

6.º Deja el pique libre, lo que permite circular para revisarlo con facilidad, ora para hacer reparaciones, ora para abrir nuevas canchas de explotación, o finalmente, para profundizar el pique sin perturbar la extracción.

7.º Utiliza mejor la fuerza gastada, la que puede reducirse aún al 50 % si hace uso de dos tubos conjugados.

Con todas estas cualidades, natural es que el porvenir pertenezca a los piques atmosféricos.

Santiago, julio de 1873.

PUNTES I CALZADAS.—De las construcciones en Inglaterra.—Observaciones i estudios hechos en este país desde mayo hasta setiembre de 1872, presentados al Ministro de instrucción pública de Chile en virtud de comision de éste, por el ingeniero civil don Ricardo Fernandez Frias.

I.

MATERIALES DE CONSTRUCCION.

1. *Importancia del estudio de los materiales.*—El estudio de los materiales de construcción ocupa constantemente la atención de los ingenieros. La Inglaterra, a pesar de haber dado en estos diez últimos años toda la preferencia al fierro, que trabaja bajo todas las formas imaginables, examina i reconoce la resistencia de los demás materiales de construcción que posee, con bastante provecho para las artes. El hecho de poseer pocos materiales *naturales*, que estudiados ya atentamente, si no del todo, al menos en su mayor parte, no llaman mucho la atención, ha venido a ser para los ingleses de grande importancia para la formación de los *artificiales*, que diariamente presentan bajo formas, naturaleza i condiciones distintas. Todos los materiales, sin embargo, deben ser estudiados atentamente antes de su empleo i examinar su dureza i duración para verificar después sus relaciones con los otros i poder clasificarlos debidamente. Esto dará a conocer, en un caso dado, no solo el

material que debe emplearse, sido sus exactas dimensiones, el costo i estabilidad de la obra i su duracion.

El conocimiento exacto del material empleado en una construccion es de tanta importancia, que se han establecido en Inglaterra várias casas de prueba i esperimentos previos. Visité en Londres, Southwark, la gran casa de Mr. Kirkaldy, en donde por precios mui moderados se ensaya, experimenta i examina todo material que se le envia, cualquiera que sea su forma i aplicacion, principalmente las obras de fierro.

En Chile, que poseemos tantos materiales, seria mui importante que se agregase al cuerpo de ingenieros civiles una oficina de reconocimiento de materiales, i se prohibiera el empleo de ellos en las obras públicas sin un exámen previo. De esta manera se daria a las piezas las dimensiones necesarias, sin aumentarlas considerablemente, como ha sucedido, para obtener un aumento de resistencia tanto mas inútil e innecesario cuanto los costos i mala apariencia de la obra se atenuarian con el conocimiento exacto de los coeficientes de resistencia de nuestros materiales. Seria de desear a lo menos que se exigiese a cada ingeniero el reconocimiento previo del material que va a emplear en la obra que está a su cargo, i el cálculo exacto de sus dimensiones, para obtener las bellas formas i apariencias que se notan en todas las nuevas construcciones europeas.

2. *Materiales naturales de Inglaterra.*—Éstos son en jeneral de dos especies: las *pedras* o *rocas* i las *maderas*. Estas últimas se puede decir que no existen en Inglaterra. Todos los campos están dedicados a la agricultura, i solo se ven algunas plantaciones de *roble*, *pino*, *olmos* i *hayas*. Los primeros se conservan para *cuadernas* de buques, por sus dimensiones, curvatura natural, etc. El *pino*, usado en edificios, es mui escaso en el dia, siendo mas comunes el *olmo* i la *haya*. Toda la madera que emplea la Inglaterra es importada principalmente de América.

Respecto a la familia de *pedras* o *rocas*, la Inglaterra posee algunas mui buenas.

a. *Piedras silisosas.*—El granito, la sienita i el gneis, son mui comunes: el puente de Waterloo, en Londres, sobre el Támesis, es de granito, como asimismo el de Chester, sobre el Dee, que tiene un arco de 200 piés (60 metros), i que es en el dia el

mayor arco de piedra que existe en el mundo. De sienita están contruidos los principales estribos i machones de los puentes sobre el Támesis, el Tyne i Mersey, empleándose en monumentos i adoquines para el empedrado de las calles. Es tambien, junto con el gneis, el material que se tritura o quebra para el macadan en las poblaciones i caminos. La *pedra arenisca* (saudstone) es la mas comun: se llama jeneralmente *pedra de Portland*. Los edificios mas importantes están contruidos de este material, como la gran catedral de San Pablo, el palacio, el estenso puente de Westminster, los machones i estribos de los puentes para ferrocarriles sobre el Támesis, etc. En el norte se ven de este material todas las obras modernas, revestimiento de diques i construcciones del mar. Su empleo se estiende hasta las obras mas delicadas i de lujo, prefiriéndose al mármol por su gran facilidad para trabajarla, su dureza i resistencia tanto a la accion del agua como a la del aire. Siendo, pues, esta piedra, con la caliza (limestone), los principales materiales que posee Inglaterra, ha preocupado siempre la idea de imitarlas artificialmente, lo que parece haberse conseguido últimamente por Mr. Ransoms, como veremos mas adelante.

La *pedra losa o laminaria*, tambien silisosa, se emplea jeneralmente, por ser mui quebradiza, en cimientos, enlozados de veredas, etc., prefiriéndose siempre en los casos de necesitar una alta resistencia a la compresion. Estas piedras son traídas del condado de York, i de mas al norte, existiendo en fachadas o adornos de puentes grandes piezas, que varian de 10 a 20 piés de largo por 3 de ancho; el espesor es comunmente de 4 a 6 pulgadas. En Leeds i Newcastle visité algunas canteras, mui curiosas por su antigüedad, esmerado trabajo de explotacion, hondura, etc. Tambien se usan en Inglaterra los pórfidos, piedras de molino, etc; los primeros usados en adoquines i materia del macadan, pues su gran dureza para el trabajo impide su empleo en obras de importancia.

b. *Piedras arcillosas*.—La principal en Inglaterra es la *pizarra comun*. Visité el grande establecimiento de lord Newborough, en Festiniog, en el que se emplean mas de 2000 trabajadores en estraer las pizarras, tan importautes para techos i pisos. Estas canteras contienen el único ferrocarril a vapor sobre rieles que distan solo *dos piés*, lo que se trata de imitar en todo

el resto de la Europa. Para demostrar la importancia que tiene este material en Inglaterra, daré mas abajo el movimiento del ferrocarril de dos piés entre Festiniog i Pormadoc, durante el año próximo pasado:

Pasajeros de ida i vuelta.....	105,012
Pizarras de Festiniog.....	131,802 tonels.
Mercancías a las minas.....	23,118 "
Suma.....	154,902 tonels.

A pesar de todo esto, es preferible nuestra teja comun a las pizarras para techos i coberturas, pues estas últimas transmiten fácilmente el calor i el frio, producen mucho ruido cuando llueve i son mui quebradizas; por su poco peso, el viento las desacomoda i sufren dilataciones i contracciones perjudiciales por las grietas que se forman, dando paso a las aguas, etc.

c. *Piedras calcáreas*.—Los mármoles i alabastros son excesivamente escasos en Inglaterra, produciendo solo el mármol negro de Kilkeney, en Irlanda. La *oolita*, llamada piedra de Bath, por estar casi toda la ciudad de este nombre edificada con este material, es mui comun. Los ferrocarriles del centro han cortado un manto de estas piedras que corre casi de norte a sur en una estension de cerca de 200 millas, i se ha empleado como material en algunas construcciones con buen éxito. En los detritus ferruginosos es comun la *piedra negra* que contiene óxido de fierro, i con la que se han construido algunas obras sobre vias carreteras de buen aspecto i bellas apariencias, sobre todo en el condado de Bedford. Viene en seguida la piedra mas importante de Inglaterra, la *caliza* (limestone), estudiada atentamente para su empleo en el gran puente de Britania, cerca de Bangor, sobre el estrecho de Menari i el puente de Comway. Esta piedra resiste 471 toneladas por pié cuadrado, pudiéndose elevar toda construccion a 6490 piés, sin sufrir detrimento las piedras inferiores, pues un pié cúbico de este material pesa solo 165 libras i una tonelada se compone de 13½ piés cúbicos. Los puentes de Runcorn, sobre el Mersey, cerca de Liverpool, el de Tyne, en Newcastle, etc. se han construido de este importante material.

3. *Materiales artificiales*.—Distinguiremos dos clases: *terro-*

osos i *metálicos*, pues en el dia los productos del fierro son los materiales mas importantes en las construcciones. Entre los terrosos, hai algunos preparados por la accion del fuego en hornos, como la variedad de *ladrillos*, etc.

a. *Piedras artificiales*.—En su formacion entra el cimientoromano i el de Portland, que hoi dia se fabrican en Inglaterra en grandes escalas. En 1796, los señores Wyaths i Parke obtuvieron privilejio esclusivo para la fabricacion del cimientoromano. Este cimientoromano, nuevo entonces, fué empleado en todas las construcciones i aún en las fachadas de las casas, como se ve a cada paso en Londres. El empleo de este cimientoromano para unir la arena o cascajo i formar las piedras artificiales, era mui dificultoso, pues tiene la cualidad de fraguar o solidificarse casi instantáneamente, o a lo mas, 10 o 15 minutos después, sin dar tiempo a la completa inmersion de los componentes. Este inconveniente fué salvado por Mr. Aspadin en 1824, que obtuvo tambien privilejio esclusivo para fabricar en Leeds un nuevo cimientoromano, el llamado de Portland, con las mismas bondades del cimientoromano, pero fraguado a las 10 o 12 horas de empleado. Con este material, arena i piedras trituradas, se han formado las grandes piedras artificiales empleadas en los diques de Dower, Liverpool, Alderney i en el mismo Londres. Algunas de estas piedras han pasado de 125 piés cúbicos, i su peso de 10 toneladas; sin embargo, se han construido de esa manera piedras de 50 toneladas de peso. Los *hormigones*, *escolleras*, etc. se forman tambien con este cimientoromano.

Se ve fácilmente que es posible fabricar piedras de una sola pieza i de las dimensiones que se quieran; pero no se ha podido obtener con ellas una resistencia igual o mayor que la esperimentada en las naturales. Esta dificultad, como hemos dicho, parece haber sido ya salvada por Mr. Ransome en sus fábricas de Greenwich. Una comision de ingenieros ha sido nombrada para informar sobre el particular, la que visitó el establecimiento a principios de setiembre último. Segun el periódico de Londres, titulado el *Ingeniero*, se sabe que los esperimentos hechos fueron variados i bien sostenidos. Una piedra de cuatro pulgadas en cubo, recién *creada*, resistió mui bien a la presion de 40 toneladas, i otra de algunos dias i del mismo tamaño, alcanzó a soportar 60. En la composicion de estas piedras entra principal-

mente el pedernal con arena unidos por el cimientó de Portland; se hacen pasar después por baños sucesivos de algunas disoluciones i agua comun para estraer todas las materias solubles que contenga; éstas, como se sabe, son fatales en todo material de construccion.

b. *Ladrillos*.—El ladrillo tiene en Inglaterra dimensiones fijadas por las leyes, i es variado en calidades i precios segun las marcas del fabricante. Estuve en algunas fábricas cerca de Greenwich, endonde pude ver las modificaciones introducidas tanto en los hornos como en los moldes i procedimientos económicos de su fabricacion.

Recientemente se ha introducido una forma hueca de ladrillos, cuyas buenas cualidades, resistencia i empleo en edificios han llamado la atencion. Su poco peso i facilidades de su empleo, proporcionan un material, cuya introduccion en Chile seria de grande importancia.

Después que estudie este material en Francia i Béljica, donde sus fabricaciones son mas en grandes, me estenderé mas sobre la materia.

4. *El fierro*.—Se sabe que la Inglaterra produce tanto fierro como toda la Europa junta, i que es la nacion mas avanzada a este respecto. Existen obras que han llamado la atencion del mundo entero por sus proporciones, resistencia i bellas formas. Cada exigencia, cada nueva dificultad en las construcciones del injeniero, se ha salvado admirablemente con el fierro, llegando a ser este material, en estos diez últimos años, de un valor inapreciable por sus variadas aplicaciones. Como en toda la Inglaterra no veía otra cosa que construcciones de fierro, ya sea en puentes, viaductos, estaciones, etc. o en casas, palacios, salones, me dediqué preferentemente a estudiar este material en todas sus partes. En Londres, Leeds, Manchester i Glasgow, visité várias fábricas i manufacturas de fierro, recoji datos i esperiencias, tomando apuntes del mineral, sus diferentes hornos de fundicion, tomé notas de sus precios, forma, cualidades i empleo, i estudié por último sus aplicaciones a puentes, máquinas i locomótoras.

No dudo que en Chile, que avanza prodijiosamente en todo sentido, la fabricacion del fierro sea de una inmediata aplicacion, tanto mas por la abundancia de minerales ferrujinosos que exis-

ten, como por la multitud de construcciones férreas que se hacen cada día.

5. *Estraccion del fierro en todas sus variedades.*—Los minerales mas comunes en Inglaterra son las combinaciones arcillosas i betuminosas, que son las de mas difícil trabajo, pues necesitan mayor consumo de combustible, hornos a propósito, etc. i producen además el fierro mas propenso a contener azufre, tanto por el contacto del cobre, como por encontrarse siempre el mineral mezclado con piritas de fierro en mas o menos cantidad. En el condado de York, se encuentra, sin embargo, la hematita roja i gris, de fácil trabajo i produccion de fierro exenta de azufre, por lo que es preferible en construcciones delicadas. De estos minerales puede extraerse el fierro batido directamente, mientras que de los betuminosos i arcillosos se obtiene primero el fierro colado. Los hornos empleados en este último caso, son de chimeneas i corrientes de aire, que no me es posible describir en este lugar.

El fierro colado obtenido, se distingue por su clase i procedencia, existiendo en cada uno ocho números distintos que se han reducido a tres en el comercio.

El fierro que produce el condado de Staffords es el mejor para obtener el fierro batido en barras; el del condado de York para obtener las piezas mas delicadas tanto en barras como en planchas; el de Escocia se prefiere para su empleo en fundiciones de toda especie, i el de Gales para la fabricacion de rieles de ferrocarriles. Ahora la distincion de los tres números o clases de fierro colado es la siguiente: 1.º el núm. 1 es mas caro i se emplea en fundiciones de piezas de fierro que necesitan ser después torneadas o taladradas, como los segmentos de un arco i piezas de un puente o máquina; 2.º el núm. 2 en los casos de emplear directamente la pieza fundida sin pulimento ni otra preparacion; i 3.º el núm. 3 se emplea en piezas que han de recibir muchos golpes, como martinets, yunques, etc.

Despojado el fierro colado de la mayor parte del carbon que contiene, por medio de hornos de reverbero, se obtiene el *fierro batido*, llamado tambien *fierro forjado*, *maleable*, etc., cuyas propiedades son mui distintas del anterior. Se distinguen tambien tres clases principales, i cada una de ellas contiene once variaciones. Las tres primeras son: el *fierro dulce*, que es el me-

por i mas caro, i que se puede trabajar a martillo tanto en frio como caliente; el *fierro agrico*, quebradizo i mas blando que el anterior, solo se puede trabajar a martillo en caliente; i el *fierro cobrizo*, trabajable solo en frio, pues es quebradizo en caliente.

Segun los distritos, se divide el fierro batido: 1.º en *fierro comun*, que viene jeneralmente del país de Gales i de Escocia; 2.º el *fierro mejor* (the best) que viene de los condados del interior de Inglaterra, i cuyas marcas principales son: Low-moor-company, Sttafordshire, A mitre, A lion, etc; i 3.º el *fierro superior* (the best-best), que es el marcado con Yorkshire i una corona i que se trabaja en Leeds, Bradford, Sheffield, etc.

El fierro se vende en barras o planchas, distinguiéndose las formas *para trabajo* i *las trabajadas*: las primeras son barras redondas, cuadradas, rectangulares, i planchas de espesor i dimensiones variadas; las segundas o formas trabajadas son las *angulares*, seccion de una *T* de canal, de *média corona*, *alado* o *en cruz*, *bulbo* o *cebolla*, i de doble *TT* i *H*. Los precios varian: 1.º segun la clase; 2.º segun el distrito; 3.º segun la forma; 4.º segun el peso i dimensiones de la pieza, etc. Respecto a planchas, se trabajan para puentes de palastro, para blindajes, para armaduras, etc. El fierro mejor se emplea en blindaje, i hai una casa en Sheffield que tiene el monopolio de las planchas de blindaje para buques de guerra, i que se hace pagar la tonelada en algunos casos, a mas de *mil pesos*, a cuyo precio se ha pagado el blindaje de nuestros buques de guerra que se construyen en Hall.

6. *Acero*.—Este material ha llegado a ocupar últimamente un puesto importante entre los materiales de construccion. Tiene menos carbon que el fierro colado i mas que el fierro batido, i se obtiene de varios modos: 1.º quitando al fierro colado parte de su carbon; 2.º dándole mas carbon al fierro batido; i 3.º mezclando el fierro batido con el colado, en proporciones adecuadas al carbon que necesita el fierro para formar el acero. Se distinguen el acero fundido (cast steck), acero ampollado, acero de herramientas, acero bessemer, acero de cementacion, etc. He estudiado detenidamente las fabricaciones de estos aceros, en Crew, Leeds, Manchester i Glasgow, en sus aplicaciones a las artes, construccion i máquinas.

Se usan con frecuencia en algunas fábricas de Inglaterra, pro-

cedimientos que proporcionan pequeñas cantidades de acero en un momento dado, i cuyas descripciones serán materia de otro lugar.

II.

FÁBRICAS, MAESTRANZAS I ESTABLECIMIENTOS VISITADOS EN INGLATERRA.

7. *Minas de carbon.*—En Newcastle upon Tyne es el lugar donde solo he visitado hasta ahora minas de carbon. En esta ciudad existe un cuerpo de minería dirigido por Mr. Nicholas Wood i compuesto de mas de 300 miembros. Desde el año de 1852 de su fundacion se han publicado por esté cuerpo 14 gruesos volúmenes de sus *Anales*, que contienen interesantes estudios i datos sobre las minas en jeneral de la Gran Bretaña. Pero la base fundamental de todos los negocios, cuyos precios en alzas o bajas producen inmensos movimientos en el comercio i reglamentan hasta el costo de las materias alimenticias, es el carbon. El gran consumo de este artículo en países como Inglaterra, que no posee otro combustible, ha llamado i llamará siempre la atencion, estudiándose continuamente las diversas cuestiones que presentan su explotacion i su empleo o consumo en las artes e industrias. La vijésima parte de los brazos útiles de la Gran Bretaña está ocupada en las minas de carbon, i según una curiosa estadística publicada en los *Anales del Cuerpo de Minería*, en Newcastle, a causa de los graves peligros que presenta su explotacion, se calcula que muere en Inglaterra un hombre por cada cincuenta mil toneladas de carbon estraídas.

Las cuestiones que me propuse estudiar en las minas de este combustible, fueron de dos naturalezas distintas. Primero, todas las que se relacionan con la explotacion, seguridades i economías en el trabajo. En la mina de Gosforth, que visité, pude ver los aparatos i maquinarias empleados a este respecto. Segundo, me preocupó altamente el mejoramiento de un carbon que contiene mucha ceniza. He visto siempre en Chile muchas de estas minas, mui abundantes i que no se trabajan por la mala calidad del carbon. La falta de algunos conocimientos, que ya he adquirido, me impidió comprender las obras que vi en otras minas de Newcastle, a este respecto; pero, como esos estableci-

mientos i los de St. Etienne, en Francia, se ocupan de esta cuestion i de la de conglomerado, creo que me seria mui útil volver a Inglaterra después de visitar los establecimientos de Francia.

8. *Establecimientos productores de materiales.*—He hablado ya de los materiales tanto naturales como artificiales que posee la Inglaterra, i me resta solo indicar los diversos establecimientos que me proporcionaron los datos apuntados.

Canteras.—Visité algunas en Londres, Leeds i Newcastle. En todas ellas se explota i trabaja la piedra empleada no solo en casas i edificios, sino la que se destina a puentes i obras de arte. Recoji importantes datos prácticos sobre reconocimiento i trabajo.

Hornos de ladrillos.—Examiné en Greenwich, Liverpool i Leeds, las nuevas formas de ladrillos i los nuevos hornos introducidos para economizar el combustible, i mejorar su cocion i calidades.

Fabricacion de piedras artificiales.—Éstas se construyen al pié de la obra. En Liverpool se empleaban en los nuevos trabajos que se ejecutan a orillas del Mersey, tanto para diques, como para la nueva estacion del ferrocarril central. Visité algunas fabricaciones del cimientó, tanto romano, como del de Portland, en Londres, Manchester i Leeds.

Fierro i acero.—Várias fundiciones i fábricas de las diferentes piezas de estos materiales, visité en casi todos los lugares que recorrí en Inglaterra. Aunque ya he hablado de este importante material, sus grandes aplicaciones en las artes me harán detenerme algo mas en sus descripciones i manufacturas.

9. *Fabricacion de barras i planchas de fierro batido.*—En las cinco fábricas que visité en Inglaterra a este respecto, se manufacturan en la de Manchester i Crewe los rieles de fierro batido, i en las otras tres, solo las diversas formas de barras i planchas de que he hablado en el núm. 5. Las dos primeras están anexas a la fabricacion de locomotoras, la de Manchester pertenece a los señores Sharp, Stewart i C.^ª, i la de Crewe al ferrocarril del noroeste, dirigido por el ingeniero Mr. F. W. Webb. Las dos de Leeds llevan los nombres de Farnley Iron Company i Monk Bridge Company. La de Glasgow fué Dixon's Malleable Iron Works. En todas ellas se emplea el mismo sistema de trabajo,

con escepcion de la de Leeds, Monk Bridge Company, que emplea el gas de óxido de carbon en sus hornos i fraguas. La pureza de la llama del gas, exenta del azufre que siempre contiene el coke i que es tan perjudicial al fierro, produce un fierro trabajado maleable i de mejores calidades, prefiriéndose en el mercado i pagándose a mejores precios. Por medio de válvulas se gradúa, no solo la llama del gas, sino el número de calorías del horno, pudiéndose de esta manera encender i apagar los hornos en un tiempo dado, sin pérdida de tiempo para el obrero i grandes economías del propietario. Este fierro suele pagarse un diez por ciento mas caro que el de las otras fábricas. Todas las barras i planchas se trabajan del mismo modo con diferencia de la forma que llevan los cilindros laminadores, los cuales son lisos solo para formar las planchas de palastros, de blindaje i de armaduras. Estos cilindros necesitan un poder extraordinario i son aplicados directamente al motor. Cuando la pieza es liviana, se pasa por encima de ellos para ser nuevamente colocada en diferente lugar; pero cuando es muy pesada, esta operacion, que antes se efectuaba del mismo modo, se ha reemplazado ahora por un cambio de movimiento en los cilindros, producido por dos grandes ruedas dentadas aplicadas al motor. En todo caso la fuerza está aplicada al cilindro inferior.

Después de haber hecho pasar la pieza por el último lugar de los cilindros que da la forma pedida, se cortan las barras o planchas por medio de sierras del largo requerido, enderezándose por medio de golpes dados con combos revestidos de madera. En el caso de los rieles, pasan a un saca-bocado, que les abre en sus extremos los dos agujeros para las planchas de unión, enderezándose diestramente por medio de una máquina apropósito.

Las piezas trabajadas con mezcla de fierros viejos o pedasería, tienen mas valor en las construcciones, por resultar de fibras encontradas, mas maleable i dúctil.

10. *Fabricacion de acero i fierro de este metal.*—Anexa a la maestranza de Crewe está la fabricacion del acero *bessemer* empleado, no solo en las partes de una locomotora, sino en rieles i piezas de puentes del ferrocarril del noroeste. El establecimiento de Monk bridge Company, en Leeds, contiene un departamento aparte para el acero, lo mismo que el de Mr. Dixon en Glasgow.

Jeneralmente en las fundiciones del acero hai cinco aparatos diferentes, segun los moldes, tamaño de las piezas, calidad i estructura. El acero bessemer proviene del fierro colado, que fundido se coloca en grandes calderos o basijas. El aire que se introduce por la parte inferior da su oxígeno al carbon del fierro, que sale como ácido carbónico, dejando al fierro colado convertido en acero. Después, toda la operacion consiste en variar el acero a un depósito que se encuentra sobre un puente jiratorio. Los moldes están colocados de modo que aquel depósito en sus movimientos circulares o rectilíneos los cubra debidamente para efectuar la trasvasijacion.

Cada molde tiene la forma mas apropiada para manufacturar las piezas requeridas del acero, como llantas, ejes, manivelas, etc., evitando el mayor trabajo posible.

Así, por ejemplo, para formar las llantas de carros o locomotoras, se procede del modo siguiente: El molde de acero tiene la forma *A* del lado, cuyo peso i dimensiones son conocidos, segun la llanta que se trata de construir. Por medio de dos martinetes horizontales se le da a la pieza *A* la forma *B*. En este estado vuelve a los hornos, para en seguida agujerearla por medio de un martinete vertical a vapor, forma cónica puntiaguda, que le da a la pieza *B* la forma *C*. En este estado, inmediatamente pasa la pieza a una *tarraja* cónica i horizontal, que hace crecer los diámetros de los dos círculos, estrechándolos entre sí para poder emplear los cilindros laminadores que le dan la última forma *D* (véase la *lámina*.) Estos cilindros son verticales, con rebordes para dar la forma deseada; levantando la pieza junto con la plancha sobre que descansa, se le da la última colocacion en los cilindros. De esta manera se obtienen llantas de una sola pieza de acero, de la misma forma, de un solo diámetro i de un solo espesor. La pulimentacion se hace después en tornos por medio de cinceles i acepilladores.

Se ve que de un modo análogo, haciendo uso de formas distintas de martinetes, etc., pueden formar cualquier pieza deseada, terminando en la pulimentacion de darle la verdadera i complicada forma que se requiera, etc.

11. *Fabricacion de puentes de fierro.* — Pueden ser contruidos de fierro batido; los primeros no pueden ser sino de arcos, procurando siempre dar el menor número de piezas, si no es posible

hacer el arco de una sola. He visitado muchos establecimientos de fundicion i moldes de grandes piezas de fierro colado, en Leeds, Manchester, Crewe i Glasgow, los cuales están siempre anexos a los trabajos del fierro batido, porque en todas las construcciones de este metal entra el fierro colado en piezas que deben resistir a la compresion.

En la fábrica de puentes i calderos de Mr. Fairbain, en Manchester, calle del Canal, Ancoats, examiné la construccion de varios puentes que se armaban para el ferrocarril del Canadá. Esta fábrica, que tiene mas de 50 años de existencia i que ha construido en su interior las principales obras que existen en Inglaterra i América del Sur, se encuentra ahora dividida entre Leeds i Manchester i estendida en el primer punto a la fabricacion de máquinas de trabajo i herramientas. La de Manchester está dividida en dos porciones, una que solo trabaja i prepara todas las piezas del puente o caldero, i la otra que arma i ajusta dichas piezas. En esta última está la fundicion del fierro colado. En el primer departamento se encuentran los tornos, máquinas agujereadoras, entre las cuales hai algunas que practican 9 i 18 taladros a un mismo tiempo, las máquinas que trabajan los pernos de las planchas de palastro, i las de union, que trabajan su cabeza o remache, i máquinas curbadoras. Tambien existen las fraguas o herrería para la manipulacion de las piezas pequeñas, pegas, calzas, etc. En el segundo, a mas de la calderería, fundicion i ajuste, existe un gran patio para armar, numerar i pintar las diferentes piezas del puente, provisto de gruas, prensas i vias férreas de transporte.

Los puentes contratados por el ferrocarril de Canadá eran 68, i estaban encajonados los números 28, 29, 30 i 31, i armando los 31 a 37. El sistema que predominaba era el enrejado, seccion doble i atravesaños compuestos, con escepcion del núm. 34, que se armaba de puntales i cruces de San Andrés, seccion simple.

Existia en Leeds sobre el aire un puente de piedra construido 1000 años atrás por los Normandos, que a pesar de haberse ensanchado varias veces, el gran tráfico en ese punto (Briggate) ha hecho necesaria la construccion de otro que se inició en abril del presente año segun los planos del ingeniero Mr. T. D. Steel, destruyendo completamente el antiguo. Este nuevo puente, que

visité diariamente, lo encontré en el estado de poner su última selcha. Es de un solo arco de 102 de claro i 35 de ancho; las vigas o selchas son de planchas de palastro, unidas transversalmente por atravesañes acanalados, a los que van unidas las planchas convexas que forman la superestructura. En este puente pude estudiar i ver las diferentes construcciones i aparatos accesorios para la armadura i colocacion de todas sus piezas, i asistiendo a la fábrica de Farnley Iron Company, que daba los materiales, pude estudiar las demás circunstancias prácticas que obran en una construccion de este jénero.

En Glasgow, Phoenix foundry, de Mr. Edington Hermanos, asistí a la fundicion de arcos i columnas de fierro colado, que se trabajaban para Francia. La forma de los arcos era bulba o riel sin base, sólidos i de 54 piés de largo. El puente, según los planos que me manifestaron, era de dos claros de 80 piés o 25 metros cada uno, el arco un poco aviajado se compondría de solo dos piezas, unidas en la parte superior o vértice por una dovela. Las columnas, de 21 metros de largo, eran destinadas a sostener la superestructura de un puente de palastro para ferrocarriles.

12. *Fabricacion de locomotoras.*—Estudié su fabricacion: 1.º en Crewe, maestranza del ferrocarril del noroeste de Londres, que tiene 5100 trabajadores; 2.º En Manchester, locomotive Works de Sharpe Stewart and Ca., Oxford road, con 800 trabajadores; 3.º En Newcastle upon Tyne la célebre fábrica de locomotoras de los señores Robert Stephenson and Sons, con más de 1000 trabajadores; i 4.º en Glasgow, la Dubs' extensive Locomotive, Engine-works, cuyo número de trabajadores ha pasado de 2000.

Seria mui largo describir la fabricacion de cada una de las piezas que entran en una locomotora. Daremos solo algunas ideas sobre las piezas principales, a saber, ruedas, ejes, calderos, etc.

a. *Ruedas.*—Sabemos ya como se fabrican las llantas; veamos como se hace la rueda en sus otras tres partes, camas, rayos i masa. Jeneralmente estas construcciones ocupan grandes i numerosos departamentos, i el material de que se componen es el fierro colado o batido. Las ruedas de fierro colado se hacen en moldes de arena, por mitades, en cajas de fierro que, sobrepuéstas la una sobre la otra, dan la forma entera de la rueda, que pasa

A la pulimentacion por medio de tornos, i en seguida al departamento de enllantar. Estas ruedas, aunque menos costosas, tienen el gran inconveniente que, una vez quebradas, no tienen otra compostura que fundirlas de nuevo, o afianzarlas en casos particulares con abrazaderas de fierro batido, etc. Son preferibles las de fierro batido, que se construyen de varios modos, o bien uniéndose por medio de pernos entre sí i a las llantas varios sectores concéntricos, que a la vez forman la cama, etc., o bien del modo siguiente que se prefiere jeneralmente. Siempre un cierto número de obreros se ocupa solo en formar los rayos aislados de la forma *A, B*, segun monde, talon o eliva. Otros herreros mas diestros se ocupan en pegarlos segun las masas, de modo que las camas *a b, a b*, (fig.) correspondan a un círculo cuyo radio es dado de antemano. Estas pegas se hacen de dos en dos en primer lugar, después cada una por entre sí, i por último se arma la rueda entera; formada la rueda, se pegan las camas *a b, a b* entre sí, agregándoles suples de fierro; i se trabaja en seguida la bocina de la masa, i refuerzos a un lado para las manivelas conductoras del movimiento, etc. Los tornos, cinceles i acepilladores las dejan después aptas para recibir las llantas. Siempre se procede, como se sabe, dando a cada trabajador una sola i determinada ocupacion, siendo por esto todas las obras muy exactas, fijas i adaptables en un momento dado.

b. Ejes de locomotoras.—Éstos varían segun la colocacion de los cilindros o cajas del vapor; la forma mas complicada es la que corresponde a los cilindros interiores, que es la mas comunmente empleada.

Estos ejes son de una sola pieza de acero con codos o manubrios equidistantes de las ruedas, i cuyos planos forman en ángulo de 90° entre sí. Estos codos o manubrios corresponden directamente al movimiento de los pistones o émbolos de los cilindros, produciendo la rotacion del eje i de las ruedas que van firmemente unidas al primero. Entre los codos lleva el eje los escéntricos que comunican su movimiento a la válvula de escape o concha de cada una de las cajas de distribucion del vapor en los cilindros; se adapta tambien a este lugar la corredera de Stephenson, que produce el cambio de movimiento de atrás o adelante de la máquina, etc. Como se ve, un eje de locomotora es la parte mas esencial, i es por esta razon que todo su trabajo

se hace a mano, por medio de tornos, cinceles o cortadores, necesitando medidas exactas, que el obrero debe confrontar a cada momento. El herrero da solo el eje con la forma, grueso i dimensiones jenerales

c. *Calderos*.—Las planchas de palastro, como las de cobre de un caldero, se cortan por tijeras a vapor cuando el corte es rectilíneo, o por sacabocados o punzones continuos cuando es curvilíneo. Para darles después la forma curba, angular o gansa, se procede, ya sea por medio de golpes a martillo en caliente o ya en moldes, vigornias, o ya por la presión del vapor. En seguida se abren los agujeros para los remaches, ya sea por medio de punzones o sacabocados o ya por barrenos apareados, procediendo según moldes o medidas exactas para la coincidencia de ellos entre sí i con la plancha sobrepuesta. Los remaches o pernos se fabrican todos iguales en una máquina a vapor, que los da con una de sus cabezas formadas. Fundado en el mismo principio de presión horizontal, se hace la otra cabeza del remache una vez colado en caliente en el caldero; pero no se puede aplicar esta máquina en todos los remaches, ya por las dimensiones del caldero, o por la posición de él en lugares inaccesibles a la máquina; en este caso se cabecea el remache a golpe de martillo.

d. *Varias otras piezas*.—Muchas de las piezas pequeñas o componentes de otras se forman por medio de concavidades en la vigornia de los martinets a vapor. Otras con el auxilio de cortadores, tornos i cinceles; otras se fabrican directamente por los herreros o por la fundición o moldes del hierro colado. Los resortes se cortan i se curvan por medio de tijeras i prensas a vapor, etc. Todas las piezas componentes de una locomotora, pasan por fin a los departamentos destinados a los armadores i ensambladores, que arreglan i ajustan todas las piezas hasta dar formada para la prueba la locomotora construida.

13. *Observaciones en las fábricas de locomotoras*.—La maestraza de Crewe puede entregar una locomotora diaria, o sea, 30 al mes; pero las muchas composturas i reparaciones de las que se encuentran en servicio, les quita las tres cuartas partes del tiempo, no faltando en los depósitos mas de 100 máquinas en reparaciones i como 300 en construcción. El ferrocarril del noroeste, que recorre toda la Inglaterra, tiene en servicio ac-

tualmente 1932 locomotoras, de las cuales 1503 han sido fabricadas por la maestranza de Crewe. El número de máquinas es muy insuficiente en el día, pues después de la guerra franco-prusiana, envió solo esta compañía como 300 locomotoras a Francia para reponer las pérdidas i destrucciones durante el combate.

La forma mas jeneral de las máquinas construidas por la maestranza de Crewe es de cuatro ruedas apareadas de dos en dos, cilindros interiores; pero los trenes espesos hacen uso de las de un solo par de ruedas, que tienen de altura de 7 a 8 piés.

En la maestranza de Manchester vi en construccion una máquina doble para pendientes. En lugar de emplear, como se hace jeneralmente, dos máquinas para subir fuertes pendientes, se ha construido una por los señores Sharpe and Stewart, que consiste en dos máquinas comunes de cuatro ruedas, unidas por sus calderos, i arreglado el movimiento para que del centro por un solo maquinista, puedan dirigirse a la vez. De esta manera se ha obtenido una máquina de cuatro cilindros i ocho ruedas, produciendo el efecto de dos. Esta locomotora estaba destinada para el Brasil.

En la fábrica de Newcastle de los señores Stephenson se dió a luz la primera locomotora del mundo en el año de 1826, i desde esa época hasta el presente, se han suministrado al extranjero i al país, segun los libros de la casa, 2582 locomotoras, sin contar las máquinas a vapor aplicadas a las minas, a los buques, etc. i otras fabricaciones, que en cantidades considerables han salido de las manos de los señores Stephenson, tan justamente distinguidos i ensalzados por sus compatriotas i hombres de ciencia.

14. *Diversas fábricas i establecimientos visitados.*—Terminaré el presente capítulo dando a conocer los otros establecimientos visitados durante mis viajes por Inglaterra, indicando solo las particularidades mas notables en cada uno de ellos.

1.º *Fábrica de carros de Earlestown.*—Pertenece al ferrocarril del noroeste de Londres i está en relacion con la maestranza de Crewe. Construye solo vagones de carga. Los resortes i llantas vienen de Crewe, como asimismo las ruedas de fierro colado. Director de estos trabajos, Mr. J. W. Ermnett. La fábrica de coches de la misma linea está en Wolyerton, dirigida por Mr. R. Bore,

2.º *Fábrica de coches para ferrocarril.*—En Manchester visité también el Ashbury Carriage Company s' Works, que se considera el establecimiento mas completo de Inglaterra en materia de vagones i coches férreos. En efecto, a esta fábrica no llega nada hecho de afuera, trabajándose en ella todo lo necesario, con escepcion del fierro i acero que viene jeneralmente de Bridge woter Foundry, perteneciente a Mr. Masmyth, inventor de los martinets a vapor.

3.º *Airedale Foundry.*—Esta fundicion, perteneciente a los señores Hitson and C.º, está situada cerca de Leeds. En ella se construyen toda clase de máquinas a vapor, comprendiendo las locomotoras. Existian el dia de mi primera visita mas de 2000 trabajadores, pues la España habia contratado la construccion de 20 locomotoras, de las cuales vi 13 ya armadas. Se construia al mismo tiempo una gran máquina estacionaria de vapor de fuerza de 1200 caballos, para reemplazar las 11 máquinas menores que tiene el mismo establecimiento. Llama la atencion en esta fábrica la introduccion de algunas máquinas trabajadoras que reunen en sí mismas tres o cuatro operaciones distintas dirigidas por un solo obrero i que son movidas por una sola correa de trasmision. Han sido introducidas a principios del presente año por el jefe del establecimiento. El ahorro de brazos es hoy dia en Inglaterra un asunto de vital importancia; las innumerables huelgas de los obreros, los excesivos jornales que diariamente pretenden, han hecho no solo estudiar la economia de brazos, sino, lo que es mas, aumentar los precios de todos los productos desde el fierro hasta las materias alimenticias.

4.º *Wellington Foundry.*—En Leeds, de los señores Fairbain and C.º, con 1600 trabajadores. Vi varias máquinas en construccion para elaborar el algodón, la lana, la seda i el lino. Cada dia se introducen por esta casa notables mejoras, que le dan la preferencia en las órdenes que recibe de Europa i América. Aquí pude ver el mas completo establecimiento para el trabajo de la madera; máquinas acepilladoras, machiembadoras, etc.

Existe un departamento especial para la fabricacion de ruedas dentadas, que entran en gran cantidad en aquellas máquinas. Estas ruedas son de fierro batido, colado o de ambos a la vez; estas últimas contienen del primer metal una faja circular endentada, a manera de llanta. La endentadura se practica por

medio de formones o cinceles pequeños puestos sobre la circunferencia de una rueda pequeña, a manera de una sierra circular; el ancho de los formones o dientes de la sierra varia segun las dimensiones de la ranura o parte entrante del engranaje que se quiere formar. Se ve, pues, que dando el movimiento a esta rueda o sierra, se pueden ir formando los dientes del engranaje, aplicando a ella la circunferencia del círculo o rueda que se trata de endentar. El arte del obrero consiste en imprimir a esta pieza la direccion i movimiento convenientes, segun el número i forma de los dientes que se quieren trabajar; para mayor seguridad, el obrero tiene a la vista un padron o cliva en los casos necesarios.

5.º *Fábrica de los señores Greenwood i Batley.*—Este establecimiento, también situado en Leeds, ocupa cerca de 1000 trabajadores i es destinado a los mismos objetos del anterior en menor escala, ocupándose principalmente de la fabricacion de rieles de Spencer, cañones, cartuchos, balas, bombas, ametralladoras, etc. Se construia el dia de mi visita una partida de 25,000 rifles para España, segun recuerdo.

En esta fábrica estudié la manera de taladrar el acero para formar los cañones de los rifles, de rayarlos, de alisarlos, etc.

6.º Algunos establecimientos menores, visitados en Liverpool, Leeds, Newcastle i Glasgow, no merecen la pena de citarlos particularmente, como fundiciones de bronce, manufactura del algodón, la lana, etc.

15. *Astilleros.*—En Londres se ven arsenales i astilleros en ambas orillas del rio, desde el puente de aquel nombre hasta la desembocadura del Támesis en el mar, cuya estension se llama propiamente *el puerto*. Como arsenales, llama la atencion Woolwich; i como astilleros, los de Greenwich. Hasta el año 1869 se construian en Woolwich grandes buques de guerra para el reino. Esta casa fué fundada por Enrique VIII i pertenece todavía al Estado. Hoi dia se construyen en ella todos los útiles de guerra, como cañones, bombas, granadas, etc. En la parte baja está situada la Real Academia militar para la educacion de los jóvenes destinados al ejército.

En Greenwich se encuentran los astilleros de Mrs. Rennie i C.ª, cuyas fábricas i calderería visité con el señor comandante Señoret, quien está inspeccionando la construccion del vaporci-

to para ríos que se construye para nuestra República por los señores Rennie i C.^a

En Hull, tuve el honor de asistir con el señor almirante Goñi, a la postura de las primeras planchas de la quilla de uno de nuestros buques blindados, encargados al señor Read, el día 6 de setiembre último. Estos buques, que son dos por ahora, se trabajan en el famoso astillero de Earle's, Victoria dock, Hedou Road. En aquel día pude ver, en la sala de Gálivos, las principales partes de los buques en plantillas de maderas, existiendo un modelo completo de sus formas i dimensiones. Nuestros buques van a tener 45 piés de ancho por 210 de largo total, sus cuadernas de doble fondo, etc. Todo el material de fierro se preparaba activamente, i ya se habia tratado el blindaje i pernos de seguridad, pagándose la tonelada de estos últimos a mas de 1000 pesos. Cada buque pesará 3000 toneladas, siendo la décima parte el peso del blindaje, etc.

En Hull se ve un gran número de diques, muelles i astilleros que dan a conocer el gran movimiento de este puerto.

III.

PUENTES.

16. *Puentes sobre el Támesis.*—Existen en Londres cuatro medios diferentes para poder atravesar el río. 1.º Por medio de puentes, a cierta altura sobre el nivel de las aguas. 2.º Por medio de vaporcitos menores. 3.º Por el interior de un gran tubo de fierro tendido sobre el fondo del río. 4.º Por un túnel construido 20 piés mas abajo del fondo. Todas estas travesías proporcionan un vasto campo de estudios: examinemos las primeras. Los puentes son destinados a los usos de una vía ordinaria o de un ferrocarril. Los primeros son: 1.º de madera, 2.º de piedra, 3.º de arcos de fierro colado, 4.º arcos de fierro batido, i 5.º puentes colgados, de fierro batido. Los puentes para ferrocarriles son todos de hierro batido, diversas formas: todos ellos tienen vías laterales para la jente de a pié.

El puente de madera, Battersea Bridge, es de mui poca importancia.

17. *Puentes de piedra sobre el Támesis.*—Los principales son

Waterloo i London Bridge, construidos ambos por Mr. Rennie, el primero en 1817, i el segundo en 1831. Waterloo tiene de largo total 2456 piés i de ancho 70; se compone de nueve arcos carpanelos semi-elípticos, con 120' de claro cada uno, i un cuarto o 30' de flecha. Estando los arranques 10' encima de agua alta, proporciona 40' de altura para el paso de embarcaciones, en tiempos de alta marea. Costo total: 5.000,000 de pesos, comprendiendo las ramplas i arcos de acceso; pero si tomamos la parte de los nueve arcos igual a 1380 piés, su costo fué de 3.000,000 de pesos próximamente, lo que da un gasto de *cincuenta i cinco pesos* por pié superficial. El London Bridge, tiene 928 piés de largo por 54 de ancho, cinco arcos elípticos, cuatro de 120' i el del centro de 154. El costo total: 10.000,000 de pesos; pero el de la parte comprendida entre los cinco arcos, costó 2.710,750 pesos, ó sea, *cincuenta i nueve pesos* por pié superficial.

Los antiguos puentes de piedras llamados Blackfriars i Westminster, han sido destruidos i reemplazados, el primero por arcos de hierro batido i el segundo por arcos de hierro colado.

18. *Puentes de hierro colado sobre el Támesis.*—En el año de 1773 se hizo en Inglaterra el primer ensayo del hierro colado para puentes en forma de arcos, por Mr. Farnolls, construyendo el puente de Coalbrookdale, sobre el rio Saverna, cerca de Bristol. Este puente tiene un solo arco de 100 piés de claro: la forma del arco es peraltada con 45' de flecha. En 1792 se inició un nuevo puente de este material en Sunderland, dándole 200 piés de claro i construyendo el arco mas ojival o peraltado. En ambos puentes, los arcos se componian de curvas concéntricas de hierro fundido, del mayor largo posible, o de una sola pieza; estas diversas curvas unas sobre otras se separaban entre sí por *nervios* radiales, para darles mas rijidez. Los puentes así construidos, resistian perfectamente a las pruebas; pero se notaba siempre mucho movimiento en los arcos a causa del tráfico, sobre todo a los 33° de la horizontal. En 1817, Mr. Rennie modificó favorablemente este sistema, en el puente de Southwards sobre el Támesis. Formó los arcos de segmentos sólidos de fierro colado, con rebordes para efectuar la union entre sí por medio de pernos; dándole una rijidez extraordinaria i presentando un puente que ha servido hasta el presente de tipo para todos los

demás contruidos de este material ulteriormente, abandonándose por completo el antiguo sistema.

Este hermoso puente de Southwards, concluido en 1819, tiene tres arcos, dos de 210' i el del centro de 240'; su largo 800', ancho 50.' Los arcos, en lugar de ser peraltados como los dos anteriores, fueron mas bien rebajados, pues se le dió la eliptica con un décimo del claro por flecha, o sea, 24.' Cada arco del puente es formado de 8 selchas, mantenidas en su paralelismo por fundiciones de hierro colado i pernos. La seccion del arco, que es de doble T, mide 280 pulgadas cuadradas, i como el fierro colado resiste por lo menos a razon de 2 toneladas por pulgada cuadrada de seccion, resulta que las ocho selchas o todo el arco del puente podrá resistir a 4480 toneladas. Además, se reforzaron los arcos arriba i abajo por planchas de 4 pulgadas de espesor. El peso del hierro fundido empleado en todo el puente fué de 5780 toneladas, i su costo total, comprendiendo las obras de acceso, fué de 4.000,000 de pesos, siendo la mitad próximamente el valor de los tres arcos, o bien, *cincuenta i siete pesos* por pié superficial.

El puente de Westminster, construido por Mr. Tomás Page en 1862, reemplazando el antiguo de arcos de piedra, es del mismo sistema. Tiene 1160' de largo por 85' de ancho, siete claros, cuatro de 95' i tres en el centro de 120'; flecha de cada arco, 23'. Cada arco se compone de 15 selchas, variando la union de ellos entre sí, pues Mr. Page, en lugar de hacerlas por fundiciones de fierro, puso planchas de palastro de todo el ancho del puente que pasaban por entre las juntas de cada segmento del arco, aseguradas con los mismos pernos, dándole así una rijidez mayor, etc. Como los cimientos de este puente fueron hechos sobre pilotaje de hierro colado, se gastaron 1600 toneladas mas de hierro en ellos, mientras que el gasto de los arcos fué de 4200 toneladas; el hierro batido de las planchas de palastros, atravesañes etc, pesó 1370 toneladas. Total, 5570 toneladas, o sea, 210 menos que en el anterior. Su costo fué de dos millones i medio de pesos, pues solo se gastó en ramplas, etc., el medio millon, dando un gasto por pié superficial de *treinta i dos pesos*, a causa del material aprovechado del que se habia destruido, en los machones, etc.

Al mismo tiempo que Mr. Rennie construia el Southwards

Bridge empleando su nuevo sistema de arcos de fundición, Mr. Walker, seguía la construcción del Vauxhall Bridge, iniciada a fines de 1816, cinco meses antes, según el sistema de curvas concéntricas. Este último tiene nueve arcos de 80' con 24 de flecha; el espesor de los machones es de solo 10' en los arranques, largo total 800', ancho 40', costo, millon i medio, o sea *cuarenta i nueve pesos* por pié superficial.

19. *Puentes de arcos de hierro batido.*—Hai solo uno recién construido, en 1869, por Mr. Cubitt, que es el llamado Blackfriars Bridge, a pocos piés distantes del puente para el ferrocarril de Londres, Chatham i Dover. Su construcción consiste en verdaderas vigas de palastro, sección doblete, encurvadas i mantenidas por soportes de hierro colado, sistema empleado con preferencia en puentes para ferrocarriles, como veremos mas adelante. Este puente tiene cinco claros, dos de 155', dos de 175' i uno en el medio de 185; su largo, comprendiendo las rampas, 1275', i sin ellas, solo 923 piés; ancho, 75'. Cada arco tiene nueve selchas a nueve piés de distancia. Costo total, millon i medio de pesos, i poco mas de un millon la parte que forman los cinco arcos; gasto por pié superficial, *veinte pesos* próximamente. Fierro gastado, 3658 toneladas, de las cuales 508 son de hierro colado.

20. *Puentes colgados sobre el Támesis.*—Se termina actualmente un hermoso puente que se designa Alberto Suspension Bridge, en el extremo oeste del parque Battersea, mui semejante al que existe en el extremo este de este parque i que se llama Chelsea. Este último fué construido por Mr. Page, en 1851-53. Tiene 704' de largo por 47 de ancho, i dos vias de a pié de 7 piés cada una. El claro que deja en el centro es de 333', i los dos de los extremos de 167'. El alto de las torres, desde los cimientos, 90', construidas de piedras hasta la altura de las aguas, i siguiendo 57', de cilindros de hierro colado. Las cadenas son de hierro batido compuesto de barras rectangulares, trabajadas a martillo, de 16 piés de largo por $8 \times 2\frac{1}{2}$ pulgadas, puestas de canto, i alternadas en número de 7 i 8, i unidas por gruesos pernos o pasadores de acero. Costo del puente: 472,000 pesos, o sea, *once pesos i medio* por pié superficial.

No mui distante está el Lambeth Suspension Bridge, construido bajo otro sistema por Mr. P. W. Barlow, en 1862. Se

compone de 28 jarcias de alambre, formando cuatro cadenas o dos pares, uno por lado. Cada jarcia es de siete hebras, i cada hebra de siete alambres de $\frac{3}{10}$ pulgadas de diámetro. Cada una de las cadenas así formadas, tiene por área de la seccion transversal 25 pulgadas, i por resistencia a la tension, 1000 toneladas, o sea, 40 por pulgada. Su peso es de 36 libras por yarda lineal. El largo del puente es 900', su ancho 45', tres claros de 268' cada uno. Costo: 600,000 pesos, o sea, *once pesos* por pié superficial. Este puente llama la atencion por los atravesaños o pendolones, diagonales i tirantes que sostienen la via. Se considera éste, como el de Chelsea, como tipos o de estudio por algunas variaciones introducidas, o novedades que han producido magnífico resultado.

Hai otro puente colgado llamado Hammersmith, de poca importancia.

21. *Puentes para ferrocarriles.*—Existen seis construidos sobre el Támesis. Con la invencion de los ferrocarriles la construccion de los puentes entró en un nuevo periodo de adelanto. Sobre todo, en estos diez últimos años, se presentaron en la práctica varios casos difíciles de resolver con los sistemas conocidos, pues éstos eran solo aplicados de cierto modo. La via era aplicada a las condiciones del puente, i con los ferrocarriles hubo que aplicar o adoptar el puente a las condiciones impuestas por la via, so pena de enormes gastos i rodeos muy costosos. Los arcos, ya sean de piedra o fierro colado, exigen cierta altura sobre el nivel de las aguas, i no admiten sino claros de determinadas condiciones; en el primer caso, para ferrocarril, exijia el aumento de pendientes para llegar al puente a la altura necesaria, i en el segundo, aumentar los machones, que en muchos casos no es posible construirlos, ya por inconvenientes económicos, o ya por la navegacion del rio u otros inconvenientes materiales. Era, pues, necesario atravesar los obstáculos o rios por vigas rectas i horizontales del mayor largo posible, i con este objeto se ensayaron las vigas de palastro. Para esto se pusieron de canto, cortadas de cierta altura i largo, las mismas planchas de 5 a 7 octavos de pulgada de espesor, que se usaban en los éalderos, cuya union se hizo de tope por medio de dos planchas pequeñas a los lados, aseguradas con varios pernos o remaches. De esta manera se obtuvieron vigas que resistian seis ve-

ces mas que las mejores maderas conocidas, i que fueron perfeccionando i dándoles nuevas formas hasta llegar a los prodijiosos resultados que se obtienen en el dia con las construcciones de hierro batido. Con ellos se ha podido salvar claros muy grandes que solo los puentes colgados pueden admitir, trabajándose con grandes economías de machones i terraplenes, ofreciendo una gran resistencia a los violentos choques de los trenes, etc.

Jeneralmente los sistemas de puentes de hierro batido son imitaciones de los de madera, con ligeras modificaciones. Existen, segun los casos, trece sistemas jenerales diferentes de construccion, designados por el nombre de los introductores, o por nombres especiales; asi por ejemplo, los de rieles laminados, vigas de palastro, etc., son simples o dobles, segun el ancho o claro salvado; los puentes de enrejado de Town se han hecho rectangulares en su seccion o de forma trapezoidal; introducidos por Mr. Fairbain i Stephenson; aplicando las reglas de resistencias i economías, Mr. Brunell, Neville i Rider han introducido nuevas formas, seccion compuesta de simple *T*, de fajas horizontales i de celosías, mezclando el fierro colado con el batido, para que aquél resista solo a la compresion; por fin, los sistemas de Fox, Henderson i Sthephenon, empleando los arcos, los tubos, o túneles de fierro. De todos ellos he visto en Inglaterra, no solo los tipos, sino aplicaciones mejoradas de gran importancia. Los puentes que existen sobre el Támesis son de dos sistemas principales, el de Fairbain i Stephenson, de enrejado, seccion trapezoidal i de arcos de vigas de palastro, como el de Blackfriars, ya descrito.

a. *Puentes de ferrocarriles sobre el Támesis segun el sistema de Fairbain i Sthephenon.*—Hai cuatro de esta forma:

1.º *Charing Cross Bridge*, situado entre Waterloo i Westminster. Eué construido en 1862 por Mr. Jhon Hawkshaw en el mismo lugar que ocupaba el puente colgado Hungerford, cuyos materiales fueron comprados para el de Clifton, sobre el rio Avon, Bristol. Las vigas o enrejados descansan sobre machones de fierro colado, dándole ocho claros de 154 piés cada uno. Largo total, 1365 piés; ancho, 68', comprendiendo dos vias de a pié de 9' de ancho cada una. La seccion trasversal de las vigas tiene 13'-6" de alto, por 4' de ancho en la base i 3' en el

tope. Los puntales compuestos que parten de los extremos a juntarse en el medio, tienen una inclinación de 45° con la horizontal i distan 11' entre sí, lo mismo que los puntales simples que llevan una direccion contraria, formando paralelógramos; la diagonal vertical de estos paralelógramos es ocupada por punzones unidos además por cruces de San Andrés. La resistencia de esta viga a la traccion es de 5 toneladas por pulgada, i la compresion de 4, cada una pesa 190 toneladas. La superestructura es formada por vigas soleras, enrejado simple, que pesan 9 toneladas cada una. Costo del puente: 800,000 pesos, trabajado por la misma empresa férrea en sus maestranzas, o sea, *trece pesos i medio* por pié superficial.

2.° *London, Chatham and Dover Railway Bridge*.—Este puente está a pocos piés de distancia del Blackfriars destinado al paso de carruajes de las vías ordinarias. Ambos han sido contruidos por Mr. Cabitt, i ambos tienen 5 claros que se corresponden para el paso de la navegacion. Como el puente del ferrocarril está sobre grupos de cuatro columnas de fierro fundido, que solo tienen 5 piés de diámetro, los cinco claros corresponden, dos de 169', dos de 195' i el del medio de 205', que son un poco mayores que los del Blackfriars. Fué construido aquél en el año de 1864, formado de tres vigas enrejadas, dos menores a los extremos i una mayor al medio, correspondiendo un grupo de cuatro columnas para cada una, o sea, tres en cada machon o cepa. Los puntales inclinados tienen seis formas distintas, i están a 4 piés de distancia uno de otro, en cada una de las vigas. La seccion de ellos es casi rectangular, de 15'-6" de alto por 4'-6" de ancho la del medio, i solo 3 las de los costados; cada una es solo 4' mas angosta en la parte superior. Resistencia calculada en estas vigas a causa de la multiplicacion de puntales: para la traccion, de 18 toneladas por pulgada; i para la compresion, de 10. Costo del puente un millon de pesos, o sea, *veinte i cinco pesos* por pié superficial.

Se considera este puente como un tipo, por sus puntales i construccion.

3.° *Cannon Street Railway Bridge*.—Construido por Mr. Hawkshaw en 1869 a espensa de la compañía férrea del sudeste de Londres. Está situado entre Loudres i Waterloo Bridge. Tiene 706' largo por 75 de ancho, cinco vías férreas i dos an-

darívenes. Se compone de cinco claros de 136' cadauno; las vigas enrejadas se encuentran debajo de la superestructura i en número de 15 puesta de cinco en cinco piés; cada viga, enrejado simple, tienen 8'-6" de alto por 2' ancho abajo i 1'-10" arriba. El fierro empleado pesó 4200 toneladas, i su costo de 975,000 pesos, que hacen treinta i ocho pesos por pié superficial.

4.º *Staines Railway Bridge*.—Construido al interior para el paso solo del tren de mercaderías o de carga, tiene 278' de largo por 30' de ancho, i tres claros de 88' cada uno. Se compone de tres vigas de enrejado simple construidas de una sola pieza, cada una para los 278' de largo del puente, i 7'-6" de distancia una de otra. Se emplearon 364 toneladas de fierro i costó 50,000 pesos o sea ocho pesos por pié superficial.

b. *Puentes para ferrocarriles sobre el Tamesis, segun el sistema de arcos de palastro*.—Éstos son dos:

1.º *Battersea Railway Bridge*.—Está situado cerca de Cremorne Garden i fué construido por Mr. W. Baker en 1863. Tiene cinco arcos de 144' de claro cada uno, con flechas de 16'; largo 800' i ancho 37', para tres vias férreas. Las vigas o arcos de palastro se dispusieron dos a cada lado i en el medio, equidistantes 2'-6", i cada par 10'-6" del otro. La altura varia en los arcos de afuera desde 3'-4" en los arranques, a 2'-6" en el vértice, i la de los del centro de 3' a 2'. Cada par está mantenido en su paralelismo por cruces de San Andrés, i por fundiciones de hierro colado, los pares entre sí. Cada arco fué probado con 300 toneladas de peso uniformemente repartido, i la deflexion fué solo de una pulgada escasa. El fierro gastado fué 2565 toneladas, contando con 366 de fierro colado. Costó 498,000 pesos, o sea, diez i seis pesos por pié superficial.

2.º *Victoria Bridge Pinlico*.—Está mui cerca del puente colgado de Chalsea. Fué construido por Mr. John Fowler en 1864; tiene cuatro arcos con claros de 175', i 17'-6" de flecha. En la misma forma del anterior con seis selchas dispuestas de dos en dos. Largo 780' i ancho 35'. Fierro gastado: 1563 toneladas, comprendiendo 200 de fierro colado. Costó 450,000 pesos o quince pesos por pié superficial.

22. *Puente de Runcorn sobre el Mersey*.—El ferrocarril de Londres a Liverpool se habia construido dando un gran desvío, a consecuencia de las dificultades que presentaba el rio Mersey

para ser atravesado por un puente, por su gran anchura, profundidad i tráfico de la navegacion. Por otra parte, las dificultades que presentaba el largo trayecto por Warrington para llegar al importante puerto comercial de Liverpool, i la de atravesar el rio en vaporcito para tomar la estacion de Birkenhead, frente a Liverpool, e ir a Holihead e Irlanda, a mas del gran tráfico, hicieron pensar seriamente en la construccion de un gran puente para atravesar el Mersey. Al efecto, se eligió el punto de Runcorn, para construirle, realizándose en 1869 por Mr. W. Baker la obra mas importante i considerada la única obra maravillosa que se haya construido, segun el sistema de enrejado de Mr. Fairbain i Stephenson, en mayores proporciones. Este piente, que visité en union del ingeniero jefe de la línea Mr. Footner, tiene tres claros de 305' cada uno, un largo de 1010' con arquerías de acceso de mas de un quilómetro i medio; el ancho es de 25', con una via de a pié. El alto del enrejado es mayor que el ancho o sea 27'-9'', su ancho en la base de 5'-6'' i arriba de 4'. El fierro gastado fué 5100 toneladas i el costo de un millon de pesos, o sea, *cuarenta pesos* por pié superficial.

23.—*Varios puentes estudiados.*—No tomaré en consideracion los diversos puentes estudiados en Leeds, Hull, York, Edimburgo i Glasgow, que si bien son de mucha importancia, preferiré mencionar los tres siguientes, que son interesantísimos no solo en Inglaterra, sino en el mundo entero. A saber el de Chester, de un arco enorme de piedra; el de Newcastle, de una elevacion de 100' sobre las aguas altas; i por último, el grandioso trabajo del puente Britania, cerca de Bangor.

24.—*Puente de piedra de Chester sobre el rio Dee.*—Este puente, llamado tambien Grosvenor Bridge, es el único que existe ahora de un arco de piedra de 200 piés. En Italia existe uno mayor que fué destruido últimamente. El arco es circular, con sus arranques al nivel del agua, formado de tres corridas de dovelas o mampostes de *limestone* (piedra calcárea).—Fué terminado en octubre de 1832 por Mr. Thomas Harrison, i abierto al tráfico solemnemente en presencia de la princesa Victoria, hoy reina de Inglaterra. Su costo fué de 150,000 pesos, o sea, *veintiun pesos* por pié superficial. A poca distancia de éste está el puente construido para el ferrocarril, que se rompió en mayo de 1847

con el peso de un tren de pasajeros, cayendo tren i pasajeros al agua, pereciendo un gran número de personas notables; cuyo accidente recuerdan los ingleses para tomar en el día las importantes precauciones que se recomiendan en construcciones de puentes i en jeneral en toda obra.

25.—*Puente de fierro colado de Newcastle upon Tyne.*—El rio Tyne atraviesa a la poblacion a 80 piés de profundidad, dividiéndola en dos partes: Newcastle, propiamente, i Gates-head. Como una estacion de ferrocarril en el primer punto exijia bajo las mejores condiciones atravesar el rio a 120' sobre las aguas altas, la compañía férrea resolvió por esta dificultad atravesar el rio a muchas millas al interior. Pero, en 1842 presentó Mr. Robert Stephenson un proyecto de puente de fierro colado, bajo condiciones tan aceptables, que a pesar de estar las acciones del ferrocarril a mui bajo precio, se resolvió a realizar esta gran obra, digna concepcion del célebre ingeniero.

Este gran puente de arcos de fierro colado tiene seis claros de 150', un largo de 1338' i un ancho de 35. Es de doble superestructura, una encima de los arcos como ordinariamente para el ferrocarril, i otra al nivel de los arranques i colgada de ellos, para carruajes i jente de a pié. La altura de la primera sobre el nivel del agua es de 112', i la de carruajes ordinariamente es de 81'.

Los machones, construidos sobre pilotaje de fierro colado, tienen una altura total de 160', elevándose 120' encima de las aguas.

El costo fué para el puente.-----	\$ 1,225,500
Para la arquería i obras de acceso.-----	565,400
Terrenos i casas compradas.-----	675,000

Suma total.----- \$ 2,465,900

El costo por pié superficial resulta de *veintiseis pesos*.

Contiguo a este puente existia uno viejo que se llevó el agua i que actualmente se reemplaza por uno de piedra, imitando el de Londres, Waterloo Bridge. Aquí tuve ocasion de estudiar la fundicion o trabajo debajo de las aguas, por tabletacas i cilindros.

26.—*Puente tubular de Britania.*—Fué construido sobre el

estrecho de Menai, cerca de Bangor, en el ferrocarril de Halihead para pasar a Dublin. Es el tipo del sistema de puentes túneles de Mr. Stephenson. Sobre el rio Conway, muy cerca de su desembocadura i a 10 quilómetros del anterior, se construyó un puente bajo el mismo sistema i para el mismo ferrocarril. La construccion del Britania duró cuatro años, desde 1846 a 1850. La primera idea de Mr. Stephenson fué emplear los arcos de fierro colado en claros de 450'; pero el almirantazgo exijió un paso libre de 100', que los arcos de fierro daban solo al vértice. Se pensó, pues, en vigas derechas i horizontales. Los claros pedidos eran de 460 piés de largo por 100' de altura; era necesario multiplicar las vigas de palastro de modo que se ayudasen mutuamente, pues una viga enrejada, como la del puente de Runcorn, exijia un alto muy grande para el claro pedido. Se pusieron, pues, ocho vigas simples de palastro en ancho de 20', unidas por planchas de palastro, i después 6 unidas del mismo modo i en un ancho igual. Se pusieron aquéllas encima de éstas, uniendo las catorce por planchas laterales, dejando una a 18' libre interiormente de la otra, o 30' de altura total. De esta manera se formó un túnel de fierro, que tiene interiormente un ancho de 14' por una altura de 18, i exteriormente 20 por 30, pudiendo dar paso a un tren con su locomotora. Se calculó la resistencia de este túnel i resultó ser de 2000 toneladas a la compresion, a mas de su propio peso. Estudiado después económicamente el sistema, se disminuyeron a los extremos la altura de 30 del medio a 22'-6'', exteriormente, resultando aquellas mismas disminuciones al interior, i se hicieron otras modificaciones a los tubos o túneles menores que 450 de largo, etc. Aprobado el sistema se procedió a construir el puente. Se le dieron cuatro claros, dos en el centro de 450' por 100' de alto, como se exijia, i dos a los costados de 230' con la misma altura. Se construyeron dos túneles de fierro, para dos vias, uno de ida i otro de vuelta, unidos por planchas de palastro arriba i abajo e interiormente por vigas simples, etc., etc. Cada tubo de los claros de 450' tiene 462' de largo i pesa 1600 toneladas cada uno. El peso total del fierro empleado en todo el puente es de *once mil toneladas*. Costo del puente: 3.110,000 pesos, o sea, *cuarenta pesos* próximamente por pié superficial.

A quilómetro i medio de este puente, sobre el mismo estrecho

de Menai, está el hermoso puente colgado construido en 1820 por Mr. Telford, i que se encuentra tambien a 100' de altura libre para la navegacion.

IV.

CAMINOS.

27. *Calles i caminos ordinarios.*—No me ocuparé en describir los caminos ordinarios fuera de las poblaciones, pues ellos se mantienen en buen estado en fuerza de la asistencia diaria i cuadrilla de camineros que los vijilan diariamente. Entre nosotros, se hacen caminos i se dejan completamente abandonados, i no es estraño que se encuentren descompuestos i en mal estado. No se puede culpar por esto a la oficina de ingenieros, pues tiene para la apertura i reparacion de caminos la pequeña suma de 200,000 pesos por año, que es insuficiente para las reparaciones solo de los caminos ya construidos. Es de suma importancia el aumento de esta partida del presupuesto, si se quiere a la vez construir caminos nuevos i reparar los viejos. En toda la Europa, se ven cuadrillas de camineros de distancia en distancia, que arreglan i entretienen continuamente los caminos públicos, disponiendo de carretones que trasportan el material, por lo menos para ir colocándolo de trecho en trecho, cuando no tienen trabajo en la misma via.

Me ocuparé en describir los sistemas de pavimentar las calles o caminos al interior de las poblaciones. Los sistemas principales son tres: el de adoquines, el macadan i el asfalto. De estos tres sistemas pueden hacerse uso en nuestras ciudades de Chile; los dos primeros están empleados ya, uno en Valparaíso i el otro en Santiago. El asfalto se ensaya en Europa desde 1864 en París, i desde 1869 en Londres, produciendo buenos resultados hasta la fecha.

28.—*Pavimento de adoquines.*—Este sistema se ha ensayado de varios modos en Inglaterra, ya sea variando la naturaleza de la piedra que forma el adquin, o ya del material que forma la cama o fundamento. Los adoquines de madera solo se ven en pequeñas porciones, por la escasez de este material, empleado para evitar el ruido de los carruajes i del tráfico al frente de las

casas consistoriales, parlamento, bancos, palacios de la familia real, algunas oficinas, etc.

El adoquin necesita una cama sólida i resistente, para evitar los hundimientos: hai varios sistemas de arreglarlos, ya sea sobre un buen ripio o maicillo bien aprensado, ya sobre entablado de madera, o ya sobre planchas de fierro. La colocacion de los adoquines debe hacerse de modo que las junturas mas largas queden perpendicularmente al movimiento de las ruedas de los carruajes. Los inconvenientes que estos pavimentos tienen, son: 1.º su mucho costo, que en Londres alcanza a 5 pesos por metro cuadrado; 2.º el maltratamiento de los animales, que caen con mucha frecuencia a pesar de las herraduras especiales que se les ponen; i 3.º las grandes atenciones que demanda la explotacion o entretenimiento, cuyos gastos se calculan en Londres a razon de 70 centavos por metro cuadrado. El aseo es el principal medio de conservar los pavimentos: el barro que forman las lluvias debe quitarse inmediatamente, i los hendimientos i ahoyamientos deben componerse con lijereza.

29. *Pavimentos de macadan.*—Estos pavimentos son mui conocidos, i poseemos materiales mas apropósito para el endurecimiento de la superficie. Tiene ese gran defecto que sus descomposturas son de peores consecuencias que los otros sistemas, i sus reparaciones mas seguidas i costosas.

El descuido con que se mira a veces una pequeña descompostura, hace casi siempre aumentar considerablemente los gastos de su reparacion; estos pavimentos exigen una atencion esclusiva durante el invierno para quitarles el barro i depósitos de agua, i durante el verano para regarlos.

30. *Pavimentos de asfalto.*—La sustancia que se emplea es un calcáreo natural que contiene de 5 a 9 partes de materias betuminosas. Se trabajan en Inglaterra un sinnúmero de minas que proporcionan este material mas o menos cargado de betun, i se han formado várias sociedades, que jeneralmente llevan el nombre de la mina o lugar de estraccion. Cada material, o su mayor parte, ha sido empleado en las calles principales de la City i de mayor tráfico, i se esperan los resultados que parecen ser mui satisfactorios.

Esta calcárea betuminosa se reduce a polvo, el que se emplea en los pavimentos de dos maneras: 1.º caliente hasta cierta

temperatura; i 2.º fundido o reducido a una masa licuosa por medio de otros ingredientes. En cualquiera de los dos casos es necesario preparar la cama con ripio o maicillo en un espesor de 6 a 10 pulgadas de espesor, bien comprimidos. En algunas partes se ha hecho sobre esta cama una capa de mezcla hidráulica, quedando la superficie dura i apta para recibir el asfalto. Segun el primer método, se estiende encima de la cama así preparada, dicho polvo calentado a una temperatura, que varia segun las calidades del material, i se le da un espesor de 2 a 2½ pulgada. Se apizona previamente a la mano, pasándole después unos cilindros o aplanchadores de fierro que están a mayor temperatura que el material, i que no son demasiado pesados. El asfalto, al enfriarse, se va ligando i solidificándose hasta formar una superficie dura i compacta, i disminuye una cuarta parte del espesor que se le habia dado. Para obtener un pavimento menos suave que proporciona este material, se le agrega un 20 o 50 por ciento de arena gruesa, segun la calidad del asfalto, antes de usarlo, cuya mezcla se hace por medios apropiados etc.

En el segundo caso, cuando el polvo se ha reducido a una masa licuosa por medio de 5 a 7 por ciento de otras materias fundentes, se arregla la cama del mismo modo que en el anterior, i a la masa estendida por medio de planas de madera o fierro se le da un espesor menor, añadiéndole siempre un tanto por ciento de arena.

Se nota en estos pavimentos que los animales de tiro no caen tan seguido como en los de adoquines, a pesar que cuando ha llovido o está húmedo el suelo, los animales que caen no pueden levantarse fácilmente.

31. *Ferrocarriles de sangre.*—Estos ferrocarriles solo son usados en lugares apartados del centro del comercio. En Londres hai solo tres compañías restringidas por las leyes. La construccion mas jeneral es la de rieles acanalados sobre durmientes i largueros de madera; la cabeza superior de los rieles se coloca al mismo nivel del camino, de modo que los carruajes puedan pasar i atravesarlos libremente. No sucede esto en Valparaiso, donde las ruedas de los carruajes se detienen i cuesta hacerlas atravesar el riel, siendo esto causa de muchas destruccioncs de carruajes. Dos sistemas, durmientes i rieles de fierro, han sido

recientemente introducidos, uno por Mr. Cockburn Muir, que consiste en rieles-vigas colocados sobre durmientes o zoquetes de fierro colado unidos por barras de fierro, seccion de simple *T*, para mantenerlos en su paralelismo. El otro sistema ha sido presentado por Mr. Page, que consiste en rieles de cierta forma que pueden sentarse sobre planchas o eclisas de fierro colado, unidos por la parte superior por atravesaños como el anterior. Este sistema no exige descomponer la via, sino practicar una zanja angosta donde quepa el riel a ambos lados. El riel, en la parte superior, lleva una barra rectangular de acero, que puede mudarse cada vez que se gaste sin necesidad de mover el pavimento. Los dos sistemas han sido introducidos en Inglaterra con jeneral aceptacion, habiéndose contratado en Glasgow, casa de los señores Edington i Hermanos, unas 25 millas del Tramway de Mr. Cockburn Muir, para Montevideo, i que vi trabajar cuando visité esta fábrica.

El peso del fierro empleado en una milla es de 118 toneladas i media, i quitando el peso de los durmientes, quedan solo 53 toneladas, 15 $\frac{1}{2}$ quintales de 112 libras, i su precio puesto a bordo fué convenido por el Gobierno de Montevideo en *dos mil quinientos peso*, a causa del alto precio del fierro. Como se ve, los rieles-vigas, cuestan casi lo mismo que los otros i se puede construir la línea con una economía grande de durmientes.

En jeneral, por la bondad de los pavimentos de todas las ciudades inglesas, se prefiere el establecimiento de ómnibus, que conducen a dos caballos casi el mismo número de pasajeros que los carros de un ferrocarril de sangre; cuestan mas baratos, no necesitan rieles, i no estorban el tráfico de las calles. En las poblaciones grandes, como Londres, Liverpool, etc, se prefiere la via férrea a vapor, subterránea o aérea, a la via férrea de sangre por la superficie. Sin embargo, se ven antiguas líneas férreas urbanas en todas las ciudades, i en Edimburgo se construian algunas nuevas.

32. *Ferrocarriles a vapor*.—He llegado a la cuestion que es hoy en dia la mas estudiada, i que abraza muchas cuestiones en sí misma. Los ferrocarriles en Inglaterra proporcionan un sin número de obras que estudiar, i en algunos puntos, como Londres, atraviesan la poblacion en diferentes direcciones de dos maneras: por medio de túneles, trabajados a 15 o 20' debajo de

la tierra o cimientos de los edificios i casas, o bien aéreamente, a 30 o 35' de altura, al nivel del techo de las casas, o a mas altura; siempre teniendo presente no estorbar el libre paso de las calles de una poblacion. En los trabajos subterráneos se ven admirables obras de albañilería, i elegantes arquerías de piedra i ladrillo; i en los arcos, construcciones de viaductos tanto de fierro i piedra, como de ladrillos i madera, que muestran al viajero todos los casos imaginables que pueden presentarse en la práctica.

Hasta ahora existen 32 compañías férreas a vapor en toda la Gran Bretaña, de las cuales 16 parten del mismo Londres en todas direcciones. De tres años a esta parte los ferrocarriles ingleses han recibido un gran incremento en sus entradas. En aquel tiempo se habian suspendido los trabajos i aún el tráfico por muchas líneas a causa de las pérdidas que ocasionaban; las acciones de muchos ferrocarriles se vendian aún con un 80 por ciento de pérdida sobre el valor real, i las grandes obras principiadas estaban enteramente suspendidas; mas ahora, a causa de las fusiones o reunion de todas las empresas férreas, no solo inglesas sino europeas, i de las seguridades dictadas por los congresos i las autoridades públicas, el movimiento producido después de la guerra franco-prusiana, la actividad comercial i progresiva de las naciones, i los arreglos financieros i económicos que la esperiencia ha aconsejado; todo ha contribuido a la gran alza i estension de las líneas férreas. Las acciones de los ferrocarriles se encuentran en el dia con 10, 20 i aún 30 por ciento de premio, i se trabaja activamente por aumentar las líneas férreas en todo sentido. En la primera semana de setiembre próximo pasado, existian 14,120 millas o sea cerca de 23,000 quilómetros de ferrocarriles, de los cuales se habian construido en esa semana como 300 quilómetros. Las entradas habian aumentado en todas las empresas, relativamente a la misma semana del año anterior, mas de 440,000 pesos. La produccion total fué de 405 pesos por milla semanalmente. Por cierto que en todo esto no se ha tomado en consideracion las innumerables compañías de pequeños ferrocarriles de un pueblo a otro, de una aldea o lugar comercial, minero o carbonifero, etc. etc.

33. *Ferrocarriles de trocha angosta.*—El ancho que predomi-

na en los ferrocarriles ingleses es el de 4'-8½;" pero existen algunos de 7' i 5'-6." En el gran establecimiento o maestranza de Crewe, del ferrocarril del noreste de Londres, existe un pequeño ferrocarril de un pié i medio de ancho, con su máquina a vapor, construida por la misma casa; pero el ferrocarril, cuya esplotacion es digna de estudio, es el de 2 piés de ancho que existe entre Partmadoc i Festiniog. Várias comisiones de injenieros, enviados por naciones europeas, como la Rusia, Béljica, etc., han visitado este ferrocarril para estudiar su esplotacion i reconocer sus inmensas ventajas. A propósito de estas comisiones i de querer establecer un gran ferrocarril en las Indias, se trató en 1869 largamente de la gran cuestion de fijar el ancho mas conveniente de una línea férrea. La base de esta discusion fué el ferrocarril de Festiniog, con el que se hicieron comparaciones, estudiando las cuestiones económicas i de seguridad relativamente a los de 4'-8½"', exhibiéndose importantísimos datos para resolver el problema. He leído atentamente todo lo escrito en esta materia, i las resoluciones tomadas para adoptar definitivamente el ancho de 3'-6" que se ha dado al ferrocarril de las Indias, i adoptado ya por la Francia, Béljica i Grecia. En la Rusia, cerca de Moscou, se ha construido uno de 2'-6," que ha producido buen efecto i ha merecido las felicitaciones del gobierno ruso dirigidas al injeniero Mr. Fairlie, autor de la locomotora empleada en ellos.

Entre nosotros, sabemos que desde mucho tiempo a esta parte existen en la provincia de Copiapó i La Serena, varios ferrocarriles de trocha angosta; el de Tamaya o Tongoi tiene solo 2 piés de ancho, i en Copiapó los hai de 0 m., 80 centímetros.

Su gran economía, seguridades, etc., está probada; como así mismo las ventajas incalculables que ofrece en países montañosos, como lo es todo el norte de Chile, la introduccion de un sistema semejante. Esta gran aplicacion del sistema en nuestro país, me movió a hacer un estudio serio de la cuestion, como lo he hecho, visitando el ferrocarril de Festiniog, etc.

34. *Ferrocarril de Festiniog.*—En 1832 se construyó esta línea de 2 piés de ancho para ser esplotada por caballos. La pendiente descende de Festiniog a Portmadoc, 1 en 92, término medio, i la distancia que recorre es de 21 quilómetros. Los carros cargados bajaban por su propio peso. El aumento de carga

i pasajeros de subida, i el incremento de transacciones, hizo pensar en un sistema distinto de locomocion, i en 1865 se adoptó la locomotiva construida por el ingeniero Mr. Spooner, nombrado al efecto ingeniero en jefe de la línea, la que dirige actualmente con tino i gran intelijencia. Los rieles orijinales eran de 16 libras por yarda, seccion de simple T ; se cambiaron a los pocos años por otros de 30 libras que duraron 18 años hasta 1865, i en esta época fueron éstos reemplazados por rieles de doble cabeza que pesan 48.66 libras por yarda. La línea tiene dos túneles de 3 m., 40 de ancho por 4 m., 20 de alto, las curvas varian de 50 metros a 200 de radio. Material circulante: 1.º hai siete locomotoras, seis de $7\frac{1}{2}$ a 10 toneladas de peso, i una de $19\frac{1}{2}$, construida por Mr. Fairlie, que lleva su nombre. El poder de esta última es de 440 toneladas sobre rieles a nivel, con una presion de 160 libras de vapor. El diámetro de las ruedas matrices es de 5 piés, la carrera del émbolo 13 pulgadas. 2.º La compañía tiene carros de 1.ª, 2.ª i 3.ª clase para pasajeros; los primeros tienen 6 piés de ancho por 10 de largo; diámetro de las ruedas, un pié i medio. Los asientos, para guardar su estabilidad, están a solo 6 pulgadas de las ruedas, quedando los piés de los pasajeros a la misma distancia del suelo. Para pasar las curvas de poco radio, se ha dado solo 5 piés a la distancia de los ejes de las ruedas. En las estaciones no hai plataforma, etc.

Me apartaria mucho de mi objeto si tratara las diferentes cuestiones del servicio, de su explotacion, gastos de conservacion, sistemas de señales, etc. Respecto a sus grandes economias i exámen de seguridades, Mr. Spooner ha publicado un grueso volúmen conteniendo la discusion habida sobre el ancho, i demás datos necesarios.

35. *Varios ferrocarriles.*—Los ferrocarriles de Inglaterra gozan del privilejio en Europa de ser considerados como los mejor servidos, de mayor velocidad i de menos accidentes, tomando en consideracion su gran movimiento. He estudiado atentamente en todos ellos la explotacion i entretenimiento, que me seria muy largo esplicar. Me he fijado en todas sus estaciones, distribucion del servicio interno i de escritorio, sin perdonar ningun paso que me pusiera en relacion con todas las importantes cuestiones de un ferrocarril. Visité la nueva línea que se construye bajo la direccion de Mr. Walton entre Liverpool i Manches-

ter, los trabajos del gran túnel de aquel puerto, que se construye actualmente para el ferrocarril central, atravesando todo Liverpool desde Ranelagh Street hasta el dique de Brunswick. Este túnel tiene mas de 3 quilómetros, i no estará concluido hasta fines del año entrante.

Cada una de las diez i seis compañías férreas de Londres cuenta en la ciudad con dos o mas estaciones de primer órden, sin contar las de segundo i tercer órden que son innumerables. Las primeras i segundas son jeneralmente construidas de fierro, presentando todas las formas imajinables de colmos, coberturas, etc., existiendo algunas que son especiales i únicas hasta ahora en sus formas. Las principales estaciones son: Euston, Victoria, Charing-Cooss, Waterloo, etc., etc. La distribucion interior de ellas, sus grandiosos hoteles, sistemas de señales, plataformas, placas jiratorias, depósitos i almacenes, etc., presentan un gran campo de estudio i admiracion que me ha tocado examinar aún con planos a la vista.

Cuando practique estos mismos estudios en los ferrocarriles del continente europeo, podré apreciar mejor la construccion i explotacion de los ferrocarriles en jeneral, i entonces examinaré las mejoras que podrian introducirse en Chile, en cuya materia, por lo que he podido ver, estamos en un pié bastante avanzado i lójico.

V.

VARIAS CUESTIONES I OTROS TRABAJOS ESTUDIADOS.

36. *Agua potable, cañería.*—En Londres, Liverpool i Manchester, Leeds i Newcastle se ha tratado la cuestion de agua potable en diferentes casos i dificultades dignas de estudio. Las bombas a vapor, máquinas poderosas, estanques, filtros, cañería, etc, considerados estensamente, fueron objetos de mucha atencion para mí, por su inmediata aplicacion en muchos lugares i grandes ciudades de Chile.

En Londres hai ocho compañías distintas que suministran agua a la poblacion, sin contar los pozos i norias que hai en las casas. El consumo del agua es de 1290 litros por cabeza i se cobra el cinco por ciento de las rentas impuestas a las casas. La compañía que trae el agua de mayor distancia es la de

New river fundada en 1608. La distancia en línea recta es de $33\frac{1}{2}$ kilómetros, i la recorrida es de 63; el agua viene en canales de 6 metros por 145 milímetros, que tienen próximamente 5 centímetros por quilómetro de pendiente. La velocidad del agua es de 3200 metros por hora; el agua que suministra es de 81.000,000 de litros en cada 24 horas, o sean, 94 regadores.

El agua en jeneral es mui impura; pero últimamente se ha mejorado mucho con los nuevos filtros introducidos por las compañías. En jeneral las demás compañías sacan sus aguas de estensos pozos, que suelen llamarse artesianos, pero que no son otra cosa que nuestras norias, a una profundidad de 100 i 120 metros. Las poderosas bombas que se aplican para estraccion i a veces para elevar el agua a los depósitos o reptáculos, movidas por el vapor, tienen de 30 a 100 caballos de poder, i se han mejorado últimamente en su forma, disposicion i manejo para producir la mayor estraccion posible del agua de los pozos i manantiales, en el menor tiempo i con mayores economías.

Cada pozo hai que limpiarlo i bajarlo anualmente un pié de profundidad.

El mismo sistema se emplea en todas las ciudades de Inglaterra, con diferencia en los recepáculos depósitos, bombas a vapor, cañerías o canales cerrados, adaptados siempre a las diferentes circunstancias que obran en la práctica. En la mayor parte de Inglaterra las obras de agua potable pertenecen al Estado.

37. En Glagow visité la fábrica de cañerías de agua i gas de los señores Edington i Hermanos, llamada Phænix foundry. En esta fábrica vi manufacturar toda clase de tubos i cañerías, examiné las máquinas de prueba i reconocimiento de los cañones, por medio de la presión hidráulica, moldes, fundicion, etc. Existe aqui una máquina especial para formar los moldes de los grande cañones, etc.

38. *Desagües de las poblaciones.*—Aunque jeneralmente todas las ciudades de Inglaterra están situadas a orillas de rios, en la mayor parte los desagües no caen a ellos sino a muchos quilómetros aguas abajo de distancia. En Londres se habian terminado todos los desagües directamente sobre el Támesis, pero se vió que el agua, cuya corriente es insignificante, depositaba

siempre a los lados las inmundicias de la poblacion, mucho mas en lugares como Woolwich, Greenwich, etc. donde el rio no tenia barrancos altos i cauces encajonados, como en la misma capital. El año de 1868, para subsanar esta dificultad, se dió principio a construir dos grandes i estensos túneles de desagües a ambas orillas del Támesis, para recibir en ellos todas las cañerías tendidas en el resto de la poblacion. Estos dos túneles o canales cubiertos de desagües, tienen un largo de 110 quilómetros, o cada uno 55, yendo a terminar cerca de la desembocadura del rio en el mar. Al fin, i antes de terminar, se construyen grandes obras para estraer de las aguas de la poblacion todas las materias o sustancias útiles a la industria, a saber, diversas sales amoniacaes i fosfatadas i los diversos abonos de terrenos que antes se perdian en el Támesis, arrojando a él solo las aguas purificadas, etc.

Se calcula que el desagüe de la gran poblacion de Londres es de dos 2.400,000 metros cúbicos diariamente; i si agregamos el agua de las lluvias, que cae a razon de seis milímetros i medio por cada 24 horas, podremos formarnos una idea de la magnitud de las obras que se han practicado i siguen practicándose, pues las obras no se terminarán sino en 1874. El costo total calculado es *quince millones de pesos*. En los puntos bajos de la poblacion, donde para recibir las aguas habria que perder altura en los canales principales, ha habido que construir depósitos o receptáculos para elevar las eguas por medio de bombas a vapor, de las cuales algunas tienen 500 caballos de fuerza. La gran variedad de obras construidas en los desagües de Londres, ocupan un grueso volúmen escrito por Mr. Humber, cuya obra completa he comprado.

39. *Terraplenes a orillas del Támesis*.—Desde mucho tiempo atrás se habia pensado formar dos avenidas a orillas del rio entre los puentes de Vauxhall i Blackbriars. Solo en 1862 se principiaron estos trabajos bajo la direccion del director de obras públicas, Mr. Bazalgette, que dirije actualmente las obras de desagüe. Consultando el arrepresamiento del rio, su velocidad etc., se estrechó el rio por el lado norte entre Blakfriards i Westminster Bridge, formando el boulevard de Victoria Embaukment, que se entregó al tráfico el año de 1870; i por el sur, entre Westminster i Vauxhall Bridge, con otro boulevard que se

llama Albert Embaukment, entregado el año anterior de 1869. Las obras o murallas de sostenimiento se hicieron de granito, empleando el cimientó de Portland. Se construyeron debajo túneles para el paso de ferrocarriles, se continuaron las diversas obras de desagüe de la población, se construyeron muelles, etc. i el costo total de los dos boulevares ascendió a 8.500,000 pesos. Los pavimentos se encuentran de 2 a 6 metros encima de mayores avenidas; cada avenida tiene cerca de 25 metros de ancho, las veredas de 5 a 6 metros, i se encuentran plantadas de hermosos árboles, etc.

40. *Diques i construcciones marítimas.*—El efecto de altas i bajas mareas, que llega por el río Támesis hasta 25 i 30 quilómetros al interior de Londres, ha permitido en el puerto la formación de diques, represas i reservas para el carguío, reparación de buques, etc. Existen siete diques en Londres, que he reconocido, siendo el mayor de todos el de West India, i el mas cercano a la población, cerca de la Torre de Londres, el St. Katharine. Son de notar las poderosas máquinas hidráulicas i a vapor que existen, i los enormes almacenes i edificios, distinguiéndose por su bella apariencia los del estanco de tabaco; etc. Pero donde los diques i construcciones accesorias están en mayor número en Inglaterra, es en el puerto de Liverpool. Aquí se ven sesenta i cinco diques a un lado del río i veinticinco al otro, i se construyen diariamente mas, pues la fama i nombradía de las operaciones de refacción i construcción de piezas, hacen insuficiente ese número en el día. La área de terreno que ocupan estos diques es por el lado de Liverpool 1.115,000 metros cúbicos, i por el de Birkenhead 700,000; suma 1.815,000 metros cúbicos.

Durante mis viajes he podido ver varias veces maniobrar los diques en todos los usos i aplicación que tienen, he podido ver la construcción, no solo de las máquinas empleadas en dichas maniobras, sino de las diferentes piezas i maquinarias de un buque, etc.

En Liverpool se habia elegido últimamente un antiguo depósito o reserva de un dique (basin) para construir una estación. Aquí pude ver la formación de los cimientos de un muro de sostenimiento en grandes dimensiones, para resistir al empuje de las olas, etc.

41.—*Túnel debajo del Támesis.*—Los trabajos de este túnel principiaron en 1825, bajo la direccion de Mr. Brunel. Se formaron doce marcos de madera de seis metros i sesenta centímetros de alto, por noventa i tres centímetros de ancho, colocados uno al lado del otro, dentro del túnel, con el objeto de proteger a los trabajadores de los derrumbes i del agua que filtraba. En cada marco trabajaban tres hombres. Por tres veces el túnel se llenó de agua, entrando el rio en él; i durante los años de 1828 a 1835, los trabajos fueron suspendidos por falta de fondos. Se entregó al público en marzo de 1843 habiéndose gastado 2.340,000 pesos. El túnel consta de dos vias o arquerías de ladrillos, divididas por una muralla de 90 centímetros de espesor. Cada arco tiene 4 metros 25 centímetros de ancho por 5 metros 16 centímetros de alto. Su largo total es de 362 metros. No correspondiendo las entradas a los intereses del capital gastado, se ha adoptado últimamente por Mr. Barlow, al paso de trenes del ferrocarril interior de la poblacion, prohibiendo el paso de a pié, que solo antes tenia.

42.—*Tubo para el paso de pasajeros tendido sobre el lecho del Támesis.*—Este tubo, construido de hojas de palastro bajo la direccion de Mr. Barlow, tiene 2 metros 15 centímetros de diámetro. Es completamente circular. Antes se recorria en un ómnibus movido sobre rieles por un cable de alambre; pero ahora se arregló un entablado para el paso de a pié, i se ha suprimido el ómnibus.

43.—*Observatorio astronómico de Greenwich.*—Visité este célebre establecimiento, dirigido por Mr. G. B. Airy, i pude ver los diferentes i valiosos instrumentos de observacion que posee, e instruirme de la marcha de sus laboriosas operaciones. Fué fundado en 1675, i actualmente cuesta al Gobierno anualmente la cantidad de veinte mil pesos. La hora exacta es suministrada a Londres por la electricidad.

44.—*Conclusion.*—Seria mui largo describir los diversos monumentos i obras de artes que he visitado en Inglaterra; las diversas fábricas de algodón, de lana i objetos de estos materiales; las diversas cuestiones estudiadas respecto a la formacion de presupuesto, arreglos de trabajos, disposiciones legales de entretenimientos i explotacion de puentes, caminos i obras públicas; reglamento i atribuciones del cuerpo de ingenieros, sus estatutos, obligaciones en los trabajos, etc., etc.

Después de asistir a los cursos de la escuela superior de puentes i calzadas, pienso recorrer algunos puntos de Francia, como Creuzot, St. Etienne, Lyon, Marsella, etc., pasar a Turin por el gran túnel de Saint Denis, recorrer las principales ciudades de Alemania, procurando siempre encontrar en los puntos que recorra lo mas notable en materia de construcciones o fábricas.

Todo lo que tengo el honor, Señor Ministro, de comunicar a US. en cumplimiento de mi deber.

Dios guarde a US.

Ricardo Fernandez Frias,
ingeniero civil.