

Precios de suscripción

España: año 10 pesetas
Extranjero: año 15 „
Número suelto 1 „

TÉCNICA

REVISTA TECNOLÓGICO-INDUSTRIAL

Redacción: Pelayo, 9
Teléfono 541 A.
Administración: Lauria, 26
Teléfono 514 S. P.
B A R C E L O N A

AÑO XLIII

ENERO 1920

ORGANIZACIÓN CIENTÍFICA DEL TRABAJO

LOS MODERNOS MÉTODOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LOS SALARIOS

SUMARIO. — El estudio de los métodos de salarios está a la orden del día. Salvo algunos casos especiales, el salario por día o jornal está universalmente deshechado; el salario a destajo da lugar a numerosas críticas. Nuevos métodos, designados bajo el nombre de *salarios a base de primas* han sido adoptados. — En este estudio nos proponemos hacer resaltar la influencia de los sistemas más en boga, sobre la producción, el beneficio obtenido por el obrero, el precio de coste de los productos fabricados y la determinación, en cuanto sea posible, de las condiciones que se han de realizar para obtener el rendimiento máximo. — Demostraremos que las condiciones son muy diferentes, según que la mano de obra haya o no sido objeto de detenido estudio, bien o mal organizada. Por lo que debemos distinguir dos casos, cada uno objeto de examen por separado. — Después de haber comparado los diferentes sistemas aplicados, intentaremos hacer su crítica y deducir conclusiones generales

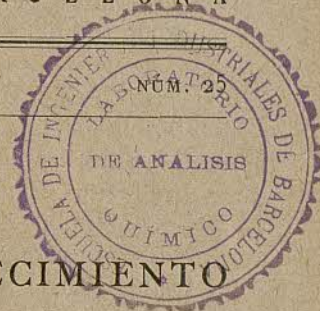
I. — MANO DE OBRA MAL ESTUDIADA

1. — *Preliminares.* — En gran número de talleres se ignora el rendimiento, ni siquiera aproximado, que puede obtenerse de un obrero para la realización de un trabajo determinado. Tratan sencillamente de aumentar su rendimiento por medios empíricos más o menos ingeniosos.

Consideremos cualquier mano de obra que se encuentre establecida en estas condiciones. Supongamos que deseemos forzar a cada obrero para que produzca su máximo rendimiento. Y que el rendimiento medio antes de forzar la producción esté representado por el número 30, en la unidad de tiempo considerada (un día, por ejemplo). No sería exagerado suponer que el rendimiento máximo alcanzase el promedio de 100, puesto que es corriente encontrar diferencias tan notables en la producción, cuando se comparan dos tareas efectuadas una a jornal y otra a destajo, o aun entre dos métodos de trabajo mejor o peor comprendidos. El número que representa la producción puede expresar o un número de piezas trabajadas o una medida de peso, de longitud, superficie, volumen, etc., pues se comprende que esto es indiferente para el asunto de que tratamos.

Admitamos, por otra parte, que el salario más elevado que un buen obrero corriente pueda y desee alcanzar sea de 10 pesetas durante la misma unidad de tiempo considerada, siendo el salario que percibe 6 pesetas. La relación de 10 a 6 representará, racionalmente, el aumento máximo que el obrero considerado se cree capaz de realizar para obtener aquel salario, mediante el mejoramiento, llevado también al límite, de los métodos de trabajo y de remuneración. La aceptación de este salario elevado no implica de ningún modo la renuncia de posteriores aumentos, sino que es únicamente la expresión de que se considera en aquel momento la cantidad de 10 pesetas como muy buen jornal en relación con las condiciones económicas y costumbres establecidas, especie de *desideratum* práctico a que aspiran los demás obreros similares no existiendo razón alguna que indique la conveniencia de aumentarlo. Tampoco significa lo dicho que ningún obrero podrá rebasar aquel jornal de 10 pesetas, ya que se ha aplicado a un buen obrero de capacidad corriente y que subsisten diferencias individuales de rendimiento que llevan aparejadas las de los salarios correspondientes.

Los dos números de 100 piezas y 10 pesetas han sido escogidos múltiples de 10, con el fin de simpli-



ficar los cálculos al aplicarlos a cualquier trabajo de rendimiento N y salario S . Si para ello se emplea el gráfico adjunto, bastará cambiar las notaciones de las escalas para otros valores de N y S .

Fácilmente se pasará del número que fija la cantidad de producción al que exprese el tiempo invertido en realizar esta producción, notando que si T representa el tiempo empleado para efectuar el trabajo considerado como unidad, tendremos $T = \frac{1}{N}$.

Finalmente, los datos escogidos como ejemplo, 30 piezas, unidades de producción, y 6 pesetas podrían naturalmente cambiarse, sin que las conclusiones que establecemos dejen de ser exactas.

Sentadas estas consideraciones, examinemos que es lo que podría hacer un patrono que tratase de mejorar la marcha de su negocio, por la sola implantación de un sistema apropiado de salarios y pasemos revista a los principales métodos conocidos.

2.—*Salario por número de piezas.*—Tendremos $S = Np$ (p precio asignado por pieza).

Con los números 30 y 6 escogidos como iniciales tendremos $p = 0$ ptas. 20. Para mejorar el negocio el patrono no tiene otro medio que disminuir esta base. Sea $p = 0$ ptas. 16, la nueva base o precio fijado por pieza. Claro está que si no se ha atrevido a disminuir aún más de una sola vez este precio, habrá sido por la resistencia opuesta por los obreros. La escala de los salarios correspondientes a esta base será la siguiente:

N	30	40	50	60	70	100
S	4'80	6'40	8	9'60	11'20	16

De lo dicho en los preliminares se desprende que un buen obrero de capacidad media tratará de alcanzar aquel jornal de 10 pesetas y la producción correspondiente será de 62'5 piezas y no procurará rebasar esta producción.

El resultado esperado por el patrono no se habrá alcanzado ni con mucho. Sin embargo, este sistema habrá obligado a los obreros de menos producción a activar su trabajo ante la amenaza de ver reducido su salario.

3.—*Tarifa de Willians.*—Su fórmula es $S = N_1 p + n \alpha p$ siendo $n = N - N_1$; $\alpha < 1$; $n =$ número de piezas trabajadas en exceso sobre el minimum convenido N_1 .

Puesto que partimos de una producción de 30 piezas y de un salario de 6 pesetas habremos podido

fijar como minimum aquel número o sea $N_1 = 30$ y $p = 0'20$. Por otra parte tomando $\alpha = 0'5$ tendremos la siguiente escala de salarios:

N	30	40	50	60	70	100
S	6	7	8	9	10	13

el rendimiento para el salario de 10 pesetas alcanzará a 70 piezas, pero la tendencia de los obreros será de quedar algo por bajo de esta producción, pues habrán podido darse cuenta fácilmente de que el precio de cada pieza va disminuyendo a medida que la producción aumenta.

Para que esta tarifa fuese comparable a la anterior, sería preciso que fuera $\alpha = 0'6$, pues entonces para $N = 63$ resulta $S = 9'96$.

Otras combinaciones son posibles; pero cualesquiera que sean, el resultado obtenido será aproximadamente el mismo que con el método a base de número de piezas.

4.—*Tarifas de York y de Halsey.*—La fórmula de la tarifa York es $S = s_0 + Np$. Si tomamos $s_0 = 6$ pesetas al implantar este método, el obrero obtendrá un aumento muy sensible de salario sin esfuerzo alguno suplementario. Por consiguiente, este método aplicado en esta forma resulta peligroso, a no ser que tomemos muy pequeño el valor de p , pero en este caso existe otro inconveniente, cual es, que siendo muy pequeño el valor de la prima, tendrá poca influencia para hacer aumentar la producción.

Pueden corregirse los defectos de este sistema, ya sea fijando un minimum de producción, ya disminuyendo mucho s_0 . Admitamos el empleo de uno de estos dos artificios. Podremos escribir: $S = s_0 + (N_1 + n)p = s_0 + N_1 p + n p$. Hagamos $s_0 + N_1 p = N_1 P$; N_1 es el minimum de producción impuesto o practicamente obtenido. Tendremos $P > p$ y podremos escribir $p = \alpha P$ siendo $\alpha < 1$. La fórmula queda convertida en esta otra: $S = N_1 P + n \alpha P$; que es precisamente la fórmula Willians ya examinada.

Vemos, pues, que el sistema York no es admisible más que a condición de adoptar coeficientes que le identifiquen con el de Willians.

Con la tarifa de Halsey se toma como punto de partida el salario por día o jornal, del cual se deduce el tiempo T necesario para la producción del trabajo unitario. Si t es el tiempo realmente empleado por el obrero, éste obtiene un beneficio igual a una fracción α de la mano de obra economizada a su patrono.

Sea s_0 el jornal; el precio de cada pieza es hoy $s_0 T$. Con la tarifa Halsey cada pieza se pagará a $s_0 t + \alpha (s_0 T - s_0 t) = s_1$. Pero $T = \frac{t}{N_1}$, siendo N_1 el número de piezas ejecutadas, admitido como límite inferior a partir del cual se concede la prima.

Por consiguiente, el salario correspondiente a la unidad de tiempo, o al número de piezas N , será $S = s_1 N = s_0 N \frac{t}{N} + \alpha s_0 N \left(\frac{t}{N_1} - \frac{t}{N} \right) = s_0 - \alpha s_0 + \alpha s_0 \frac{N}{N_1}$

Haciendo $s_0 - \alpha s_0 = S_0$ y $\frac{\alpha s_0}{N_1} = p$ y observando que S_0 y p son constantes nos queda finalmente:

$$S = S_0 + p N$$

Vemos, por lo tanto, que llegamos a una fórmula idéntica a la de York, con la particularidad de que $S_0 < s_0$, es decir, que se ha recurrido al 2.º artificio de los dos indicados.

En el caso de tener $N < N_1$ la fórmula Halsey no es aplicable, pues entonces t sería mayor que T .

Habiendo demostrado, pues, que tanto la tarifa de York como la de Halsey se reducen en definitiva a la fórmula Willians, nos referiremos sólo a esta en lo sucesivo.

5.—Tarifa de Rowan.—Fórmula

$$S = N_1 p + n p \frac{N_1}{N_1 + n} \text{ siendo } N = N_1 + n.$$

En este sistema se supone que para una producción inferior a N_1 piezas se aplica el sistema por jornal o por número de piezas o bien que se obliga a una producción de N_1 piezas como minimum.

Partamos, como siempre, de $N_1 = 30$ y $p = 0'20$ tendremos:

N.	30	40	50	60	70	80	100
S.	6	7'50	8'40	9	9'43	9'75	10'20

El obrero notará enseguida que al aumentar su producción, por ejemplo, de 40 a 50, o sea de $\frac{1}{2}$, su salario no aumenta más que de $\frac{1}{5}$ y que a medida que aumenta la producción, el beneficio obtenido por este aumento de trabajo va disminuyendo hasta llegar a ser irrisorio para rendimientos muy elevados. Lo racional será que el obrero procure mantener su rendimiento entre 40 y 50, o sea inferior al del salario por número de piezas, aunque su salario sea también inferior.

Podríamos, sin embargo, proponernos hacer esta tarifa comparable a los precedentes, es decir, tratar de alcanzar el salario de 10 pesetas con una produc-

ción de 60 a 70. No podemos, para lograrlo, aumentar p : esto nos originaría gastos, pues habría obreros que sin pasar de 30, obtendría ya un beneficio; pero podremos aumentar N_1 , lo que, fijándonos en la fórmula, vemos que nos da un aumento correspondiente de salario.

Las dos escalas que siguen ofrecen valores apropiados para la referida comparación:

N	30	35	40	50	60	70	80	100	
$N_1=35$	$p=0'20$	S 6	7	7'87	9'10	9'92	10'50	10'94	11'55
$N_1=40$	$p=0'19$	S 5'70	6'65	7'60	9'12	10'13	10'85	11'40	12'16

Nótese que la 2.ª escala, de valores más progresivos, es más favorable para lograr aumento de rendimiento, aunque menos que las tarifas a base de número de piezas y de Willians.

6.—Tarifa diferencial de Taylor.—Su fórmula es $S = N_1 p + n p'$ siendo $p' > p$.

En este sistema el salario aumenta mucho con la producción. Pero según advierte Taylor, la fijación de las bases para el salario ha de haber estado precedida de un detenido estudio para lograr conocer la capacidad de producción o rendimiento máximo que podrá alcanzarse al aplicar el sistema, rendimiento que fijaremos en 100. De este modo habremos fijado los precios p y p' .

Este método no sería lógico si se tomase como base de la producción un número N_1 muy inferior al rendimiento máximo deseado, pues en este caso el precio de coste aumentaría a medida que la actividad de los obreros fuese en aumento.

Hagamos constar, de paso, que Taylor, aunque recomienda la aplicación de este método de salarios, no deja de reconocer que con otros sistemas puede llegarse también a la organización científica del trabajo que tanto preconiza.

7.—Bonificación sistema de Gantt.— $S = S_0$ para $N < N_1$; $S = S'_0$ siendo $S'_0 > S_0$ para $N > N_1$. Premio fijo a partir de una producción mínima exigida.

Del mismo modo que en el tipo de salario anterior, para que la aplicación de este sistema resulte racional, será preciso fijar las bases y la producción para alcanzar el rendimiento máximo, concediendo un crecido salario y seleccionando los obreros.

8.—Tarifa de Bayle.—Fórmula $S = S_0 \frac{3m^2 - 4m + 2}{m^2}$

siendo $m = \frac{T}{t}$; T y t representan lo mismo que en

el sistema Halsey; tendremos:

$$T = \frac{t}{N_1}; t = \frac{t}{N} \text{ y la fórmula se transforma en:}$$

$$S = S_0 \left\{ 3 - 4 \frac{N_1}{N} + 2 \left(\frac{N_1}{N} \right)^2 \right\} \text{ tomando}$$

$$S_0 = 6 \quad N_1 = 30 \text{ obtenemos:}$$

N.	30	40	50	60	70	80	90	100
S.	6	6'75	7'92	9	9'93	10'69	11'33	11'88

Para hacer comparable este sistema a los precedentes, para rendimientos de 60 y 70, sería preciso aumentar 10, lo cual no es posible, pues en tal caso los obreros obtendrían ya aumento de salario manteniendo su producción a 30 piezas.

Los salarios que figuran en aquella escala resultan poco progresivos entre 30 y 40, lo son algo más entre 40 y 60, para volver a disminuir después, manteniéndose, sin embargo, siempre superiores a los de la escala de valores de la tarifa de Rowan. En conjunto resulta preferible a esta última. Los obreros tendrían a alcanzar un rendimiento de 60 a 65.

9.—*Resultados obtenidos con los distintos sistemas de salarios.*— En definitiva, no se puede obtener el máximo de producción, a pesar de tan variadas combinaciones ensayadas, con ninguno de los sistemas expuestos. ¿Porqué? Porque se trata de casos en que la mano de obra ha estado mal estudiada. En efecto: es evidente que si hemos tomado como punto de partida una producción de 30, pudiendo hacer 100 en el mismo tiempo, ha sido por no conocer lo suficiente el trabajo. Así hemos podido atribuir a los sistemas de salario estudiados, graves defectos, que en realidad procedían de falta de conocimientos en quien los aplicaba.

El salario proporcional al número de piezas es de empleo constante en fábricas y manufacturas en que se trabajan corrientemente grandes cantidades de piezas (hilados, tejidos, confecciones, objetos varios, manufacturas de tabaco y cerillas, etc.) En todos estos casos, se ha debido pasar, en un principio, por gran incertidumbre hasta fijar el valor de la mano de obra. Más adelante la competencia, el natural deseo de mejorar, en el obrero, pequeñas simplificaciones, algunos perfeccionamientos, etc., han hecho conocer el rendimiento máximo. La consecuencia inmediata ha sido la disminución sucesiva de la base de los salarios, para estabilizarse de nue-

vo después, salvo las oscilaciones ocasionadas por circunstancias especiales (huelgas, modificación en las costumbres de patronos y obreros, aumentos generales en los salarios, etc.) Si se produce uno de estos cambios de salario, aparece enseguida la incertidumbre para fijar la nueva base de salario; pero pronto es orillada esta duda, pues la comparación con el trabajo anterior análogo permitirá fijar la nueva tarifa bastante racionalmente.

En otras industrias, la metalúrgica especialmente, no sucede otro tanto. El trabajo resulta muy variado; el número de piezas producidas de cada clase es reducido; el tipo de las piezas que hay que trabajar varía continuamente. Hasta hace poco tiempo, el rendimiento posible era desconocido. Por esta razón la remuneración se efectuaba a jornal, por regla general, y por esto los salarios a base de primas — mejoramiento del salario a jornal — producen actualmente tan señalados servicios, inferiores, sin embargo, a los que se hubiesen obtenido estudiando bien los máximos rendimientos posibles. En la construcción de edificios, se presentan parecidas circunstancias: la variedad de las mismas es tan grande que en la mayoría de los casos no es posible fijar bases racionalmente. Por todo lo cual, hasta el presente, no se ha estudiado todavía suficientemente la cuestión en estos casos.

II. — MANO DE OBRA BIEN ESTUDIADA

10.—*Determinación del rendimiento máximo.*—La conclusión que hay que deducir del estudio precedente es la siguiente: Para obtener el rendimiento máximo relativo a una mano de obra determinada, es preciso ante todo tener ésta bien estudiada. El sistema Taylor responde a este desideratum, pero su aplicación no dejará de presentar dificultades procedentes ya de la clase obrera ya de la parte de los mismos patronos. Puede suplírsele y obtener cierta exactitud mediante un concienzudo estudio de cada trabajo. Observaciones, ensayos de todas clases, experimentos prolongados deberán proceder a la implantación de todo nuevo género de trabajo o modificación del mismo.

Durante el período de ensayo, será ventajoso, en la mayoría de los casos, aplicar tarifas de salario provisionales: a jornal elevado, o por piezas, con un precio aumentado temporalmente, bases de salario decrecientes para el período de entrenamiento, primas para estimular a los obreros, gratificaciones, y en fin, cualquier tipo de salario a base de primas.

En definitiva, se habrá podido comprobar que, en

el ejemplo tipo, escogido al principio de este artículo, el rendimiento medio posible es de 100 por unidad de tiempo y que el salario correspondiente debe ser de 10 pesetas. Este rendimiento medio posible es el de un buen obrero corriente, que trabaje racionalmente aprovechando bien su tiempo, es decir, sin fatigarse excesivamente, pero sin perderlo tampoco. Este será, en suma, el máximo de producción que podrá obtenerse de un tal obrero después de bien estudiada la cuestión. Representa, por lo regular, la cifra sobre la que basará sus cálculos el industrial, salvando las diferencias más o menos notables que puedan existir entre diferentes obreros.

Tratemos ahora de estudiar las ventajas e inconvenientes que presentan los diferentes sistemas de sala-

rios establecidos en las condiciones así determinadas.

11.— *Salario por piezas.*— Todos los obreros desde su convencimiento de que la base del salario será duradera, trabajarán al máximo. Los más hábiles rebasarán el promedio, más o menos, según la clase de trabajo; los más torpes, calmosos o perezosos se esforzarán en atenuar sus defectos. Tendremos $S = Np$ siendo $p = 0'10$.

El rendimiento medio tenderá a rebasar ligeramente el promedio previsto.

12.— *Tarifa de Willians.*— $S = N_1 p + n a p$; $N = N_1 + n$. He aquí algunas tarifas convenientes dispuestas al lado de las cifras correspondientes al sistema por medio de piezas:

		N.	40	50	60	70-75	80	90	100	110	120	130
(W ₁)	por piezas $p=0,10$	S.	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	$N_1=60; p=0,125$		5	6,25	7,50	8,125	8,75	9,375	10	10,625	11,25	11,875
(W ₂)	$a=0,5$	$N_1=75; p=0,115$	4,60	5,75	6,90	8,05-8,62	8,91	9,49	10,06	10,635	11,21	11,785
(W ₃)		$N_1=60; p=0,12$	4,80	6	7,20	7,92	8,64	9,36	10,08	10,80	11,52	12,24
(W ₄)	$a=0,6$	$N_1=75; p=0,11$	4,40	5,50	6,60	7,70-8,25	8,58	9,24	9,90	10,56	11,22	11,88
(W ₅)		$N_1=60; p=0,131$	5,24	6,55	7,86	8,38	8,91	9,43	9,96	10,48	11	11,52
(W ₆)	$a=0,4$	$N_1=75; p=0,118$	4,72	5,90	7,08	8,26-8,85	9,09	9,56	10,03	10,50	10,96	11,44

Evidentemente son posibles todas las tarifas intermedias. Pueden imaginarse muchas variantes empleando coeficientes a_1, a_2, a_3 , decrecientes correspondientes a producciones N_1, N_2, N_3 crecientes. De este modo nos aproximaríamos al método Rowan.

En el cuadro expuesto y en los sucesivos se ha aplicado el salario por piezas para valores de $N < N_1$. En la práctica convendrá escoger para valor de N_1 el rendimiento mínimo y hasta convendrá obligar esta producción misma.

13.— *Tarifa de Rowan.*— Recordemos su fórmula

$$S = N_1 p + n p \frac{N_1}{N_1 + n}$$

		N	40	50	60	70	80	90	100	110	120	140
(R ₂)	$p=0,12$	$N_1=60$	4,80	6	7,20	8,23	9	9,60	10,08	10,47	10,80	11,08
(R ₃)	$p=0,11$	$N_1=70$	4,40	5,50	6,60	7,70	8,66	9,41	10,01	10,50	10,91	11,25

Esta tarifa de Rowan no parece ser aplicable más que en los casos en que el mínimo de producción N_1 venga obligado.

Podríase aplicar su fórmula tomando n negativo. El salario disminuiría entonces rápidamente para

producciones inferiores a N_1 . Esto equivaldría a imponer una especie de multa a los obreros demasiado calmosos... suponiendo (que no es poco suponer) que ellos consintiesen.

A continuación van los salarios así calculados en los dos casos del cuadro anterior:

N	40	50	60	70
S.	{ 3'60	5'76	7'20	8'23
	{ 1'93	4'62	6'42	7'70

14.—*Tarifa de Taylor.*—En la hipótesis posible en que tomásemos el valor de N_1 aproximado a 100, esta tarifa equivaldría sensiblemente al sistema por piezas.

Si se toma N_1 mucho más pequeño que 100, el sistema arrastraría a los obreros al exceso de fatiga, y si por el contrario N_1 se escogiese superior a 100 el efecto de la prima sería casi nulo.

15.—*Tarifa de Gantt.*—Parece ser que su aplicación no está muy extendida. Se debería escoger N_1 cercano a 100; en tal caso los buenos obreros rebasarán poco este número; en cuanto a los medianos de capacidad de producción, como no podrán obtener prima alguna su remuneración se efectuará a

		N. .	50	60
por: (B ₁)	$N_1=50; s_0=6,72$	S. .	6,72	7,12
(B ₂)	$N_1=70; s_0=8,50$	S. .		

En el caso en que el número de obreros que no serán capaces de hacer más de 80 piezas sea muy elevado, la escala 2.^a sería poco recomendable, pues estos obreros limitarían probablemente su producción a unas 70 piezas pagadas casi tan caras como si efectuasen 80. N_1 deberá, pues, estar comprendido entre 50 y 70.

Vemos, pues, que un tal sistema resulta complicado y carece de la elasticidad conveniente; en cambio resulta más progresivo que el de Rowan para los rendimientos elevados.

17.—*Gráficos y tablas.*—El gráfico representado en la fig. 1 (salarios en ordenadas y rendimientos en abcizas) permite comparar fácilmente las diferentes tarifas; puede trazarse sobre el mismo el tipo de salario que se trate de estudiar

Además, con solo cambiar la notación de las escalas, podremos obtener todos los casos que puedan presentarse en la práctica, es decir, cualesquiera que sean los valores atribuidos a N , S y p .

Consignemos también que para la aplicación de estas tarifas, especialmente los sistemas a base de primas, convendrá establecer unas tablas en que se

jornal con todas sus deplorables consecuencias. Si se escogiese N_1 muy inferior a 100 obtendríase una acentuada disminución en la producción.

Este sistema, lo mismo que el anterior, sólo es compatible con una cuidada selección de obreros. Se puede mejorar este método estableciendo varias escalas de valores; en tal caso nos aproximariámos a la tarifa Willians.

16.—*Tarifa de Bayle.*—Hemos ya establecido su fórmula $S = S_0 \left\{ 3 - 4 \frac{N_1}{N} + 2 \left(\frac{N_1}{N} \right)^2 \right\}$.

Si $N < N_1$, S aumenta y la fórmula no sería aplicable. Deberá imponerse un minimum de producción o echar mano de otro sistema de salario para producciones inferiores a N_1 .

De todos modos, conviene escoger N_1 bastante reducido, pues para producciones cercanas a este número el aumento de salario es reducido y los obreros no tendrán, por lo tanto, interés en efectuar sobreproducción a no ser que vean posibilidad de rebasar notablemente N_1 . Se tiene

	70	80	90	100	110	120	130
	7,82	8,61	9,38	10,04	10,72	11,29	11,80
	8,50	8,76	9,34	10,03	10,74	11,45	12,19

hayan calculado, una vez para siempre, los salarios correspondientes a cada rendimiento, por día o por hora: serán los datos más prácticos que podrán comunicarse a los obreros.

Si se emplea la notación correspondiente al tiempo invertido, estas tablas deberán presentar enfrente del tiempo realmente empleado para la ejecución de una determinada tarea, la cantidad que hay que pagar, así como también el salario por hora o por día deducidos de aquella cantidad y que son los datos que más interesan a los obreros.

Al confeccionar estas tablas o cuadros se podrá algunas veces prescindir de seguir rigurosamente los resultados arrojados por las fórmulas; éstas son únicamente necesarias para el estudio teórico de la cuestión. Una vez terminado éste, lo interesante será traducir, del modo más claro posible para los obreros, los resultados de aquellas fórmulas simplificando los cálculos. Por esto algunas veces serán preferibles resultados sólo aproximados: esto nos conducirá a la adopción de fórmulas o cuadros de salarios discontinuos, redondeando los resultados de 0'05 en 0'05, o de 0'10 en 0'10, o hasta con intervalos mayores.

18.—*Tarifas varias.*— Pueden imaginarse gran variedad de sistemas de salarios distintos de los estudiados, o variante de los conocidos, con el objeto de hacer frente a situaciones particulares.

El empleo de estos métodos especiales puede proporcionar buenos servicios. Algunas veces se emplean inconscientemente (o deberían usarse) tales tarifas, como vamos a demostrar.

Consideremos, por ejemplo, el caso de un peón encargado de la limpieza de un taller al cual se le encargarán quehaceres diversos. Si estudiamos un poco su trabajo pronto nos convenceremos de que sus horas están mal aprovechadas. Confiémosle, además, algún trabajo suplementario remunerándole con una prima apropiada (un trabajo fácil en el taller, como sería recoger y clasificar residuos o desperdicios de la fabricación, etc.) Tanto este obrero como su patrono saldrán beneficiados; y además este obrero, cuya situación habrá así mejorado, no quedará postergado como un ser inferior y su plaza estará más considerada, y por lo tanto, más solicitada.

La retribución de este obrero en la forma indicada no encaja en ninguno de los sistemas de salarios expuestos en los párrafos 11 a 16. Se trata de una tarifa del tipo de la de York, en la que el salario compuesto de una parte fija y de una prima variable se refieren a trabajos distintos.

Veamos también lo que para con algunos empleos en los que al interesado está encargado de efectuar determinados servicios relacionados con el conjunto de la marcha del taller; tales como los fogoneros, maquinistas, inspectores, etc. Ordinariamente estos cargos se retribuyen a jornal y sin embargo, la ma-

nera de pagarlos es muy distinta a la de un obrero tornero, pongamos por caso, que trabaje también a jornal. Este último tiene libertad para aumentar o disminuir su rendimiento entre límites muy extensos, al paso que aquellos otros están obligados a efectuar una cantidad de trabajo determinada por la que perciben un salario determinado también.

Sin embargo, debe ser posible aplicar a unos y a otros el principio del estudio racional de la mano de obra. Se les puede interesar a trabajar más y mejor concediendo primas de economía (combustible para los fogoneros) o de buena conservación de sus máquinas, o bien aumentándoles su jornal en compensación del aumento de su actividad.

Existe aún otra categoría de trabajadores, retribuidos a jornal, para los cuales la tarea diaria, aunque determinada, puede variar: por ejemplo el caso de obreros encargados de preparar la cola en una cartonería. Su trabajo comprende una parte constante (limpieza del material y del local) y una parte, casi siempre mucho más importante que la anterior, variable según las demandas de cola del taller que están obligados a satisfacer. Generalmente no será posible compensar estas fluctuaciones en la tarea de estos obreros reduciendo el número de jornadas de servicio en el taller.

Resultará en estos casos equitativo abonarles, además de su jornal fijo, una prima proporcional a la parte variable de su trabajo. Los obreros, interesados a trabajar más, consentirán reducciones de personal y no reclamarán ayudantes durante los períodos de mayor trabajo, lo que suprimirá dificultades en la distribución del personal.

(Concluirá)

ELECTRICIDAD

MEDIOS PARA MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA EN LAS INSTALACIONES DE CORRIENTE ALTERNA

PRELIMINARES

DESDE algún tiempo a esta parte, los electricistas encuentran extraño que el factor de potencia de ciertas instalaciones quede reducido a un valor tan bajo, hasta el punto que se ha sentido la necesidad de instalar en los recintos de los abonados de fuerza motriz un contador doble para tener en cuenta el valor de aquel factor.

Ante tal eventualidad, no estará de más hacer resaltar el papel que desempeña este factor de potencia en el funcionamiento de las instalaciones eléctricas, indicando a continuación los medios prácticos de que se dispone actualmente para su mejoramiento. Esta cuestión presenta interés tanto para las Compañías encargadas de la explotación, a las que perjudica la disminución del valor de los factores de potencia de las instalaciones de sus abona-

dos, como para estos últimos que, a la corta o a la larga, se verán obligados a pagar un suplemento dependiente de aquellos valores.

Ante todo, recordemos qué es lo que se entiende exactamente por factor de potencia.

Todo el mundo sabe que una corriente eléctrica no se establece inmediatamente en una bobina. Tanto si se trata de corriente continua como alterna, experimenta cierto retraso. Si es continua, adquiere paulatinamente un valor manteniéndose constante su intensidad mientras no haya variaciones de tensión; si se trata de una corriente alterna, su intensidad queda retrasada con respecto a la fuerza electro-motriz que la ha originado.

Este retraso de la corriente respecto a la fuerza electro-motriz ha recibido la denominación de *decalage*. Se mide en grados; es una cantidad semejante al ángulo de calado que forma en una máquina de vapor la manivela motriz y la excéntrica que dirige la válvula de distribución.

Si representamos por el vector OE (figura 1) la fuerza electro-motriz, la corriente que originará en un circuito con self-inducción, por ejemplo una bobina o un motor, podrá representarse por el vector OI retardado de un ángulo φ respecto el de la *f. e. m.* OE .

Este ángulo φ depende de las constantes del circuito: si la bobina poseyese una self-inducción perfecta, alcanzaría 90° ; en realidad (como nada hay perfecto) su valor resulta siempre menor. Existen instrumentos especiales que permiten determinar exactamente su valor.

Uno podría preguntarse cuál es el valor de la potencia eléctrica en tal caso, tan fácilmente expresado con la corriente continua por el simple producto de las indicaciones de un voltímetro por las de un amperímetro. Al considerar una corriente alterna decalada sobre la *f. e. m.* que la ha originado, se concibe fácilmente que aquella regla tan sencilla no será aplicable; pero, afortunadamente, la mecánica nos ofrece un medio también fácil para calcularla. Podemos, en efecto, considerar el vector OI como resultante de dos fuerzas, una de las cuales Oa coincide con el vector OE , estando dirigida la otra Oy perpendicularmente a la anterior.

Pero fijémonos en que no formando la primera componente considerada Oa , ángulo alguno con OE (ya que coincide con ella), podremos obtener la potencia correspondiente a esta componente multiplicando su valor Oa por la fuerza electro-motriz OE como si se tratase de una corriente continua.

La otra componente Oy , como que está en cuadratura con OE corresponderá a una potencia nula; por consiguiente, la única potencia *real* o *activa*, que es la que nos interesa por ser la verdadera, viene dada por la componente Oa . Pero $Oa = OI \cos \varphi$; la potencia real o activa absorbida por la bobina o motor que hemos considerado vendrá dada por una expresión de la forma:

$$P = OE \times OI \cos \varphi$$

es decir:

$$P = E_{ef} \times I_{ef} \cos \varphi$$

Vemos, pues, que según sea el valor del ángulo φ o de su coseno, con las mismas intensidades y tensiones eficaces, los valores reales de la potencia podrán ser muy diferentes. Por esto se ha dado a la cantidad $\cos \varphi$ el nombre de *factor de potencia*.

La descomposición de la corriente OI en las dos componentes Oa y Oy es una cosa puramente ficticia; no hay que olvidar esto. En realidad, desde el punto de vista físico no existe más que una sola corriente que es la OI , pero para facilidad de los cálculos, así como también por ciertas analogías que presentan los fenómenos que aparecen en los circuitos recorridos por corrientes alternas con otros fenómenos más conocidos, ha parecido conveniente adoptar esta representación.

Resultado de todo esto ha sido que se ha hecho preciso dar nombre a estas dos componentes: la componente Oa en fase con la fuerza electro-motriz OE se llama *corriente activa*; la Oy , que está en cuadratura con OE se llama *corriente magnetizante*. Se admite, en efecto, que su misión es mantener el campo magnético en el circuito, al paso que la de la primera es desarrollar potencia real o efectiva. Se las ha denominado también, aunque en un lenguaje poco científico, como si dijéramos en «argot» electricista: «componente watée» y «componente dewatée».

Sentado lo anterior, volvamos a las instalaciones industriales y veamos qué es lo que pasa en la mayoría de las redes de distribución.

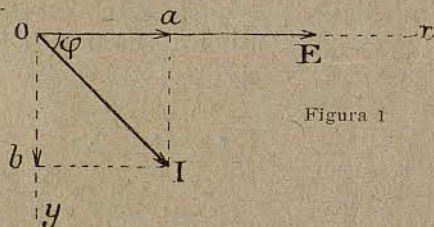


Figura 1

CAUSAS QUE DETERMINAN LA DISMINUCIÓN DEL VALOR DEL FACTOR DE POTENCIA

Las primeras redes de distribución por corrientes alternas tenían principalmente por objeto asegurar la iluminación de una serie de abonados diseminados a grandes distancias relativamente; tal el caso que se presentó en París, referente a las instalaciones de los Campos Elíseos y otras apartadas del centro de la ciudad.

Durante muchos años, en vista de que no se podía disponer de buenos motores de corriente alterna, se contentaban solamente con asegurar el servicio de iluminación, con lo que el factor de potencia en estas instalaciones alcanzaba un valor elevado cercano a 0'8 ó 0'9 (ya que en las lámparas que constituyen circuitos sin self-inducción el decalaje es nulo; existiendo en tales casos solamente los transformadores que rebajan a 0'8 ó 0'9 aquel factor, sin lo que conservaría el valor 1).

Más tarde, cuando aparecieron las distribuciones trifásicas, los alterno-motores se extendieron rápidamente, ya que la única razón de la preferencia de que gozan las corrientes trifásicas, no hay que olvidarlo, estriba en la sencillez del empleo y conservación de sus motores. Pero los motores asincrónicos, tanto si son del tipo de *anillos rozantes*, como si son del tipo *en corto-circuito*, necesitan corriente magnetizante para funcionar; corriente que están obligados a tomar de la red, en detrimento del factor de potencia cuyo valor disminuye, tanto más cuanto menos cuidada ha sido su construcción, o que se les haga funcionar en malas condiciones.

Es cierto que ha sido durante la pasada guerra que se ha observado que el factor de potencia de determinadas distribuciones disminuía deplorablemente. Y es que, en efecto, demasiado a menudo ciertos industriales... de ocasión querían torrear obuses a cualquier precio, instalando para ello talleres en cualquier sitio y de cualquier manera.

En lugar de adoptar motores buenos, buscaban máquinas de ocasión, frecuentemente mal reparadas, que tenían entre-hierros enormes, de efectos desastrosos para la corriente magnetizante. Todo ello ha dado por resultado un funcionamiento tan anómalo, que ha obligado a las Compañías productoras de la corriente a hacer frente contra tales defectos fijando una tarifa suplementaria en la que se tiene en cuenta para su aplicación a cada instalación el valor correspondiente del factor de potencia.

Hay motivo para preguntarse hasta qué punto el

empleo de estas tarifas debe aceptarse por el abonado que, en definitiva (a primera vista), debe solamente pagar la potencia real o activa, que le produce su motor, explicándose mal a primera vista que se le obligue a pagar una cosa tan ficticia como es la corriente magnetizante. Es, sin embargo, fácil el darse cuenta, como veremos, que es perfectamente lícito tarifar esta corriente magnetizante.

En efecto consideremos el caso de las grúas de puente que efectúan diariamente en las fábricas transportes de diversas cargas. Los movimientos que efectúan pueden descomponerse en dos: elevación o descenso de la carga suspendida y traslación de la misma. El diagrama de la figura 2 representa estos dos movimientos.

OA corresponde al esfuerzo que hay que hacer para elevar la carga venciendo la gravedad: es el trabajo más importante de la grúa; OB representa la resultante de los movimientos de traslación, la cual siendo perpendicular en su dirección a la de la fuerza, debería corresponder a un trabajo nulo teóricamente; pero en la práctica, debido a las resistencias pasivas que hay que vencer, adquiere un valor OB , aunque no tan considerable como el OA , pero verdaderamente apreciable.

El capital invertido en la construcción del puente-guía prevé, naturalmente, ambos modos de funcionamiento, uno de los cuales solamente corresponde a un trabajo real, el movimiento de la elevación de la carga, y el otro a un trabajo teóricamente nulo.

Podemos asimilar a estas dos fuerzas las dos componentes de la corriente de que hemos hablado para comprender lo dicho, y concebiremos perfectamente que si precisan una central eléctrica y unos cables conductores lo suficientemente potentes para producir y transmitir la corriente activa, también será preciso que los alternadores de la fábrica y los cables de distribución estén calculados con el margen suficiente para poder soportar, además, la corriente magnetizante, cuya circulación resulta imposible de evitar, aunque no nos proporcione potencia alguna efectiva. Y entre dos abonados de los cuales uno trabaja con un factor medio de potencia $\cos \varphi = 0,6$ y el otro con un $\cos \varphi = 0,8$ es evidente, después de lo indicado, que debe aplicárseles tarifas distintas, ya que el primero, a igualdad de potencia real aprovechada, tiene inmovilizada mayor cantidad de cobre en la línea, máquinas, etc., que el segundo.

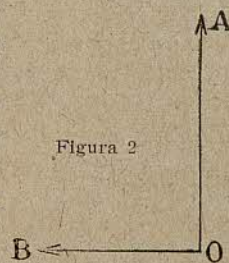


Figura 2

Esta influencia del valor del factor de potencia en las tarifas aplicadas a los abonados, les determinará, tal vez, a estudiar mejor la disposición de sus instalaciones, para mejorar su factor de potencia, cosa que hasta el presente parece ser que no les interesa lo más mínimo, salvo contadas excepciones, ya sea por ignorancia, ya por negligencia.

Ahora bien; es de general interés, especialmente en los momentos actuales, en que se trata de obtener la máxima producción en todos los órdenes, obtener el rendimiento máximo de las instalaciones eléctricas en particular; mejorar el factor de potencia de una red quiere decir aumentar la capacidad de distribución de la misma y fácilmente se deja adivinar que tal mejoramiento debe exigírseles a aquellos de los abonados cuyas instalaciones sean, desde el punto de vista eléctrico, más deficientes. Vamos a examinar, ahora que conocemos las causas, qué medios tenemos actualmente a nuestra disposición para mejorar el $\cos \phi$ de una instalación.

MEDIOS PARA MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA

1.º *Procedimientos Görges, Leblanc, Scherbius, etc.* — Acabamos de ver que la corriente absorbida por un motor asincrónico puede descomponerse en dos: 1.ª, la que se emplea en vencer la resistencia ohmica de los arrollamientos y que constituye uno de los factores integrantes de la potencia real que aparece en el eje de la máquina, y 2.ª, la que se emplea únicamente en mantener el campo magnético giratorio (corriente magnetizante).

Si pudiésemos crear este campo giratorio por otro procedimiento, la componente magnetizante desaparecería, quedando únicamente la componente activa o real, es decir, que el motor funcionaría con el $\cos \phi = 1$. Pero precisamente podemos producir tal campo de modo distinto al que consiste en dirigir una corriente trifásica a un inductor fijo; en efecto, podemos, por ejemplo, enviar una corriente continua a un inductor que gire a la velocidad del sincronismo, o bien podríamos dirigir corrientes trifásicas a un inductor móvil alimentado por medio de un colector con tres escobillas fijas. Durante el sincronismo, la self-inducción del devanado queda casi anulada y la máquina resulta ser auto-excitatriz (Görges). También puede disponerse el inductor girando fuera del rotor realizando de este modo una pequeña máquina auxiliar, especie de excitatriz. Es el procedimiento ideado por Leblanc, modificado por Scherbius y que ha tenido algunas aplicaciones.

Finalmente, existe un medio fácil, debido a Da-

nielsen, que consiste en enviar, pura y simplemente, una corriente continua al rotor del motor asincrónico, lo cual determina la formación en la superficie de este rotor, de una serie de polos que le permiten «engancharse al campo giratorio» y convertirse en sincrónico. Y como los motores sincrónicos presentan curiosas propiedades, especialmente la de permitir obtener corrientes reactivas adelantadas, pero no retrasadas, como sucede en el caso de las bobinas de self-inducción o en los motores asincrónicos, sino adelantadas respecto de la fuerza electro-motriz, pueden, por lo tanto, compensar hasta cierto punto la acción de las corrientes reactivas retrasadas y mejorar con ello el factor de potencia sin recurrir a más artificio.

2.º *Motores sincrónicos perexcitados.* — Para darnos cuenta de la influencia del tipo de motor sincrónico en la elevación del factor de potencia, recordemos lo que sucede cuando se trata de acoplar en paralelo dos dinamos de corriente continua con excitación shunt. Es sabido que hay que excitar las máquinas hasta obtener exactamente la misma tensión, pues sólo entonces podremos acoplarlas uniendo los polos del mismo nombre. Si una de las máquinas tiene libertad para ponerse en movimiento, en caso de un motor, por ejemplo, cualquier variación de la excitación ocasionará una variación de su velocidad. Disminuyendo el campo introduciendo una resistencia, la velocidad aumentará porque la máquina deberá girar más rápidamente para dar origen, con un campo reducido, a la misma fuerza contra-electromotriz.

Consideremos ahora el caso de dos alternadores acoplados en paralelo y supongamos que uno de ellos se haya desembragado del motor que lo acciona quedando libre para moverse, será arrastrado con el otro; pero inversamente de lo que sucedía en el caso anterior con la corriente continua, cualquier variación en la excitación de esta máquina quedará sin influencia sobre la velocidad.

En efecto: las dos máquinas acopladas pueden compararse a dos ruedas que engranen; sus velocidades van íntimamente ligadas a la frecuencia de la corriente; pero, sin embargo, cualquier disminución del campo magnético ocasiona una disminución de la fuerza contra-electromotriz. Como tal disminución no puede en este caso dar lugar a un aumento de velocidad, como sucedía con la corriente continua, la máquina se verá obligada a extraer de la distribución la corriente magnetizante, que se le ha suprimido, para que en ambos alternadores se conserve la misma tensión.

Si, por el contrario, aumentamos la corriente de excitación, la fuerza contra-electromotriz tenderá a elevarse, y como la velocidad no puede alterarse por deber ser la del sincronismo, la máquina se verá obligada a restituir a la red el exceso de corriente magnetizante de que disfruta; pero esta corriente, en lugar de ir retrasada, estará adelantada. La máquina producirá corrientes magnetizantes en lugar de absorberlas.

De todo lo cual se deduce un medio muy sencillo para elevar el factor de potencia: instalar motores sincrónicos perexcitados en todos aquellos casos en que $\cos \varphi$ resulte demasiado bajo.

El remedio, como decimos, es fácil aunque sólo teóricamente, ya que el empleo de motores sincrónicos en la práctica resulta poco agradable: arranca difícilmente y una vez intercalado en la red, una brusca sacudida puede desacoplarlo, por lo menos cuando gira en vacío o con poca carga, debiendo lanzarlo de nuevo hasta la velocidad del sincronismo para intercalarlo; además, resultan muy caros por necesitar una excitatriz de corriente continua.

A pesar de todos estos inconvenientes, los americanos, a quienes preocupa también el bajo valor del factor de potencia de determinadas instalaciones, han recurrido a este medio, instalando en los puntos convenientes algunos motores sincrónicos perexcitados, habiendo obtenido, al parecer, resultados interesantes con la condición de escoger cuidadosamente la aplicación de estos motores. Así es que escogen este tipo de motores para accionar los ventiladores, máquinas cuya carga es casi constante y de fácil arranque; también los emplean para accionar los compresores de las fábricas de hielo, tan extendidas en América, etc.

Señalemos, de paso, un aparato especial debido a M. Boucherot que, sin pertenecer al tipo giratorio, no deja de ser un motor sincrónico perexcitado trabajando en vacío. Consiste en una especie de vibrador en el cual una excitación producida por una corriente continua juega el mismo papel que en el motor sincrónico propiamente dicho.

El empleo de motores sincrónicos, poco extendido en Europa, podrá resultar interesante cuando los constructores puedan ofrecerlo con las ventajas de arranque con carga y reenganche automático en caso de perder el sincronismo por una variación brusca de la carga.

Una fábrica que contase con varios de estos motores, repartidos racionalmente entre sus motores asincrónicos, podría trabajar con un factor de potencia

cercano a la unidad y no sufriría la sobre-tarifa que trata de imponerse a las instalaciones cuyo $\cos \varphi$ es demasiado bajo. Hasta podría proponerse conceder una prima a los que poseyesen motores sincrónicos, que será probablemente lo que harán los directores inteligentes de redes de distribución de factor de potencia reducido.

3.º *Empleo de los condensadores.* — Uno de los mejores medios para mejorar el factor de potencia de las redes de corriente alterna, puede tal vez encontrarse en la antigua botella de Leyde, de los gabinetes de Física. Este antiguo aparato, convenientemente estudiado para el objeto propuesto, puede constituir el medio más práctico y eficaz.

En efecto: ¿qué es lo que pasa cuando unimos a un condensador los dos conductores de una distribución de corriente alterna? Que el condensador, cargándose y descargándose sobre la red, ocasiona una especie de *aspiración* de corriente. Al paso que la self-inducción *retrasa* la aparición de la corriente, la capacidad la *adelanta*, siendo muy notable en este caso el decalado de la corriente, ya que alcanza hasta 90º con un condensador sin pérdidas o con muy pocas, como resulta en la práctica.

La sola dificultad reside en la construcción de estos condensadores que consisten, según es sabido, en unas hojas metálicas separadas por un dieléctrico; y como que la capacidad está en razón inversa del espesor del dieléctrico y precisa una gran capacidad para obtener resultados apreciables, caemos en un círculo vicioso: se llega fácilmente a aumentar la capacidad empleando láminas aislantes muy delgadas; pero en tal caso la tensión que puede soportar el condensador disminuye, pudiendo ser atravesado, y como hay ventaja en trabajar con tensiones elevadas, pronto quedamos sin salida por este camino.

Se ha escogido un justo medio, gracias al empleo de papeles especiales tratados convenientemente, con lo que se han podido obtener, bajo un reducido volumen, capacidades considerables. Podemos ver un ejemplo en los condensadores de las líneas telefónicas los que, en un espacio muy pequeño, permiten reunir un gran número de microfarads.

Sea como sea, esta cuestión queda aún por estudiar, pues está sólo resuelta en parte; de manera que, tarde o temprano, se logrará seguramente obtener un valor más elevado del factor de potencia de las redes de distribución, el cual adquiere, día por día, inquietantes proporciones.

UTILIZACIÓN DE LOS COMBUSTIBLES DE CALIDAD INFERIOR EN LA INDUSTRIA

SUMARIO. — Una racional utilización de los combustibles de calidad inferior podría y deberá llegar a ser una importante fuente de riqueza en aquellos países poco dotados de hulla de buena calidad. — Durante la pasada guerra, colocada esta cuestión sobre el tapete por la fuerza de las circunstancias, se hizo mucho en este sentido, pero es preciso no dejarla olvidada terminadas aquéllas. — La crisis del carbón, consecuencia de aquella guerra, y que subsistirá seguramente todavía durante algunos años, nos ha proporcionado útiles enseñanzas. — Dejando a un lado el aprovechamiento, poco ventajoso, de la turba como combustible, en el estudio siguiente examinaremos de un modo especial esta cuestión por lo que respecta a la gasificación de este producto

GASIFICACIÓN DE LOS COMBUSTIBLES SUBPRODUCTOS

VAMOS a examinar rápidamente la utilización, a nuestro juicio, más importante y más interesante de todas; la gasificación de los combustibles, con recuperación de subproductos, con o sin producción de cok.

Algunos años antes de la guerra, los alemanes, cuya formidable potencia industrial presentaba el agotamiento de las reservas de hulla de su subsuelo, en un porvenir no muy lejano, habían ideado y realizado, en parte, utilizar su combustible más racionalmente que por su combustión en hogares usuales, siempre muy incompleta y, por tanto, poco económica.

La destilación de la hulla ocupó lugar preferente en la experimentación de los químicos previsores.

Una tonelada de hulla, destilada totalmente (potencia calorífica 8,000 calorías), puede producir en efecto:

750 kgs. de cok de 7,000 calorías (70 a 80 por 100 de estas calorías pueden aprovecharse en hogares apropiados).

250 m.³ de gas del alumbrado (del cual pueden retirarse antes de su consumo industrial o doméstico, 3'5 kgs. de bencina cristalizada y 1'2 kg. de tolueno);

60 kgs. de aguas amoniacaes (capaces de producir 9 kgs. de sulfato amónico);

60 kgs. de alquitranes, de los cuales pueden obtenerse mediante nueva destilación: 3'6 kgs. de aguas amoniacaes (0'5 kgs. de sulfato amónico); 0'9 kgs. de aceites ligeros (benzol bruto, origen del benzol rectificado o bencina); 5'4 kgs. de aceites de fluidez media y creosotados (fenol, cresilol, naftalina, creosota, etc.); 4'5 kgs. de aceites pesados (antraceno bruto y aceite verde); 6 kgs. de

naftalina bruta; 1'8 kg. de antraceno a 75 por 100; 37'8 kgs. de brea.

Tales resultados dejaban muy atrás los obtenidos por la combustión de la hulla en los hogares industriales más perfeccionados en que la mejor utilización de las calderas no alcanzaba a 70 por 100.

Debido a lo cual, la industria de la destilación de la hulla adquirió en Alemania, en muy pocos años, una importancia tal, que la producción de aceites pesados para los motores Diesel, alcanzaba en 1910 más de 350,000 toneladas, contra 300.000 que producían Inglaterra y, solamente 60,000 Francia.

Las cifras que podríamos citar referentes a la destilación de lignitos y más aún de turbas, son muchísimo menos precisas, dada la composición extraordinariamente variable de tales combustibles dependiente de sus yacimientos, y hasta de la profundidad de extracción, por lo que respecta a las turbas.

No sería, pues, prudente basarse en promedios, que nada tendrían de precisos, por lo que antes de emprender el estudio de una instalación para explotar un yacimiento de turba es de todo punto indispensable examinar varias muestras obtenidas en distintos puntos y a diversas profundidades del yacimiento, asegurándose por análisis completos de la composición exacta de las turbas que habrá que tratar. Sólo así podremos deducir la importancia de los aparatos de recuperación unos respecto a otros.

A título de indicación, diremos que 1,000 kgs. de una muestra de lignito bien seco han producido por destilación:

400 kgs. de cok de 6,500 calorías.

120 kgs. de alquitranes de los que pueden retirarse aproximadamente: 3 kgs. de aceites ligeros (por destilación a temperatura inferior a 200°); 3 kgs. de aceites (destilados entre 200 y 270°); 13 kgs. de aceite parafinado (entre 200 y 300); 38

kgs. de aceites pesados para motores (entre 320 y 450°); 15 kgs. de aceites pesados de parafina (entre 250 y 450); 17 kgs. de parafina (entre 290 y 500°); 25 kgs. de breá; 6 kgs. de creosota (entre 270 y 500°);

10 kgs. de nitrógeno;

10 kgs. de ácido acético;

120 kgs. de gases no condensables (anhídrido y óxido de carbono, metano, hidrógeno, sulfídrico, oxígeno, nitrógeno (de 10 a 30 por 100, etc.))

340 kgs. de agua (de combinación e higroscópica).

Asimismo 1,000 kgs. de una muestra de turba seca han producido por destilación:

400 kgs. de cok de 6,000 calorías;

80 kgs. de alquitranes, que contienen: 20 kgs. de aceites ligeros y 20 de aceite de viscosidad media;

30 kgs. de aceites parafinados y aceites pesados;

10 kgs. de parafina; 20 kgs. de breá viscosa;

12 kgs. de nitrógeno;

15 kgs. de ácido acético;

85 kgs. de gases no condensables;

408 kgs. de agua (de combinación e higroscópica).

El simple examen de estas cifras nos indica la extraordinaria importancia de la destilación de la turba, objeto principal de este artículo.

El cok puede utilizarse de modo apreciable, para la elaboración de panes, aglomerándolo directamente, ya sea con la breá residuo de la destilación, ya con turba lavada y pulverizada finamente cuando la producción del yacimiento lo permita.

Estos aglomerados de cok-turba, fabricándolos con ciertas precauciones, resultan muy resistentes y desarrollan hasta 5,000 y 5,500 calorías¹. Pueden emplearse en todas aquellas aplicaciones industriales en que los productos de la combustión no estén en contacto directo con las chapas de las calderas, por la acción corrosiva del ácido acético, en caliente, sobre éstas.

La pulverización de la turba facilita su almacenaje (turba seca, 250 kgs. por m.³; turba en polvo, hasta 350 kgs. por m.³); y también su desecación al aire (8 a 10 días para que la turba lavada y pulverizada quede con 15 por 100 de agua, en lugar de un mes necesario para reducir la proporción de agua de la turba ordinaria a 25-30 por 100).

Por último, resulta también ventajosa la pulverización para efectuar la operación de llenar las retortas para su destilación.

Podemos considerar dos métodos distintos para la gasificación de la turba, según que se trate de ins-

talaciones de importancia relativamente reducida, en las que la producción de fuerza motriz constituye el objeto principal sin recuperar el cok, el cual a su vez se le transforma en gas pobre, o de grandes instalaciones en que el objetivo principal consiste en la recuperación de todos los subproductos, cok inclusive. En el primer caso se emplean gasógenos especiales, y en el segundo retortas de destilación.

El reducido marco de este estudio nos impide, bien a pesar nuestro, analizar detalladamente todos estos procedimientos, y nos limitaremos, pues, a presentar un ejemplo característico de cada uno, haciendo resaltar los puntos principales que se encuentran en todos los aparatos destinados a idéntico fin.

GASIFICACIÓN SIN PRODUCCIÓN DE COK

*Gasógeno Allègre-Fabre*¹ (fig. 1 y 2). — Situados desde el solo punto de vista «gas», es decir «fuerza motriz», y en particular con turbas de muchas cenizas cuyo cok no tendría gran aprecio, M. Allègre hace resaltar que reporta ventaja operar con gasógeno.

Si se trata de turbas de excelente calidad con 13 por 100 de cenizas o menos, referidas a la materia completamente desecada, la destilación puede darnos por tonelada de turba cerca de 320 m.³ de gas de 3,300 calorías; si la proporción de cenizas es más elevada, que es el caso corriente en la práctica, el rendimiento en gas, así como su potencia calorífica, disminuye rápidamente.

La gasificación por medio de un gasógeno puede, por el contrario, producir un volumen de gas siete u ocho veces mayor de 1,100 calorías, aproximadamente.

Considerando, pues, solamente el rendimiento térmico, es decir, la posibilidad de producir fuerza motriz, el gasógeno resulta preferible.

Desde el punto de vista de la composición de los gases obtenidos respectivamente por destilación y gasificación, hay que hacer notar que la proporción de anhídrido carbónico varía poco, pero en la gasificación las cantidades de metano y de óxido carbónico quedan reducidas a la mitad y la de hidrógeno a $\frac{5}{8}$.

El siguiente cuadro da los resultados de algunos análisis volumétricos de gases obtenidos por la gasificación de distintos combustibles, según M. Allègre.

¹ Datos obtenidos por M. Verdier en sus experimentos personales.

¹ De una nota publicada por M. Allègre sobre su gasógeno.

Fig. 1. — Sección vertical del gasógeno sistema Allègre-Fabre

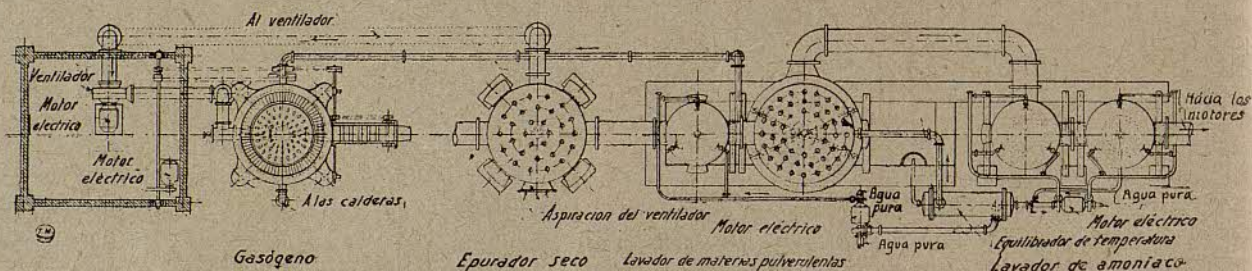
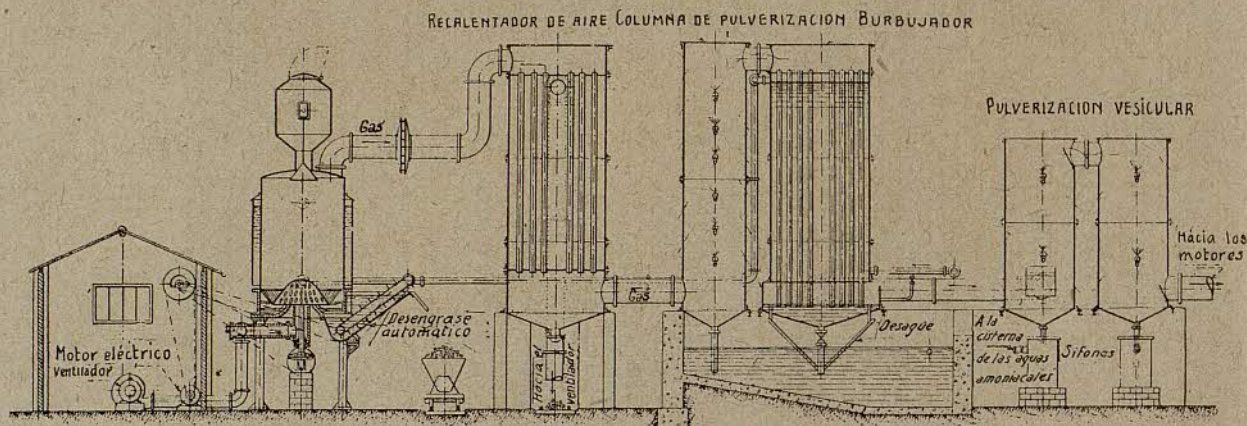


Fig. 2. — Sección horizontal del gasógeno sistema Allègre-Fabre

Figs. 1 y 2. — Disposición general del gasógeno Allègre-Fabre, con recuperación de los subproductos de destilación

Componentes	N.º 1	N.º 2	N.º 3	N.º 4	N.º 5	N.º 6
Anhídrido carbónico	8	20	5	4	5	16'5
Hidrógeno	14'5	25-26	8	50	17	27'5
Metano	3	4'5	2	11	3	3
Óxido carbónico	24	10	23	40	23	11
G ⁿ H ²ⁿ	0'6	»	vestigios	»	vestigios	vestigios
Oxígeno	0'8	»	1	2'1	»	»
Nitrógeno	46'1	41'39	62	6	52	42

N.º 1. — Mezcla de 60 por 100 de turba seca y 40 por 100 de madera, gasógeno sin inyección de aire, pero con inyector de vapor a 6 kgs. (Rusia).

N.º 2. — Turba con 30-35 por 100 de agua, gasógeno Mond-Civita (Codigoro, Italia).

N.º 3. — Gas ordinario de gasógeno.

N.º 4. — Gas de agua Dellwick-Fischer.

N.º 5. — Gasificación de combustible betuminoso sin recuperación de amoníaco.

N.º 6. — Gasificación de combustible betuminoso con recuperación de amoníaco.

En el aparato Allègre-Fabre, la turba que debe contener 30-35 por 100 de agua, se emplea o tal cual se arranca del yacimiento o en forma de unos aglomerados ovoides; se lleva luego a un elevador o mon-

tacargas que la vierte en la tolva de carga de un modo continuo o intermitente (fig. 1 y 2).

El gasógeno está provisto de inyección de aire, es de marcha continua y limpieza automática del emparrillado, siendo éste de gran superficie y giratorio, dejando caer las escorias y cenizas en un depósito de agua con cierre hidráulico, del cual son retiradas, automáticamente también, por un elevador de paletas.

El aire aspirado por el ventilador pasa previamente por el haz tubular de un recuperador-equilibrador de temperatura, en donde se calienta, absorbiendo parte del calor que conserva el gas a su salida del gasógeno, y es luego inyectado, mezclado con vapor procedente de un aparato vaporizador, bajo el emparrillado giratorio.

Como que la reacción se verifica a unos 950º, en el caso de querer recuperar los subproductos, una envolvente con circulación de agua produce el enfriamiento indispensable al cuerpo del gasógeno.

El recalentador del aire al propio tiempo retiene en seco buena parte del polvo que acompaña a los gases a causa de la disminución de velocidad del gas al atravesarlo.

(Concluirá)

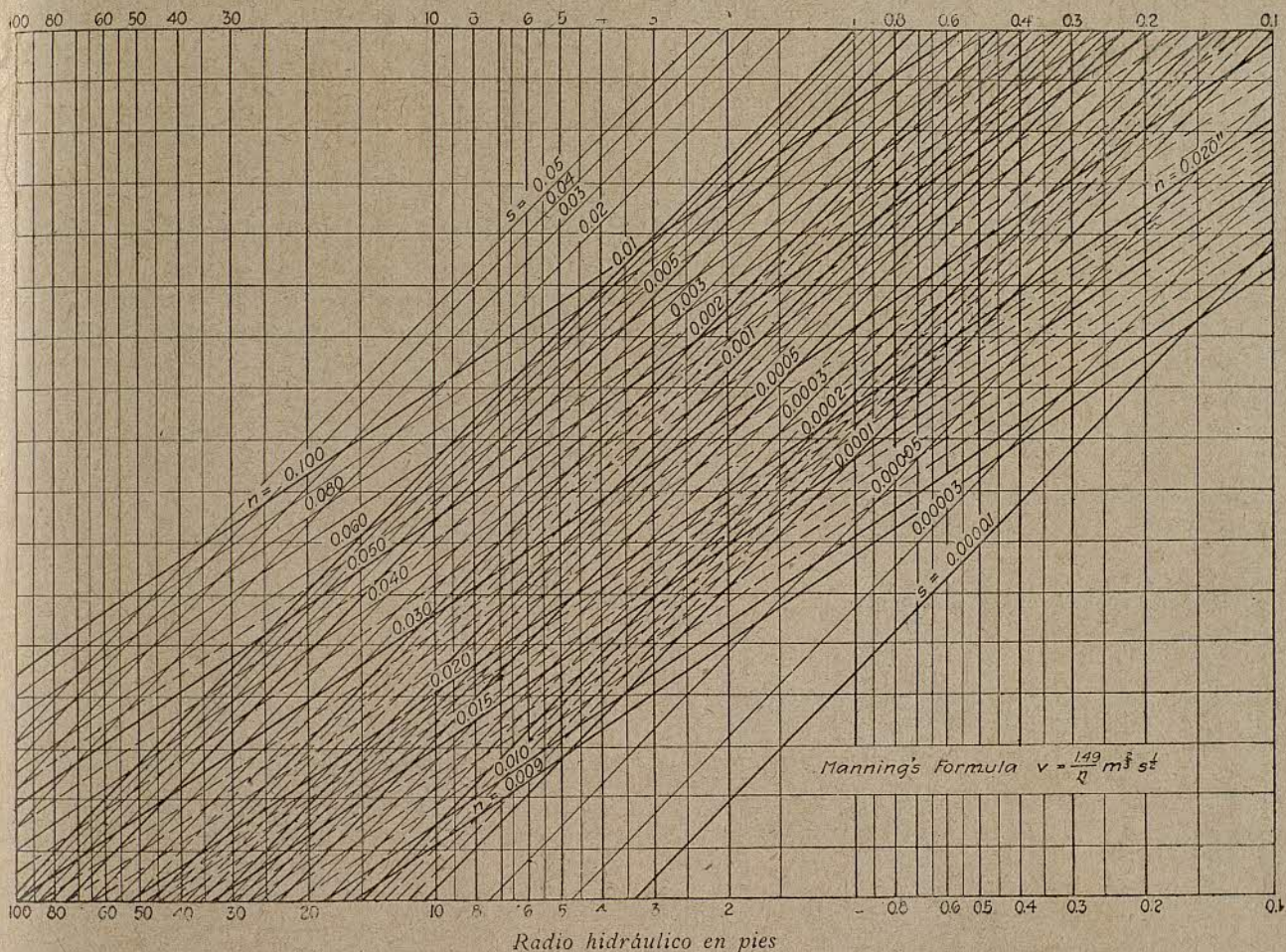


DIAGRAMA PARA RESOLVER LA FÓRMULA DE MANNING

EL diagrama que se reproduce en este artículo para resolver la fórmula de Manning, para determinar el caudal de agua que circula por las tuberías y conducciones abiertas, es de gran utilidad. Su empleo es muy sencillo, da resultados sin ángulos de intersección defectuosos, aun en los casos extremos, y abarca todas las líneas probables de las cuatro variables. El tanto por ciento de precisión es el mismo en todas las líneas. La práctica ha demostrado que el error, al determinar la velocidad, ha de ser menor del 2 por 100 o bien menor de 4 por 100 al determinar las pendientes.

La fórmula de Manning, cuyos resultados son relativamente satisfactorios en conducciones de regular tamaño y en pendientes corrientes, es la siguiente:

$$v = \frac{1.49}{n} m^{2/3} S^{1/2}$$

siendo v la velocidad media del líquido en la tubería o en una conducción abierta tomada en pies por segundo, m el radio hidráulico de la conducción, s la pendiente, y n el coeficiente de rugosidad que se supone igual al n de Kutter.

Una de las ventajas que ofrece este diagrama estriba en la facilidad con que pueden compararse las diversas pendientes o factores de rugosidad y el efecto de los cambios observados. De esta manera, si se conocen el radio hidráulico y el factor de rugosidad, tirando una línea de lápiz horizontal a través de su intersección, cruzará cada una de las líneas de las pendientes en sentido vertical debajo de la velocidad media correspondiente.

Si se desea hacer una reproducción de este diagrama, tomando como unidad el metro, será conve-

niente proceder teniendo en cuenta las siguientes indicaciones:

Las líneas verticales forman una escala logarítmica repetida tres veces y sirven lo mismo para el radio hidráulico y para la velocidad media. Las líneas horizontales están uniformemente espaciadas entre sí y las líneas de *pendiente* forman un ángulo de 45° con la horizontal. La línea $s = 0.01$ empieza en la línea del borde superior de velocidad media = 1 pie por segundo y $s = 0.0001$ en velocidad media = 0.1 pie por segundo. Las otras líneas de pendiente dividen la distancia entre estas dos en una escala logarítmica, repetida dos veces, de suerte que

las longitudes unitarias de esta escala son precisamente iguales a una mitad de la escala principal.

Las líneas de rugosidad quedan a una pendiente de tres horizontales a dos verticales, todas paralelas. Forman también una escala logarítmica, y la longitud unitaria de esta escala siguiendo una línea vertical (no en ángulos rectos con las líneas) es igual a la longitud unitaria de la relación hidráulica o escalas de la velocidad media. Línea de pendiente $s = 0.0001$ corta la velocidad media = 1 pie por segundo en la línea del factor de rugosidad $n = 0.0149$ (no señalada). Esto determina la posición de la escala del factor de rugosidad.

RESISTENCIA DE MATERIALES

ENSAYOS EN FRÍO Y PROPIEDADES ELÁSTICAS DE LOS ACEROS

M. J. A. Van den Broek ha expuesto en una extensa Memoria, comunicada al «Iron And Steel Institute», los ensayos en frío efectuados bajo su dirección en el Laboratorio de ensayos de materiales de la Universidad de Michigan. El acero sometido a tales ensayos era acero dulce laminado en caliente, que contenía muy pequeña cantidad de carbono; se efectuaron ensayos a la tracción, a la compresión y a la torsión y tenían por objeto no sólo estudiar las propiedades elásticas del metal y sus variaciones con las condiciones de experimentación, sino que, además, se referían también al estudio del temple efectuado sobre el mismo acero a la temperatura de la ebullición del agua.

Se condujeron los ensayos de modo que cada probeta se la sometía sucesivamente a las pruebas de tensión, compresión y torsión, las dos primeras por medio de una máquina Riehle de 25,000 k. de fuerza, la última con una máquina Alsen, capaz de producir torsiones de una intensidad máxima de unos 2,700 k. Se ensayaron de esta manera 215 probetas, cuyos resultados permitieron formar cuadros y gráficos

con curvas características que permiten comparar los resultados y deducir conclusiones útiles.

Las curvas ponen de manifiesto claramente la ventaja que se obtiene, desde el punto de vista de las cualidades elásticas del acero, al someter la probeta a un trabajo en frío, ya sea de compresión, tracción y hasta de torsión. El sólo hecho de haber sufrido el acero este trabajo en frío, seguido naturalmente de un nuevo temple a la temperatura del agua hirviendo, es suficiente para doblar y hasta triplicar las cualidades elásticas del metal, especialmente el límite de elasticidad.

Desde el punto de vista comercial estos resultados no presentan un verdadero valor práctico, sino en el caso de adoptarlos definitivamente de modo permanente. Es este un hecho que tienden a probarlo, no solamente esta serie de ensayos llevados a cabo por M. Van den Broek, sino también numerosas observaciones efectuadas por los prácticos. Sin embargo, no dejaba de presentar interés ver confirmada la práctica por ensayos precisos, siendo este el principal interés.