

# DISCURSOS

LEIDOS ANTE

LA REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

EN LA RECEPCION PÚBLICA DEL

SR. DON JOSÉ SUBERCASE.



MADRID :

IMPRESA Y LIBRERIA DE D. EUSEBIO AGUADO.— PONTEJOS, 8.

1862.

# DISCURSO

DEL

SR. D. JOSE SUBERCASE.

---

Señores:

**A**L hacer uso de la palabra en este recinto y en ocasion tan solemne, es muy sensible carecer de las dotes oratorias que conceptúo necesarias para espresar dignamente mi gratitud por el grande honor que me dispensa esta ilustre Corporacion admitiéndome en su seno; gratitud tanto mas profunda, cuanto mas distante creí estar de merecer tan señalada distincion. En todo caso, la investidura honrosa que voy á recibir hará que adquiera nuevo aliento y redoble mis esfuerzos, procurando seguir á los sábios que la componen, siquiera sea trabajosamente, en los grandes servicios que están llamados á prestar al adelanto de las ciencias, y por consiguiente al progreso de la humanidad.

Obligado, Señores, por los estatutos á molestar algunos momentos vuestra benévola atencion, me sentia impelido á discurrir acerca del mismo tema que ya en otra ocasion desarrollé, haciendo una breve esposicion de los inmensos adelantos obtenidos en las ciencias y sus aplicaciones, y fijando la consideracion en el poderoso auxilio que para ello reciben de las que por escelencia se llaman exactas.

Mas han sido desde entonces tan autorizadas las voces

cuyos elocuentes ecos han resonado en este sitio, trazando la historia de ese progreso, haciendo ver que el génio del hombre ha conseguido llegar á una grande altura, y en ocasiones casi rasgar el tupido velo tras el cual oculta sus arcanos la naturaleza, que para no incurrir tal vez en repeticion de una parte de lo que espusieron, parece mas oportuno tratar ahora de alguno de los estudios que han ejercitado la inteligencia humana, sin que haya podido alcanzar el fin que deseaba.

Como ejemplo nos detendremos breves instantes en la historia de la ciencia que se ocupa en la investigacion de las leyes que rijen el movimiento y la resistencia de los fluidos; porque es una de las que han gastado, por decirlo así, las fuerzas de muchas generaciones de grandes hombres, sin que despues de todo hayan podido obtener una solucion completa de los diferentes problemas que son de su dominio.

Estraño pudiera parecer á primera vista que esta ciencia esté aún rodeada de tinieblas, cuando reúne circunstancias que debieran hacerla brillar con vivísima luz. Efectivamente, las necesidades sociales que dependen de aplicaciones hidráulicas son tantas y tan importantes, que aun sin conocer aquellas leyes ha sido preciso tratar de satisfacerlas desde la mas remota antigüedad, sin dejar un solo momento de ocuparse de ellas; y no hay nacion, provincia, ciudad ó particular, cuya prosperidad ó bienestar no dependa en gran parte de ese conocimiento. Si es preciso conducir el agua á nuestras habitaciones, guardarnos de sus estragos, mover poderosos artefactos que alivien nuestra debilidad, embellecer las ciudades, templar su ardoroso ambiente, trasportar productos de provincia á provincia ó de una nacion á otra, es necesario, so pena de esponerse á grandes desastres, tener principios seguros que nos sirvan de guia. El conocimiento de las leyes que

sigue el curso del agua al través de los terrenos permeables, y por consiguiente en los manantiales naturales, en los pozos artesianos y absorbentes, en el saneamiento de terrenos, en los filtros, es del mayor interés para la agricultura y para la industria, ya sea para aprovecharlas, ya para desembarazarse de ellas. Gran número de problemas relativos á la navegacion, y entre ellos la forma mas ventajosa de las carenas de los buques, no pueden prescindir de él si han de tener la conveniente solucion. Y sea que se trate del interesante problema del movimiento, resistencia ó desviacion de los proyectiles en el aire, sea que se trate de transmitir la accion de este, despues de comprimido, á largas distancias, de su accion en las máquinas, de la conduccion de gases, de la elevacion de grandes torres espuestas á los vendabales, es forzoso conocer las leyes del movimiento y resistencia de los fluidos aeriformes.

Si las ocasiones de observar y experimentar, y por consiguiente de llegar al descubrimiento de aquellas leyes, son tantas, tan frecuentes y tan distintas, pudiera, no obstante, haber faltado tiempo para alcanzar el deseado fin, á causa de ser muy recientes las primeras aplicaciones hidráulicas; mas no es así. Hace 35 siglos se inauguraban en Egipto trabajos de navegacion y riego de tal magnitud, que no dejan duda de que debieron ser precedidos de otros en menor escala. Trabajos tales que, de ser conservados con esmero, hubieran originado una profunda modificacion en muchas de las relaciones sociales que hoy existen, y que emprendidos con los recursos de nuestra época absorben la atencion de todas las naciones, siendo motivo de grandes esperanzas para muchas, y de no pequeños recelos para otras. Los innumerables canales y otras obras, que guiando y regularizando las inundaciones del Nilo, hacian de aquel pais un prodigio de fertilidad, tambien son un

notabilísimo ejemplo de trabajos hidráulicos en aquellos tiempos. No lo son menos los inmensos emprendidos en la China dos siglos antes de la Era cristiana, y continuados después para la union de varios rios y la facil comunicacion entre las provincias del Imperio; el gran canal del Eufrates al Tigris, emprendido 5 siglos antes de la citada Era; los trabajos ejecutados por los Griegos y Romanos para el riego, navegacion y abastecimiento de aguas; los magníficos legados por los Arabes, que hacen de algunas de nuestras provincias dilatados vergeles, admiracion y encanto del viajero, dejan conocer que no es la proximidad de las primeras aplicaciones la que ha impedido encontrar las leyes que debieron servir de segura guia para otras semejantes.

Los grandes nombres de Arquímedes, de Leonardo de Vinci, de Galileo, del immortal Newton, de los Bernouillis, Euler, Lagrange y otros muchos, que hicieron de estas investigaciones un objeto privilegiado de sus estudios, hacen finalmente ver, que si no se han disipado las nubes que envuelven esta especie de conocimientos, no ha sido por falta de inteligencias superiores que hayan procurado dar cima á semejante empresa.

Si el tiempo para reunir observaciones, la frecuencia y diversidad de las ocasiones para hacerlas y los hombres eminentes para discutir las no han faltado, ¿cómo es que la hidráulica no ha progresado á la par de otros ramos del saber, cuando la aglomeracion de esas circunstancias era tan propia para conseguirlo? La principal causa de esta aparente anomalía, se encuentra fijando la consideracion en la diversa índole de los conocimientos humanos.

Hay unos que, apoyándose en ciertas propiedades del tiempo y del espacio, creaciones puras de nuestra razon, é independientes de toda esperiencia, siguen con seguro paso una

série de razonamientos que conducen á consecuencias tan incontrovertibles, como los principios de que partieron. Así ha podido formarse el magnífico conjunto que presentan las matemáticas modernas, poderoso y aun indispensable elemento de progreso para todas las demás ciencias. Otros, no obstante, que necesitan apoyarse en datos deducidos de la esperiencia, pueden adquirir un grado de perfeccion casi igual, porque esos datos tienen una certeza absoluta. Pero los que no están comprendidos en estas dos categorías necesitarían, para llegar á igual altura, el conocimiento de la constitucion íntima de la materia, dato que el hombre está muy lejos de poseer. Y entre tanto si han de obtenerse resultados que puedan utilizarse para el bien general, es forzoso buscar otros caminos distintos del de los anteriores.

Es preciso observar con esquisito criterio los fenómenos que se presentan naturalmente al hombre, agrupándolos segun su índole, examinar detenidamente las circunstancias de que van acompañados, y luego ver de encontrar su mútua dependencia. Es preciso tambien en otras ocasiones provocar fenómenos, fijando un programa de esperimentos à priori, y procurando luego deducir de ellos consecuencias que puedan servir de norma en determinado género de aplicaciones. Por este camino, sembrado de escollos, se han encontrado asombrosos resultados en la mayor parte de las ciencias físicas y naturales; pero otras veces se ha tropezado con gravísimos inconvenientes, y se han hecho muy lentos progresos.

La hidráulica es uno de los ejemplos mas notables de las inmensas dificultades que se presentan en este género de investigaciones, para hacer brotar la luz entre el caos de numerosas observaciones y multiplicados esperimentos, aparentemente contradictorios á veces, inesplicados no pocas, y en gran número de ocasiones interpretados erróneamente.

Su origen es enteramente moderno : ni era posible establecer una teoría matemática que tuviera visos de alguna exactitud, en tanto que las demás partes de la mecánica racional no estuvieron muy adelantadas ó casi terminadas; así es que el único escrito relativo á la mecánica de los fluidos que nos queda de la antigüedad, y puede darnos idea del estado de la ciencia en aquella época, es el tratado *Insidentibus humido* de Arquímedes, que floreció 287 años antes de la Era cristiana.

En ese tratado no examina mas que el equilibrio de los cuerpos sumerjidos en el fluido, deducido de dos principios que consideró como confirmados por la esperiencia. Estos principios se reducian á suponer que en un líquido, las partes menos comprimidas tienen tendencia á escaparse bajo el esceso de compresion de las que están contiguas, y que la accion ejercida sobre los cuerpos sumerjidos se verifica segun la vertical que pasa por el centro de gravedad de los mismos. Apoyado en ellos y en su superior inteligencia pudo fundar una teoría de los cuerpos flotantes, que aún es digna de consideracion.

A esto se redujeron durante muchos años todos los progresos relativos al equilibrio de los fluidos, ó por mejor decir de los cuerpos sumerjidos en ellos; y por mas que no fuese difícil, despues de lo que Arquímedes habia demostrado, determinar su presion sobre el fondo y las paredes del receptáculo que los contiene, fué necesario el trascurso de 19 siglos para que *Stevin* estableciese, en la obra que publicó en 1585, una teoría de este equilibrio, demostrando la paradoja hidrostática, de que un fluido puede ejercer una presion mucho mayor que su propio peso; haciendo al propio tiempo ver cuánta era la presion sobre cualquier parte de una superficie plana ó curva, sirviéndose para ello del método de los límites.

En este largo intervalo son casi nulos los progresos de la



ciencia que nos ocupa; porque si bien Heron y Ctesibio, como un siglo despues de Arquimedes, inventaron y pusieron en juego algunas máquinas hidráulicas muy ingeniosas, si bien los molinos de agua eran conocidos desde el tiempo de Mitridates, y si se hicieron trabajos hidráulicos importantes, no se ve que aquellos descubrimientos fuesen debidos mas que á la casualidad, ó á una especie de instinto mecánico. Tampoco encontramos que en las construcciones de canales ú otras obras se guiasen por principios mas seguros; pues aun cuando los Arabes, tan dedicados á las ciencias y á la construccion de canales de riego, y abastecimiento de aguas, escribieron algo de hidráulica, y muy particularmente *Alkindi*, nada digno de llamar la atencion se sabe que encontrasen en lo que se refiere al movimiento, sino lo poquísimo que se conocia en tiempo de *Vitrubio* y de *Frontino*; y en cuanto á la hidrostática, no hicieron mas que repetir lo que acerca de los cuerpos flotantes y sumerjidos en un líquido habia ya establecido Arquimedes.

Es verdad que *Frontino*, que entre los antiguos es el que mas ha dilucidado las cuestiones relativas al movimiento de las aguas y al caudal que suministran saliendo por difentes orificios, vislumbraba la influencia que tienen en el gasto de estos, ciertas disposiciones, mas no supo determinar teórica ni experimentalmente el cuánto de esa influencia, y menos fijar reglas positivas para los diversos casos que suelen ocurrir en la práctica. Por eso se le ve enunciar que aquel gasto debe calcularse no solo por la superficie, sino que tambien por la altura del depósito sobre la boca de salida, sin fijar, no obstante, reglas que pudiesen servir para su exacta apreciacion. Sin embargo, esta aseveracion era importante y nueva para su época; y aunque parezca sencilla, ha sido olvidada en muchas ocasiones por autores y prácticos mas modernos.

Podemos, por consiguiente, asegurar que en el tiempo trascurrido desde *Arquimedes* á *Stevin* no pudo conseguirse otra cosa que pasar de una teoría bastante elemental, relativa al equilibrio de los cuerpos sumerjidos ó flotantes en un líquido, á otra que tenia por objeto determinar las leyes del equilibrio del mismo líquido cuando está encerrado en un depósito; por lo que hace á las leyes del equilibrio de los fluidos sometidos á un sistema cualquiera de fuerzas, y á las que rijen su movimiento y las resistencias que encuentran en él, nada absolutamente se habia averiguado que pudiera fundarse en principios seguros.

¡Pero qué mucho que esto aconteciese, cuando todos los ramos del saber humano que habian de ilustrar este género de estudios estaban tan atrasados, que ni aun podia emplearse en las nivelaciones un sistema capaz de hacer apreciar con la suficiente exactitud muchas de las causas que influyen en el citado movimiento! Los métodos usados por los Romanos y por los Arabes, lo mismo que los seguidos en los trabajos posteriores, eran demasiado elementales para conseguir aquel objeto; y hasta que *Picard* en 1674 puso en práctica otros mas propios para conseguirlo, con motivo de los proyectos de conduccion de aguas á Versalles, y hasta que pudo emplearse el nivel que lleva su nombre, juntamente con los que casi al mismo tiempo inventaron *La Hire* y *Huygens*, no podian menos de cometerse errores notables, que tan lejos de ilustrar las cuestiones hidráulicas, habian de oscurecerlas.

No es pues de estrañar que el gran *Galileo* incurriese en notables equivocaciones al tratar del movimiento de los fluidos, no obstante que entre otros importantísimos trabajos y descubrimientos, se le debe la primera teoría general del equilibrio de los fluidos y de los cuerpos sumerjidos en ellos,

deducida del principio, que le es propio, de las velocidades virtuales. Asi es que al tratar del movimiento de las aguas por los canales y rios, con motivo del informe que se le pidió por el gran Duque de Toscana acerca de varias reformas proyectadas en el rio Bisensio, emitió, entre algunas ideas luminosas, otras tan equivocadas como las de suponer que en dos canales de igual altura de caída, pero de distinta longitud, será igual la velocidad aunque el uno sea muy corto y el otro muy largo. Prueba es esta muy clara de la ninguna idea que tenia de las resistencias que encuentran las aguas en su curso, y que se guiaba únicamente por los principios que habia establecido acerca del descenso de los graves por diferentes planos inclinados.

No obstante esta confusion y atraso de los conocimientos hidráulicos se llevaban á cabo, tanto en Italia como en Holanda, numerosos trabajos que debian servir para ilustrar la ciencia; y se ve un siglo antes de esta época á *Leonardo de Vinci*, si no inventar completamente las esclusas de compuertas que tan gran revolucion debian causar en la navegacion interior, por lo menos perfeccionar la idea y hacerla practicable, al paso que tambien se ocupaba del estudio de algunos fenómenos hidráulicos, tales como los que se refieren al movimiento orbicular que adquieren las moléculas en ciertos casos, con tal perspicuidad, que las observaciones hechas mas recientemente con medios de que no podia disponer aquel eminente Ingeniero, confirman muchas de sus apreciaciones, y ponen de manifiesto que son una causa notable de resistencia en la conduccion de aguas por cañerías y canales. Pero lo cierto es, á pesar de todo, que en tiempo de Galileo, ó sea hácia mediados del siglo XVII, la ciencia del movimiento de los fluidos no contaba con base alguna fija.

En tal estado de cosas, *Torricelli*, examinando los fenó-

menos que presenta el agua al salir de un recipiente por orificios muy pequeños, encontró el principio que hoy lleva su nombre, inaugurando por consiguiente esa ciencia. Este principio fundamental que estribaba en la observacion y en las leyes que sobre el descenso de los graves habia establecido Galileo, no pudo, sin embargo, ser demostrado rigurosamente por Torricelli, y se contentó con presentarlo como un resultado experimental al fin de su tratado de *Motu naturaliter accelerato*, publicado en 1643. Al mismo tiempo, confirmando con sus observaciones las ideas de Galileo sobre el peso del aire, probando que ese peso era efectivamente la causa del ascenso del agua en las bombas inventadas y puestas en uso 18 siglos antes, y midiendo finalmente el peso de la atmósfera con el barómetro que inventó, establecia las primeras bases que habian de servir en lo sucesivo para buscar las leyes del movimiento y resistencia de aquel fluido.

Algo mas de 2 siglos han transcurrido desde esa época: en ellos han adquirido todas las ciencias y artes inmenso desarrollo, las aplicaciones que tienen relacion con el movimiento de los fluidos se han multiplicado, y han hecho ver cada vez mas palpablemente la necesidad de perfeccionar su teoria, los recursos de la análisis mas sublime, tan necesarios en estas investigaciones, son extraordinarios, y las privilegiadas inteligencias que han contribuido á este progreso, tan lejos de desdeñar los estudios relativos á la hidráulica, han formado empeño en perfeccionarla, sirviéndose de sus propios y admirables descubrimientos, y aun debiendo alguno de estos el afan de resolver cuestiones que á esa parte de la mecánica se refieren. Enumerar las teorías que se han tratado de aplicar, los experimentos que han tenido lugar, los aparatos inventados para efectuarlos, y la ocasion con que se han emprendido, sería empresa que necesitaria un grueso

volúmen, y que estaria ligada con el progreso de las matemáticas puras, de la mecánica, de la física y de gran número de artes. La sola conmemoracion de los hombres que, ya con sus teorías ya con sus esperimentos, han rendido tributo en casi todas las naciones á esta especie de estudios, sería larguísima; semejante historia detallada y seguida de las reflexiones oportunas, creemos que tendría grande utilidad para el adelanto futuro de la ciencia. Mas aun suponiendo que nos creyésemos con fuerzas para hacer un trabajo de esta especie, no sería esta la ocasion oportuna, y habremos de concretarnos á reseñar rápidamente las principales tentativas que han hecho para adelantar la ciencia en este período de tiempo.

Al recorrer esta série de trabajos, encontramos en primer lugar los de Newton, descollando sobre los de sus contemporáneos y abriendo nuevas sendas para sus sucesores, como en todos los demás ramos del saber en que ocupó su gran genio; pero fué poco afortunado en las teorías y demostraciones á que trató de sujetar los fenómenos relativos al movimiento y á la resistencia de los fluidos; hecho que bastaría para hacer patentes las inmensas dificultades que rodean semejante clase de estudios. Sus primeras observaciones sobre la salida por orificios, le dieron un resultado muy distinto del obtenido por Torricelli; pero bien pronto fué esto ocasion de examinar y estudiar la estructura de la vena fluida, y dar las primeras ideas sobre este fenómeno. Sin embargo, la demostracion que luego quiso dar del teorema de Torricelli no se fundaba en hipótesis admisibles, ó por mejor decir, las que estableció sobre la *catarata*, eran opuestas á uno de los principios fundamentales del equilibrio de los fluidos. Por primera vez tambien, estudió la resistencia de estos, deduciendo que era proporcional á las superficies y al cuadrado

de las velocidades; pero obtenia dicho resultado apoyándose en dos teorías, de las que la menos defectuosa suponía á los fluidos compuestos de corpúsculos completamente libres, é incapaces de comunicar su accion á los inmediatos en un choque.

Despues, en un largo período no se encuentran mas que esfuerzos aislados, teóricos ó esperimetales, dirigidos á confirmar ó combatir estas ideas, pero que en último análisis siempre producian alguna luz ó nuevos hechos que explicar, hasta que Daniel *Bernouilli* estudiando el estado de la cuestion en su tiempo, recojiendo y analizando todos los hechos anteriores, y añadiendo algunas observaciones suyas, presentó por primera vez en 1783 una teoría general del equilibrio y del movimiento de los fluidos, que hizo cambiar el aspecto de la ciencia, y fué un poderoso auxilio para sus posteriores progresos. Tan notables resultados pudo conseguirlos aplicando el principio de la *conservacion de las fuerzas vivas*, debido á Huygens, y combinándolo con el del paralelismo de las capas. Mas como nunca es dado al hombre llegar de un golpe á la perfeccion, apreció mal la pérdida de la *fuerza viva*, particularmente cuando habia cambios repentinos de *velocidad*. Poco aceptado aún el principio de las fuerzas vivas, por no haber recibido una demostracion rigurosa, y dejando algo que desear los resultados y demostraciones de Daniel Bernouilli, trataron de completar y mejorar sus teorías *Maclaurin* y *Juan Bernouilli*, apoyándose únicamente en los principios generales de la mecánica; pero fueron poco felices, y dejaron todo su brillo y originalidad al trabajo que trataron de combatir ó mejorar.

Entre tanto, el espíritu de abstraccion y el afan de hacer depender todos los problemas hidráulicos de la resolucion de algunas ecuaciones, se iba apoderando mas y mas de los

célebres matemáticos que tan poderosamente contribuyeron al progreso de la análisis, porque encontraban en esas cuestiones un vasto campo en que desarrollar todos sus conocimientos; así es que habiendo tratado la mayor parte de los géometras, con motivo de la figura de la tierra, de encontrar las leyes generales del equilibrio de los fluidos en el caso que todas sus partículas estuviesen sometidas á cualesquiera fuerzas, y habiendo conseguido *Clairaut* establecerlas, si bien en el caso de considerar diferentes capas concéntricas y homogéneas, se pensó en deducir de ellas las que corresponden al movimiento. El conocido principio de *D'Alembert*, facilitó este tránsito, y en su ensayo sobre una nueva teoría de la resistencia de los fluidos, publicado en 1752, presentó las ecuaciones rigurosas del movimiento de los mismos, ya sean compresibles ó incompresibles ya elásticos. Pero perteneciendo estas ecuaciones á las conocidas con el nombre de diferenciales parciales, y no habiendo adquirido aún toda la generalidad y sencillez de que eran susceptibles, *Euler*, que puede considerarse como el verdadero creador de ese cálculo, es el que en realidad estableció las primeras fórmulas generales del movimiento de los fluidos, fundadas en las de su equilibrio, y redujo toda la mecánica de las mismas á una simple cuestión de análisis.

Notable era el grado de abstracción que habia conducido á estos resultados, pero no tanto que prescindiese de tomar en consideración algunas de las leyes que distinguen esencialmente á los fluidos de los cuerpos sólidos, y en particular la de la igualdad de presión en todos sentidos; así es que siempre quedaban separadas las cuestiones dinámicas de las hidrodinámicas. No satisfecho con esta separación *Lagrange*, quiso en su siempre célebre *Mecánica analítica*, descartarse de toda consideración especial de los fluidos, y el principio

de que se sirvió para conseguir su objeto fué el de las velocidades virtuales, debido á Galileo, teniendo además que recurrir al cálculo de las variaciones, que tanto habia contribuido á desarrollar. Pero ¿á dónde condujeron estos esfuerzos de una análisis en la que, despues de todo, no entraba para nada la consideracion de las resistencias peculiares al movimiento de los fluidos? A unas ecuaciones *cuya dificultad*, segun dice el mismo Lagrange, *no consiste mas que en su integracion, pero esta es tan grande que hasta el presente ha sido preciso contentarse, aun en los problemas mas sencillos, con métodos particulares, y fundados en hipótesis mas ó menos limitadas.* Hé aqui un resultado de los colosales esfuerzos de hombres tan eminentes como los que hemos nombrado, poco consolador, por cierto, para los que se ocupan de las aplicaciones.

La cuestion puramente teórica ha quedado despues casi estacionaria; y ya no vemos mas que mecánicos que, como *Delaunay*, siguen queriendo desprenderse de todo principio experimental y peculiar de los fluidos, y otros como *Poisson* y alguno muy moderno de no escaso mérito, que á las leyes que rigen la mecánica de los cuerpos sólidos, unen la que consideran como experimental, de la igualdad de presion en todos sentidos; pero quedándose en un punto de vista puramente racional.

Mas como las necesidades sociales no quedan atendidas con estas abstracciones, y son demasiado apremiantes para esperar á que los ulteriores progresos de la análisis den los medios de integrar aquellas ecuaciones, que despues de todo conducirian á resultados poco satisfactorios en la práctica, se hacia indispensable que, siquiera fuese aproximadamente, se llegase á las leyes mas fundamentales del movimiento y resistencia, subiendo desde los hechos á las mismas leyes.



Pero ya dijimos anteriormente que esa marcha, además de ser lenta, está muy lejos de ser siempre segura; por el contrario, ofrece grandes dificultades, y requiere en los observadores esquisito tacto y no escasos conocimientos, sin que por eso dejen de sentar alguna que otra vez consecuencias erróneas, ó de una generalidad que no les corresponde.

No es, pues, extraño que *Guglielmini*, uno de los hidráulicos Italianos que mas se handistinguido por sus escritos y observaciones, emitiese ideas tan equivocadas como las que aparecen en su obra de la *medida de las aguas corrientes*, publicada en 1628, ni que mas adelante, cuando ya habia advertido parte de esas falsas ideas, aún dejase subsistir algunas en el tratado de la *naturaleza de los rios*, de 1697; tratado en que ya se hace cargo de las resistencias del perimetro mojado, haciendo estensas consideraciones acerca de los fenómenos á que dan lugar; pero persistiendo en el error de que las velocidades de las moléculas inferiores se aumentan con la presión de las superiores hasta la superficie.

La creacion de la Academia de Ciencias de París, debida á Colbert, influyó poderosamente en el adelanto de la hidráulica, por los esfuerzos de los que en ella se dedicaron á este estudio y á su práctica; y el primero que sentó un principio exacto acerca de la resistencia ocasionada por las paredes de un conducto fué el Académico *Pitot*, que algo mas tarde, en 1732, inventó el tubo que lleva su nombre, y de que tanto partido ha sabido sacar Darcy en estos últimos años para sus notabilísimos estudios sobre el movimiento del agua en las cañerías. La conduccion de aguas de Versalles fué ocasion de interesantes observaciones, que hubieran hecho encontrar notables resultados, á no ser por la multitud de causas de anomalías que encerraba el sistema de distribucion. *Bossut*

contribuyó no poco á introducir el gusto del estudio experimental en las cuestiones hidráulicas con su tratado de Hidrodinámica, y con sus experimentos sobre el movimiento y sobre la resistencia. Las mas concluyentes de sus observaciones, y las que envuelven menos causas de error, son las relativas al movimiento por tubos; de ellas resulta el principio de que hay siempre una pendiente en la que, dada una velocidad inicial, se establece el equilibrio entre las fuerzas aceleratrices de la gravedad y las retardatrices producidas por la resistencia de las paredes.

Sin embargo, la primera fórmula del movimiento del agua en los canales, basada sobre la hipótesis de que la resistencia de las paredes es proporcional al cuadrado de las velocidades, al perímetro y á la longitud, se debe al inspector general de puentes y calzadas, y Director de la Escuela del mismo cuerpo, *Chezy*, que la hizo conocer en 1775. Poco despues *Dubuat* contribuyó de una manera notabilísima, con sus trabajos experimentales y teóricos al adelanto de la ciencia, y puede decirse que fundó la hidráulica de los Ingenieros con el tratado publicado en 1786; tratado que, cualesquiera que hayan sido los adelantos posteriores, siempre será consultado con fruto. De las muchas consecuencias que dedujo, solo mencionaremos una exclusivamente suya, que ha sido confirmada sin dejar lugar á la duda con los recientes experimentos de *Darcy*, y estaba en contradiccion con las ideas de la mayor parte de los físicos de aquella época, á saber, que la resistencia en las paredes es enteramente independiente de la presión. Pero estaba reservado al esquisito tacto experimental de *Coulomb*, unido á sus vastos conocimientos, probar por el raciocinio y por los hechos, que en los movimientos lentos se satisface á los fenómenos que se presentan, igualando la resistencia á una funcion entera y racional de la velocidad com-

puesta de dos términos, de los cuales uno es proporcional á esa velocidad y el otro á su cuadrado.

Omitiremos mencionar otros trabajos experimentales, y algunos que tenian por objeto deducir consecuencias un tanto generales, adoptando como exactos é incontrovertibles cierto número de resultados de la esperiencia, que luego se introducian en fórmulas mas ó menos bien establecidas, para llegar á una época notable en los anales de la hidráulica, á causa de los trabajos de *Prony*. Las *investigaciones fisico-matemáticas* de este distinguido Ingeniero relativas al movimiento de las aguas corrientes, publicadas en 1804, causaron honda impresion en todos los que se ocupaban de estos estudios. En esa obra hace *Prony* una esposicion completa de las fórmulas analíticas que encierran la solucion general del movimiento de los fluidos; pone de manifiesto el error en que incurrieron los geómetras que se habian ocupado de esta cuestion, prescindiendo de la consideracion de las resistencias que se originan en el movimiento, y llega á su vez á establecer una fórmula cuyos términos contienen coeficientes que hay que determinar prácticamente. Para obtener esta determinacion elije y clasifica los mejores experimentos de *Bossut*, *Couplet* y *Dubuat*, y en vez de deducir valores aislados por cálculos parciales, opera sobre su conjunto, corrigiendo las anomalías, sirviéndose para ello de dos métodos que habia enseñado y empleado *Laplace* en su *Mecánica celeste* con motivo de la figura de la tierra, y simplificando notablemente su uso por medio de construcciones gráficas. Pocos años despues *Eytelwein*, siguiendo el camino trazado por *Prony* y pudiendo disponer de un considerable número de datos exactos, quiso tambien determinar los coeficientes de esa fórmula, y halló valores algo diferentes. Mas esos trabajos, juntamente con otros, fueron tenidos en cuenta y discutidos por *Prony*,

en la obra que publicó en 1825, con una coleccion de tablas para facilitar los cálculos relativos al movimiento del agua, apoyándose en 167 esperimentos, elejidos entre los mejores que se conocian.

Al mismo tiempo que se buscaban con afan las leyes que rigen el movimiento de las aguas corrientes, no era menor el deseo de encontrar las de la resistencia de los fluidos por causa de los obstáculos que encuentran en su camino, y vice-versa. No intentaremos tan solo indicar esos ensayos mas ó menos felices, por no molestar demasiado la atencion de los que tienen la bondad de escucharnos; baste decir que Prony tambien se ocupó de esta cuestion en su *Nueva Arquitectura hidráulica*, mas no encontraba nada mejor que adoptar que la teoría de nuestro célebre *D. Jorge Juan*, juntamente con los esperimentos del mismo que la confirmaban, igualmente que los efectuados en Inglaterra por *Smeaton* y en Francia por *Bordá*; y en tanto grado se conformaba con esa teoría y esos resultados, que casi no hacia mas que copiarla, al mismo tiempo que criticaba la que se le oponia, apoyada tambien en el resultado de esperimentos ejecutados por sabios tan autorizados como *Bossut*, *D'Alembert* y *Condorcet*. ¡Notable contradiccion, atendidas las circunstancias y los hombres que mediaban en ella, y bastante para demostrar la dificultad de la cuestion!

Aunque en breves palabras, creo de mi deber en esta ocasion rendir un homenaje á la memoria del célebre sabio y gran marino que honra á nuestra patria, con tanta mas razon que, si bien muy estimado su *Exámen marítimo* y traducido á varios idiomas, apenas vemos aparecer su nombre cuando se relatan los trabajos que tienen relacion con la materia de que nos ocupamos, y algun moderno y distinguido marino, si bien la cita, es casi con desden. Concretándonos al objeto de que

ahora discurrimos, es preciso convenir en que él fué el primero que hizo conocer en aquella notable obra, publicada en 1771, la influencia que tiene la profundidad del cuerpo sumergido en la resistencia al movimiento, haciendo ver con sus esperimentos que aumentaba con la profundidad. Y si la relacion que dedujo de sus ensayos no era exacta, baste decir que los ejecutados con mucha posterioridad en Inglaterra por *Bofoy*, al paso que confirman el aumento de resistencia con la profundidad, tampoco han servido para deducir con seguridad la ley de tal aumento, por mas que fuesen muchos en número y efectuados con recursos que no tuvo á su disposicion Don Jorge Juan. El fué uno de los primeros que hicieron conocer la influencia de la desnivelacion en la resistencia al movimiento de los cuerpos flotantes; ó cuando menos, bien puede decirse que la hizo conocer simultáneamente con Bossut D'Alambert y Condorcet. Fué el primero en hacer ver que la resistencia al movimiento de los buques se componia de varios términos, de los cuales uno, proporcional á la simple velocidad, podria omitirse cuando esta fuese grande, pero no así en el caso contrario. Y el primero tambien en manifestar que debia introducirse otro término proporcional á la cuarta potencia de esa velocidad, dependiente casi esclusivamente de la desnivelacion. En una palabra, fué el primero en hacer patentes casi todas las circunstancias que influyen en la resistencia al movimiento de los cuerpos flotantes, y especialmente al de los buques; dando pruebas de una gran perspicuidad en la manera de apreciar la influencia de cada una de ellas. Esto solo bastaria para poner en relieve, si fuese necesario, su gran talento y sus grandes conocimientos teórico-prácticos, y mas cuando se considera que, á pesar de los esfuerzos posteriores, y no obstante los maravillosos progresos hechos en la Arquitectura Naval y en el empleo de las máquinas, aún espera su solucion

el importante problema de la resistencia de las carenas; y que, como dice *Bourgois* en la obra, digna de atención, que á fines de 1857 publicó, con el objeto esclusivo de discutir este asunto, *tan interesante cuestion para el Ingeniero y para el marino no ha salido del dominio de la controversia.*

Volviendo á los trabajos de Prony, diremos que la incontestable habilidad de los esperimentos que habian proporcionado datos para sus fórmulas y la autoridad de su nombre las habian hecho clásicas, por decirlo así, en términos de que pareciendo agotada la cuestion, se adoptaron con plena confianza por todos los Ingenieros. No transcurrieron sin embargo muchos años cuando ya *D'Aubuisson* hacia notar la considerable diferencia que la esperiencia le habia hecho encontrar en el gasto por cañerías, respecto del resultado que deberia obtenerse por las fórmulas. Además, no estaban estas apropiadas mas que para el movimiento uniforme, del cual se separan las aguas corrientes en la mayor parte de los casos. En cuanto á la teoría del choque y resistencia, basta recorrer la esposicion que el mismo Prony presenta del estado de la cuestion, para echar de ver la vacilacion é incertidumbre que existia en su tiempo acerca de ella.

Grandes han sido los esfuerzos de los sabios y prácticos que posteriormente han venido, para conseguir resultados positivos y seguros en las aplicaciones, y para obtener fórmulas que condujesen con suficiente aproximacion á ellos. Los estudios casi simultáneos de *Belanger* y de *Poncelet* relativos al *movimiento permanente*, y los algo posteriores de *S'Guilhem*, *Vauthier* y *Coriolis*, permitieron ocuparse de varios problemas interesantes relativos al movimiento permanente de las aguas. *Navier*, introduciendo la consideracion de las fuerzas de adherencia, y posteriormente *Sonnet* y *Dupuit*, este último especialmente en su notabilísima obra sobre el *movimiento de*

*las aguas corrientes*, distinguiendo entre las fuerzas de adherencia con las paredes y de cohesión de unas moléculas con otras, han arrojado vivísima luz sobre las cuestiones hidráulicas. *Darcy* con su admirable trabajo sobre el movimiento del agua por cañerías; *Boileau* con el no menos importante *sobre las aguas corrientes y su medida*; *Piobert*, *Didion*, *Duchemin* y otros muchos con sus teorías y experimentos sobre la resistencia de los fluidos, han hecho avanzar considerablemente nuestros conocimientos. Los trabajos de estos últimos años son tantos, tan distinta su índole, y tan considerable el número de los que con sus escritos y experimentos han tratado en todos los países de ilustrar las materias que hemos indicado, que sería imposible reasumirlos tan solo. Pero reconociendo los progresos conseguidos, no por eso deja de ser cierto que un denso velo cubre aún la completa solución de gran parte de los problemas hidráulicos, y que la práctica se ve reducida á contentarse no pocas veces con meras aproximaciones, quedando espuestas en algunas á decepciones de funestas consecuencias.

Si ha de calcular la resistencia del agua, sea que vaya al encuentro de cuerpos sumergidos en ella, sea que estando en reposo estos se muevan, dato cuyo conocimiento es de la mayor importancia para la solución de una multitud de problemas, y entre ellos para todos los que se refieren á la navegación marítima y fluvial, ya hemos visto asegurar á uno de los marinos que mas han estudiado la cuestión en estos últimos tiempos, tanto bajo el punto de vista experimental como teórico, que no ha salido del dominio de la controversia. Y tanto es así, que ni aun se puede afirmar si es distinta en el caso de que el cuerpo se mueva en un líquido en reposo de la que resulta en el caso contrario; si bien algunos experimentos mas recientes que los de *Dubuat*, particularmente

los de Duchemin, parecen indicar que es menor en el primero.

Si la misma série de investigaciones se estiende al caso de ser el aire el que produzca la resistencia, no son mucho mas ventajosos los resultados que se obtienen; ni las teorías convienen exactamente con la práctica, ni los esperimentos, aunque muy numerosos, reúnen las condiciones necesarias para poder establecer aquella con seguridad. Así vemos á *Pambour*, no contento con aprovechar todo lo que se conocia en su tiempo acerca de esta resistencia, con el objeto de determinar la que se oponia al movimiento de los trenes en los ferro-carriles, hacer nuevos ensayos, y despues de emplear todas las precauciones que un buen criterio le dictaba, deducir una cierta resistencia absoluta. Pero tambien vemos que los esperimentos hechos por *Lardner* en Inglaterra, y discutidos luego por *Frimot*, la hacen inadmisibile, sin que las determinaciones posteriores puedan tampoco considerarse como convenientes.

Si abandonando este camino acudimos para calcular esa resistencia á los innumerables trabajos teórico-esperimentales que proporciona la Balística, observamos que *Didion*, en su notable discusion de 1859, acerca de las leyes de la resistencia que presenta el aire al movimiento de los proyectiles, propone una fórmula en que la espresion de la resistencia se compone de dos términos, proporcionales uno al cuadrado y otro al cubo de la velocidad. Para la deduccion de esta fórmula y sus coeficientes tuvo presentes, entre otros, los esperimentos de Metz de 1839 y 40; pero *Saint-Robert* con posterioridad á este trabajo, y fundándose en los mismos esperimentos de Metz, establece otra fórmula, en la que entran el cuadrado y la cuarta potencia de la velocidad con otros coeficientes distintos. Y mas recientemente aún el Coronel de la Artillería rusa *Mayefki*, teniendo presentes los trabajos anteriores, pero muy especialmente los



ejecutados bajo su direccion por una Comision nombrada al efecto , y empleando aparatos eléctricos para recojer algunos de los datos esenciales de la cuestion , ha establecido otra fórmula, que tambien contiene la cuarta potencia de la velocidad; pero que comprobada con los resultados de la esperiencia, da valores mucho mas aproximados que la de Didion, que se consideraba como la mas satisfactoria. Todo lo cual hace inferir, que aún hay que meditar y observar mucho para resolver completamente el problema.

La teoría de la resistencia y del movimiento de los fluidos aeriformes por cañerías, está tambien lejos de haber llegado á su perfeccion; y bastarian para probarlo los resultados obtenidos en el magnífico ensayo del monte Cenis; despues de tantos vaticinios funestos como se formaban acerca de la fuerza trasmitida por el aire en largas tuberías, fundándose en las fórmulas generalmente usadas y en esperimentos mal interpretados, ó á cuyas consecuencias se trataba de dar una generalidad que no tenian. Por otra parte, el notable estudio de Darcy sobre el movimiento del agua en largos conductos, y la analogía que se ha visto existir entre los fenómenos que presentan los líquidos y los gases en sus movimientos, en términos de poderse en ocasiones deducir las leyes de los unos de las de los otros, induce á creer que ciertos resultados que Darcy ha encontrado, deberian tener aplicacion en este caso.

Las concienzudas investigaciones de este distinguido Ingeniero han introducido inmensas mejoras en la teoría del movimiento por cañerías, en términos que despues de la que se refiere á la salida por orificios, puede considerarse como una de las mas perfectas, y bajo el punto de vista práctico, capaz de dar resultados sumamente satisfactorios y aproximados á la exactitud. Mas bajo el punto de vista de la ciencia aún deja que

desear; y prescindiendo de otras observaciones que pudiéramos hacer, bastaría fijarse en una de las leyes experimentales mas importantes entre las que establece, relacionada con las resistencias debidas á la viscosidad del líquido. Efectivamente, además de estar en contradicción con todas las ideas emitidas por Navier, Sonnet y Dupuit, acerca de la ley que debe seguir esta resistencia; además de que no hay medio de darse cuenta de ella, en términos de que el mismo Darcy confiesa que no puede explicarla, todo induce á creer que en la expresion de esta resistencia está embebida otra, dependiente de las oscilaciones y movimientos orbiculares de las moléculas del fluido que corre por la cañería, y que para poderla medir independientemente, y conocer su relacion con los diámetros de las mismas, exige aún multiplicados y muy delicados experimentos.

La bien entendida discusion hecha por Boileau acerca de la *medida de las aguas corrientes*, examinando el resultado de sus experimentos y el de los ejecutados por otros observadores, ha demostrado que para darse cuenta del caudal de una corriente, no es posible emplear con seguridad ninguna de las fórmulas que generalmente suelen servir para este objeto; y que si se quiere una medida exacta es preciso dividir la corriente, segun su anchura, en varias partes, tomar en la vertical correspondiente á cada una de ellas, diversas velocidades, y entonces valerse de una fórmula propia para deducir la media entre todas estas. Aun así será necesario emplear el instrumento hidrométrico que se considere mas exacto, y que además esté bien comprobado, si se quieren evitar errores de consideracion.

Cuando la corriente es tal que permite emplear para la medida de su caudal vertederos, parece que podria haber seguridad en el resultado. Y efectivamente, hay medios de apro-

ximarse á la verdad, y evitar errores de tanto bulto como los que pueden originarse y se originan en el anterior; pero de esto á una medicion que sea completamente satisfactoria hay mucha distancia. Así vemos Ingenieros de gran mérito, desechan como poco exactas las últimas fórmulas propuestas por Boileau, no obstante los delicados esperimentos en que las funda, al paso que otros las adoptan. Y así vemos que uno de los que muy recientemente se han ocupado de este asunto interesantísimo para el establecimiento de los artefactos hidráulicos, despues de examinar y discutir los trabajos mas importantes relativos á esa cuestion, y entre ellos los de Castel, Poncelet, Lesbros y Boileau, despues de hacer resaltar las causas de error que pueden haberse encontrado en los esperimentos de estos autorizados hombres, despues finalmente de procurar la conciliacion de sus diferentes fórmulas, y establecer una sencilla y de suficiente aproximacion en la práctica, concluye diciendo: *Que no puede menos de espresar su sentimiento de que en la época actual esté tan poco adelantada la hidráulica práctica, y particularmente que las leyes del gasto de agua por vertederos sean tan poco conocidas.*

Del mismo modo podíamos ir indicando otro sinnúmero de cuestiones en que la incertidumbre es mucho mayor. ¿Quién ignora la ardiente polémica y los numerosos escritos á que han dado origen los grandes desastres ocasionados en Francia por los desbordamientos de 1846 y 1856, y las distintas opiniones que sobre los medios de aminorar estos males se han emitido? Una de las consecuencias de esa polémica fué que llegase un momento en que casi estuvo de moda anatematizar los diques longitudinales, y por el contrario ensalzar las transversales. Y sin embargo, hace poco Dupuit, cuya autoridad en hidráulica es grande, procura demostrar con razones de gran fuerza que el único medio eficaz contra esos de-

sastres son los diques longitudinales, y que gran parte de las que servian de apoyo á los defensores de los diques transversales estribaban en un error fundamental, cometido por el primero que sostuvo esa doctrina; viniendo á reforzar esa opinion el distinguido Ingeniero *Comoy* con sus recientes estudios sobre los diques longitudinales.

Pero omitiremos continuar esta enumeracion, puesto que para conseguir el objeto que nos habíamos propuesto desde el principio de este discurso, basta lo manifestado; y creemos que de estos antecedentes resulta: que el conocimiento de las leyes que rijen la resistencia y el movimiento de los fluidos deja aún mucho que desear; que bajo el punto de vista de la práctica se han obtenido resultados bastante satisfactorios en muchos casos, y encontrado fórmulas mas ó menos empíricas, que usadas con criterio, dan una suficiente aproximacion; pero que en otros muchos el Ingeniero queda entregado á una especie de instinto, fundado en analogias mas ó menos acertadas, que á veces le ocasionan dolorosas decepciones. Que bajo el punto de vista científico es mucho lo que falta hacer, siendo casi imposible llegar à priori á una teoría completa y general, porque no conocemos la naturaleza íntima de los fluidos y las leyes que rijen sus acciones moleculares; que es por consiguiente necesario aproximarse á este conocimiento, valiéndose de multitud de observaciones y esperimentos delicados que cada vez proporcionan un nuevo dato y una nueva base, y que analizados, combinados, y vista su mútua dependencia, quizá conduzcan al fin deseado.

Tal vez con los materiales acumulados hasta el dia, examinados detenidamente, pudiera darse ya un gran paso; tal vez los trabajos de *Hagenbach* sobre la fuerza de adherencia, y los magníficos esperimentos de *Plateau* sobre el equilibrio de los líquidos sin peso, unidos al singular esperimento de la

rueda de Aston, haciendo marchar un buque con notable celeridad por solo la adherencia de un disco con el agua, sirvan para acabar de determinar las leyes de la cohesion y de la adherencia, que tanta influencia tienen en las del movimiento y resistencias de los fluidos.

Esperemos que este momento no se dilate, y entretanto esta Academia, compuesta de personas tan eminentes por sus conocimientos en los diferentes ramos del saber humano, no contribuirá poco al adelanto de la ciencia de que nos hemos ocupado, haciendo que se emprendan concienzudamente los estudios que en todas partes se siguen con afan, y consiguiendo que, como en tiempo de D. Jorge Juan, España no desmerezca en esta clase de trabajos. La ocasion no puede por otra parte ser mas propicia, pues en la época de progreso en que se encuentra la Nacion, con tantos trabajos hidráulicos emprendidos y los que han de emprenderse, dirigidos por personas muy competentes, nada mas facil que imprimir la marcha que debe seguirse en las observaciones, señalar los huecos que falta llenar, y fijar la serie de datos que deben recojerse. El Gobierno no podrá menos de oir los votos de estas eminencias del saber cuando reclamen sus auxilios para obtener resultados que han de reportar grandísimas ventajas á todos los servicios públicos. Por otra parte, las corporaciones facultativas y científicas que tienen aquí sus representantes, pueden contribuir y contribuyen á este fin con sus enseñanzas, y solo necesitan emprender con los recursos necesarios los esperimentos que mas se ligan con el servicio que les corresponde.

Ya la Junta de Estadística ha inaugurado una serie de trabajos hidrométricos que seguidos con constancia han de dar resultados de sumo interés. Las curvas de velocidades, que hemos tenido ocasion de examinar recogidas en muchos rios

de esta provincia en toda la anchura y por capas equidistantes del fondo, empleando diferentes instrumentos hidrométricos, forman en nuestro concepto un trabajo que no debía abandonarse, y que, por el contrario, debe procurarse perfeccionar cuanto sea posible. Ya dan mucha luz las citadas curvas acerca de la exactitud relativa de los diferentes aparatos hidrométricos, y dejan ver de un modo claro la variabilidad de las velocidades en una misma vertical, confirmando las indicaciones de Boileau y algunos otros experimentadores, de que no es la mayor en la superficie sino á una cierta distancia de esta.

Tales son los servicios que directa ó indirectamente pueden prestar á la ciencia, y al desarrollo de las mejoras materiales del país, los hombres eminentes que se han dignado asociarme á sus tareas. ¡Ojalá me fuera dado con mis débiles fuerzas auxiliarles en sus investigaciones, siquiera fuera en lontananza. = HE DICHO.

# CONTESTACION

AL

DISCURSO ANTERIOR

POR EL EXCMO. SR.

**DON LUCIO DEL VALLE,**

ACADEMICO DE NUMERO.

---

Señores:

**E**straño parecerá que la persona á quien en virtud de lo prescrito en el Reglamento se ha conferido el encargo de contestar al notable discurso que acabais de oír, sea, sin duda, la menos autorizada de las que componen la Academia, así por su poca antigüedad en ella, como por las escasas dotes que para verificarlo con acierto reune; y estas poderosas razones nos hubieran hecho declinar tan señalada honra, si á ello no se hubieran opuesto con fuerza irresistible los lazos de amistad y compañerismo que ha muchos años nos unen con el nuevo Académico, y la respetuosa deferencia que merecen cuantas disposiciones emanan de nuestro dignísimo Presidente. Muévenos, además, á tomar sobre nuestros débiles hombros tan superior tarea, la memoria del padre de nuestro nuevo colega, sagrada é imperecedera para todos los que nos hemos dedicado á una carrera que con tanta inteligencia llegó á crear aquel, y que con tanto acierto y perseverancia consiguió fomentar, aclimatar y enaltecer entre nosotros. El orden, el método, la severa disciplina que desde su origen en 1834 se observaron en la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, obra exclusiva fueron del Ilmo. Sr. Don



Juan Subercase, á cuyas acertadas disposiciones se debieron los sazoados frutos que desde su principio se obtuvieron de ella; y en tanto grado lo fueron, que aquel método, aquel rigor, aquella disciplina han servido de norma y de modelo á las demás escuelas especiales que despues se han establecido en nuestro pais. Dispénsenos la Academia esta ligera digresion; es el desahogo de un alma agradecida á la memoria del que fué su maestro y su amigo, renovada hoy con la circunstancia de haber de contestar en este solemne actó al discurso que acaba de leer el hijo de tan sabio como esclarecido varon.

La investigacion de las leyes que rigen el movimiento y la resistencia de los fluidos, los trabajos emprendidos desde los tiempos mas remotos hasta nuestros dias á fin de conocer dichas leyes y sacar de ellas importantísimas deducciones para las ciencias de aplicacion; las inmensas dificultades que para conseguirlo se encuentran, y las tinieblas y dudas que aún cubren y rodean estos estudios; tales son los puntos que han servido de tema al erudito discurso del Sr. Subercase. Con sagaz entendimiento, con el acertado criterio de un espíritu analítico, y con la competencia que da una larga práctica en la enseñanza de estas materias, ha sabido poner de relieve la historia razonada de las aplicaciones mas interesantes á esta parte de la Mecánica, manifestando las escasas tentativas hechas en la antigüedad para descubrir los verdaderos principios en que descansa tan útil ciencia; las mas numerosas y perfectas, pero incompletas aún, practicadas en los tiempos modernos; las dificultades que se oponen á alcanzar el grado de exactitud que fuera de desear; habiéndonos indicado, en fin, la diferencia que existe entre los varios ramos de los conocimientos humanos que, fundándose algunos en ciertas ideas abstractas del tiempo y del espacio, pueden adquirir todo el desarrollo de que son susceptibles á esfuerzos solo del talento y de la imaginacion

del hombre, pero que dependiendo otros de los datos de la esperiencia, no es facil obtengan nunca mas que una perfeccion relativa, ó sea un grado mayor ó menor de aproximacion á la exactitud ideal.

Empero si bien es cierto que no podrá llegarse á la perfeccion verdaderamente matemática en las ciencias de aplicacion como la hidráulica, todavía los resultados obtenidos con el estudio y la observacion, ayudados con los progresos de las demás ciencias accesorias, y con los delicados aparatos é instrumentos que suministran los adelantos de las artes de construccion en todos los ramos, y fundados en esperimentos repetidos y comprobados con sumo criterio é imparcial meditacion, son ya tan numerosos, que han permitido dirigir con acierto y dar feliz cima á las obras mas importantes de nuestros días.

No vamos á seguir al Sr. Subercase en la reseña que hace de las tentativas y trabajos que tuvieron por objeto investigar las leyes del movimiento y resistencia de los fluidos, partiendo de la obra *Insidentibus humido* del célebre Arquimedes, que es tal vez la mas antigua que se posee sobre la mecánica de los líquidos, por mas que no se ocupara sino del equilibrio de los mismos, ó por mejor decir, del de los cuerpos sumergidos en ellos: ni los trabajos de este distinguido geómetra pudieron hacer adelantar un paso á la ciencia del movimiento de los fluidos, que todavía estaba por crear; ni las ingeniosas máquinas inventadas por Heron de Alejandria y otros, tales como las bombas, sifones, relojes de agua, fuentes de compresion, etc., tienen nada que ver con los principios del movimiento de los fluidos; todas ellas se refieren á cuestiones de equilibrio, y las verdades de esta parte de la ciencia precedieron diez y ocho siglos á las del movimiento: mas aún, se establecieron de muy antiguo molinos de agua, que

exigieron naturalmente conducciones mas ó menos prolongadas; construyéronse acueductos, puentes y otras obras análogas sin conocer las leyes del movimiento de las aguas, sin que la hidráulica hubiera iluminado con la purísima luz de la ciencia las cuestiones de que se trataba, ni enseñado las condiciones que debieran satisfacerse para conseguir el acierto. Solo la casualidad, solo la vulgar esperiencia que, sin poner el hombre nada por su parte le presentaba la naturaleza en los rios y torrentes, fueron las únicas guias que por espacio de años y de siglos sirvieron de inseguro norte para dirigir tan importantes trabajos: asi se observa, en las colosales obras hidráulicas que nos dejaron los romanos en todos los puntos del globo á que estendieron su vasta dominacion, la prueba mas concluyente de su poderío y riqueza, pero tambien de sus no grandes conocimientos en la ciencia de los fluidos.

¡Pero qué mucho que esto aconteciera, dice muy acertadamente el Sr. Subercase, cuando todos los ramos del saber humano que pudieran ilustrar semejante género de estudios estaban tan atrasados, que ni aun podia emplearse en las nivelaciones un sistema capaz de hacer apreciar con la suficiente exactitud varias de las causas que influyen en el movimiento de las aguas! ¡Qué mucho, añadimos nosotros, que no se conocieran en la antigüedad las leyes de este movimiento, si no se tenia siquiera idea de la presion atmosférica, hasta que Galileo admiró al mundo demostrando que no era el *horror que la naturaleza tenia al vacío* lo que hacia subir el agua en las bombas, sino un efecto natural de la misma presion! Si tales eran y tan deleznales los fundamentos de la antigua fisica aun en las cuestiones de equilibrio, no debe estrañarse en manera alguna la completa ignorancia de los principios de la hidrodinámica, que necesitaban para ser descubiertos de mas observacion, de mas

delicados medios de observar, del concurso de otras ciencias todavía no creadas y del auxilio de las artes que tampoco podían prestársele con fruto á causa del atraso en que se encontraban. Fácil es por lo tanto asegurar que, despues de las poco exactas ideas sobre el movimiento de los fluidos que se tenian en Roma, y que se atribuyen á *Sexto Julio Frontino*, en la larga noche de mas de 12 siglos que sucedió en toda la Europa á la caída del Imperio Romano, no se dió un solo paso en este asunto, como tampoco se progresó en otras muchas cuestiones científicas de la mayor importancia.

Despues de los primeros ensayos de Torricelli sobre el movimiento del agua que sale por orificios pequeños, solo se encuentran esfuerzos aislados é incompletos acerca de tan importante punto, hasta que Daniel Bernouilli espuso por primera vez en 1783 una teoría general del equilibrio y movimiento de los fluidos, que si bien distaba mucho de la perfeccion, mejorada y completada con los trabajos teóricos y prácticos de Maclaurin, Euler, Lagrange, D. Jorge Juan, Bossut, Dubuat, Coulomb, Prony, Eytelwein, Poncelet y tantos otros hombres eminentes como han dedicado sus esfuerzos á esta clase de investigaciones, la ciencia del movimiento de los fluidos ha llegado á adquirir bajo el punto de vista teórico, y mas aún bajo el aspecto práctico, una estension, un desarrollo, una exactitud que estaba lejos de poderse siquiera sospechar en tiempo de Galileo, y que si, como dice muy acertadamente el autor del discurso á que tenemos la honra de contestar, el conocimiento riguroso de las leyes hidrodinámicas deja mucho que desear todavía, los resultados modernamente conseguidos en la práctica son tan grandiosos y tan relativamente perfectos, que no tienen comparacion con los obtenidos en otras épocas en análogas circunstancias; en

prueba de lo cual nos permitiremos llamar vuestra ilustrada consideracion sobre algunas de las muchas cuestiones que hacen resaltar notablemente aquella diferencia.

No pueden menos de remontarse á la mayor antigüedad los trabajos relativos á la conduccion de las aguas, puesto que las necesidades de la agricultura, por atrasada que estuviese, las de la industria, por rudos que fueran sus primeros productos, y sobre todo las de la seguridad y la misma subsistencia de los hombres, los hacian indispensables. Prescindiendo de las citas históricas que nos dan diferentes autores de haber sido conocidos los riegos entre los pueblos primitivos que fijaron su residencia en el norte de Africa y en el mediodía de Europa y de Asia, son muchos los vestigios que manifiestan que, efectivamente, desde los tiempos antiguos se vieron obligados los hombres á evitar por medio del agua los perniciosos efectos ocasionados por los climas secos y cálidos en la produccion de las tierras; pero en aquellas épocas remotas en que no se tenia idea alguna de los principios que rigen el movimiento de los líquidos, y en las que se carecia además de los elementos necesarios para determinar con acierto los datos precisos para la resolucion de estas cuestiones, ¿qué marcha podia adoptarse, ni qué reglas seguirse para llevar á cabo las obras de conduccion; de aguas? Ya lo hemos indicado antes; las que aparentemente seguia la misma naturaleza, las que suministraban las observaciones de la mas vulgar esperiencia. Cuando se consideraban las acequias como rios de menor consideracion, no es de estrañar se contentaran con obtener en aquellas lo que en estos se advertia, á saber, el movimiento del agua. Cuando la esperiencia solo hacia ver que corria esta por la superficie de la tierra buscando los parajes mas bajos y formándose así sus cauces naturales, no debe chocar que

al abrir los artificiales procediese el hombre con tal inseguridad, y se aconsejase y se diera por precepto invariable el de empezar los trabajos por el extremo ó cabecera superior, por el origen mismo de la toma del agua, para que en su curso manifestara esta las excavaciones y demás obras que habian de practicarse. Cuando mas tarde se poseyeron algunos instrumentos de nivelacion, pero tan poco precisos y delicados como el nivel de albañil y el de agua, no debe tampoco causar estrañeza que para asegurar el resultado, para obviar las muchas causas de error que inevitablemente ofrecian, se dieran pendientes exageradas á las conducciones; y asi y todo podrian citarse ejemplos de canales emprendidos y abandonados en seguida por no haber sido capaces de que corrieran por ellos las aguas. Cuando, como sucedia hasta mediados del siglo pasado, se consideraba que la velocidad de las diferentes particulas de una masa líquida en movimiento iba creciendo desde la superficie hasta el fondo en una misma vertical, nadie se admirará de que se ignorase la velocidad mas conveniente, y la forma y dimensiones que habria de afectar como mas apropiadas un canal determinado.

Dada esta falta de conocimientos no cabia exigir otra cosa en las antiguas obras hidráulicas de conduccion, y eran consiguientes los defectos de que adolecian, el enorme coste que originaban, y el pequeño resultado que producian en proporcion á los inmensos sacrificios que tenian que hacerse para llevarlas á cabo. ¿Será preciso presentar ejemplos que atestigüen esta verdad? No lo creemos ciertamente necesario dirigiéndonos á la ilustrada corporacion y al distinguido concurso que nos escucha; muchos pudieran citarse en los diversos paises, algunos sin salir tambien del nuestro. Sabido es que en no pocas de las acequias y canales antiguos de las provincias meridionales de España, construidos casi exclusivamente

para el uso de la agricultura, se han concedido modernamente unos tras otros diversos establecimientos industriales. ¿Y qué prueba esto sino que aquel canal, aquella acequia, aquella conduccion de aguas hecha solo con un objeto determinado, no llenaba tan satisfactoriamente como debia exijirse el referido objeto? Si se pueden establecer y se han planteado en efecto muchos de esos artefactos, es porque en la primitiva conduccion se habia desperdiciado caida, perjudicando tal vez á la conservacion del mismo canal, y dejando sin riego terrenos que, con mas inteligencia en el primitivo proyecto, pudieran haber disfrutado de este reconocido beneficio.

Ahora bien, ¿qué comparacion tienen esas antiguas obras de canalizacion con las que de la misma clase vienen ejecutándose en la actualidad? Los interesantes estudios teóricos y prácticos que indica el Sr. Subercase en su discurso, y especialmente los de los célebres Coulomb, Prony y Eytelwein, han hecho conocer, siquiera sea aproximadamente, las leyes del movimiento de los fluidos por cauces naturales y artificiales; la resistencia debida al contacto del líquido por estos mismos cauces, atendida su forma, dimensiones y pendiente, el efecto de la velocidad en la degradacion de las paredes y solera variable naturalmente segun su disposicion y los materiales de que estén fabricados: así es que agregando á las condiciones que de este conocimiento resultan las propiedades que deben poseer las aguas con arreglo al uso á que se destinan, puedense fijar el área de la seccion transversal, la forma y dimensiones del perímetro mojado, y la inclinacion mas conveniente en cada caso particular; y en tales términos que solo de aquel modo se obtendrá la mínima cantidad de obras de tierra y de fábrica, solo con aquella pendiente tendrán las aguas la prudente velocidad que necesitan, y solo mediante

aquellas condiciones alcanzarán las obras la solidez indispensable con el menor gasto posible.

En los canales que ahora se construyen para el uso esclusivo de la agricultura y de la navegacion, no cabe el establecer molinos ú otros artefactos , como se ha verificado en los antiguos, porque esto indica un esceso de velocidad, una pérdida de altura en detrimento del buen servicio y del mayor aprovechamiento de las aguas : si ese escesivo desnivel existe, tambien se utiliza en las acequias modernas, pero con inteligencia suma, disponiendo los saltos de agua allí donde las circunstancias del terreno los hagan indispensables, ó donde el consumo ó la abundancia de las primeras materias les den un gran valor como fuerzas motrices; pero el resto del canal , ó sea su trayecto general , va siempre en tramos de muy corta inclinacion para lograr con mas ventajas los importantes fines á que se destina.

Tan beneficiosos resultados no podian de seguro obtenerse en las antiguas conducciones de agua, aun en el supuesto de que se conocieran entonces las causas que en ellos influian y se hubieran rectificado las ideas inexactas que hasta los hombres mas distinguidos abrigaban sobre tales materias, porque era preciso reunir á los conocimientos científicos los adelantos de las artes mecánicas, para apreciar bien los varios datos prácticos que entran en la resolucion de las diferentes cuestiones de hidráulica: así, por ejemplo, el principio de la conduccion es harto facil de comprender, pero no puede practicarse debidamente si no se poseen los instrumentos adecuados al efecto, y cuando los niveles que se empleaban eran tan groseros, y las miras para determinar las alturas tan inseguras, y las medidas para las distancias tan inexactas, claro es que no podia aspirarse ni pensarse siquiera en el grado de precision á que permite llegar en la actualidad la esmerada



fabricacion de nuestros niveles de aire, de nuestras miras parlantes, y de todos los mecanismos modernos que sirven para medir las longitudes.

Conocidos eran de nuestros antecesores los sifones invertidos, pero ignorando las leyes que rijen en el movimiento del agua por tales conductos, y faltos de los que con tan excelentes condiciones suministra ahora la adelantada fabricacion del hierro, ni establecian aquellos sino raras veces, ni lo verificaban sin sacrificar una parte considerable de la carga, por no esponerse á que quedaran inservibles para el paso del agua.

Hoy, que por una parte el palastro y la fundicion proporcionan tubos casi del diámetro que se quiera; hoy, que es facil determinar la resistencia de estos mismos tubos por medio de la prensa hidráulica; y hoy, por último, que el estado de la ciencia permite apreciar, como dejamos manifestado, si no de una manera matemáticamente exacta, con sobrada aproximacion para los resultados prácticos, la pérdida de velocidad y de altura que experimenta el agua en las cañerías segun su diámetro, su longitud desarrollada y los ángulos que formen los diferentes elementos de que se compongan, pueden facilmente establecerse los sifones siempre que la economía ó el buen servicio lo aconseje.

Antes de ahora hacíanse tambien distribuciones de agua en las poblaciones; pero careciendo de los conocimientos necesarios para resolver esta cuestion, de suyo muy compleja, no podia serlo sino dejándose guiar por una práctica tan incompleta como poco segura, dando margen á multitud de errores inevitables. En la actualidad, volvemos á repetirlo, los adelantos hechos en la hidráulica permiten establecer una acertada red de distribucion, determinando con suficiente exactitud las secciones, alturas y demás, segun sean las ne-

cesidades que haya que satisfacer, el caudal de agua disponible, los desniveles de la localidad, etc., etc.

Agreguemos á estas consideraciones la idea mas exacta que ahora se tiene de la medida de las aguas corrientes, primer elemento de los que funcionan en todas las cuestiones que se refieren á las mismas. Cuando el aforo se hacia, como aún desgraciadamente se verifica en la mayor parte de los casos ordinarios, por *muelas*, por *plumas*, por *tejas*, por *reales*, cuyas dimensiones y circunstancias estaban fijadas con vaguedad é inexactitud, y eran á veces del todo indeterminadas, no era dable adquirir con seguridad el conocimiento de la masa de agua de que se trataba, ni adoptar por lo tanto los medios y las disposiciones convenientes para conducirla de un paraje á otro, ya fuese con objeto de elevarla á cierta altura, ya con el de practicar una distribucion cualquiera. Aún se carece de un *módulo* legal para el aforo de las aguas corrientes, falta que ciertamente es bien de sentir, y que sería muy de desear desapareciera, fijándose en el Código de aguas, que acaso no esté lejos de publicarse, el valor legal del *módulo*, no sin tener presentes, para evitarlos, los defectos que se reconocen en el milanés y los demás de Italia, y sobre todo en el marco de Madrid: mas á pesar de que no se posea todavía tan útil tipo, se tiene al menos un conocimiento bastante exacto de las circunstancias todas que deben tenerse en cuenta al verificar las mediciones de las aguas; y haciendo uso de las fórmulas apropiadas á los diversos casos, y de las correcciones que una práctica ilustrada y un análisis concienzudo de numerosos esperimentos, han dado á conocer que deben introducirse en ellas, determinando la fórmula y dimensiones de los orificios en unos casos y de las secciones en otros, la altura de carga en los primeros y la velocidad en los segundos, y expresando en todos el volumen de agua que sale ó pasa cada

unidad de tiempo, se tendrá un conocimiento suficientemente exacto de la masa de agua de que se trate, sea como volumen, sea como fuerza motriz.

Y ya que de fuerza motriz hablamos, no podemos dejar de decir dos palabras sobre una de las aplicaciones mas interesantes del movimiento de las aguas; las máquinas hidráulicas y las bombas.

Respecto á las primeras, en que el agua obra como una fuerza que utiliza en alto grado la industria, es bien sabido que apenas se conocieron hasta no hace muchos años mas que las ruedas horizontales de cubillo y de canal abierta, las verticales de paletas planas recibiendo el agua por la parte inferior, algunas de cajones y varias otras de escasísimo uso, pero tan mal dispuestas en su mayor parte, tan imperfectamente construidas no solo por el atraso de las artes sino por las erradas condiciones á que se queria satisfacer, que apenas se aprovechaba el 20 ó 25 por 100 del trabajo disponible del motor, y no se tenian medios adecuados para adaptar convenientemente aquellos mecanismos á las diversas circunstancias en que este motor podia encontrarse.

¡Cuán diferente es, Señores, lo que en el dia se verifica sobre este particular! Ante todas cosas en la actualidad el principio de las fuerzas vivas, en virtud de los adelantos de la ciencia, sirve para hacernos apreciar la potencia disponible del motor, la que se trasmite al receptor, la que se pierde por las resistencias pasivas, y la que en definitiva se aprovecha en el trabajo útil á que la máquina se halla destinada.

De este estudio, y del exámen de las diversas condiciones que hay que satisfacer, se derivan naturalmente las que debe tener el receptor de que se trate, se determinan la forma y dimensiones de sus distintos elementos, se fija su velocidad, se sabe si esta puede variar sin grave perjuicio de la cantidad

de trabajo aprovechado, se deduce que para circunstancias diferentes deben serlo tambien los receptores que se empleen, y se encuentran, en fin, cuáles de estos son los mas acomodados, segun se disponga de un gran volumen de agua y poco salto, ó de mucho salto y poco volumen, ó de alturas y volúmenes regulares; para cuando se tiene precision de que el receptor camine con poca ó con mucha velocidad, para cuando se ha de producir un movimiento de rotacion, ó se necesita que sea rectilíneo alternativo. De este modo, y segun los casos se construyen las ruedas de cajones, recibiendo el agua por el vértice, ó las de costado con paletas ó cajones, tomándola por en medio, ó las de Poncelet con paletas curvas, en que el agua actua por debajo, ó bien se establecen las turbinas de Fourneyron, de Cadiat, de Fontaine, de Jonval-Koechlin, de Girard, las máquinas de columnas de agua de Reichembach y de Juncker, ú otro cualquiera de los muchos receptores hidráulicos que ahora se poseen, y en los cuales, merced á los progresos científicos y artísticos, el efecto útil, limitado en las máquinas antiguas á un 20, á un 10, y á veces á solo un 5 por 100, se ve subir hoy á 50, 60, 70 y aún al 85 por 100. Tales son los brillantes resultados obtenidos del mayor conocimiento que en nuestra época se tiene de estas materias, por mas que no se haya alcanzado todavía la apetecible perfeccion matemática.

Y ya hemos indicado antes que lo propio se observa en los aparatos destinados á la elevacion de las aguas. Desde las limitadas bombas de que se hacia uso cuando aún se ignoraban sus principios fundamentales, desde la rosca de Arquímedes, que no deja de ser una máquina importante para ciertos trabajos, desde los rosarios, azuañ y norias antiguas, de tan escasos resultados casi siempre, á los variados y poderosos aparatos empleados en la actualidad, hay una distancia inmen-

sa. La enorme masa de agua que levanta á poca altura la bomba de Appold, la altura de 230 metros á que la elevan las máquinas de Funcker en Bretaña, y la de 356 metros á que la suben las de Reichembach en Baviera; las ingeniosas bombas de todos géneros y para todos usos que hoy se fabrican, así como los arietes y otras diversas máquinas hidráulicas, desconocidas completamente de los antiguos, llevan una superioridad muy marcada á las de que ellos se servían, siendo esto debido al mas exacto conocimiento de las leyes hidrodinámicas, al desarrollo y perfeccion de las artes mecánicas, y al empleo de materiales adecuados de que carecian por completo nuestros antecesores.

Si tan ventajosos resultados para satisfacer las necesidades del hombre se han obtenido por la determinacion bastante aproximada de las leyes á que se halla sujeto el movimiento de los fluidos, cuando estos se refieren á los que se caracterizan con el nombre de incompresibles, mayores son aún, y mas palpables y mas sorprendentes, los beneficiosos resultados conseguidos de los fluidos elásticos. ¡Qué diferencia, desde la época en que los filósofos miraban el aire como un sér incorpóreo, y le designaban con los nombres de eter, espíritu, soplo, vida, y los tiempos presentes en que así su naturaleza como sus diferentes propiedades nos son perfectamente conocidas! Aquel aire, aquel soplo, aquellos vapores, pues todos los asimilaban al aire atmosférico, se han convertido en el motor mas poderoso puesto á la disposicion del hombre, y se han trasformado en una especie de palanca universal para vencer todas las dificultades, para ejecutar todos los trabajos, para satisfacer todas las necesidades de fuerza que pueda aquel experimentar.

No es nuestro intento referir aqui las escelencias del vapor, y de los demás motores que, como el aire caliente, el

gas del alumbrado y otros, tienden á sustituir aquel, buscando la economía de gastos; tampoco es nuestro objeto hablar del principal papel que desempeña el vapor en los diferentes ramos de la industria moderna, así en las poderosas máquinas en que produce acumulada una fuerza colosal, único motor de vastos y complicados mecanismos, como en aquellas en que, distribuido á cada herramienta ó aparato, funciona bajo la inteligente direccion del obrero, reemplazando de un modo directo la accion mecánica de su mano, con notable aumento de fuerza y asombrosa uniformidad. Voz mas autorizada que la nuestra ha tratado ya en este mismo recinto de un asunto digno de preocupar la imaginacion; bien y harto sabidas son además las numerosas é importantes aplicaciones del vapor, para que las repitamos de nuevo al ilustrado concurso de cuya benevolencia estamos abusando.

Las leyes descubiertas por Mariotte y por Gay-Lussac sobre los volúmenes que ocupa una misma cantidad de gas sometida á distintas presiones y temperaturas, tienen una gran influencia en la resistencia y movimiento de los fluidos: y por mas que no sean rigurosamente exactas, ni las mismas para todos ellos; por mas que no sean aplicables á los vapores sino en determinadas circunstancias, todavía son dichas leyes del mayor interés, sirven de mucho en las aplicaciones, y han permitido establecer principios y deducir consecuencias capaces de poder apreciar el gasto de los orificios, la seccion de los conductos ó cañerías, la fuerza elástica disponible, y la cantidad de trabajo que es dable obtener. Mas aún, esperimentos modernos hechos con la mayor escrupulosidad y analizados con acertado criterio, han dado lugar á que el célebre Poncelet asiente, que los gases siguen en su movimiento á través de los orificios y de los tubos, entre límites muy estensos de presiones ó de longitudes de estos tubos, las mismas leyes que los

líquidos, ó como si fueran perfectamente incompresibles, así como que experimentan también iguales resistencias y pérdidas de fuerza viva que los últimos: resultados ambos que han podido servir de base á la teoría del movimiento de los fluidos de aquel ilustrado geómetra, y han permitido calcular con bastante aproximación las pérdidas de trabajo que experimenta el vapor en las máquinas de este nombre en su movimiento desde las calderas ó vasos donde se enjendra hasta los cilindros en que comunica su movimiento á los émbolos; las pérdidas al entrar en los tubos que le conducen desde la caldera, la que sufre en su paso por las diferentes válvulas, en su entrada en la caja de distribución, en las luces ó lumbreras que le llevan al cilindro, y al desembocar en este; las pérdidas que experimenta según la longitud de estos conductos, su diámetro, su relación con el del émbolo, la velocidad de este y los diversos recodos que aquellos afectan; y á causa de tan útiles conocimientos, fácil ha sido determinar para cada caso especial las formas, dimensiones y disposición más adecuadas de todas las diferentes partes que constituyen el ingenioso mecanismo de una máquina de vapor.

Más lejos pudiéramos llevar las observaciones que hemos empezado á apuntar, pero nos parece que lo espuesto basta para demostrar que, si bien no son conocidas aún las leyes que rigen la resistencia y movimiento de los fluidos en el alto grado y con la exactitud que sería de apetecer, como acertadamente manifiesta en su discurso el nuevo Académico, Sr. Subercase, no es menos cierto también que los descubrimientos que se han hecho en los tiempos modernos sobre esta materia, ayudados por los progresos de las artes, han permitido alcanzar resultados interesantísimos para la práctica en todas las máquinas, en todas las construcciones, en todos los trabajos que se vienen ejecutando en los diversos países del globo.

Esperemos confiadamente que siguiendo el mismo camino, no queriendo forzar á la naturaleza y adivinar por completo sus leyes, sino observando sus resultados, consultando la experiencia, aplicando á ellos con recto juicio los principios mas incontrovertibles de la ciencia, uniendo, en fin, el estudio y la observacion, la teoría y la práctica, podremos obtener, ya que no la verdad absoluta, mayores grados de aproximacion, con los cuales proporcionaremos tambien de seguro grandes beneficios á la humanidad, que es la mas dulce recompensa para aquel destello de la Divinidad con que la Divinidad misma ha dotado al hombre, el *genio*, *la razon humana*.