

# DISCURSO

LEIDO POR EL EXCMO. SR.

**D. LUCIO DEL VALLE**

EN EL ACTO SOLEMNE

de su recepcion pública como Académico numerario el  
dia 7 de Abril de 1861.

---

## I.

**L**A Real Academia de Ciencias de Madrid ha tenido la dignacion de elejirme para ser contado en el número de sus individuos: al dispensarme un honor tan inesperado para mí, y tan superior á mis escasos merecimientos, me ha impuesto deberes sagrados, que temo con harto fundamento no tener fuerzas para llenar como desearia, pero que, tales cuales sean, las emplearé con entusiasmo para no dejar defraudadas por completo las esperanzas de tan ilustrada Corporacion, y para corresponder en cuanto esté de mi parte á la señalada distincion con que me ha favorecido.

El cumplimiento del primero de estos deberes me trae hoy á este lugar, donde tantas veces se han dejado oír las inspiraciones del genio, las voces del saber, los acentos de la elocuencia, por los distinguidos Académicos que me han precedido; y si todos ellos, á pesar de sus recomendables circunstancias, á pesar de los honrosos títulos con que se presentaban á la consideracion de la Academia, se han creído en la

necesidad de reclamar su indulgencia, ¿qué me sucederá á mí, falto de dotes oratorias, sin títulos para reclamar la benevolencia de este distinguido auditorio, y mas avezado al ejercicio de mi profesion, al trabajo de las construcciones, que á las conferencias y discursos Académicos? Otras circunstancias concurren además para turbar mi imaginacion, y embarazan mis sentidos en este momento. Es la una la dolorosa impresion causada por el reciente fallecimiento de mis dignísimos maestros los Señores D. Francisco Travesedo y Don Gerónimo del Campo; pena que se reproduce ahora en muy alto grado al notar en este sitio la falta de tan esclarecidos miembros, quienes, merced á su saber y á sus virtudes, lograron llegar á la cumbre de sus respectivas carreras con honra para su patria, con utilidad para las ciencias, con provecho de la enseñanza, y con gloria inmarcesible para sus nombres.

Otra de las circunstancias á que antes aludia es el distinguido Académico á quien sustituyo, D. Pedro Miranda, mi antiguo y apreciable Gefe. Ingeniero inteligente cual pocos y laborioso como el que mas, ha dejado en esta Academia un puesto harto difícil de reemplazar. La bien entendida organizacion de los diferentes ramos del vasto servicio de las obras públicas, y el fomento que estas recibieron durante la administracion del Sr. Miranda, son títulos que harán recordar siempre dignamente al antiguo Director de caminos, canales y puertos; así como son pruebas notorias de su inteligencia como ingeniero, el puente colgado de Aranjuez, el ferro-carril de Madrid á aquel Real Sitio, la canalizacion del Ebro, y otros tantos trabajos en que tomó una parte muy activa.

El vacío de este hombre probo, de este Administrador celoso, de este ingeniero ilustrado, de este Académico distinguido, soy llamado á llenar en la Academia; y no se estrañará por lo mismo la zozobra que me domina, y el temor de no poder corresponder á lo que esperan de mí los que me han enaltecido con su eleccion. A pesar de todo, y confiado en la indulgencia que es siempre compañera de la superioridad y del saber, voy á tener el honor de someter algunas consideraciones generales sobre la influencia que han tenido los progresos de

las Ciencias exactas y naturales en las artes de construcción, y mas principalmente en las en que entra el hierro por principal elemento.

## II.

Cuando se compara el estado de las construcciones en la antigüedad con el que tienen en nuestros días, no se puede menos de admirar la diferencia que existe entre ellas: el escaso número de las primeras con el infinito de las que se construyen hoy; las pequeñas dimensiones de aquellas con las colosales de los tiempos modernos; el distintivo de las mayores de la antigüedad, en las que solo se ve el triunfo del poder, del tiempo, del dinero, como en los acueductos romanos, en las pirámides de Egipto, en las murallas de la China, y el caracter especial de las de nuestros días, de proporciones análogas, en las que se halla impreso el sello del saber y el triunfo de la ciencia, como se advierte en el puente tubular de Inglaterra, en el del Canadá, en el tunel del Támesis, en el de los Alpes, en el cable trasatlántico, y en tantas otras obras que sería largo enumerar.

Pero si se observan tambien los cortos progresos que han hecho las ciencias físicas hasta fines del siglo XVI y el rápido vuelo que han tomado desde esta época, no se estrañará entonces la lentitud en los adelantos de las artes de construcción que tienen su fundamento en aquellas ciencias. En el primer período solo se encuentran ligeras mejoras hechas á largos intervalos, y una completa indiferencia por parte de la Sociedad, que entregaba los descubrimientos ya obtenidos á una especie de olvido, y que cuando mas los consideraba como curiosidades literarias, mas bien que como cosas que tuviesen un interés y valor intrínseco. Algunos individuos aparecian de siglo en siglo que apreciaban su importancia, que esperimentaban esa necesidad de conocimientos que suple á todo lo demás en los entendimientos de un orden elevado, pero que por falta de dirección en los estudios, por no conocer bien el fin á que se queria llegar, por no saber apreciar las ventajas que podian obtenerse de un sistema de investigaciones ligadas

entre sí, y sobre todo por la apatía respecto de cuanto no se refería á los objetos de la vida, hicieron fracasar esas tentativas accidentales, y las estorbaron imprimir un impulso firme y regular á la ciencia, que además se concentraba entonces en una region sobrado inaccesible para la inteligencia vulgar. Un temblor de tierra, un cometa, un metéoro igneo, un eclipse llamaba en aquella época, como ahora, la atención general, formándose por todas partes las conjeturas mas estrañas sobre las causas que producian esta especie de fenómenos; pero no se suponía que las ciencias pudieran ejercerse sobre objetos comunes, que se ocupasen de las artes mecánicas, ni que descendieran á las minas, á los laboratorios, á los talleres.

Difícil es, sin embargo, suponer que todas las indicaciones de la naturaleza hayan pasado desapercibidas antes que el descubrimiento de la imprenta permitiera á cada uno publicar sus ideas: pero llegó, en fin, con esa maravillosa invención el momento en que cada inspiración feliz, cada hecho importante fue conservado cuidadosamente, y propagado de un extremo al otro del globo; y de aquí esas grandes y no interrumpidas mejoras en todos los ramos del saber humano, sin que ciencia alguna haya dejado de participar de la poderosa influencia de tan notable invento.

Si me fijase en las que se conocen con el nombre de ciencias físico-matemáticas, habría de llenar muchos volúmenes con la enumeración de los adelantos que han tenido de dos siglos á esta parte; y por lo tanto solo haré resaltar algunos de los que mas conducen á nuestro objeto, citando en primer lugar las máquinas de vapor.

Sin los notables progresos de la física y de la mecánica sobre las propiedades de los gases y vapores, y sobre las relaciones de sus volúmenes, densidades, temperaturas y fuerzas elásticas, no hubiera sido dable ciertamente crear esos grandes medios de ejecución de los trabajos humanos, que aumentando hasta un punto increíble el poder del hombre, han llevado su acción y el sello de la inteligencia á todos los ramos de la industria en general, en los trabajos sedentarios y movibles, en los que se ejecutan con una fuerza diminuta, en los que la exigen superior, en los que se practican en la tierra y en el mar, en su superficie

y en su fondo, y en los que quizá se verifiquen algun dia en las regiones de la atmósfera.

De todas las mejoras que se deben á tantos ilustrados ingenieros y fabricantes como incesantemente concurren á perfeccionar las máquinas de vapor, haciendo de ellas el motor universal, el motor por excelencia, habré de prescindir en este escrito, para indicar únicamente que sin el concurso de aquellos poderosos agentes, no se verian hoy realizadas la mayor parte de esas obras colosales que constituyen con sobrada justicia el orgullo de los tiempos modernos. No menos importantes, ni menos indispensables que los progresos de las máquinas de vapor, son los que ha hecho la química en los diversos materiales de construccion. y muy especialmente en la fabricacion de los morteros hidráulicos, para llevar á cabo tantas obras como hoy esparcen su benéfica influencia sobre la humanidad en todos los pueblos. Sin los perseverantes estudios de Mr. Vicat, que condujeron á este sabio ingeniero á señalar las piedras naturales susceptibles de producir cales insolubles; sin los mas recientes aún acerca de las materias hidráulicas capaces de resistir á la accion del mar; y sin otros ensayos y aplicaciones hechas en tan importante asunto por profesores de reconocido mérito en las ciencias químicas, de seguro habriamos estado perpétuamente condenados á la mezcla de Lorient, á la puzolana de Italia y á otras diversas sustancias que, si bien á propósito para ciertos usos, ni por su calidad, ni por su coste podian haberse empleado en las inmensas construcciones que se han llevado á cabo en todos los paises, y en las mas notables aún que se proyectan y estudian para realizarlas mas tarde.

No son tampoco de menor interés para las artes de construccion los adelantos que estas mismas ciencias han introducido en las distintas industrias que con aquellas se ligan.

La preparacion de asfaltos, betunes y estucos; la fabricacion de piedras artificiales, de ladrillos, tejas, baldosas, tubos y demás productos cerámicos; el aserrado, labra y conservacion de las maderas; las numerosas aplicaciones del vidrio y del cristal, del papel y del carton, del cautchou y de la guta-percha, y de tantos otros materiales desconocidos unos por completo y otros sin utilidad alguna en las obras antiguas,

dan lugar á observaciones comparativas cuyo resultado fijaria bien claramente el grado de perfeccion á que se ha llegado en nuestros dias. No molestaré, sin embargo, la atencion de la Academia con tal discusion, para detenerme un momento en los rápidos progresos que ha hecho la fabricacion del hierro y su empleo en las obras.

### III.

¡Cuán diversa es la índole de estas, y cuánto se diferencian los preceptos de hoy respecto de construccion de los que se daban en otros tiempos! No han pasado aún muchos años desde la época en que se prohibia el uso del hierro como un inconveniente para la seguridad de las edificaciones, como un defecto de buena construccion, como una prueba de la escasez de recursos en el autor del proyecto. Muy lejos estoy de criticar en absoluto aquellas reglas, en que habia mucho de fundado, si bien se resentian del atraso en la fabricacion del hierro, de la falta de un conocimiento exacto sobre su resistencia á las diversas fuerzas á que puede hallarse sometido, y de la carencia de medios químicos para evitar su degradacion.

Cierto que con el empleo esclusivo de los antiguos materiales, el ladrillo, la piedra y la cal, se han ejecutado y pueden ejecutarse con suma solidez obras grandes y atrevidas; pero no es menos cierto tambien que se hallaban estas encerradas en estrechos limites, de que no era dable pasar, y que hoy se han ensanchado prodigiosamente con el uso del hierro en sus diversas formas y estados, imprimiendo un sello característico á las construcciones modernas.

Hagamos, pues, un ligero resúmen á grandes trazos de la marcha que ha seguido la fabricacion de tan útil metal, para poder apreciar mejor la importancia que tienen sus numerosas aplicaciones á las obras de nuestros dias.

## IV.

El empleo del hierro se remonta á la mayor antigüedad, y España, por la abundancia de sus criaderos, fue ciertamente de los primeros países que hicieron uso de él con alguna utilidad. Los fenicios tomaron una parte muy activa en la propagacion de este metal entre los pueblos con quienes se hallaban en relaciones; vinieron en seguida los cartagineses, que sucediéndoles en el comercio del mundo, continuaron la explotacion de las minas españolas; y los romanos, que llegaron despues, encontraron todavía inagotables los criaderos de tan precioso mineral.

Los procedimientos de fabricacion usados por los antiguos no pudieron tener la generalidad y perfeccion de los que ahora se observan; al contrario, debian variar mucho con la naturaleza de los minerales, las necesidades, los recursos, y el genio de los pueblos que los trabajaban. Siglos enteros trascurrieron sin mejorar sensiblemente los métodos primitivos, cuyo primer cambio favorable fué el de sustituir la leña por el carbon vegetal para la fusion de la mena en los hornos de piedra, agregándose mas tarde sopletes movidos á brazo, á fin de establecer una corriente continua de aire forzado, que elevase convenientemente la temperatura en el hogar, y permitiese hacer las operaciones todas con mayor regularidad.

Tales fueron los primeros progresos en el arte de tratar los minerales de hierro. En los países en que la naturaleza de estos exigia para su reduccion un contacto muy prolongado con los gases desoxidantes emanados de la combustion del carbon, fué preciso aumentar poco á poco la altura de los hornos primitivos, á medida que se agotaban los minerales de mas fácil tratamiento, y al paso tambien que las mejoras introducidas en los sopletes permitian emplear una corriente de aire mas rápida y abundante. El uso de estos *hornos elevados* se esparció mas pronto que el de los anteriores; pero desde la primera explotacion de las minas de Stiria, á principios del siglo VIII, fué cuando adquirieron

la mayor importancia, estableciéndose sucesivamente en Alemania, Alsacia, Borgoña, Bohemia y Suecia. La altura de los hornos fué creciendo despues mas y mas, lo que les valió el nombre de *altos hornos*, que aún conservan; variando asimismo la forma y dimensiones de sus diferentes partes, sustituyendo en 1620 los antiguos sopletes de cuero con sopletes de madera, y adoptando mas tarde las trompas inventadas en Italia, y que han sido desde entonces el auxiliar poderoso de todas las forjas catalanas que pueden disponer de un gran salto de agua.

A partir del descubrimiento de la fundicion, la siderurgia se dividió naturalmente en dos ramos muy distintos, la produccion del hierro fundido y la fabricacion del hierro dulce, teniendo por base fundamental de las operaciones la *conversion sucesiva de los minerales, primero en fundicion* y despues en *hierro maleable*. Como era natural, aquel primer paso hácia la division del trabajo cambió completamente la faz de esta industria, ejerciendo sobre sus ulteriores progresos la mas notable y feliz influencia.

La adopcion de los altos hornos y de los hornos de afinacion imprimió un vuelo rápido á la fabricacion del hierro, especialmente en Suecia, Inglaterra, Alemania y Francia; pero á fines del siglo pasado disminuyó en todas partes el número de los altos hornos establecidos, y aumentó el producto en cada uno de ellos. Esta segunda circunstancia fué debida á los continuos adelantos del arte, y principalmente á las mejoras introducidas en la alimentacion del aire, sustituyendo los sopletes trapezoidales de madera con las *máquinas soplantes de cilindro*. La primera, esto es, la disminucion general de los aparatos, fué ocasionada por el aniquilamiento de los bosques, y la consiguiente escasez cada dia mayor del carbon de leña: y sin embargo, esta desgraciada circunstancia fué origen de un progreso inmenso en la metalúrgia del hierro; el empleo del *carbon mineral*.

El pais que empezó á sentir los efectos de la falta del combustible vegetal fue Inglaterra, que veia apagarse unos tras otros sus hornos, al paso que se multiplicaban en el continente. En tal estado se acometió allí la idea de sustituir el carbon de leña con la ulla de Newcastle;

y despues de mil contrariedades y de infructuosas tentativas, se llegó á producir la fundicion por medio del cok, en tan buenas condiciones com la que se obtenia con el otro combustible, y con una notabilísima disminucion en su coste. A facilitar y apresurar la fabricacion con el cok vinieron tambien las primeras aplicaciones de las máquinas de vapor, libertándose las fábricas de la servidumbre de los saltos de agua, estableciéndose cerca de las cuencas carboníferas y de los terrenos metalíferos, aumentándose las dimensiones de los hornos y el poder de las máquinas soplantes, y llegando, en fin, á obtenerse cantidades inmensas de fundicion, habiendo horno que producía hasta 140 toneladas por semana, cuando antes apenas daba 3 el de mejores condiciones.

No era bastante el obtener hierro fundido por medio del carbon mineral, si no se llegaba á conseguir tambien el hierro maleable; mejora que igualmente se ha alcanzado, merced á esa profunda y tenaz perseverancia con que se dedican los ingleses á la realizacion de las ideas útiles.

La sustitucion de la ulla á la madera ha sido, pues, la solucion de un problema para todas las naciones, que ven desaparecer gradualmente el antiguo elemento de la industria metalúrgica. Hoy ya el hierro y la fundicion que se podría fabricar con carbon de leña, serian del todo insuficientes para alimentar el desarrollo industrial á que hemos llegado; el hierro de ulla nos es absolutamente indispensable, y lo será todavía mas para las generaciones futuras, que de aquí á una época no muy remota, se verán precisamente obligadas á no consumir otro alguno.

Nuestro pais, tan rico en minerales y en criaderos de carbon, no podía ni debía ser insensible á estos adelantos, y de muy antiguo se hallaba establecida la industria del hierro, pero solo por el sistema llamado á la catalana, con el que nunca puede producirse en gran escala. En Vizcaya se han elaborado siempre hierros de clase tan superior como la de los mejores ingleses, pero en tan corta cantidad que no bastaban ni con mucho para las necesidades del consumo. En el año 1825, cuando la ley de minas abrió un ancho campo á la metalúrgia española, se pensó seriamente en plantear en Andulucía fabricas de

hierro por el método inglés, y despues de varios ensayos costosísimos, principiaron á funcionar algunos altos hornos en 1850. Desde entonces han ido estendiéndose, y hoy existen catorce grandes fábricas con altos hornos á la inglesa en Málaga, Sevilla, Asturias, provincias Vascongadas, Castilla, Leon, Galicia y Cataluña, las cuales producen anualmente cerca de 600.000 quintales, sin contar con otros 200.000 que se obtienen por el método antiguo ó directo.

Estas cifras, bien cortas en verdad con relacion á la que representa el consumo cada vez mas creciente en nuestro pais, no hay que esperar que aumenten de una manera notable, ínterin la industria del hierro no se ponga en condiciones ventajosas. Ya lo hemos dicho: el empleo del carbon mineral es el caracter distintivo del sistema inglés, y el que mas ha influido en el extraordinario vuelo que ha tomado la industria del hierro en la Gran-Bretaña. El coste del carbon empleado en esta fabricacion en España es cuando menos un 65 por 100 del gasto total, y eso que solo se hace uso del de leña en la fundicion. Con tan enorme recargo no es posible esperar resultados satisfactorios; y no los habrá de manera alguna mientras no varíen radicalmente los medios de transporte. Cuando los criaderos de Belmez y Espiel se comuniquen por ferro-carril con las fábricas de Andalucía, cuando suceda lo propio con los criaderos de San Juan de las Abadesas y las fábricas catalanas, con los de Mieres y Sabero y las asturianas y gallegas, con los de Leon y Palencia y las castellanas; cuando en estos criaderos se haga el cok en condiciones acomodadas para su buen empleo en las ferrerías, entonces la fabricacion de nuestro pais adquirirá un portentoso desarrollo, presentando en sus mercados los hierros españoles obtenidos con el carbon mineral, y tambien los que se continuarian fabricando con el vegetal, que son preferidos para ciertos usos, y que aún son buscados hasta por los ingleses á pesar de su excesivo precio.

## V.

Hecha esta ligerisima reseña de la marcha que ha seguido la produccion y fabricacion del hierro, paso á indicar brevemente algunas de

las mas importantes mejoras hechas en nuestros dias, citando despues sus notables aplicaciones.

Sería del mayor interés el investigar ante todo cuál haya de ser el principio que debe guiar hoy al constructor en la concepcion de las obras destinadas á vencer dificultades desconocidas anteriormente; pero no es menos útil el señalar los progresos industriales que han hecho posible la realizacion de tales concepciones. De veinte años acá, estos progresos se refieren especialmente á la preparacion de los elementos de las construcciones, y se han manifestado por un caracter general, á saber: *sustitucion de los productos y materiales naturales por los manufacturados y artificiales.*

Las primeras tentativas para introducir los metales en la edificacion debieron naturalmente contentarse con formas y dimensiones que estaban muy lejos de prestarse á las exigencias de combinacion económica; y sin embargo tratábase de sustituir con esta materia toda clase de piezas horizontales de madera, así como los apoyos verticales de fábrica. Barras de hierro forjado de seccion rectangular, cuadrada ó circular, y columnas macizas de fundicion, eran los únicos recursos que la industria podia ofrecer al constructor.

La insuficiencia de estos medios para el objeto que se deseaba hubo de plantear bien pronto la cuestion bajo el verdadero punto de vista, en la seguridad de que ningun adelanto notable podria hacerse en el arte de las construcciones sin que se resolviera de antemano el gran problema siguiente: *dar al hierro formas tales y de tal modo combinadas, que bajo las cargas que hubieran de soportar, cada elemento estuviese sometido á esfuerzos en relacion con su resistencia, ó en otros términos: disponer el metal de manera que ninguna porcion de este quedara inutil ó mal empleada durante el trabajo de resistencia que se opera bajo las cargas permanentes y accidentales.*

Para llegar á este fin lo mas sencillo era acudir á la fundicion, que parecia dejar mas campo á la variedad de formas que podian ser reclamadas; y en efecto, con el hierro fundido se hicieron los primeros ensayos. Adoptáronse para ello modelos que permitieran fundir los pies derechos verticales huecos en el interior, para repartir las presio-

nes sobre una base mas ancha que los de seccion maciza; formáronse vigas dispuestas segun los principios teóricos; hicieronse numerosos experimentos para comprobar cuánto mas resiste el hierro fundido á la compresion que no al estiramiento; y, consecuencia de estas observaciones, se obtuvo la manera de llegar al máximum de estabilidad y de resistencia con el mínimum de material y de gastos. No tardó, sin embargo, mucho tiempo en conocerse que la fundicion, en virtud de su poca elasticidad y de su facil rotura por la accion de los choques, no presentaba todas las garantías de seguridad que deben exijirse en las obras.

El problema, por lo tanto, no estaba aún resuelto completamente: y además de esto, el peso considerable que es preciso dar á las vigas macizas desde que miden seis ó siete metros de longitud; la dificultad que presenta el achafanar estas piezas en la hoja vertical en que el metal trabaja poco; la baja de los precios de los hierros forjados, debida especialmente á la generalizacion del pudlage por medio de la ulla, han sido causas bastantes para hacer que la atencion de los ingenieros se dirija hácia el hierro maleable, utilizando su mayor ligereza en las piezas, y obteniendo de su empleo mayor seguridad en las edificaciones.

La justa preferencia dada al hierro forjado en muchos casos ha operado en las ferrerías cambios notables de fabricacion, se han ideado cilindros y laminadores enteramente nuevos, y sobre todo se ha visto aparecer un variadisimo número de esas piezas que han tomado el nombre de *hierros de T* y de *cornieres* ó *escuadras*, las cuales, hábilmente combinadas con las planchas de hierro plano conocido por el nombre de *palastro*, permiten realizar facil y económicamente las concepciones mas atrevidas. A pesar de esto, hay ciertos empleos que parecen reservados á la fundicion, atendida su enorme resistencia á la presion, y la libertad que deja para apropiarla á las formas tan variadas como pueden exigir las necesidades del constructor.

Una de las objeciones que se hacen á las obras de hierro es el esmero que exige su conservacion para evitar el que se oxiden: si existiera un medio de preservar por completo las superficies metálicas de

la alteracion que experimentan espuestas á la accion atmosférica ó al contacto del agua, el hierro adquiriria un campo de aplicaciones infinitamente mas estenso que el que tiene en la actualidad. La galvanizacion ha producido ya resultados muy felices bajo este concepto, y por eso se va generalizando cada dia mas en el arte de las construcciones de hierro, á pesar de su coste algun tanto elevado, y á pesar de la disminucion de resistencia que produce en el metal. El inconveniente que puede objetarse á la galvanizacion consiste en que nunca es del todo eficaz, porque la cubierta de zinc no se adhiere sino sobre las partes perfectamente puras, y deja en descubierto las juntas del hierro en que subsisten despues del pudlage algunas materias no metálicas. Esta falta de continuidad en la cubierta da muy facil acceso á la oxidacion, la cual, segun opinan algunos físicos distinguidos, es tanto mas enérgica, cuanto que el hierro y el zinc, en presencia uno de otro, forman un elemento de pila en el que el oxígeno es atraído sobre el primero de dichos metales con una intensidad aumentada por el fluido eléctrico, desarrollado alli de una manera permanente.

Para evitar este mal se ha creado una industria nueva, cuyo procedimiento estriba en esmaltar con un *silicato* económico la superficie que se trata de proteger; habiéndose obtenido ya muy buenos resultados de su aplicacion, para que nos sea lícito esperarlos mayores cuando se generalice su uso con la necesaria baratura.

## VI.

Si hubiera ahora de citar las construcciones modernas en que se han puesto en práctica las mejoras que dejo apuntadas, preciso sería enumerar una gran parte de las obras mas notables de nuestra época, pues prescindiendo de los ferro-carriles, que tan inmenso desarrollo van adquiriendo en todas las naciones, y cuyo elemento principal presenta un magnífico y portentoso ejemplo del empleo del hierro, los puentes y viaductos de diversas formas y dimensiones, las armaduras y cubiertas de los edificios, las torres de los faros, las cañerías y sifones, los muelles-embarcaderos, los puentes y presas movibles, las esclusas, y otro

número infinito de aplicaciones, aun sin contar las que se refieren á la construccion de buques y maquinaria, nos ofrecerian un campo inmenso de observaciones, que ciertamente harian interminable nuestro trabajo. Por eso, y para no seguir molestando mas la atencion de la Academia. terminaré este escrito reseñando ligeramete las dos obras de hierro mas gigantescas y atrevidas.

Una de ellas es el puente de *Britannia*, construido sobre el estrecho de Menai en el ferro-carril de Chester al puerto de Holyhead, de manera que satisficiese á la difícil condicion impuesta por el Almirantazgo inglés, de dejar libre para la navegacion una altura de 30,50 metros sobre el nivel del agua. Esta circunstancia, y otras no menos difíciles que concurrían además en la localidad, hicieron concebir al célebre Stephenson la idea de establecer un tubo rígido de planchas de hierro, por dentro del cual corrieran los trenes como por un túnel aéreo; y así quedó realizada, en efecto, construyendo cuatro grandes tramos, de 70 metros de luz los de los extremos y de 140 los dos centrales.

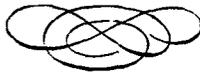
Las fórmulas generalmente empleadas para el cálculo de las resistencias no eran aplicables á una obra tan nueva por su forma como por su magnitud; fué preciso por lo tanto recurrir á esperimentos directos, y se ensayaron sucesivamente tubos circulares, elípticos y rectangulares, y despues, cuando se adoptó definitivamente esta última seccion, emprendiéronse nuevos ensayos para determinar el número y dimensiones de las planchas metálicas, que hábilmente combinadas y ligadas entre sí, habian de constituir aquel gran puente, en cuya ejecucion entraron 10.540 toneladas de hierro, y en el que se invirtieron cerca de 59 millones de reales.

La otra obra á que me referia es el puente *Victoria* sobre el rio de San Lorenzo, en el Canadá, que puede considerarse muy justamente como el ejemplo mas notable en el mundo en materia de construcciones. Proyectado tambien por el ingeniero Stephenson para el servicio del ferro-carril denominado *Grand-Trunk*, empezaron los trabajos en mayo de 1854, y continuando sin interrupcion en medio de las mayores dificultades que podrian imaginarse, y que fueron todas vencidas con éxito

brillante, se logró, en fin, verificar la solemne inauguracion de tan magnífica obra en 25 de agosto del año próximo pasado.

El puente Victoria, de igual sistema que el de Britannia pero de una sola via, mide una línea de 2789 metros, de cuya longitud las dos terceras partes, ó sean 2011 metros, corresponden á los tubos de hierro apoyados en 24 pilas y dos estribos, siendo en general de 74 á 75 metros la luz de los tramos, excepto en uno de ellos, que alcanza hasta 100 metros. El peso del hierro, segun cálculos detallados, asciende á 9044 toneladas; la sillería y mampostería de los apoyos de fábrica arroja un volúmen de 8818 metros cúbicos; y en la ejecucion de toda la obra se ha invertido la enorme suma de 145 millones de reales.

Concepcion original, esperimentos numerosos y concienzudos, estudio minucioso de los proyectos, ejecucion atrevida, y que demuestra una inteligencia superior en los diferentes ramos de la ciencia del ingeniero, tal es la historia de los puentes de Menai y de San Lorenzo. El sistema de vigas tubulares y celulares en ellos adoptado, es un bello descubrimiento; y cualquiera que sea su porvenir, aun en el caso que deba ser abandonado por innovaciones mas perfectas, su aplicacion á las citadas obras permanecerá siempre como una grande enseñanza, y será otra de tantas pruebas del notable adelanto que en nuestros días ha llegado á alcanzar el empleo del hierro en las artes de construccion.



# CONTESTACION

DEL ILMO. SR.

DON CIPRIANO SEGUNDO MONTESINO,

ACADEMICO DE NUMERO,

AL DISCURSO ANTERIOR.

---

*Señores:*

I.

Solo el cumplimiento de un deber impuesto por las circunstancias, ha podido decidirme á contestar al notable discurso que acabais de oír de boca del nuevo Académico, el entendido Ingeniero D. Lucio del Valle. La debilidad de mis fuerzas para ello, y el temor de no poder llenar debidamente los deseos de la Academia y del ilustrado auditorio que en tales ocasiones puebla sus escaños, me habrian en otro caso de seguro arredrado, con tanto mas motivo, cuanto que las apremiantes tareas que me rodean, y los escasísimos momentos que á este trabajo puedo dedicar, han de hacer, por precision, mas imperfecta mi obra de lo que yo deseara en obsequio de los oyentes, y de la ilustrada corporacion á que sirvo en este momento de órgano, aunque indigno.

Como en todas las cosas humanas, al lado del temor de no acertar, y del sentimiento consiguiente á quien de seguro ha de defraudar las esperanzas de los que hayan creído venir á oír algo nuevo y digno de

ocasion tan solemne, se encuentra el placer de ser el destinado á dar la bienvenida al nuevo Académico; persona con cuya amistad hace muchos años que me honro, cuyo talento y saber es por todos reconocido, y cuyas obras soy el primero en admirar.

Auméntase mi satisfaccion al considerar que procede de una escuela y pertenece á un cuerpo con los cuales he tenido relaciones tan agradables que jamás podré olvidarlas, y cuyo recuerdo será para mí siempre grato. Escuela y cuerpo que, como despues apuntaré, siquiera sea de paso, han ejercido grande y beneficosa influencia en nuestro progreso científico y material, perfeccionando la primera cada dia la enseñanza y estendiendo el radio de su esfera de accion; á la vez que los entendidos Ingenieros que componen el segundo levantan con sus obras, en toda la estension del suelo de la Peninsula, un monumento imperecedero que, al par que de su propio saber, sirva á las generaciones futuras de testimonio irrecusable del progreso alcanzado por la presente.

Otra circunstancia hace para mí grata esta ocasion, siquiera ella nazca de un tristísimo recuerdo. Lo es, y grande, el de la temprana muerte del Académico cuya vacante hoy viene á ocupar el Sr. Valle. El saber, el talento, la incansable actividad de D. Pedro Miranda, á quien aludo, son por todos reconocidos; le rinde un tributo merecido en su discurso el nuevo Académico; y yo debo proclamarlos con tanto mas motivo, cuanto que uniéndome lazos de antigua amistad con el hábil Ingeniero, inteligente y probo Administrador cuya pérdida deploramos todos, me cumple hacerlo así, ya que no ha faltado quien ha creido ver en algun escrito mio, mal redactado sin duda, una critica que, acertada ó no, nunca tuvo por objeto rebajar el mérito grande y verdadero que siempre he reconocido en el hombre, á quien quizás mas que á otro alguno debe el ramo de Obras Públicas en España.

A sus órdenes principié mi carrera administrativa; á su lado he trabajado por mucho tiempo; compañeros hemos sido en esta Academia, á cuyo lustre ha contribuido cual el que mas; y faltaria grandemente á la amistad y á la justicia si no aprovechase solicito la ocasion que se me presenta de manifestar mi aprecio á su memoria, y de proclamar sus

altos merecimientos. Lástima grande que nuestras lamentables discor-  
dias políticas privaran tan pronto al Estado de uno de sus mas inteli-  
gentes servidores, y la muerte implacable, á esta Academia de uno de  
sus mas esclarecidos individuos.

Nadie con mas títulos que el hábil Ingeniero de la carretera de las  
Cabrillas, del paso del Cabriel y del Canal de Isabel II, para ocupar  
el puesto que ha dejado el entendido constructor del puente de Aran-  
juez y del ferro-carril de Madrid á aquel Real Sitio. Uno y otro han  
grabado sus nombres en obras que pueden enorgullecer al mas enten-  
dido Ingeniero, y que contemplarán las gentes por mucho tiempo  
como digna muestra de la altura á que han llegado en esta época entre  
nosotros las ciencias y las artes.

Nadie puede, tampoco, desenvolver mejor que S. S. el tema que  
para su discurso ha escogido, pues que sus estudios, y la gran práctica  
que tiene en las construcciones, son títulos de acierto mas que sobrados  
para ello. Esto mismo dificulta la posicion ya por sí difícil del que,  
obligado, se presenta á contestarle; pues que no se trata de discutir un  
punto histórico ó filosófico, ó un tema de alguna de las ciencias es-  
peculativas en que caben diversidad de sistemas, contrariedad de opi-  
niones, ingenio al presentar las apreciaciones ó teorías encontradas. Las  
ciencias exactas y sus aplicaciones no son para el caso las mas á pro-  
pósito, ni se prestan siquiera facilmente á la contrariedad, que reviste  
de interés las discusiones en casos como el presente. La contestacion,  
pues, ó ha de ser pálido reflejo de vivísima luz, ó una paráfrasis pesada,  
y despojada de todo interés: y si esto es así en tesis general, ¿cuánto mas  
no será cierto en la ocasion presente, para quien como yo carece del ta-  
lento y saber necesarios para salir airoso del compromiso en que, repito,  
las circunstancias, no mi voluntad, me han colocado?

Dicho esto, pasaré á hacer algunas reflexiones, sugeridas por el dis-  
curso que con tanto placer acabamos de oír, pero impetrando antes la  
indulgencia del auditorio, que sé no me ha de negar, pues que es esta  
virtud hermana inseparable del saber, y notoria es la ilustracion de los  
amantes de las ciencias que concurrir suelen á las modestas fiestas que  
se celebran en este su templo.

## II.

Que es grande la influencia que han tenido los progresos de las ciencias exactas en las artes, y en especial en las de construcción, lo ha hecho ver bien terminantemente en su discurso el Sr. Valle, y lo demuestra cuanto nos refiere la historia y pasa en nuestro rededor. Desde los tiempos mas remotos véense caminar paralelamente unas y otras, progresando, estacionándose ó retrocediendo á la par; y ya que en el discurso á que contesto se demuestra la verdad del tema sentado por su autor, me limitaré aquí á decir algo acerca de los progresos de unas ciencias que tanto han influido en el de la humanidad, refiriéndome mas particularmente á nuestra patria, siguiendo los pasos de los que antes que yo con mas tino han tratado la materia. Así se verá que las épocas de prosperidad y decadencia de las artes han coincidido, aquí como en todas partes, con las vicisitudes respectivas de las ciencias, y en especial de las fisico-matemáticas.

No es este el lugar, empero, de discurrir acerca del grado de adelantamiento á que habian llegado en particular estas ciencias en los tiempos en que florecieron Grecia y Roma. Los dominadores del mundo entonces conocido cultivaron poco las matemáticas, pasando entre los mismos, segun Tácito, por astrólogos los que de ellas se ocupaban; y si bien los griegos las miraron con mayor predileccion, ni unos ni otros las llevaron á gran altura, ni las pudieron aplicar á ciencias que desconocian del todo, ó de que solo poseian escasas y las mas veces equivocadas ideas.

Con la invasion de las naciones bárbaras del Norte y caída del Imperio Romano todo hubiera desaparecido en la eterna noche que despues de esta catástrofe sobrevino en Europa, á no haber sido por el refugio que en los monasterios hallaron los pocos hombres dedicados á las ciencias en la larga serie de años que tardaron en reconstituirse las sociedades desquiciadas por aquel terrible cataclismo, y por las naciones de Oriente, cuyos adelantos y conocimientos científicos, juntamente con los de los griegos, fueron conservados y despues tras-

mitidos, así á nosotros como á las demás naciones de Europa, por los árabes.

Sobrevino, en efecto, en nuestra patria la invasion sarracena; y en los primeros tiempos, sobre todo, de la lucha titánica sostenida por los discípulos del Crucificado con los sectarios de Mahoma, de la cruz con la media luna, el manejo de las armas fue la única profesion considerada honrosa, fuera de la Iglesia, entre los que refugiados en las asperezas de las montañas combatian por su Dios y por la independenciam, reconquistando palmo á palmo el suelo pátrio. No eran, por cierto, á propósito para el cultivo de las ciencias aquellos tiempos en que se trataba de existir ó no, y en que hasta los mismos monjes y prelados, dejando sus iglesias y claustros, empuñaban la lanza y blandian la espada en medio de los combates.

Con todo, andando el tiempo, así los invasores como los invadidos hubieron de dar treguas á sus sangrientas luchas, parándose como para tomar aliento y nuevos bríos; dedicándose entre tanto al cultivo de las artes y á la propagacion del saber traído por aquellos de Oriente, fundando al efecto escuelas que llegaron á adquirir gran celebridad. No fue escasa la que alcanzaron las escuelas árabes de Zaragoza, Toledo, Córdoba y Sevilla, en las cuales, así los musulmanes como los cristianos, iban á aprender la medicina, la geografia, las matemáticas y la astronomía, cuyos gérmenes por estos y otros conductos propagaron por toda Europa.

A los árabes españoles se debe el conocimiento de la aritmética decimal, que introdujeron de la India á fines del siglo X. Mas tarde, entre los siglos XIII y XV, dieron otro gran paso las matemáticas con la introduccion del álgebra por los mismos, ó, segun otros, por Leonardo de Pisa, que la tomó tambien de los orientales, inventores de tan admirable instrumento de análisis y generalizacion.

Entonces fue tambien cuando, abandonando los claustros en que en un principio hallara refugio en medio del crujir de las armas y los trastornos sociales, pasó á las Universidades el cultivo de las ciencias. Tuvieron aquellas orijen en Europa en el siglo XII, y fue el primer paso hácia la secularizacion de la enseñanza, contribuyendo no poco al pro-

greso de las ciencias exactas, que contaron entre nosotros varones eminentes, como Raimundo Lulio y Alfonso X de Castilla, el cual á mediados del siglo XIII no solo se distinguía por su afición á la astronomía, sí que, corrijiendo las tablas de Tolomeo, publicaba las que llevan su nombre.

Segun que entre nosotros iba adelantando la reconquista, y conforme progresaba tambien la unidad nacional por la reunion de los diferentes reinos formados en la Península, iba progresando la enseñanza y con ella las ciencias exactas, que, con las físicas y naturales, se cultivaban ya con esmero en el gran número de Universidades que contaba España en el siglo XVI; Universidades que gozaban por entonces de una bien merecida celebridad. En esta época, gloriosa para España bajo todos conceptos, vemos que, gracias á los esfuerzos de esos centros de enseñanza y al descubrimiento del nuevo mundo, florecieron todos los ramos del saber, cultivando con fruto los estudios matemáticos hombres como Nebrija, Pedro Ciruelo, Francisco Sanchez, Nuñez, inventor del *nonio*, apéndice indispensable de nuestros instrumentos de precision, los Torrellas y Castros, Perez de Moya, Sepúlveda, Onderiz, Salau, Labaña y tantos otros. A la par florecian arquitectos de mérito indisputable, como Toledo y Herrera, pintores, escultores y artistas; pero con los inmediatos sucesores de Felipe II era imposible todo progreso científico, y vemos que ya por entonces las pocas obras públicas que se estudian y emprenden, cual son algunas de canalizacion, son dirigidas por extranjeros, como Antonelli, Carduchi, Marteli y otros. ¡Pero qué mucho que así fuese si los que entre nosotros se dedicaban al estudio de las ciencias eran tenidos por astrólogos y nigromantes! Tal era nuestro estado al principiar el siglo XVII, en que florecian fuera de España tantos hombres eminentes en las ciencias exactas y de observacion.

Entre los que mas contribuyeron al progreso del álgebra figuran los nombres de Tortolea, Cardan, Ferrari, el flamenco Girad, y otros que á principios de dicho siglo la habian llevado á casi el estado que hoy tiene.

Aquí, con Descartes y la aplicacion del álgebra á la geometría,

principia una nueva era para las matemáticas, abriéndose nuevos y extensos horizontes con la aplicación del análisis á la definición de la naturaleza é investigación de las propiedades de las curvas, ó sea á la representación de las cantidades variables. En esta época florecieron grandes pensadores y matemáticos insignes. Bacon vivió hasta 1626; Keplero murió en 1630; doce años mas tarde Galileo; Descartes en 1650; cinco años despues Gassendi; Hobbes en 1679; mas tarde Huyghens, con Pascal, Fermat y otros contemporáneos de Descartes.

A principios del siglo XVII descubrió Napier los logaritmos; y aun cuando algunos atribuyen á Fermat el descubrimiento del cálculo diferencial, reclaman otros esto mismo á la vez para Newton, y para Leibnitz su rival; bastando, empero, para inmortalizar al segundo la publicación de sus *Principia* en 1687, punto de partida del cálculo á los estudios físicos.

Euler, los Bernouilli y d'Alembert fueron los matemáticos de mas nota del siglo XVIII; pero sobre todo el primero, que á pesar de sus padecimientos físicos abarcaba en sus investigaciones todos los ramos de las matemáticas. Fueron estos seguidos de cerca por dos grandes géometras, Lagrange y Laplace, que florecieron á fines del siglo pasado y principio del presente. Al primero se debe lo que hoy conocemos con el nombre de Geometría analítica; y así este en su *Mécanique analytique* como Laplace en su *Mécanique céleste*, nos han dejado insignes monumentos de su saber, y de los recursos y progresos del cálculo. Injustos seríamos si olvidásemos á Monge y sus discípulos, que con sus trabajos relativos á la Geometría descriptiva tanto han hecho en obsequio de las construcciones.

A la par que las matemáticas progresaban las demás ciencias, y en especial la física y la química, cuyos pasos no nos atrevemos siquiera á apuntar aquí por no hacer mas pesado este escrito. La segunda propiamente dicha, ni apareció siquiera hasta mediados del siglo XV con Basilio Valentino de Erfurth, pues antes de aquella época ningun cuerpo de doctrina habia iniciado, mucho menos establecido, si bien los alquimistas, en sus oscuras y perseverantes investigaciones en busca de la piedra filosofal y de la trasmutacion de las sustancias, dirigidas

estas principalmente á la conversion de los demás cuerpos en oro, no dejaron de dar á conocer hechos y fenómenos importantes, que físicos y químicos aprovecharon mas tarde. Tras de aquel, vinieron Paracelso, Van-Helmont, Boyle y Mayou. En el siglo XVIII Geoffroy, Bergman y Bertholet dieron nuevo brillo á las ciencias que en el nuestro han ilustrado y estendido, á mas de algunos antes nombrados, Guyton de Morveau, Fourcroy, Lavoisier, Wollaston, Davy, Dalton, Gay-Lussac, Berzelio, Thenard, y tantos como siguen cultivándolas con fruto en todos los ramos en que hoy por su estension se dividen. Escusado por otro lado sería ante el ilustrado auditorio que me escucha el referir, siquiera fuera á grandes rasgos, los progresos y aplicaciones utilísimas de los estudios sobre la luz, el calor, la electricidad y demás que entran en el cuadro estenso que hoy abarca la física. Otras plumas mejor cortadas que la mia lo han hecho ya en este sitio, y basta lo dicho para el objeto que en el momento me propongo.

Volviendo á nuestra patria, ¿qué es lo que en ella pasaba en tan brillante período para las ciencias? A la cabeza del movimiento científico é intelectual nos hallábamos en el siglo XV y entrado el XVI; pero al dar principio el XVII, y cuando corria la era mas fecunda para las ciencias fisico-matemáticas en el resto de Europa, llegamos á un grado de postracion tal que apenas se concibe, por causas cuyo examen me arrastraria á un orden de ideas ageno á este lugar, y tan poderosas que hubieron de ocasionar el abandono de las ciencias que, como las fisico-matemáticas, llegaron á ser tenidas casi por ocultas, designándose como nigromantes y astrólogos por la generalidad á los pocos que se atrevian á cultivarlas; calificaciones que traian consigo tristes consecuencias las mas veces. Valor, y grande, se necesitaba para ello en unos tiempos en que se empleaban las hogueras, el potro y los calabozos como medios de persuasion, no solo en España sí que tambien en otros paises menos desgraciados. Dígalo si no la triste suerte que cupo á Galileo, tan bien pintada en los siguientes versos de nuestro gran Quintana.

Siente bajo su planta Galileo  
Nuestro globo rodar; la Italia ciega

Le da por premio un calabozo impío:  
 Y el globo en tanto sin cesar navega  
 Por el piélago inmenso del vacío.

En tanto, pues, que una fatal reunion de circunstancias, que ni á enumerar siquiera me atrevo por miedo de apartarme demasiado del objeto de este escrito, tiene casi apagada en España la antorcha de la ciencia; la luz, como hemos visto, se difundia rápidamente en otras y mas afortunadas naciones, de cuyo seno brotaban genios que abarcaban todos los ramos del saber. Durante esta época se habia desarrollado felizmente una invencion maravillosa, que dando cuerpo á las ideas las difundia por todas partes con pasmosa rapidez, desafiando las prohibiciones y demás obstáculos opuestos á su marcha triunfal: así, al cantar las glorias del invento de Gutemberg, bien pudo esclamar nuestro inspirado vate:

¡Ay del alcazar que al error fundaron  
 La estúpida ignorancia y tiranía!  
 El volcan reventó, y á su porfia  
 Los soberbios cimientos vacilaron.

Y en efecto, su influencia no pudo menos de dejarse sentir en España. contribuyendo no poco al renacimiento de las ciencias exactas entre nosotros en los reinados de Fernando VI y Carlos III, creándose en el primero escuelas y academias en que se enseñaban así estas como la física y la química, que mas postergadas aún que las matemáticas corrían por entonces, y eran punto menos que desconocidas en épocas anteriores, en que venian á figurar entre las ciencias ocultas; haciéndose camino en el segundo las nuevas doctrinas entre nosotros, á pesar de la lamentable decadencia de nuestras Universidades, de la Inquisicion, y de la general ignorancia, gracias á los esfuerzos de hombres tan entendidos y patriotas como el Conde de Aranda, Campomanes y Floridablanca, que creando academias, sociedades económicas, y abriendo las fuentes de la pública prosperidad, dieron ensanche al oprimido pensamiento y permitieron el vuelo de las ideas.

Las ciencias físicas y exactas se principiaron á cultivar ya con aprovechamiento en las escuelas militares, en los estudios de San Isidro, en los seminarios de Nobles de Vergara y otros, primeros establecimientos entre nosotros en cuyas aulas, gabinetes y laboratorios se formaron los hombres que han llegado casi hasta nuestros días; punto de partida de nuestras modernas escuelas especiales y de la regeneración científica del país, el cual pudo ya presentar hombres que como D. Jorge Juan, Ulloa y Rodríguez, figuraron dignamente al lado de los sabios extranjeros en las operaciones geodésicas de primer orden, y otros que, como Mendoza, Tofiño, Lemaur, Galiano y Ciscar, dan lustre al país con sus observaciones y sus obras. En estos mismos reinados, con el renacimiento de las ciencias, principió la historia de nuestras obras públicas, pues si bien reinando Carlos I en 1528 se mandó ejecutar el canal imperial de Aragon, que tal cual hoy existe se construyó á fines del siglo pasado bajo la dirección del insigne Pignatelli; en 1759 fue en realidad cuando se construyó la primera carretera en España, y en 1753 dió principio la ejecución del canal de Castilla, que solo se ha terminado en estos últimos años. Con todo, á pesar de los caudales destinados á este ramo reinando Carlos III, la mala dirección y la falta de agentes instruidos, hicieron muy lento el progreso; y eso que las obras mas notables que se hicieron en este ramo fueron dirigidas, bien por extranjeros ó por ingenieros militares.

Reconocida así la necesidad de confiar la dirección de estas obras á personas competentes se creó en 1799, bajo la dirección del célebre Betancourt, á quien se confiara la *Inspeccion general* del ramo, una escuela destinada á formar agentes entendidos, constituyéndose el *cuerpo de Ingenieros de caminos y canales del reino*.

Apenas principiaban á producir fruto tan acertadas medidas, y cuando se iban notando con el rápido progreso de nuestras carreteras y puentes, estalló la gloriosa guerra de la Independencia contra el coloso del siglo; lucha heroica sí, pero destructora de todo lo existente, que paralizó el vuelo que ya iban tomando las obras públicas á la par que las ciencias, sus inseparables compañeras.

La escuela, con todo, habia sembrado la buena semilla, y con sus

enseñanzas fue la fuente en que bebieron muchos que, andando el tiempo, se dedicaron á propagar las ciencias exactas y sus aplicaciones, en cuyo progreso en nuestra patria les ha cabido á ellos y á sus sucesores no escasa parte.

Con la reaccion que despues de terminada la lucha se desarrolló contra todo lo que de liberal siquiera tuviese visos, no era compatible la existencia de una escuela cuyos discípulos eran conocidos por su ilustracion, y así vemos que á la suspension forzosa mientras duró la pelea, vino su supresion en 1814.

Con el régimen constitucional se restableció la escuela en 1820, y si bien cayó á poco con aquel en 1823 no dejó de dar fruto, conservando el fuego sagrado de la ciencia en el pais, y formando algunos de los hombres que mas han contribuido despues á su propagacion. Los once años que siguieron fueron de luto y marasmo científico; pero la justicia exige que no echemos en olvido lo que las ciencias y las artes deben al ministro Ballesteros, á cuya iniciativa é ilustracion se debió entonces la creacion del Conservatorio de artes, como tambien de la escuela y cuerpo de Ingenieros de minas, que se han granjeado despues una envidiable reputacion.

Lució de nuevo para España en 1834 el sol de la libertad, y á pesar de la guerra fratricida que sobrevino y que por tanto tiempo ensangrentara nuestros campos, cubriendo el pais de ruinas y ocasionando el abandono de escuelas y talleres por una juventud generosa, que preferia prodigar su vida en los campos de batalla por las nuevas instituciones, de que esperaban la felicidad y ventura de la patria, abriéronse las universidades, creáronse nuevas academias y escuelas, y por tercera vez abrió sus puertas la de Caminos, reorganizándose definitivamente en 1836 el cuerpo de Ingenieros de *camino, canales y puertos*.

Desde esta época los gobiernos que se han ido sucediendo en el mando con sobrada rapidez, efecto en gran parte de los sucesos mismos inherentes á nuestra regeneracion política, han procurado con mas ó menos acierto reglamentar la instruccion pública, esmerándose los mas en ensanchar la esfera de los estudios fisico-matemáticos y sus multipli-

casas aplicaciones. Así vemos que mientras que por un lado se creaba en las universidades la facultad de filosofía, en que tienen sus cátedras correspondientes las ciencias exactas, la química y la física explicadas en toda su estension, y se aumentaban en las provincias los institutos de segunda enseñanza, en que se estudian los elementos de estas mismas ciencias, se creaban por otro los institutos industriales, y se estendian ó reorganizaban las escuelas militares, las de caminos, minas, montes, arquitectura y otras, en donde, á la par que la ciencia en general, se enseñan sus diversas aplicaciones á los ramos especiales para cuyo cultivo fueron instituidas, difundiendo la ilustracion por todo el reino, y haciendo progresar á la vez las artes todas, de que son indispensables auxiliares las ciencias.

Cuánta sea la influencia que así la escuela como el cuerpo de ingenieros de caminos han ejercido en esta época en la propagacion de las ciencias físico-matemáticas y sus aplicaciones, escusado es decirlo por ser de todos bien sabido; pero cúmpleme proclamarlo muy alto en la ocasion presente, en que por primera vez entra por las puertas de la Academia uno de los mas brillantes discípulos de la moderna escuela, uno de los primeros ingenieros del cuerpo. La acertada eleccion de las materias que constituyen la enseñanza, la estension que se les da, sus bien entendidos programas, y el rigor de sus exámenes y régimen, han granjeado á la Escuela de caminos una bien merecida nombradía, y han contribuido no poco á que en las demás escuelas especiales, así civiles como militares, se despierte una noble emulacion, que está dando los mas sazonados frutos, elevando entre nosotros el estudio de las ciencias á una altura tal que promete ponernos en breve al nivel de aquellas naciones que, mas afortunadas, se hallan á la cabeza del movimiento científico.

Los servicios del cuerpo están tambien patentes y escritos con caracteres indelebles en toda la superficie de nuestro suelo. Desde su organizacion en 1836, á pesar de la guerra civil de siete años, de las escaseces y aniquilamiento consiguiente de las fuerzas del país, no obstante los trastornos debidos á las divisiones nacidas en el seno mismo de los partidos políticos, las obras públicas han tomado un vuelo jamás

antes conocido en España. Vemos la península con sus costas bien iluminadas, mejorándose sus puertos, y cruzada ya de carreteras y vías férreas, en que nuestros ingenieros han ostentado su saber á la par de los extranjeros, dotando al país de obras que pueden sufrir la comparación con las hechas en aquellos que, sin sufrir las vicisitudes que el nuestro, nos han precedido por largos años en la carrera del progreso. Baste decir, limitándonos á un solo ramo, que á principios del siglo solo teníamos unos 1895 kilómetros de carreteras en mal estado de conservación; y si bien al terminar la guerra civil era mucho más crecida la cifra, su estado no podía ser más lamentable, efecto del abandono consiguiente á tan prolongada lucha, que absorbió por mucho tiempo los recursos todos de la nación. Con todo, en 1859 teníamos concluidos 12636 kilómetros de carreteras en toda España, 1100 en construcción, 6665 estudiados ó en estudio; habiéndose invertido en estas obras desde 1834 la respetable suma de casi 900 millones de reales. Estas cifras han ido creciendo rápidamente en estos últimos años, y contamos hoy además sobre 2000 kilómetros de ferro-carril en explotación, con muchos más en construcción ó concedidos y estudiados, y 6373 kilómetros de líneas electro-telegráficas explotadas por el Estado. Si no hemos adelantado tanto en la construcción de canales débese, no solo á los obstáculos que presenta nuestro sistema hidrográfico y la topografía del terreno de la península, sí que también á haber coincidido con la regeneración de nuestra patria el planteamiento de los caminos de hierro, que en los más de los casos reemplazan ventajosamente á los canales como vías de comunicación.

Con todo, en esta época se ha terminado el de Castilla, y emprendido el de Urgel y algunos otros de riego, ó para el abastecimiento de aguas á las poblaciones, como el de Isabel II, que trae á la Corte las del Lozoya, y es de todos ellos el más notable por la dificultad, número é importancia de sus obras, en cuya ejecución tanta parte, para gloria suya, le ha cabido al nuevo académico. Lástima que obras de tanto mérito estén escondidas en las escabrosidades de un terreno rara vez pisado por el viajero, que á no ser así serían por muchos visitadas y admiradas, sirviendo de estudio para los hombres del arte. Así también en

las carreteras, vias férreas y demás se encuentran obras de todas clases, notables por muchos conceptos, y que demuestran á la simple vista la influencia que las ciencias fisico-matemáticas han ejercido en las construcciones.

### III.

Bien quisiera poder seguir ahora paso á paso los progresos hechos por el arte de construccion, para hacer ver que han seguido paralelamente á los alcanzados por aquellas en las diferentes épocas que he recorrido, con harta lijereza para hacer justicia al asunto, pero con sobrada pesadez para la paciencia del auditorio. No lo considero por otro lado de necesidad absoluta, bastando en mi concepto para el caso recordar lo que nos enseña la historia de todos los pueblos, escrita en los monumentos que nos han legado. Así en los pueblos antiguos como en los modernos, las grandes construcciones pertenecian á las épocas en que en ellos florecieron las ciencias. Si estas progresaban, sus efectos luego aparecian en aquellas; si se estacionaban las primeras, nada adelantaban las segundas, que se reducian por lo regular en tales casos á copias serviles de unos mismos tipos. La masa sustituye en ellas entonces á las formas mas adecuadas y propias del caso, la fuerza bruta al saber en la ejecucion, y el empleo mas conveniente de los materiales es con frecuencia lamentablemente desatendido.

Con el progreso de las ciencias se aumenta mucho el número de estos empleados en las construcciones, se fijan las circunstancias en que mas conviene emplear cada uno de ellos, y se determinan las formas que deben dárselas para que con una masa dada ofrezcan el máximo de resistencia segun los esfuerzos á que han de verse sometidos, procurando así la economía y duracion de las construcciones á la par que su belleza.

Inútil, repito, me parece entrar mas de lleno en este orden de ideas, sobre todo despues de lo dicho por el nuevo académico en su discurso, y habré de seguirle á otro terreno, haciendo algunas observaciones en corroboracion de lo que en él se alega para probar la exactitud del tema que con tanto talento ha desenvuelto.

En efecto, sin el auxilio de las ciencias exactas, jamás hubieran podido llegar las construcciones al grado de perfeccion y desarrollo que hoy alcanzan en el mundo, donde á cada paso vemos aparecer nuevas maravillas; y en prueba de ello me limitaré á llamar vuestra atencion hácia los distintos medios que para llevar á cabo las obras se emplean hoy y se empleaban no hace mucho tiempo. Casi hasta nuestros dias todo lo hacia la fuerza muscular del hombre y de los animales, auxiliada por algunas máquinas de las mas elementales. Hoy las máquinas perfeccionadas, y en particular la de vapor, á la que solo parece que le falta la inteligencia para ser considerada como el hombre de hierro, sustituyen con inmensa ventaja bajo todos conceptos á la fuerza animal, ganando en ello la perfeccion del trabajo, la economia de las construcciones y hasta la dignidad del hombre. Pero nadie puede dudar que todas esas maravillas de la mecánica, y muy especialmente el admirable invento de Wat, no habrian existido sin el progreso de las ciencias físico-matemáticas.

Fundada la accion de la máquina de vapor en las dilataciones y contracciones producidas por el calórico en los vapores, preciso era pedir á la física el conocimiento de las leyes que rijen estos fenómenos á fin de poder aplicarlos para engendrar una fuerza con que producir un movimiento y vencer una resistencia, así como á la mecánica los medios mas adecuados para trasformar el movimiento rectilíneo alternativo, solo susceptible de emplearse en ciertos trabajos, en circular continuo, de mas general aplicacion; de regular la accion del motor y de trasmitirla convenientemente al operador, proporcionando la accion de aquel á la resistencia opuesta á este, y valiéndose al efecto para lo primero del péndulo cónico y otros aparatos, y del volante para lo segundo, aplicando el cálculo á todas sus partes.

Con los adelantos de la mecánica, así teóricos como prácticos, vemos á la máquina de vapor multiplicar sus trasformaciones segun las circunstancias en que ha de funcionar y los usos á que se destina; y empleando el vapor á presiones varias, haciendo ó no uso de la condensacion y de la expansion, la hallamos destinada á toda clase de trabajos, desde los mas delicados hasta los mas rudos. Asi tuerce el

algodon en hilo tan ténue que de una libra de este artículo produce una hebra de 268 kilómetros de largo, como forja un arbol de trasmision del mayor peso; esto último, y otros muchos trabajos titánicos análogos, por medio del tan ingenioso como util martillo de vapor de Nasmith, cuya accion se gradua hasta tal punto, que si se quiere cae con la suavidad necesaria para romper la cáscara de una avellana sin aplastar esta, ó da golpes con una energía pasmosa, capaz de vencer las mayores resistencias. En los talleres la vemos mover toda clase de máquinas, hacer toda clase de operaciones; en las minas desagua; en los campos la locomóvil riega, trilla y muele el trigo; en los ferro-carri-les recorre la locomotora el espacio con velocidades de hasta 70 millas por hora, y arrastra trenes enormes, cargados de centenares de viajeros ó de crecidísimas cantidades de mercancías. En los buques hace que con velocidad suma puedan estos recorrer los mares, desafiando la accion de los vientos, de las mareas y de las corrientes, y dando á las comunicaciones marítimas una fijeza casi independiente de los elementos.

En las obras públicas sirve para desaguar los cimientos de las hidráulicas, clavar las estacas, ó hacer el vacío cuando estos consisten en tubos ó cajones de hierro, moler los morteros, preparar, trasportar y elevar los materiales; procurando así, á mas de la perfeccion de la obra, una notable economía y una brevedad de ejecucion nunca antes conocida. En prueba de ello bastará citar el ejemplo de los dos puentes que en Burdeos atraviesan el Garona, de piedra el uno, construido hará unos 40 años, y el otro de hierro, recién hecho para el paso del ferro-carril. En la construccion del primero se invirtieron once años y 76 millones de reales, y en la del segundo 27 meses y poco mas de 13 millones de reales.

Todas estas y otras mil maravillas de la mecánica son hijas de las ciencias fisico-matemáticas, sin cuyos progresos ni existirian siquiera. Todas ellas exigen cálculos prolijos si han de producir los efectos apetecidos, y están demostrando patentemente la verdad del tema escojido por el Sr. Valle.

Como otro ejemplo de la influencia que ha tenido el progreso de

las ciencias en las construcciones, citaremos los puentes, obras estas de las mas delicadas que está llamado á dirigir el Ingeniero. Véas cuánto se ha adelantado en los tiempos modernos, aun en los de piedra, conocidos desde la mas remota antigüedad, compárense sus formas, masa y dimensiones, y se verá desde luego la ventaja que llevan las modernas á las antiguas construcciones.

La madera se presta maravillosamente á las exigencias de estas, y á no ser por lo fácilmente que se deteriora y perece ningun otro material le superaria, pues que en efecto ningun otro reune, como él, en tan alto grado la ligereza unida á la resistencia. Asi vemos en efecto, que si bien el hierro colado posee una tenacidad doble de la del pino, en cambio pesa quince veces lo que este; y es bien evidente que por muy resistente que sea el material empleado, si es pesado en la misma proporcion, el edificio con él construido tendrá en sí una causa de debilidad y á veces de prematura ruina. La aptitud de la madera para las construcciones es por sí evidente, y su superioridad, aparte de la duracion, está demostrada con solo recordar la luz dada en algunos puentes de Europa y América á los arcos y tramos de los mismos. Junto á Filadelfia, un solo arco de madera de 105 metros de luz salva el Schuykill. El puente de Vittingen sobre el Limmat tiene un solo tramo de 118 metros de luz; y pudiéramos citar muchos otros del sistema Town, de dimensiones que no se han alcanzado con ningun otro material. La poca durabilidad de la madera es su defecto capital, y este, si no del todo, desaparecerá en parte con los progresos de las ciencias, que ya nos han proporcionado los medios de aumentar en mucho su duracion, impregnándola, bien sea en el vacío ó por medio de la presion, de creosota ó de disoluciones de sales metálicas, que contribuyen á ello de un modo mucho mas eficaz que las pinturas y barnices aplicados al exterior, únicos medios hasta estos últimos años empleados con el mismo fin.

Los puentes colgantes son otro ejemplo de la aplicacion de las ciencias exactas á las construcciones, y de la influencia que en estas ejercen. En efecto, desde los tiempos mas remotos se conoce, así en el antiguo como en el nuevo continente, el medio de salvar un rio ó

barranco valiéndose de unas maromas suspendidas á cierta altura; pero en todos aquellos países en donde no ha penetrado la luz de la ciencia, son hoy lo que eran hace siglos esta clase de puentes. No así en los países cultos, en donde los conocimientos fisico-matemáticos han permitido construir en este género las obras mas ligeras y atrevidas quizás de cuantas se conocen, con gran beneficio para los pueblos, por lo bien que se prestan á salvar, sin apoyos intermedios y con notable economía, grandes barrancos y rios caudalosos, sin obstáculo alguno para la navegacion y el tráfico.

Son estos puentes de muy reciente fecha en Europa, donde hasta mediados del siglo pasado no se habia construido ninguno, erijiéndose entonces uno destinado solo para las personas. Establecióse en América el primero para carruajes á fines del siglo; pero tomaron bien pronto tal vuelo y se les dieron tales dimensiones, gracias á los conocimientos científicos de la época que alcanzamos, que el de Friburgo con un solo tramo salva la distancia de 265 metros. El construido por Telford sobre el estrecho de Menai, á mas de 30 metros de elevacion, tiene 176 metros de luz; y el de Niagara para el paso del ferro-carril del Canadá, obra cual pocas atrevida, no tiene menos de 250 metros de luz y 30 metros de elevacion sobre el rio. Sin los recursos del cálculo y de la mecánica moderna, ¿cómo intentar siquiera el realizar estas obras sorprendentes?

En estos puentes ya, bien en forma de cadenas, de cables de alambre, de viguetas ú otras, tropezamos con el hierro, sin cuyo auxilio tampoco se hubieran construido, y esto me conduce á tratar, siquiera sea imperfecta y ligeramente, otro de los puntos de que con tanta lucidez como acierto se ha ocupado en su discurso el Sr. Valle; del empleo del hierro en las construcciones.

#### IV.

Es el hierro el mas útil de todos los metales, como que en ningun otro se hallan reunidas en tan alto grado una gran tenacidad y ductilidad suma, con la facilidad de soldarse, la abundancia y consiguiente

baratura. Solo le falta para ser el material sobre todos preferido para las construcciones, que las ciencias nos proporcionen medios fáciles de sustraerlo por completo á la accion destructora de los agentes atmosféricos, problema ya en via de resolucion por medio de procedimientos que indica el Sr. Valle, y que llegará á resolverse á no dudarle: tanta es la fe que tengo en los adelantos de los conocimientos humanos. Poco diré, con todo, acerca de la fabricacion de tan precioso metal, pues que con tanto tino lo ha hecho el nuevo académico, en cuya memoria vemos los pasos que ha ido dando, desde que en las forjas á la catalana se reducian por medio del carbon vegetal los minerales ricos, únicos susceptibles de este tratamiento, obteniéndose así el hierro maleable en una sola operacion, hasta llegar al método comunmente seguido en el día, método que, como es sabido, se reduce al empleo de los altos hornos, los cuales con la sustitucion del coke al carbon vegetal han llegado á tener hasta 15 metros de elevacion, fundiéndose en ellos los minerales de todas clases con la castina, para separar las materias terrosas y obtener el hierro fundido, que se decarbura despues, afinándolo por medio de nuevas operaciones en los hornos de pudler y refino, sometiendo luego sus productos al forjado, empleando al efecto los martinets y trenes de cilindros, hasta conseguir asi el hierro maleable en todas las formas que exigen hoy las artes y la industria. Unicos medios son estos de poder conseguir las cantidades enormes de este metal que consumen las construcciones y la industria en el dia.

Sin el auxilio de la física, la química y la mecánica, todas estas operaciones se harian á ciegas; probablemente no darian resultados, ó los darian bien pobres confiando en la rutina. La teoría de lo que pasa en las diferentes zonas del alto horno, los efectos del aire caliente ó frio inyectado por las máquinas soplantes, y el cálculo de estas para producir efectos dados, presentan problemas que solo á la ciencia es dado resolver. Otros no menos interesantes se presentan en los hornos de refino, en el cálculo de los martillos y cilindros empleados en las forjas, en el de las máquinas que les dan movimiento, y de otras muchas á cual mas ingeniosas empleadas en su fabricacion. Para que se vea el influjo que el mas insignificante de estos adelantos debido al progreso de

las ciencias puede tener en las construcciones, bastará reflexionar que sin el empleo de los cilindros laminadores, destinados para forjar hoy el metal de que nos ocupamos, sería imposible fabricar el palastro, los rails y demás hierros de formas especiales de que tanto uso se hace en aquellas, con la precision, con la abundancia y con la economía requeridas por las necesidades de la época.

En dos estados se emplea el hierro en las construcciones, fundido y forjado; diferenciándose solo químicamente en la mayor proporción de carbono que tiene el primero, pero físicamente en su estructura, durabilidad y resistencia á las diferentes especies de fuerzas á que puede hallarse sometido. A la fundición le falta la maleabilidad y ductibilidad del hierro forjado, es menos resistente que este á la torsion, flexion y percusion, pero mas á la compresion, pudiendo además dársele por medio de la fusion, con facilidad suma, cualquiera forma que se desee; así que con ventaja puede emplearse el hierro en uno ó en otro estado segun las circunstancias del caso.

Viene haciéndose uso del hierro para las necesidades ordinarias de la vida desde la mas remota antigüedad, y aun en las construcciones lo vemos hace mucho tiempo introducido; pero hasta fines del siglo pasado no se hizo uso de este metal en la construccion de puentes, obras las mas notables en que se ha empleado, principiando entonces por el de la fundición en uno de medio punto y 30 metros de luz, que se construyó en Inglaterra, estendiéndose luego su empleo á otros paises, y progresando á punto que ya en 1818 construía Rennie sobre el Támesis el llamado de Southwork, de tres arcos, siendo el del centro, de sobre 73 metros de luz, el mayor que se haya hecho de este material, y bajo un sistema bien entendido que ha tenido despues bastantes imitadores. Seguíase en estas obras el principio mismo que campea en los puentes de fábrica; pero conocida ya la resistencia de las vigas de fundición de formas varias, por los estudios y experimentos hechos por varios ingenieros y constructores, se pensó luego en emplear estas vigas, ya sencillas ó bien armadas, en los tramos de los puentes, sobre todo cuando no podia disponerse de altura bastante para hacer uso de arcos. Se idearon al efecto mil combinaciones, y se han llegado á

construir tramos hasta de 21 metros, que han resistido bien al uso; pero pasado este límite, la fundición, aun combinada con el hierro forjado, se ha visto que es de un uso peligroso, no resiste á los choques, y en lugar de ceder paulatinamente, falta de repente.

De aquí nació, si no el abandono el descrédito al menos de tales construcciones, y las primeras tentativas del empleo del hierro forjado bajo diferentes formas, pero principalmente en la de vigas de palastro en que las chapas, unidas entre sí por remaches, están fortificadas por medio de barras en forma de *T* y de ángulo, dándoseles las dimensiones y formas que han enseñado los esperimentos y el cálculo. El primer puente de esta clase solo tenia unos 18 metros de luz, y la construcción de los caminos de hierro los ha multiplicado extraordinariamente, ya en la forma indicada, ya en la de celosía, recomendándolos su baratura en muchos casos, la facilidad de ejecución en todos, y lo bien que se adaptan á cualesquiera circunstancias. Los primeros de vigas de palastro fueron contruidos por Fairbairn, á cuyo saber y genio tanto deben esta clase de obras; y en sus talleres se han fabricado algunos de los mas atrevidos.

Los puentes de hierro mas notables, no solo por sus dimensiones sino por su posición, son sin duda los de que se ocupa el Sr. Valle en su escrito, el puente Victoria en el Canadá y el construido por Stephenson para el paso del ferro-carril que une á Inglaterra con la isla de Anglesey por cima del brazo de mar llamado estrecho de Menai. Proyectó primero para este punto aquel hábil ingeniero un puente de fundición con dos arcos de 137 metros de luz cada uno; pero insistiendo los Lores del Almirantazgo en que el arranque de los arcos habia de estar al menos á 30 metros sobre el nivel del mar, á mas de aumentar esto escesivamente el coste, lo hacia irreconciliable con la posición de lo rasante del ferro-carril, y forzoso le fué abandonar la idea, adoptando la muy atrevida de salvar los dichos espacios por medio de tramos horizontales de hierro en forma de tubos, lo que dió lugar á una série de esperimentos y cálculos para determinar la forma, dimensiones y distribución de la materia mas convenientes, para dar á los tubos la rigidez y resistencia necesarias para el servicio á que estaban destinados. Largo pero instructivo sería el hacer la historia de estos, hechos por Fairbairn y

Hodgkinson, y del modo de vencer las inmensas dificultades que en la ejecución de obra tan nueva como gigantesca no podrían menos de presentarse, y que no habría habido medio de superar en época en que las ciencias y las artes hubieran estado mas atrasadas que lo que están en los tiempos que alcanzamos. Baste decir que los tubos para cada tramo central, armados en una pieza del peso de 1.600 toneladas cada uno, tenían que elevarse hasta la altura de 30 metros; y lo que en otros tiempos hubiera sido imposible, se consiguió fácilmente por medio del empleo de prensas hidráulicas.

Muchos otros puentes de hierro, notables así por sus dimensiones como por otros conceptos, y contruidos modernamente, podríamos citar aquí, pero bastará hacerlo del de Burdeos, de 7 tramos y 500 metros de longitud; el de Colonia, de 415 metros de longitud en 4 tramos; el de Varsovia sobre el Vistula, de 6 tramos de 80 metros de luz cada uno; el de Szegedin sobre el Theis; y el de Kehl, que se está construyendo sobre el Rin, para dar á conocer hasta qué punto se ha llevado la aplicación del hierro en estas obras, que son por otra parte monumentos de los adelantos científicos de la época y del saber de los ingenieros que las han dirigido.

El hierro se ha aplicado además á toda clase de construcciones en nuestros días, entrando como elemento muy principal de todos nuestros edificios. Los soportes, vigas, armaduras y techos son en muchos casos de este metal, que va teniendo mayores y mas interesantes aplicaciones cada dia, segun que se aumenta la perfeccion de su trabajo y nuestros conocimientos. ¿Quién, por ejemplo, hubiera creído no hace muchos años que se habia de emplear para las construcciones navales? y sin embargo, hoy los mayores y mejores buques no son de otro material. El primero que se hizo de hierro, de pequeñas dimensiones, se construyó en Inglaterra hace 40 años, y hoy surcan multitud de ellos por todos los mares, habiendo llegado sus dimensiones á las extraordinarias del Great Eastern, que mide 211 metros de eslora y pasados 25 de manga, y de peso tal, que solo el lanzarlo á su elemento, aun con todos los medios perfeccionados que poseemos, costó mucho tiempo y un gasto de algunos millones.

Se puede formar una idea de las masas enormes de hierro que entran en algunas obras, recordando que en el puente de Southwork se invirtieron 4.585 toneladas de fundicion; en el de Britannia mas de 10.000 toneladas de hierro; 5.000 de este y 1.200 de fundicion en el de Burdeos; y 5.000 en el de Colonia, cuyo coste no ha bajado de 60 millones de reales. Pero es esto solo una pequeña parte del hierro que se consume para subvenir á todas las necesidades del hombre. Los ferrocarriles solo absorben cantidades inmensas, crecientes cada dia; y puede decirse con no poca exactitud, como han sostenido algunos, que el consumo de hierro es el mejor termómetro para graduar la altura á que ha llegado la prosperidad de un pueblo. Otro tanto puede decirse respecto del carbon mineral, cuya produccion y consumo corren parejas con los del hierro. Así vemos que entre nosotros el consumo de este no pasa hoy de 56.500 toneladas, y el de aquel de 302.000 toneladas, si descontamos lo que de uno y otro entra libre de derechos para la construccion de los ferrocarriles, mientras que la Inglaterra ha llevado la produccion del carbon en 1856 á 66.445.550 toneladas, representando un valor de 1.600 millones de reales, cantidad enorme, y que á excepcion de unos 5<sup>1</sup>/<sub>2</sub> millones de toneladas, que en el mismo año exportó á otros paises, consume su propia navegacion é industria, dando una alta idea de la vitalidad de aquel pais. La produccion del hierro en el mismo no es menos extraordinaria, y se ha desarrollado á la par con la de la ulla. Fué en 1796 de 125.000 toneladas. En 1850 de 700.000; y en 1856 de 3.586.377 toneladas, cuyo valor pasó de 1.300 millones de reales.

Por lo dicho se ve que el aumento en los últimos 25 años ha sido de mas de 400 por 100; mas de la mitad, ó sean unos 2 millones de toneladas, los ha esportado á otros paises en diferentes formas.

Por no hacer mas pesado este escrito no me decido á dar aquí el estado de la produccion del hierro y de la ulla en los diferentes paises, limitándome á apuntar que respecto del primero ocupamos el noveno lugar, y el octavo en cuanto á la segunda; y eso que contamos con todos los elementos para figurar en uno de los primeros puestos. Abundantes y ricos minerales de hierro existen en todas nuestras provincias,

y la superficie de nuestras cuencas carboníferas es de tal consideracion que, á pesar de no ser aún bien conocida la constitucion geológica de nuestro suelo, los criaderos explorados ya ocupan unas 140 leguas cuadradas, y se calcula que podrian suministrar mas de 4.800 millones de toneladas de combustible. En este punto somos la tercera nacion, viniendo despues de la Gran-Bretaña y de los Estados-Unidos. Para figurar en este mismo puesto entre las productoras de carbon y hierro, lo que principalmente nos falta es la propagacion de la instruccion científico-industrial, y comunicaciones rápidas y baratas en todas direcciones.

La poblacion, las contribuciones y el comercio exterior, son los elementos que principalmente pueden servir para juzgar del estado económico de los pueblos, y para dar, si no una idea exacta del puesto que ocupan en la escala de la civilizacion, para determinar al menos sus progresos materiales. El exámen de estos elementos nos da á conocer, que bajo el punto de vista de la poblacion, es España la sesta potencia de Europa, ocupando el mismo lugar en cuanto á contribuciones, pero que solo figura en el décimo lugar respecto de la importancia de su comercio exterior, y he dicho antes que el consumo de ulla y de hierro la asignan un puesto poco mas elevado; no es por tanto este consumo, como decia al principiar esta digresion, que me ha apartado por demás del asunto principal, mal termómetro para determinar la altura á que se halla un pueblo en la escala social, en la cual hemos ascendido no poco, gracias á nuestra regeneracion política y científica, en los últimos 50 años.

Conozco que he abusado de la paciencia del auditorio, pero es tan vasto el campo que á la mente presenta la consideracion del tema escogido por el Sr. Valle, tantas las consideraciones que en su apoyo se agolpan á la imaginacion, que pudieran escribirse tomos; no habiendo yo en mi incorrecto y mal ordenado escrito hecho mas que trazar á grandes rasgos el bosquejo del cuadro, siguiendo á larga distancia la interesante memoria á que en cumplimiento de un deber contesto. Bien quisiera, al concluir, poder lisonjearme con haber acertado al indicar someramente los progresos de las ciencias exactas, y la influencia que

han tenido en las artes de construcción, y mas especialmente en las que entra por principal elemento el hierro, ese metal útil cual ningun otro por sus innumerables aplicaciones, de que así se hace la delicada aguja que en las mas esquisitas labores emplean nuestras mujeres, como la espada del guerrero; la casa que habitamos, como el barco que surca los mares; la locomotora que en horas recorre de uno á otro confin los mayores estados, llevando el bien estar y progreso á todas partes, como el telégrafo, que suprimiendo las distancias y casi anulando el tiempo, lleva la palabra en alas de la electricidad á los confines del mundo civilizado.

