

5.º «No se debe repetir la misma cifra en un mismo faro». (Esto excluye las combinaciones 252, 311, etc.)

También indica, como medio de hacer más claro el número distintivo de cada faro, la conveniencia de emplear al final un eclipse de mayor duración que los demás.

Siguiendo estas reglas se pueden obtener cinco señales de un solo grupo, ó de una sola cifra, 28 de dos y 60 de tres, ó sea en total 93 aspectos distintos; pero convendría siempre no utilizar más que los que tuvieran un número reducido de destellos, para evitar la pérdida de intensidad en éstos.

Como aplicación se pueden citar el faro de primer orden de «Cap Charles» (Virginia, Estados Unidos de América) y el de Minot's Ledge de segundo orden. El primero presenta el núm. 45 y el otro el núm. 143 (1).

Nos hemos extendido en el detalle de este sistema porque, aun cuando todavía no se ha admitido en Francia ni en Inglaterra, tiene un fundamento muy racional y parece susceptible de útiles aplicaciones, siendo tal vez muy conveniente para estuarios y ríos, como indicaba Douglass en 1893.

IV.—Resumen.

Vemos por lo anteriormente expuesto las variaciones en las ideas fundamentales y en los procedimientos de aplicación, á que se ha llegado en el alumbrado marítimo hoy día, comparando con las existentes hace siete años, y antes de dejar este punto debemos señalar una vez más la tendencia á multiplicar las luces de todas clases que valizan las costas, satisfaciendo las justas demandas de todos los marinos, y dando la debida importancia á las enormes cifras que hoy representa el comercio marítimo en todas las naciones (2), cuya principal garantía consistiere dicho alumbrado. En Inglaterra se ha llegado á expresar en algún documento (con la indiscutible autoridad del Lloyd) que «la supremacía mercantil de aquel país está en gran parte sostenida por la relativa inmunidad para vidas y haciendas, que asegura al marino y al comerciante el perfecto sistema de luces de sus costas».

(Se continuará.)

JOSÉ ALBELDA.

UN NUEVO PLANÍMETRO ⁽³⁾

II

Constituída la combinación cinemática como en el anterior artículo quedó expuesto en su parte esencial, vemos que la ruedecilla valuatora se moverá de modo que jamás haya de originarse deslizamiento de su borde sobre el plano de dibujo, sobre el cual, *por ahora*, la supondremos siempre apoyada. En esta circunstancia se funda la denominación de *planímetro cartesiano de valuación tangencial*, con la que ha sido presentado el nuevo instrumento á la Real Academia de Ciencias exactas, físicas y naturales (4), aludiendo así á su fundamento inmediato en las coordena-

das cartesianas, como á la consideración de que la rueda se mueve *tangencialmente* á la curva descrita por su punto de contacto con el dibujo ó curva *cuadratriz*, á diferencia de lo que acontece en los planímetros de Amsler, Wetli y Starke, Deprez y otros, basados en el mismo principio cinemático. Más brevemente, podría denominarse *planímetro tangencial*; pues aunque este nombre escueto no resulta por sí mismo justificado, como quiera que se deriva por abreviación del anterior, ya más razonable, podría adoptarse convencionalmente sin inconveniente alguno, á mi juicio.

Sea de ello lo que quiera (que al uso corresponderá la elección de nombre en definitiva, dado que el uso llegue á apoderarse del aparato), pasemos á discutir las condiciones teóricas fundamentales de la combinación, así como las disposiciones y mecanismos auxiliares que permiten realizarla prácticamente del modo más adecuado.

Las condiciones teóricas de aplicación del nuevo instrumento son por demás ventajosas, con respecto á cualquiera otro de los de su género.

En primer término, descuella la gran sencillez de su teoría, lo cual siempre es motivo de preferente estimación. Aun cuando el que aplica un instrumento no necesita, para el hecho material de la operación, conocer otra cosa que el modo de practicarla y de interpretar los resultados, á nadie se oculta que esta práctica á ciegas nunca es prudente, y que todo buen operador científico debe ser él mismo en cada momento inspector y director del exacto funcionamiento de sus aparatos. Y claro está que cuanto más sencillo es el principio teórico de una combinación de éstas, más fácil es el examen continuado y la verificación permanente de su regular funcionamiento.

Por lo que respecta á la clase de figuras á que resulta aplicable, consideremos los dos tipos que se presentan á la medición en las diversas investigaciones y cálculos usuales: ó se trata de un contorno plano cerrado por un perfil curvilíneo, un eje y las dos ordenadas extremas (fig. 3); ó bien de uno cerrado de una manera cualquiera (figs. 4 y 5).

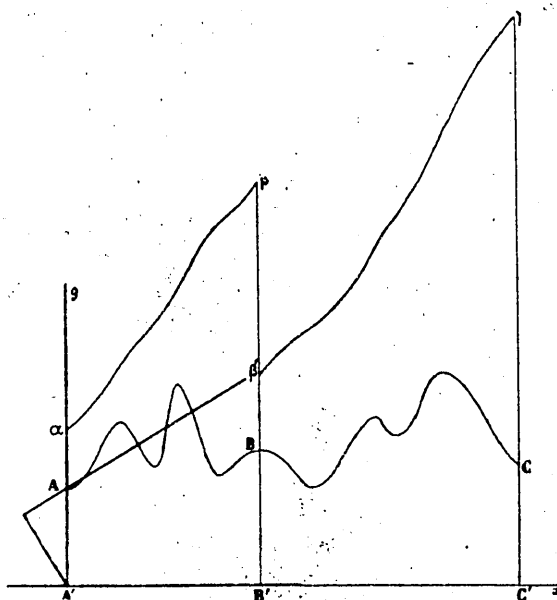


Figura 3.

Si suponemos el caso de la fig. 3, la misma teoría fundamental ya expuesta nos dice que bastará recorrer con el punzón el perfil ABC y trazar la curva cuadratriz corres-

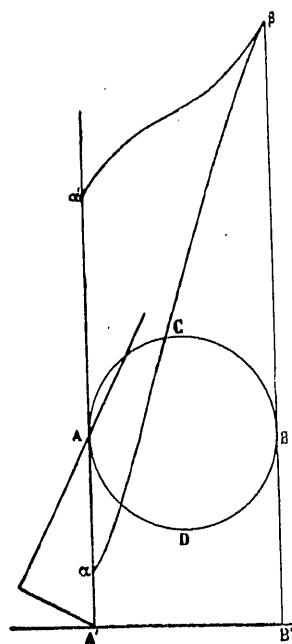
(1) Véanse las figuras 15 y 16, referentes á otras combinaciones.

(2) Según *The Navy League* (Junio 1897), el valor del comercio marítimo anual en millones de libras esterlinas, podía evaluarse en las cifras siguientes: Inglaterra, 954; Francia, 290; Alemania, 150; Rusia, 70; etc. El valor de las flotas mercantes lo fijaba la citada revista en 150 millones para Inglaterra y 10,6 para Francia.

(3) Véase el número de 5 de Noviembre de 1896.

(4) Véase el último anuario de dicha Academia.

pendiente $\alpha\beta\gamma$ para obtener la integral $\int_{x_0}^{x_1} y dx$, ó sea el área total $ABCC'A'$, con tal que la regla fija X del instrumento se haya ajustado al eje xx . Y si por las dimensiones en altura del perfil hubiese convenido colocar dicha regla más alta ó más baja, á condición de haberlo sido paralelamente al eje, á una distancia conocida $\pm l$, es evidente que obtendríamos aquella misma integral aumentada en el rectángulo $\pm l(x_1 - x_0)$. En uno y otro supuesto, resulta una importante economía de tiempo y de trabajo á más de una menor probabilidad de cometer errores; pues como se ve, es innecesario para cuadrar una figura de estas condiciones, recorrer tres de los cuatro lados del contorno, lo que es indispensable con casi todos los planímetros usados. Así, este instrumento es, por tal concepto, sumamente apropiado para la integración de los diagramas dados por los numerosos aparatos registradores, tan generalizados hoy: termometrógrafos, barometrógrafos, mareógrafos, dinamometrógrafos, etc., etc.



(Fig. 4.)

áreas, esto es, la del círculo.

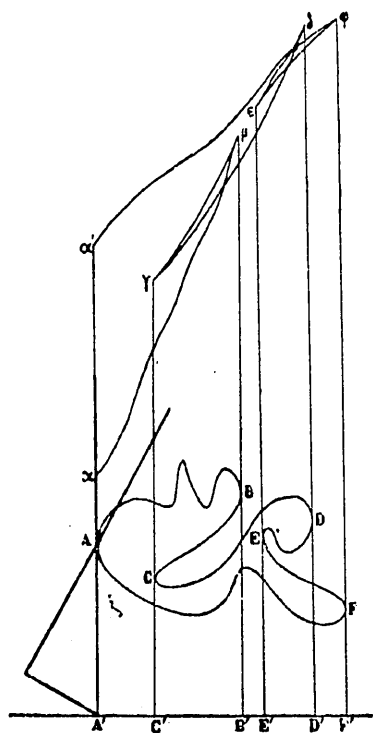


Fig. 5.

Si el contorno fuese enteramente irregular (fig. 5), no es menos fácil reconocer que, exactamente como en el caso anterior, al volver el punzón á la posición de partida, el contador no acusará sino el área encerrada en el contorno descrito. La simple inspección de la figura muestra cómo el contador, al trazar la rueda valuadora la cuadratriz total, $\alpha\beta\gamma\delta\epsilon\varphi\alpha'$, totalizará, sumando algébricamente los arcos $\alpha\beta, \beta\gamma, \dots, \varphi\alpha'$, las áreas comprendidas entre los arcos correspondientes del contorno, el eje y los respectivos pares de ordenadas extremas; áreas cuya suma algébrica es á su vez igual á la encerrada en el contorno $ABCD EFA$.

En otro orden de consideraciones posee este integrador una condición de valor inestimable, que no posee ningún otro de los conocidos; y es que, siendo á la vez integrador numérico é intégrafo que traza la curva

$$Y = \frac{1}{a} \int dx \sqrt{f(x)^2 - a^2 + c}$$

ó cuadratriz, podemos hallar en esta curva un medio de verificación á posteriori de la exactitud con que ha sido efectuada la operación. En los planímetros comunmente usados, ó se realiza una transmisión de movimientos por simple contacto (de Corradi, de Wetli y Starke), ó la rueda valuadora ha de moverse deslizando y girando á la vez (de Amsler, de Wetli y Starke, de Deprez). Sin esfuerzo se comprende que una y otra circunstancia dejan ancho margen á la producción de falsos movimientos que conduzcan á groseros errores accidentales, imposibles de reconocer por ninguna indicación, ni durante la operación ni terminada que sea ésta, puesto que nunca queda huella ni rastro alguno de los movimientos efectuados. No así en el planímetro que discutimos; ninguna de aquellas dos circunstancias del movimiento figuran en su combinación, y por tanto, las transcendentales causas de error de ellas derivadas, desaparecen totalmente. Y si es cierto que aun le queda otra causa de falsos movimientos que puede conducir á errores accidentales de importancia, también es cierto, decimos, que posee un medio peculiar y segurísimo de verificación ó de rectificación.

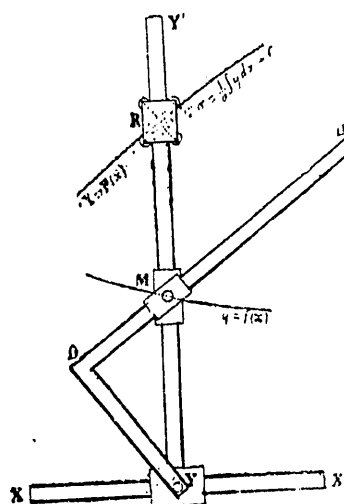


Figura 2.

En efecto; sea que dotemos al tren R (fig. 2) de un procedimiento cualquiera para que la cuadratriz quede trazada en el dibujo, lo que es enteramente hacedero y fácil, sea que nos contentemos con la huella mecánica que la misma rueda valuadora deja en el papel, la cual siempre es perfectamente visible, el hecho es que tendremos á nuestra

disposición un precioso medio indicador de la exactitud de la medida obtenida (en lo referente á los errores accidentales), en la regularidad de forma y desarrollo de dicha curva. De un lado, la dependencia tan bien definida que existe entre los puntos singulares de la cuadratriz y los de contorno (dependencia que no nos detenemos á puntualizar por considerarla evidente á la simple inspección de las figuras), así como la característica manera de variar su curvatura y su coeficiente diferencial; de otro lado, la limpieza y finura del trazo con que debe quedar señalada en el dibujo si el aparato ha funcionado bien, son indicaciones tan seguras y fáciles de apreciar, que el menor descuido, el movimiento falso más insignificante que deba producir error en los resultados de la operación, queda denunciado á la simple vista de dicha curva auxiliar, para un ojo medianamente ejercitado. Y ocioso será encarecer cuánto avalora esta condición á un instrumento de este género, destinado como está á la valuación de cantidades que, por lo general, no están sujetas á discusión posible, de la cual deba deducirse la probabilidad de la exactitud en los números obtenidos. A mi juicio, esta circunstancia es quizás la razón principal del restringido uso que de los planímetros hacen muchas oficinas científicas.

Menos importancia que las anteriores, aunque no faltan constructores y operadores que le dan alguna, tiene la condición referente á las dimensiones de las figuras á que resulte cómodamente aplicable el instrumento. Claro es que esto depende en primer término de las dimensiones elegidas para el modelo empleado; pero es también evidente que no habría ventaja en darle dimensiones exageradas si el manejo no ha de ser embarazoso por un excesivo volumen y un excesivo peso. Respecto de este particular, ocasión será más adelante de discutir ampliamente las condiciones prácticas de nuestro aparato; solamente observaremos en este lugar, que la cuadratriz no necesita ser trazada en un solo arco continuo, pudiendo serlo en varios, como muestra la figura 3, que la presenta dibujada en los dos arcos $\alpha\beta$ y $\beta\gamma$, alterando en el punto B la constante inicial de la integración. Y como esta alteración es por demás fácil de realizar, con solo dar nueva posición al carro R que lleva la rueda valuatora, es evidente que no se exigirá dar á la regla Y dimensiones exageradas, para que la X pueda ofrecer cierta amplitud de movimientos que haga más cómodo el empleo del aparato.

Viniendo ya á la discusión de las disposiciones prácticas con que el instrumento puede realizarse cumplidamente, comenzaremos por observar que no existe dificultad alguna para la ejecución de sus diferentes órganos. Parece á primera vista, por el esquema de la figura 2, que no se han tenido en cuenta para imaginar la combinación, los rozamientos perjudiciales que han de originarse en el resbalamiento de la doble corredera M á lo largo de las dos reglas YY' y LD'; mas compréndase que lo que se ha procurado evitar, tanto al describir los órganos esenciales, como al diseñar el aparato, es complicar la exposición, inútilmente por el momento, con la descripción y dibujo minuciosos de los mecanismos auxiliares, que es preferible estudiar separadamente.

Con lo cual queda dicho, sin que debamos insistir en este punto; que desde un principio se ha prescindido de ensayar toda disposición en que se originen rozamientos de primera especie, ó sea por resbalamiento, tanto para

el tren R, como para el de la base de la regla YY' y para la corredera M. En todos estos sistemas móviles apelamos á los rodillos; y si ello dificulta ligeramente la construcción y da al aparato en conjunto cierto aspecto de complicado y costoso, no es difícil convencerse de la insignificante influencia que esta circunstancia tiene en el valor práctico de sus aplicaciones.

Descartada esta cuestión, y anotando de pasada que tampoco puede nacer dificultad alguna de la ejecución de las reglas y demás órganos para dejar sentado que todas las piezas del aparato son de construcción fácil y corriente en los talleres, quedamos por examinar los dos puntos de vista esencialmente prácticos del funcionamiento perfecto de la combinación: la exacta verificación del principio cinemático fundamental y la existencia y empleo conveniente de mecanismos adecuados para transmitir constantemente la orientación debida á la rueda valuatora.

Respecto del primero de estos puntos, poca duda puede ofrecerse á quien tenga presentes las más elementales nociones sobre las leyes del rozamiento. Desde que el tren R pueda deslizarse con toda facilidad á lo largo de la regla Y, y admitiendo que tampoco de parte del mecanismo orientador pueda provenir rozamiento alguno de importancia (en su lugar examinaremos esta cuestión), es á todas luces evidente que la rueda valuatora, á poco afilado que presente el borde, se moverá exactamente como la teoría supone, verificando con todo rigor el principio cinemático admitido, esto es, el movimiento cicloidal simple sin resbalamiento de la rueda. Más aún: si observamos que el rozamiento es función de la presión, aumentando con ésta, se puede asegurar que siempre se llegaría al valor necesario de la misma para obtener el efecto deseado, si bien es evidente que no se puede contar demasiado con esta influencia, atendiendo á varias razones, entre las cuales es la principal (y descarta toda otra) que una presión exagerada dificultará los movimientos, impidiendo en consecuencia al operador seguir con precisión suficiente el contorno. Mas de cualquier manera, adelantemos que la experiencia ha contestado victoriosamente á toda duda teórica sobre el particular; los modelos ya contruidos han funcionado tan regularmente, que no obstante ciertas imperfecciones de otro orden, como diremos más adelante, queda sentada la indiscutible y absoluta confianza que debemos tener en la verificación que discutimos.

Pero adviértase á seguida que esto sólo será exacto mientras no alcancemos un cierto grado de inclinación de la rueda: todo principio teórico de este género tiene un límite práctico, y á primera vista se comprende que el que discutimos lo presentará aumentando la dicha inclinación. Tratemos de expresar analíticamente las relaciones existentes entre las diversas acciones físicas del movimiento y los elementos geométricos.

Sea α el ángulo formado en una posición dada por la directriz y el eje de las x (fig. 6). Llamemos F la fuerza que supondremos aplicada al carro R paralelamente al eje x , para determinar la traslación de todo el sistema, según la ley supuesta de su movimiento. Descompuesta F como quedó indicado en la teoría, tendremos

$$F_1 = F \operatorname{sen} \alpha$$

para expresión de la reacción de rozamiento ejercida, normalmente á la rueda, sobre el borde de la misma por el papel. Traslada esta reacción á la regla Y, el valor de

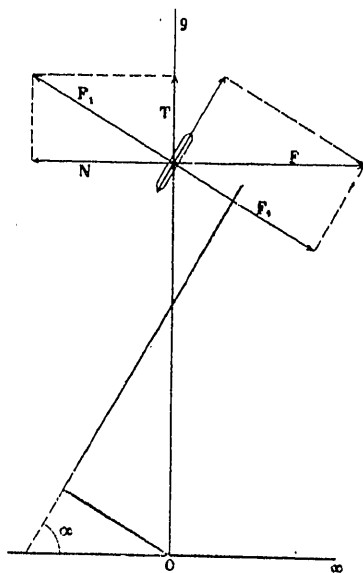


Figura 6.

la componente normal será $N = F_1 \operatorname{sen.} \alpha = F \operatorname{sen.}^2 \alpha$, y el de la tangencial $T = F_1 \cos. \alpha = F \operatorname{sen.} \alpha \cos. \alpha$. Sea f el coeficiente de rozamiento del carro R sobre la regla Y, expresado, como de costumbre, por la tangente de un ángulo i (el de rozamiento); $F \operatorname{sen.}^2 \alpha \operatorname{tg.} i$ será el valor del rozamiento, con lo que, si llamamos T_1 la fuerza que arrastra al carro á lo largo de Y, resultará

$$T_1 = T - F \operatorname{sen.}^2 \alpha \operatorname{tg.} i = F \operatorname{sen.} \alpha (\cos. \alpha - \operatorname{sen.} \alpha \operatorname{tg.} i) \\ = F \frac{\operatorname{sen.} \alpha}{\cos. i} \cos. (i + \alpha),$$

de donde

$$F = \frac{T_1 \cos. i}{\operatorname{sen.} \alpha \cos. (i + \alpha)}. \quad [3]$$

Si admitiésemos que T_1 es constante, deduciríamos que F debe ser mínimo para un valor de α dado por la condición $\cos. (i + 2\alpha) = 0$, ó sea para

$$\alpha = 45^\circ - \frac{i}{2};$$

y también que para $\alpha = 0$ y $\alpha = 90^\circ - i$, F tomaría valores infinitos. Pero es fácil ver que tal hipótesis sería inexacta y que T_1 es función de α .

En efecto; la velocidad de traslación del carro R á lo largo de Y y la de esta regla paralelamente á x, están ligadas por la relación $v_x = v_y \operatorname{tg.} \alpha$; suponiendo, pues, para precisar las ideas, v_x constante, v_y también lo será mientras α conserve el mismo valor, pero variará dentro uno dado de v_x al variar α . Ahora bien: no existiendo aceleración en los movimientos, es claro que el trabajo de las fuerzas motoras se emplea *totalmente* en vencer los rozamientos, que serán proporcionales á los caminos recorridos, y en último término á las velocidades; luego en virtud de la relación que liga á v_y con v_x , deduciremos que el trabajo que en el movimiento del sistema R á lo largo de Y ha de efectuar la fuerza T_1 , variará únicamente con α , en proporción con la tangente de este ángulo; de consiguiente, otro tanto ocurrirá con la fuerza misma, lo que nos autoriza á escribir $T_1 = \tau \operatorname{tg.} \alpha$, siendo τ una fuerza constante.

Así tendremos

$$F = \frac{\tau \operatorname{tg.} \alpha \cos. i}{\operatorname{sen.} \alpha \cos. (i + \alpha)} = \frac{\tau \cos. i}{\cos. \alpha \cos. (i + \alpha)}, \quad [4]$$

y también

$$F_1 = \frac{\tau \operatorname{tg.} \alpha \cos. i}{\cos. (i + \alpha)}, \quad [5]$$

expresión de fácil discusión, que nos lleva razonadamente á las conclusiones antes indicadas.

En efecto; de la [4] se deduce que F presenta un valor mínimo para $\alpha = -\frac{i}{2}$, creciendo después con α , hasta convertirse en ∞ para $\alpha = 90^\circ - i$. Pero es de notar que este mínimo es puramente analítico, porque el rozamiento es una cantidad discontinua que obliga á modificar convenientemente las fórmulas en que entra, cuando hay un cambio de signo en la inclinación ó en el sentido de las presiones ejercidas; y así resulta para nuestro caso actual que desde que α tome el valor cero, las fórmulas obtenidas no serán aplicables. Es decir, que los valores de α comprendidos entre $-\frac{i}{2}$ y cero no deben considerarse;

de consiguiente, el valor práctico de α que hace á F mínimo es $\alpha = 0$, para el cual se tiene $F = \tau$, lo que permitiría determinar experimentalmente á τ si nos propusiéramos llevar esta investigación más lejos.

Poniendo este valor de α en la [5], resulta para F_1 el valor cero; todo ello de acuerdo con lo que dicta la razón á simple vista. Si α crece, se ve que tanto F como F_1 crecen también, hasta convertirse en ∞ una y otra cuando α adquiere el valor $90^\circ - i$; de modo que cuanto mayor sea i menor será la amplitud de las inclinaciones posibles de la rueda. Ahora bien: si el aparato está ejecutado con toda perfección, i será muy pequeño y el límite superior de α estará muy próximo al valor 90° ; pero sin esfuerzo se comprende que no podremos acercarnos demasiado á él sin que el funcionamiento del aparato corra el peligro de ser falscado, no solamente por la dureza de movimientos que introduciría la condición de ser entonces F muy grande, sino también, y muy principalmente, porque coincidiendo con ella la de ser necesaria una gran reacción de rozamiento (un gran valor de F_1) llegará una inclinación en que la resistencia al resbalamiento de la rueda no sea suficiente para garantizar el movimiento exigido por la teoría.

Esta inclinación máxima, admisible en la práctica, dependerá evidentemente de circunstancias muy variables, ante todo de la naturaleza de la sustancia sobre que apoye la rueda y de la forma más ó menos afilada del borde de la misma. La experiencia únicamente podrá determinarla por modo expedito y seguro, y en los artículos sucesivos expondremos las conclusiones á que conducen los experimentos ya efectuados.

JOSÉ RUIZ-CASTIZO.

Zaragoza, Julio de 1897.

LÍNEA FÉRREA DE LINARES Á ALMERÍA

Próximo á terminarse el viaducto metálico del Guadhortuna, situado en el kilómetro 104,500, creo de oportunidad dar algunos datos sobre esta obra, tomados de la memoria que sobre ella se ha escrito y de la marcha seguida en los trabajos. Unido á ellos, los grabados que se acompañan, bastan para que pueda formarse una idea