

MEMORIAL DE INGENIEROS Y REVISTA CIENTÍFICO-MILITAR,

PERIÓDICO QUINCENAL.

Puntos de suscripción.

En Madrid: Biblioteca del Museo de Ingenieros.—En Provincias: Secretarías de las Comandancias Generales de Ingenieros

1.º de Mayo de 1878.

Precio y condiciones.

Una peseta al mes, en Madrid y Provincias. Se publica los días 1.º y 15, y cada mes reparte 40 páginas de Memorias y de parte oficial.

SUMARIO.

El canal de Vento, en la Habana.—Apuntes sobre mecánica de las construcciones.—Hincas de pilotes.—Bibliografía.—Crónica.—Novedades del Cuerpo.

EL CANAL DE VENTO, EN LA HABANA.

La grandiosa obra en curso de ejecución, cuyo nombre encabeza estas líneas, es sin duda la más importante de las que en este siglo ha tenido á su cargo nuestro Cuerpo, y tal vez la de necesidad más urgente, á pesar de lo cual ha encontrado y encuentra dificultades é inconvenientes que hace años impiden su terminación, de tanto interés para la Habana.

A la Exposición universal que hoy debe inaugurarse en París, se han remitido modelos del conjunto y de algunos detalles de tan monumental obra, y creemos que los ingenieros de todos los países que examinen aquellos modelos con inteligente atención, harán justicia al mérito y conocimientos del autor del proyecto y director de dichas obras, D. Francisco de Albear y Lara, Brigadier de Ingenieros.

La inspección que hemos hecho de los referidos modelos, nos ha sugerido la idea de dar á los lectores del MEMORIAL una breve noticia de las obras de conducción de aguas á la Habana y de las causas que han impedido su terminación, noticia que creemos no parecerá inoportuna, puesto que nuestro periódico sólo ha publicado acerca de dichos trabajos el informe que en 1865 dió una comisión nombrada para inspeccionarlos (1), en el que, estudiándose varios puntos concretos, sólo por referencias se hablaba de la totalidad del proyecto.

La populosa capital de la Isla de Cuba se surte hoy de aguas del río Almendares, único importante que corre por sus cercanías, y son llevadas aquellas aguas hasta la Habana por una acequia de márgenes bajas y descubierta, llamada *Zanja Real*, construida hácia fines del siglo xvi, y por el *Acueducto de Fernando VII*, terminado en 1855, que tomando las aguas del Almendares del mismo punto que la Zanja, las decanta y hace filtrar en estanques á propósito y las conduce despues por cañería de hierro hasta su distribución en el caserío de la ciudad.

A pesar de estos dos medios de abastecimiento, carece la Habana del agua que necesita para la bebida y salubridad de sus habitantes, para el riego de sus campos, para aguada de los buques del puerto y para establecimiento de industrias, y la escasa que recibe adolece de graves inconvenientes.

La *Zanja Real* apenas lleva á la población 18.000 metros cúbicos diarios, por lo imperfecto de su construcción, por su largo curso de unos 15 kilómetros, y por las numerosas sangrías y filtraciones que merman el caudal que toma del río, que es de unos 80.000 metros cúbicos en 24 horas. Además recibe esta acequia, en su curso al descubierto, multitud de materias y aguas impuras, que hacen que sea poco á propósito para bebida,

por repugnante y mal sano, el líquido que llega á la ciudad, á lo que hay que agregar las enfermedades producidas por la humedad y emanaciones de la Zanja en la parte de la población donde penetra, lo costoso de su entretenimiento y la necesidad de suspender su curso por muchos días en algunas ocasiones.

El *Acueducto de Fernando VII* tiene mucho mejores condiciones, como obra, que la Zanja, pero lleva sólo á la Habana unos 5.500 metros cúbicos diarios, cantidad insuficiente á todas luces; además no puede aquel, por su nivel, surtir á una gran parte de la población, y la distribución del agua á domicilio se hace también con graves defectos.

A estos inconvenientes se unen los que tienen por sí las aguas del río Almendares, sujeto á rápidas crecidas, y que recibe durante su largo curso toda clase de inmundicias, cieno, basuras y materias animales, que hacen insalubres sus aguas, llegando éstas á la Habana, casi la mitad del año, coloreadas y con mal sabor, cualidades que no son bastantes á quitarles los filtros en gran escala que tiene el *Acueducto*.

De esta insuficiencia y malas condiciones del abastecimiento de aguas de la Habana, resulta haber en ella gran número de aljibes y pozos, así como de filtros ó destiladores pequeños en casi todas las casas acomodadas; pero la gente pobre ó de cortos recursos que carece de filtros, sufre y se queja, no puede atender á la limpieza tan indispensable é higiénica, sobre todo en climas cálidos, y la salud pública se resiente mucho de semejante estado de cosas.

Hace años que se ha tratado de remediar males tan importantes para una población como la Habana, y en 1851 se formó ya una comisión especial que, aprovechando trabajos anteriores, propusiera la mejora del abasto de aguas; pero hasta 1855, en que el Capitán General Gobernador de la Isla, D. José Gutiérrez de la Concha, nombró otra segunda comisión de tres individuos y presidida por el entonces Coronel D. Francisco de Albear, no hubo un pensamiento fijo y estudiado.

Dicha comisión trabajó con ardor, y en 25 de Noviembre del mismo año 1855 presentó su informe con el proyecto de las obras, formado por el referido Coronel Albear, obras que, aprobadas más tarde, son las que están en curso de ejecución.

Segun este proyecto, ó más bien anteproyecto, que se publicó impreso en la Habana en 1856, se obtendrán 102.000 metros cúbicos diarios de agua, de los cuales se calculan 21.000 para el consumo particular (á 70 litros por habitante, suponiendo una población de 300.000), otros 21.000 para los servicios públicos de la ciudad y el puerto, y 60.000 metros cúbicos para el riego de los campos, establecimiento de fábricas, etc., y este líquido en cantidad tan considerable (1) será un agua clara y limpia en todas las épocas, agradabilísima al paladar y de una temperatura constante, que hace se la encuentre fresca durante los calores, y cuando éstos cesan, suficientemente templada.

(1) Tomo XX, año de 1865

(1) El canal conducirá aún mayor caudal, como se dirá luego.

Tales ventajas se obtienen tomando el agua, no del río Almendares, sino de los manantiales que surgen en la cañada de Vento, próxima á aquel, y que dan al acueducto su nombre vulgar ó extra-oficial, pues oficialmente se llama Canal de Isabel II.

La idea no era nueva, pues se había pensado en ella muchas veces, y sobre todo al proyectarse el *Acueducto de Fernando VII*; pero desechada siempre por las dificultades que presentaba su ejecución, estaba reservado al Brigadier Albear su adopción definitiva, y después de estudiar la cuestión con incansable ardor é inteligencia, demostrar la posibilidad de conducir á la Habana las aguas de Vento, por medio de obras difíciles, sí, pero no superiores á su inteligencia y á los actuales medios de construir.

Como la toma de aguas es lo que dá originalidad é importancia al futuro canal que ha de abastecer á la Habana, y es lo que hace ya de él la obra tal vez más notable del mundo entre las de su misma clase, vamos á permitirnos indicar lo que son los ya célebres manantiales de Vento, antes de tratar del resto del proyecto.

Como á dos leguas de la Habana brotan, en la margen izquierda del río Almendares, un gran número de manantiales, muy variables unos de otros en caudales y velocidades, del agua cuyas cualidades reseñamos ántes, y que analizada químicamente resulta ser de las mejores potables: dichas corrientes van á aumentar la del Almendares, y cuando éste tiene avenidas que cubren siempre los manantiales, se divisa el agua pura de éstos formando mancha blanca entre las turbias y cenagosas del río.

La cañada de Vento, donde brotan y corren los manantiales, es reducida y se halla rodeada de altas montañas, procediendo por lo tanto sus aguas de filtraciones en el terreno, que se verifican en puntos lejanos, y que por la formación geológica de aquel vuelven á aparecer ó brotar en la mencionada cañada, pero en cantidad invariable de unos 150.000 metros cúbicos diarios por lo ménos, y con cualidades y condiciones que revelan el origen común de todos ellos; fenómeno que se ha comparado elegantemente á una corriente de agua pura que pasa-se á través de una esponja petrificada (1).

A lo largo del curso del Almendares brotan los manantiales en un trecho de más de kilómetro y medio, pero á tan corta distancia del cauce de aquel, que manan algunos en sus orillas mismas (2), y los más lejanos á 25 metros teniendo de elevación, los más altos, un metro solamente sobre las aguas bajas del Almendares.

Este inconveniente capital, así como el hallarse situada la Habana al otro lado del río, que hace indispensable el paso de éste para que lleguen las aguas de los referidos manantiales á la ciudad, son las dificultades principales que anteriormente impidieron elegir estas aguas para el abasto de la Habana.

El Brigadier Albear, en la Memoria del anteproyecto citado, expuso con lucidez dichas dificultades y otras varias de menor cuantía, deduciendo que no eran insuperables para la ciencia, unida á la inteligencia y á la práctica, y como consecuencia á dicha deducción propuso los medios que podían emplearse para vencer aquellas dificultades, medios que, aprobados por el Gobierno de la Metrópoli, después de oír el dictámen favorable de la Junta consultiva de Caminos, canales y puertos, se llevaron á la práctica, viniendo la experiencia á confirmar su acertada é inteligente elección. El conjunto de ellos forma el proyecto general ó anteproyecto de las obras que vamos á tratar de describir ligeramente.

(1) Informe de la comisión nombrada en 1863 para inspeccionar las obras del Canal de Isabel II.—Edición del MEMORIAL DE INGENIEROS, pág. 42.

(2) Hay varios manantiales que salen también por la orilla derecha del río, pero son muy pocos y de escaso caudal.

El problema, después de fijadas las aguas que habían de transportarse, se reducía á tomar en Vento para conducir á la toma de Joaquín, en el arrabal de la Habana llamado Jesús del Monte (después se ha colocado en otro punto el depósito de distribución, como se verá) y con elevación que no bajase de la cota 57, una cantidad de agua de 102.000 metros cúbicos diarios, del modo más conveniente á los objetos de su destino, y al mismo tiempo más durable, seguro y económico.

La primera necesidad era separar las aguas de los manantiales de las del río, y para ello se proyectaba un alto dique, ó más bien presa, que al efectuar dicha operación, represara también aquellas aguas hasta la altura conveniente, para que corrieran después en buenas condiciones y llegáran á Jesús del Monte con la cota deseada (1); obra que exigía condiciones extraordinarias, si había de cumplir con dichos objetos y alejar el recelo de que pudiese ceder ó deteriorarse por las enormes presiones que por ambos lados debía sufrir, pues en las crecidas del río Almendares suben sus aguas hasta 8 metros más que su nivel ordinario.

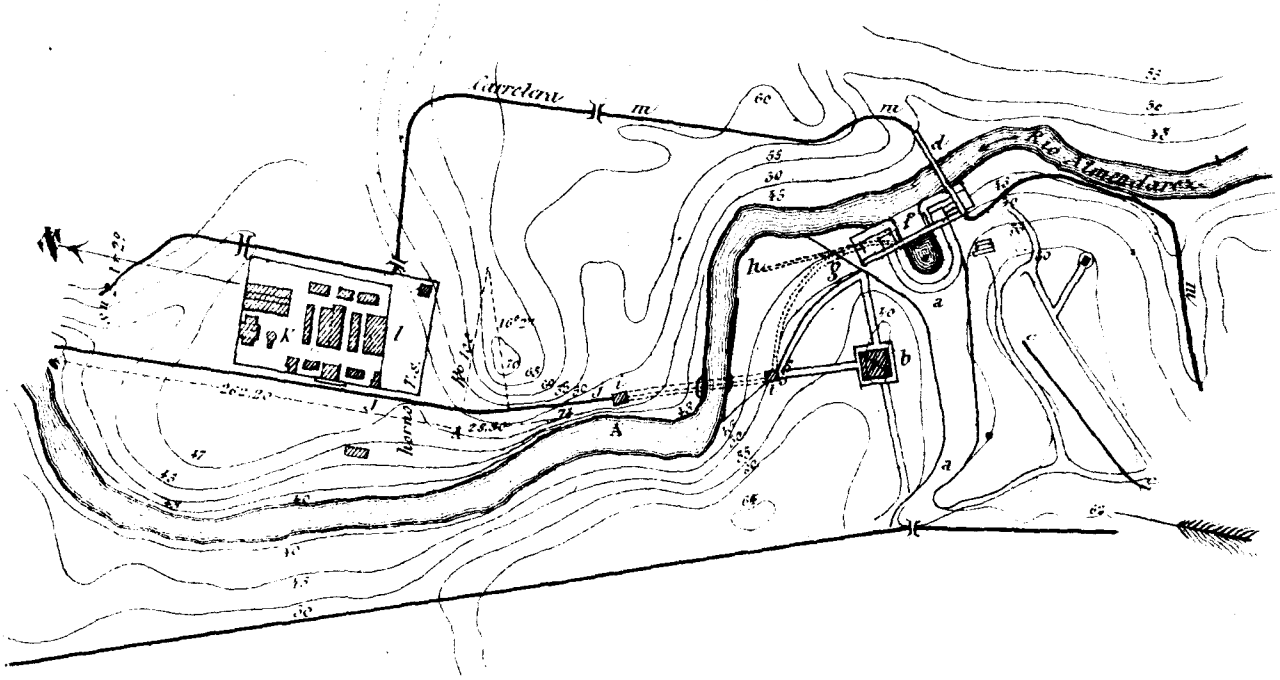
Para completar el depósito de las aguas de los manantiales, se proyectaba también cerrar totalmente la salida de la cañada de Vento, y el revestimiento de las laderas y consolidación de su fondo, para que resistiese á la presión, formándose á consecuencia de estas construcciones un grandioso estanque ó tazon, á cielo abierto, libre de las avenidas del río por la presa, de los torrentes que corrian en la cañada, por un canal especial que los desaguasen, y de los arrastres de las lluvias que venían á las laderas, que habían de desviarse por zanjas de coronación bien entendidas. Además se proyectaban en la presa aliviaderos oportunamente situados y trazados, para que saliendo por ellos las aguas sobrantes del depósito, no pudiesen entrar nunca las del río; y se contaba con reforzar y afirmar las capas de terreno sobre que corrian los manantiales, para evitar que éstos buscasen otras salidas, á consecuencia del apresamiento de sus aguas.

En el anteproyecto se estudiaba si convendría mejor, en vez de tales obras, elevar aquellas aguas por medio de máquinas de vapor ó hidráulicas, á una gran altura, para que pudiesen desde luego y por su desnivel natural llegar á Jesús del Monte; pero este medio se desechó por sus inconvenientes y costo, con sólidos razonamientos.

Construido hace años el depósito referido, y funcionando en las mejores condiciones, lo representamos con sus cercanías en el adjunto croquis, para mejor inteligencia de este escrito. En él indican las letras

- a, el terraplen ejecutado en el fondo de la cañada de Vento.
- b, el edificio de vigilancia.
- c c, caminos de comunicación.
- d, puente de servicio sobre el Almendares.
- e, depósito ó estanque de reunión de los manantiales.
- f, presa.
- g g, canal de derivación.
- h, estacada defensiva.
- i, mina por donde atraviesa el canal el río Almendares.
- j, canal de conducción de las aguas.

(1) En el anteproyecto se propuso elevar el agua algunos metros sobre lo que exigía su mero apresamiento, para ganar más altura; pero habiendo aconsejado la Junta consultiva de Caminos en su informe, que convendría prescindir de dicha mayor elevación, por los inconvenientes que presentaba, muy superiores á sus ventajas, el autor del proyecto siguió el consejo, y se contentó con detenerlas solamente para su derivación, poniendo los aliviaderos en la presa casi á la altura de los manantiales, de modo que hoy el centro del canal de toma se halla más bajo que aquellos, proporcionándose salida favorable á los inferiores, y contándose con la fuerza de proyección con que brotan para vencer la inercia del líquido é impulsar su marcha por el canal de derivación.



ESCALA DE $\frac{1}{5000}$

- k.** establecimientos para fabricacion de ladrillos, morteros y hormigones.
l. corralon para el tren de transportes.
m. carretera ejecutada para el servicio de las obras y vigilancia del canal.

Represadas las aguas de los manantiales en el depósito indicado, viene en seguida la dificultad de hacerlas pasar el rio Almendares, pues, como ya hemos dicho, éste corre intermedio entre la ciudad de la Habana y la cañada de Vento, y escogido el punto mejor de paso, el autor del anteproyecto analizaba y discutía los tres medios que habia de hacerlo, por un puente que sostuviese un sifon directo, por sifones inversos colocados sencillamente sobre el fondo del rio, ó por un túnel ó mina por debajo del lecho del rio, donde pudiesen colocarse los tubos del sifon con toda seguridad y facilidades para su desagüe, inspeccion, reparaciones y renovacion de las partes que lo necesiten; decidiéndose el Sr. Albear por este último pensamiento, con argumentos convincentes, y despues de haber proyectado las obras que cada uno de dichos sistemas requeria y comparado sus respectivos importes.

Ya las aguas á la márgen derecha del Almendares, el acueducto entra en condiciones más ordinarias, y la descripción de su trazado y obras de fábrica sería cansada, no pudiendo acompañarse un plano exacto y en gran escala; así es que nos limitaremos á decir que en el anteproyecto se discuten y comparan para cada trozo varias direcciones, presuponándose el costo de cada una de ellas, y que razonadamente se eligen las más adecuadas, para evitar los terrenos pantanosos de las márgenes del rio, la demasiada proximidad ó encuentros con el ferro-carril de Güines, la mala condicion de algunos terrenos y los perjuicios á ciertas fincas, que exigirían costosas indemnizaciones; añadiendo el Sr. Albear que al realizarse la obra se podrían introducir algunas variaciones favorables en el trazado (como así ha sucedido) que evitarán dificultades y realizarán economías, pero que el propuesto, como trazado general, creía era el más ventajoso. Así lo han reconocido tambien todos los que han estudiado la cuestion con imparcialidad y conocimientos suficientes.

La longitud del canal hasta Jesús del Monte, debía ser de 11 kilómetros escasos (1); la pendiente uniforme de la solera de 3,10 milímetros por metro (2); la velocidad media para correr el agua de 0^m,60 por segundo, y el importe total de la obra se presupuso en 1.580.000 pesos, ó sean reales vellon 27.600.000, que se hacia subir á 1.800.000 pesos (56.000.000 de reales) aumentando el importe aproximado de la distribucion del agua en la ciudad y arrabales, que era entónces difícil de apreciar con cierta exactitud. Suma total que siempre resulta mucho menor que cualquiera de las que han invertido para mejorar su abasto de aguas, Paris, Madrid, Marsella, Nueva-York y otras poblaciones, y que comparada con los 781.700 pesos (15.634.000 reales) que importó el Acueducto de Fernando VII, sin la distribucion, para proporcionar solamente 5.300 metros cúbicos diarios, demuestran las ventajas económicas del nuevo canal, cuyos gastos de entretenimiento y vigilancia serán muy cortos, mientras que los del Acueducto y de la Zanja Real son enormes.

Para el canal propiamente dicho, ó sea el recipiente en que habian de correr (y ya corren) las aguas, optó el Sr. Albear por un gran tubo de silleria, dentro del cual se deslizasen aquellas á cubierto; despues de haber examinado y desechado razonadamente el sustituirlo por cañerías de hierro, por un canal á cielo abierto, revestido ó sin revestir, ó por un sistema mixto.

Dicha caja ó canal tiene 1 metro de altura y 2 de ancho en los arranques; vá cubierta por una bóveda de medio punto, trasdosada de desigual espesor con 0^m,4 en la clave y 0^m,50 en los arranques; los cajeros ó paredes laterales tienen un talud de 0,10 metros, y la solera, cuya forma se ha modificado algo al ejecutarse las obras, para aumentar el perímetro mojado, es un arco de círculo.

Por este recipiente pueden ser conducidos con holgura los

(1) Esta longitud se ha reducido en unos 2 kilómetros con el más detenido estudio del trazado y la nueva situacion del depósito de distribucion.

(2) Despues se ha reducido esta pendiente hasta ser solamente de 2,10 milímetros por metro, pero modificándose el fondo del canal para que no disminuyese la velocidad del agua ántes determinada, velocidad conveniente aunque no indispensable.

150.000 metros cúbicos que diariamente producen los manantiales, que como se recordará son 48.000 más de los calculados como necesarios para la ciudad y puerto de la Habana, y para el riego de 2.400 hectáreas de terreno en sus alrededores.

El proyecto del acueducto terminaba calculando los costos y productos de la obra, y los medios mejores para realizarla bien y pronto, con interesantes consideraciones muy dignas de ser estudiadas; pero nosotros, por falta de espacio, sólo hablaremos de una proposición que se hace en aquel documento, y de que se ha tratado mucho después, para adelantar la llegada á la Habana de las aguas de Vento, antes de terminarse las obras del nuevo acueducto.

Lo haremos en otro artículo, por ser ya éste demasiado extenso.



APUNTES SOBRE MECÁNICA DE LAS CONSTRUCCIONES.

Muchos son los autores de tratados de *Mecánica de las construcciones*, pero pocos los que han dado á estos estudios un carácter de verdadera aplicación práctica.

Por especulaciones más ó menos ingeniosas, resuelven las cuestiones casi siempre por medio de fórmulas tan complicadas que el ánimo del constructor decae ante la idea de tener que hacer aplicación de ellas.

No pretendemos, ni por asomo, desvirtuar la excelencia de estas concepciones ni quitar importancia á las teorías; y estamos lejos, muy lejos de los que viendo en ellas tan sólo un pesado fardo tratan de sustituirlo por lo que llaman golpe de vista ó inspiración del momento. Pero creemos que debieran simplificarse los métodos, aunque fuese á expensas de cierto grado de exactitud, para que la teoría tuviese variedad de procedimientos con que resolver las cuestiones en todas ocasiones y circunstancias.

Poco importa la complicación de los cálculos si con ellos se llega al *desideratum* de exactitud en los resultados, cuando se trata de trabajos cuyo proyecto es obra de meses y aún de años; pero en obras del momento, en campaña, cuando la necesidad apremia y suelen faltar libros que consultar y tiempo de que disponer, lo que debe buscarse á toda costa es sencillez y rapidez.

Se nos objetará tal vez que los manuales del ingeniero, que en todos idiomas, formas y dimensiones se han publicado y publican, contienen toda clase de fórmulas.

Empezaremos por manifestar, á trueque de parecer demasiado atrevidos, que dudamos de la utilidad de la mayor parte de estos manuales. Un manual, agenda, *aide-memoire*, *portefeuille*, etc., etc., ¿qué es? ó mejor dicho ¿qué debe ser? Debe ser un libro reducido en volumen, rico en datos; una condensación de la ciencia; una especie, y permítasenos lo vulgar de la frase, de *extracto* de los conocimientos. No son para estudiar teorías nuevas ni ménos para hacer aplicación de ellas; pero han de servir para recordar lo que se sabe, lo que se ha estudiado. En su redacción ha de reconocerse como base el plan de estudios que siguió y los autores en que estudió el que lo use; y aún así, como deben extractar lo útil (y en esta apreciación se encuentran opiniones muy variadas) y hacer recordar lo más fácilmente olvidable (punto concreto sobre el cual no es siempre fácil acertar) se comprenderá lo difícilísimo que es escribir un libro de esta naturaleza que satisfaga debidamente su objeto.

La solución exacta del problema está en que cada uno se forme, él mismo, el manual que ha de emplear en los casos de necesidad.

Pero dejando á un lado esta digresión, ya demasiado larga,

dirémos en definitiva, que no siempre las fórmulas de los manuales son las conocidas por el que vá á hacer aplicación de ellas; las hay á veces equivocadas; en otras no está expresa la homogeneidad ó hay deficiencia de explicación en la notación.

Planteada la cuestión en este terreno, la única solución que se presenta estriba en obtener procedimientos tan sencillos que, fiando á la memoria detalles insignificantes, pueda deducirse de ellos lo útil, lo necesario. Para esto es preciso relacionar los resultados y deducir reglas prácticas, tarea difícil que ni por asomo tenemos la pretensión de haber llevado á feliz término, en el punto concretísimo de que nos vamos á ocupar.

La teoría de la flexión en sus diversos casos de piezas apoyadas, empotradas, etc., juntamente con sencillos problemas de extensión y compresión, se aplican á cada paso. El problema de establecer convenientemente un entramado cualquiera puede resolverse subdividiéndolo en otros problemas parciales de los que acabamos de indicar; y esta cuestión vá á ser el objeto de estas desordenadas líneas, escritas tal vez con más buen deseo que acierto.

Para mayor facilidad en la exposición de las ideas subsiguientes, y tan sólo á título de ligero recuerdo, expondremos sucintamente algunas definiciones y preliminares de la flexión de prismas, en el caso más general de que las fuerzas supuestas situadas en el plano medio longitudinal de simetría, son normales al eje del citado prisma.

Sea es teeje el $K K'$ de la figura 1.^a

Considerémos la sección ideal AB y la fuerza exterior P .

Si se quiere investigar la acción ejercida por la fuerza en el plano, puede y debe suponerse fija, inmóvil, como si estuviera firmemente empotrada la parte $K A B$.

Por un muy conocido principio de mecánica no se perturba el equilibrio ni las condiciones físicas de este caso particular de aplicación, introduciendo en el plano AB dos fuerzas $+F'$, $-F$, paralelas é iguales á la P y de direcciones contrarias.

Resulta, en consecuencia, una fuerza $+F'$ y un par $+P$, $-F$.

En una palabra: la fuerza F obra en el plano AB de dos distintos modos. Tiende á hacer girar la parte $A K' B$ al rededor de la arista B (par $+P$, $-F$): tiende á hacer resbalar el precitado trozo $A K' B$ hácia la parte inferior á lo largo del plano AB (fuerza $+F'$).

La fuerza $F' = P$ se denomina *esfuerzo transversal*.

El par $P m n$, es conocido con el nombre de *momento de flexión*.

Estas acciones exteriores crean otras interiores, *moleculares*.

La fuerza molecular $f' = P$ que es llamada *resistencia al esfuerzo transversal*.

El par $-f$, $+p$, que se distingue con el nombre de *momento de las fuerzas elásticas ó momento de elasticidad*.

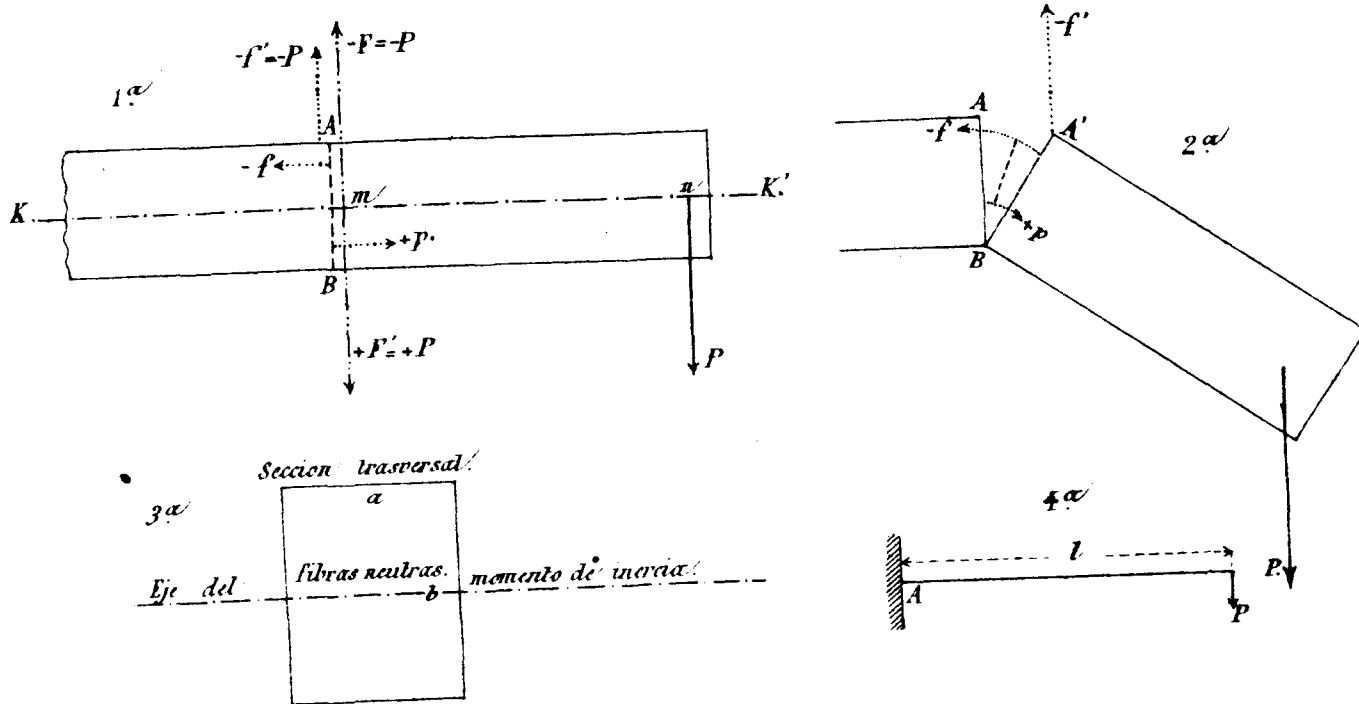
Si en el prisma se hiciese efectiva la sección ideal, dando un corte de sierra por AB , preciso sería, para mantener unidos los dos trozos, introducir la fuerza $-f' = P$ y el par $-f$, $+P$, igual á $P m n$.

Las fuerzas moleculares se desarrollan y aumentan cuando la fuerza exterior aumenta; pero tienen un límite de acrecentamiento, dependiente de la cantidad de materia que hay en la sección transversal AB (figura 2.^a), es decir, dependiente de su escuadria. Si P adquiere valores mayores que este límite, la pieza se romperá; si no alcanza este límite, resistirá.

El esfuerzo transversal es constante.

El momento de flexión varía con la sección que se considere, pues que varía el brazo de palanca $m n$.

La acción del esfuerzo transversal es pequeña si se compara á la producida por el par de flexión. En las aplicaciones más



usuales, se atiende exclusivamente á ésta, prescindiendo de aquél.

Recordaremos tambien que existe una capa de *fibras neutras* (KK' figura 1.^a), que pasa por el eje, y que se denomina así porque las fibras que contiene, ni se alargan ni se acortan; que las fibras superiores á esta capa sufren extensiones proporcionales (á igualdad de peso P) á sus distancias á la capa neutra; y que las fibras inferiores sufren compresiones, tambien proporcionales directamente á sus distancias á dicha capa.

El cálculo dá, para expresion del momento de las fuerzas elásticas $\frac{RI}{v}$, siendo:

R la extension ó compresion que sufre, por unidad de superficie, una fibra situada á la distancia v de la capa neutra; é I el momento de inercia de la seccion del prisma, con relacion á un eje situado en la capa neutra (figura 5.^a).

I es una funcion de a y b lados de escuadria, y es para la seccion rectangular $= \frac{ab^3}{12}$,

y para la circular de radio $r = \frac{\pi r^4}{4}$.

El equilibrio exige que el momento de las fuerzas interiores sea igual al de las exteriores. Es decir, que

$$\frac{RI}{v} = M, \text{ de donde } R = \frac{Mv}{I}.$$

Si de todas las secciones trasversales ideales del prisma tomamos aquella para la cual el momento de flexion de las fuerzas exteriores sea un máximo, y dentro de esta seccion consideramos la fibra que esté más alejada de la capa neutra; en una palabra, si tomamos los valores máximos de M y de v (I es constante), hallaremos el máximo de R ; es decir, la mayor extension ó compresion que por unidad superficial sufran las fibras de la pieza.

Para que la pieza resista, forzoso será que el valor que para R resulte no sea mayor que la fuerza que la materia resiste, por unidad de superficie, á la extension ó compresion; es decir, que R sea á lo más igual á lo que se llama *coeficiente de resistencia* á la extension ó compresion ó limite de la carga permanente.

Para hacer aplicacion práctica de la fórmula $\frac{RI}{v} = M$ hay, pues, que sustituir: en vez de R , el coeficiente de resistencia, y en vez de M , el máximo momento de flexion.

Así tendremos, sustituyendo por I su igual $\frac{ab^3}{12}$ (1)

$$\frac{Rab^3}{6} = M = f(P, l),$$

puesto que el momento de flexion es funcion de las fuerzas exteriores y de la longitud del prisma.

Los dos problemas principales que esta fórmula resuelve, son:

- 1.º Conocida la escuadria de un prisma (lados a y b) y su longitud (l) determinar el peso (P) que puede soportar.
- 2.º Conocido el peso (P) y la longitud (l) determinar la escuadria (a y b).

Ambos son importantes; pero en particular el primero en campaña, puesto que habrá que acomodarse, las más de las veces, al material que se posea.

Ambos pueden resolverse en segundos, con gran sencillez, sin necesidad de recurrir á manuales ni recargar la memoria con fórmulas. Esta resolucion se funda en la comparacion de los valores máximos de los momentos de flexion para los diversos casos de piezas cargadas.

Considerémoslos estos diversos casos.

I.—Pieza empotrada en un extremo y cargada en el otro con un peso P (figura 4.^a). No es fácil olvidar que el máximo momento de flexion es Pl y corresponde á la seccion de empotramiento, que es la que más sufre. $M = Pl$

II.—El mismo caso, pero repartida la carga P igualmente en toda su longitud, resultando, por lo tanto, un peso por unidad lineal $p = \frac{P}{l}$ $M = \frac{1}{2}pl^2$ ó $M = \frac{1}{2}Pl$

(1) Nos hemos fijado en los prismas de la seccion rectangular por ser los más usuales. Si la seccion fuese circular, $I = \frac{\pi r^4}{4}$, como queda dicho.

- III.—Pieza apoyada en sus extremos y cargada en el punto medio. $M = \frac{1}{4} Pl$
- IV.—El mismo caso anterior, pero la carga repartida uniformemente, $p = \frac{P}{l}$ ó $P = pl$, $M = \frac{1}{8} pl^2$ ó $M = \frac{1}{4} Pl$
- V.—Pieza empotrada en un extremo, apoyada en el otro, y cargada con pesos p por unidad de longitud $M = \frac{1}{4} pl^2$ ó $M = \frac{1}{4} Pl$
- VI.—Pieza empotrada en sus dos extremos y cargada con un peso P en su punto medio. $M = \frac{1}{4} Pl$
- VII.—El mismo caso anterior, pero la carga repartida uniformemente. $M = \frac{1}{12} pl^2$ ó $M = \frac{1}{12} Pl$
- VIII.—Pieza apoyada en tres puntos y cargada uniformemente. (l es la longitud total como en los casos anteriores.) $M = \frac{1}{32} pl^2$ ó $M = \frac{1}{32} Pl$

Además de estos casos más principales, si ocurriera que la pieza está empotrada en su extremo, apoyada en el otro y cargada en el punto medio, $M = \frac{1}{4} Pl$.

Si está apoyada en cuatro puntos y cargada uniformemente, $M = \frac{1}{16} pl^2$ ó $M = \frac{1}{16} Pl$. Si son cinco los puntos de apoyo $M = \frac{1}{32} pl^2$ etc., etc.

Resumiendo: el exámen de los momentos máximos de flexion nos hace ver la facilidad de obtener de uno de ellos, el más sencillo, Pl (correspondiente al caso de pieza empotrada en un extremo y cargada en el otro), todos los demás, que se obtienen de aquél tomando las fracciones $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{16}, \frac{1}{32}$ de su valor. Estas fracciones son bien fáciles de recordar, pues los denominadores forman una progresion geométrica cuya razon y primer término es 2, á excepcion del cuarto término que es 12 en vez de 16.

Veamos el fruto que puede sacarse de estas relaciones.

De la fórmula $\frac{Rab^2}{6} = Pl$, se deduce que una pieza de escuadria $a b$ y longitud l conocidas, empotrada en un extremo y cargada en el otro, resiste un peso. $P = \frac{Rab^2}{6}$

Cargada uniformemente, $\frac{Rab^2}{6} = \frac{1}{4} Pl$ ó $P = 2 \cdot \frac{Rab^2}{6}$

Si estuviera apoyada en sus dos extremos y cargada en el medio, sería $\frac{Rab^2}{6} = \frac{1}{4} Pl$ ó $P = 4 \cdot \frac{Rab^2}{6}$

Y en los demás casos, la carga de resistencia resultaría. $P = 8 \cdot \frac{Rab^2}{6}$

$$P = 12 \cdot \frac{Rab^2}{6}$$

$$P = 52 \cdot \frac{Rab^2}{6}$$

Tenemos, pues, que: *Conocida la carga que puede soportar una pieza empotrada en un extremo y cargada en el otro, no hay más que multiplicar dicha carga por los números de la serie 2, 4, 8, 12, 52, para obtener el peso que la pieza podría resistir en otras condiciones de situacion.*

Todo, pues, se hace depender de la fórmula $\frac{Rab^2}{6} = Pl$, bien sencilla por cierto: pero ni aún es preciso recordarla siquiera, para calcular P , cuando el material es madera y la seccion transversal es rectangular.

Examinemos todavia más la fórmula de partida $\frac{Rab^2}{6} = Pl$.

R , coeficiente de resistencia, es para la madera, término medio, 600.000 kilogramos: número que dividido por 6, denominador, dá 100.000 de cociente.

La fórmula supone que a y b vienen expresados en metros:

si los expresamos en centímetros, habrémos multiplicado a por 100 y b^2 por $100^2 = 10.000$: en suma, por $100 \times 10000 = 1.000.000$.

Pero el producto ab^2 ha de multiplicarse por $\frac{R}{6} = 100.000$, segun acabamos de ver; luego al tomar a y b en centímetros resultará el producto ab^2 diez veces mayor que el verdadero. Expresese l en decímetros, y tendrémos que, desvanecido el error, el valor verdadero es de $\frac{Rab^2}{6l} = P$.

De aquí se desprende esta regla práctica: *Multiplíquese el lado menor de la escuadria tomado en centímetros, por el cuadrado del lado mayor, en igual unidad de medida: dividase el producto por la longitud del prisma expresado en decímetros, y el cociente obtenido dá el peso P .*

Un ejemplo dará mejor idea de la sencillez y rapidez que se consiguen con estos cálculos.

Pieza de $\left\{ \begin{array}{l} a = 0^m,08 \\ b = 0^m,11 \end{array} \right\} l = 4^m,5$

$$\begin{array}{r} 11 \\ \times 11 \\ \hline 11 \\ 121 \\ \hline 968 \\ \times 8 \\ \hline 68 \end{array} \quad \begin{array}{l} 45 \\ 21 \\ \hline \end{array} \quad P = 21 \text{ kilogramos.}$$

Para acomodarnos ahora á las circunstancias de las piezas, no hay más que multiplicar el resultado obtenido de esta manera por los números correspondientes de la serie 2, 4, 8, 12, 52, etc.

Ejemplo. Una pieza en que $a = 0^m,1$ y $b = 0^m,15$, siendo $l = 5$ metros, ¿cuánto peso resistirá suponiéndole repartido uniformemente, y la pieza apoyada en tres puntos?

$$\begin{array}{r} 15 \\ \times 15 \\ \hline 75 \\ 15 \\ \hline 225 \\ \times 10 \\ \hline 2250 \\ 250 \\ \hline 50 \\ 45 \\ \hline 52 \\ 90 \\ \hline 135 \\ \hline 1440 = P, \text{ peso total.} \end{array}$$

El peso por metro de longitud sería $\frac{P}{l} = \frac{1440}{5} = 288$ kilogramos.

Resumiendo: para calcular la resistencia de una pieza de escuadria y longitud conocidas, empotrada, apoyada, etc., elévese al cuadrado el lado mayor de escuadria tomado en centímetros; multiplíquese por el lado menor expresado en igual unidad de medida; dividase el producto por la longitud, en decímetros, y el cociente multiplíquese por:

- 2, si la pieza está empotrada en un extremo y cargada uniformemente.
- 4, si está apoyada en los dos extremos y cargada en su punto medio,
- 8, para $\left\{ \begin{array}{l} \text{Pieza apoyada en sus dos extremos y cargada uniformemente.} \\ \text{Pieza empotrada en sus dos extremos y cargada en su punto medio.} \\ \text{Pieza empotrada en un extremo, apoyada en el otro y cargada uniformemente.} \end{array} \right.$

12, si la pieza está empotrada en sus dos extremos y cargada uniformemente.

32, si cargada uniformemente, está apoyada en tres puntos.

JOSÉ MARVÁ.

(Se continuará.) •

HINCA DE PILOTES.

La siguiente noticia muy interesante de MMrs. Stoecklin y Vétillart sobre el nuevo sistema de hinca de pilotes por medio de inyección de agua, publicada en *Les Annales des ponts et chaussées* y en la *Revue Industrielle*, creemos que agradará á nuestros lectores.

«En trabajos hechos en Berck y en Calais, reconocimos la inmensa dificultad que se experimentaba en la hinca de pilotes y tablestacas en la arena fina y húmeda que constituye las playas de la Mancha y del mar del Norte.

Habíamos leído que la hinca de las pilas del puente de Kehl y la de las columnas de fundición de los diques del Adour, en Bayona, se había efectuado con bastante facilidad, porque el aire comprimido saliendo al exterior, á lo largo de las paredes, disminuía mucho los rozamientos. Sabíamos también por Mr. Bergeron, que un Ingeniero inglés, Mr. Brunless, había hincado en Inglaterra un gran número de columnas de fundición haciendo pasar por su interior y salir por debajo un tubo que lanzaba un chorro de agua.

Con arreglo á esto, empezamos nuestros ensayos con los medios más elementales; con dos bombitas de jardín, movidas cada una por un hombre, é inyectando el agua en un tubo de caoutchouc terminado por un tubo de hierro en forma de lanza, se llevaba el agua á lo largo del pilote, á 0^m,20 ó 0^m,30 por debajo de su punta inferior. Por lo general se colocaba un tubo por delante y otro por detrás. La operación es sumamente sencilla, y la sola precaución que exige es mantener el tubo en la posición más vertical posible, y moverlo continuamente para impedir que la arena lo obstruya.

El resultado, desde el primer ensayo, satisfizo nuestras esperanzas, y hemos podido terminar de este modo, en las mejores condiciones, un recinto de 477 metros de longitud. Reemplazamos solamente nuestras dos bombitas, que eran insuficientes, primero por una bomba pequeña de incendios, y después por dos bombas de mano, un poco más poderosas que las primeras, cuyas manivelas, en forma de volante, se movían por dos hombres.

Léjos estamos aún de haber sacado de este sistema todo el partido posible, y los primeros resultados que hemos obtenido no son más que el punto de partida de experiencias más completas que harémos. Interesante será, en efecto, buscar el mejor modo de acción, la profundidad hasta la que se pueda hincar por este procedimiento, la naturaleza de los terrenos en los que pueda tener apli-

cación, y la fuerza que será necesario desarrollar, según los diferentes terrenos en que se trabaje.

Pero los ensayos evidentemente no se limitarán á esto sólo.

Por un lado, es evidente que el sistema de inyección facilita la hinca desagregando el terreno por medio de una corriente de agua. Por otro, la experiencia parece probar que la arena fina, agitada por una corriente continua, adquiere la propiedad de quedar en suspensión en el agua y formar una verdadera masa líquida.

Será por lo tanto interesante de investigar también, primero, si el principio del sistema, es decir, la desagregación del terreno que debe atravesar el pilote, no podría encontrar su aplicación en otros terrenos y con medios diferentes; y segundo, si no sería posible en ciertas circunstancias sacar un partido útil de esta manera de ser, especial á la arena fina puesta en movimiento por una corriente de agua.

Hay en esto un vasto campo de experiencias para todos los hombres de estudio.

Pero por modestos que nos hayan parecido los primeros resultados, hemos creído merecía darlos á conocer á los Ingenieros, á causa de su utilidad práctica. Para nosotros han tenido una gran importancia, puesto que en los trabajos de mejora del puerto de Calais sólo la hinca importa 350.000 francos.

Citarémos algunos datos referentes á dichas obras de Calais.

Los pilotes tenían una escuadría de 0^m,22 × 0^m,22 y una hinca de 3 metros: la distancia de eje á eje era de 2 metros.

Las tablestacas tenían 2^m,50 de hinca; su espesor, era de 0^m,12.

La maza del martinete pesaba 600 kilogramos y podía elevarse á 2 metros.

Con el antiguo sistema (el sistema del martinete), eran necesarios 185 golpes para hincar un pilote, 900 golpes para hincar una fila de tablestacas.

La presentación y la hinca exigían de cinco horas cincuenta minutos á catorce horas quince minutos; término medio, ocho horas treinta y seis minutos.

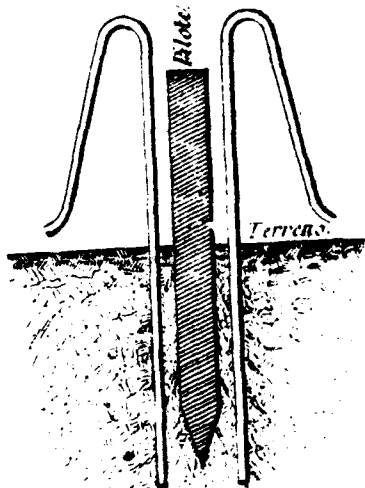
Con el nuevo sistema (por inyección de agua), el número de golpes de maza por fila de tablestacas variaba de 0 á 50. A pesar de nuestros medios imperfectos, la presentación y la hinca de las filas de tablestacas no han exigido, término medio, más que una hora nueve minutos; la duración varió entre catorce minutos y una hora cuarenta y cinco minutos; varias filas de tablestacas no exigieron más que quince á diez y seis minutos. Con útiles apropiados y personal un poco práctico, se llegaría con certeza á generalizar estos resultados favorables.

Se empezaba en general la hinca, poniendo la maza sobre la tablestaca y ejerciendo sobre ella por medio del martinete una presión que doblaba su peso; se terminaba por algunos golpes de maza.

Además de la gran economía de tiempo y de dinero, el sistema por inyección tiene la ventaja de facilitar mucho la presentación, permitiendo preparar de antemano, sobre 0^m,50 á 0^m,60 de altura, la cama donde se ha de alojar el pilote.

El arranque de las tablestacas y de los pilotes, desviados ó hendidos, arranque que presentaba con el antiguo sistema dificultades considerables, se hace con suma facilidad, en el nuevo sistema.

Esta es la nota que nos ha parecido conveniente reproducir, y si algo nuevo sabemos sobre este sistema, lo publicaremos inmediatamente.»



BIBLIOGRAFÍA.

LECCIONES DE ARQUITECTURA explicadas por el Profesor de la Academia de Ingenieros militares, Coronel de Ejército, Comandante del Cuerpo, D. Bernardo Portuondo y Barceló.—Madrid 1877, imprenta del MEMORIAL DE INGENIEROS.—Dos tomos y un atlas en 4.º, 1.º xxxix-260 y 21 láminas; 2.º 406 y 26 láminas.—Precio 35 pesetas.

Tal es el título con que se ha publicado una obra de verdadera utilidad para todos los que se ocupan del noble arte de construir, y de la cual se han ocupado ya con elogio diferentes revistas de la profesion.

Compónese de dos partes: en la primera estudia el autor los

elementos de arquitectura bajo el triple aspecto de la disposicion, proporciones y decoracion; y en la segunda recorre y examina las partes de los edificios y dá á conocer las reglas y principios generales de la *composicion*.

La teoría de los órdenes está presentada con claridad y método: combate toda idea de estrecha sujecion á proporciones fijas y numéricamente definidas; admite, sostiene y defiende con criterio filosófico, basado en la historia y en las mismas leyes naturales, la necesidad de dejar soltura y libertad al arte para desplegar sus recursos dentro de los límites que impone la razon.

Nuestro compañero quiso sin duda al explicar sus lecciones, hoy impresas, que no fuesen dos distintas enseñanzas la de historia y la de doctrina de la Arquitectura. Así le vemos buscar constantemente en la primera, y hacer depender de ella los orígenes y los principios verdaderos de la segunda; y siguiendo las más notables é importantes evoluciones del arte, encontrar y presentar clara á la vista del lector su evidente coincidencia, con los más señalados acontecimientos que han influido y determinado cambios esenciales en la manera de sér de los pueblos y de las sociedades.

Nos parece bueno este método para la enseñanza por varias razones, entre las cuales no es la ménos importante el poderoso y eficaz auxilio que presenta al estudio de los alumnos, dando á conocer todas las reglas, no como expresion seca y descarnada del precepto, sino como lógica natural y fácil consecuencia de los progresos sociales. Así, en efecto, no se fatiga la memoria, se ejercita el razonamiento, se ponen en juego las facultades inductivas y deductivas, y colocando al lado de lo necesario y lo conveniente lo agradable, se reviste lo positivo y útil con el color de lo bello.

El autor se ha propuesto, además, que su libro sea provechoso no sólo para la enseñanza, sino también como de consulta para los ingenieros encargados de formar proyectos, porque en él se exponen muchos principios de construccion propiamente dicha, y tablas ó estados de fórmulas y dimensiones usuales, que ahorran largas y penosas investigaciones. Estos estados, con una notacion sencilla é indicaciones claras, conducen á un fin de conveniencia práctica; y estamos seguros de que todos los ingenieros los considerarán del mismo modo que nosotros.

Los límites de un artículo no nos permiten examinar todas las partes de esta obra, y sobre ellas emitir una opinion que, siendo nuestra, podria acaso parecer inspirada por el cariño y el compañerismo; llamarémos sólo la atencion de nuestros lectores sobre la ya citada, que contiene la teoría de los órdenes, las de pórticos, la composicion de bóvedas, las escaleras y las partes subterráneas, en las cuales ofrecen novedad el método y órden con que se aplican y desarrollan.

Otro tomo, de que el autor se ocupa, debe complementar esta importante obra, y en él se tratará principalmente de aplicar á determinadas clases de edificios los principios establecidos, fijándose muy particularmente en los edificios militares.

No dejaremos la pluma sin felicitar de todas veras al Sr. Portuondo por su importante trabajo y de recomendar su adquisicion á todos nuestros compañeros, seguros de que en ello les prestamos un señalado servicio.

CRÓNICA.

Mr. Mercier, ingeniero químico de la compañía de ferro-carriles de Lyon, acaba de encontrar el medio de solidificar á poca costa el aceite de linaza, el petróleo, la bencina y el sulfuro de carbono, por el siguiente procedimiento.

Prepárase en un vaso protocloruro de azufre, y viértense con precaucion algunas gotas en el aceite de linaza. En pocos minutos cambia de aspecto la masa líquida y se solidifica, convirtiéndose en una masa trasparente con aspecto y elasticidad parecidos á los del caoutchouc. El líquido queda convertido en una bonita bola trasparente, que bota en el suelo como la goma elástica. Si en el momento de la mezcla se añade un líquido volátil soluble en el aceite, tal como la bencina, el aceite de petróleo ó el sulfuro de carbono,

se verifica también la solidificacion y el líquido volátil se encuentra aprisionado como en una red, de la que no puede escapar sino con grandísima lentitud. De esta manera es como puede llegarse á solidificar la bencina, el aceite mineral, el sulfuro de carbono y otros aceites esenciales. Pueden así fabricarse pastillas ó bolas de petróleo, de sulfuro de carbono, etc.

Mr. Mercier ha encontrado esta combinacion despues de minuciosas investigaciones para evitar los extragos de la filoxera en los viñedos del mediodía de Francia.

Llenos de satisfaccion hemos leído los siguientes párrafos en la revista decenal del *Eco de Cuba*, correspondiente al 5 de Abril último:

«Con sumo gusto hemos sabido que la Real Academia de Ciencias, de la que es digno presidente el Sr. D. Nicolás Gutierrez, médico de la Real Cámara, en sesion ordinaria del día 24, por unánime aclamacion, condecoró con el nombramiento de Académico de Mérito al Sr. Brigadier D. Francisco de Albear y Lara.

Nunca hubo resolucion más justa y acertada, ni honor más merecido; y este alto testimonio del mérito eminente del gran ingeniero, tiene tanta más importancia y significacion cuanto que procede de una corporacion científica tan distinguida. Felicitamos por él al ilustre sábio, cuyo nombre se pronuncia ya á la par de los que más glorioso puesto han alcanzado en la difícil profesion del ingeniero.»

DIRECCION GENERAL DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO.

NOVEDADES ocurridas en el personal del Cuerpo durante la segunda quincena del mes de Abril de 1878.

Clase del	Ejer-		NOMBRES.	Fecha.
	Grad.	Cuer-cito. po.		
CONDECORACIONES.				
<i>Orden del Mérito Militar.</i>				
Gran Cruz roja.				
B. ^o	Excmo. Sr. D. José Cortés y Morgado, en vez de la de tercera clase que obtuvo siendo Brigadier por Orden de 10 de Abril de 1874.		Real órden de 15 Ab.	
Cruz roja de 3. ^a clase.				
C. ^o	T. C. Sr. D. Francisco Osma y Ramirez, en vez de la de segunda clase que obtuvo siendo Coronel por Real órden de 14 de Julio de 1876.		Real órden de 8 Ab.	
Cruz blanca de 3. ^a clase.				
C. ^o	Sr. D. José Pera y Roig, en vez de la de segunda clase que obtuvo siendo Coronel por órden de 23 de Diciembre de 1873.		Real órden de 5 Ab.	
B. ^o	Excmo. Sr. D. José Cortés y Morgado, en vez de la de segunda clase que obtuvo siendo Coronel por Real órden de 14 de Marzo de 1871.		Real órden de 15 Ab.	
LICENCIAS.				
C. ^o	» C. ^o D. Nicolás Ugarte y Gutierrez, dos meses por asuntos propios para Guadajajara y Pozas.		Orden del C. G. de 11 Ab.	

MADRID.—1878.

IMPRESA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS.