

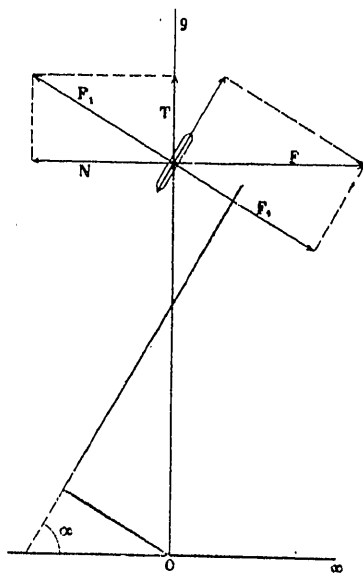


Figura 6.

la componente normal será $N = F \cdot \text{sen. } \alpha = F \cdot \text{sen.}^2 \alpha$, y el de la tangencial $T = F \cdot \cos. \alpha = F \cdot \text{sen. } \alpha \cdot \cos. \alpha$. Sea f el coeficiente de rozamiento del carro R sobre la regla Y, expresado, como de costumbre, por la tangente de un ángulo i (el de rozamiento); $F \cdot \text{sen.}^2 \alpha \cdot \text{tg. } i$ será el valor del rozamiento, con lo que, si llamamos T_1 la fuerza que arrastra al carro á lo largo de Y, resultará

$$T_1 = T - F \cdot \text{sen.}^2 \alpha \cdot \text{tg. } i = F \cdot \text{sen. } \alpha (\cos. \alpha - \text{sen. } \alpha \cdot \text{tg. } i) \\ = F \frac{\text{sen. } \alpha}{\cos. i} \cos. (i + \alpha),$$

de donde

$$F = \frac{T_1 \cos. i}{\text{sen. } \alpha \cos. (i + \alpha)}. \quad [3]$$

Si admitiésemos que T_1 es constante, deduciríamos que F debe ser mínimo para un valor de α dado por la condición $\cos. (i + 2\alpha) = 0$, ó sea para

$$\alpha = 45^\circ - \frac{i}{2};$$

y también que para $\alpha = 0$ y $\alpha = 90^\circ - i$, F tomaría valores infinitos. Pero es fácil ver que tal hipótesis sería inexacta y que T_1 es función de α .

En efecto; la velocidad de traslación del carro R á lo largo de Y y la de esta regla paralelamente á x, están ligadas por la relación $v_x = v_y \cdot \text{tg. } \alpha$; suponiendo, pues, para precisar las ideas, v_x constante, v_y también lo será mientras α conserve el mismo valor, pero variará dentro uno dado de v_x al variar α . Ahora bien: no existiendo aceleración en los movimientos, es claro que el trabajo de las fuerzas motoras se emplea *totalmente* en vencer los rozamientos, que serán proporcionales á los caminos recorridos, y en último término á las velocidades; luego en virtud de la relación que liga á v_y con v_x , deduciremos que el trabajo que en el movimiento del sistema R á lo largo de Y ha de efectuar la fuerza T_1 , variará únicamente con α , en proporción con la tangente de este ángulo; de consiguiente, otro tanto ocurrirá con la fuerza misma, lo que nos autoriza á escribir $T_1 = \tau \cdot \text{tg. } \alpha$, siendo τ una fuerza constante.

Así tendremos

$$F = \frac{\tau \cdot \text{tg. } \alpha \cdot \cos. i}{\text{sen. } \alpha \cos. (i + \alpha)} = \frac{\tau \cos. i}{\cos. \alpha \cos. (i + \alpha)}, \quad [4]$$

y también

$$F_1 = \frac{\tau \cdot \text{tg. } \alpha \cdot \cos. i}{\cos. (i + \alpha)}, \quad [5]$$

expresión de fácil discusión, que nos lleva razonadamente á las conclusiones antes indicadas.

En efecto; de la [4] se deduce que F presenta un valor mínimo para $\alpha = -\frac{i}{2}$, creciendo después con α , hasta convertirse en ∞ para $\alpha = 90^\circ - i$. Pero es de notar que este mínimo es puramente analítico, porque el rozamiento es una cantidad discontinua que obliga á modificar convenientemente las fórmulas en que entra, cuando hay un cambio de signo en la inclinación ó en el sentido de las presiones ejercidas; y así resulta para nuestro caso actual que desde que α tome el valor cero, las fórmulas obtenidas no serán aplicables. Es decir, que los valores de α comprendidos entre $-\frac{i}{2}$ y cero no deben considerarse;

de consiguiente, el valor práctico de α que hace á F mínimo es $\alpha = 0$, para el cual se tiene $F = \tau$, lo que permitiría determinar experimentalmente á τ si nos propusiéramos llevar esta investigación más lejos.

Poniendo este valor de α en la [5], resulta para F_1 el valor cero; todo ello de acuerdo con lo que dicta la razón á simple vista. Si α crece, se ve que tanto F como F_1 crecen también, hasta convertirse en ∞ una y otra cuando α adquiere el valor $90^\circ - i$; de modo que cuanto mayor sea i menor será la amplitud de las inclinaciones posibles de la rueda. Ahora bien: si el aparato está ejecutado con toda perfección, i será muy pequeño y el límite superior de α estará muy próximo al valor 90° ; pero sin esfuerzo se comprende que no podremos acercarnos demasiado á él sin que el funcionamiento del aparato corra el peligro de ser falscado, no solamente por la dureza de movimientos que introduciría la condición de ser entonces F muy grande, sino también, y muy principalmente, porque coincidiendo con ella la de ser necesaria una gran reacción de rozamiento (un gran valor de F_1) llegará una inclinación en que la resistencia al resbalamiento de la rueda no sea suficiente para garantizar el movimiento exigido por la teoría.

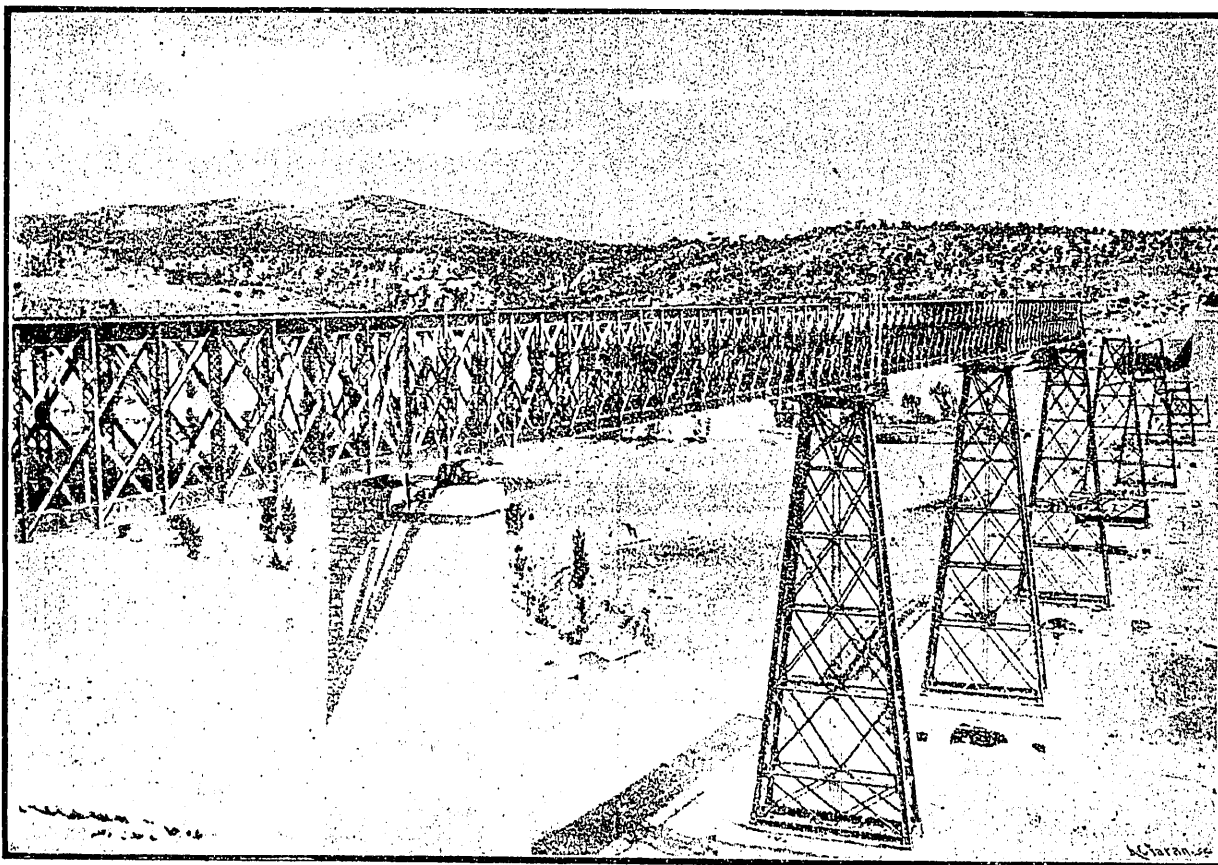
Esta inclinación máxima, admisible en la práctica, dependerá evidentemente de circunstancias muy variables, ante todo de la naturaleza de la sustancia sobre que apoye la rueda y de la forma más ó menos afilada del borde de la misma. La experiencia únicamente podrá determinarla por modo expedito y seguro, y en los artículos sucesivos expondremos las conclusiones á que conducen los experimentos ya efectuados.

JOSÉ RUIZ-CASTIZO.

Zaragoza, Julio de 1897.

LÍNEA FÉRREA DE LINARES Á ALMERÍA

Próximo á terminarse el viaducto metálico del Guadhortuna, situado en el kilómetro 104,500, creo de oportunidad dar algunos datos sobre esta obra, tomados de la memoria que sobre ella se ha escrito y de la marcha seguida en los trabajos. Unido á ellos, los grabados que se acompañan, bastan para que pueda formarse una idea



exacta de esta construcción, que si no por su altura, pues la máxima es de 58 metros, por su longitud de 619,20 metros, es de las primeras de España.

Cruza el ancho y profundo valle del Guadahortuna por medio de una viga central, formada por ocho tramos metálicos de 60^m, 50 de luz cada uno (entre ejes de los apoyos), la cual descansa, excepto sus extremos, sobre pilas metálicas con basamento de fábrica, de altura sobre el terreno natural variable de dos á cinco metros, y de dos viaductos de acceso de menores dimensiones, constituidos, el del lado de Linares, que es el que aparece ya montado en los grabados, por tres tramos metálicos de 33,80 de luz de eje á eje de los apoyos, y el del lado de Almería de un solo tramo de la misma luz.

Descansan estos tramos sobre pilas de fábrica y una pila estribo de igual construcción sirve simultáneamente de apoyo, así por el lado de Linares como por el de Almería, al extremo de un pequeño tramo del viaducto de acceso y á la de un gran tramo de la parte central del viaducto; en los extremos del lado de los desmontes, los pequeños tramos descansan sobre estribos macizos de fábrica, con aligeramientos interiores cubiertos por las tierras de los cuartos de cono.

Las pilas metálicas, construidas de hierro, son del tipo clásico con charnela de giro sobre el eje de apoyo y grapas en el macizo de fábrica, que sirve de base á la parte metálica de la pila. En virtud de la charnela de articulación sobre el apoyo, las reacciones transmitidas por los tramos y los trenes que las sobrecargan, pasan siempre é invariablemente por el centro de la pila, y el engrapado, en un macizo de un espesor suficiente de fábrica, asegura la solidaridad íntima de la parte metálica y del basamento de fábrica, cualquiera que sea la fuerza del viento. Finalmente, la triangulación de las diferentes hiladas que constituyen una misma pila (la de las caras laterales, así como

la triangulación horizontal de cada hilada) se ha cuidado de una manera especial, haciendo desaparecer por una feliz disposición del cruzamiento de las barras, las diagonales de longitud desmesurada, cuya tendencia á arquearse se ha significado por la experiencia como señal de un defecto en grandes pilas metálicas, construidas hace algunos años.

Con objeto de poder visitar fácilmente y sin el menor peligro todas las partes metálicas de la obra, conservar su pintura y de practicar cuando sea necesario la reparación del roblonado, se ha colocado una pasarela en la base de los tramos del viaducto principal y en la parte central del mismo, que permite recorrerlo en toda su longitud, y de la mencionada pasarela, puede subirse al nivel del carril por medio de una escala de hierro situada sobre el lado de la sección en que termina el viaducto principal ó bien bajarse por una pequeña escalera metálica sobre la plataforma de inspección de los aparatos y desde este punto al interior de cada pila metálica, por medio de una doble escala que se encuentra en el centro, provista á cada metro próximamente de barras curvadas que constituyen un respaldo, como se ha efectuado en la construcción metálica del Hipódromo de París.

Existen también plataformas de seguridad á la altura de los carriles y con dimensiones de 0,98 de anchura y 1,78 de longitud para resguardar á los peones sorprendidos por un tren al recorrer los grandes tramos del viaducto, rodeadas de barandilla y sustentadas por consolas, que constituyen un elemento decorativo.

El engrapado de las pilas en el basamento de fábrica se obtiene por medio de un sólido tirante situado en el eje del montante y unido á éste en la parte superior, que cruza la fábrica en una especie de vaina de hierro fundido y que viene á unirse por medio de un fuerte patín de acero con tuerca á una doble viga de hierro en I, que recibe

también los hierros en I transversales, coronados estos mismos por placas de acero fundido. En virtud de esta disposición no puede ejercerse ninguna tracción sobre el tirante de la pila, que no sea contrarrestada inmediatamente por el peso total del macizo entero del basamento que está encima de las placas de acero fundido del engrapado: este peso de fábrica, 236 toneladas, es muy suficiente para asegurar la estabilidad, con un coeficiente de seguridad de $2^k,15$. Construido este basamento para resistir esfuerzos verticales u horizontales, está constituido por un macizo de fábrica de mampostería con paramentos de sillarejos en hiladas concertadas, de modo que forme, gracias á la energía de los morteros de cal del Teil que se han empleado, un verdadero monolito, teniendo una casi completa uniformidad de resistencia.

Un aligeramiento constituido por una bóveda de medio punto, de siete metros de diámetro, se encuentra practicado en la parte central del macizo, mientras que en la parte superior y bajo la coronación de la pila, se extiende otra en forma de zampeado invertido, destinado á dar solidaridad á los apoyos de los montantes conjugados de una misma pila en el sentido perpendicular del viaducto. Con esta disposición se consigue acodalar los dos puntos de sustentación y transmitir de uno á otro la parte de acción del viento sobre la pila y las dos mitades de los tramos contiguos que no haya sido destruida por el rozamiento del pie del montante sobre la base.

La galería de la pila está constituida por una hilada de sillería, formando cornisa en todo su contorno, cornisa que se extiende hasta los apoyos de las pilas en el sentido perpendicular á la obra, de manera que venga á formar el estribo de la bóveda á modo del zampeado invertido de que antes hemos hablado. Galerías de acceso de 1,45 de altura por 1,45 de luz, cerradas por puertas de palastro, permiten constantemente la inspección de la obra. Tanto las pilas de fábrica de los viaductos de acceso, como las que sirven de punto de apoyo simultáneo á un tramo pequeño y á uno grande contiguos, se encuentran constituidos por un macizo hecho con cal del Teil, y paramentado con sillarejos en hiladas concertadas y de tipo denominado monolítico.

Estando formado el terreno del valle por una capa de gran espesor, sin contar la capa vegetal, de una tierra arcillosa de varios colores y de distintas resistencias, cuyo origen son los aluviones más ó menos antiguos arrancados por las aguas á las laderas vecinas y transportados por el río Guadahortuna, no se ganaría nada con penetrar á mayor profundidad en las entrañas del terreno, exigiendo este por su naturaleza que la presión unitaria de la base del cimiento de fundación no exceda de 2 á 3 kilogramos por centímetro cuadrado.

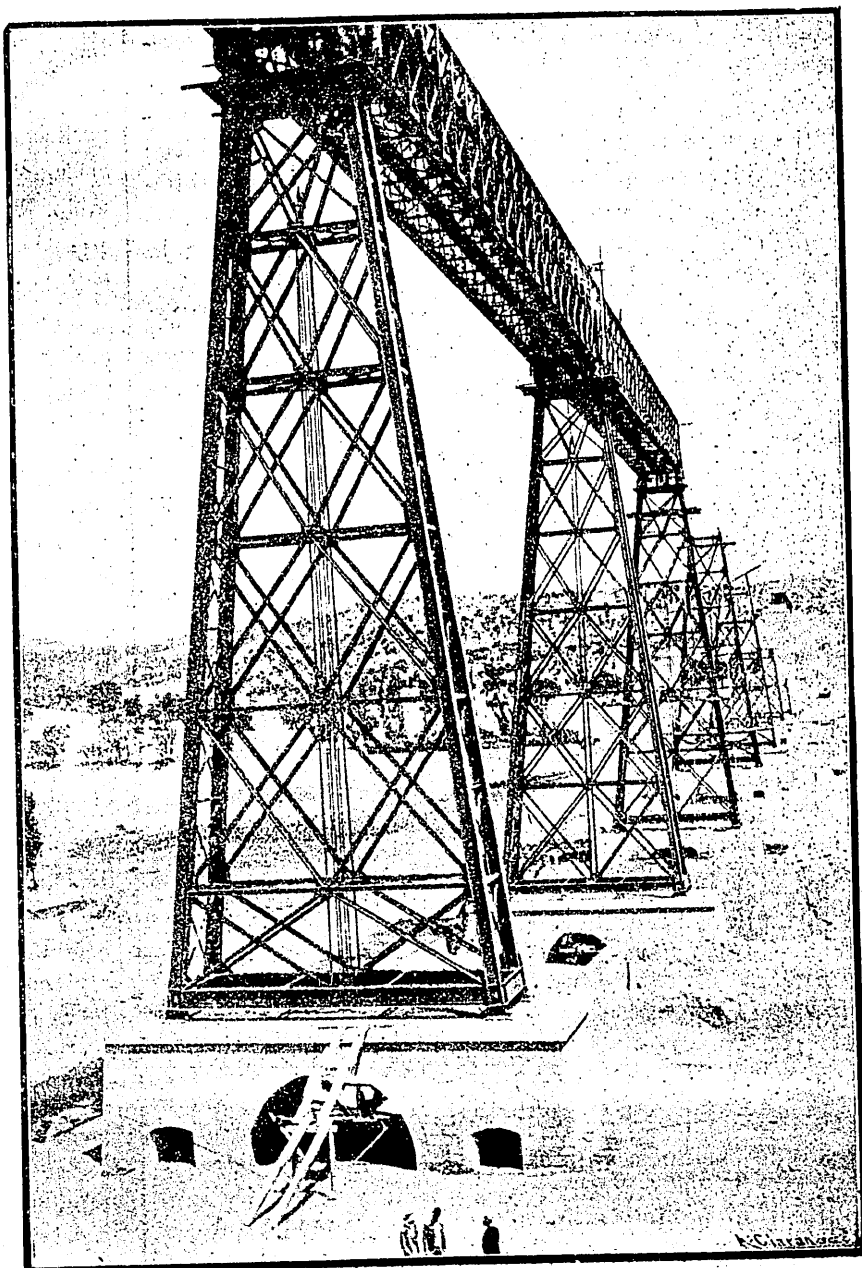
Por esta razón ha sido necesario reducir todo lo posible el peso de la pila en la base de fundación y por ello emplear pilas metálicas para el viaducto principal, mientras que para los viaductos de acceso se han proyectado de fábrica, porque están colocadas en las laderas iz-

quierda ó derecha del Guadahortuna y encuentran una base de fundación más sólida.

Por el contrario, en el fondo del valle, el terreno es de aluvión, de época más ó menos antigua, por lo cual, el trabajo de la fundación debe ser el menor posible, y por ello el asiento de fábrica que sirve de soporte á la pila metálica ha sido reducido á una altura mínima de unos 5 metros, es decir, á la rigurosamente necesaria para el enlace de la parte metálica. Esta altura de la fábrica varía algo de una pila á otra para armonizarse con los cambios de altura de las pilas, que por razón de la disposición de las celosías, no podrían hacerse sino por la adición ó supresión brusca de uno ó medio bastidor.

Las pilas de fábrica del viaducto del lado Linares están fundadas sobre marga compacta, que se descompone con mucha facilidad; las profundidades de cimentación de estas pilas han sido 6,50 la máxima y de 5 la mínima; el cimiento, que es continuo, se compone de un bloque de hormigón enrasado 0^m,50 más bajo que el terreno natural.

Las pilas metálicas 1, 2, 3 y 4 están encima de arcilla compacta mezclada con cantos rodados; en ellas la profundidad máxima del cimiento ha sido de 5,50 y la mínima de 4,00, siendo este cimiento un bloque continuo de hormigón en un espesor de 1,20; y después, continuando de



hormigón, se divide en dos macizos, que vienen á ser los pies derechos en que se apoya el alzado de fábrica, constituidos como hemos dicho anteriormente.

En las pilas 5 y 6, que son las que están á uno y otro lado del río, la profundidad de la excavación ha sido mucho mayor, pues ha llegado á 16,50 y 15,00 metros respectivamente, habiendo sido necesario entibarla, no sólo por ese motivo, sino también porque en el terreno, que era de aluvión en la parte superior, marga y cantos rodados mezclados con la marga formando una especie de conglomerado en la inferior, se encontró gran cantidad de agua; en estas pilas y en la siete la cimentación no es corrida, sino constituida por dos bloques de hormigón de 14,50, 14,00 y 4,20 respectivamente.

Por último, en la pila estribo y en el estribo del lado de Almería el terreno, es marga compacta y el cimientito se ha hecho corrido con una altura de 5 y 4 metros respectivamente, aunque la profundidad de la excavación ha sido de 9,40 y 8,50 y todo lo demás de fábrica, habiendo sido necesario darle mayor solidez por la gran inclinación que tiene el terreno en dicho punto.

El mortero empleado en las pilas donde se encontró agua fué de cemento de Portland en la proporción de 300 kilogramos de cemento por metro cúbico de arena, y en las demás cimentaciones 300 kilogramos de cal del Teil por metro cúbico de arena y lo mismo en las mamposterías, y siendo de 500 kilogramos de cemento para la misma cantidad de arena para las silleras.

A 30 metros de la segunda pila metálica pasaba el llamado barranco de Puertas, y aunque quizás no lo hubiese perjudicado, para quitar hasta la más remota probabilidad de ello se ha desviado y construido un muro de revestimiento con una altura de 5 metros, un espesor en la base de 2,50 y 1 en la coronación.

También para proteger las fundaciones de las pilas, comprendidas en la corriente actual del Guadalupe, contra las socavaciones se va á revestir el fondo y las márgenes del lecho del río, después de haberlos regularizado todo lo posible con una fuerte capa de fábrica de mampostería ó de hormigón hidráulico con un espesor de 0,35 en la parte superior y 0,70 en la base, en una longitud próximamente de 115 metros; á este revestimiento se une un triple rastrillo, colocado como se hace ordinariamente.

Dada la importancia del terraplén de acceso al viaducto del lado de Linares, mala calidad de las tierras y su gran cubo, que será aproximadamente de unos 80.000 metros, se ha hecho por tongadas de 4 metros de altura, tomadas de un préstamo lateral de buen terreno, compuesto de tierra roja, grava y arena.

La construcción de este viaducto ha sido presupuesta en 1.337.156,86 pesetas, y con su terminación, que será á principios de Noviembre, podrá ponerse en explotación otro nuevo trozo de unos 20 kilómetros, y en los cuales están las estaciones de Huélma, Cibra de Santo Cristo y Alicún.

En artículos sucesivos daré algunos detalles sobre otras obras de la línea, cuya construcción ha sido por cierto bien difícil, pues aparte de que en toda ella hay grandes pendientes (hasta de 0,027) no hay ninguna alineación recta de importancia y en cambio la mayor parte de las curvas son de 200 metros de radio; sólo en el trozo ya explotado de Alamedilla á Almería, ó sea en 146 kilómetros, existen 16 túneles, alguno de 416 metros de longitud y en

curva, y 24 puentes metálicos, varios de los cuales tienen más de 200 metros de largo.

Almería, Septiembre del 97.

FRANCISCO J. CERVANTES.

REVISTA EXTRANJERA

Un nuevo procedimiento de cimentación debajo del agua.

M. D. Jordan, de San Francisco de California, contratista muy experimentado en obras hidráulicas de todas clases, ha ideado un nuevo procedimiento de cimentación debajo del agua y ha construido un modelo en escala natural para verificar ensayos. El objeto que se ha propuesto es reducir el coste de los procedimientos actualmente usados, cuando la profundidad es considerable, y obtener, al mismo tiempo, mayor rapidez en la ejecución de la obra.

El sistema, aunque tiene algunos puntos de contacto con algunos de los conocidos, difiere esencialmente de todos ellos. El macizo del cimientito se construye sobre una sólida plataforma suspendida sobre el nivel de las aguas, que se va haciendo descender gradualmente hasta que llegue á apoyarse en el fondo del río ó del mar, construyendo fábrica en la parte superior á medida que se efectúa el descenso, de modo que la parte construida se halle constantemente enrasada sobre el nivel de la superficie del agua. Se evita, pues, el empleo de ataguías y de toda clase de agotamientos, así como la aplicación del aire comprimido. Es inútil decir que sólo ofrecerá ventajas en los casos en que pueda aplicarse sin tener que vencer ciertas dificultades especiales; así, es indispensable que se pueda obtener por el dragado una superficie horizontal perfectamente regular y homogénea en el fondo, y que no será aplicable cuando el fondo esté cubierto de bloques sueltos ó cantos rodados de gran tamaño.

El adjunto grabado que reproducimos de *Scientific American*, da idea clara de la disposición general. Dos grandes pontones de forma alargada se hallan amarrados á los dos costados del macizo que ha de constituir el cimientito, siendo su separación algo mayor que el ancho de aquél. Sobre las cubiertas de los pontones se apoyan fuertes vigas transversales separadas entre sí algunos pies. Debajo de ellas y exactamente al nivel del agua hay una plataforma sostenida por otras vigas transversales con la misma separación que las de la parte superior. Sobre estas últimas se apoyan dos largueros que llevan unas poleas de acero, y á la plataforma inferior van unidas otras poleas iguales por el intermedio de placas de acero. En cada costado, un cable metálico pasa alternativamente por las poleas superiores y por las inferiores, terminando en tornos situados en los extremos de los pontones, como puede observarse en la figura. En esta situación, se empieza á construir la fábrica sobre la plataforma, y á medida que va elevándose se va haciendo descender todo el sistema hasta que llegue á apoyarse en el fondo, que se habrá dragado y preparado previamente de modo que ofrezca una superficie horizontal. Para asegurar un descenso lento y uniforme en ambos costados, los extremos de los cables se arrollan dando dos vueltas sobre unos fuertes rodillos transversales, entre el torno y la polea del extremo. Para dar firmeza á los pontones, evitando todo movimiento transversal, cada uno está provisto de dos fuertes tabi-