

OBRAS DE PUERTOS.

Observaciones sobre los artículos publicados con este título en los números 4.º y 5.º del presente año de la REVISTA.

III.

Habiéndonos ocupado en los dos primeros artículos de discutir las serias objeciones que pueden dirigirse á los diques formados de escolleras y su coste relativo con el de un macizo concentrado, no entramos en nuevos desarrollos acerca de los demás inconvenientes reconocidos por el mismo autor anónimo, y que además se han consignado extensamente en la Memoria presentada por el Ingeniero Regueral sobre la construcción de las obras necesarias para establecer un puerto de refugio en la costa Cantábrica; por otra parte, estos artículos, que van tomando proporciones mayores de las que suponíamos llegasen á alcanzar, nos obligan á abreviar, condensando lo que nos falta por decir, sin que rehusemos entrar en nuevos desarrollos, si, como esperamos, el autor de los artículos, se digna ilustrar con sus luces tan importante cuestión. Réstanos hoy tan sólo examinar el tercer motivo de reprobación relativo al sistema propuesto por el Ingeniero Regueral, y que hace referencia al material empleado.

Principiamos haciendo notar que la cuestión del material nada tiene que ver con el sistema en sí, de tal manera, que desechando aquel podríamos insistir en que se mantuviese el principio variando el género de revestimiento, pero de ningún modo proponiendo en sustitución un macizo de escollera. No se requiere en un paramento de sillería que los sillares excedan de las dimensiones admitidas para la parte superior á la baja mar, porque es sabido que la acción de las olas se ejerce con más violencia entre aquella y la media marea: la única desventaja respecto de los sillares artificiales consiste en que siendo aquellos de me-

nor volumen, resulta un aumento en la mano de obra, pues el coste del asiento del metro cúbico es mayor entre ciertos límites, cuando el volumen de los sillares es menor. Sin embargo, de los datos que consignamos en el anterior artículo, se desprende ser insignificante este aumento aun para sillares de $\frac{1}{4}$ de metro cúbico: por lo cual mejante cuestión no debería preocuparnos; pero como muchas localidades carecerán de canteras en condiciones favorables de explotación, bueno es que también examinemos lo que al material se refiere, principiando por rectificar algunas inexactitudes, que, en nuestro concepto, ha cometido el autor de los artículos origen de estas observaciones.

No es exacto que el temor á la acción física ó química del agua del mar haya motivado la negativa á emplear en Dover un revestimiento de bloques artificiales; hemos recorrido las informaciones ya citadas, y nada encontramos en ellas que haga referencia á la descomposición de los morteros en el agua del mar; siendo natural que así sucediese, pues la información terminó en 1845 y la Memoria de Vicat es de 1846 (1). El Ingeniero Denisson se ocupa, si, de los deterioros ocasionados en los paramentos de dos muelles, en Woolwich y Chattam, que presentaban entre la baja y la pleamar escaraduras de 0^m,15 á 0^m,20, ocasionadas por la acción del hielo y el roce de los bicheros y palos de los barqueros, que se apoyaban en él para avanzar á lo largo de los muelles: dicho Ingeniero consigna la opinión favorable á la buena conservación del hormigón donde no sufra rozamientos, escaraduras ni choques violentos; y lo propone para la parte completamente sumergida, pero indica no será prudente no ponerlo en tales circunstancias, como tampoco lo sería el empleo de ciertas calizas y areniscas.

Lo que si hemos visto consignado es el recelo

(1) En uno de los interrogatorios se cita la obra de Vicat *Sur les substances calcaires à chaux hydrauliques et à ciments*; con un título análogo sólo conocemos anterior á la de 1846 la de 1840, que nada dice de la acción química del agua del mar sobre los morteros.

Madrid 1.º de Mayo de 1865.

que inspiraba la marcha de una masa enorme de gujarros en direccion Nordeste, aluvion que, como es sabido, es el mal que aqueja á aquel puerto; pues bien, aquella masa de gujarros podia, como sucede en los puertos de la alta Normandia, atacar por el rozamiento los paramentos de los diques; Cessart dice haber visto estrias de 0,40 metros de profundidad; y en Saint Valery fue necesario revestir de madera los paramentos hasta una altura de 5 metros. Sin duda esta consideracion debió influir (aunque no se dice expresamente) en la eleccion del material, (porque en el informe de la comision se presenta esta bajo forma dubitativa), indicando para la parte interior á la baja mar el empleo de sillares artificiales de ladrillos unidos con cemento (propuestos por Reudel) con preferencia á los sillares de hormigon propuestos por Denisson, si no hubiese medio de procurarse fácilmente piedra; y de paso deshacemos otro error en que incurre el articulista, quien en todo el artículo atribuye constantemente al Ingeniero Walker el sistema seguido en Dover, que más bien debiera llamarle sistema Rendel; Walker proponia otro radicalmente distinto, cual es el empleo de cajones de madera y del hormigon en grandes masas.

Decididos en Dover á emplear la piedra en una gran parte de la obra, comprendieron no merecia la pena realizar una pequeña economia empleando en el mismo paramento dos clases distintas de materiales.

A decir verdad, nos parece inaceptable el sistema de discusion del autor anónimo; toma el dique de Dover como el tipo de los muros concertados, y sobre esta base desecha todo lo que allí no se ha admitido; se han propuesto sillares de hormigon, ya desnudos, ya revestidos de ladrillo los paramentos; sillares formados de ladrillo ó mamposteria unidos con cemento; encofrados de hormigon, etc., etc.; luego aplicando igual criterio, no deberán emplearse ni los sillares de hormigon, de mamposteria, los encofrados, etc.: semejante modo de discurrir, lo repetimos, no es á propósito para convencer. Tambien en Dover fue desechado el sistema de bloques artificiales aplicado en Argel; ¿por qué, pues, defiende y cita como modelo las obras de este puerto? Pero hay un argumento más directo que emplear contra el articulista: en Dover, sea cualquiera el motivo, no se han usado bloques de hormigon, ni en los paramentos exteriores ni en los interiores; tampoco bloques arti-

ficiales de mamposteria; pero en Alderney se han empleado los primeros en los paramentos interiores, y para el puerto de Saint Ives se propuso por la comision el empleo de los segundos. Por la misma comision se proponia tambien para los puertos de Peel-Bay, Erin y Douglas con 7, 8 y 10 metros de agua, muros verticales, y para Wick y Peterhead el mismo sistema que en Alderney (1); ejemplos todos posteriores á la ejecucion de las obras en Dover, que unidos á los ya citados de Greenock y Ardroran, y á un gran número de cabezas de otros diques, prueban que es inexacta la asercion del articulista cuando afirma *que en ninguna parte ni aun en Inglaterra, donde nació la idea de hacer los diques con muros de fábrica, han continuado usándose ni parcial ni totalmente.*

Repugnamos apelar á semejantes argumentos, viéndonos forzados á ello porque en este terreno se ha presentado el debate, y continuaremos en él, aunque deseáramos entrar en otra clase de consideraciones.

La causa que motiva la destruccion de los hormigones en el mar no es conocida aún con precision; se dice en el segundo artículo; algunos creen que es quimica, agregándose la accion fisica de los golpes, etc. No recordamos que sobre este particular exista duda de ningun género; todos los autores é Ingenieros están contestes en afirmar que la descomposicion tiene lugar por una accion quimica de las sales que el agua del mar mantiene en disolucion, y todos los fenómenos que se observan en los bloques sumergidos se han reproducido artificialmente en los ensayos de laboratorio; en cuanto á la accion mecánica de los golpes de mar se ejerce sobre el hormigon como sobre otro material cualquiera. ¿tiene suficiente resistencia para resistir á sus embates? Ahí están como muestra todos los diques revestidos de bloques de hormigon, y si han resistido en las malas condiciones de no estar sentados por sus caras, apoyados por sus aristas y ángulos, y rompiendo sobre ellos la mar con toda su violencia, resistirán infinitamente mejor cuando no sufran *ninguna accion* por parte de las olas, y se encuentren en las mejores condiciones de resistencia. Prescindirémos, pues, de esta causa de destruccion, y vamos á la relativa á la descomposicion, que tampoco trataremos químicamente para no salir de los limites que nos hemos impues-

(1) No sabemos si todas ó algunas de estas obras se han llevado á cabo tal como proponia la comision; el informe es de 1859, y en 1857 ya se habian suspendido las obras en Dover.

to. Entre los diferentes compuestos hidráulicos nos referiremos siempre en lo que sigue a los hidro-silicatos y aluminatos de cal.

Con sorpresa hemos leído la razón en que se funda la exclusión del hormigón en las obras marítimas, y la primera observación que nos ocurrió fué preguntar ¿si se ha proscrito el hormigón de las construcciones en el mar? Al ménos en España ¿se ha prohibido terminantemente á los Ingenieros establecer cimiento de ninguna clase en que entren los morteros? ¿En los muelles que hoy se construyen, en los proyectos que actualmente se aprueban se rechaza aquella clase de material? Y no se diga que se aprueban obras en que el mortero se encuentra recubierto por una envoltura de otra fábrica; sin salir de la costa de Asturias citaríamos numerosos ejemplos de hormigones y morteros empleados sin ningún resguardo y enteramente al descubierto, y esto en proyectos aprobados y con todas las sanciones y requisitos administrativos que en tales obras se exigen. Y aunque se quiera decir que en aquellos casos era aceptable, y no en el sistema que se discute, luego haremos ver que las condiciones en que el Ingeniero Regueral coloca el hormigón son de las más favorables para su conservación.

El autor del artículo está en contradicción manifiesta con lo opinado en otras ocasiones por una corporación respetable, por estar compuesta esta de los Ingenieros de mayor categoría que forman el cuerpo de Caminos; y aunque ahora opine esta de acuerdo con el articulista, debemos hacer observar que, aun sin salir de la costa Cantábrica, son varios los ejemplos en que se ha apelado á los compuestos hidráulicos como último recurso; los célebres boquetes de Santa Ana, después de tantas veces destruida la obra, fueron cerrados por medio del hormigón, que ahora se quiere suponer va á desaparecer.

Antes de este ensayo (que según los mismos que rechazan el empleo del hormigón ha dado excelentes resultados) se llevó á cabo otro análogo en una localidad próxima al emplazamiento del puerto de refugio; nos referimos á las obras del puerto de Gijón terminadas hace más de un año: el mismo Ingeniero Regueral, no confiando que la escollera resistiese al embate de las olas en el embravecido mar de la costa Cantábrica, propuso y se aprobó que el hormigón destinado á los bloques del revestimiento de la escollera, se emplease formando capas en el interior de la misma; toda la obra se

fundó de este modo, y desde hace seis años el hormigón adquiere de día en día mayor consistencia.

Se afirma que el deterioro del hormigón empleado como se indica en el proyecto podrá acarrear graves desastres, al paso que tal cual la administración lo ha aprobado, no ofrezca los mismos inconvenientes. Veamos si esto sucede: el Ingeniero Regueral propone el empleo del hormigón en los paramentos, donde el daño, cualquiera que sea y de cualquier especie que se le suponga, estará á la vista, podrá reconocerse y aplicarse el remedio oportuno, mientras que en el interior solo se conocerá cuando los asientos de la obra ó su ruina anuncien que el hormigón ha desaparecido.

Un sillar de hormigón revistiendo un paramento, presenta dificultades para su reemplazo que no ofrece cuando es arrojado enfrente de una escollera para su defensa; pero estas dificultades no nos parecen bastante fuertes para proscribir por ellas solas el sistema, y otro tanto sucedería y sucede diariamente en las obras de puertos cuando alguno de los sillares de un muro sale de su asiento ó es destruido.

Los que proscriben el empleo del hormigón en bloques sentados con cemento, aplauden y aconsejan, á falta de piedra, el empleo de estos mismos bloques en forma de escollera, formando todo un macizo; pues bien, aquí no se trata ya de un resguardo que por precaución se establece delante de la escollera; es el mismo macizo quien va á descomponerse y arrastrar en su ruina la construcción superior; ¿cómo para este caso se presenta como bueno lo que en el otro se considera detestable? Pero hay más aún, no sólo en las escolleras formadas todas de bloques artificiales; en todas, cualesquiera que sean, se enrasa la parte superior con una tongada de hormigón sobre la cual se sienta la fábrica, y si dicha capa fuese destruida, se desmoronará la obra fundada sobre ella. Es pues forzoso, ó renunciar al hormigón en las obras marítimas, (que es tanto como renunciar á dichas obras), ó admitir como buenas algunas de las cales ó cementos que conocemos.

No pretendemos negar que haya cales malas para las obras de puertos; más aún, que de una misma fábrica salgan con calidades muy diversas, pero esta contingencia ocurre con toda clase de materiales; de una misma cantera, de un mismo banco sale piedra con durezas distintas, y

sin embargo no se proscribía la piedra de las construcciones: nada hay más probado que la acción sobre el hierro del agua del mar; y condena igualmente el autor anónimo el empleo de este material, y deben proscribirse los pilotes de rosca tan generalizados hoy por lo mucho que facilitan las fundaciones en terrenos flojos? si desastres han ocurrido por emplear malos morteros, mayores aún se cuentan por el uso de otros materiales. En el caso actual resulta una gran ventaja en favor del hormigon en sillares, porque inmerso reciente y en grandes masas, no es posible distinguir y separar en el empleo una cal mala de otra buena, al paso que hay la completa seguridad de la invertida en el bloque, pues ninguno de ellos se coloca en obra antes de su completo endurecimiento.

Bien conocida es de todos los Ingenieros la historia de las cales hidráulicas y de su empleo en las obras marítimas; el gran desarrollo que estas tuvieron en Francia durante el segundo tercio del siglo presente, obligó para hacerlas más económicas, á explotar nuevas canteras de cales hidráulicas y á extender la fabricacion de las artificiales; y siempre atendiendo á la economía, los hormigones no se confeccionaban mezclando sus elementos en las proporciones convenientes; la Memoria de Vicat publicada en 1846 vino á alarmar los ánimos, y ya fué una especie de moda el descubrir descomposiciones y proponer nuevas cales en sustitucion de las antiguas, mania de la cual ni aun se libró el mismo Minard tan apegado á los métodos antiguos, que decía: «No innovemos, atengámonos á lo que siempre ha probado bien y desechemos las nuevas cales hasta que la experiencia decida.» ¿Y qué resultó de todo? que pasado el pánico se siguió como antes usando de cales hidráulicas; se desecharon aquellas que no merecían entera confianza, se emplearon mayores precauciones en su manipulacion; en una palabra, se prescindió de considerar la economía como el elemento principal en la eleccion de las cales, atendiendo más á las condiciones que este material debía de llenar. Vicat y los que como él eran los propagadores de los nuevos ensayos, consideraban las cales divididas en tres grupos:

1.º Las que resistían á los ensayos de laboratorio: no hay ejemplar, decía Vicat, de que estas cales no hayan probado perfectamente en las obras marítimas. En este grupo colocaba los *buenos cementos*, que ninguna acción salina ataca, y que puede admitir hasta otro tanto de arena; estos cementos

no sólo resisten á la acción salina, sino que además se recubren de una costra inatacable por los rozamientos y choques de las olas; sucediendo lo contrario en las cales ó puzzolanas atacables por la acción salina.

«Siguen luego las cales naturales límites y aun las eminentes, como la de Theil, cuya capacidad para la inmersión inmediata en el mar está perfectamente demostrada. Las cales artificiales de doble cocción, correspondientes á las cales límites, y aunque Feburier desecha las de simple cocción, hace Vicat observar que es demasiado absoluta la exclusion, pues el llamado cemento de Portland de una cocción, y que, según Vicat, empleado desnudo, en mar libre y en los lugares más expuestos ha hecho maravillas, es sólo una cal eminente, pero elaborada con tal esmero, que la consideramos superior á muchos cementos de mayor hidraulicidad: siendo conveniente observar que el modo de fabricacion y las precauciones tomadas son casi tan influyentes en la bondad de la cal, como la misma composicion química.

También los cementos, aunque averiados, mezclados con cal grasa, pueden resistir á la acción salina cuando la cantidad de cemento es por lo menos doble de la de cal; si llega á ser triple, la conservacion y dureza es admirable.

2.º El que una cal no resista á las pruebas de laboratorio, no es razon suficiente para decidir que no sirve para la inmersión inmediata; el mar posee al mismo tiempo que medios de destruccion medios de conservacion; el ácido carbónico libre, por ejemplo, que suele contener en notable cantidad, carbonata la cal excedente, formando una capa de carbonato calizo, suficiente para detener la acción química; y así muchas cales que debieran ser desechadas por las pruebas de laboratorio han resistido y resisten á la destruccion.

3.º Cales que no resisten á la inmersión inmediata pueden ser excelentes cuando se las emplea despues de una desecación prévia al aire libre, que carbonatando la superficie, impide la descomposicion; ó cuando se las recubre de un barniz, que llena el mismo objeto; ó se las encierra en telas como el hormigon en sacos; y por último, en el interior de los macizos, siendo entónces prudente tomar las juntas con buen cemento, aunque no siempre se haya adoptado esta precaucion. En estas categorias se colocan las cales medianamente hidráulicas (y aun las poco hidráulicas), naturales y las artificiales de una cocción (cuando no re-

nen las condiciones antes expuestas), todas ellas ó solas ó mezcladas con cal-grasa.

4.ª Las cales áridas y las grasas que no sirven en ninguno de los casos.

De intento nos hemos abstenido de mencionar las puzzolanas, sobre las cuales están divididos los pareceres, limitándonos tan sólo á consignar lo averiguado con certeza. Parece, sin embargo, comprobado con ejemplos antiguos y modernos, que las puzzolanas energicas, como la de San Pablo en Roma, el trass de Holanda y otras, han resistido á la inmersión inmediata; y si hay algunos pocos ejemplos de lo contrario, puede atribuirse á la mala elección en las proporciones de cal y puzzolana. Se comprende, sin embargo, que allí donde una puzzolana se descomponga, resista una cal hidráulica; al mezclar en frío la puzzolana con la cal, la afinidad, por grande que sea la cohesión, ha de ser muy débil y fácilmente destruida por la acción de las sales contenidas en el agua del mar; al paso que la combinación de la sílice con la cal en los cementos y cales hidráulicas (especialmente en las de doble cocción) ha de ser más íntima y completa.

De intento nos hemos abstenido de entrar á discutir los varios ejemplos y experimentos consignados en las obras y artículos que se ocupan de esta materia, pues alargaría demasiado nuestras observaciones, y según ya dijimos al principio, deseamos abreviar; hemos puesto la cuestión en el terreno práctico y como constructores; esperamos la contestación para entrar en más desarrollos y entre tanto nos limitamos á hacer observar que no data de ayer en nuestras obras marítimas el empleo de las cales hidráulicas de la provincia de Vizcaya; pidanse en buen hora datos á nuestros Ingenieros; háganse antes de su empleo todos los ensayos y pruebas que la prudencia aconseje, pero rechazar un sistema de construcción sólo porque haya morteros que se descompongan sumergidos en el mar, no lo consideramos fundado ni conveniente; pues apoyados en motivos análogos debieran proibirse de las construcciones un gran número de materiales.

Vamos más lejos aún en nuestras concesiones; se niega que la experiencia sea bastante prolongada en lo que se refiere á nuestras cales para poderlas emplear desde luego con toda seguridad; pues allí se tiene un cemento que lleva empleándose más de un siglo, y que constantemente ha producido un excelente resultado; el cemento de

Portland. La sustitución de este cemento á los nuestros aumentaría escasamente en 40 rs. el coste del metro cúbico de hormigón; aumento insignificante relativamente á la importancia de la obra.

Hay además otro medio de conservación indicado por el mismo Vicat; una capa de grasa; un barniz cualquiera; una tela, no impiden la penetración del hormigón por el agua salada; pero si la renovación de esta y paraliza la descomposición; y en los ensayos de laboratorio se cuidaba, como operación indispensable para que la descomposición tuviese lugar, de raspar la ligera película de carbonato calizo que se forma en la superficie del hormigón. De todos los barnices recomendamos el que con éxito completo se aplicó al Palacio del Parlamento inglés, cuya receta se ha dado en otros números de esta misma REVISTA.

Antes afirmamos que en el sistema criticado, se hacia uso del hormigón de la manera más favorable á su conservación en el mar; en efecto, la destrucción de aquel material por las acciones químicas es tanto más rápida cuanto más extensa sea la superficie en contacto; y es evidente, que la mayor será en una masa de sillares arrojados sin concierto y rodeados por todas sus caras del elemento destructor. Sigue luego el hormigón arrojado por tongadas sobre la escollera; agregándose aquí otra causa mayor de descomposición; la falta de homogeneidad en la mezcla por separarse al caer sus diferentes elementos, y verificarse el fraguado en medio de los agentes químicos suministrados indefinidamente por el agua del mar. Y por último, los sillares concertados, que sólo presentan una cara á la acción salina, y esto cuando el fraguado ha llegado á su término y las reacciones químicas casi completas (ó por lo menos muy adelantadas), son indudablemente los que mejor resisten sumergidos en el agua del mar.

Otra de las causas más energicas de deterioro es la exposición alternativa á la acción del mar; la renovación del agua que penetra los sillares trayendo nuevos elementos á las reacciones químicas; el efecto mecánico de esta misma agua que arrastra parte de la masa del sillar. La acción de las heladas y la eflorescencia de las sales disueltas en el agua son tan poderosas, que muchas piedras que inmersas se conservan sin alteración, las hemos visto deteriorarse rápidamente; al paso que hormigones inmediatos sumergidos se mantienen en perfecto estado desde hace muchos años.

Queda pues, probado, que el hormigón for-

mando sillares, tal como se propone, se encuentra en las mejores condiciones de resistencia, y si los adversarios del sistema admiten en las obras marítimas el hormigon en tongadas, cuando el fraguado tiene que verificarse en medio del mar y sin carbonatarse la superficie, deben forzosamente aceptarlo cuando todas estas condiciones se han llenado de la manera más perfecta.

Si se pretende afirmar que el hormigon recubriendo la escollera, ó interpuesto entre ella, no está en las mismas condiciones que un paramento descubierto, no rechazamos la pretension por aventura que nos parezca, pero tenemos medios de colocar en las mismas condiciones al muro concertado; si la descomposicion tuviese lugar, bastaria entonces (bajo el supuesto dicho) formar en la parte anterior un macizo de escollera que resguarde el hormigon, viniendo así á resultar una verdadera escollera hecha en dos veces.

De todo lo dicho resulta, que bajo cualquier punto de vista que se considere la cuestion de las eventualidades que pudieran surgir del empleo del hormigon en las construcciones marítimas, siempre serán menores en el sistema propuesto.

Damos aquí por terminadas las observaciones que nos habíamos propuesto hacer y que ampliáremos en la discusion que probablemente surgirá; y recapitulando creemos haber probado:

1.º Que la eleccion del perfil de un dique debe determinarse por otras consideraciones más importantes que la del coste relativo.

2.º Que aun en el supuesto de pretender economías, será preferible, en general, un muro concertado á la escollera.

3.º Que el ejemplo de Dover nada prueba en contra del sistema concertado, siendo las causas de su elevado coste independientes del sistema elegido.

4.º Que segun los mismos adversarios de los muros verticales hubieran resultado en Dover más costosas las obras empleando en ellas escollera.

5.º No es exacto que el ejemplo de Dover haya hecho desistir á los Ingenieros ingleses del sistema concertado, como lo prueban Greenock, Ardrosan y Alderney, construidos bajo aquel tipo; y St-Ives, Peel, Erin, Douglas, Wick y Peterhead, para los cuales se ha propuesto.

6.º Tampoco lo es que los sillares artificiales de hormigon fuesen rechazados en Dover de los paramentos por temor á la descomposicion de los morteros en el agua del mar, habiéndose empleado

posteriormente en el revestimiento de la cara interior del dique de Alderney.

7.º Que hoy continúan empleándose los hormigones en obras marítimas en la mayor escala, sin temor á las descomposiciones, pero sin excluir las precauciones convenientes para asegurar el buen éxito de las obras.

8.º Y por último, que aun en el supuesto de desecher los paramentos formados de sillares artificiales, no hay motivo para reprobar el sistema concertado con paramentos de otro material (por ejemplo, de sillería, ó del mismo hormigon encerrado en sacos).

PEDRO P. DE LA SALA.

LA FOTOGRAFIA

APLICADA AL LEVANTAMIENTO DE PLANOS Y NIVELACION.

POR M. AUGUSTE CHEVALLIER.

El *Cosmos* ha puesto ya en conocimiento de sus lectores la *Plancheta fotográfica* de M. Chevallier. Esta REVISTA ha publicado en 1860 y 1861 la noticia dada á la Sociedad de *Fomento de las Artes* el 27 de Abril de 1859 por M. Benoist, y un extracto bastante extenso de una Memoria muy interesante de M. Páté, oficial de ingenieros (1).

Posteriormente, este instrumento, que funciona en excelentes condiciones, ha experimentado diversas modificaciones que hemos tenido ocasion de examinar, como asimismo planos levantados con dicho aparato.

Antes de describir la disposicion actual del instrumento, recordaremos someramente la disposicion descrita por MM. Benoist y Páté, é indicada por M. Abbadie en una notable Memoria presentada á la Sociedad de Geografia en Diciembre de 1862.

El instrumento primitivo consistia en una cámara oscura parecida á las empleadas hoy en las fotografías, que podia girar alrededor de un eje vertical con un movimiento continuo ó discontinuo; de manera que, sin cambiar de sitio el aparato, se le podia dirigir sucesivamente á diversos puntos del horizonte.

La imagen de los objetos presentados al objetivo de la cámara oscura se fija sobre una placa sensible vertical contenida en un bastidor, dispuesto de manera que, mediante una combinacion de engranajes, gira alrededor de un eje horizontal un ángulo igual al descrito por la cámara oscura al girar alrededor de un eje vertical de rotacion.

El objetivo de la cámara oscura está dispuesto de modo que su eje óptico corresponde casi al $\frac{1}{4}$ de la

(1) Véase la REVISTA, tomo VIII, pag. 56.