

impermeables. Esas sábanas líquidas siguen las sinuosidades é inclinaciones de las capas de terrenos; por consiguiente, para que el agua suba por el pozo, basta que entre el punto adonde ha llegado la sonda y el nivel de la sábana líquida á cualquier distancia haya cierta diferencia de altura. Tenemos un ejemplo de este caso en el corte geológico de los terrenos que constituyen el suelo parisiense, desde París hasta el nivel superior de la cuenca, en la meseta de Langres (fig. 185). Las capas de arena acuífera que se han encontrado á 548 y 570 metros de profundidad al perforar los pozos artesianos de Grenelle y de Passy, tienen sobre sí una serie de rocas y en especial una capa de creta de considerable espesor. Todos estos lechos de terrenos, al levantarse progresivamente, van á terminar en puntos tanto más remotos cuanto mayor es su profundidad relativa. La arena acuífera no asoma hasta llegar á la meseta de Langres. En toda la extensión de la cuenca donde aparece dicha arena recibe ésta las aguas pluviales que filtran y descienden hasta lo más profundo de ella, constituyendo así como una sucesión de inmensos tubos acodados en los que la sábana líquida está cada vez más comprimida.

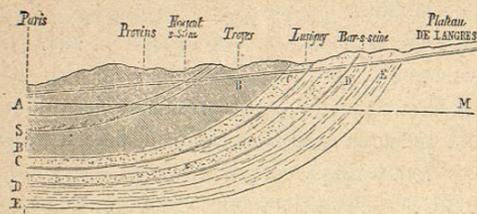


Fig. 185.—Corte geológico de la cuenca del Sena entre París y Langres

Compréndese por lo tanto que al abrir un pozo en un punto cuya altitud es inferior á la de la meseta en donde asoma la capa de arena, el agua subirá por el pozo y brotará por cima del suelo tan luego como la profundidad de la perforación sea bastante grande para llegar á la capa de agua en cuestión. Así pues, la teoría de los pozos artesianos, tal como acabamos de explicarla, se basa en la existencia de capas de agua subterráneas, de lagos ó más bien de corrientes aprisionadas en las profundidades de los estratos terrestres. Esas sábanas de agua están á veces en capas permeables, formadas de arenas más ó menos disgregadas, y también de rocas calizas acribilladas de vacíos ó hendeduras, pero comprendidas entre otras capas impermeables, como por ejemplo bancos de arcilla. Estos ríos subterráneos se alimentan merced á las aguas pluviales que caen en las regiones en que asoman las capas permeables y que penetran en éstas. Y precisamente la diferencia de nivel que existe entre los puntos de partida de la corriente líquida y el del punto más bajo por donde ésta circula subterráneamente y en donde la ha encontrado el agujero de sonda, es la que produce la enorme presión capaz de hacer subir el agua hasta el nivel del suelo, y aun de obligarla á brotar á gran altura.

Llámase *nivel hidrostático* de un pozo perforado la altura fija á que llega el agua cuando se prolonga por cima del suelo el tubo que tiene por objeto, después de haber servido para la perforación, impedir que se pierdan las aguas al través de las capas más ó menos permeables que encuentran en su ascensión. Hase visto que este nivel no es invariable, y que sube ó baja según que aumente ó disminuya el caudal de las corrientes de la región de origen. Esta coincidencia es una prueba irrefutable de la procedencia de las aguas subterráneas, por cuanto su abundancia está en relación con la de las lluvias.

Los procedimientos de perforación, hoy día muy perfeccionados, no dejan de ofrecer serias dificultades cuando los pozos artesianos tienen una profundidad tan grande como los de la cuenca parisiense que acabamos de citar. Si los trépanos, los cazos y

sus varillas (que son las herramientas que sirven para perforar las rocas y sacar los escombros á la superficie del suelo) llegan á romperse, hay que practicar para sacarlos ciertas operaciones que pueden ser largas y costosas.

Muchas ciudades más ó menos ricas ó populosas no han vacilado en hacer sacrificios considerables para abrir pozos artesianos y proporcionarse así agua abundante y pura á la vez. Pero en los países en que falta el agua, en que la lluvia se desconoce por decirlo así, y en que sus escasos ríos están constantemente secos, es donde los pozos artesianos son de utilidad inmensa. Ya hemos dicho antes que los antiguos egipcios se valían de ellos, ó más bien los habitantes de los oasis de los desiertos de Libia. Por iniciativa del gobierno francés se han abierto al Sur de Argelia numerosos pozos, empleando al efecto procedimientos perfeccionados de sondeo y gracias á la escasa profundidad á que se encuentran en el desierto las capas de agua subterráneas. Citemos uno ó dos ejemplos de los fecundos resultados que los trabajos artesianos han producido ya en el Sahara.

El primer pozo artesiano se abrió en Tamerna, en el Ued R'ir, bajo la dirección y por iniciativa del general Desvaux. A las seis semanas de trabajo, la sonda llegó á una capa de agua, cuyo caudal de 4,000 litros por minuto dió origen á un verdadero río.

Otro ejemplo: el oasis de Sidi-Rached, á 26 kilómetros al Norte de Tuggurt, estaba amenazado de inminente ruina; la mitad de sus palmeras había muerto, la invasión de la arena era mayor de día en día, y los habitantes habían intentado abrir pozos; mas á los 40 metros de profundidad habían tropezado con un banco de yeso térreo muy duro, que no pudieron romper. Las aguas parásitas habían invadido y anegado sus trabajos, y por último estaba ya próximo el momento en que toda la población se vería en la necesidad de dispersarse. En tales circunstancias llegó á Sidi-Rached la comisión francesa. Bajóse al pozo abandonado una columna de tubos; el trépano perforó fácilmente la capa de yeso ante la cual debieron confesar los indígenas su impotencia, y á los cua-

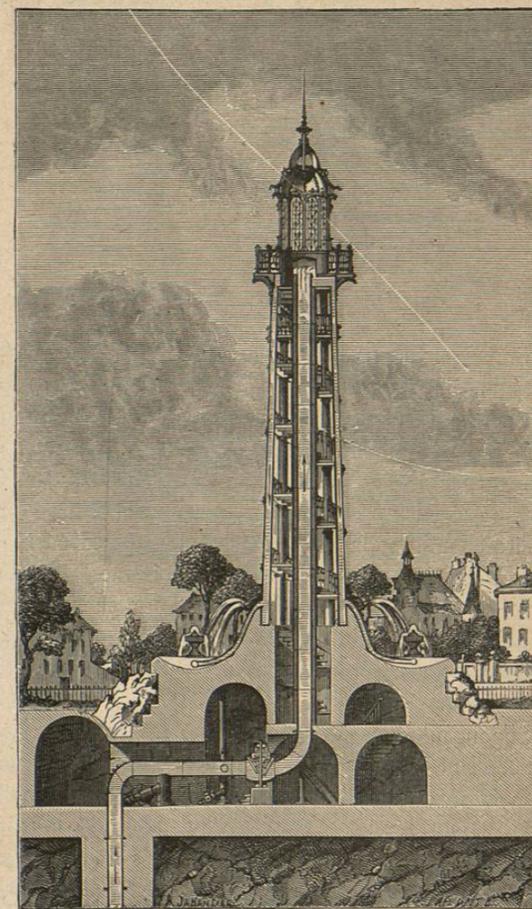


Fig. 186.—Pozo artesiano de París

tro días de trabajo salía de las entrañas de la tierra como río bienhechor una capa de agua de 4,500 litros por minuto.

A los cinco años de análogos trabajos se habían perforado cincuenta pozos, que daban cerca de 40,000 litros de agua por minuto, 57 millones de litros diarios, sin que los gastos hubiesen excedido en totalidad de 300,000 francos. Los resultados fueron más de 30,000 palmeras plantadas, numerosos oasis levantados de sus ruinas, y dos nuevas poblaciones creadas en el desierto. Todavía se prosigue hoy con éxito esta obra civilizadora.

CAPÍTULO IV

LAS BOMBAS

I

TEORÍA DE LAS BOMBAS

Supongamos un cilindro hueco en el cual pueda subir y bajar rozando con sus paredes un émbolo provisto de una varilla y en cuyo fondo hay un orificio (fig. 187). Hallándose el émbolo en la parte inferior del cilindro, metamos el instrumento en una vasija ó depósito lleno de agua, y en seguida subamos el émbolo tirando de su varilla. ¿Qué sucederá? Que el espacio vacío de aire que el émbolo deja debajo de sí en su marcha ascendente, se llenará de agua, primero hasta que el nivel del líquido sea en el cilindro el mismo que en el depósito, lo cual sucederá en virtud del principio del equilibrio de los líquidos en los vasos comunicantes, aun cuando hubiese aire debajo del émbolo. Pero el agua continúa subiendo por cima de ese nivel, siguiendo instantáneamente al émbolo cuya sección inferior toca sin cesar; fácilmente se comprende que su movimiento tiene por causa la presión que el aire exterior ejerce en la superficie líquida del depósito.

Supongamos que el cilindro tiene más de $10^m,33$ de elevación, y que el depósito contiene suficiente cantidad de agua; la columna líquida aumentará en altura hasta llegar poco más ó menos á los mismos $10^m,33$. En este momento su peso equilibra la presión atmosférica: si el émbolo sigue subiendo, el agua se detendrá. Este es precisamente el obstáculo con que tropezaron los fontaneros de Florencia y que hizo creer á los físicos de la corte del gran duque que la Naturaleza cesaba de tener *horror al vacío* más allá de 32 pies.

Tal es en principio la bomba á que se da el nombre de *bomba aspirante*, porque el émbolo parece aspirar el líquido á medida que sube. Veamos ahora cómo está construído el aparato para llenar el objeto al cual se le destina, es decir, para suministrar agua luego que ésta se ha elevado á cierta altura sobre el nivel del depósito.

El cilindro ó *cuerpo de bomba* está provisto de un tubo cilíndrico de diámetro menor, cuyo extremo inferior penetra en el depósito. Al orificio de separación va adaptada una válvula que se abre y cierra de abajo arriba. El mismo émbolo está atravesado por muchas aberturas provistas de válvulas cuyo juego se efectúa en el mismo sentido que la primera (fig. 188). Ahora se comprenderá ya lo que debe suceder cuando se imprime al émbolo un movimiento alternado en el cuerpo de bomba. Al subir por primera vez se hace debajo de él el vacío. El aire del tubo de aspiración levanta la válvula por

efecto de su presión, y el agua sube hasta cierta altura. Cuando el émbolo baja, comprime el aire que se ha introducido en el cuerpo de bomba; por una parte su presión cierra la válvula inferior, y por otra levanta las del émbolo y el gas se escapa al exte-

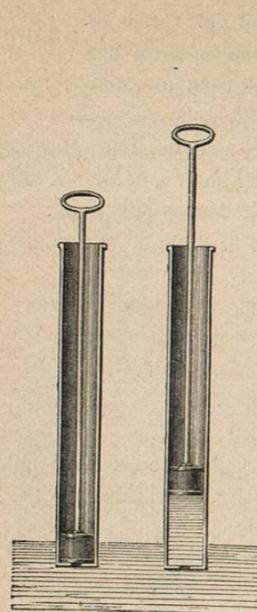


Fig. 187.—Principio de la bomba aspirante

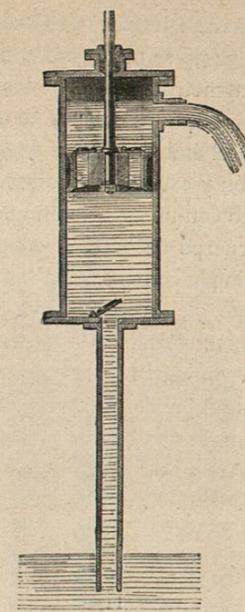


Fig. 188.—Bomba aspirante

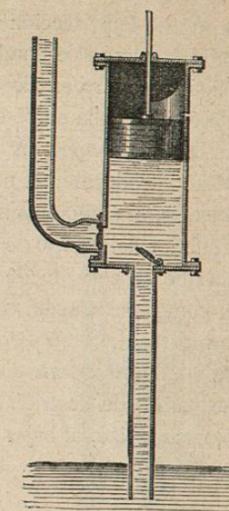


Fig. 189.—Bomba aspirante é impelente

rior. A cada movimiento análogo el agua se eleva más y más, y acaba por ponerse en contacto con la parte inferior del émbolo y por pasar sobre su cara superior: la bomba está ya alimentada. Entonces es fácil ver cómo debe salir el agua al exterior por un orificio lateral practicado en la parte superior del cuerpo de bomba. Por otra parte tan luego como la bomba está alimentada y el émbolo sube, se hace debajo de él el vacío y el agua no cesa de agolparse contra su cara inferior. La válvula del tubo de aspiración permanece ya constantemente abierta, y el movimiento de abajo arriba del émbolo es el que hace subir el líquido.

Es fácil calcular los esfuerzos que se requieren para subir ó bajar el émbolo cuando la bomba está alimentada. Si el émbolo baja, sus propias válvulas se abren; las presiones transmitidas á sus dos caras por el líquido son iguales por una y otra parte, y las únicas resistencias que se experimentan proceden de los rozamientos del líquido y del émbolo. Pero, cuando se levanta, la presión atmosférica es la única que se anula, por cuanto se ejerce sobre el depósito por una parte, y sobre el nivel superior del líquido por

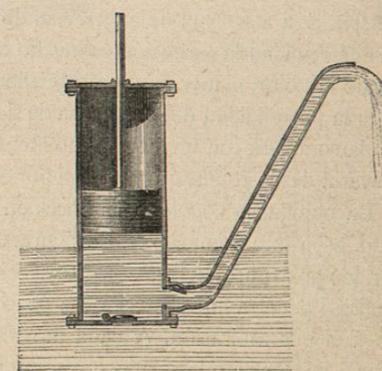


Fig. 190.—Bomba impelente