CASTELL

Regla de cálculo de precisión

INSTRUCCIONES

A.W. FABER - CASTELL STEIN-NUREMBERG (ALEMANIA)

INDICE

Esencia de las operaciones con la Regla de cálculo.

La Regla de cálculo es un instrumento sumamente práctico y manejable, que permite solucionar los problemas más difíciles de un modo sencillísimo. Su uso no exige conocimientos especiales y resulta muy fácil de aprender. Su usuario no precisa, por cierto, saber que la regla de cálculo representa una especie de tabla de logaritmos, porque con ella puede aplicar las leyes logarítmicas como "aplica", por ejemplo, leyes de la electricidad al manejar un teléfono o aparato de Radio, como "aplica" también leyes químicas al revelar negativas. Es pues posible resolver problemas con gran destreza sin haber oído hablar jamás de las leyes logarítmicas, bastando para ello atenerse sencillamente a las reglas contenidas en estas Instrucciones. Muchos lo harán, en efecto, así.

Las operaciones con la Regla de cálculo se realizan con ayuda de sus diversas **escalas.** Como su gran número de divisiones suele producir alguna confusión al principiante, trataremos antes que nada de explicar su significado. Para ello elegiremos primero la escala inferior (llamada D) y nos fijaremos en sus divisiones principales marcadas con cifras. La figura 1 las enseña con omisión de las demas.

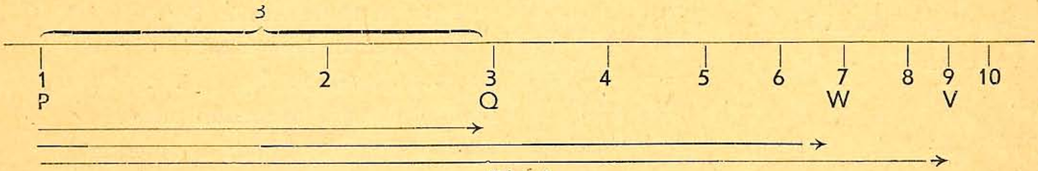


Fig. 1 a

Fig. 1

La cifra 3 en Q representa la longitud 3, es decir, la distancia que va de P a Q, hecho que no debe olvidarse nunca. En realidad, dicha longitud debía estar señalada con un paréntesis tal como se ha hecho en el grabado; pero por ser esto prácticamente imposible para todas y cada una, se he colocado la denominación numérica de cada longitud **a su final.** La longitud numérica 7 va pues de P a W y la 9, de P a V. La longitud 1 va de P a P, lo cual quiere decir que es sólo un punto.

Al irse fijando más en las escalas se observará que sus divisiones van estrechándose paulatinamente hacia la derecha. Es debido a ciertas leyes matemáticas, que han sido aplicadas para determinar las diversas longitudes numéricas, pero que, por lo demás, no nos interesan.

Con ayuda de las figuras 2 y 3 se comprenderá por qué es posible "calcular" con estas escalas y divisiones.

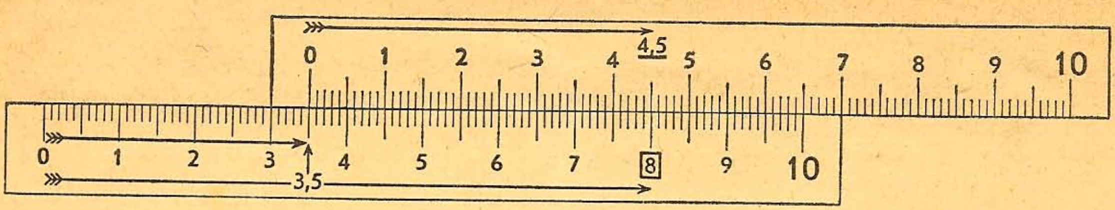


Fig. 2

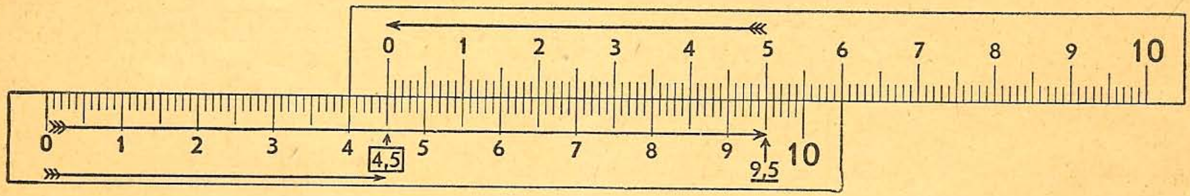


Fig. 3

En ellas se realizan cálculos con dos escalas milimétricas. En la fig. 2 se soluciona el problema 3,5 + 4,5 = 8 y en la 3, el problema 9,5 — 5 = 4,5. En el primer caso, los valores, 3,5 y 4,5, representados por longitudes, han sido añadidos uno al otro (sumados), y en el segundo, se ha restado la longitud 5 de la longitud 9,5. La Regla de cálculo funciona en forma idéntica con la sola diferencia, debida al carácter de sus divisiones, de que al sumar no da la **suma,** sino el **producto** de los valores y, refiriéndonos al segundo caso, no la **diferencia,** sino el **cociente.** Antes de hacer uso de procedimiento tan sencillo hemos de familiarizarnos con las subdivisiones de las escalas. En ello nos ayudará el capítulo siguiente.

La construcción de la Regla de cálculo.

La Regla de cálculo consta de **tres** piezas:

1. el cuerpo propiamente dicho, llamado regla,
2. la **reglilla**, que se desplaza dentro de la regla y
3. el **cursor** provisto de un trazo de lectura, que se desliza sobre las escalas.

La esencia la constituyen sus **escalas**, que existen arriba y abajo en la regla y en el anverso de la reglilla, así como frecuentemente en su reverso.

La lectura en las escalas.

Para empezar elegiremos de entre las muchas, las ecalas más importantes: dos a ambos lados de la ranura de deslizamiento superior, llamadas A y B, y otras dos que bordean la ranura inferior, llamadas C y D, en otras palabras, las escalas A y D de la regla y B y C de la reglilla. Al hallarse ésta en su posición normal, es decir, sin sobresalir por ningún extremo de la regla, se verá que coinciden entre sí las escalas superiores A y B, lo mismo que las inferiores C y D. Con objeto de acostumbrarnos a las diversas subdivisiones examinaremos ahora detenidamente las escalas C y D.

El sector entre 1 y 2.

Primeramente vemos en él grabadas décimas: 1,1; 1,2; 1,3; . . . . hasta 1,9, y entre ellas nuevas divisiones decimales, si bien ya no cifradas, porque las escalas ganan en claridad cuando menos inscripciones lleven. En la fig. 4 se ve un sector parcial con indicación de todos sus valores. No encontraremos dificultad alguna al tratar de determinar el valor correspondiente a cada una de las divisiones en el sector entre 1 y 2. No debemos hacer caso omiso del cero en el segundo lugar. Leeremos pues 1-0-0; 1-0-1; 1-0-2; 1-0-3; . . . . hasta 1-9-7; 1-9-8; 1-9-9; 2-0-0.

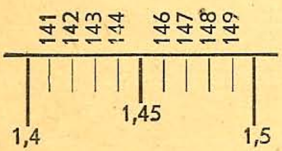


Fig. 4

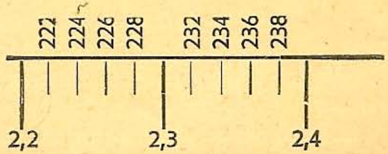


Fig. 5

El sector entre 2 y 4.

El sector siguiente, subdividido uniformemente, va de 2 a 4. Contiene también décimas, si bien sin indicaciones. Entre ellas sólo han cabido quintos.

Basándonos en la fig. 5, que representa una sección parcial con todos sus valores, leeremos en el sector 2 a 4 el valor de cada división, o sea, 2-0-0; 2-0-2; 2-0-4; 2-0-6; 2-0-8; 2-1-0; 2-1-2; . . . . hasta 3-9-6; 3-9-8; 4-0-0.

El sector entre 4 y 10.

En este último sector sólo van grabadas décimas y sus mitades, según puede verse en la fig. 6.

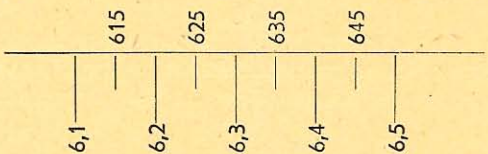


Fig. 6

Al leerlo se principia con 4-0-0; 4-0-5; 4-1-0; 4-1-5; 4-2-0; . . . . para terminar en 9-9-0; 9-9-5; 1-0-0-0.

Las divisiones superiores.

Al compararlas con las inferiores se observará que son sólo la mitad de largas, pero que van grabadas dos veces seguidas. Por ser sus intérvalos más estrechos, las divisiones resultan diferentes. Entre 1 y 2 hay décimas y sus quintos, igual que abajo entre 2 y 4, y se lee 1-0-0; 1-0-2; 1-0-4; . . . . 1-9-6; 1-9-8; 2-0-0. Entre 2 y 5, en cambio, hay décimas y sus mitades, lo mismo que abajo entre 4 y 10, y se lee 2-0-0; 2-0-5; 2-1-0; 2-1-5; . . . . 4-8-0; 4-8-5; 4-9-0; 4-9-5; 5-0-0. En el último sector se encuentran sólo décimas y se lee 5-0; 5-1; 5-2; . . . . 9-8; 9-9; 1-0-0.

Por ahora nos abstenemos de fijarnos en las demás escalas de la Regla de cálculo y no pasaremos al artículo siguiente mientras no dominemos por completo la lectura en las escalas citadas, procurando por todos los medios **no caer en dos errores fundamentales**, a saber:

1. **No olvidar el cero en el segundo lugar** leyendo, por ejemplo, equivocadamente 3-4 en lugar de 3-0-4 ó 1-6 en vez de 1-0-6.
2. **No confundir quintos con décimas** leyendo, por ejemplo, 2-1-3 cuando debe ser 2-1-6 ó 3-5-1 en lugar de 3-5-2.

El ajuste en las escalas.

Al operar con la Regla de cálculo, los valores no corresponderán siempre a una determinada división y más bien caerán **entre** dos adyacentes. En estos casos es preciso saber leer con exactitud lo cual se consigue con un poco de práctica. Para este **"tanteo"** de los valores existen tres casos típicos representados en las figuras 7 a 9.

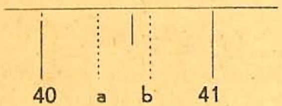


Fig. 7

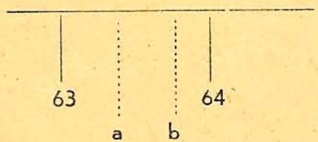


Fig. 8

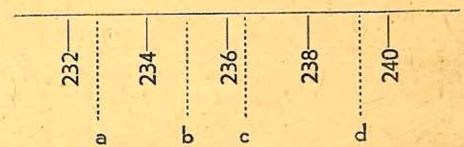


Fig. 9

En la fig. 7 está indicada la mitad entre dos divisiones, siendo, pues, necesario tantear a derecha o izquierda. En "a" leeremos 4-0-3 y en "b" 4-0-6. Se acierta mejor en el tanteo al fijarse primero en las mitades 4-0-2-5 y 4-0-7-5, que no están marcadas. En esta forma se tantea entre 2 y 5 de las escalas superiores y entre 4 y 10 de las inferiores. Vamos pues colocando el trazo del cursor sobre cualquier punto en los citados sectores, para ejercitarnos en la lectura de los valores respectivos.

En la fig. 8 hemos de leer **sin** tener marcada la mitad. En "a" será 6-3-4 y en "b" 6-3-8. Así procederemos entre 5 y 10 de las escalas superiores y entre 1 y 2 de las inferiores. También en estos casos conviene fijarse en la mitad (6-3-5). Para perfeccionarnos vamos colocando el trazo del cursor en una serie de puntos cualesquiera.

Mayor atención todavía requiere la lectura en la fig. 9, pues ha de tenerse muy en cuenta **que sólo existen quintos.** Lo más sencillo es proceder igual que en la fig. 8 y doblar después:

Posición	"a":	se calcula	4	que doblado	da	8;	resultado	2-3-2-8
„	"b":	„ „	6	„ „	„	12;	„	2-3-4-0 + 1-2 = 2-3-5-2
„	"c":	„ „	2	„ „	„	4;	„	2-3-6-4
„	"d":	„ „	7	„ „	„	14;	„	2-3-9-4.

Así se operará entre 1 y 2 (10 y 20) de las escalas superiores y entre 2 y 4 de las inferiores. También aquí iremos colocando el trazo del cursor sobre diferentes puntos y leeremos su valor.

Un ejercicio excelente consiste en dar a la reglilla una posición cualquiera, situar después el trazo del cursor sobre un punto y leer debajo del mismo los valores que indique, en A, B, C y D. Además se leerá lo que frente a B 1 se halle en A, lo que frente a A 100 en B, frente a C 1 en D y frente a D 10 en C.

En la práctica no suele ser necesaria una lectura tan precisa como acabamos de señalar. Basta acostumbrarse a leer tres guarismos y sólo cuando el primero sea un 1, deben leerse cuatro.

El principiante suele encontrar dificultades al "tantear" valores entre divisiones vecinas. Para ejercitarse en ello se recomienda dividir una longitud de un centímetro en diez milímetros y cubrir la división (fig. 10). Luego se sitúa la punta de un lápiz en un punto cualquiera entre las rayas finales y se calcula mentalmente el valor respectivo. Finalmente se descubre la división milimétrica y se comprueba el grado de precisión alcanzado en el tanteo.

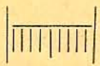


Fig. 10

Es indispensable dominar por completo la técnica de ajustar y leer, antes de pasar a los cálculos en sí. Se aconseja pues intercalar varias horas de ejercicios antes de seguir en la lectura.

La multiplicación.

En los cálculos, que se explican a continuación, se **desplazan** las escalas de la reglilla frente a las de la regla.

Dos números se **multiplícan, adicionando** los números de los sectores análogos. El ejercicio 6 · 35 en la fig. 11 se realiza en las escalas superiores. Debajo de A 6 se colocá B 1. La adición de los dos sectores va hasta B 3-5 y sobre 3-5 se hallará en la escala A los números 2-1. El producto buscado es 21.

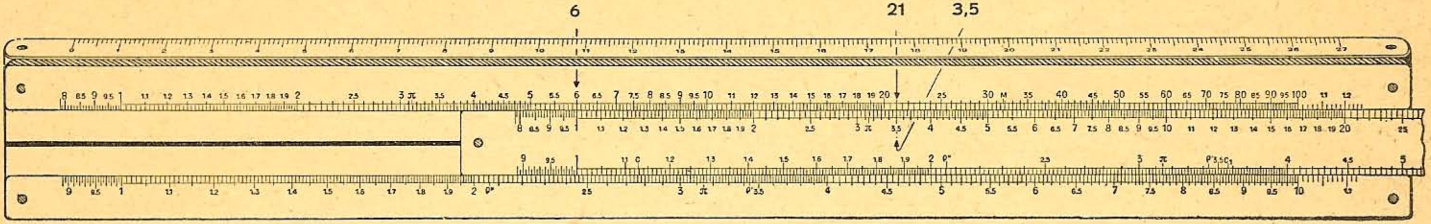


Fig. 11

La Regla de cálculo no indica, por lo tanto, la colocación de la coma; pero ésta se halla mediante un **cálculo mental con cifras redondas.** Además, en la práctica suele conocerse el resultado aproximado de la operación a realizar. Ejercicios: 13,85 · 0,0967 = 1,34 redondeando: 14 · 0,1 = 1,4. 54,5 · 7,65 = 417 redondeando: 50 · 8 = 400. Cuando los números tienen más guarismos ha de redondearse en consonancia: 204 245 · 0,089 521 7. Al operar en la Regla de cálculo sólo cabe tener en cuenta tres guarismos contando desde la izquierda, excepto cuando comienza con un 1, en cuyo caso lo son cuatro. En el caso arriba mencionado debemos pues redondear: 204 000 · 0,089 5. Se hace coincidir B 1 con A 2-0-4, se coloca el trazo del cursor sobre B 8-9-5 y se lee sobre del mismo en A 1-8-2-6 Cálculo mental: 200 000 · 0,1 = 20 000. El resultado es, pues, 18 260.

Ejercicios:	14,78 · 0,945 = 13,97	0,395 · 0,562 = 0,222
	236 · 4,06 = 958	29,4 · 123,6 = 3634
	2,34 · 0,409 = 0,957	7,77 · 66,3 = 515

La multiplicación 2,5 · 3 = 7,5 puede realizarse en las escalas inferiores. Fig. 12. Se hace coincidir 1 de la reglilla (C 1) con 2,5 de la escala inferior de la regla (D 2-5), se coloca el cursor encima de 3 en la escala inferior de la reglilla (C 3) y se lee el resultado 7,5 debajo del cursor en la escala inferior de la regla D 7-5.

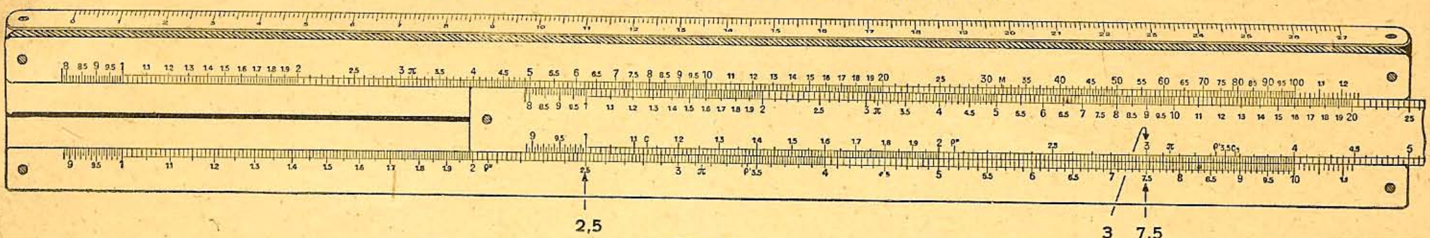


Fig. 12

Al operar en las escalas inferiores, no es posible hallar ningún resultado ensayando resolver el ejercicio 2,5 · 5 = 12,5, no pudiendo leer nada debajo de 5 a la derecha. Véase fig. 12.

En la fig. 13 está indicada la operación en estos casos. Al resolver el problema 7,5 · 4,8, por ejemplo, se hace coincidir C 10 con el primer factor 7,5 (D 7-5), se coloca el cursor encima del segundo factor 4,8 en C (C 4-8) y en D se lee debajo del cursor el resultado 36 (D 3-6).

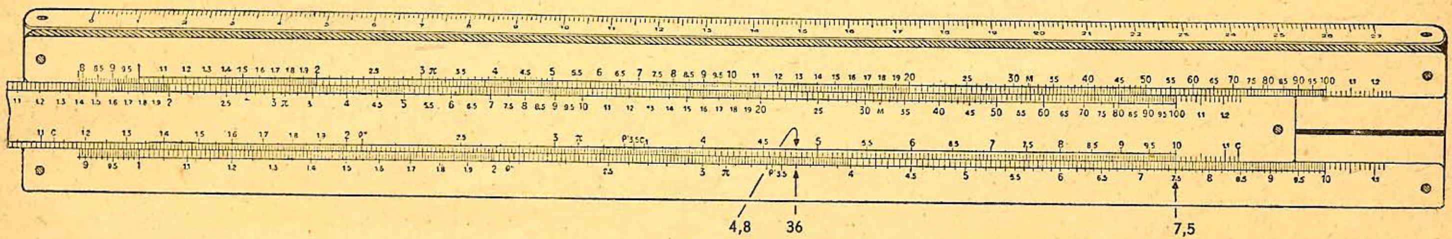


Fig. 13

La explicación de este procedimiento se encuentra al realizar la misma operación en las escalas superiores, porque entonces, el resultado se hallará en el sector derecho, y como éste no existe en las inferiores, hemos de colocar el cursor igual que arriba mencionado, operación que acabamos de realizar.

De ello deducimos esta regla sencilla:

Al no dar resultado el ajuste con C 1, se opera con C 10.

Ejercicios:	0,872 · 0,532 = 0,464	Cálculo mental:	1 . $^1/_2$ = $^1/_2$
	742 · 1,725 = 1 280		700 . 2 = **1 400**
	51,3 . 0,0421 = **2,16**		50 . $^1/_{25}$ = **2**

La división.

El procedimiento de la multiplicación ha de volverse, los sectores se deducen exactamente.

Para **dividir** se **resta** una de la otra las **longitudes** representativas de los valores, deduciendo siempre la del divisor de la del dividendo.

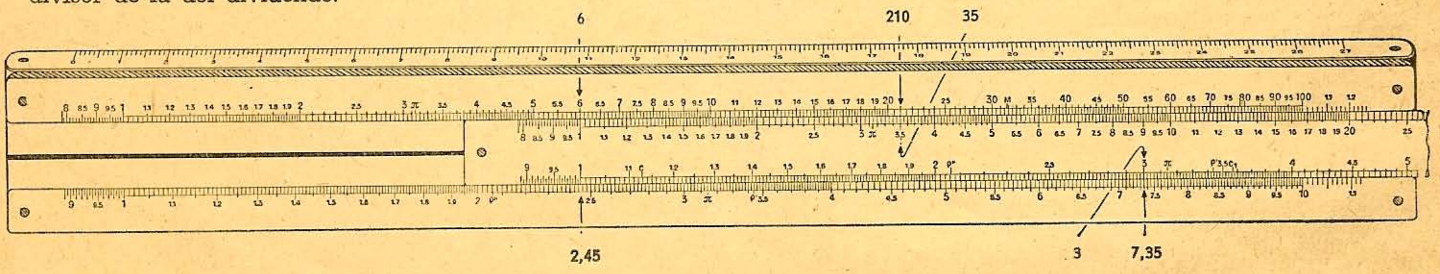


Fig. 14

En la fig. 14 se explica la forma de solucionar en las escalas inferiores el problema 7,35 : 3 = 2,45. Al enfrentar C 3 con D 7-3-5 se resta la longitud 3 de 7,35. Debajo de C 1 se lee el resultado de esta resta, el cociente 2,45. También cabe dividir en las escalas superiores. La fig. 14 ilustra la solución del problema 210 : 35 = 6. Se resta la longitud 3-5 en B de la longitud 2-1-0 en A, viéndose en A y frente a B 1 el resultado. En las escalas superiores resulta con claridad especial el método aplicado; al interpretar la rendija de desizamiento entre A y B como una raya de fracción puede leerse el quebrado $\frac{210}{35}$ formado por ambos números enfrentados.

En la fig. 12 se ha realizado la división 7,5 : 3 = 2,5 con ayuda de las escalas inferiores.

Es recomendable operar en éstas por permitir lectures más exactas. Esto, no obstante, hemos de realizar los siguientes cálculos tanto en las superiores como inferiores:

Ejercicios: 5,23 : 45,8 = 0,1142; 0,654 : 43,7 = 0,01497; 1934 : 11,34 = 170,5. Ocurre con cierta frecuencia que al correr la reglilla a la izquierda no pueda leerse nada frente a C 1. En estos casos se hallará el resultado frente a C 10 a la derecha. La fig. 15 ofrece un ejemplo.

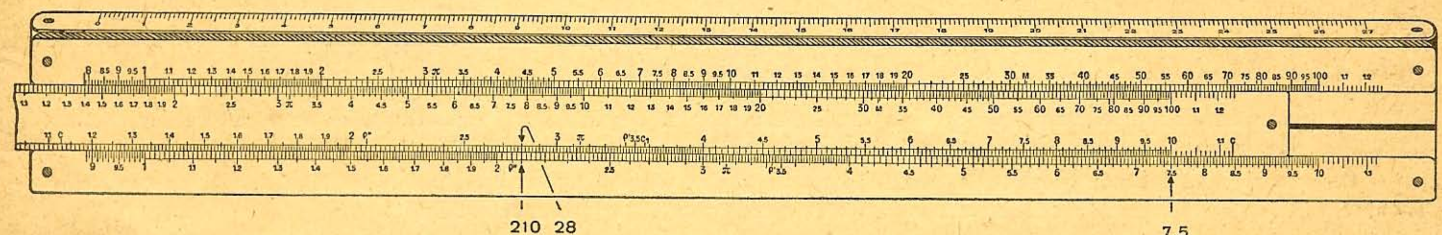


Fig. 15

Para conocer el resultado de 210 : 28 se hacen coincidir ambos números en las escalas inferiores, hallándose C 2-8 frente a D 2-1-0. Entonces se leerán en el extremo derecho y debajo de C 10 las cifras 7-5. El resultado es, pues, 7.5. En la división es, por lo tanto, indiferente leer en uno u otro extremo de la escala. Al aplicar este hecho también a las superiores, puede ampliarse la regla de la división como sigue.

Al dividir en las escalas inferiores se hallará el resultado frente a C 1 ó C 10, de cuyos puntos uno caerá siempre dentro de las escalas. Al dividir en las superiores se hallará el resultado frente a B 1, B 10 ó B 100, de cuyos puntos, siempre uno y en la mayoría de los casos dos caerán dentro de las escalas.

Ejercicios (a realizar tanto arriba como abajo):

18,87 : 19,35 = 0,975; 0,345 : 67,4 = 0,005 12; 356 : 0,654 = 544; 7,56 : 98,7 = 0,0766.

Una vez dominado por completo el método de la división, cabe explicar el segundo de la multiplicación mencionado en la página 11 en esta forma; antes de multiplicar se divide por 10, operación que no altera los guarismos del resultado.

Multiplicación y división combinadas.

Surgen frecuentemente problemas consistentes en una multiplicación seguida de una división. Su solución no requiere casi nunca dos ajustes. En las escalas superiores basta, desde luego, siempre uno, y en las inferiores, casi siempre uno. Fijándonos nuevamente en la fig. 15 convertiremos el problema $\frac{7,35 \cdot 16}{3}$. Para solucionarlo no se modifica el ajuste, porque hemos de atenernos a la regla de **comenzar siempre con la división.**

Pero en vez de leer el resultado de ésta multiplicaremos en seguida por 16 colocando el trazo del cursor encima de C 1-6. Entonces hallaremos debajo los guarismos 3-9-2. El resultado es, pues, 39,2.

En las operaciones compuestas de multiplicaciones y divisiones debe seguirse, por lo tanto, la norma de **comenzar siempre con la división,** con lo cual se ahorra un ajuste con la reglilla y, con ello, tiempo.

Si el problema consta de varias multiplicaciones y divisiones, como por ejemplo $\frac{23 \cdot 46 \cdot 57}{42 \cdot 76}$, realizamos antes que nada la primera división (23 : 42), para después multiplicar el resultado por el segundo numerador (46), dividir su producto por el segundo denominador (76) y multiplicar, finalmente, por el tercer numerador (57). Téngase siempre en cuenta que huelga leer los diversos productos o cocientes parciales, eliminándose de este modo gran número de equivocaciones posibles por lectura errónea de los resultados intermediarios.

El problema arriba indicado se soluciona, por consiguiente, de este modo: 23 : 42 · 46 : 76 · 57. Resultado: 18,9.

Para convencernos de que, al operar en las escalas superiores, es posible resolver los problemas **con un solo ajuste**, realizaremos las siguientes operaciones:

Ejercicios: (a realizar arriba y abajo)

$$\frac{7{,}45 \cdot 11{,}34}{0{,}587} = 143{,}9; \quad \frac{0{,}564 \cdot 98{,}7}{5{,}67} = 9{,}82; \quad \frac{15{,}56 \cdot 564}{765} = 11{,}47.$$

Todo cálculo de porcentaje es un problema basado en la regla de tres y ha de solucionarse, pues, de acuerdo con ella. Se trata, por ejemplo, de averiguar el tanto por ciento en que Ptas. 27.80, Ptas. 30.50, Ptas 34.30, Ptas. 36.50, Ptas. 40.30 y Ptas. 42.— superan a la cantidad base de Ptas. 24.50. Toda esta serie de problemas tiene como fundamento común una "clave", la de que Ptas. 24.50 equivalen al 100%. La solución de **todos** ellos consiste, sencillamente, en hacer coincidir ambos valores en dos escalas adyacentes, en este caso C 1, que representa el 100 %, con D 2-4-5. Entonces se ha formado una tabla, en que sobre D se hallan los valores monetarios y en C, los porcentajes. Al buscar en D Ptas. 27.80 se encuentra enfrente y sobre C 1-1-3-5, lo que significa 113,5 %, cantidad que supera al valor base en un 13,5 %. Encima de D Ptas. 30.50 está 124,5 %, encima de Ptas. 34.30 = 140 %, encima de Ptas. 36.50 = 149 %, encima de Ptas. 40.30 = 164,5 % y, finalmente, encima de Ptas. 42.— = 171,4 %.

De Ptas. 5625.— se ha de formar una serie de porcentajes. Para ello se ajusta la clave Ptas. 5625.— = 100 %, empleando esta vez las escalas superiores. Debajo de A 5-6-2-5 se coloca B 100 para hallar en A las cantidades y en B los tantos por ciento, leyendo: 5,7 % = Ptas. 320.—, 48 % = Ptas. 2700.—, 43 % = Ptas. 2420.—, 12,8 % = Ptas. 720.—, o viceversa, Ptas. 900.— = 16 %, Ptas. 1170.— = 20,8 %, Ptas. 1640.— = 29,2 %.

Cuadrado y raíz cuadrada.

La lectura de cuadrados y raíces cuadradas.

Este capítulo requierre por el momento sólo ejercicios de lectura y ajuste. Debido al hecho de representar las escalas superiores la mitad de las inferiores, se halla en A el cuadrado de cualquier número marcado en D. En la fig. 16 se ve solucionado el problema $3^2 = 9$.

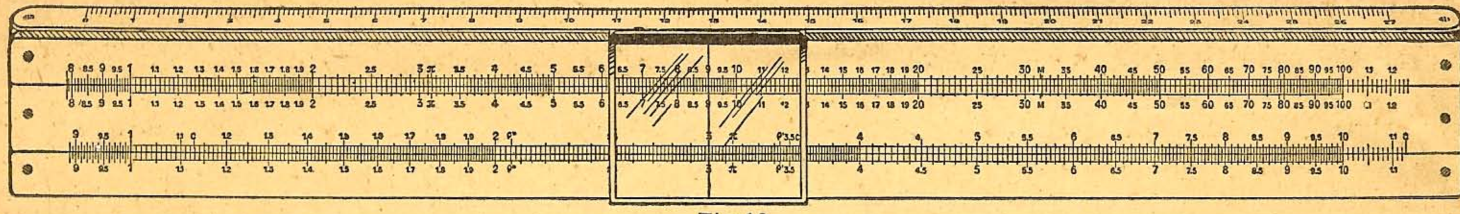
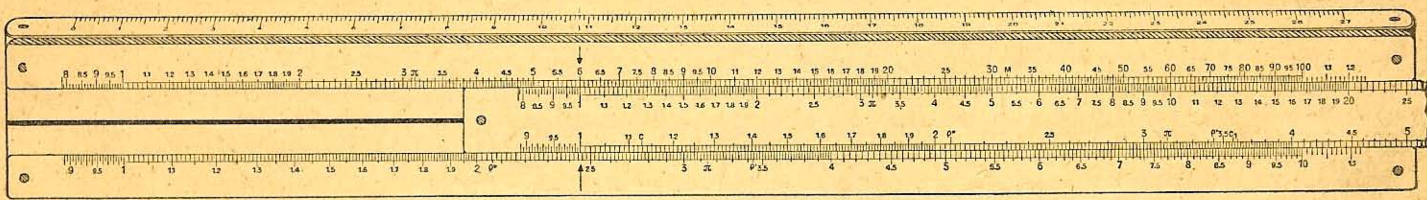


Fig. 16

El cuadrado de un número se halla ajustando éste en D y leyendo el que coincida con él en A.

Para ello puede utilizarse el trazo del cursor según se ve en la fig. 16 o la raya inicial de las escalas de la reglilla como en la fig. 17, o también la raya final de dichas escalas. La fig. 17 soluciona el problema $2{,}45^2 = 6$.

6



2,45

Fig. 17

También cabe ajustar en C el número a elevar al cuadrado y leer el resultado en B. Para hallar la colocación de la coma sirva un cálculo mental, según indican los siguientes ejemplos:

$0{,}369^2$. Se coloca el trazo del cursor encima de D 3-6-9 y se lee en A 1-3-6. El resultado debe caer entre $0{,}3^2 = 0{,}09$ y $0{,}4^2 = 0{,}16$. Es pues 0,136.

$114{,}5^2$. Se ajusta 1-1-4-5 en D para hallar en A 1-3-1. El resultado ha de ser superior a 100^2 y es, por lo tanto, 13100.

$7{,}47^2$. Con el trazo del cursor se halla encima de D 7-4-7 el valor 5-5-8. El resultado es, pues, 55,8.

Tanto en los ajustes como en las lecturas es necesario acostumbrarse a operar **sólo con los guarismos** y determinar posteriormente el valor decimal mediante un cálculo mental **redondeando** en él con holgura por ser el camino más seguro para lograr el objetivo que es, en esencia, evitar que se coloque la coma en lugar indebido aumentando o reduciendo así por error el valor del resultado.

Ejercicios: $1{,}345^2 = 1{,}81$; $4{,}57^2 = 20{,}9$; $0{,}765^2 = 0{,}585$; $67{,}3^2 = 4530$.

Si el paso de una escala inferior a otra superior significa elevar al cuadrado, la operación inversa ha de dar, lógicamente, la raíz cuadrada.

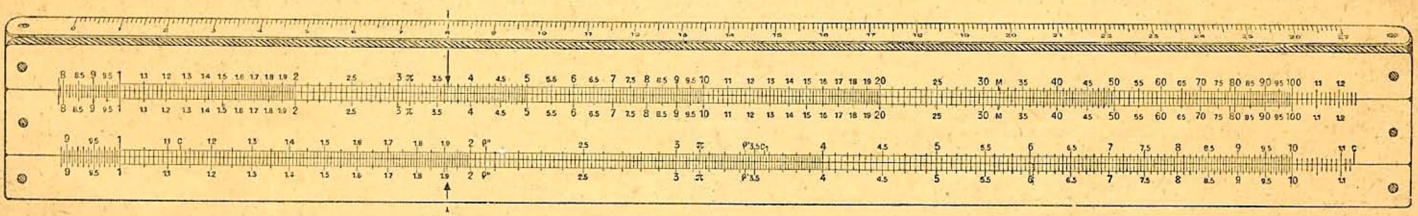
La raíz cuadrada se halla fijando el radicando en A y leyendo frente a él en D el resultado.

Las figuras 16 y 17 ilustran la solución de $\sqrt{9} = 3$ y $\sqrt{6} = 2{,}45$.

Mas el extraer raíces cuadradas no resulta tan fácil como elevar al cuadrado, según demuestra el siguiente ejemplo:

Resolver $\sqrt{3{,}65}$. Según se ve en la fig. 18, se coloca el trazo del cursor sobre A 3-6-5 para leer 1-9-1 en D. Por tanto, $\sqrt{3{,}65} = 1{,}91$.

$\sqrt{3{,}65}$



191

Fig. 18

Pero este ajuste se hubiera podido hacer también en el sector derecho de A, como lo demuestra la fig. 19, leyéndose entonces en D las cifras 6-0-4, que es $\sqrt{36{,}5}$.

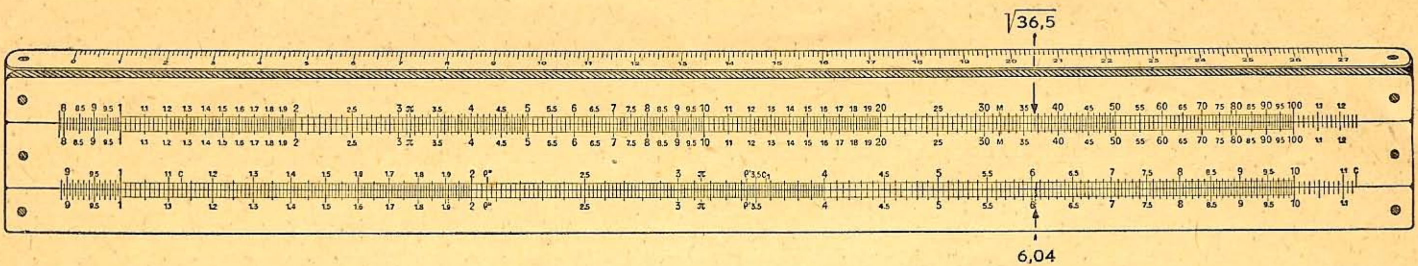


Fig. 19

Al extraer la raíz cuadrada es, pues, preciso **averiguar, antes que nada, si se ha de fijar el radicando en el sector izquierdo o derecho.** A la izquierda están los radicandos de 1 a 10, y a la derecha los de 10 a 100.

Ejercicios: $\sqrt{4,56} = 2,136$; $\sqrt{7,68} = 2,77$; $\sqrt{45,3} = 6,73$; $\sqrt{70,8} = 8,41$.

Cuando el radicando es inferior a 1 o superior a 100, se realiza una pequeña operación para situarlo entre 1 y 100.

Ejemplos: $\sqrt{1935}$. Descomponiendo: $\sqrt{1935} = \sqrt{100 \cdot 19,35} = 10 \cdot \sqrt{19,35} = 10 \cdot 4,4 = 44$

$\sqrt{0,543} = \sqrt{54,3 : 100} = \sqrt{54,3} : 10 = 7,37 : 10 = 0,737$

$\sqrt{145,8} = \sqrt{100 \cdot 1,458} = 10 \cdot \sqrt{1,458} = 10 \cdot 1,207 = 12,07$

$\sqrt{0,00378} = \sqrt{37,8 : 10000} = \sqrt{37,8} : 100 = 6,15 : 100 = 0,0615$

$\sqrt{507000} = \sqrt{10000 \cdot 50,7} = 100 \cdot \sqrt{50,7} = 100 \cdot 7,12 = 712.$

Pero un operador hábil no necesita de tales conversiones, sino que se limita a realizar un cálculo mental **previo** para conocer aproximadamente el resultado.

$\sqrt{1935}$ debe hallarse entre 40 ($40^2 = 1600$) y 50 ($50^2 = 2500$). El ajuste ha de realizarse, pues, en el sector derecho. $\sqrt{145,8}$ debe ser algo mayor que 12, porque $12^2 = 144$. Se ajusta, por lo tanto, en el sector izquierdo.

Ejemplos: $\sqrt{0{,}0398} = 0{,}1995$. Cálculo mental: debe ser casi 0,2, ya que $0{,}2^2 = 0{,}04$. El ajuste se realiza, pues, a la izquierda.

$\sqrt{7600} = 87{,}2$. Cálculo mental: el resultado debe caer entre $80 = \sqrt{6400}$ y $90 = \sqrt{8100}$. El ajuste, será, pues, a la derecha.

Todos los ejercicios de este capítulo pueden realizarse, desde luego, también en las escalas B y C.

Ejercicios: $\sqrt{305} = 17{,}46$; $\sqrt{1345} = 36{,}67$; $\sqrt{623} = 24{,}96$;
$\sqrt{0{,}453} = 0{,}673$; $\sqrt{0{,}0564} = 0{,}2375$; $\sqrt{0{,}00056} = 0{,}02365$.

Más sencilla aún es la siguiente regla: En el sector izquierdo se ajustan todos los números de uno, tres, cinco etc. guarismos delante de la coma o uno, tres, cinco etc. ceros a la derecha de la coma, y en el derecho todos con guarismos pares en idénticas condiciones.

Calcular con cuadrados y raíces cuadradas.

Solucionar: $2{,}04^2 \cdot 3{,}65$. Se hace coincidir C 1 con D 204 para encontrar en la escala superior y frente al principio de la reglilla (B 1) su cuadrado 4,16.

Sin necesidad de leer este resultado se multiplica por el segundo factor colocando el trazo del cursor sobre B 365, para leer debajo del trazo en A el producto 15,19.

A veces ha de cambiarse de sector para poder seguir multiplicando, por ejemplo, en el problema $7{,}31^2 \cdot 0{,}182$. Se enfrenta C 10 con D 731 para hallar frente a B 100 en A el cuadrado. Luego se sitúa el trazo del cursor encima de B 182 y se lee en A el resultado 9,73.

Solucionar $2{,}32^2 : 3{,}05$. Se coloca el trazo sobre D 232 y se halla en A el cuadrado. Sin leerlo se coloca B 305 debajo del trazo para hallar frente a B 1 en A el resultado 1,765.

Cuando el número a elevar al cuadrado se encuentra en el denominador, se utiliza la escala C de la reglilla.

Ejemplo: $\dfrac{167{,}5}{(11{,}25)^2}$

Encima de 167,5 en la escala A (A 1675) se coloca el trazo del cursor y debajo de éste C 1-1-2-5, con lo cual se ha situado también $11{,}25^2$ en B debajo del trazo. Con ello queda, pues, ajustada la división y se puede leer en A y frente al final izquierdo de la reglilla el resultado 1,32.

En los problemas $(2{,}04 \cdot 3{,}65)^2$, $(2{,}04 : 3{,}65)^2$ y $\left(\frac{2{,}04 \cdot 3{,}65}{2{,}32}\right)^2$ deben realizarse primero las multiplicaciones y divisiones entre paréntesis con ayuda de las escalas C y D y leer después frente al resultado y en la escala A el cuadrado. En forma idéntica se solucionan en los problemas $\sqrt{2{,}04 \cdot 3{,}65}$; $\sqrt{2{,}04 : 3{,}65}$ y $\sqrt{\frac{2{,}04 \cdot 3{,}65}{2{,}32}}$ las operaciones debajo de la radical en las escalas A y B. La raíz del resultado se hallará luego frente al mismo en la escala D.

Cuando una raíz cuadrada va unida a otros factores, debe colocarse la raíz al principio, hallar el radicando en las escalas superiores y terminar los cálculos en las escalas inferiores.

$\sqrt{\frac{25.6}{7{,}34}} \cdot 114{,}5$. Para ello se enfrenta **A 2-5-6** con **B 7-3-4**. Para multiplicar el resultado por el último factor, se sitúa el trazo del cursor sobre **C 1145** y se halla debajo en la escala inferior el resultado final 213,8.

Ejemplo: $\frac{\sqrt{35{,}7} \cdot 18{,}5}{24{,}3}$; cálculo mental: $\frac{6 \cdot 18}{24} = 4{,}5$.

Se coloca el trazo del cursor encima de **A 3-5-7** para hallar en **D** la raíz. Con ella se hace coincidir **C 2-4-3**. Después se pasa el trazo sobre **C 1-8-5** para hallar debajo de él y en **D** el resultado 4.55.

Ejemplo: $\frac{46{,}2 \cdot 64{,}8}{\sqrt{11{,}7 \cdot 31{,}5}}$; cálculo mental: $\frac{45 \cdot 66}{3 \quad 6} = 15 \cdot 11 = 165$.

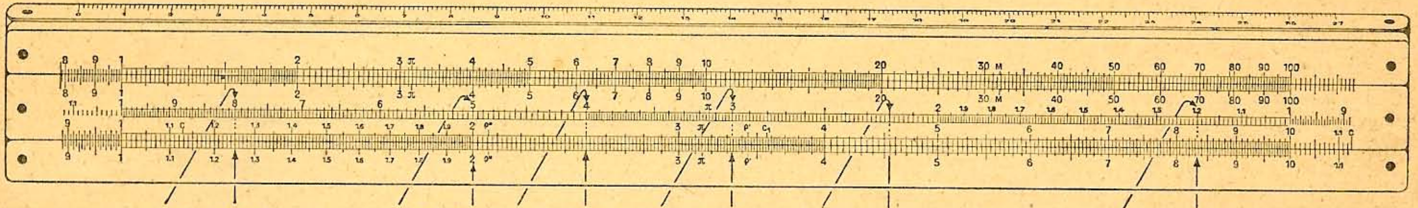
Se descompone la raíz del denominador en las dos raíces $\sqrt{11{,}7} \cdot \sqrt{31{,}5}$. Se coloca el trazo del cursor sobre **D 462** y debajo del mismo **B 117**, que está situado en el sector derecho de dicha escala. Con esta operación se ha ajustado al mismo tiempo la división $46{,}2 : \sqrt{11{,}7}$. Acto seguido se pasa el trazo sobre **C** 648 y debajo del mismo **B 315**, con lo que queda ajustado también el divisor $\sqrt{31{,}5}$. El resultado final 155,9 se hallará en el extremo izquierdo de la reglilla.

Ejercicios: $0{,}475^2 \cdot 64{,}4 = 14{,}53$; $369^2 \cdot 0{,}085 = 11575$; $0{,}76^2 : 0{,}97 = 0{,}595$; $18{,}65^2 : \pi = 1092$; $6{,}05^2 : 15{,}3 = 2{,}39$; $4{,}15^2 : 9{,}3 = 1{,}85$.

La escala recíproca.

Varias Reglas de cálculo **CASTELL** tienen entre las escalas B y C otra en sentido opuesto. Se llama **escala recíproca** y va marcada con la letra R. Como lleva las mismas subdivisiones que las escalas C y D resulta fácil su lectura, si bien ha de tenerse siempre en cuenta que corre en sentido opuesto. Es por ello recomendable realizar con ella antes que nada una serie de ejercicios de lectura y ajuste. Esta escala recíproca aumenta considerablemente el campo de aplicación de la Regla de cálculo.

1. Muchas veces es necesario buscar el valor recíproco. Realizeremos con un solo ajuste sobre esta escala recíproca. Por eso, se sitúa el trazo del cursor sobre un número en C, p. e. 5. El valor recíproco $1 : 5 = 0{,}2$ se halla en R. Se lee naturalmente solamente la cifra 2. La coma debe ser colocado exactamente. Se puede también colocar el número en la esala R, p. e. 8, y en C, pues, se halla el valor recíproco $1 : 8 = 0{,}125$. En la fig. 20 se hallarán estos valores recíprocos y otros.



1 : 8 = 0,125 1 : 5 = 0,2 1 : 4 = 0,25 1 : 3 = 0,333 1 : 2.2 = 0,4545 1 : 12 = 0,0833

Fig. 20

2. Para buscar $1 : a^2$ se pasa el trazo del cursor sobre "**a**" en la escala R y se lee encima de B el resultado $1 : a^2$.

Ejemplo: $1 : 2{,}44^2 = 0{,}168$ (véase fig. 21 a).

3. Para buscar $1 : \sqrt{a}$, se coloca el trazo del cursor sobre "**a**" en la escala B y se halla debajo en R el resultado $1 : \sqrt{a}$.

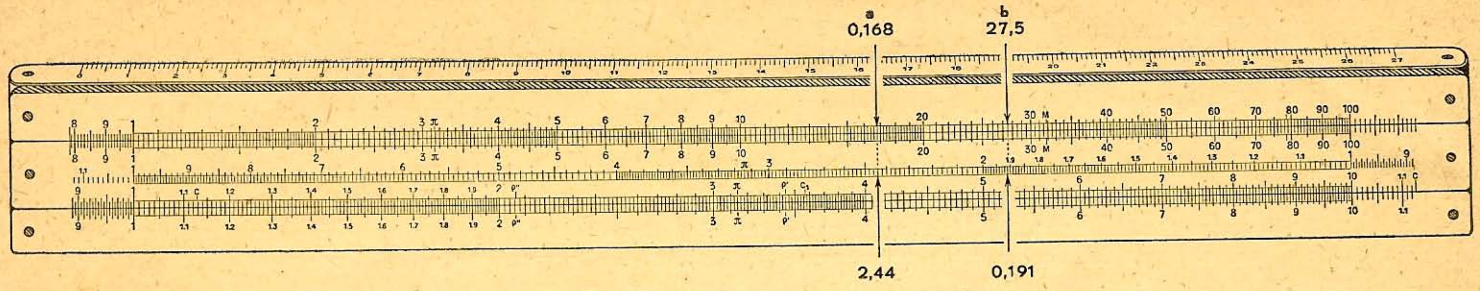


Fig. 21

Ejemplo: 1 : $\sqrt{27,5} = 0,191$ (véase fig. 21 b)

4. Muchas veces se debe multiplicar tres valores; parece muy claro al principiante que para este cálculo se necesitan dos operaciones.

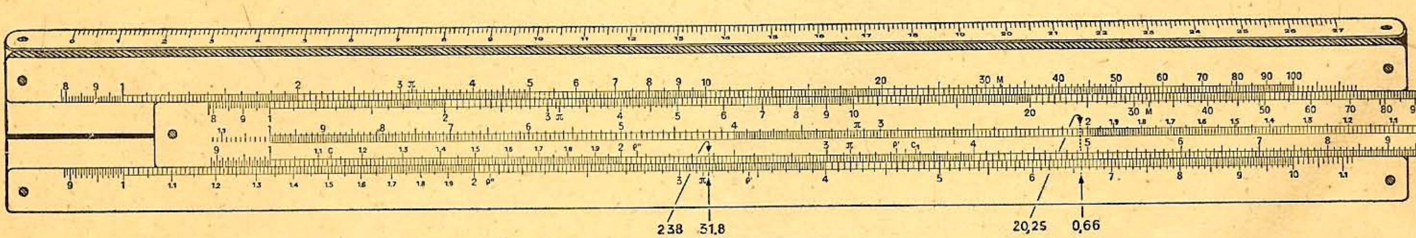


Fig. 22

Primero se multiplican los dos primeros números, luego el resultado de los mismos con el tercero. Pero, aplicando la escala R, todo se hace con un solo ajuste. En la fig. 22 se indica el problema 0,66 · 20.25 · 2,38. Por medio del trazo del cursor se hace coincidir el primer factor 0,66 en D con el segundo 20,25 en R, en otras palabras, se realiza la multiplicación dividendo la primera cifra por el valor recíproco de la segunda. A continuación se busca en C el valor 2,38 para hallar debajo del mismo en D el resultado 3-1-8. Un cálculo mental ($^2/_3 \cdot 20 \cdot 2{,}5 = 33^1/_3$) indica, que ha de ser 31,8.

Debe grabarse bien en la memoria **el orden** en que han de aplicarse las tres escalas: primero D, luego R, finalmente C y el resultado en D.

Ejemplos: $415 \cdot 2{,}16 \cdot 20{,}2 = 18\,110$ Cálculo mental : $500 \cdot 2 \cdot 20 = 20\,000$

$0{,}505 \cdot 15{,}3 \cdot 246 = 1\,900$ por bajo : $^1/_2 \cdot 15 \cdot 200 = 1\,500$ El resultado debe

por exceso : $^1/_2 \cdot 15 \cdot 300 = 2\,250$ ser en medio

Pero no siempre se puede proceder tan cómodamente. Cuando, por ejemplo, los tres números caen en lugares desfavorables ha de multiplicarse dos veces seguidas.

5. Al volver de este procedimiento se puede resolver divisiones por dos divisores. Se hace coincidir los dos divisores con el trazo del cursor en D y R colocando luego el cursor sobre el dividendo de la escala D y se halla encima en C el resultado. Ejercicios: $1 : 85{,}5 = 0{,}0117$ $1 : 5{,}43 = 0{,}184$ $1 : \sqrt{6{,}45} = 0{,}394$

$$6{,}05 \cdot 3{,}24 \cdot 2{,}22 = 43{,}5 \qquad \frac{44}{4{,}85 \cdot 3{,}66} = 2{,}48.$$

Las escalas trigonométricas.

La escala de senos.

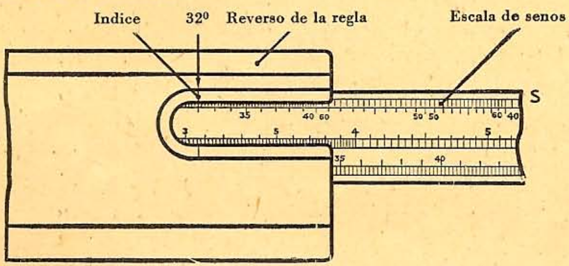


Fig. 23 a

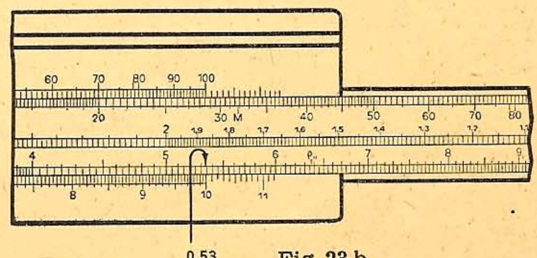


Fig. 23 b

Para leer "sen 32º" volvemos la regla de cálculo. Se corre la reglilla a la derecha hasta que aparece debajo del trazo indicador superior de la escotadura derecha sen 32 (véase fig. 23 a). Al volver la regla de cálculo se lee encima de D 10 en C las cifras 5 — 3 (véase fig. 23 b). Todos los números de la escala C pueden ser divididos por 10. Por consiguiente sen 32º = 0,53. También podíamos tirar la reglilla a la izquierda, hasta que "sen 32" aparece debajo del trazo superior de la izquierda, pero no es recomendable, siendo la reglilla demasiado extraída. La colocación izquierda se escoge al calcular con ángulos pequeños.

Ejercicios:	sen 34º = 0,559	sen 65º = 0,906
	sen 17º30′ = 0,301	sen 45º = 0,707.

Cuando se desea hallar una función de coseno, se utiliza la expresión $\cos \alpha = \text{sen}\,(R - \alpha)$.

La escala de tangentes.

Su lectura es parecida a la que acabamos de describir. Funciona en combinación con la escala inferior C, que representa valores entre 0,1 y 1. En ella se aplica **exclusivamente** el trazo indicador inferior de la escotadura izquierda. Para hallar, por ejemplo, tg 7º40′ se corre la reglilla a la izquierda hasta que 7º40′ de la escala de tangentes se encuentre frente al trazo indicador izquierdo (fig. 24 a). Al volver la regla de cálculo se hallarán frente a D 1 y en C los guarismos 1-3-4-6. Tg 7º40′ es pues 0,1346.

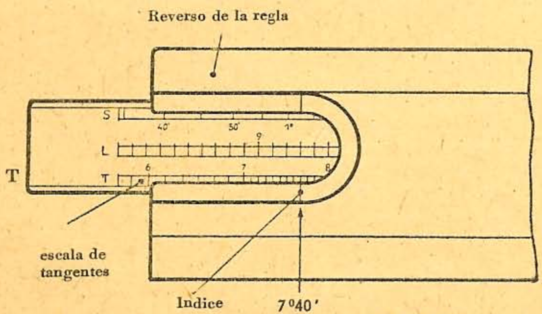


Fig. 24 a

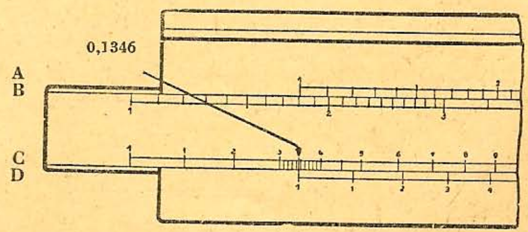


Fig. 24 b

Ejercicios: tg 44° = 0,966 tg 12°40′ = 0,225
tg 34°30′ = 0,687 tg 8°20′ = 0,1465.

Los valores de tangentes de ángulos superiores a 45° y los de cotangentes se hallarán con ayuda de las expresiones ctg α = tg (R — α) y ctg α = 1 : tg α.

La escala de seno-tangentes.

Las reglas de cálculo CASTELL 1/87, 4/87, y 67/87 llevan en el reverso de su reglilla, además de las escalas S y T, otra combinada de seno-tangentes (ST) para ángulos entre 34′ y 5°43′ cuyos senos y tangentes no se diferencian apreciablemente, por tratarse de ángulos muy cerrados. En el de 35′, la diferencia deja de ser apreciable en la cuarta cifra decimal, y en el de 5°40′ asciende a 0,0005 aproximadamente. En las operaciones se utiliza el índice inferior a la derecha, se dividen por 100 los valores que se hallan en la escala C, y se multiplican por 10 los de las cotangentes leídos en D.

Ejemplo: sen. 3°38′ ó tg. 3°38′ = 0,0634 (véase fig. 25)

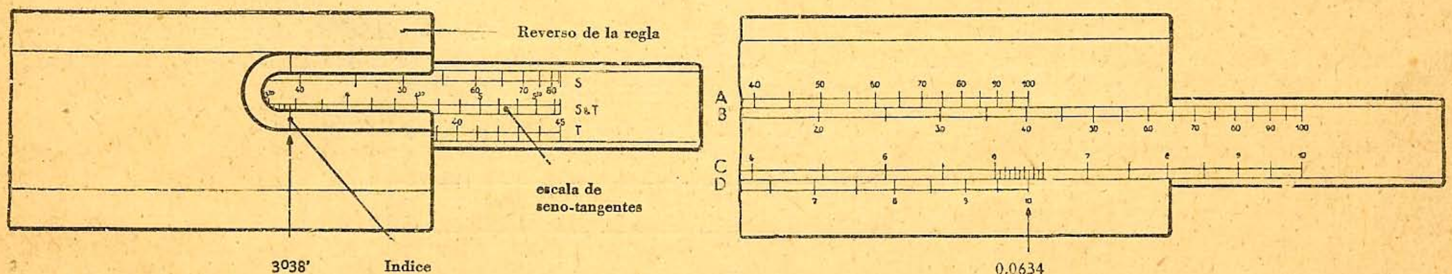


Fig. 25

Al hacer coincidir el ángulo de 3°38′ de la escala ST con el índice inferior a la derecha, se halla sobre el anverso de la regla y frente a D 10 en C el resultado 0,0634.

Las marcas ρ' y ρ''.

Las marcas ρ' y ρ'' sirven para leer las funciones de los ángulos mucho más pequeños. Los dos se hallarán en la escala C de las reglas de cálculo **CASTELL** entre los valores C 34 y C 35 o bien entre C 20 y C 21.

ρ' se aplica si el ángulo es dado en minutos y ρ'' en segundos.

En ángulos tan pequeños las funciones trigonométricas senos y tangentes no se distinguen más del Arcus.

Ejemplo: sen 17' $\approx$ tg 17' $\approx$ arc 17' = 0,00495.

Se coloca la marca ρ' encima de D 17 y se halla la función debajo de C 10 en la escala D.

Ejemplo: sen 43'' $\approx$ tg 43'' $\approx$ arc 43'' = 0,000 208 5.

Se coloca la marca ρ'' encimade D 43 y se halla debajo de C 1 en la escala D la función.

La escala para los logaritmos decimales.

La escala L se halla debajo de la escala D y sirve para leer los logaritmos. Para hallar log 1,35 colocamos el trazo del cursor sobre D 1-3-5 y leemos debajo en la escala L las cifras 1-3-0-3. Es la mantisa. La cifra señal estes 0, ... , log 1,35 = 0,1303 (véase fig. 26).

Invertiendo el procedimiento, hallaremos el Numeros para el logaritmos. Siendo dado el logaritmos 2,374, separamos la cifra señal 2, . . . y buscamos la mantisa 3-7-4, esto es que el trazo del cursor se coloca en L 3-7-4 para mostrar entonces en D las cifras 2-3-6-6. Como la cifra seña era 2, el numeros buscado es 236,6.

Ejercicios: a) log 57,3 = 1,758; b) log 0,237 = 0,375-1; c) log 1938 = 3,287; d) log 9,06 = 0,957.

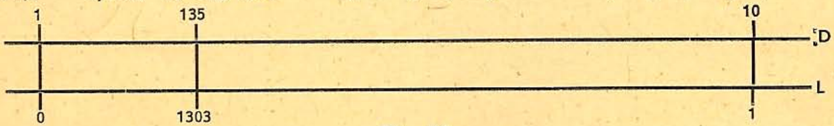


Fig. 26

Cubo y raiz cúbica.

Las reglas de cálculo sistema RIETZ y algunas otras van provistas de una escala especial que permite cubicar y hallar raíces cúbicas sin necesidad de mover la reglilla, bastando el cursor según se ve en la fig. 27.

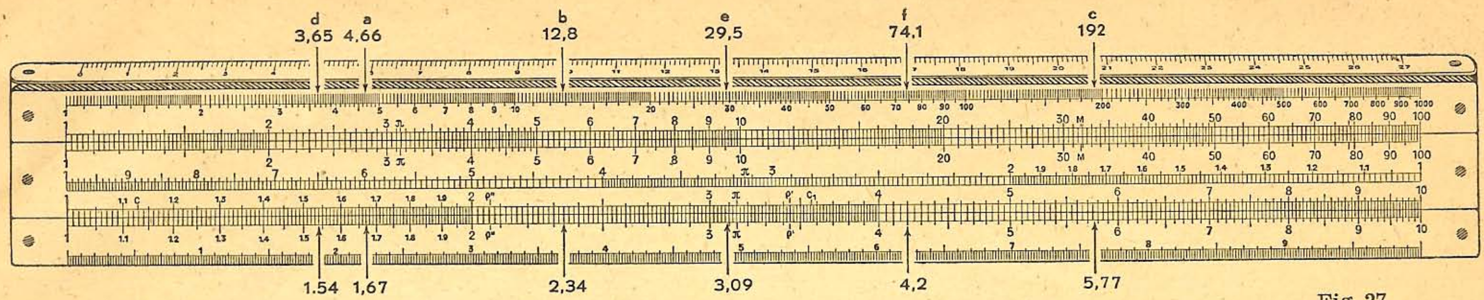


Fig. 27

La escala cúbica **Cu** tiene tres sectores iguales, de 1 a 10, de 10 a 100 y de 100 a 1000. Para elevar un número a la tercera potencia se le busca en D con ayuda del cursor y se lee encima en Cu el Cubo. Se puede leer en la fig. 27: $1{,}67^3 = 4{,}66$ (a); $2{,}34^3 = 12{,}8$ (b) y $5{,}77^3 = 192$ (c).

Para extraer raíces cúbicas basta realizar las operaciones a la inversa; se coloca en Cu y se lee en D. En la fig. 27 se lee $\sqrt[3]{3{,}65} = 1{,}54$ (d); $\sqrt[3]{29{,}5} = 3{,}09$ (e); $\sqrt[3]{192} = 5{,}77$ (c); $\sqrt[3]{74{,}1} = 4{,}2$ (f).

Si el radicando resulta inferior a 1 o mayor de 1000 se separan potencias adecuadas de 1000, hasta que la subradical remanente caíga dentro de 1 y 1000.

$$\sqrt[3]{0{,}645} = \sqrt[3]{645 : 1000} = \sqrt[3]{645} : 10 = 8{,}64 : 10 = 0{,}864$$
$$\sqrt[3]{1953} = \sqrt[3]{1{,}953 \cdot 1000} = 10 \cdot \sqrt[3]{1{,}953} = 10 \cdot 1{,}25 = 12{,}5$$
$$\sqrt[3]{0{,}00953} = \sqrt[3]{9{,}53 : 1000} = \sqrt[3]{9{,}53} : 10 = 2{,}12 : 10 = 0{,}212$$
$$\sqrt[3]{6\,230\,000} = \sqrt[3]{6{,}23 \cdot 1\,000\,000} = 100 \cdot \sqrt[3]{6{,}23} = 100 \cdot 1{,}84 = 184$$

La aplicación de la escala cúbica en el anverso de la regla de cálculo sirve para calcular potencias con los exponentes $\frac{2}{3}$ y $\frac{3}{2}$ (fig. 28).

Se utiliza solamente las dos escalas Cu y A. Para elevar en la potencia $\frac{3}{2}$ se busca el número sobre A y el resultado sobre Cu. En cambio, para elevar en la potencia $\frac{2}{3}$ procedemos a la inversa

$7{,}5^{\frac{3}{2}} = 20{,}5$ (fig. 28 a) $\qquad 132^{\frac{2}{3}} = \mathbf{25{,}9}$ **(fig. 28 b).**

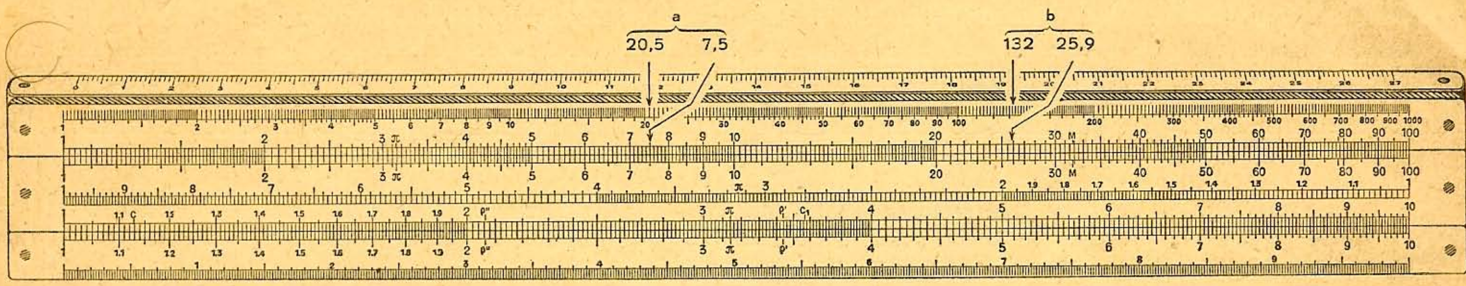


Fig. 28

Con ayuda de la escala recíproca se puede leer aún los valores $1 : a^3$ y $1 : \sqrt[3]{a}$. En el primero caso se coloca el cursor sobre a de la escala R. Se halla encima en la escala Cu el resultado. Al buscar $1 : \sqrt[3]{a}$ procedemos a la inversa.

Cálculos con marcas fijas.

Los valores π, M y $\frac{\pi}{4}$.

Todas las reglas de cálculo llevan grabadas determinadas marcas para simplificar las operaciones. Así, por ejemplo, π lo mismo su valor recíproco $1 : \pi$ llamado M, y, frecuentemente, $\frac{\pi}{4} = 0{,}785$ se ven en las escalas superiores. Operar con ellas no ofrece la menor dificultad. Existen, sin embargo, otras marcas, cuya aplicación requiere algunas explicaciones.

Las marcas de sección C y C_1.

Para hallar el área de un círculo se utiliza la fórmula $A = r^2 \cdot \pi$.

Sustituyendo r por d/2, se obtiene: $A = \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot \pi$, o bien: $A = \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot \pi = \frac{d^2}{4} \cdot \pi = \frac{d^2}{\frac{4}{\pi}} = \left(\frac{d}{2\sqrt{\frac{1}{\pi}}}\right)^2$

Siendo constante el valor $2 \cdot \sqrt{\frac{1}{\pi}}$ cabe calcularlo previamente para todos los problemas de esta clase. Es igual a 1,128. Va marcado con una C en le regla de cálculo. Con la indicación C_1 existe otra marca: $2 \cdot \sqrt{\frac{10}{\pi}} = 3{,}57$. Presta servicios idénticos, porque $C_1^{\,2} = \frac{4}{\pi} \cdot 10$ se distingue de $C^2 = \frac{4}{\pi}$ sólo en la colocación de la coma, hecho que no influye en los cálculos con la regla de cálculo.

La fórmula para el área de un círculo con el diámetro d es, pues:

$$A = \left(\frac{d}{C}\right)^2 \text{ ó } A = \left(\frac{d}{C_1}\right)^2$$

Se busca el diámetro en la escala **D**, se divide por **C** haciéndolo coincidir con la mara C de la escala **C** y se hallará en **D** y frente a 1 de la escala **C** el valor d/C. Sin leerlo, porque precisamos su cuadrado, encontraremos éste frente a **B** 1 en **A.**

Ejemplo: Al hacer coincidir la marca C con **D** 2,82 se lee el área 6,24 cm² en A.

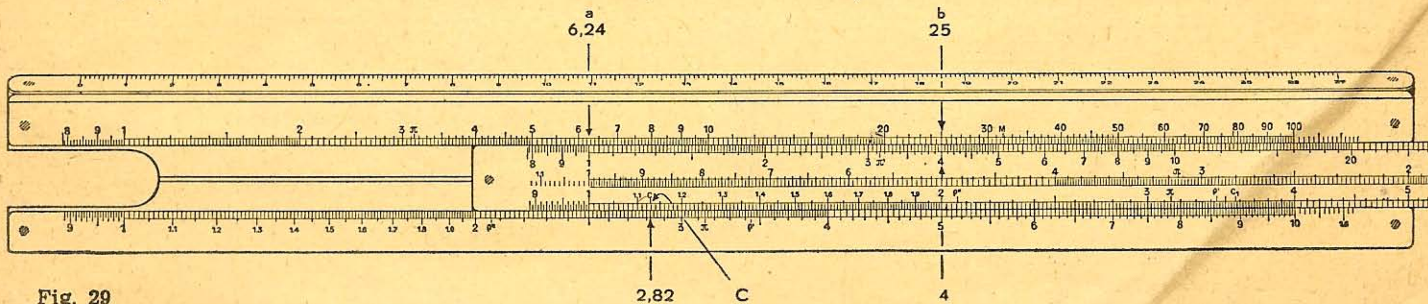


Fig. 29

Para hallar el área total de un cilindro conociendo el área de su base, sólo se precisa multiplicar por la altura. Al leer, pues, en **A** la cifra frente a **B** h se hallará el área total $\frac{d^2 \cdot \pi \cdot h}{4}$ del cilindro con diámetro d y altura h.

Ejemplo: (empleando el ajuste del ejemplo anterior): frente a **B** h = 4 cm se lee el área total = 25 cm³ del cilindro.
Cuando, al correr fa reglilla a la derecha, más de su mitad se salga de la regla de cálculo, se ha de utilizar la marca C_1.

El cursor de tres trazos.

El cursor de tres trazos para dos constantes iguales puede ser suministrado para cada regla de cálculo. Lleva un trazo principal y dos adicionales, separados de aquél por la distancia C. Permite, por lo tanto, realizar las mismas operaciones que con la marca fija C.

La escala log-log (CASTELL 1/98, 67/98).

Esta escala empieza en el borde izquierdo superior con 1,1 y se extiende hasta 3,2 (marcada **Ls**), continua luego abajo, a la izquierda, repitiendo el sector 2,5 a 3,2, y termina finalmente a la derecha, abajo, con 100,000 (**Li**). Ahora bien; como estas dos partes de la escala de log-log están dispuestas entre sí y de un modo determinado con respecto a la división inferior de la regla resultan numerosas posibilidades de aplicación:

1. Debajo de cada cifra de la escala log-log superior se encuentra su 10ª potencia en la correspondiente escala inferior log-log.

Ejemplos: $1{,}1072^{10} = 2{,}769$ (Fig. 30 a). $1{,}204^{10} = 6{,}4$ (Fig. 30 b). $1{,}443^{10} = 39{,}15$ (Fig. 30 c). $0{,}1443^{10} = \left(\frac{1{,}443}{10}\right)^{10} = \frac{39{,}15}{10^{10}}$

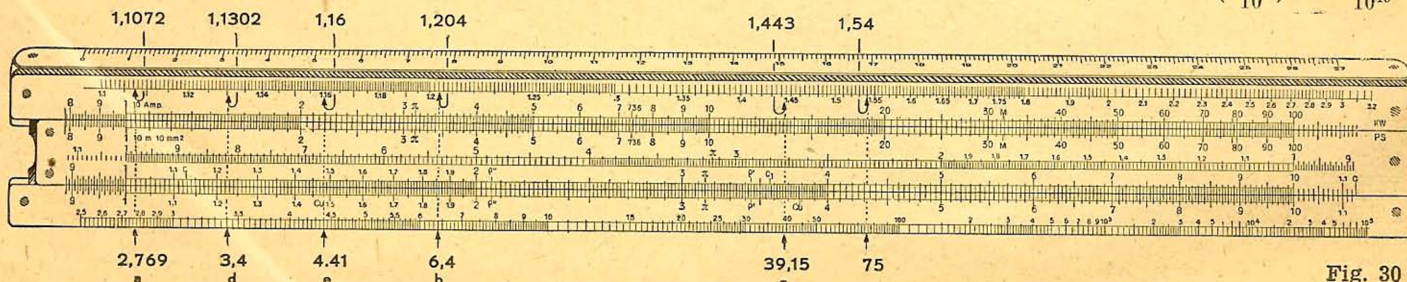


Fig. 30

2. Sobre cada cifra de la escala log-log inferior (**Li**) se encuentra su 10ª raíz en la división superior (**Ls**).

$\sqrt[10]{3{,}4} = 1{,}1302$ (Fig. 30 d). $\sqrt[10]{4{,}41} = 1{,}16$ (Fig. 30 e). $\sqrt[10]{75} = 1{,}54$ (Fig. 30 f).

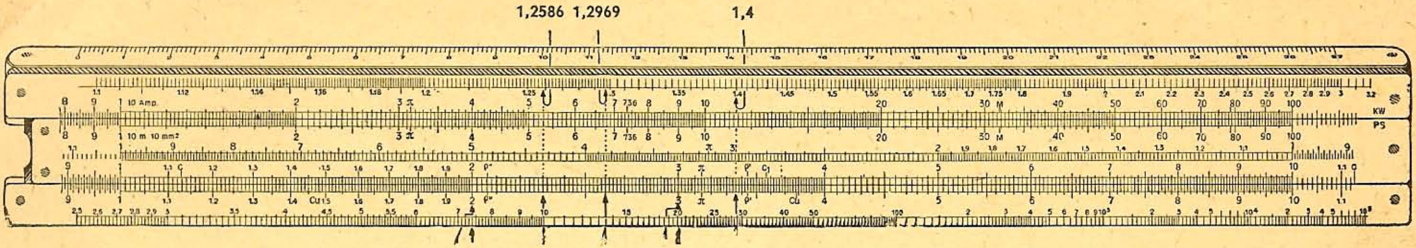


Fig. 31

3. Debajo de cada cifra **n** de la escala inferior **D** de la regla se encuentra e^n en la escala log-log inferior (**Li**).

Ejemplo: $e^2 = 7{,}39$ (Fig. 31 a) $e^3 = 20{,}1$ (Fig. 31 b).

4. Que sobre cada cifra **n** de la escala inferior de la regla **D** se encuentra $e^{\frac{n}{10}}$ en la escala log-log superior (**Ls**).

Ejemplo: $e^{0,23} = 1{,}2586$ (Fig. 31c). $e^{0,26} = 1{,}2969$ (Fig. 31 d). $e^{0,336} = 1{,}4$ (Fig. 31 e).

5. Si se quieren extraer raíces de **e**, habrá que convertir el exponente (por ejemplo 5) en número decimal (0,2) y proceder como en el ejemplo 4. Si hay muchas raíces que extraer, o si el exponente es un quebrado, por ejemplo, se pondrá la división recíproca **R**.

Ejemplo: $\sqrt[2,17]{e} = 1{,}5853$ (Fig. 32c).

6. Si hay que calcular la cantidad e^{-n}, se leerá primeramente e^{+n}, y luego se calculará en la regla su valor recíproco.

7. Si hay que resolver la ecuación exponencial $e^x = a$, se llevará a, según su valor, a la escala logarítmica superior o inferior y se leerá x en la escala inferior de la regla.

Ejemplo: $e^x = 20{,}5$ $x = 3{,}02$ (Fig. 32 a). $e^x = 11$ $x = 2{,}4$ (Fig. 32 b).

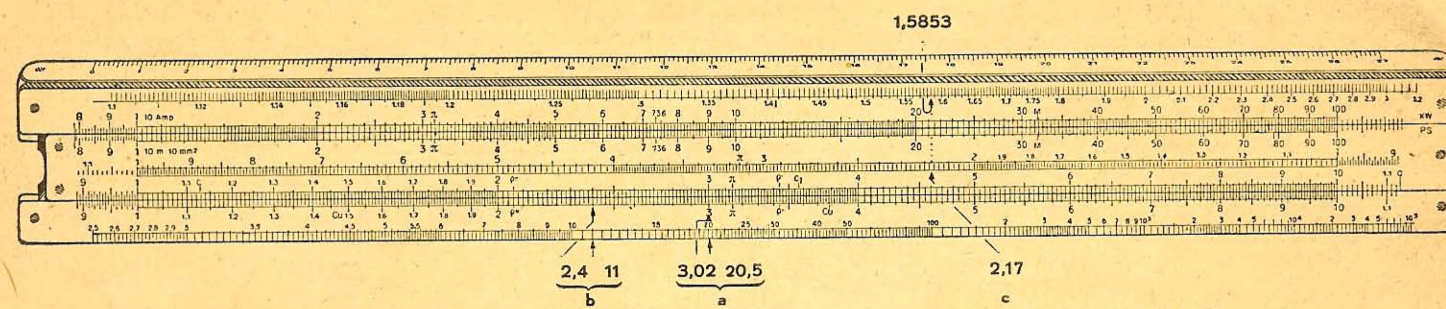


Fig. 32

8. Si se quiere resolver una ecuación exponencial de la forma $e^{\frac{1}{y}} = \sqrt[y]{e} = a$, sin determinar el valor recíproco, hay que servirse de la división recíproca **R.**

Ejemplo: $e^{\frac{1}{y}} = 1{,}485$ $y = 2{,}529$. (Fig. 33 a.)

9. Los valores de la escala **D** representan los logaritmos naturales de las cifras contenidas en la escala log-log.

Ejemplo: ln 94 = 4,54 (Fig. 33 b);
Ejemplo: ln 1,87 = 0,626 (Fig. 33 c).

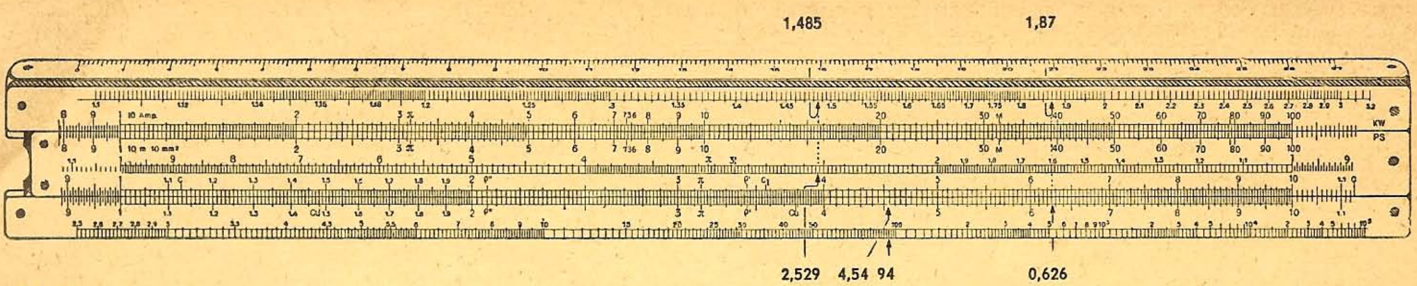


Fig. 33

Hasta ahora sólo se ha hecho uso del cursor; si se emplea la reglilla, podrán efectuarse las operaciones siguientes.

10. Elevación a potencia con exponentes fraccionarios.

Ejemplo: $1{,}277^{2,22} = 1{,}72$ (Fig. 34).

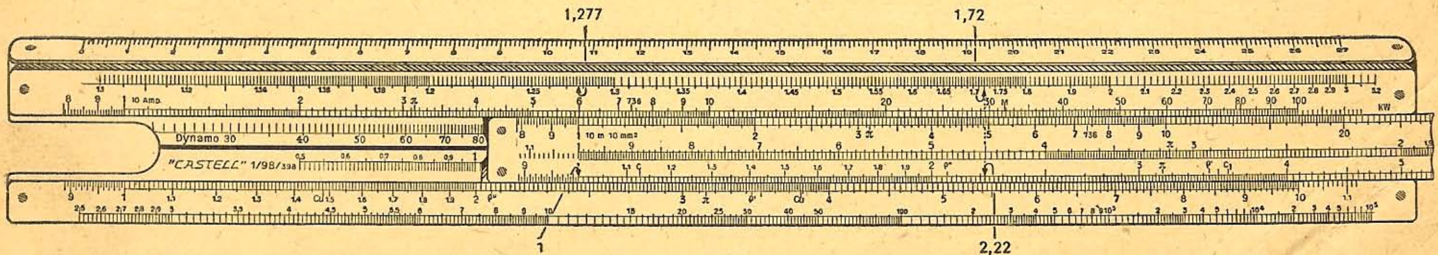
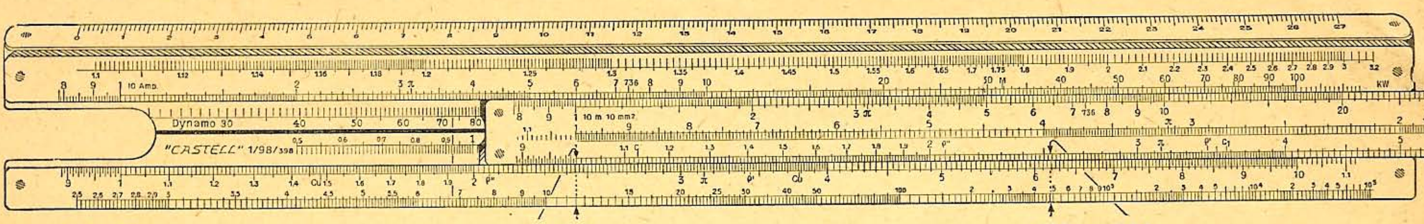


Fig. 34

Se coloca mediante la raya del cursor la cifra 1 de la escala **C** (**C** 1) debajo de 1,277 de la escala **Ls** y se hallará en la escala **Ls** el resultado 1,72 encima de la cantidad 222 de la escala **C**.

Ejemplo: $11{,}5^{2{,}53} = 483$ (Fig .19).



1 11,5 483 2,53

Fig. 35

En este caso se opera y se halla el resultado en la escala log-log inferior (**Li**).

Si la raya del cursor cae en la escala **C** tan a la derecha, que ya no dé lectura encima o debajo, debe colocarse la cifra 10 de dicha escala **C** debajo de la cifra base. Cuando el exponente rebasa la cifra 10, es posible calcular en muchos casos la potencia aprovechando el paso de **Ls** a **Li**.

11. Ecuaciones exponenciales de la forma $a^x = b$.

Se coloca mediante la raya del cursor la cifra 1 de la escala **C**, o también la cifra 10 de la misma escala, debajo o encima de a situada en la escala log-log, y luego se coloca la citada raya encima de b en la misma escala log-log, y se hallará el resultado en la escala **C**. (Véanse más detalles en las Instrucciones especiales).

La división para los rendimientos.

Se admite corriente continua a corriente alterna exenta de inducción. La superior de las dos escalas de fondo sirve para calcular los rendimientos de dinamos y motores.

La mitad izquierda de la escala (W) sirve para calcular el rendimiento de dinamos. Efectúa automáticamente la división por 736. (736 Watt = 1 PS.)

Las reglas No. 1/98 y 67/98 van dotadas de un cursor de tres rayas, que permite convertir directamente Vatios en Caballos de Fuerza y un diámetro cualquiera en sección.

Ejemplo: Averiguar el efecto útil de una dinamo de 134 PS. y 80 kilovatios. (Fig. 36.)

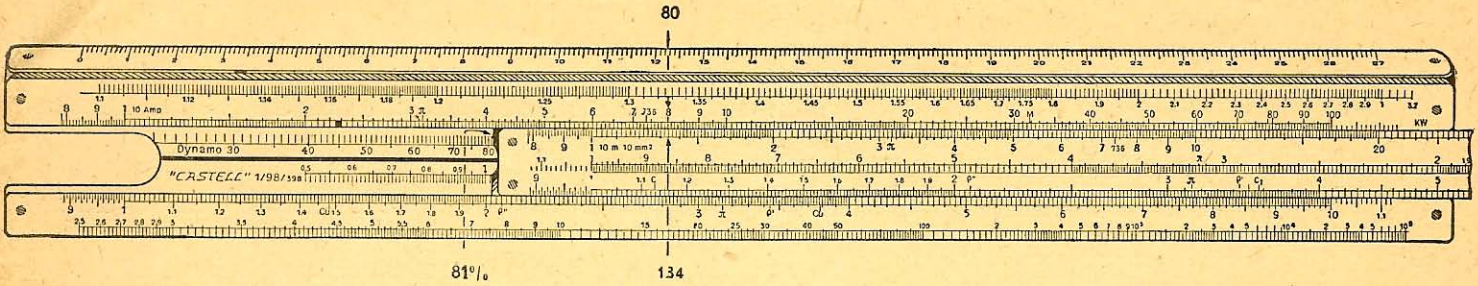


Fig. 36

El 80 de la división **A** (indicada por KW. en el margen derecha) se pondrá debajo de 134 de la división **B** (indicada por PS. en el margen derecha). La arista indica en la división de la dinamo un rendimiento de 81%.

Ejemplo: ¿Qué potencia eléctrica se obtiene con 30 PS. de una dinamo de 88% de rendimiento?

La arista se pondrá sobre 88% de la división de la dinamo (W) y en la división de **B** se encontrará sobre 30 el resultado deseado, que en este caso será de 19,4 kilovatios.

Caso que el resultado encontrado no satisfaga, la regla de cálculo presenta en la posición arriba indicada una tabla, en la cual podrá leerse la potencia eléctrica para cada número de transmitido al árbol de la dinamo, p. e. 35 PS. y 22,7 KW, 43 PS. y 27,9 KW.

La mitad derecha de la escala W sirve para calcular el rendimiento de motores.

Ejemplo: ¿Cuál es el rendimiento de un motor que con 17,1 kilovatios suministra 20 PS.?

Las dos cifras de la escala **A** de kilovatios y de la escala **B** se colocarán una debajo de otra, cuidando de que la arista aparezca efectivamente en la escala de los **motores W** (mitad **derecha.**) Resultado: 86 %.

Ejemplo: ¿Qué fuerza suministra un motor de un rendimiento de 80% con 500 voltios y 12 amperios (o sean 6 kilovatios)?

Correr la arista sobre 80% de la división **W** y buscar sobre **A** la cifra, encontrando **B** abajo 6,5 PS.

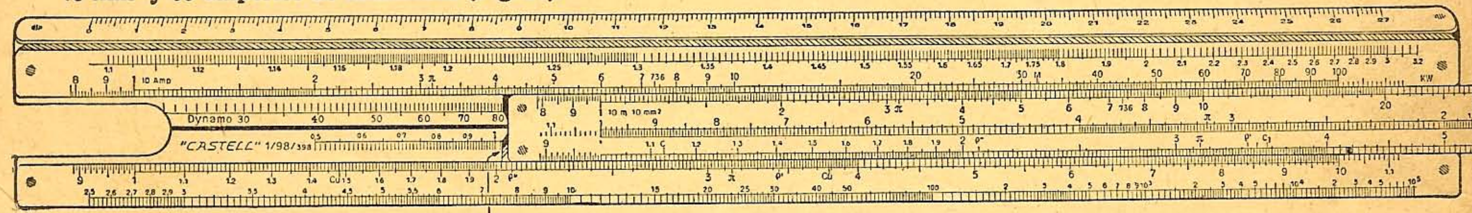
A fin de evitar equivocaciones, las reglas respectivas llevan las indicaciones KW. y PS.

División para la caída de potencial.

La caída de potencial de una línea se lee en la división inferior del fondo, provista de cifras rojas, que efectúa esta división por **c**, siendo **c** = 58 la conductibilidad específica del cobre.

La caída de potencial de una sencilla línea de cobre para corriente continua, o para ídem alterna con carga exenta de inducción, se calcula conforme a la fórmula: $e = \frac{J \cdot l}{c \cdot q}$ habrá que multiplicar **J** (intensidad de corriente) con **l** (longitud de la línea) y dividir por q (sección de la línea). La arista indica el resultado.

Ejemplo: Calcular la pérdida de caída de una línea de cobre de 76 m de longitud general con una sección de 70 mm² y 55 amperios de intensidad (Fig. 37).



1,03

Fig. 37

Póngase 1 de la escala superior (**B** 1) de la reglilla debajo de 55 amperios de la escala superior de la regla (**A** 5_5) (esta escala empieza con 10 amperios en cifras rojas), llévese el cursor sobre **B** 7_6 (empieza con 10 m) llévense **B** 7 debajo del trazo del cursor y léase en la arista el resultado:1,03 voltios.

La escala del fondo indica la coma en su debido lugar únicamente, cuando los valores para **J, l** y **q** puedan ponerse en las escalas superiores, poniendo de base las cifras iniciales rojas de la izquierda. Si en el ejemplo anterior se tratara de una longitud de 760 m, por ejemplo, habría que servirse de la cifra 76 m y decuplicar el resultado (10,3 voltios). Si hay que poner 5,5 amperios, se tomarán 55 amperios y se reducirá el resultado a la décima parte. (0,103 voltios.)

Ejemplo: Caída de potencial en un circuito de 4 kilómetros de largo y 50 mm² de sección en el alambre de trabajo con un consumo de corriente de 30 amperios ($\cong$ 41,4 voltios).

Se hace coincidir la cifra 1 de la escala **B** con 30 (30 amperios) de la escala **A**; se corre la raya del cursor sobre la cifra 4 (400 m) de la escala **B**; se coloca la cifra 5 (50 mm²) de la escala **B debajo** de aquella raya y se leerá el resultado 4,14 en la arista. Puesto que se utilizó 400 en vez de 4000 m, habrá que multiplicar el resultado por 10. Resultado: 41,4 voltios.

Formación de tablas: Si la caída de potencial encontrada es muy grande, se colocará la arista en la caída lícita, por ejemplo 35 voltios del último ejemplo, y debajo del trazo del cursor se encontrará la sección necesaria de 59 mm².

Si se dispone del cursor de tres trazos, del que se hace mención más arriba se leerá inmediatamente el diámetro: 8,67 mm, sin necesidad de otras manipulaciones.

Si se pone la arista en la caída de potencial admisible, por ejemplo en 35 voltios, y el trazo del cursor en la sección dada (p. e. 60 mm²), se podrá leer debajo del trazo del cursor, toda vez que 1 de división superior se dirija a cualquier intensidad de corriente, la longitud de la línea, o si esta se pone debajo del trazo del cursor, podrá leerse sobre **B** 1 la intensidad respectiva. En forma de tablas puede efectuarse esta operación con alguna mayor comodidad, introduciendo la reglilla al revés, de modo que **B** 1 quede debajo del trazo del cursor; entonces las longitudes de las líneas y los amperios quedarán uno debajo de otro.

Por ejemplo: 30	Amps. y	4060 m		50	Amps. y	2436 m
35	,, ,,	3480 ,,		60	,, ,,	2030 ,,
40	,, ,,	3045 ,,		70	,, ,,	1740 ,,

Las señales negras, de resistencias, y de las encarnadas, de peso.

La señal **negra Cu** para cobre (no confundirse con C y C_1), sirve para la **determinación de la resistencia óhmica** de conductores (15° C).

Ejemplo: ¿Cuál es la resistencia óhmica de un conductor de cobre de 2,5 mm de diámetro y de 126 m de largo?

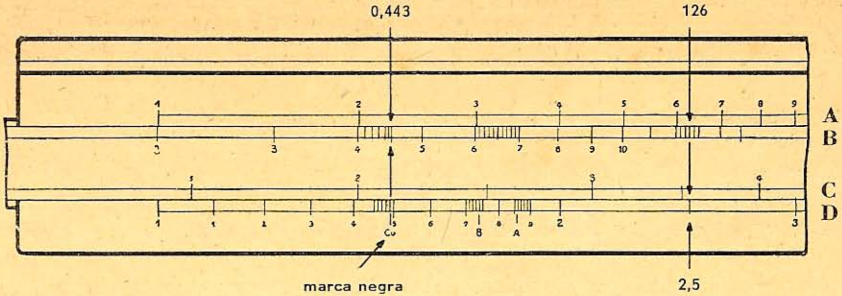


Fig. 38

Ejecución: Se coloca, mediante el trazo del cursor 2,5 mm en la división inferior, de la regla (**D** 2_5) frente a 126 m en la división superior de la reglilla (**B** 12_6). Luego se leerá sobre la señal **Cu** en **B** la resistencia 0,443 ohmios. (Fig. 38.)

La señal **encarnada Cu** para cobre (sirve también como aproximación para bronce) se aplica para el **cálculo del peso del conductor.**

Ejemplo: ¿Cuánto pesa un conductor de cobre de 1,5 mm de diámetro y de 1,4 m de largo?

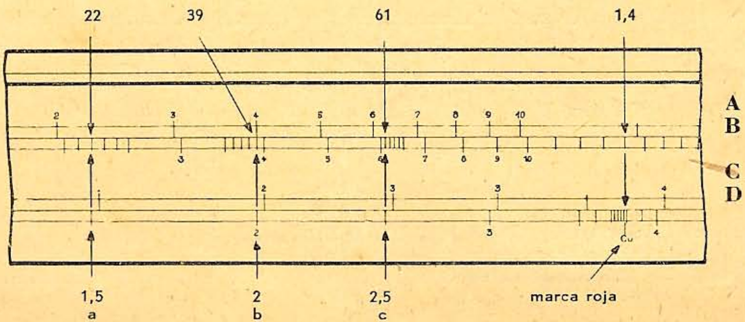


Fig. 39

Ejecución: Se coloca mediante el trazo del cursor 1,4 m en la división superior de la reglilla (**B** 1_4) sobre la señal encarnada **Cu.** Luego se leerá sobre 1,5 mm en la división inferior **D** el peso 22 g en **B.** (Fig. 39a).

Con la misma posición se encuentran también los pesos de conductores de otros diámetros, así, por ejemplo, con 2 mm el peso de 39 g, con 2,5 mm el peso de 61 g (Fig. 39 b, c) etc.

Los ejemplos de estas Instrucciones sirven para la indicación en el manejo de la regla de cálculo. Señalan, por lo tanto, los caminos más sencillos para alcanzar el fin propuesto. Si el lector desea ampliar aún más sus conocimientos, le recomiendo las Instrucciones principales editadas en forma de libro por la casa A. W. Faber y que contienen numerosas aplicaciones para todos los terrenos de la práctica.

1/798 sp