22-4-W-13.

NUEVA CONSTRUCCION

DE

CAMINOS DE FIERRO,

ADAPTABLE

AL TERRITORIO DESIGUAL Y MONTUOSO

DE NUESTRA PENÍNSULA;

leida en la

SECCION DE CIENCIAS FÍSICO-MATEMÁTICAS DEL ATENÉO

DE MADRID EL 22 DE MAYO DE 1844,

por

D. José Mariano Vallejo.

Madrid: 1844.

'Al siglo en que se haga mucho con poco, y no al en que se ejecuten con grandes gastos obras sin utilidad, es al que la posteridad reconocida tiene reservada una gloria duradera.'

GERSTNER.

JOSÉ MARIANO VALLEJO.

Á LA EDAD DE 46 AÑOS.

NUEVA CONSTRUCCION

DE

CAMINOS DE HIERRO,

AL ESQUITORIO DESIGUAL Y MONTUOSO
DE ALGUNAS PENINSULAS,

Leida en la

Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
de Madrid el 19 de Mayo de 1844,

POR

Don José Mariano Vallejo,

Presidente de la Comision Central de Caminos
del Reino, Diputado de Granada.

Con el retrato del autor;

y un extracto de la Memoria sobre las carreteras, los caminos de hierro y los canales de navegacion, por M. F. de Cambray, impreso en Praga en 1843, y traducida del aleman al Frances por M. F. S. Cornu. Seguidos de la presente, y calificados y escritos del Instituto de Francia, se imprime en 1844, con el fin de la introduccion del expresado Mr. Cornu.

MADRID: 1844.
Imprenta Clásica, propia del mismo autor,
Calle de Leganitos, núm. 47.

NUEVA CONSTRUCCION

DE

CAMINOS DE FIERRO,

adaptable

AL TERRITORIO DESIGUAL Y MONTUOSO
DE NUESTRA PENÍNSULA;

leida en la

SECCION DE CIENCIAS FÍSICO-MATEMÁTICAS DEL ATENÉO
DE MADRID EL 22 DE MAYO DE 1844,

por

DON JOSÉ MARIANO VALLEJO.
PRESIDENTE DE LA MENCIONADA SECCION, Y SENADOR DEL REYNO POR LA PROVINCIA DE GRANADA.

Con el retrato del autor;

y un estracto de la Memoria sobre las carreteras, los caminos de fierro y los canales de navegacion, por M. F. de Gerstner, impresa en Praga en 1813, y traducida del Aleman al Francés por M. P. S. Girard, Ingeniero en Gefe de puentes y calzadas, y miembro del Instituto de Francia, é impresa en 1827. Con el final de la introduccion del espresado Mr. Girard.

MADRID: 1844.
Imprenta GARRASAYAZA, *propia del mismo autor.*
Calle de Leganitos, núm. 37.

ADVERTENCIA.

En el Atenéo científico, literario y artístico de esta capital, se han dilucidado cuestiones de mucha utilidad, relativas á las Ciencias, Literatura, Historia, é Industria, tanto en las juntas de dicha Corporacion, y de sus Secciones, como en las cátedras que sostiene.

La Seccion de Ciencias Físico-Matemáticas, que tengo el honor de presidir desde su institucion, se ha ocu-

pado este año en varias sesiones, de discutir, examinar y comparar las ventajas que ofrece la prensa hidráulica sobre todas las demas, para la elaboracion del aceite, vino, sidra etc.; y despues fijó su consideracion en investigar si los caminos de fierro podrían proporcionar en España las mismas ventajas que en el Extranjero; y con este motivo, leí el 22 de mayo del presente año, en la citada Seccion, que es la 3.ª del Atenéo, la Memoria que ahora publico. Tomaron parte en esta discusion los Caballeros Ateneístas Orense, Tellez, Rodriguez, Al-

vear (D. Enrique), Subercase, y García de S. Pedro; todos manifestaron luminosas idéas, segun los diferentes puntos de vista bajo que cada uno consideraba la cuestion; y léjos de fastidiarse, llegaron las once de la noche, cuando todavía deseaban profundizar esta materia; y para no dejar dormir este asunto, se acordó que el primer miércoles del mes de junio se continuase tan importante discusion, leyendo yo el estracto de la Memoria de Mr. *Gerstner*, de que se hablaba en la mia; y que tambien va impreso á su continuacion. Algunos individuos

propusieron que la Memoria mia quedase sobre la mesa, para que se pudiese reflexionar mejor sobre su contenido. Y viendo yo el interes con que se tomaba este negocio, me comprometí á imprimirla, así como lo había hecho con la *Memoria sobre la separacion de la plata que contiene el plomo,* que leí en la misma Seccion, y que tanto influjo ha tenido en despertar nuestra industria minera. Tambien me ha parecido conveniente insertar el final de la introduccion que pone *Mr. Girard* á su traduccion de la Memoria de Mr. *Gerstner.*

Ahora debo advertir que, accediendo á los deséos que muchas personas han manifestado, he puesto mi retrato en esta obra. Y para que no se atribuya esto á presuntuosidad, ni á ninguna otra causa poco digna, me parece necesario detenerme algun tanto sobre este particular.

Yo me hallaba en Paris, con motivo de las circunstancias de aquella época, el año de 1825, justamente cuando estaba imprimiéndose en Madrid mi *Teoría de la Lectura*; la cual contiene mi *nuevo método analítico para enseñar y aprender á leer*, que tan prodi-

giosos resultados ha producido, y que, á la verdad, si materialmente no se ven, aparecen como increibles.

Mientras permanecí en el Extranjero, me mantuve enseñando Matemáticas, y á leer en Español, por mi espresado método, á Franceses, Ingleses y Alemanes, sin haber recibido socorro de ningun Gobierno. Mis discípulos me instaron varias veces á que me retratase, ya que aquella capital ofrecía tanta facilidad para efectuarlo á poca costa; y habiendo tenido despues que presenciar el sacar el retrato de otra persona, tanto esta como el re-

tratista me hicieron tales reflexiones, que me decidieron á ello.

Conservé mi retrato en el cofre tanto en Paris como en Madrid, sin hacer ostentacion de ninguna especie, hasta que ocurrió el incidente que voy á manifestar, segun resulta de la nota que me pasó D. José López y Sagastizabal, sobrino del Excelentísimo Sr. D. Andres López y Sagastizabal, mi adorado Gefe en el Seminario de Nobles de Madrid, y que despues fué Gobernador de Cádiz en la guerra de la independencia, &c. y dice así:

"La Sociedad Económica

de amigos del pais de la ciudad de Santiago, cuyas útiles taréas desde su establecimiento en 1785 son bien conocidas por los Españoles ilustrados y amantes de la verdadera gloria de su patria, no podía mostrarse pasiva al exámen del método de leer inventado por el Sr. D. José Mariano Vallejo; con tanta mas razon que ella tenía proyectado el plantear una escuela de instruccion primaria formada sobre mejoras reconocidas. Con efecto, acordó que se ensayase dicho método para proceder en vista de los resultados. Cuatro de sus dignos indivíduos y

un maestro particular del pueblo se ofrecieron al intento, combinando aquel método con el de la enseñanza mútua. El éxito mas felíz coronó los trabajos de tan digna comision, y en octubre de 1834 se celebraron exámenes públicos, en la sala capitular del Muy Ilustre Ayuntamiento, en presencia de las autoridades y de las personas mas respetables por su gerarquía social y por su ilustracion. En aquel acto, doce niños y ocho niñas, que nada sabían, leyeron en el catecismo de Fleuri á los veinte dias lectivos.

Reconocida la bondad del método indicado de leer, acordó la Sociedad: que en la proyectada escuela se enseñase por el mismo; y para dar al autor una prueba del alto aprecio que la merecía, le declaró Sócio de mérito, disponiendo que su retrato se colocase en dicha escuela. Bien conocía la Sociedad cuan difícil sería vencer la modesta repugnancia que presentaría el Sr. de Vallejo en acceder á la segunda parte de su acuerdo; pero la mediacion de uno de los Socios, individuo tambien de la comision referida, á quien aquel Sr. dispensaba particular

amistad, y sobre todo, las gestiones practicadas al efecto por el Excmo. Sr. Marques de Sta. Cruz y S. Esteban, Director de la Corporacion, facilitaron obtener un retrato, que, á instancias de personas ilustradas, se habia sacado en Paris en abril de 1825, al mismo tiempo que se imprimía en Madrid su *Teoría de la Lectura*. El espresado Sr. Director de la Sociedad, á quien esta tantas consideraciones debe, quiso hacerla el nuevo obsequio de costear la impresion del mencionado retrato; dispensando al mismo tiempo otro servicio de mucha consideracion á la mis-

ma Sociedad, que recordará siempre con placer su grata memoria.

En efecto, el Excmo. Sr. Marqués de Sta. Cruz y S. Esteban, Prócer entónces del Reino, se presentó en mi casa con la mayor finura y atencion; me instruyó del acuerdo de la Sociedad, rogándome en su nombre, que me dejase retratar; pues hasta entónces nadie tenía noticia del retrato sacado en Paris. Yo agradecí mucho la alta distincion que la Sociedad de Santiago me había dispensado en su acuerdo, y supliqué al espresado Sr. Marqués, que le manifestase mi mas cor-

dial gratitud; y que yo estaba pronto á corresponder á tan alta distincion, prestándome á cuanto la mencionada Sociedad tratase de exigir de mí. Pero, que, pues de lo que se trataba era de obtener un retrato mio, debía manifestarle, que estando yo en Paris en el año de 1825, á instancia de varias personas ilustradas, que estaban muy entusiasmadas por mi *nuevo método de lectura*, me habia retratado, y que si la Sociedad de Santiago lo que deseaba era tener el retrato de la persona, que era el autor de dicho método, lo que mas convenía era que

yo exhibiese dicho retrato para que se grabase ó litografiase; que esto era tanto mas ventajoso, cuanto en aquel mismo tiempo se estaba imprimiendo en Madrid la mencionada *Teoría de la Lectura*, y que yo tenía entónces cuarenta y seis años, edad en que el hombre reune la circunstancia de conciliar las luces que suministra la esperiencia con la robustez de las facultades físicas, intelectuales y morales; y que las contrariedades é infortunios que había yo sufrido despues, habían de tal modo alterado mi físico, que apenas parecía yo el mismo

hombre, que inventó dicho método. El Excmo. Sr. Marqués se convino en lo que le indiqué: se llevó el retrato, y á poco tiempo me lo devolvió, entregándome dos ejemplares litografiados, uno en papel fino, y otro en papel regular.

Los compromisos que ocurren con frecuencia en la Sociedad, me obligaron á que me desprendiese de los dos espresados ejemplares; en términos, que en el dia, si tengo uno, se debe al incidente que voy á referir.

Por Real órden de 16 de noviembre de 1833, siendo Ministro de Fomento el *Excmo. Sr. D. Francisco Xa-*

vier de Burgos, se mandaron establecer, á propuesta mia y bajo mi inmediata inspeccion, dos Escuelas una para cada secso, con el doble carácter de ser *Normales*, para formar Profesores que enseñasen por este método, y de que al mismo tiempo fuesen *Escuelas para enseñar á los adultos*, y que la generacion presente recibiese algun beneficio, ya que le ha cabido la suerte de padecer tantas desgracias, infortunios y penalidades. La matrícula se abrió el 19 de noviembre, como prevenía la citada Real órden, para solemnizar los dias de nuestra idolatrada

Reina D.ª Isabel 2.ª; y las escuelas se abrieron el 25 del mismo mes y año.

Los maravillosos resultados, que desde luego se hicieron patentes, llamaron la atencion de todo el público ilustrado; y nuestra Excelsa Reina Gobernadora D.ª María Cristina de Borbon las visitó á los 18 dias de abiertas; y tanto S. M. como las personas que la acompañaban, quedaron verdaderamente asombradas, al ver que en tan corto tiempo había ya muchos discípulos y discípulas, que habiendo entrado sin saber nada, estaban leyendo en libro; buscaron en él la pá-

gina por donde le abrió S. M. y leyeron y escribieron en números romanos hasta la fecha de aquel año.

El 27 de abril de 1834, esto es, á los cinco meses de abiertas las Escuelas, se celebraron exámenes generales para solemnizar el fausto natalicio de nuestra Excelsa Reina Gobernadora; y merecieron tal aprobacion, que los concurrentes manifestaron los mas vivos deséos de que se imprimiese su resultado, como se verificó en un cuadernito, del cual todavía se hallan algunos ejemplares en la librería de doña Antonia de Sojo.

Despues se celebraban exámenes generales dos veces al año; á los cuales asistieron en diferentes ocasiones los Excmos. Sres. Presidentes de las cuerpos Colegisladores; los Excmos. Sres. Secretarios del Despacho, Subsecretarios, Senadores, Diputados, las Autoridades principales de la Capital, y un concurso numeroso é ilustrado; y la prensa de aquel tiempo, tanto periódica como la que no lo era, han publicado mucho sobre este particular; y el que guste enterarse mas á fondo de las inmensas utilidades que produgeron dichas Escuelas y del método seguido

en ellas, podrá consultar entre otras, la Gaceta de Madrid de 4 de febrero de 1838, la introduccion de la segunda edicion del *Modo de poner en ejecucion el nuevo método de leer publicado bajo el título de Teoría de la Lectura*, la introduccion de la tercera edicion de la mencionada *Teoría*, y la nota del párrafo 85 de la *Memoria sobre la separacion de la plata que contiene el plomo.*

A pesar de todas estas ventajas, las mencionadas Escuelas se llegaron á cerrar en virtud de la Real órden de 15 de junio de 1839, que se inserta en la nota del párrafo 600 del 2.º tomo de

la cuarta edicion de mi *Compendio de Matemáticas.*

Las discípulas de la Escuela Normal de mugeres, luego que supieron que se hallaba venal mi espresado retrato, lo compraron á escote, le pusieron un marco, y con cierta solemnidad le colocaron un dia de exámenes en la Sala principal de la enseñanza; y como aquel era un obsequio hecho personalmente á mí, al hacer la entrega de los efectos de la Escuela, me remitieron á mí el retrato, que es el único que conservo.

El público acogió con aprecio la publicacion del espresado retrato, pues que

los ejemplares que pusieron venales se acabaron en muy poco tiempo; y aun para la misma Sociedad de Santiago llegaron á escasear, pues han tratado de hacer una nueva edicion.

Muchas personas se han dirigido á mí, creyendo que yo habia tenido parte en esto, para que les proporcionase retratos; y aun ha habido quien me ha ofrecido costearle, como aparece en la página LXXVI de la introduccion de la tercera edicion de la *Teoría de la Lectura.*

En vista de todo lo espuesto, me decidí á grabar el original de París, y poner-

le en alguna de mis obras. Las que tengo publicadas son todas de utilidad general, y están destinadas para la enseñanza; las cuales conviene que circulen á precios sumamente moderados, por aquella máxima tan favorita mia, y que tantas veces he repetido, de que dichas obras *no solo se deben poner al alcance de todas las inteligencias, sinó tambien al alcance de todas las fortunas.*

Pero, en esta me parece que el esceso de precio, que origine la insercion del retrato, no podrá causar perjuicios de consideracion á las personas que gusten ad-

quirirla; y por la misma razon, me he decidido á que la impresion tambien sea esmerada.

Ademas de las razones espuestas, debo manifestar una opinion mía sobre publicacion de retratos; y es que en mi concepto el progreso de las luces llegará á tal grado de perfeccion, que al ver á una persona ó su retrato, se podrá venir en conocimiento de sus facultades físicas, intelectuales y aun morales. Y para llegar á este grado de perfeccion, contribuirá estraordinariamente el que se comparen muchos retratos con las acciones de las personas

que les han servido de originales, y que por lo mismo, el dar á luz ahora mi retrato, léjos de podérseme atribuir á vanidad, deberá considerarse como una nueva prueba de mi vehemente deséo de cooperar á que se perfeccionen los conocimientos humanos, y se difunda cada vez mas la civilizacion.

Por último, ruego á los lectores, que, aunque no les parezca tan ventajoso lo que proponemos, sin embargo, tengan en consideracion, que en Inglaterra, que debe tomarse como modelo en estas materias, *una tentativa infructuosa se considera*

como un esperimento útil; y una tentativa, cuyo éxito es felíz, se considera como un triunfo nacional, y una fuente fecunda de honores y de riquezas. Y tambien les rogamos que mediten bien el final de lo que ponemos al terminar el estracto de la Memoria de Mr. *Gerstner*; porque en España corren ciertas idéas equivocadas, que en todos tiempos nos han causado perjuicios de consideracion; y una de ellas es, que cuando *se trata de hacer una cosa cualquiera, se emprende su ejecucion, de manera que sea la mas asombrosa del mundo, y no la que mas convenga á nues-*

tros intereses y circunstancias. Por este motivo, no se deberá estrañar el que alguno, al comparar los suntuosos caminos de fierro, que hay en el extrangero, con la humilde construccion del que proponemos para Jerez y para Asturias, miren con menosprecio nuestra propuesta: sobre lo cual se debe tener presente, que en toda empresa lo que se debe procurar es que *cueste poco* y que *produzca mucho.* Para corroborar esta verdad, recordarémos un hecho, que, sin herir al presente ninguna susceptibilidad, ofrece un ejemplo de lo

que se debe ahora evitar.

El canal de Aragon se principió con una suntuosidad estraordinaria, y se le dió mas ancho que el regular, sin otra mira que satisfacer la *estéril* vanidad de que se digese; que *era mas suntuoso que el canal de Languedoc.* Y por esta inútil y perjudicial presuntuosidad se han gastado muchos millones sin que se hayan obtenido las utilidades convenientes. Y así, no se debe jamas olvidar la sentencia de Mr. *Gerstner*, de que *al siglo en que se haga mucho con poco, y no al en que se ejecuten con grandes gastos obras sin uti-*

lidad, es al que la posteridad reconocida tiene reservada una gloria duradera.

Señores.

1 Antes de publicar mi *Tratado sobre el movimiento y aplicaciones de las aguas*, siempre que se hablaba de fomentar las comunicaciones interiores de la Península, se encomiaba como único recurso la apertura de canales, por ver que estos producían grandes ventajas en el Extranjero, sin considerar la contraria disposicion del territorio español; pues en el Extranjero, donde los canales han producido ventajas, el terreno es llano; y en España, el terreno es sumamente desigual y montuoso.

2 Por este motivo, en los párra-

fos, desde el 30 al 41, del libro 1.° de dicha obra, demostré las inmensas dificultades que presentaba el establecer las comunicaciones interiores en España por medio de canales; y que lo mas acomodado á nuestra situacion *geológico-topográfica era el canalizar nuestros rios*: y desde entónces ha cesado el clamoréo de los canales, y se ha sustituido, con muchísima razon, el tratar de la canalizacion de nuestros rios, como se deduce de lo proyectado para establecer la navegacion del Duero.

3 Las mismas razones hay acerca de los *caminos de fierro*. Estos se han establecido por lo general en parages llanos; y se han arreglado á estos terrenos los principios científicos de su construccion: y como nuestro territorio es tan quebrado y desigual, resulta, que si querémos establecer los caminos de fierro, por los mismos procedimientos que se hacen en el Extranjero, hallarémos inmensas dificultades, y de ninguna manera nos traerán utilidad; por lo cual

es absolutamente indispensable investigar una nueva construccion adaptable á nuestro pais. Esta construccion, la tengo yo ideada hace mucho tiempo; en términos, que en el mismo párrafo 41 del espresado libro, impreso en 1833, digo: "uniendo estas líneas de comunicacion acuática, con la de caminos de fierro, de mi invencion en los parages convenientes, se puede establecer un sistema de comunicacion interior de toda la España, tan sencillo, pronto, fácil y económico;.... que, segun manifiesto en el párrafo 201 del libro 9.° del mismo Tratado, resultaría "*Madrid en comunicacion directa con el mar por ocho puntos, á saber: con el océano en el mar Cantábrico por Orio y por Suances. Con el mismo océano, ya en el mar Atlántico, por Oporto, Lisbóa, Ayamonte y San Lúcar de Barrameda; y con el mediterráneo por Alicante ó Guardamar y por Tortosa.*"

4 La obra para esponer mi citada nueva construccion de caminos

de fierro, la tengo principiada desde hace mucho tiempo; y me proponía en ella poner un estracto de la *Memoria de Mr. Gerstner sobre las grandes carreteras, los caminos de fierro y los canales de navegacion*, impresa en Praga el año de 1813; que es la primera obra que se ha escrito relativa á esta materia; el manifestar despues los diferentes sistemas de caminos de fierro; y luego dar á conocer mi nueva construccion: terminando con indicar los parages en que se deberían establecer los primeros caminos de fierro en España.

5 Mis vicisitudes no me han permitido llevarla á cabo; y habiendo resuelto esta Seccion del Atenéo el tratar hoy la cuestion de *si en nuestro pais originarán los caminos de fierro las mismas ventajas que han producido en otros*, me ha parecido que no sería inoportuno el manifestar por escrito mi opinion, formada hace mucho tiempo, de que por ningun título puede ser esto realizable con ventajas.

6 En efecto, el territorio de nuestra Península ofrece tantas subidas y bajadas, que, para establecer los caminos de fierro por el sistema ordinario, sería preciso hacer tantos y tan grandes terraplenes, desmontes y taladramientos de montañas, que por ningun título sufragarían los productos á los inmensos gastos de construccion y conservacion. Con este motivo, me parece ser esta una ocasion oportuna para dar á conocer mi nueva construccion. La premura del tiempo no da lugar á estenderme tanto como yo desearía; por lo que me limitaré á lo mas indispensable.

7 *D. Gregorio Gonzalez Azaola* tradujo del inglés la obra del ingero civíl *Mr. Tredgold* sobre construccion práctica de caminos de fierro; la cual no contiene ninguna figura en que se represente el sistema de *Mr. Enrique Palmer*, tambien ingeniero civíl; y como mi nueva invencion no es mas que una modificacion del sistema de este, principiaré por dar á conocer lo mas esencial.

8 Para formar una idéa del sistema de caminos de fierro de *Mr. Palmer*, basta considerar las tres figuras 1, 2 y 3. La 1.ª representa el corte ó seccion del camino y de los cajones donde van los géneros. La figura 2.ª es su elevacion ó la vista del costado del camino de fierro; y la figura 3ª es su planta. Las mismas letras se refieren á las mismas partes en las tres diferentes figuras.

A representa un pilar ó pie derecho colocado verticalmente; *aa* representan las cuñas que sostienen las barras B de fierro, ó de madera cubiertas de fierro, y que tienen una posicion horizontal.

DD son las ruedas; EE los ejes unidos á las barras F y G; HH los cajones donde han de ir los géneros que se trasportan. Una cadena está fija al uno de los ejes y al cajon en el punto K. Al estremo de dicha cadena, se fija la cuerda de sirga, de la cual tira una ó mas caballerías, y que conduce uno ó mas carros tirados unos de otros por cadenas

fijas á los ejes. **P** representa el caballo, buey etc. que sirve de potencia para conducir el convoy, y que va por el camino **RS**. Y como en vez de cuatro ruedas, que contiene el carro de los sistemas ordinarios, aquí solo hay dos, que están en línea recta, juzga *Mr. Palmer* que la relacion del rozamiento á la carga ó presion es de 1 á 300.

Como los cajones están mas bajos que las barras, que forman el camino de fierro, el todo del sistema tiene el centro de gravedad muy bajo, y no se deben temer las oscilaciones que pudieran originar el que las ruedas se salgan de las barras del sistema; y ademas, por causa de la trabazon de sus partes, poco importa el que los cajones estén desigualmente cargados.

9 Entendido esto, se comprenderá fácilmente mi sistema de caminos de fierro; el cual consiste en *suprimir el camino de sirga ó de la caballería, y en colocar las barras con algun declive hacia adelante, para que*

solo el impulso de la gravedad haga caminar el sistema de los dos cajones; y entónces la figura 2 del sistema de *Mr. Palmer*, tendrá en el nuestro la forma que representa la figura 4; espresando el ángulo *mon* el declive que forma la parte superior de las barras, que representamos por *on*, con la horizontal *om*.

10 Para que se efectúe el movimiento, se reduce la dificultad á combinar el impulso de la gravedad con la ley de los rozamientos: en el concepto de que, por poco que sea el declive que se dé á las barras, siempre será suficiente el impulso de la gravedad para vencer los obstáculos que ofrece el rozamiento; y como el impulso que comunica la gravedad, tanto verticalmente como por planos inclinados, es uniformemente acelerado, resulta que, por lo general, mas bien ocurrirán casos en que haya necesidad de disminuir el impulso que comunica la gravedad, que no el tratar de aumentarle. Sin embargo, cuando ocurra el que no haya suficiente

declive para vencer la friccion, se puede conseguir el movimiento, ó por un impulso inicial, ó estableciendo el principio del movimiento algo mas alto, subiendo convenientemente los géneros que se han de trasportar.

11 Para disminuir los efectos de la accleracion, que produce la gravedad, principalmente al fin del camino, y en las grandes bajadas, se pueden emplear varios medios. Uno de ellos es el dar á las barras un *contra-declive*, lo que es fácil al fin del camino; y otro es el hacer uso del mecanismo que representa la figura 5, que gira alrededor del eje O. De donde resulta, que viniendo la rueda en la direccion de A á B, si lleva mucha velocidad, hará inclinar la cuchilla *m* y pasará por encima de ella; lo cual hará que pierda el carro la parte del impulso que se necesita para desviar el peso *p* de la posicion que guarda verticalmente. Luego que haya pasado el carro, volverá la cuchilla á su posicion natural; y si el carro retrocede, la cuchilla le

detendrá y quedará parado, ya para descargarle, ya para variar de direccion, etc.

12 Combinando varios mecanismos de estos, que podrán ser de diferentes tamaños, con el contra-declive de las barras, se podrá conseguir el que, por mucha velocidad que lleve el carro al fin del movimiento en el camino de fierro, quede en reposo para los efectos que puedan convenir.

13 Contribuye tambien á disminuir el esceso del impulso que comunica la gravedad, el que la resistencia que ofrece el aire á los cuerpos, que en él se mueven, es proporcional al cuadrado de la velocidad.

14 Ahora, como el curso de los rios tiene siempre un declive natural, y todas sus orillas están mas altas, resulta que desde cualquier parage, inmediato á un rio, se puede establecer, hasta el mar un camino de fierro de esta naturaleza, sin temer que deje de surtir efecto: pudiéndose realizar, no precisamente en línea recta, sinó siguiendo cualesquiera direccio-

nes, con tal que las mudanzas se hagan por curvas de tal curvatura, que siempre las dos ruedas del carro puedan pasar por ellas sin violencia, y sin causar rozamientos estraordinarios.

15 Tambien se verificará, que no se necesita el que la direccion de todo el camino de fierro tenga la inclinacion ó declive en un mismo sentido; lo cual ahorra muchos gastos en la construccion, evitando el tener que hacer desmontes y terraplenes de consideracion; y ademas de los ahorros que proporciona el no tener que hacer camino de sirga, y el no haber necesidad de emplear fuerza motriz para el trasporte, se reune la circunstancia de no tener que hacer en el terreno mas operacion que colocar los pilares ó pies derechos: lo cual producirá un ahorro de gastos de mucha consideracion.

16 Para aclarar esto, basta observar que, principiando el camino de fierro en A figura 6, llegará el carro hasta B sin dificultad. En B tendrá

la velocidad que imprime la gravedad á la altura AM disminuida en la cantidad correspondiente al rozamiento. Y con tal que CN no sea mayor que la altura debida á la velocidad en B, unida á la altura correspondiente á la pérdida de velocidad que puede causar el rozamiento al subir el sistema por BC, resultará que dicho sistema pasará por C; llegará á D, y de este modo continuará hasta G, donde quedará en reposo por los medios ya indicados y que representa la figura. Todo esto comprueba lo que ya tenemos dicho (10), á saber: que la principal dificultad se reduce á combinar las leyes de la gravedad con las del rozamiento.

17 Yo me propuse hacer esperimentos directos sobre este particular, en union con nuestro famoso artista *D. Andrés Taboada*, sugeto ilustrado y de una estraordinaria destreza; pero, al tiempo de ir á principiar nuestros ensayos, fué elejido Rejidor del Excelentísimo Ayuntamiento de Madrid; y no pudimos

llevar á cabo nuestro pensamiento.

18 Pero, aunque no hemos hecho estos esperimentos, las personas que estén versadas en lo que esponemos en los párrafos 275 al 297 de nuestra Mecánica, y en la nota del párrafo 131 del libro 5.º del *Tratado de las Aguas*, no solo no dudarán de la verdad que aseguramos, sinó que acaso, por sí mismos, podrán hacer las operaciones convenientes para los casos que les puedan ocurrir.

19 En cuanto al tiempo del trasporte, si se tiene en consideracion la ley de los espacios que la gravedad hace correr á los cuerpos, y se especifica párrafo 343 de nuestra Mecánica, no se concibe, que se pueda obtener por otro medio una velocidad mayor, á pesar de la modificacion que sufren dichos espacios, al bajar por planos inclinados, en la forma que manifiesta el (§. 354) de la misma obra.

20 Como nuestro territorio es tan montuoso, debemos ahora dirijirnos á manifestar, qué es lo que se de-

be hacer cuando el camino ha de subir por las altas montañas. En este caso, se reduce la dificultad á establecer de trecho en trecho unas especies de torres, que sirvan cada una de punto de apoyo al camino de fierro, segun representa la figura 7. Dentro de la torre podrán estar las habitaciones de los operarios, y la máquina fija que ha de obrar para subir los carros, y que podrá funcionar por medio de caballerías ó bueyes; y aun por hombres; por corrientes de agua, ó por bombas de vapor. Subido el carro al punto mas alto de la torre, continuará por un trozo de camino, por la falda de la montaña, con el menor declive que permita la combinacion de la ley de los rozamientos con las de la gravedad; y á su estremo, se colocará otra torre, y así sucesivamente.

21 Todas las demas dificultades que puedan ocurrir, como son el cambiar la direccion del camino, el atravesar un rio ú otro camino etc. etc., se vencerán en este sistema de caminos de fierro, por procedimientos

iguales, análogos ó semejantes á lo que ya se conoce en los otros sistemas.

22 Cuando se quiera que un camino de fierro sirva para ida y vuelta, será necesario ó hacer dos vias, una para la ida y otra para la vuelta, ó al ménos de trecho en trecho hacer estas dobles vias por procedimientos análogos á los que hoy se practican en los caminos de fierro ordinarios. Y aun hay géneros de trasporte y localidades en España, en que no se necesite ni aun subir los cajones para nuevas cargas, ó que solo se tengan que subir algunas piezas de poco peso, y cuya subida se podrá efectuar con ventajas por los procedimientos ordinarios.

23 Por ejemplo, si se estableciese un camino de fierro de esta naturaleza desde Jerez de la Frontera al Portal, donde se embarcan los vinos para su estraccion al Extranjero, podrían conducirse las pipas ó barricas desde la puerta de las bodegas al mismo barco, sin emplear

ninguna fuerza motriz; y en este caso no se necesitaban cajones; bastarían algunas piezas de fierro, por medio de las cuales se suspendiese una pipa á cada lado y llegasen hasta el barco; y luego que las hubiesen descargado, trasportar otra vez al principio del camino las espresadas piezas ó en carros ó en caballerías etc. En cuyo caso, las ruedas podrían ser de madera, para que pesasen ménos, y se deberían hacer todas las mencionadas piezas, de modo que se conciliase el que tengan la competente resistencia con el menor peso posible; y aun se podrían formar las ruedas, de modo que pudieran servir de poléas en los aparejos de los buques, y crearse un nuevo ramo de estraccion.

24 Puede haber tambien localidades en que, al principio del camino, haya efectos metálicos, maderas, esparto, mimbres, sarmientos, cañas, lonas, etc. que se puedan disponer para que sirvan de cajones, y que no haya necesidad de volverlos á tras-

portar al principio del camino, para cargar nuevos géneros, ó que solo se necesiten trasportar algunas piezas determinadas. Y si esto se verificase en los puntos altos del curso del Duero, se podría formar un camino de fierro desde dicha parte hasta Oporto; y servir para la estraccion de los granos de Castilla y otros efectos; y de este modo acaso se allanarían las dificultades y exigencias que ha puesto el Gobierno Portugués á la realizacion de la navegacion del Duero.

25 En este caso, se podrían trasladar los maderos por un camino de fierro de esta naturaleza hasta Toro, Zamora, ú otro punto que mas conviniese; y en todos estos parages convertir estos maderos en tablazon, que pudiera servir de cajones, donde se colocasen los granos que se hubiesen de estraer; y desde cualquiera de estos puntos se podría enlazar un ramo de camino, para que se verificase la estraccion de granos sin necesidad de acarrearlos estos á un solo parage del camino de fierro.

26 Pero la localidad que mas debe llamar la atencion de todos los Españoles es la de Asturias, para establecer allí un camino de fierro, por el cual se diera salida á los abundantes y esquisitos carbones de piedra, que ofrecen los muchos y escelentes criaderos que hay en aquel pais. Yo he meditado mucho la sapientísima y juiciosa *Descripcion Geognóstica del terreno de carbon de piedra de Asturias, hecha de Real órden en* 1830, *por los Sres. D. Joaquin Ezquerra; D. Francisco García, D. Rafael Amar y D. Felipe Bauzá, comisionados al efecto;* y en virtud de los datos en ella contenidos, y lo que yo tengo premeditado sobre mi sistema, se podría construir un camino de fierro, que cargase el carbon de piedra en los mismos criaderos del concejo de Langréo, y lo descargase en los buques situados en el *Soto del barco*, no léjos de Pravia, ó en depósitos acomodados para la estraccion; y de donde se podrían trasportar á los diversos mercados del Globo.

27 Esto se podría realizar sin tener necesidad de volver á subir los cajones para bajar nueva carga. En efecto, se debería principiar por establecer un horno alto en el criadero del mineral de fierro mas adecuado, de los que aseguran los espresados comisionados existir muchos en aquellas localidades.

En este horno alto se debería hacer la primera fusion del fierro (3), conciliando todas las economías, y moldeándole de modo que sus diferentes piezas puedan disponerse en forma de cajon, de ruedas etc. Con lo cual llegaba la fundicion de fierro y el carbon de piedra al fin del camino de fierro, que podría descargar ó en un buque ó en un depósito; y de este modo se tenía en la orilla del mar no solo el carbon de piedra sinó la fundicion de fierro.

28 En el parage donde finalizase dicho camino de fierro, se debían establecer los aparatos necesarios para convertir, por el método inglés, la fundicion de fierro en fierro for-

jado. Con lo cual teníamos en la orilla del mar, no solo el carbon de piedra, sinó la fundicion de fierro y el fierro forjado. Y de este modo se obtendrían á muy bajo precio los pilares y barras que se necesitaban para dicho camino, y otros que se estableciesen; y despues se podría trasportar la fundicion de fierro, el fierro forjado y el carbon de piedra, á mas bajo precio que lo podría dar ninguno de los establecimientos conocidos hasta el dia; de lo cual resultaría no solo la felicidad de Asturias, sinó la de toda la España, con inmensos beneficios de todos los consumidores en las diferentes regiones á que se condujesen; pues estos tres artículos son la principal base de las artes industriales en todo el mundo.

29 Resta ya solo indicar algo acerca del coste. Sobre lo cual, se advierte desde luego, que en esta nueva construccion, nos ahorramos todo lo relativo á la fuerza motriz, escepto la que se debe emplear para

las grandes subidas. Se ahorra todo el gasto del terreno qne ha de ocupar el camino; pues aquí basta una simple vereda en algunos parages, por si hay composturas que hacer. Los únicos gastos de consideracion son los pilares ó pies derechos, y las barras que han de formar el camino.

30 Los pilares ó pies derechos, y las barras, se pueden hacer en cualquier parte; y para formar alguna idéa de su coste, basta decir, que los citados pilares podrán ser parecidos á los que en el Palacio de Madrid sostienen los faroles del alumbrado por el gas. Tengo entendido, que, á pesar de haberlos traido de Inglaterra, cada uno, ya colocado y puesto en estado de servicio, ha tenido de coste quinientos reales. Y como yo en todos los presupuestos que hago, trato de no exagerar las ventajas, reputaré que cada pilar, colocado en su sitio, tenga de coste igual cantidad, esto es, quinientos rs. Y suponiendo que se colocasen de 20 en 20 pies, se deberían hacer las

barras de la misma longitud; las cuales, puestas en el parage donde habrían de servir, se podría computar que cada una costase á lo mas, doscientos rs.; en cuyo caso, cada 20 pies de camino venía á costar setecientos rs.; y como la legua española contiene veinte mil pies, resulta que la construccion de una legua de camino de fierro, por mi sistema, vendrá á costar setecientos mil rs. Esto sería en un principio; pero como todas las industrias, análogas á esta, disminuyen de precio á proporcion que aumentan los consumos, si esto se llegase á establecer, se podría reducir el gasto á muchísimo ménos; en términos que aun haciendo dos vias, una de ida, y otra de vuelta para las localidades en que sea necesario que vuelvan los cajones, siempre resultarían grandes economías. Y á pesar de los pocos datos que tenemos en nuestro pais sobre este particular, existe un hecho que comprueba el ser mucho ménos costosa nuestra construccion, que las demas; en

efecto, en un periódico, que se intitulaba *El Corréo*, por octubre de 1830, consta que un camino de fierro por el método ordinario, que fuese desde Jerez al Portal, cuya longitud era de siete mil varas, estaba reputado su coste en millon y medio de rs. Las siete mil varas hacen veintiun mil pies; por lo que, se deduce por una simple proporcion, que una legua española ó veinte mil pies costará setenta y un mil cuatrocientos veintiocho duros por el sistema ordinario; pero, por mi sistema, una legua española ó veinte mil pies costará, á lo mas, treinta y cinco mil duros. Luego por mi sistema se obtiene la misma longitud de camino con ménos de la mitad del gasto.

Y ahora, solo me falta rogar á los individuos de la Seccion el que me disimulen las inexactitudes en que haya podido incurrir. Madrid 22 de mayo de 1844.

José Mariano Vallejo.

Estracto de la Memoria sobre las carreteras, los caminos de fierro y los canales de navegacion por M. F. de Gerstner, impresa en Praga en 1813, y traducida del aleman al francés por M. P. S. Girard, Ingeniero en Gefe de puentes y calzadas y miembro del Instituto, de la que hemos hablado § 4, é impresa en 1827.

Principia de este modo:

"§ I. El *carruage* ó *carro*, en el sentido mas general de la espresion, es una máquina, cuya invencion remonta á los tiempos mas antiguos; esta máquina, conocida en el dia de todos los pueblos de la tierra, ha venido á ser indispensable para las necesidades del cultivador y del habitante de las ciudades. La esperiencia ha hecho conocer hace mucho tiempo, los defectos de su primera construccion; y ha indicado sucesivamente mejoras de que ántes no se tenía idéa.

» Así como la navegacion interior se ha mejorado en los tiempos modernos, por el establecimiento de los canales y de las esclusas, del mismo modo tambien, en la antigüedad, y notablemente entre los Persas y entre los Romanos, los medios de comunicacion se mejoraron por el establecimiento de caminos empedrados; los caminos de fierro, que se deben á los Ingleses, han facilitado, en nuestros dias, muy considerablemente el trasporte de los grandes fardos.

» Se conducen, sobre estos caminos carruages cargados con quince á veinte veces el peso de los caballos que los conducen, mientras que sobre los caminos ordinarios, los caballos no ponen en movimiento, sinó fardos triples ó cuádruplos de su propio peso.

» Por otra parte, la carga de los bateles, sobre los canales ó los rios, equivale á ochenta ó á cien veces el peso de los caballos que los conducen. La navegacion cuando es practicable, debería pues ser preferida á

las vias de trasporte por tierra; pero algunas consideraciones balancéan las ventajas que presenta. En efecto, los gastos de construccion de los canales y de las esclusas son muy superiores á los de construccion de los caminos. En nuestros climas, la navegacion es frecuentemente interrumpida por el rigor del invierno, y la sequedad del estío; basta que un canal sea inutilizado en uno solo de sus puntos, para que la navegacion sea en él interrumpida en todo su curso; en general, esta especie de obra está sujeta á mas accidentes, y por consiguiente á mas reparaciones, que los caminos ordinarios. Por estos motivos y otros análogos, viene á ser importante investigar si es posible aumentar de tal modo las ventajas de los carruages y de los caminos, que los trasportes por tierra puedan ser, si no siempre preferibles, al ménos tan ventajosos como los trasportes por agua.

» La solucion de esta cuestion exige que, despues de haber sometido al cálculo las ventajas y los inconvenien-

tes conocidos de nuestros carruages, en límites de capacidad fijados por la esperiencia, se investigue bajo qué condiciones el fardo, tirado por un caballo, viene á ser un *máximo*. Los autores que han escrito sobre la Mecánica, no habiéndose propuesto este objeto, es permitido pensar que una Memoria especial, que trate de esta materia importante, bajo la relacion de la ciencia y de la utilidad general, será bien recibida del público.

» § II. Para manifestar las principales ventajas de los carruages, basta recordar la historia de su invencion. Cuando un fardo se coloca sobre el suelo, ó sobre un trinéo, al ponerse en movimiento, sufre toda la resistencia que el suelo y sus desigualdades le oponen; el rozamiento perjudica á las superficies en contacto, y pone bien pronto el trinéo fuera de uso. La esperiencia no ha tardado en enseñar, que es mas fácil hacer girar un cuerpo, una cara sobre otra, que arrastrarle siempre sobre la mis-

ma cara. Esta mayor facilidad se hace particularmente sensible respecto de los cuerpos redondos, cuya superficie esterior se halla por todas partes igualmente remota de su eje ó de su centro de gravedad; de aquí el uso del movimiento de rotacion de los cuerpos cilíndricos para el trasporte de los grandes fardos, uso que remonta á la mayor antigüedad, y que, despues de haber recibido muchas modificaciones, se ha conservado hasta el dia.... y de aquí se pasó al uso de las ruedas, carruages etc.

» § III. Las ventajas que presenta el uso de los carruages están contrabalanceadas por las causas de resistencia siguientes:

» 1.° Los ejes estando fijos al carruage, el rozamiento no está destruido como lo estaba, haciendo uso de los rodillos; él no es mas que trasportado de la circunferencia de las ruedas á la del ojo de los cubos. La parte inferior del eje frota y resbala sobre la concavidad de este ojo, como en otro tiempo el trinéo resbala-

ba sobre el suelo, con esta diferencia sin embargo, de que los ejes, pudiendo estar bien redondeados, ser de fierro, y estar dados de unto, el rozamiento es disminuido, y se aumenta la duracion de la máquina.

» 2.° La forma circular de las ruedas, procurando al carruage su gran movilidad, presenta la desventaja de hacer llevar todo el peso sobre pequeñas superficies, que penetran mas ó ménos profundamente en el suelo; y las rodadas, así formadas, aumentan con la carga, y retardan el movimiento.

» 3.° Cuando los carruages van sobre empedrado, el choque de las ruedas contra los pedazos de piedra dura, de que él está formado, hace perder á los carruages una parte de su velocidad; la cual debe serles restituida por un aumento de fuerza de traccion. El ruido que ocasionan los vaivenes del carruage, indica bastante bien la intensidad de la fuerza que los produce.

» 4.° La manera de poner al tiro

los caballos (*), ó la direccion de sus tirantes, puede venir á ser un obstáculo para el tiro, sea que esta direccion propenda á aumentar la presion del carruage contra las piedras, arena y otros obstáculos que se presentan á su paso, sea que por el defecto de longitud de los tirantes, se aumente el peso que deben sostener los caballos.

» 5.° El efecto de la accion de los caballos está limitado no solamente por su velocidad, sinó tambien por su propio peso; estos dos solos obstáculos vienen á ser frecuentemente sensibles en los paises montuosos, donde los caballos tienen evidente-

---

(*) El método que se sigue entre nosotros para colocar las mulas en los carromatos cada una detras de otra, es muy perjudicial; no solo por la mucha potencia motriz que se desperdicia en los muchos casos, en que cada mula toma distinta direccion, sinó porque la fuerza perdida se empléa contra las mismas mulas.

En los carros que llaman de violin, hay ménos pérdida de fuerzas; y, si se hiciesen esperimentos com-

mente que vencer la resistencia que proviene del peso de su cuerpo.

» 6.° La cuestion de la mejor inclinacion, que se debe dar á los caminos, es de la mayor importancia; un camino, cuya pendiente es demasiado rápida, exige demasiados caballos; un camino demasiado poco inclinado, exige por los frecuentes rodéos que hace, mas tiempo para ser corrido, lo que aumenta los gastos de viage.

» 7.° En fin, los carruages, debiendo ser trasportados ellos mismos con su carga, mientras mas considerable sea esta, mas sólidos deben ser los carruages, y por consiguiente ven-

---

parativos, acaso se hallaría que un carro de violin de cuatro mulas tiraría de mas carga, y con ménos fatiga, que un carromato ordinario tirado por cinco mulas.

Una cosa análoga se verifica en nuestros tiros de colleras. Seis mulas ó caballos, colocados de dos en dos, tirando cada par con el auxilio de balancin, acaso tirarán de mayor carga, y con ménos fatiga, que las siete mulas ó caballos de la collera ordinaria.

drán á ser mas pesados, y ofrecerán mas obstáculos á sus movimientos.

» § IV. Vamos ahora á ensayar el someter estos diversos objetos, al cálculo, á fin de reconocer primero las leyes con que obran estas causas de resistencia al movimiento, y de aumento de gasto. Despues, ensayarémos el tomar de la esperiencia los medios de evitarlos. Esta teoría, enseñándonos á disminuir los inconvenientes, y aumentar las ventajas de los carruages, nos conducirá á resolver así la cuestion de *conducir, con una fuerza de traccion dada, el mayor peso posible, y en el menor tiempo, de un parage á otro.*

» En los escritos publicados hasta aquí sobre esta materia (*), se han ocupado principalmente del rozamiento de los ejes contra los cubos

(*) Pone esta nota. "Ensayo de un Tratado sistemático sobre el tiro de los carruages Gott. 1787. Ensayo de una teoría del tiro por Kronkep. 1802."

de las ruedas; y tambien nosotros empezarémos por esto."

Somete esta cuestion al cálculo; y deduce que: "*el tiro se hará con tanta mas facilidad, cuanto se empléen mayores ruedas con menores ejes*; por lo que *los ejes de fierro son preferibles á los de madera.*"

"§ VII. En los caminos de un perfil irregular, y mal conservados, el carruage, tomando una posicion inclinada, viene á aplicarse con su carga contra el cubo de una de las ruedas. De aquí resulta un rozamiento que puede venir á ser sensible, porque el diámetro de los cubos es siempre mayor que el del eje. Supongamos, por ejemplo, que una rodada se eleve un pie sobre otra, lo que basta para esponer los carruages á volcar; se puede admitir que entónces cerca del cuarto de la carga viene á apoyarse contra el cubo; y que en su consecuencia, el rozamiento que de ello resulta es cerca de la cuarta parte de la que tiene lugar sobre el eje. Se sufre la mayor re-

sistencia de esta especie en los caminos de grandes rodadas, cuando las ruedas, entrando profundamente en las rodadas, desprenden masas de tierra y cantos, ó pedazos de piedra etc.; y es evidente que no se puede hacer desaparecer esta causa de resistencia sinó sobre caminos bien sólidos y bien derechos.

"§ VIII. La segunda especie de resistencia, que sufren los carruages en su movimiento, proviene de la poca consistencia del camino sobre que marchan. Cuando la rueda reposa sobre un terreno blando, se introduce hasta que la resistencia que opone á su introduccion la superficie del terreno, sea contrabalanceada por la presion vertical ejercida sobre ella por la rueda".... y haciendo uso del Cálculo Integral, deduce: "1.° Que la resistencia, que proviene de las rodadas, aumenta en una mayor relacion que la carga; luego es mas ventajoso repartir la carga entre muchos carruages, que cargar desmesuradamente uno solo; 2.° que

sobre un terreno blando, la resistencia es mas considerable que sobre un terreno duro; 3.º que la resistencia disminuye cuando el diámetro de la rueda aumenta. Por manera, que para vencer la resistencia de las rodadas, las ruedas grandes son aun preferibles á las pequeñas; 4.º en fin, que la resistencia disminuye aumentando el ancho de las *pinas* ó *llantas*: así, las llantas anchas son preferibles á las llantas estrechas. Los carruageros franceses han asegurado al Conde de Runfort, que con las llantas anchas, que están en uso en la actualidad, ellos podían cargar un cuarto mas que ántes.

»§ XI. La tercera especie de resistencia se debe á las piedras que forman la calzada. Cuando un carruage va por un empedrado duro, sufre un sacudimiento al pasar de una piedra á otra, ó en el hueco formado por dos piedras contiguas"... Para plantear el cálculo, supone que la fuerza de traccion, que esto origina, es una fuerza aceleratriz constante; y dedu-

ce: "1.° que esta parte de la fuerza de traccion es proporcional á la simple carga; y en efecto, es conocido, que carruages pesados exigen una fuerza de tiro mas fuerte que carruages ligeros; 2.° que esta fuerza de tiro es proporcional al cuadrado de la velocidad con que es conducido el carruage. Así, sobre los caminos empedrados, es mas ventajoso ir despacio con una fuerte carga, que ir mas aprisa con una carga menor; 3.° que la fuerza de tiro aumenta en razon inversa de lo que distan las partes superiores de dos piedras contiguas del camino; y 4.° en fin, que la fuerza del tiro aumenta tanto mas, cuanto la relacion del ancho de las profundidades, al radio de la rueda, viene á ser mayor. Así, algunos agujeros grandes ó profundos son mas perjudiciales que muchos agujeros pequeños; entónces se pasa mas fácilmente con grandes ruedas, sobre los empedrados, que con ruedas pequeñas."

"§ XIII. Todas estas proposicio-

nes se aplican no solo á los caminos empedrados, sinó aun á aquellos sobre los cuales pueden estar esparcidas piedras aisladas, mientras que las prominencias y las cavidades, que no ocasionan sacudimientos, y que forman una línea suavemente ondulada, no presentan para los caballos de tiro ni ventajas, ni inconvenientes. Cuando un descenso es tal, que no haya necesidad de atar las ruedas, entónces se facilita el tiro tanto como se hace despues mas difícil á lo largo de la subida. Lo mismo tiene lugar para empedrados planos ó redondeados. La sucesion de las velocidades aceleradas y retardadas que ocasionan, no alteran la uniformidad del movimiento, y los caballos ganan descendiendo lo que ellos pierden al subir.

» § XIV. La cuarta especie de resistencia proviene del modo de colocar el tiro en el carruage; tratarémos de ella al mismo tiempo que la cuestion de la desigualdad de las ruedas. Hasta aquí hemos supuesto siempre

que la carga estaba igualmente distribuida sobre las ruedas, y que estas eran de igual diámetro. La primera condicion es siempre cuidadosamente observada en los carruages de trasporte; pero la segunda no puede serlo en las galeras y demas carruages de viage para personas, por la razon de que las ruedas de delante deben ser mas pequeñas que las de atras, á fin de que, en las vueltas, ellas puedan pasar por debajo del cuerpo del carruage. Por otra parte, el mayor número de los carruages tienen calocado el tiro, de modo que la direccion de los tirantes pasa por debajo del centro de gravedad de la carga. Esta direccion, de algun modo excentrica, propende á hacer girar el carruage al rededor de su centro de gravedad, y esto sucedería si el camino no se opusiese á ello. Esta disposicion produce sobre las ruedas una desigualdad de presion, cuyas consecuencias vamos á estudiar;... para ejes iguales, cuando las ruedas de detras son mayores

que las de delante, la direccion excéntrica de los tirantes alijera el tiro. El cálculo manifiesta igualmente, que cuando la carga está levantada, las ruedas de atrás sufren mucho, y se sumergen mas en el terreno blando: esta desventaja es disminuida cuando se emplean carruages largos."

"§ XVI. La quinta especie de resistencia, que tenemos que examinar, proviene del escarpe mas ó ménos rápido de las cuestas ó de los descensos que se hallan en los caminos." Encuentra por el cálculo: "1.° que la fuerza de tiro será tanto mas pequeña con relacion á la carga, cuanto la inclinacion de la subida sea mas débil, y el rozamiento que proviene de las piedras, arena, etc. sea menor. Así, los gastos de trasporte se hallan disminuidos, tanto en pais llano, como en terreno montuoso, por caminos bien sólidos, bien lisos, y por la adopcion de grandes ruedas; 2.° La direccion de los tirantes no debe pues ser paralela al camino, sinó propender á elevarse sobre él. El ángulo,

que debe formar, se puede determinar por la observacion, averiguando bajo qué inclinacion de camino el carruage principia á bajar, por sí mismo, sin ser tirado ni empujado... En general, el cálculo manifiesta que pequeñas ruedas y malos caminos exigen tirantes mas elevados que buenos caminos, grandes ruedas, y ejes bien torneados, y bien engrasados; que es lo que la esperiencia manifiesta completamente. Esto mismo justifica tambien la práctica de ciertos carruageros, que ponen una clavija en la parte superior del estremo de la lanza, y un gancho por abajo, con el objeto de fijar los tirantes del juego delantero; al uno en los buenos caminos, y á la otra en los malos.

» § XVIII. Es generalmente reconocido, que la fuerza de los caballos no es la misma en todas partes; varía segun su constitucion corporal, su edad, y la habitud que ellos tienen del trabajo. Es imposible, segun esto, señalar un valor fijo á la fuerza de un caballo. Sin embargo, hay

una propiedad comun á todos los animales, que ellos son capaces de esfuerzos continuados tanto menores, cuanto se ven obligados á imprimir mayor velocidad á su propia masa, y á las cargas que conducen; así, en la valuacion de la fuerza de los caballos, debemos por necesidad tomar en consideracion la velocidad con que obran; y para que la valuacion adoptada sea de un uso general, es necesario que sea el resultado medio de un gran número de observaciones.

» § XXI. Se sabe que los carruages, que tienen las ruedas libres, principian á descender por sí mismos, cuando la inclinacion ó pendiente del camino es de pulgada y media á dos pulgadas por toesa.

» § XXIII. Esto nos enseña, que, duplicando el ancho de las pinas ó llantas, la cantidad de fuerza del tiro se disminuye cerca de un octavo; que la resistencia del empedrado es sobre poco mas ó ménos proporcional al cuadrado de la velocidad; y que en las tierras, arenas, y pie-

dras, la resistencia es la misma cuando los carruages van al paso y al trote.

» § XXIV. Segun estos esperimentos, el trasporte por tierra se puede mejorar, sea perfeccionando la construccion mecánica de nuestros carruages, sea empleando ruedas mas altas, llantas mas anchas etc.; pero, es al mismo tiempo constante, que el trasporte será principalmente mejorado por el establecimiento de buenos caminos. Con esta mira, los Ingleses han cubierto las rodadas de los caminos con barras de fierro; la fundicion que sirve para formar estas barras, se puede hacer en los hornos altos, tan dura como la piedra, y capaz por consiguiente de resistir á los vaivenes de los carruages cargados.

» § XXV. Las ventajas de los caminos de fierro comparadas con las carreteras ordinarias, no se pueden deducir sinó de esperimentos exactos. Y como estamos aun privados de noticias publicadas sobre este objeto,

yo he tratado de determinar la fuerza de traccion sobre caminos de fierro, con el auxilio de ensayos, que, á la verdad, han sido hechos en pequeño, pero con mucha precision. Hice construir un carruage de madera, con cuatro ruedas en cobre, y montado sobre un bastidor de doce toesas de longitud, revestido de barras de fierro; el todo sobre la escala de $\frac{1}{12}$; para oponerse á los desvios de las ruedas, las llantas, aplanadas sobre un ancho de 1 línea y $\frac{1}{2}$, llevaban rebordes salientes, y ensanchados, á fin de disminuir el contacto de las ruedas con las caras laterales de las barras. Aunque por esta disposicion las barras no tocasen á las llantas, sinó por los ángulos de los rebordes, se notó sin embargo que se hacia el tiro aun mas fácil ahuecando una ligera garganta en las llantas, dejando á las ruedas colocarse por sí mismas sobre las barras.

» § XXVI. La fuerza de traccion, teniendo que sobrepujar el rozamiento de las ruedas sobre las barras, y

el rozamiento de los cubos sobre los ejes, es necesario al principio conocer este, para restarle de la resistencia total; la resta representará la resistencia del camino; á este efecto, se volcó el carruage, de manera que se pusiesen sus cuatro ruedas en una posicion vertical; se aplicó despues sobre cada rueda un cordon de seda llevando á sus dos estremos pesos iguales; despues, añadiendo pesos de uno y otro lado, se buscó el esceso de carga que era necesario aplicar de un lado para conservar en la rueda un movimiento uniforme...

» § XXX. Resulta de esperimentos de notoriedad pública, que un caballo tira de 80 quintales sobre un camino de fierro, cerca de Glevitz en Silesia; añadiendo á este peso el del carruage, que se puede estimar en 20 quintales, se ve que estos esperimentos van conformes con nuestros cálculos.

» § XXXI. Segun estos, la resistencia de los caminos de fierro proviene principalmente del rozamiento.

Es pues de desear, que se busquen medios de disminuirle aun, á fin de obtener así la diminucion de los gastos de trasporte; el agrandar las ruedas es el primer medio de disminuir el rozamiento, y es necesario convenir, que se obtiene un gran resultado de su empléo sobre caminos horizontales; pero en los terrenos montuosos, las grandes ruedas vienen á ser desventajosas por su peso. Debemos, pues, indagar preliminarmente las condiciones, en virtud de las cuales los gastos de trasporte se hallan reducidos al *mínimo* en los paises montuosos, á fin de poder fijar la altura conveniente de las ruedas conforme á estas condiciones.

» § XXXII. Cuando el carruage camina subiendo, ademas de las resistencias que tienen lugar sobre el terreno y sobre los ejes, los caballos tienen que vencer otras dos especies de resistencias. La primera es el peso por el cual el carruage es arrastrado de arriba abajo. La segunda resulta del peso de los caballos que deben

evidentemente tirarse ellos mismos de abajo arriba.....

..... Así, subiendo, los caballos deberán ir tanto mas lentamente, cuanto el escarpe sea mas considerable; y mayor la relacion del peso del caballo con su fuerza de tiro, debiendo aquí observarse, que los caminos, en pais de montaña, pueden ser ó cortos pero escarpados, ó largos pero con poca inclinacion. En el primer caso, se tiene necesidad de caballos de refuerzo, y en el segundo, de mucho tiempo para hacer las vueltas; verificándose que estos gastos sea de caballos, ó de tiempo aumentan los gastos de trasporte,.....

..... por consiguiente, el camino debe ser tanto mas largo, ó la subida por toesa tanto mas pequeña, cuanto el peso de los caballos sea mas considerable con relacion á su fuerza de tiro, y que la resistencia del carruage sea menor; es decir, en otros términos, que los carruages y los caminos estén en mejor estado.....

» § XXXIV..... en Austria, los

caminos nuevamente construidos en pais de montaña, tienen en efecto 4 pulgadas de inclinacion por toesa, lo que va conforme, como se ve, con nuestra teoría.

» Hábiles Ingenieros aseguran que esta inclinacion ha sido encontrada por esperiencia en las provincias del Rin, y que de aquí se ha introducido el uso en Austria. Lo que confirma aun mas nuestra teoría.

» § XXXV. De lo que precede, podemos sacar las reglas prácticas siguientes:

» 1.° La resistencia de los caminos de fierro, siendo mucho ménos considerable, que la de los caminos empedrados ó cubiertos de fierro, es necesario darles una subida mucho menor que á los caminos ordinarios.... la subida mas ventajosa sería de 2,5 pulgadas por toesa.

» 2.° Cuando los caminos son largos, y atraviesan alternativamente cuestas y llanos, los carruageros tienen la habitud de adaptar las cargas á las subidas para no necesitar

caballos de refuerzo, y dejan los caballos, por decirlo así, pasearse en los parages llanos del camino..... así, la inclinacion de 4 pulgadas por toesa, hallada ántes, no conviene sinó cuando el camino montuoso es aislado; pero cuando está unido á caminos horizontales, el cálculo precedente hace ver que la inclinacion debe ser menor que cuatro pulgadas por toesa.

» § XXXVI. Vamos ahora á ocuparnos de determinar las dimensiones mas ventajosas que conviene dar á las ruedas de los carruages en los caminos de fierro. Ya se ha hecho ver que la mayor parte de la resistencia sobre estos caminos proviene del rozamiento sobre los ejes, y que (§ VI) este rozamiento puede ser disminuido por grandes ruedas y ejes delgados; pero, como las ruedas y los ejes tienen que sostener todo el peso, hay necesariamente límites de magnitud, fijados por la naturaleza, y que ante todas cosas, debemos tratar de conocer.

§ XLIII. En general, resulta de estos cálculos, que los gastos de trasporte serán tanto menores, cuanto los pendientes del camino sean mas débiles. Pero, en estas mismas circunstancias, es necesario que las ruedas vengan á ser mas altas, y por consiguiente mas pesadas; lo que aumenta las dificultades del tiro, sobre todo en pais de montaña.

§ XLIV. Está reconocido que las ruedas llamadas de *friccion*, propuestas muchas veces para la conservacion de los caminos, no han sido jamas adoptadas, porque en el uso de las ruedas ordinarias sobre los caminos comunes, el rozamiento sobre los ejes es la menor parte de la resistencia. Aunque esta razon desaparece respecto de los caminos de fierro, sin embargo, es necesario convenir que la multiplicidad de las ruedas complica no solo la construccion, sinó que tambien aumenta el peso del carruage, y por consiguiente las dificultades del tiro. Importa pues indicar una construccion simple, y al

mismo tiempo proporcionar de tal modo todas las partes del carruage, que su carga pueda aumentar en una mayor relacion que su propio peso"..... y despues de emplear muchas operaciones en que entra el cálculo diferencial y el integral, dice (§ LVIII). "La comparacion de estos resultados con los referidos (§ XXII, XXVIII), manifiestan, que, *á igualdad de carga del carruage, la fuerza del tiro, no es sinó cerca de un tercio de lo que ella se ha encontrado* (§ XXVIII); lo que manifiesta evidentemente la ventaja de las dobles ruedas sobre las ruedas simples.

» § LXI. Es pues indiferente para la fuerza del tiro sobre un camino de fierro, el que un gran fardo se coloque sobre un carruage grande ó sea distribuido sobre muchos carruages"..... continuando sus cálculos, y haciendo uso de la doctrina de los *máximos* y *mínimos*, deduce (§ LXXVI).... "que distribuyendo la carga uniformemente sobre una

barra cualquiera de dimensiones dadas, la resistencia de esta barra viene á ser doble de la que sería necesaria para resistir á la misma carga, si esta se hallase concentrada en un solo punto."

"§ LXXVII... lo que da la regla siguiente para determinar la colocacion de las ruedas.

Divídase en 24 partes iguales la longitud del carruage; partiendo de cada uno de sus estremos, tómense 5 de estas partes; y los puntos así determinados serán los parages en que se deben colocar las ruedas; las cuales dejarán entre sí un intervalo de 14 partes.

En el § LXXXI y siguientes, *examina las circunstancias en que los canales de navegacion, los caminos de fierro y los caminos ordinarios, son los mas favorables á los precios de los trasportes.*

En el § XC dice: "Las ventajas de los canales de navegacion, que no son otra cosa que *caminos de agua*, consisten en la gran *movilidad* de las

moléculas de este líquido, en la *horizontalidad* de su superficie, y en la *facilidad* con que los bateles, sin socorro estraño, y solo por la accion del peso del agua, pueden ser trasportados, con el auxilio de esclusas por encima de las montañas."

"§ XCI. En cuanto á la *movilidad* de las moléculas del agua, se ha notado ya que desaparece enteramente en invierno; en los paises del norte, por ejemplo, la navegacion se halla interrumpida, durante muchos meses del año. En estío, esta interrupcion tiene lugar por efecto de la sequedad; porque entónces la mayor parte de los canales carecen de agua. En los caminos de tierra, al contrario, se puede caminar en toda estacion, sea en invierno ó en verano; las reparaciones, que hay precision de hacer en ellos, no interrumpen el paso de los caruages, porque se pueden evitar facilmente por un rodéo los parages que se están componiendo. Bajo esta relacion, el trasporte por tierra presenta ya ventajas esen-

ciales sobre el trasporte por agua.

§ XCII. A todos los grados de temperatura á que el agua conserva su liquidez, la movilidad de sus moléculas, las unas sobre las otras, es á la verdad muy grande; pero sin embargo, no es tal, que los bateles que flotan sobre un canal, puedan moverse sin sufrir en él ninguna resistencia. En efecto, estos bateles se sumergen tanto mas, cuanto ellos están mas cargados; y mientras mayor es pacio ocupan en el líquido, mas difícil viene á hacerse su movimiento. Las moléculas de agua, que se hallan delante del batel, son rechazadas lateralmente, mientras que al contrario queda en la parte posterior un espacio vacío, que el agua que afluye por los lados propende continuamente á llenar. Así, el fluido, elevándose hacia la proa, se deprime hacia la popa del batel; estos efectos designados bajo los nombres de *olcada* ó de *remolinos*, son tanto mas sensibles cuanto es mayor la velocidad del batel. De esta desnivelacion resulta so-

bre la cara anterior del cuerpo flotante una presion que se ejerce en una direccion opuesta á aquella en que se mueve. Es necesario pues, emplear una cierta fuerza para vencer esta presion; esta fuerza se designa en la mayor parte de las obras de Hidrodinámica con el nombre de *resistencia del agua.*

§ XCIII. Nuestros conocimientos en Hidrodinámica no están suficientemente adelantados para que podamos señalar la medida exacta de esta resistencia, teniendo en consideracion la superficie sumergida y la velocidad de los cuerpos flotantes. Sin embargo, esperimentos numerosos han enseñado, que la resistencia que sufren estos cuerpos es proporcional á los cuadrados de sus superficies, y á los cuadrados de la velocidad con que se mueven. Así, el agua opone á los bateles una resistencia análoga á la que los empedrados oponen á los carruages que marchan sobre las calzadas. El movimiento de los bateles, limitado por su velocidad y por la

fuerza de traccion á que ellos están sometidos, no se puede señalar, si no se toma en consideracion el volúmen de agua que estos bateles desalojan, y el espacio que deben correr en un tiempo dado.

§ XCVII dice: "En Inglaterra se reputa, que un caballo tira sobre un camino de fierro de una carga de 70 á 80 quintales, ó de 90 á 100 quintales, contando el peso del carro. Esta carga es cuatro veces mas considerable que la de los carruages de trasporte ordinarios; pero, ella no es sinó la quinta ó sesta parte de la que un caballo puede arrastrar sobre un canal. Con esta carga de 90 á 100 quintales, un caballo puede aun superar pequeñas elevaciones. Hemos manifestado precedentemente que el *máximo* de carga está determinado aquí por la relacion que existe entre la longitud y la altura vertical del camino que se debe correr, y que se le puede obtener empleando las dobles ruedas. Este *máximo* puede aun esceder al de la car-

ga de un caballo sobre los canales mas frecuentados. En general, cuando se empléan carruages ligeros, no se tiene que vencer, ademas del rozamiento, sinó la resistencia del aire; mientras que empleando grandes bateles, es necesario vencer la resistencia de un líquido 800 veces mas pesado que el ayre. Parece permitido concluir de aquí, que, dando á los carruages la ligereza y movilidad de que son susceptibles sobre los caminos de fierro, se podrá comparar con ventaja la fuerza de traccion que lo pone en movimiento, con la fuerza de traccion de los bateles sobre los canales de navegacion.

" § C. Con el mismo objeto de disminuir los gastos de construccion, se da tambien á los puentes-canales destinados á atravesar corrientes de agua ó valles, así como á las comunicaciones subterráneas, un ancho menor que á las otras partes del canal; por las mismas razones la navegacion viene allí á ser mas lenta y mas penosa. Los caminos de fierro es-

tán no solo exentos de estos inconvenientes, sinó que aun tienen sobre los canales las ventajas siguientes:

» 1.° Se ha notado ya que los carruages de trasporte pueden rodar todo el año sobre barras de fierro, sin ser detenidos ni por los hielos del invierno, ni por la sequedad del estío; la reparacion de estos caminos puede aun efectuarse, sin que haya precision para esto de interrumpir la circulacion de los carruages.

» 2.° Descendiendo sobre carriles de fierro, los carruages no necesitan de caballos; no es necesario sinó un hombre para cuidar de atar las ruedas ó modificar el movimiento. En los canales, al contrario, los caballos son indispensables, sea para subir, sea para bajar; porque el agua, conservándose de nivel, en cada trozo, no hay corriente de la cual se pueda uno servir para acelerar el trasporte del batel. La ventaja que presentan sobre este punto los caminos de fierro es tan importante en los

paises en que la naturaleza permite arreglar la inclinacion de estos caminos, de manera que se reduzca la fuerza del tiro á la mitad de la que sería necesario emplear sobre caminos de nivel, que todo el gasto que proviene del empléo de los caballos de refuerzo, puede ser compensado; porque á la vuelta, descendiendo, se ahorra otro tanto de lo que ha estado uno obligado á tomar demas al ir subiendo; mientras que la pérdida de tiempo que tiene siempre lugar en el paso de las esclusas, no se puede recuperar por ninguna compensacion.

» 3.° Ademas de los caballos que tiran á la sirga, el servicio de los bateles exige aun dos ó tres hombres, de los cuales el uno cuida de los caballos, mientras que el otro dirige el batel. Sobre un camino de fierro, el mismo carril sirve para dirigir el carruage; y para cuidar los caballos de muchos, no hay necesidad sinó de un carretero; y este puede tambien, en los descensos retener muchos carros, cuando están fijos los unos á los

otros, y que están dispuestos á ser fácilmente retardado su movimiento, sea con el auxilio de las rastras, sea con el auxilio de palancas etc.

» 4.° Como los caballos marchan delante del carro, y sobre el mismo camino, se sigue que los caminos de fierro no toman sinó una estension de terreno estrecho y de poco valor; estos caminos se establecen en efecto lo mas sólidamente posibles cuando su suelo es árido y seco; mientras que, sea para disminuir la resistencia del agua, sea para aumentar el talud de las paredes laterales, sea en fin para practicar un camino de sirga, los canales exigen un ancho de 6 á 10 veces mas considerable que el de un camino de fierro. Por otra parte, la compra de los terrenos necesarios lleva tanto mas gasto, cuanto estos terrenos son mas productivos; porque, á fin de obtener la cantidad de agua necesaria, es preciso dirigir los canales á traves de las tierras y prados mas bajos y mas fértiles. En virtud de un cálcu-

lo muy moderado, es fácil de manifestar, que en el caso en que el peso de las materias trasportadas anualmente no pasase de un millar de quintales, el terreno ocupado por un canal, hubiera producido mas cereales y forrages, de los que hubieran podido consumir todos los caballos de tiro que hubieran atravesado el terreno durante este espacio de tiempo.

» 5.° Comparando los caminos de fierro con los canales, se nota que los gastos de construccion de los primeros disminuyen sobre todo en razon de su menor ancho; es necesario en efecto, que las paredes laterales de los canales de navegacion, tengan en su vértice un ancho sobre poco mas ó ménos doble del de los caminos de fierro, á fin de que se pueda establecer el remolque á la sirga sobre estas orillas, y hacer su espesor bastante fuerte para prevenir las filtraciones á traves.

» 6.° El establecimiento de caminos de fierro da lugar á economizar

los gastos de construccion de las esclusas, de los depósitos para la provision de las aguas, y de los acueductos para su conduccion; en cuanto á los puentes-canales por encima de los arroyos ó de los valles, vienen á ser de todo punto inútiles; y basta un ligero aparato móvil sobre los caminos de travesía. Es por otra parte fácil el dar á las barras de fierro del camino bastante fuerza para que los carros de los labradores puedan pasar trasversalmente por encima.

»7.° Las pequeñas ondulaciones de un camino de fierro en un plano vertical aumentan la fatiga de los caballos en un sentido, y la disminuyen en el otro; por lo que no se deben tomar en consideracion. Por otra parte, se puede exigir de los caballos un trabajo forzado, cuando, inmediatamente despues, se les puede procurar reposo. Esto es lo que sucede en los ingenios; y en virtud de esta suposicion, se necesita señalar la fuerza media del caballo. Admitiendo es-

te principio de esperiencia, el camino, que se debe andar, podrá ser muchas veces considerablemente acortado; lo que producirá aceleracion en los trasportes y diminucion de los gastos de construccion. En los canales, al contrario, el agua manteniéndose siempre á nivel, es indispensable ó contornear las montañas ó taladrarlas con grandes gastos.

» De todo lo que precede, resulta, que los gastos que se deben hacer para abrir un canal sobrepujan á lo ménos tres veces á los de un camino de fierro; esto es tambien lo que la esperiencia confirma. En Inglaterra, por ejemplo, una toesa de camino de fierro viene á costar una libra esterlina, mientras que una toesa de canal viene á costar 4,5 libras esterlinas.

» § CI. No es difícil ahora señalar los diversos casos en que la navegacion es preferible á los caminos de fierro y recíprocamente. A este efecto, sean:

» 1.° La carga, que se debe tras-

portar por año, espresada en quintales $=F$.

» 2.° El gasto anual por milla de un canal, tanto por los intereses del capital empleado en su ejecucion, como por sus gastos de conservacion $=A$.

» 3.° El gasto anual por milla de un camino de fierro por los intereses del capital empleado en su ejecucion, y por sus gastos de conservacion $=a$.

» 4.° El gasto medio de un caballo de los que tiran á la sirga en un canal, igualmente valuado por milla, y deducido del precio del mantenimiento de los hombres y de los caballos $=P$.

» 5.° El gasto de un caballo por milla sobre un camino de fierro $=p$.

» Para determinar lo que se debe percibir de trasporte por quintal y por milla, dividirémos A por F; luego los gastos de trasporte por quintal y por milla ascenderán:

1.° Sobre el canal á $P+\frac{A}{F}$.

2.° Sobre el camino de fierro á $p+\frac{a}{F}$.

Igualando estas dos cantidades, se deduce $F=\frac{A-a}{p-P}$.

»Donde se vé, que la masa de los cargamentos anuales, respecto de la cual el canal y el camino de fierro presentan la misma ventaja, se obtiene *dividiendo la diferencia de los gastos anuales sobre una milla de distancia, por la diferencia de los gastos del tiro por quintal y por milla.*

»Supongamos, para dar un ejemplo que la toesa de canal venga á costar $4\frac{1}{2}$ libras esterlinas; entónces una milla de Alemania costará 18000 libras esterlinas, y el tercio de esta suma representará los gastos de establecimiento de un camino de fierro de la misma longitud. Si valuamos ahora el gasto en la conservacion anual y el interés del capital

empleado á 10 por 100 de este capital, lo que viene á equivaler en número redondo á un florin de *convencion* por libra esterlina, se tendrá $A = 18\,000$ florines

y $a = 6\,000$ florines

durantes los años á que estos gastos de construccion se refieren.

» Por otra parte, se puede estimar el mantenimiento de un caballo y de los hombres de servicio en un batel, á 4 florines por dia, y á 3 florines sobre un camino de fierro, porque se puede entónces disminuir el número de hombres.

» Supongamos que los bateles y los carruages hagan 5 millas por dia, y que cada caballo conduzca sobre el canal 400 quintales; se tendrá

$$P = \frac{4}{5.400} = \frac{1}{500};$$

se tiene por otra parte (§ XCVII)

$$p = \frac{3}{5.75} = \frac{4}{500}; \text{ luego } p - P = \frac{3}{500};$$

y á causa de que $A - a = 12000$, re-

sulta $F = \frac{A - a}{p - P} = 2\,000\,000$ de quintales.

» Luego, para que *un canal en Inglaterra presente la misma ventaja que un camino de fierro*, es necesario que el trasporte anual llegue á ser de dos millones de quintales.

» Sobre el canal entre Liverpool y Leeds, el trasporte anual de los géneros y mercancías, está valuado en 6 millones de toneladas del peso de 2000 libras (*avoir du pois*), lo que asciende á mas de 10 millones de *quint.* de la Baja-Austria; dónde se vé que en la época de su construccion, este canal tenía una superioridad decidida sobre los caminos de fierro del mismo pais.

» Los gastos de construccion del canal y de las esclusas entre Hohenfurt y Lintz, en una estension de 5 millas, se han valuado en 5 millones de florines. Si de estos, deducimos 3 millones por el valor de las esclusas, y que tomemos el $\frac{1}{3}$ ó los $\frac{2}{3}$ de la resta para representar los gastos de

un camino de fierro, este último, segun el presente modo de estimacion, viene á ser 80 000 florines; contando 10 por 100 por gastos de conservacion é intereses, se tendrá por milla $A = 100\ 000$

$a = 16\ 000.$

» Si suponemos como ántes

$$p - P = \frac{3}{500}, \quad \text{se obtiene}$$

$$F = \frac{A - a}{p - P} = 14\ 000\ 000 \ \textit{quintales.}$$

» Así, no hay mas que un trasporte de 14 millones de quintales, que pueda bajar el precio de los trasportes sobre el canal al mismo precio que sobre un camino de fierro; y aun es importante observar, que para obtener en este caso igual ventaja, no sería necesario gastar sinó 800 000 florines sobre un camino de fierro, mientras que sería necesario gastar 5 millones de ellos para ejecutar un canal.

» § CII. En los ejemplos precedentes, hemos supuesto que la car-

ga de un caballo, sobre un camino horizontal de fierro, era de 75 quintales; pero, hemos visto que esta carga podía pasar de 900 quintales. Fijémonos en 300 quintales; entónces

$$P=\frac{4}{400}=\frac{1}{100} \text{ y } p=\frac{3}{300}=\frac{1}{100},$$

de donde $P=p$; es decir, que el precio del trasporte será el mismo por el canal y por el camino de fierro; y esto se verificará siempre que la carga, que un caballo pueda llevar sobre un canal, sea á la carga que pueda llevar sobre un camino de fierro, como lo que cuesta el mantenimiento diario de los caballos y de sus conductores sobre la primera de estas vías es al mismo coste sobre la segunda.

» § CIII. El cálculo, que ha servido para comparar entre sí un canal y un camino de fierro, se puede igualmente emplear para comparar un camino de fierro y un camino ordinario. Sean, en efecto,

Sobre el camino de fierro $A=8000$ florines.

Sobre un camino ordinario $a=4000$.

La carga de un caballo sobre un camino de fierro $=300$ quintales.

Sobre un camino ordinario $=20$.

Resulta del (§ CI)

$$p=\frac{3}{5.20}, \quad P=\frac{3}{5.300};$$

luego $F=\frac{A-a}{p-P}=142\,857$ quintales por año, ó cerca de 400 quintales por dia. Luego, si no se hubiesen de trasportar diariamente mas de 400 quintales, no habría necesidad de construir ni canal, ni camino de fierro, sinó simplemente un camino ordinario.

» § CIV. Hasta aquí hemos considerado los canales, los caminos de fierro y los caminos ordinarios bajo el solo punto de vista de su utilidad comercial, en tanto que se puede obtener por estas diversas vías la di-

minucion de los gastos de trasporte. Sin embargo, para establecimiento de los canales, hay otras circunstancias, que determinan á ello por otros motivos, que modifican los cálculos precedentes. Así es, que el canal de Languedoc no tanto se ha construido para la ventaja del comercio, como para facilitar las guerras con la España.

» § CV. Los detalles en que acabamos de entrar sobre el objeto importante de esta Memoria, parecen ofrecer á los habitantes de los paises montuosos bastantes motivos de consolarse, de que la naturaleza no les ha ofrecido las mismas facilidades de abrir canales, que ella suministra á los habitantes de los llanos y de los paises situados á lo largo de las costas del mar; deben estar convencidos ahora de que, para hacer un comercio ventajoso, no es indispensablemente necesario el trasformar la tierra en agua, taladrar montañas con grandes gastos, suspender puentes sobre los rios y los valles, proponién-

dose por único objeto el placer de ver navegar los barcos á velas llenas por encima de los árboles, de monte alto. No se puede esperar que estos trabajos estraordinarios, que se quisiesen hacer pasar por monumentos del genio del siglo, tengan mayor duracion que los acueductos de los Romanos; y puede ser la posteridad dejándolos caer en ruinas, se apercibirá de que las ventajas de semejantes construcciones no balancéan los gastos de su conservacion.

» Se responde, es verdad, á estos razonamientos, que los gastos hechos para la ejecucion de estas grandes empresas, no se deben considerar como perdidos para la nacion que los ejecuta, pues que el dinero gastado permanece en el pais, está distribuido entre los habitantes del mismo estado, y que facilita así la circulacion de las riquezas, que es tan conveniente. Sin detenernos en hacer valer todo lo que los contribuyentes estarían fundados á objetar contra semejantes opiniones, nos limitarémos á notar,

que es al ménos incontestable, que el tiempo y el trabajo empleados en empresas inútiles, son irrevocablemente perdidos. Despues de guerras tan largas y desastrosas como las que han desolado la Europa en estos últimos tiempos, sus diversos Estados tienen sin duda muchas grandes obras que emprender. Por esto mismo, ellos tienen el mayor interés en emplear la mano de los hombres con economía. Al siglo en que se ejecute mucho con poco, y no al en que se ejecuten con grandes gastos obras sin utilidad, es al que la posteridad reconocida tiene reservada una gloria duradera."

El final de la introduccion de Mr. *Girard* á la traduccion de la Memoria de Mr. *Gerstner*, es como sigue: "Hemos llegado al término de nuestras investigaciones sobre las ventajas respectivas de los caminos de fierro y de los canales de navegacion. Aunque los ingenieros ingleses, que han escrito sobre esta materia, han manifestado claramente la

intencion de hacer valer las primeras de estas vías, no parece que todos estan igualmente convencidos de su superioridad. Ademas de esto, ellos acaso estarían acordes en deducir de los hechos consignados en la Historia de la navegacion interior de su propio pais, las conclusiones diferentes de aquellas que han sacado de sus razonamientos, si hubiesen despreciado ménos el estudio y el debate de estos hechos. Sea que el exámen al cual los hubieran sometido, les hubiera conducido á admitirlos ó á desecharlos, ellos hubieran dado á sus obras, insertando en ellas algunas verdades mas, un grado de utilidad que hubieran aumentado su valor. Comparando entre sí vías de comunicacion de naturaleza tan diferentes, como los canales de navegacion y los caminos de fierro, se les debe considerar bajo todos sus aspectos, y manifestarse imparcial en la discusion que se establece sobre este asunto. Pero cuando se lée con atencion lo que nuestros vecinos han publicado so-

bre los caminos de fierro, no se les puede conceder el mérito de esta imparcialidad; es necesario convenir con ellos, que esta especie de via es la sola que se puede aplicar con ventaja en ciertas localidades; pero es á estas localidades solas á las que era necesario limitar su aplicacion.

» El deseo de estender su uso ha provocado sin embargo en Inglaterra, tanto sobre las resistencias que se oponen al movimiento de los carruages, como sobre el modo de accion y la energía de sus diferentes motores, una multitud de observaciones y de esperimentos, de que el arte y la ciencia se han enriquecido. Las investigaciones á que las máquinas de vapor locomotrices han dado lugar, han contribuido tambien á aclarar algunos puntos de la teoría de las máquinas, de baja ó alta presion, y han indicado algunas mejoras de que es susceptible la construccion de todos estos aparatos.

» El empléo de las máquinas de vapor como locomotrices sobre los ca-

minos de fierro, es aun hoy en Inglaterra el objeto de una gran cuestion. Aun cuando se admitiese, con los partidarios de este medio, que ofrece mas economía que el uso de los caballos, es esencial observar que el combustible, á cuyo consumo deben estas máquinas la produccion de su fuerza motriz, es cada vez tomada de depósitos naturales, que su vasta estension no hace sin embargo inagotables. El valor de este combustible subirá, pues, no solamente con el precio de todas las cosas, sinó aun á medida que él venga á ser mas raro, ó que se tema el que lo venga á ser. Los cálculos económicos, que se fundasen sobre su valor actual, no convienen sinó á un estado de cosas transitorias, y no pueden ser admitidos sinó con esta reserva.

» El empléo de los caballos no está sujeto á los mismos riesgos; las fuerzas motrices, que ellos desarrollan, tienen por alimento producciones del suelo que la naturaleza renueva cada año, y que continuará en

reproducir con tanta mas abundancia, cuantos mayores progresos haga la agricultura. Así, mientras que las máquinas locomotrices no se podrán poner en accion sinó al precio siempre creciente de un combustible que se agota, los motores animados continuarán volviendo á encontrar, en el turno invariable de las estaciones, la fuente inagotable de su existencia y de sus fuerzas. Si tales verdades se han reconocido en Inglaterra, con mayor razon lo deberán ser en Francia, cuyo suelo es mas fértil, y dónde las minas de carbon son mucho mas raras.

» Estas reflexiones deben bastar para arreglar, con una sábia circunspeccion, el uso de las máquinas locomotrices, y puede ser para restringirla á la inmediacion de las minas de Hornaguera. Por lo demas, la esperiencia y el interés particular de los concesionarios de los caminos de fierro, ilustrarán á estos mejor que preceptos acerca de la eleccion de los motores que deben emplear.

» No hablarémos aquí sinó de los concesionarios de los caminos de fierro; porque, entre nosotros, dónde todas las grandes carreteras se han abierto y se conservan á espensas del tesoro del Estado, ó de los fondos departamentales; entre nosotros, dónde aun habría tantos gastos que hacer para perfeccionar estas antiguas vías de comunicacion, no se puede esperar que de aquí á largo tiempo haya fondos públicos disponibles para establecerlos de una nueva especie.

» Esto esplica el por qué los ingenieros franceses han parecido hasta ahora ocuparse tan poco de una materia, sobre la cual se han suscitado tantas discusiones del otro lado de la Mancha. El arte, mejor conocido, estiende hoy la carrera abierta á sus talentos; y estos talentos, no lo dudemos, se aprovecharán, cualquiera que sea la fuente de que provengan los fondos que se destinen de hoy en adelante á la ejecucion de los canales y de los caminos de fierro; porque el saber y la esperiencia serán

siempre los mas seguros garantes del éxito de estas empresas.

» No existe en los talleres de la industria manufacturera, ninguna máquina que no se someta al cálculo para valuar el efecto útil; y la mejor es siempre, como se sabe, la que produce este efecto con el menor gasto de dinero y de fuerza motriz.

» Pero basta la mas ligera atencion para reconocer que toda vía de comunicacion forma con la especie de vehículo, que es apropiada á moverse en ella, un solo y mismo aparato, de que es necesario tambien con el auxilio del cálculo de las leyes de la Dinámica, apreciar las ventajas y los inconvenientes. Es evidente que no hay en circunstancias dadas sinó uno solo de estos aparatos, del cual se pueda obtener el mayor efecto útil; bajo la condicion del menor gasto posible de medios. Considérense ahora la enormidad de las masas que circulan sobre las vías de comunicaciou de toda naturaleza de que un pais, tal como el nuestro, está atravesado, que

se consideren las distancias que ellas corren allí, y se juzgará cuanta importancia presenta la investigacion del mejor medio de trasportes, y cuanta riqueza economizaría, que podrían ser útilmente empleados en otros usos.

» Someter cuestiones de esta naturaleza á la investigacion de hombres ilustrados, es provocar su resolucion con la seguridad de obtenerla. Y nosotros serémos felices en haber dado los primeros pasos sobre el camino que á ella conducirá, y de haber así preparado á otros ingenieros aplicados y laboriosos la ocasion de hacer nuevos servicios en el ejercicio de sus atribuciones."

FIN.

de
re
la

N

Fig. 1.

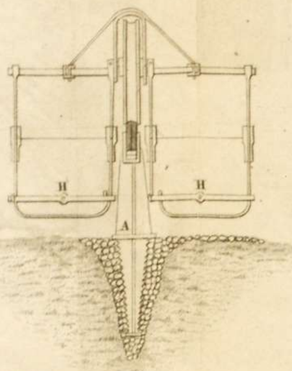


Fig. 2.

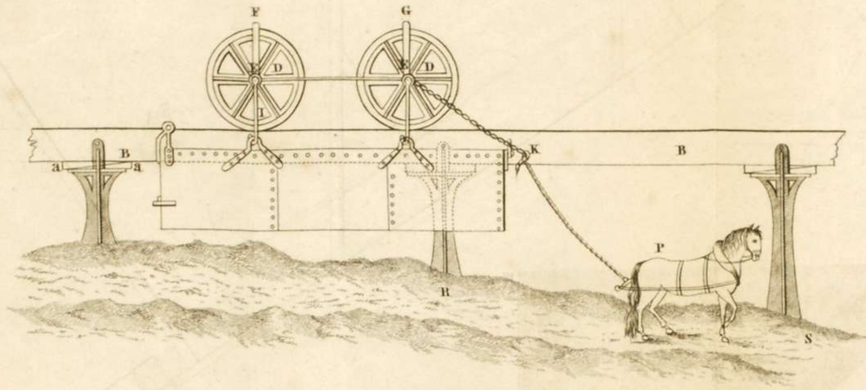


Fig. 3.

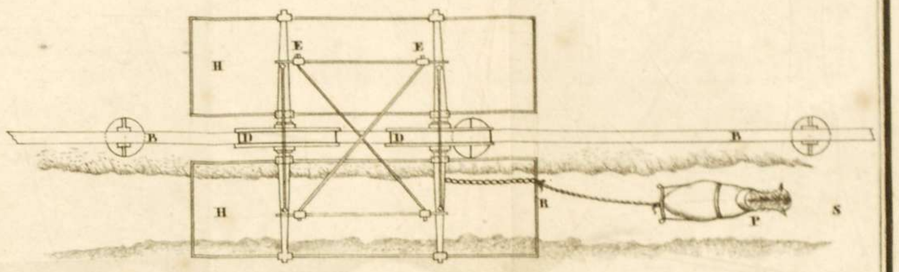


Fig. 5.

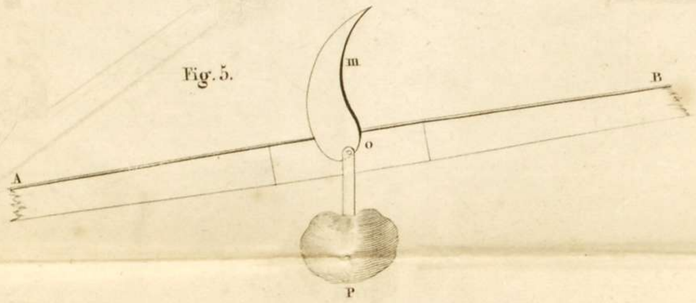


Fig. 4.

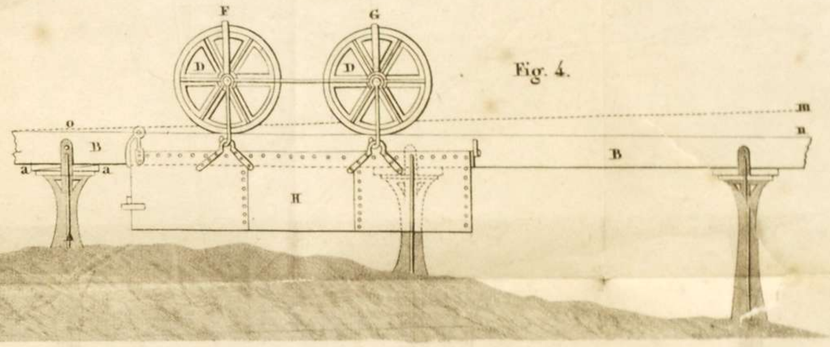


Fig. 6.

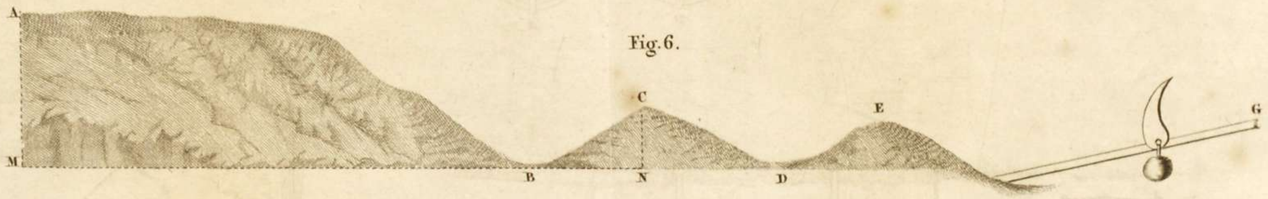
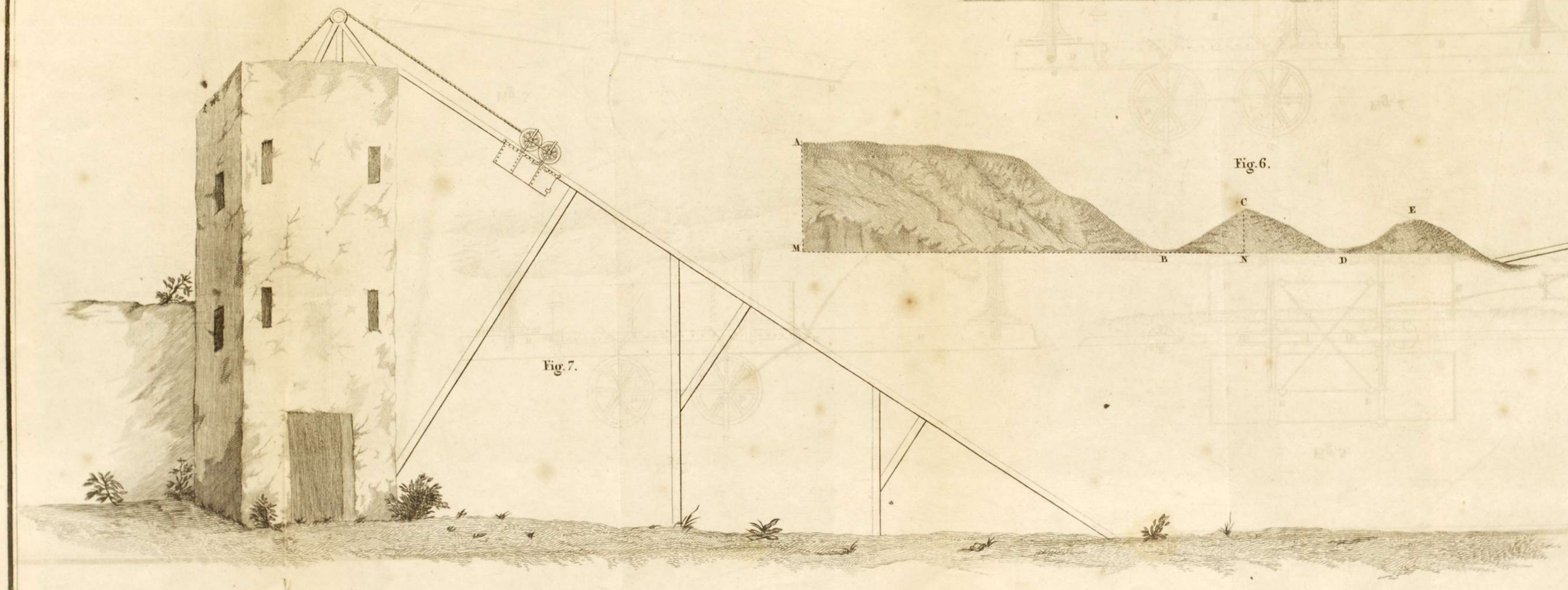


Fig. 7.



CATÁLOGO

De las obras de que es autor ó editor el Ilustrísimo Señor

DON JOSÉ MARIANO VALLEJO.

OBRAS DE INSTRUCCION PRIMARIA.

1 Coleccion de la clave y reglas generales para aprender á leer, en los mayores caractéres que se han encontrado en Francia, Inglaterra y Holanda. *Su precio* 40 *reales*.

2 Coleccion de la clave y reglas generales para aprender á leer, en carácter de gran cánon: 4 *rs*.

3 Nueva cartilla para aprender á leer en mucho ménos de la mitad del tiempo que por todos los métodos conocidos: 1 *real*.

3 *a* La misma cartilla, EDICION SIMPLIFICADA: 4 *cuartos*.

4 Clave analítica de la lectura, del tamaño de un pliego, impresa en cartulina con la instruccion práctica al respaldo: 10 *cuartos*.

5 Id. en medio pliego de cartulina: 5 *cuartos*.

6 Id. en cuartilla de cartulina: 3 *cuartos*.

7 Id. en cuartilla de papel regular: 2 *cuartos*.

8 Reglas generales para aprender á leer, un pliego de cartulina impreso por ambos lados: 10 *cuartos*.

9 Id. en forma de libro, á manera de cartilla: 3 *cuartos*.

10 Id. un librito en 16.°: 2 *cuartos*.

11 Instruccion práctica para enseñar á leer por el método contenido en la Teoría de la Lectura: 4 *cuartos*.

12 La misma instruccion en letra tan diminuta, que se caracteriza con el nombre de *microscópica*: 2 *cuartos*.

13 Coleccion, en librito, de la clave y reglas de leer con la instruccion al respaldo de la clave: 4 *cuartos*.

14 Teoría de la Lectura en diversos caractéres de letra (*tercera edicion*): 4 *reales*.

15 Modo de poner en ejecucion dicha Teoría: 6 *rs*.

15 *a* Ortografía metódica, análoga á la Clave analítica de la Lectura, por D. Gil Ramon de la Vega, Profesor en Alfaro: 1 *real*.

15 *b* Nociones generales de Ideología y Gramática Española: 2 *rs*.

16 Idéas primarias de los números: 4 *rs*.

16 *a* Definiciones y extracto de las reglas de Aritmética: 1 *real*.

17 Descripcion de los nuevos aparatos para facilitar las principales dificultades de la escritura, con las muestras correspondientes: 4 *rs*.

18 Muestras sueltas para escribir por este sistema: 2 *rs*.

19 Los dos aparatos para vencer las dificultades de la escritura: 60 *rs*.

20 Nociones geográficas y astronómicas para comprender la nueva division del territorio español: 4 *rs*.

21 Aritmética de niños escrita para uso de las escuelas del Reino: 4 *rs*.

22 Complemento de dicha Aritmética, que contiene un nuevo método seguro y general para resolver toda clase de ecuaciones que se refieren á números, y sin mas auxilio ni conocimientos que los contenidos en la Aritmética de niños: 4 *rs*.

23 Geometría de niños para uso de las escuelas: 8 *rs*.

24 Exámenes celebrados el dia 27 de abril de 1854, cumpleaños de Nuestra Excelsa Reina Gobernadora, en las Escuelas Normales, etc. 1 *real*.

25 Elementos de dibujo lineal ó delineacion, por el Arquitecto D. Juan Bautista Peyronnet, á la holandesa: 22 *rs.*

OBRAS CIENTÍFICAS.

1 Tratado Elemental de Matemáticas, cinco volúmenes en cuarto: á saber: *tomo* 1.° *parte* 1.ª *Aritmética y Álgebra*: 30 *rs.*

Tomo 1.° *parte* 2.ª: *Geometria, Trigonometria rectilinea y Geometria práctica*: 30 *rs.*

Tomo 2.° *parte* 1.ª *Trigonometria Esférica, Aplicacion del Álgebra á la Geometria, Secciones Cónicas y Teoria general de las ecuaciones*: 30 *rs.*

Tomo 2.° *parte* 2.ª: *Funciones, Séries, Cálculo de las Diferencias, y el Diferencial é Integral*: 30 *rs.*

Tomo 3.° *parte* 1.ª: *Mecánica dividida en sus cuatro tratados, á saber: Estática, Dinámica, Hidrostática é Hidrodinámica*: 30 *rs*

2 Compendio de Matemáticas puras y mistas, dos tomos en octavo prolongado: 40 *rs.*

3 Compendio de Mecánica práctica para uso de los niños, artistas y artesanos etc.: 14 *rs.*

4 El plano de la bahía de Cádiz iluminado: 6 *rs.*

5 Memoria sobre la curvatura de las lineas etc.: 14 *rs.*

6 Tabla sinóptica del Arte militar: 6 *rs.*

7 Tratado sobre el movimiento y aplicaciones de las aguas, *tres tomos en* 4.°: 120 *rs.*

8 Explicacion del mejor uso que tienen para la enseñanza cada una de estas obras: 4 *cuartos.*

9 Obligaciones del soldado y de la centinela: 4 *cuartos.*

10 Máximas militaresy políticas: 2 *reales.*

11 Memoria sobre la separacion de la plata que contiene el plomo; donde se estracta lo mas esencial de los Autores que han tratado del beneficio de las minas en América; 20 *rs.*

12 Explicacion del sistema decimal ó métrico francés con la reduccion de las unidades de pesas, medidas y monedas francesas, á pesas, medidas y monedas españolas, y viceversa; 1 *real.*

13 Las tablas de reduccion sueltas por separado; un pliego que puede servir de utilidad y adorno; 6 *cuartos.*

14 Nueva construccion de caminos de fierro, adaptable al territorio desigual y montuoso de nuestra peninsula: 10 *rs.*

Nota.

Siendo el medio mas eficaz para difundir la instruccion, promover la pública y particular prosperidad, y propagar la civilizacion, el que los libros, que versan sobre los conocimientos útiles, se adquieran con pocos gastos, para que puedan circular fácilmente por todas las clases del Estado; no satisfecho el autor con haber puesto sumamente bajos los precios de sus obras, como resulta en este catálogo, y deseando que aun se extiendan mas las vías de generalizacion, con ventaja de los expendedores y del público, hará todavía una rebaja á los Libreros, Profesores de primeras letras, Directores de establecimientos, Diputaciones Provinciales, Ayuntamientos y Comisiones de instruccion primaria, en la forma siguiente. Tomando una docena á tres docenas, el ocho y medio por ciento; de tres docenas á seis docenas, el diez por ciento; de seis docenas á ciento y cincuenta ejemplares, el doce por ciento; de ciento cincuenta á trescientos, el quince por ciento; de trescientos á quinientos, el diez y ocho por ciento; de quinientos á ochocientos, el veinte por ciento; de ochocientos á mil, el veintitres por ciento; y de mil en adelante, el veinticinco por ciento, que es la cuarta parte de su valor.