendo en seguida qué divisiones caen sobre  $A$  i  $p$ , marcaremos los dos puntos correspondientes  $a$  i  $m$  en las divisiones que en el chaflan  $o a m$  tengan los mismos números que las anteriores. Haciendo jirar la regla en torno del punto  $o$ , de modo que el chaflan  $o n$  pase sucesivamente por los vértices  $B$ ,  $C$ ,  $D$ ... obtendremos los puntos  $b$ ,  $c$ ,  $d$ ... que serán los vértices

de la copia. La razon jeométrica está a la vista, pues, si consideramos, por ejemplo, dos posiciones consecutivas de la regla  $A o a$  i  $J o j$ , tendremos los dos triángulos  $A o J$  i  $a o j$ , semejantes, por tener los ángulos opuestos en  $o$  iguales, formados por lados respectivamente proporcionales. Luego el tercer lado  $ja$  es paralelo al homólogo  $JA$ , i se encuentra con él en la proporcion de  $\frac{1}{2}$ . Lo mismo puede decirse de todos los demas lados.

Se notará, sí, que la copia resulta invertida respecto del original, ni mas ni ménos como la imájen de un objeto cualquiera en la cámara oscura, pues, en ambos casos, copia e imájen son producidas por líneas que se cortan en un punto intermedio.

## VIII

Bajo esta última forma, el instrumento es de mucho mas sencillo i fácil uso que bajo las anteriores; pero todavia se le puede simplificar mas, quitándole las divisiones en uno i otro chaflan. Luego vamos a ver cómo, sin necesidad de que las reglas estén divididas, el instrumento puede dar las copias, en la proporcion que se quiera.

La figura 6 representa al pantógrafo ya mas perfeccionado. La parte inferior de la figura es la proyeccion horizontal i la superior la vertical, mirada por el lado en donde está el centro de revolucion del instrumento, que es el punto  $O$  en la proyeccion horizontal. En el círculo  $o$  entra un disco de metal o de madera, que es el que se fija de firme sobre el tablero en que se hace la copia, por medio de cuatro tornillos de punta de aguja.

La proyeccion horizontal de la figura 6 representa una armadura de metal o de madera  $AB$ , de la que solo es maciza la parte central, a fin de hacerla mas liviana i manejable. A igual distancia de la línea media que pasa por el centro  $O$ , hai, a uno i otro lado, dos poleas horizontales  $C$  i  $D$ , que en la proyeccion vertical son  $c$  i  $d$ . Con los ejes de revolucion de dichas poleas forman cuerpo dos pilares de seccion cuadrilateral, representados en  $e$  i  $f$  (proyeccion vertical). Otros dos pilares hai implantados de firme en  $H-h$  e  $I-i$ , cuyos vértices están unidos, por medio de bisagras, con las piezas  $M-m$  i  $N-n$ , que cerrándose caen sobre los vértices

$f$   $g$  de los otros pilares, cuyas espigas superiores entran en las sendas caladuras de los extremos de  $m$  i  $n$ . Con esto se consigue la necesaria firmeza de los pilares  $f$ ,  $g$ . La pieza  $m$  está abierta a  $45^\circ$ , i la  $n$ , cerrada. En la proyeccion horizontal se vé, en  $G$ , las cabezas de las espigas del pilar  $E-e$ .

En cada uno de los vértices  $f$  i  $g$  hai una caladura, i en ellas entran los extremos del eje del cilindro  $P Q-p q$ , cuyas estremidades son dentadas a  $45^\circ$ , i engranan respectivamente en las ruedas  $C$ ,  $D$ , tambien dentadas a  $45^\circ$ , i unidas a las poleas sobre que se encuentran. Por manera que la revolucion del cilindro  $P Q-p q$  hará jirar las poleas en sentido contrario. El cilindro tiene tantos dientes en un extremo como en el otro; pero, aunque los dientes de las ruedas son iguales en dimencion, no lo son en número. Como el radio de  $C$  es la mitad del de  $D$ , los dientes de aquella rueda serán tambien la mitad, en número, de los de la rueda  $D$ . Por consiguiente, al jirar el cilindro  $P Q$ , la velocidad con que se mueve la rueda  $C$  será doble de la con que jira la rueda  $D$ .

Concíbase ahora una cadena o cuerda sin fin, en torno de cada polea  $C$  i  $D$ , de manera que una de las cuerdas pase por la roldanilla  $A-a$  i la otra por la  $B-b$ . Estas roldanillas llevan sendos tornillos que entran, uno en la pieza  $U-u$  i el otro en la  $V-v$ , piezas ambas adaptadas de firme a la armadura del instrumento. Las tuercas  $X-x$  i  $Z-z$ , sirven para retirar del centro las roldanillas i mantener así tirantes las cuerdas sin fin. Cada una de éstas lleva una pieza  $R-r$  i  $S-s$ , armadas de sendas puntas  $T-t$ , que rosbalan contra el borde de  $A B$ .

Es evidente que, haciendo jirar el cilindro dentado  $P Q$ , las ruedas con las poleas  $C$  i  $D$  jirarán, como queda dicho, con velocidades invariablemente proporcionales a los números de dientes de las ruedas; i un punto cualquiera de la cuerda sin fin de  $C$ , por ejemplo, se separará del centro, o se acercará a él, una cantidad doble de la que se separa o se acerca un punto de la cuerda de  $D$ , en un número cualquiera de revoluciones del cilindro  $P Q$ . Por manera que, aun cuando la regla  $A B$  no esté dividida, como las que hemos considerado últimamente, podremos con ella hacer la copia de un plano, tal como está indicado en la figura 5. Para ello,

pondremos el plano por copiar a un lado i el papel que ha de recibir la copia al otro. Moviendo el cilindro  $PQ$ , de manera que el índice  $t-r$  se halle sobre un punto del plano, marcaremos con la punta  $T-t$  el punto correspondiente de la copia. En seguida se moverá el instrumento en torno del ojo  $o$ , i haciendo jirar al cilindro  $PQ$  hasta que  $R T$  se halle sobre otro punto del plano, estaremos seguros de que el otro índice  $S T$  se habrá retirado del centro  $o$ , o acercado a él la mitad de la distancia recorrida por  $R T$ . Por consiguiente, esta segunda posición de  $ST$  corresponderá a la misma de  $RT$ , en la copia, reducida a la mitad de la escala. Así podremos seguir trasportando sucesivamente los demas puntos, teniendo entendido que, en cada posición del instrumento, se trasportarán todos aquellos puntos del plano por copiar por donde pase el borde  $o A$ .

Hemos supuesto que el número de dientes de la rueda  $D$  sea doble del de  $C$ , lo cual nos ha dado una copia reducida a la mitad, por haber puesto el plano por copiar a la izquierda  $o A$ . Si lo ponemos a la derecha,  $o B$ , resultará la copia ampliada al doble.

Haciendo la rueda  $C$ , de quitar i poner, i colocando en su lugar otra cuyo número de dientes sea la tercera parte, por ejemplo, del número de dientes de la  $D$ , resultarian copias reducidas a  $1/3$  o ampliadas tres veces. En consecuencia, si tenemos una serie de ruedas que calcen en el pilar  $/$  i cuyos dientes sean diversamente proporcionales en número con los de  $D$ , nos resultarán otros tantos instrumentos, cada uno de los cuales dará copias reducidas o amplificadas de otras tantas maneras diversas.

Como, aumentando o disminuyendo el diámetro de la rueda  $C$ , sus dientes se acercarán al centro o se retirarán de él, seria necesario tener tantos cilindros  $PQ$  como ruedas  $C$ ; pero un solo cilindro bastará para todas las ruedas  $C$ , construyendo aquél como está indicado en la figura. El cilindro consta de tres partes: la primera es la  $J-j$ , que está unida al eje de revolución i al centro  $P-p$ , cuya sección es un cuadrado. La segunda es la parte cilíndrica  $Q$ , dentada como la  $J$ , que se puede quitar de la parte cuadrangular  $P$ , acercar a  $J$ , o retirarla a voluntad. Por fin, la tercera parte es una rueda del mismo diámetro que el cilindro, con un ojo cuadrado, en donde entra  $P-p$ . Esta rueda sirve para llenar la

cavidad  $P$ ; i bien se echa ver que los extremos dentados  $Q$  i  $J$  se acercarán o apartarán, segun sea el espesor de la antedicha rueda. Una coleccion de éstas, de seis u ocho, de diversos espesores, permitirá modificar el instrumento otras tantas veces, hermanando cada una de ellas con su correspondiente dentada en  $C$ . Es innecesario decir que, de estos últimos pares, la rueda de menor espesor en  $P$  corresponde a la de mayor diámetro  $C$ .

## IX

Aunque el instrumento tal como queda últimamente descrito, presenta grandes ventajas, tiene el inconveniente de no dar *líneas continuas*, sino solamente puntos, mas o ménos cercanos de las líneas curvas, tan comunes en los planos de haciendas. De aquí es que con este instrumento no se puede, a veces, trabajar rápidamente, por lo cual lo deseché, como los anteriores; i apoyado en el mismo principio fundamental, di a las reglas otra disposicion, en la cual la regla que une un punto cualquiera del plano por copiar con el punto correspondiente de la copia, es una línea imaginaria.

Échese la vista sobre la figura 7, i se verá un par de lozangos  $ABCO$  i  $ODEF$ , con los ángulos en  $O$  opuestos por el vértice, i por consiguiente, con los lados  $AB$  i  $AC$  respectivamente paralelos tanto a  $CO$  i  $DO$  i  $BO$  i  $EO$ , como a  $EF$  i  $DF$ . Si trazamos la diagonal  $AO$  i  $FO$ , resultará cada lozango dividido en dos triángulos iguales i semejantes con los del otro lozango. En consecuencia, los lados  $AO$  i  $FO$  estarán en la misma proporcion que  $BO$  i  $EO$  i que  $CO$  i  $DO$ , cualesquiera que sean los ángulos de los lozangos. Si suponemos ahora otra posicion de éstos, tal como la  $abco$  i  $odef$ , resultará tambien que los puntos  $a$  i  $f$  distan del centro  $o$  en la misma proporcion de las distancias  $co$  i  $bo$ , que es la de  $CO$  i  $BO$ . Luego podemos considerar a las líneas imaginarias  $AOF$  i  $aof$  como dos posiciones de la *regla copiadora*, cuyo centro de revolucion es  $o$  i los puntos por donde pasa en el plano por copiar son, por ejemplo,  $A$  i  $a$ . La copia ampliada de la línea  $Aa$

será la  $Ff$ , de tal manera que, si los lados del lozango  $ABC$  o son la mitad, la tercera parte, etc. de los del  $ODEF$ , la ampliación de la copia será al doble, al triple, etc.

Fundado en el antedicho principio, he dispuesto los tres pares de reglas  $AB$  i  $AC$ ,  $BE$  i  $CD$ ,  $DF$  i  $EF$  (figura 8), articulándolas por medio de clavijas, de manera que formen los dos lozangos  $ABCO$  i  $ODEF$ , lo cual nos dá un pantógrafo distinto del últimamente descrito, pero fundado en el mismo principio de la *regla copiadora*. Esta es aquí la línea imaginaria  $AOF$ . En los extremos  $A$  i  $F$  hai sendos lápices verticales, uno de los cuales recorre los puntos o líneas del plano por copiar, i el otro dá la copia. Todo el instrumento jira en torno del punto  $O$ , en que las reglas centrales  $BE$  i  $CD$  están traspasadas por una clavija, la cual se halla embutida perpendicularmente en un disco  $P$ , que se fija al tablero por medio de tornillos de aguja. Merced a las articulaciones, los lozangos  $ABCO$  i  $ODEF$  pueden variar en sus ángulos, pero no en sus lados; por consiguiente, en las diversas posiciones del instrumento, al jirar en torno de  $O$ , los puntos  $A$  i  $F$  se acercarán al centro  $O$ , o se retirarán de él; mas, conservándose a distancias que guardan siempre la misma proporción que las líneas o distancias  $EO$  i  $OD$ . Por consiguiente, si éstas se hallan en la proporción de  $1/2$ , el lápiz  $A$  recorrerá, por ejemplo, una línea  $mna$ , que será la copia, reducida a la mitad, de la línea  $MNf$ .

Como se vé, el instrumento, en esta forma, no dá ya, como los anteriores, solamente puntos discontinuos, sino líneas continuas, para lo cual los ángulos de los lozangos tienen que variar de un punto u otro, como se vé en las dos posiciones  $ABOEF$  i  $abOef$ .

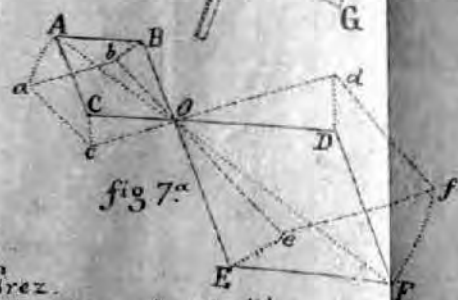
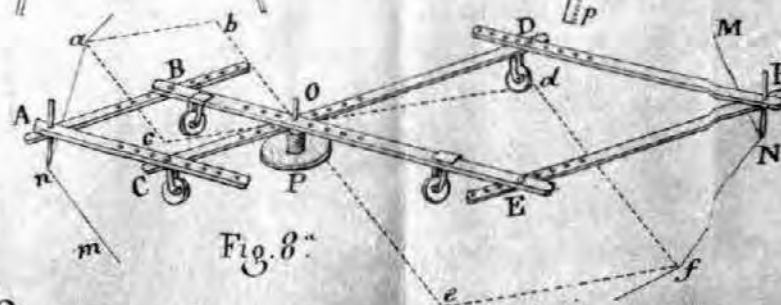
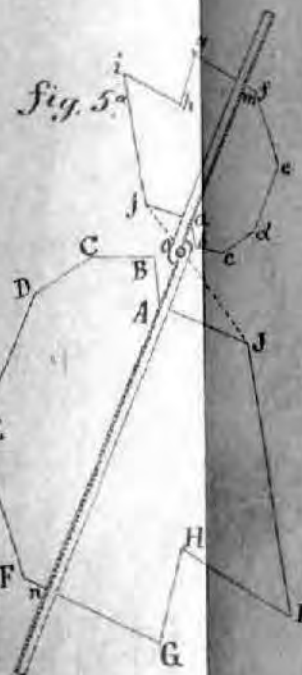
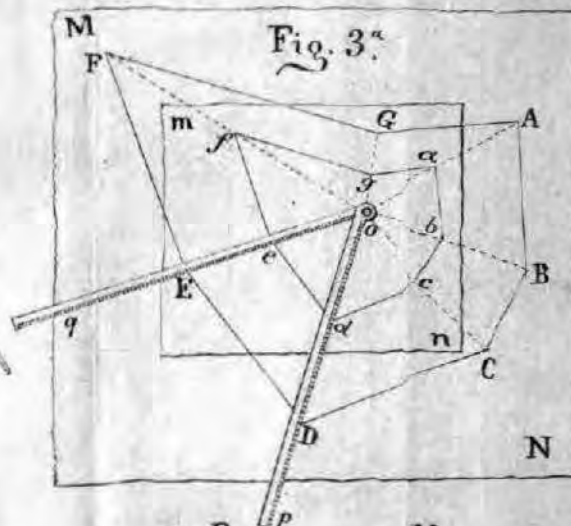
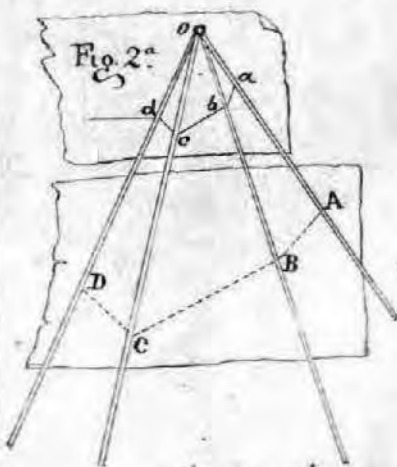
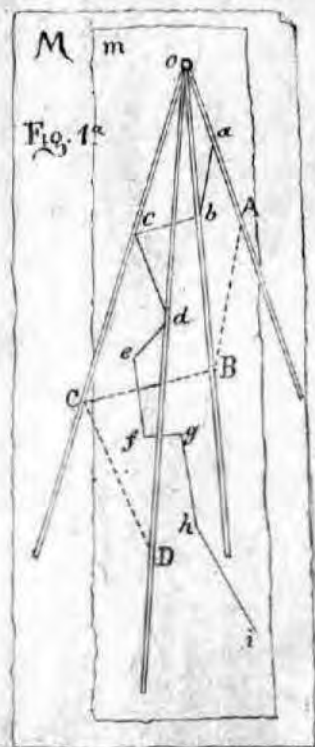
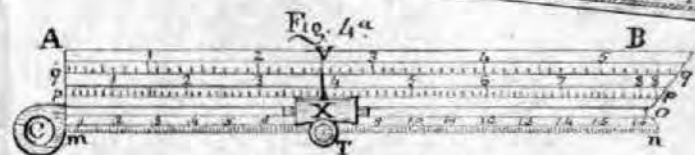
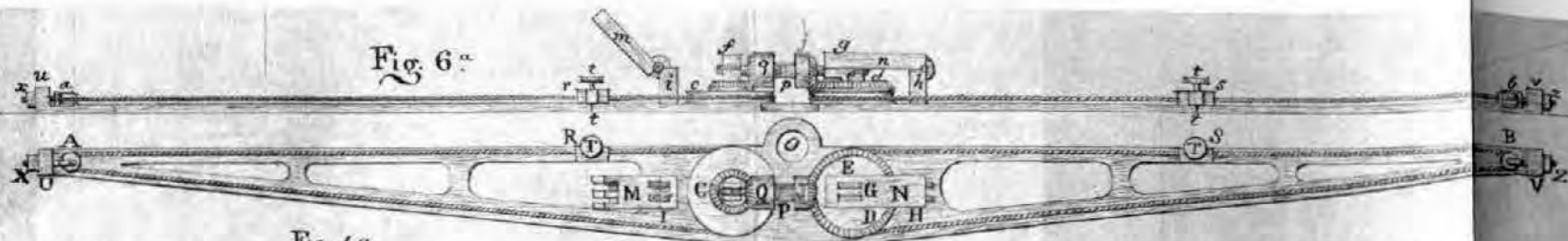
A fin de facilitar el movimiento, las reglas centrales  $BE$  i  $CD$  van provistas de ruedecillas, que jiran sobre el tablero.

Así, pues, si, fijo el centro de rotación en  $P$ , hacemos que la punta  $F$  recorra la línea  $MNf$ , el lápiz  $A$  trazará la copia  $mna$ , reducida a la mitad, porque  $EO$  es la mitad de  $OD$ . Si se quisiera obtener una copia en otra proporción, se daría esta misma pro-

porcion a las partes en que las reglas centrales quedan divididas por la clavija *O*, colocando ésta en el correspondiente agujerillo de los que cada una de las reglas *B E* i *C D* van provistas. En seguida se formarán los lozangos, variando convenientemente las articulaciones *B*, *C*, *D* i *E*, para lo cual tienen tambien las reglas *A B*, *A C*, *D F* i *C E* los correspondientes agujerillos.

DANIEL BARROS GREZ.





**Pantógrafo de regla** - Invención de Daniel Barros Grez.  
(Premio de primera clase, en la Exposición internacional de Santiago, de 1875).