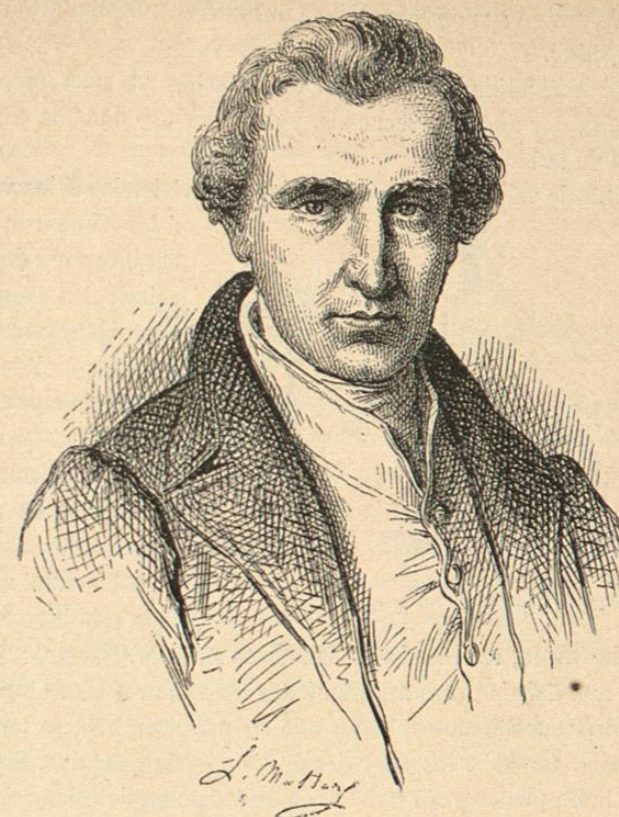


hasta 28 millones de grados la temperatura de una masa de agua igual á la masa total del Sol y de los planetas., Si toda esta masa se convirtiera en hulla y se consumiera, tan sólo despediría la 3500.<sup>a</sup> parte del calor de 28 millones de grados.

Conocida la velocidad del movimiento de un proyectil así como su masa, se puede calcular la cantidad de calor que resultaría de la destrucción de este movimiento. Helmholtz ha hecho este cálculo por lo que respecta á la Tierra, considerada como un inmenso proyectil lanzado alrededor del Sol con la velocidad media de 30 kilómetros por segundo, y reducido al reposo por un choque repentino. "Si nuestro globo se detuviera de pronto, por efecto de un choque, en su carrera alrededor del Sol, saldría de él tanto calor como podría despedir una masa de carbón igual á catorce veces la masa de la Tierra. Suponiendo á ésta dotada de la capacidad calorífica menos favorable, es decir, la más fuerte, la del agua, su masa adquiriría de resultas del choque una temperatura de 1100 grados; por consiguiente quedaría fundida del todo, y aun gran parte de ella vaporizada. Al paralizarse la Tierra caería forzosamente en el Sol, y este nuevo choque daría origen á una cantidad de calor 400 veces mayor.,

El calor engendrado por la extinción del movimiento de rotación de nuestro planeta sería también considerable. Thomson ha calculado que bastaría para mantener la radiación solar durante 81 días: así pues, la detención brusca del movimiento de rotación tendría por consecuencia una elevación de temperatura tal, que la masa entera de la Tierra quedaría reducida á vapor.



JAIME WATT

## SEGUNDA PARTE

## APLICACIONES DE LOS FENÓMENOS Y DE LAS LEYES DEL CALOR

## CAPÍTULO PRIMERO

## LA CALEFACCIÓN

## I

## ANTIGUOS PROCEDIMIENTOS DE CALEFACCIÓN

De cuantas causas pueden perjudicar la salud del hombre y privarle en cierto modo del libre ejercicio de sus facultades físicas ó intelectuales, las bruscas variaciones de temperatura, los extremos de frío y de calor son las que más le afectan y de las cuales más le importa preservarse. Las regiones de la Tierra en que reina una primavera perpetua, según la frase corriente, son muy raras, y sobre todo, poco pobladas. Aun en las zonas templadas hay una diferencia notable entre los calores del verano y los fríos del invierno. Además, á medida que la civilización invade mayores espacios del nuevo y del antiguo continente, multiplicanse los viajes, la colonización puebla nuevas co-

marcas, y el hombre se ve expuesto á vivir en medios en que, si no se combaten los excesos de temperatura en sus efectos, dificultan mucho su aclimatación y son siempre peligrosos para su salud.

De aquí resulta la necesidad de combatir esos efectos, ya sean funestos ó simplemente desagradables, por medios adecuados, y de hacer uso de ellos con arreglo á las leyes de la física y de la higiene.

Estos medios son de varias clases, y aplicables á las viviendas, á los vestidos y hasta

á los alimentos; pudiéndoselos clasificar en dos categorías principales según que tengan por objeto combatir el exceso de calor ó el del frío.

Hablemos ante todo de la calefacción, que es una necesidad indispensable para los habitantes de las zonas glaciales y templadas.

El medio más natural, el más primitivo de preservarse



Fig. 677. — Trípodas de los griegos

del frío, es encender fuego, recibiendo directamente su calor. Nuestros antepasados de la edad de piedra no conocían otro seguramente; encendían al aire libre hogueras que les servían para cocer sus alimentos, como aún lo practican hoy no tan sólo muchos pueblos salvajes, sino también los soldados en tiempo de campaña. Sin embargo, ya desde el principio hubo un progreso notable en este sistema de calefacción, y es el que ha consistido en poner el hogar al abrigo en las primeras viviendas humanas, en las cavernas, y después en chozas hechas de ramaje ó de madera y también de piedras.

¿Cuánto tiempo transcurrió antes que se conocieran las chimeneas? Muchos siglos sin duda, y mientras tanto el humo salía fuera de la choza, ya por la única abertura que constituía la puerta y las ventanas, ó bien, como en la Galia, en la Germania, y aun hoy día, en el país de los esquimales, en la Tierra del Fuego, en las tribus de los veddás del interior de Ceilán y

en otros pueblos semisalvajes, por un agujero abierto en la parte superior del techo. No nos proponemos trazar aquí la historia de los progresos de la calefacción ni averiguar si los antiguos, griegos ó romanos, conocían las chimeneas, ó si estos útiles aparatos hicieron su aparición en la Edad media en las viviendas occidentales. No es de extrañar que hayan tardado tanto en introducirse unas innovaciones que hoy nos parecen tan sencillas, si se reflexiona que la civilización actual se ha propagado del Mediodía y Oriente al Occidente y al Norte. Los griegos pasaban gran parte de su vida al aire libre, y el suave clima de las islas del Archipiélago y de la península helénica no exigía que se tomaran precauciones excepcionales contra el frío del invierno. Conten-

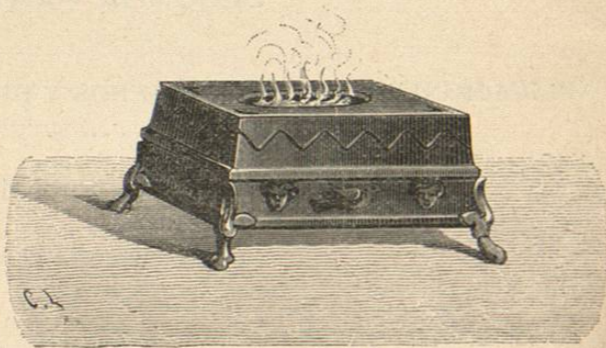


Fig. 678. — Foculus de los romanos

tábanse con calentar hasta cierto punto las habitaciones poniendo sobre trípodas braseros con brasas de carbón entre cenizas, medio de calefacción que no era ni muy eficaz ni muy higiénico. En los países meridionales, como Grecia, Italia y España, se usan todavía los *tripodes* de los griegos y los *foculi* de los romanos con el nombre de *braseros*.

Pasemos, pues, á los aparatos de calefacción usados en los tiempos modernos, y empecemos por las *chimeneas*.

## II

### CALEFACCIÓN POR MEDIO DE LAS CHIMENEAS. — CHIMENEAS ANTIGUAS Y CHIMENEAS ORDINARIAS

Este es el medio de calefacción más usado en Francia y en los países septentrionales. El hogar en que tiene efecto la combustión consiste por lo común en una cavidad practicada en una de las paredes maestras ó medianeras de la habitación. Sobre ella hay un conducto cilíndrico por el cual salen el humo y los demás gases producidos por la combustión, y cuyo orificio exterior sobresale de los tejados.

En las chimeneas ordinarias, la combustión se efectúa á expensas del aire de la habitación, la cual pierde así su oxígeno, y por consiguiente hay que renovarlo de continuo. Esta renovación tiene lugar gracias á un fenómeno que todos conocemos con el nombre de  *tiro* , y que no es otra cosa sino un movimiento ascendente del aire y de los gases que se escapan del hogar. Cuando se enciende fuego, están en equilibrio el aire exterior, que llena el conducto de la chimenea, y el de la habitación. El calor del fuego caldea las capas de aire inferiores que van perdiendo en densidad, por cuya razón propenden á elevarse, y se elevan en efecto. El aire más frío de las capas superiores llena el vacío causado por esta ascensión, y produce desde luego una corriente descendente más enérgica que la ascendente, sucediendo entonces con frecuencia que el humo se esparce por la estancia.

Mas tan luego como la columna de aire caliente se ha elevado hasta el orificio exterior del tubo ó cañón de la chimenea y lo llena enteramente, la corriente ascendente vertical predomina y el tiro ejerce todo su efecto, si bien con la condición de que á medida que el aire de la habitación cede su oxígeno al hogar, lo reemplace constantemente aire nuevo. Si no pudiera efectuarse esta renovación por alguna causa, la actividad del tiro disminuiría poco á poco y con ella la de la combustión, resultando por una parte la diseminación del humo y por otra la sustitución del aire viciado de la estancia, privado de su oxígeno, por gases irrespirables ó tóxicos, como el ácido carbónico y el óxido de carbono.

Así pues, el tiro es tan necesario para la higiene como para que funcione bien la chimenea.

Pero ¿cómo se llena la última condición de que acabamos de hablar? ¿De dónde se saca el aire nuevo para reemplazar al que arrebató á la habitación la combustión activa por el tiro?



Fig. 679. — Tiro en una chimenea común

En las chimeneas antiguas se le introducía por los resquicios de las puertas y ventanas; así es que todas aquellas despedían mucho humo cuando las aberturas estaban bien tapadas, como debía suceder en las casas nuevas. De todos modos, se tocaba un grave inconveniente, el de las corrientes de aire que molestaban en alto grado á las personas sentadas al amor de la lumbre, y nadie ignora cuántos resfriados y afecciones reumáticas han producido los *aires colados*; no faltando por cierto hoy en nuestras casas habitaciones en que las chimeneas, construídas á la antigua usanza, produzcan los mismos efectos, esto es, la alternativa poco agradable y poco higiénica del humo ó de las corrientes de aire.

La construcción de una chimenea con arreglo á los principios de la ciencia es un

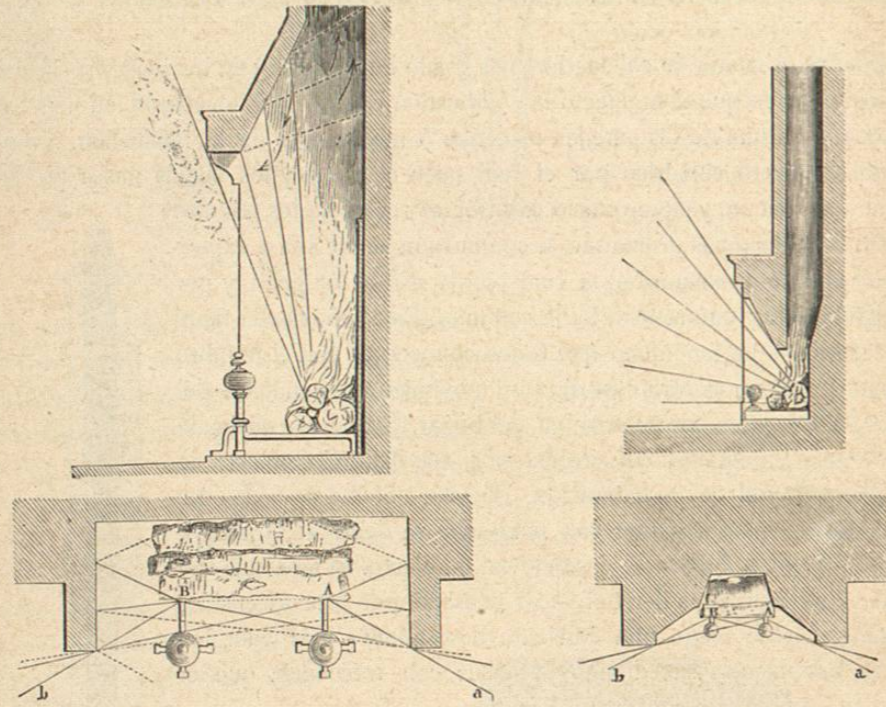


Fig. 680.—Chimenea antigua. Aprovechamiento y pérdida de calor

Fig. 681.—Chimenea moderna. Radiación del calor

arte que no data de muy antiguo. En tiempo de Luis XIV, no tan sólo en las casas particulares, sino también en los palacios del gran rey, se calentaban mal encendiendo grandes fuegos. Para evitar los aires colados, se apelaba á los biombos, lo cual no siempre bastaba, por cuanto el mismo Luis XIV estaba en invierno en sus habitaciones metido en una especie de caja de coche ó de litera que no daba paso al aire por ningún lado. Por lo demás, según vamos á ver, no sólo era defectuoso el sistema de tiro, sino que el aprovechamiento del calor desarrollado por la combustión era sumamente malo.

Y en efecto, ¿cómo caldea el fuego de una chimenea el aire de la estancia y todos los objetos contenidos en ella? Al principio directamente por la radiación de la llama y de las brasas. Pues bien, en las chimeneas antiguas, en que el hogar estaba en el fondo de una vasta cavidad cuadrada, limitada á cada lado por jambas y en la parte superior por un tablero que interceptaban la radiación, únicamente se aprovechaba una parte escasa de los rayos de calor. Hoy, ó mejor dicho, desde la época de Gauger (1713), autor de una obra relativa al asunto, y de Rumford, se adelanta el hogar de modo que

se ofrece más ancho campo á la radiación directa. Además se limita el interior de las jambas con superficies opuestas oblicuamente ó de forma parabólica, de loza bruñida ó de cobre, y de este modo la reflexión envía á la estancia los rayos que no tienen acceso directo á ella, contribuyendo así á la calefacción.

La abertura de la chimenea se estrecha por arriba en el punto en que empieza el conducto de humo, lo cual tiene la doble ventaja de activar el tiro é impedir que el

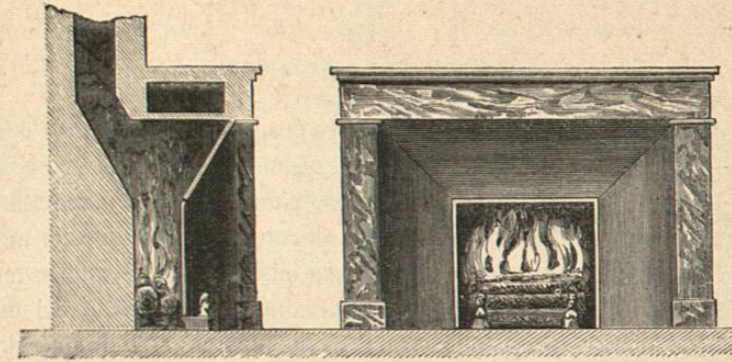


Fig. 682.—Chimenea común moderna

humo se esparza por la pieza, efecto que se aumenta además con el uso de *tableros ó correderas móviles*, piezas de hierro que se bajan ó levantan á beneplácito delante del hogar, y que reemplazan ventajosamente á los fuelles.

El caldeo de una habitación por una chimenea se efectúa no sólo por radiación, sino también por convección, es decir, por el transporte de las partes caldeadas que suben

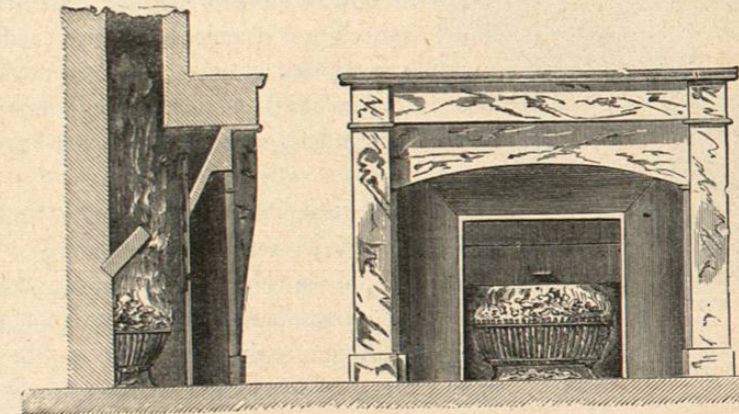


Fig. 683.—Chimenea moderna de corredera

hacia el techo y son reemplazadas por el aire frío, atraído incesantemente del exterior (1). De aquí resulta una ventilación natural, por lo regular más que suficiente desde

(1) Según el general Morin, el aire aspirado por una chimenea suele salir de ella á una temperatura de 60, 80, 100 y más grados. La pérdida de calor llega á los  $\frac{6}{7}$ ,  $\frac{7}{8}$  y más, de este calor dispersado; y el rendimiento calorífico de una chimenea común no pasa por consiguiente de los 14 ó 12 centésimos del calor desarrollado por el combustible. Según el mismo autor, la evacuación de aire producida cada hora por una chimenea común, de dimensiones regulares, y que funcione con mediana actividad, llega y excede á menudo de cinco veces la capacidad de la habitación que ha de caldear. "Esta renovación de aire, dice, bastaría, aun dadas las proporciones ordinarias de las habitaciones, para proporcionar una ventilación de más de 30 metros cúbicos de aire por hora y por persona, suponiendo que hubiese más de una por metro cuadrado de

el punto de vista higiénico; pero también sucede que estando frío el aire nuevo, lo ha de calentar continuamente el hogar, cuyo calor se aprovecha mal por esta causa. Por último, como el conducto de humo arrebatada una gran cantidad de los gases calientes de la combustión, el rendimiento calorífico de estas chimeneas es muy escaso, lo que ha inducido á adoptar disposiciones más convenientes y á discurrir lo que se llama chimeneas ventiladoras.

## III

## LAS CHIMENEAS VENTILADORAS

El principio de las chimeneas ventiladoras es el siguiente: en lugar de introducir por los resquicios de las puertas y ventanas ó por conductos laterales el aire necesario para el tiro é indispensable para renovar el aire viciado de una habitación, se trata de no dejar que entre el aire nuevo y frío hasta que el hogar mismo haya elevado su temperatura. Para esto se hace circular el aire tomado del exterior por unos conductos que rodean el hogar, y después de caldeado, se le hace desembocar por unas ventosas en la estancia, cuya temperatura contribuye á elevar así.

Con este objeto se han ideado varias disposiciones: aquí reproduciremos las más sencillas.

En una (fig. 684), el aire llega de fuera á un conducto que envuelve completamente el tubo cilíndrico de hierro del humo y también una parte del hogar, con lo cual se caldea y se eleva hasta una abertura practicada cerca del techo en la pared del cuarto. Por consiguiente, un aire cálido á la vez que no viciado reemplaza al aire consumido por el acto de la combustión ó arrastrado por el tiro, suprimiéndose así ó poco menos la introducción de aire frío por las puertas ó ventanas.

En la otra chimenea (fig. 685), el hogar está formado de un aparato de hierro, y el conducto de humo se divide en otros muchos por los cuales pasan los gases calientes de la combustión. Todo el aparato caldea así la capacidad por la cual llega el aire del exterior, de suerte que al escaparse éste por dos bocas de calor laterales, cuando el contacto

de las paredes del aparato ha elevado su temperatura, contribuye á la vez á calentar y á ventilar la habitación. El rendimiento calorífico de las chimeneas ventiladoras es

pavimento. Por otra parte, para que el tiro y la salida del humo tengan la actividad necesaria y no los contraríen los vientos, basta con que la velocidad con que el humo se remonta á la atmósfera sea de 3 metros por segundo en el caso ordinario de un fuego de mediana actividad; pero no es necesario, y hasta sería perjudicial que esta velocidad fuese la misma en el tubo general de humo, en el cual conviene que llegue solamente á 1m,40 ó 2 metros por segundo, lo que aconseja no reducir demasiado las dimensiones de este tubo. (Manual práctico de calefacción y ventilación.) El general Morin da entonces, en una serie de cuadros, las dimensiones de los tubos de humo ó cañones de chimenea y las de las capuchas que deben cubrirlos, calculadas con arreglo á la capacidad de las piezas que las chimeneas deben caldear y ventilar.

(1) Este tipo de chimenea ha sido inventado por el capitán de ingenieros Galton para calentar los cuarteles ingleses.

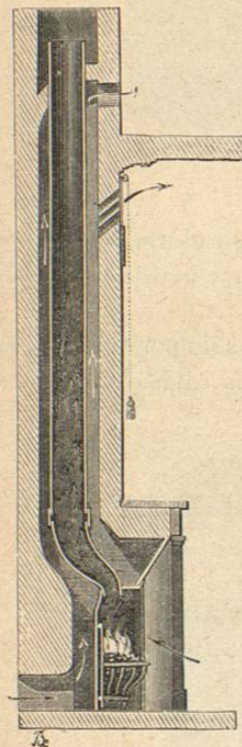


Fig. 684.—Chimenea ventiladora de Douglas Galton (1)

muy superior al de las comunes, pudiendo llegar hasta el 35 por 100 del calor desarrollado por el combustible.

Otra ventaja de las chimeneas ventiladoras está en que, como se alimentan del aire necesario para el tiro, no hay inconveniente en poner dos en una misma habitación, cuando las dimensiones de ésta lo exigen. Esto no es posible con las chimeneas ordinarias, que se contrarían con frecuencia.

## IV

## LAS ESTUFAS

En realidad las estufas no difieren de las chimeneas sino en que son aparatos de calefacción instalados en medio del aposento que han de caldear, en vez de estar adosados ó mejor dicho empotrados en las paredes. De esto resulta que el caldeo de las estufas se comunica por todas partes, por vía de radiación, al aire de la estancia, y que de este modo se aprovecha muchísimo más el calor del hogar. El principio del tiro es el mismo; pero como no se ve el hogar sino por una angosta abertura, casi no hay radiación directa de la llama ni de las brasas. No por esto es menos vivo el tiro, sino todo lo contrario; pero la cantidad de aire evacuada es relativamente bastante escasa, de suerte que la ventilación suele ser insuficiente (1). Higiénicamente hablando, las estufas constituyen un medio de calefacción inferior á las chimeneas; en cambio, económicamente consideradas, son muy ventajosas.

Su forma es muy variada, así como la materia de que se componen. Las estufas de hierro se calientan rápidamente gracias á la gran conductibilidad del metal; sus paredes se enrojecen, y aparte del calor insoportable que resulta de esta incandescencia, resultan de ella graves inconvenientes. Uno de ellos procede de la elevada temperatura á que se pone el aire, del estado de sequedad que es su consecuencia y que afecta los órganos de la respiración, lo cual se remedia colocando una vasija llena de agua que se evapora lentamente y proporciona al aire de la estancia la humedad indispensable.

Recientemente se ha echado de ver otro inconveniente más grave. El calor rojo del hierro da lugar á la formación de un gas, el óxido de carbono, que es evidentemente tóxico, aun cuando esté mezclado en muy corta proporción con el aire. En concepto de unos, el metal incandescente se hace permeable á los gases de la combustión por

(1) Según el general Morin, el volumen de aire evacuado por el tiro de una estufa sólo es de unos 5 metros cúbicos por kilogramo de leña quemada, de 6 á 7 por kilogramo de hulla y de 10 á 12 por kilogramo de coque con un fuego muy activo. La evacuación del aire viciado de los aposentos no es, pues, superior al  $\frac{1}{10}$  de la capacidad de los locales caldeados, cuyo aire no puede renovarse así sino una vez cada diez horas.

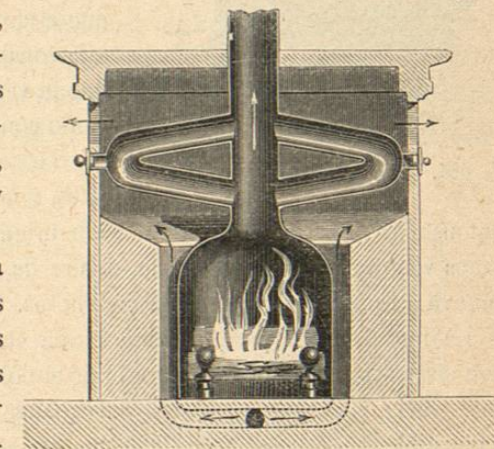


Fig. 685.—Chimenea ventiladora: sistema Joly

un fenómeno de exósmosis ó de dialisis estudiado por varios físicos, como Graham, Enrique Sainte-Claire Deville, etc.; según otros, el gas de que se trata se forma á expensas de los polvillo orgánicos que arden al ponerse en contacto con las paredes de la estufa, ó también procede de la descomposición del ácido carbónico del aire por el metal incandescente. Cualquiera que sea la causa de esta formación, se ha comprobado el fenómeno, y con él la insalubridad de las estufas de hierro, por lo menos siempre que estos aparatos se caldean hasta el punto de que sus paredes se enrojecen.

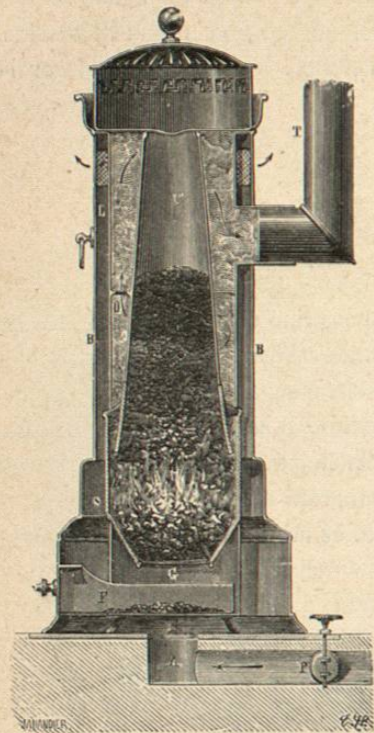


Fig. 686.—Estufa calorífera y ventiladora

Las estufas de ladrillo, de loza, de tierra refractaria, y aun las metálicas revestidas interiormente de una pared de tierra que contiene el hogar, no ofrecen este inconveniente, y si bien no se caldean tan pronto á causa de la escasa conductibilidad de la materia de sus envolventes, conservan por la misma razón mucho tiempo la temperatura á que se han elevado, siendo su uso mucho más higiénico que el de las estufas de hierro, cuya principal ventaja consiste en ser más económicas. Hemos dicho que la ventilación no es tan buena con las estufas como con las chimeneas; pero su rendimiento calorífico es mucho mayor que el de éstas, pues llega al 85 y 90 por 100 del calor desarrollado por el combustible, al paso que la ventilación originada por el tiro es insignificante. Antes hemos visto que, según M. Morin, el aire de un aposento caldeado por una estufa se renueva á lo sumo una vez cada diez horas.

La figura 686 representa una estufa calorífera, cuya disposición es muy ventajosa, por el doble concepto de la ventilación y del aprovechamiento del combustible. La primera se efectúa por un tubo que llega debajo del hogar en A, regulándose con una llave P la introducción del aire y por consiguiente el tiro. Al escaparse el humo lateralmente, caldea el aire encerrado en el recinto L desde el cual se difunde en la habitación por respiraderos laterales. La cubierta B evita los efectos nocivos que podrían resultar del caldeo excesivo de las paredes de hierro que contienen el combustible. El carbón ó el coke se echan por arriba, levantando la tapadera superior.

En los países del Norte, en Alemania, Rusia, Suecia y Noruega, las estufas son verdaderos monumentos construídos de ladrillo y revestidos de loza ó de porcelana. El aire penetra por un conducto y se calienta, juntamente con el aire que contiene, al ponerse en contacto con los gases calientes del hogar, para diseminarse en seguida por el aposento, por orificios especiales. En otros casos, el interior de la estufa

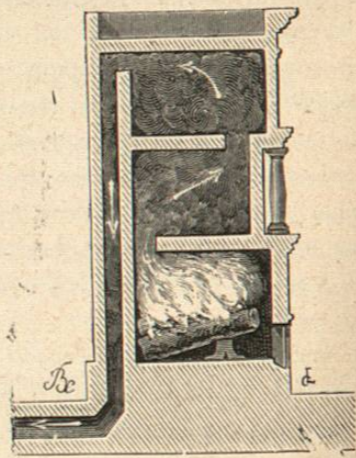


Fig. 687.—Una estufa de los países del Norte

está dividido en cámaras ó compartimientos superpuestos, por cuyo interior circulan el humo y los gases de la combustión, en cuyo caso el caldeo se produce simplemente por la radiación de la cubierta. Por lo común, basta tener la estufa encendida unas cuantas horas por la mañana, y cerrar las aberturas cuando la masa entera del combustible se ha puesto incandescente: la escasa conductibilidad de la tierra y de la loza barnizada que forman la cubierta exterior mantienen todo el día el calor del aparato.

## CAPITULO II

### LA CALEFACCIÓN.—LOS CALORÍFEROS

#### I

##### LOS CALORÍFEROS DE CIRCULACIÓN DE AIRE CALIENTE

Debe darse más particularmente el nombre de *caloríferos* á unos aparatos que tienen por objeto comunicar á alguna distancia el calor producido por la combustión del hogar y difundirlo por cierto número de habitaciones distintas del local en que están instalados. Se conocen tres sistemas principales de caloríferos.

Los unos se parecen más ó menos á las chimeneas ventiladoras ó á las estufas provistas de cámaras interiores ó de bocas de calor, porque envían aire caliente á los diferentes aposentos que deben caldear. Tales son los *caloríferos de aire caliente*.

Otros están construídos con arreglo á otro principio. El vehículo del calor emanado del hogar es el agua calentada en contacto con éste y la cual circula por tubos que la conducen por el interior de las paredes á todos los puntos cuya temperatura se trata de elevar. Estos son los *caloríferos de circulación de agua caliente*.

Por último, hay un tercer sistema de caloríferos, en los cuales el calor sacado del hogar es el del vapor de agua hirviendo; al circular por los conductores, este vapor se enfría, se condensa y cede todo el calor procedente de este cambio de estado á los cuerpos que rodean el espacio en que está contenido así como al aire puesto en contacto con ellos.

Pasemos sucesivamente revista á los aparatos de estos tres sistemas, indicando sus ventajas y sus inconvenientes respectivos.

Los hogares de los caloríferos de aire caliente suelen estar situados en los sótanos de los edificios que han de calentar, en medio de una estancia cuyo aire se renueva introduciéndolo del exterior, pero que no está en comunicación con el hogar mismo, para que el humo y demás gases de la combustión no puedan llegar al conducto por donde aquél penetra. El que da paso al humo y á los gases se replega muchas veces sobre sí

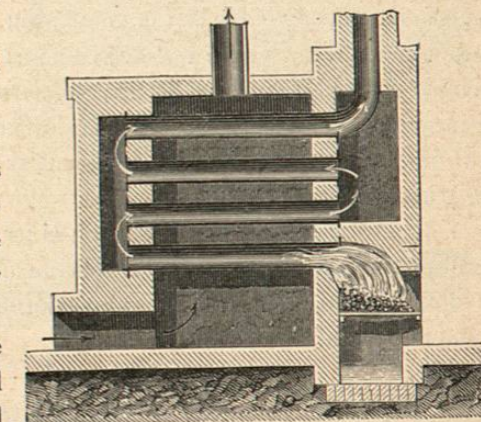


Fig. 688.—Calorífero de circulación de aire caliente