EL PROBLEMA DE BOCAS DE CENIZA

JORGE ALVAREZ LLERAS
Director del Observatorio Astronómico Nacional

CONSIDERACIONES GENERALES

La solución acertada de este problema es de gran interés económico para la República de Colombia, y presupone la inteligente discusión de circunstancias locales que hacen de su estudio un punto concreto que talvez pueda interesar a los profesionales que se ocupan de obras similares en otras partes del mundo.

La apertura de las Bocas de Ceniza —salida al Mar Caribe del río Magdalena— consiste en la construcción de obras especiales que obliguen a la propia corriente del río a vencer las fuerzas naturales que tratan permanentemente de obstruír esta salida con la formación de una barra de poco fondo y que no permite la navegación por buques de calado mayor.

Estas fuerzas naturales tienen un carácter local que obliga a buscar la solución del problema por medios locales y con elementos enteramente propios; siendo así la apertura de Bocas de Ceniza una cuestión de ingeniería de hidráulica fluvial concretada a un caso especial sin semejante inmediato en otros lugares.

Es ésta una verdad que probablemente han olvidado quienes han tenido en sus manos el asunto y han planeado las obras que se adelantan en Bocas de Ceniza sin mayor resultado hasta ahora. Se han atenido ellos a algunas de las reglas empíricas de Corthell, técnico habilísimo en la corrección de ríos y en la mejora de sus desembocaduras y que goza de altísima autoridad, sin tener en cuenta que estas reglas no pueden ser absolutas y que talvez merecen ciertos reparos.

Porque la cuestión del arreglo de puertos y canales navegables a través de las barras fluviales es de una extraordinaria complejidad, entrando en ella múltiples factores de carácter desconocido, más o menos locales, como se ha dicho. Por eso los técnicos en la materia rara vez se ponen de acuerdo y son tantas las teorías contradictorias que sobre puntos concretos suelen exponerse en los tratados de Hidráulica cuando se habla de la canalización de las desembocaduras de ríos.

Por tanto no es de admirar el relativo fracaso de las obras de Bocas de Ceniza, semejante, hasta cierto punto, a otros fracasos ocurridos en ríos de muy distinta situación geográfica y cuya corrección ha estado en manos de técnicos de diferentes escuelas. No tiene, pues, él gran importancia desde el punto de vista científico.

Pero si las equivocaciones que han ocurrido en Bocas de Ceniza no tienen mayor alcance para la Ciencia en general, pudiéndose considerar más bien como útiles experiencias —ya que errando suele encontrarse el camino de la verdad— por el aspecto práctico tales equivocaciones han acarreado graves perjuicios al país.

Porque el hacer de la ciudad de Barranquilla un puerto marítimo es de importancia capital para el comercio interior de la República, porque el progreso rapidísimo de esta ciudad no puede detenerse sin graves repercusiones de carácter económico, porque la navegación del río Magdalena está centralizada en Barranquilla y porque el presupuesto nacional es limitado y no podemos impunemente en Colombia darnos el lujo de derrochar dinero en costosas experiencias.

Estas verdades elementales ya fueron conocidas por quienes dispusieron la apertura de Bocas de Ceniza en la forma en que la obra se ha venido adelantando y por quienes, en alguna forma, intervinieron en su principio para orientarla hacia una segura realización, salvándola del fracaso que desde entonces se preveía.

Estos últimos no fueron creídos y hasta se pensó de ellos que eran hostiles a la empresa al preconizar que se necesitaban estudios fundamentales antes de iniciar los trabajos y que éstos debían desarrollarse de acuerdo con las indicaciones de la técnica más rigurosa, pues bien se sabía entonces de las múltiples deficiencias de que adolecían los proyectos en vía de realización. De estas deficiencias nos ocuparemos en el presente estudio, y por eso conviene hacer conocer ahora la franca opinión nuestra a ese respecto mediante las transcripciones que nos permitimos hacer en este lugar en las notas al pie de la página. (1)

MEJORAS DEL RIO MAGDALENA (1)

(De "Anales de Ingeniería". — Marzo de 1927).

Indiscutiblemente, pese a quien pese, es el Magdalena la gran arteria de nuestro comercio y así continuará siendo por luengos siglos, pues las obras de la naturaleza no pueden torcerse por voluntad del hombre transitorio y perecedero, que sólo acierta en aprovecharlas para su uso correcto e inteligente.

Es este uso, en el caso del Magdalena, lo que se ha venido considerando por el público iluso como cosa del momento, que tarde o temprano deberá ser sustituído por las líneas férreas que nos habrán de unir directamente con el Mar Caribe, sin pensar para ello en las inmensas dificultades opuestas por el trópico para el vencimiento de la selva, en regiones pantanosas y malsanas por todo extremo.

Extendiéndose el Magdalena desde Barranquilla hasta Magangué, por un trayecto de 250 kilómetros, con una profundidad en las mayores secas, que facilita la navegación de barcos de cuatro metros de calado; siguiendo a este trayecto otro, de Magangué a Bodega Central, de igual longitud, que permite el empleo de buques de regular calado fluvial en todo tiempo, y estando este último punto en el corazón mismo del país, pues allí debiera terminar el proyectado Ferrocarril Central del Norte, es claro que a pesar de cuantos proyectos se hagan sobre carreteras o vías férreas, que comuniquen directamente a Antioquia o

Desde hace muchos años ha sido un franco anhelo de la ciudad de Barranquilla el establecimiento de una navegación regular por las Bocas de Ceniza para substituír la vía terrestre que sucesivamente ha venido conectando a Sabanilla, Salgar y Puerto Colombia con el puerto fluvial, por una vía directa que dé entrada a los barcos marítimos hasta la propia ciudad, con ventajas indudables para el comercio por la consiguiente disminución de transbordos.

Pero esta navegación regular nunca ha sido posible porque es condición peculiar de la desembocadura del Magdalena el ser esencialmente cambiable modificándose a cada momento la barra que obstruye su salida, según varíe el concurso de las fuerzas naturales que la causan.

Parece que este concurso se presenta favorable para dar lugar a un canal apropiado para la navegación, periódicamente; pero no es posible establecer algún ciclo de periodicidad porque las estadís-

---

a los Santanderes con la Costa Atlántica, siempre subsistirá el Magdalena como la vía más barata y eficaz, por lo menos en su parte baja.

Ahora, es preciso tener en cuenta que la apertura de las Bocas de Ceniza no se justifica solamente para la ciudad de Barranquilla, y que empeñado en esta obra el país, necesita aprovecharla usando el Río Magdalena de la manera más inteligente, y no desparramando recursos y edificando castillos en el aire para ensayar las carreteras o los ferrocarriles al mar, que tarde o temprano demostrarán cómo no es posible ir, según se dice, contra la corriente.

Lo racional, en todo caso, sería concretar esfuerzos para hacer de Gamarra o Bodega Central un puerto definitivo, haciendo que los ferrocarriles que terminen en puntos más hacia el interior convergieran hacia esa región, para concentrar todo el comercio vivo del país en quinientos kilómetros de vía fluvial magnífica y que atraviesa y sirve a las llanuras fácilmente explotables de Bolívar y a la rica región bananera de Santa Marta, con el ferrocarril actual que puede llegar hasta Plato.

Evidentemente este plan no se divorcia de la mejora del río desde Bodega Central para arriba, pues, según declaraciones precisas de la Casa Julius Berger, con las obras de canalización emprendidas se puede fácilmente abrir camino, en toda época, a los buques de 1.50 m. de calado, hasta Caracolí.

Hé ahí un programa neto: 1º Continuar la apertura de las Bocas de Ceniza y justificar esta obra estableciendo líneas de grandes vapores de Magangué a Barranquilla para colonizar y explotar científicamente esa región que está en la posibilidad de rivalizar con las márgenes del Mississippi, de Nueva Orleans para arriba, según lo afirmó Don Salvador Camacho Roldán; 2º Llevar el Ferrocarril Troncal de Occidente hasta el río Cauca y mejorar este río, y 3º Proyectar el Ferrocarril Central del Norte hasta Gamarra. Este plan, de grandes proyecciones para el futuro, se desarrolla posiblemente mejorando el Magdalena hasta La Dorada o Caracolí, o, en su defecto, adaptando la actual navegación a las condiciones del río.

Esta faz del problema la contempló el primer ingeniero de la Casa Berger que vino al país a proyectar la apertura de las Bocas de Ceniza, quien aconsejó al Gobierno el proceder discreta y económicamente, tratando de adaptar la navegación a las condiciones del Magdalena y no obligando al río a plegarse a la navegación, cosa indudablemente más costosa.

Con la circunstancia de que los centros productores de petróleo necesitan valerse del Magdalena y emplean el río como vehículo y centro de operaciones, la opinión del señor Gunna Pyra cobra hoy mayor importancia, pues el empleo de los motores de explosión en barcos especiales, casi solventaría por sí solo el problema de la navegación en el Magdalena hasta Caracolí.

Al ingeniero de la canalización, Doctor Thurner, han llegado datos recientes sobre remolcadores de poco calado, no mayor de sesenta centímetros, de casco de acero, con motores Diesel poderosos, de dos tiempos y doble efecto, que pueden permitir el remolque, según los sistemas usados ya por la Tropical Oil Co. ¿Por qué no se ensayan estos remolcadores, separando el servicio de la carga del de los pasajeros, y haciendo las cosas del modo más científico y racional?

En sentir de muchas personas, el problema del Magdalena está en nuestros defectuosos métodos de transporte, en nuestra impericia y nuestra incapacidad, y en manera alguna se puede atribuír al río colombiano, majestuosa y hermosísima arteria genuinamente nuéstra, que en cada invierno ensaya su poderío secular, el cual no ha mermado por ninguna razón científica desde centenares de millares de años, a tiempo que las carreteras construídas sobre ilusiones y fantasías desaparecen entre el lodo y los derrumbes.

Del estudio presentado por la Casa Berger, respecto a la potencialidad transportadora del Magdalena, se puede copiar: «que la vía fluvial (de este río) es ya singularmente mucho más barata que las vías férreas, no obstante el desgreño y los medios en extremo primitivos que en esta arteria se emplean»; complementando el concepto de que las 30.000 toneladas máximas de capacidad útil en toda la flota del Magdalena, incluyendo todos los planchones de todas las compañías navieras, son una cifra ridícula comparativamente con lo que permite el Magdalena en su anchuroso cauce, por donde cómodamente cabría el tonelaje que se desliza por el río Mississippi, llevando los productos del mayor emporio de riqueza que existe hoy en el mundo.

Sería bueno reflexionar sobre estos puntos cuando se piensa en la carretera de Medellín al Golfo de Urabá, o en el ferrocarril a Bahía Honda, o en la troncal de Occidente llevada hasta Cartagena, pues es fácil demostrar que con los millones gastados en obras infructuosas, bien pudiera equiparse el Magdalena con una flota de remolcadores y planchones modernos, adaptados a la situación del río, y capaces de transportar en una semana la actual congestión de un año. Además, la navegación para pasajeros, en lanchas cómodas y rápidas de motores Diesel, bien puede reducirse a tres o cuatro días hasta La Dorada. ¿Cuál es entonces el problema?

De bárbaros y primitivos califica la Casa Berger a los métodos de transporte usados actualmente en el Magdalena, y tiene plena razón, pues todos sabemos que allí no hay muelles de atraque en los puertos, ni grúas, ni cabrestantes, ni mástiles de transporte, ni remolques fáciles, ni nada. Los transbordos y desembarques aún se hacen por los mismos métodos apropiados para carga y descarga de champanes y aún hoy se sujeta al pasajero a la mortal espera del **leñateo,** pues el empleo del petróleo es insuficiente, y a la contingencia de las **varadas,** que con buques más apropiados pudieran evitarse en sus tres cuartas partes.

Parecen obvias las razones expuestas para concretar la atención de los Departamentos ribereños del Río Magdalena y para fijar la del Gobierno Nacional en igual sentido, ya que, hoy por hoy, el país no cuenta con los recursos y elementos necesarios para apresurar los ferrocarriles que se construyen hacia la parte más navegable del río, siendo del caso hacer esfuerzos que den un resultado más rápido.

Dedique el país toda su energía a resolver científica y económicamente el problema del Magdalena; estudiénse por el Gobierno todos los sistemas de transportes adoptados a los ríos tropicales semejantes al Niger, en el Senegal, donde los franceses saben aprovechar las facilidades de las vías fluviales; súlgase de la rutina, y en lugar de divagar sobre nuevas vías, hágase del río algo provisto de los elementos de transbordo que se usan en cualquier país civilizado, donde naveguen barcos modernos que usen del petróleo, providencialmente colocado para emplearlo del modo más eficaz y productivo.

Jorge Alvarez Lleras.

—o—

CONCEPTO SOBRE LA PRACTICABILIDAD DE LA OBRA DE LAS BOCAS DE CENIZA (1)

Las Flores, marzo 8 de 1927

Señor Director de "Diario del Comercio", Barranquilla.

Me permito escribirle esta carta con motivo del largo telegrama que publicó "El Tiempo" de Bogotá, suscrito por el doctor Eduardo Santos, y que parece ha levantado polvareda y provocado discusiones sobre la obra de las Bocas de Ceniza en el ambiente capitalino donde se respira en veces un optimismo sin precedentes, o uno se ahoga en medio de la más cruel y desconcertante desconfianza. Uno u otro extremo son viciosos, estando en el término medio la verdad y el reposado criterio que juzga y pesa sin ilusiones prematuras ni desalientos injustificados.

En el caso de las Bocas de Ceniza, como lo apuntó con criterio el doctor Santos, fue ilusión optimista el creer que

ticas al respecto son muy limitadas y se extienden sólo a un lapso de tiempo muy corto. Talvez si tuviéramos observaciones que se extendieran por varios siglos pudiéramos hoy adelantar conceptos más precisos sobre este punto. En todo caso parece que en varias ocasiones, en épocas pasadas, ha sido posible la navegación por Bocas de Ceniza, como se desprende de un informe del ingeniero cubano don Francisco J. Cisneros, escrito para preconizar la necesidad de la prolongación del ferrocarril que unía a Puerto Salgar con Barranquilla, hasta Puerto Colombia. (2)

---

la suma que se ha gastado en comprar elementos y preparar las cosas para la obra en grande, era la suficiente para terminarla; siendo hoy un efecto de esa peligrosa ilusión pasarse al otro lado y juzgar que en ella van a gastarse 30 o más millones como lo quiere el Señor Lebouc, de ingrata recordación.

El efecto de la desconfianza nerviosa que afirmaciones semejantes producen en el ánimo se ve claro en la importancia que se ha querido dar al paso del Gobierno, sugerido por mí, de procurar la venida al país del General Black, miembro de la firma de Washington, Black, MacKeney and Stewart.

Indudablemente es el General Black, al tiempo con el Doctor Corthell, una de las figuras más prestigiosas de los Estados Unidos en orden al estudio y construcción de obras hidráulicas, siendo para nosotros gran garantía de acierto en las obras de las Bocas de Ceniza, cuyos planes generales de acción ha proyectado de acuerdo con los señores Stewart y MacKeney.

Como el General Black no ha venido al país y sólo ha dirigido los estudios por informaciones, desde Washington, es natural pensar que a tiempo de empezar la construcción de los tajamares conviene su presencia al frente de los trabajos. ¿Proceder así constituye prenda de desconfianza y avance pesimista en contra de la obra? No es creíble, ni el Gobierno ha dado motivo para que así se piense. Todo lo contrario.

Los hechos demuestran de modo fehaciente lo que afirmo a usted, porque el Dr. Ospina Pérez, antes de retirarse del Ministerio, como lo dice la prensa, apropió para Bocas de Ceniza millón y medio de pesos, que con los quinientos mil del presupuesto legal suponen una partida de dos millones, para este año. ¿Significa esto desconfianza en el éxito de la empresa?

Hay más aún. Debido a peticiones mías el Secretario del Ministerio, Doctor Miguel Vargas Vásquez, no ha ahorrado esfuerzo para ayudar eficazmente en los trabajos, en términos tales que se han alterado algunas formalidades de protocolo para comprar materiales de urgencia y que valen mucho dinero, porque el Doctor Vargas Vásquez con patriotismo digno de alto elogio, está en la creencia de que la apertura de las Bocas de Ceniza es una obra nacional, como lo es la canalización del río Magdalena.

En tesis general se puede afirmar que no hay motivo para pensar con desconfianza en este punto y que el optimismo de Eduardo Santos es sereno y meditado; sin que esto quiera decir que el éxito de los trabajos se deba entregar al acaso y a la necia y confiada presunción.

Cuando el gran Lesseps principió los trabajos del Canal de Panamá le acompañó una ciega y culpable confianza que lo adormeció dentro de su propio prestigio y le llevó al desastre, sin que esto fuera óbice para no creer en la realización de una obra que los americanos llevaron por fin a feliz término. Tal en este caso: de la disciplina, de la organización, del método, de la técnica, del esfuerzo tesonero y constante puede esperarse mucho, a tiempo que la **imprevisión y sus consecuencias pueden llevarnos al fracaso.** ¿Es esto pensar con pesimismo y espíritu negativo? ¿Puede el Gobierno obrar de otro modo cuando a su responsabilidad se carga la dirección suprema de la obra?

En varios reportajes que he concedido a la prensa de Barranquilla me he mostrado sereno partidario de la empresa de más vastas proporciones que tiene el país, y así lo he sido de tiempo atrás, antes de principiarse los trabajos, cuando reclamé amplio presupuesto para la apertura de las Bocas en escritos que me parecieron razonables y que reprodujo la prensa imparcial.

Ojalá se tengan en cuenta estas declaraciones al pensar que en las Bocas de Ceniza hay ahora un representante del Gobierno, cuya obligación principal consiste en encauzar esfuerzos y apartar obstáculos y cuyo fin será asegurar el éxito de la obra mediante el concurso de la técnica y con ayuda de una serena fiscalización.

Quiero explicar en esta carta, señor Director, que las ideas generales, nacidas de la volubilidad de la opinión, no deben tenerse en cuenta cuando se pasan a los extremos y pueden llamar enemigo de la obra de las Bocas de Ceniza a quien, como yo, no cree que sea realizable con escasos elementos, con apropiaciones mezquinas, con impulso vacilante y tardío.

Para mí tengo que en las Bocas de Ceniza, como en otras varias empresas nacionales, el verdadero enemigo está en la voluble y tornadiza opinión, que hoy proscribe a quien ayer coronó con los laureles de la victoria, que ahora se exalta, mientras espera el triunfo por instantes, y mañana fatigada y hostil condena y destruye.

Jorge Alvarez Lleras

—o—

LA NAVEGACION POR LAS BOCAS DE CENIZA (2)

El lugar por donde el río Magdalena desagua en el Atlántico es conocido con el nombre de **Bocas de Ceniza.** Desde hace muchos años los habitantes de Barranquilla han anhelado por el establecimiento regular de la navegación de dichas bocas hasta frente a aquella ciudad. De 1877 a 1883 entraron por las Bocas 106 buques de vapor con 86.024 toneladas de registro, y 449 buques de vela con 76.637 toneladas, equivalentes a 15 vapores y 64 veleros, o 23.238 toneladas por año. En 1884 no entró buque de vapor alguno. En 1885 entró uno; y desde 1884 hasta 1885, inclusive, entraron 28 buques de vela, con registro total de 5.564 toneladas. En el presente año han entrado dos o tres veleros y cuatro vapores, que han transportado en conjunto 2.261 toneladas...

De lo dicho se deducen estas dos conclusiones:

Primera: que hace diez y nueve años hubo quienes acometieran formalmente la navegación por las Bocas de Ceniza, puesto que la sostuvieron por siete años, y puesto que en dicho tiempo entraron por ellas 106 buques de vapor y 449 de vela, con un registro de 162.661 toneladas en junto.

Segunda: que el comercio de Colombia por los puertos de Barranquilla y Cartagena con el Exterior fue de 92.678 toneladas.

Esto sentado, el estudio de la navegación por las Bocas de Ceniza debe hacerse desde dos puntos de vista distintos, a saber: el técnico y el económico.

El técnico comprende tres problemas diversos: la navegación de las bocas en su estado actual; la navegación después de ejecutadas las obras que abran un canal de 20 pies de profundidad; y la navegación con obras que abran un canal de 26 pies de profundidad. Trataré de cada uno de ellos...

En el libro titulado "La navegación del Golfo de México y Mar Caribe", que ha publicado la Oficina Hidrográfica del Departamento de Marina de Washington, página 328 del volumen 2º de la 3ª edición, se lee lo que sigue:

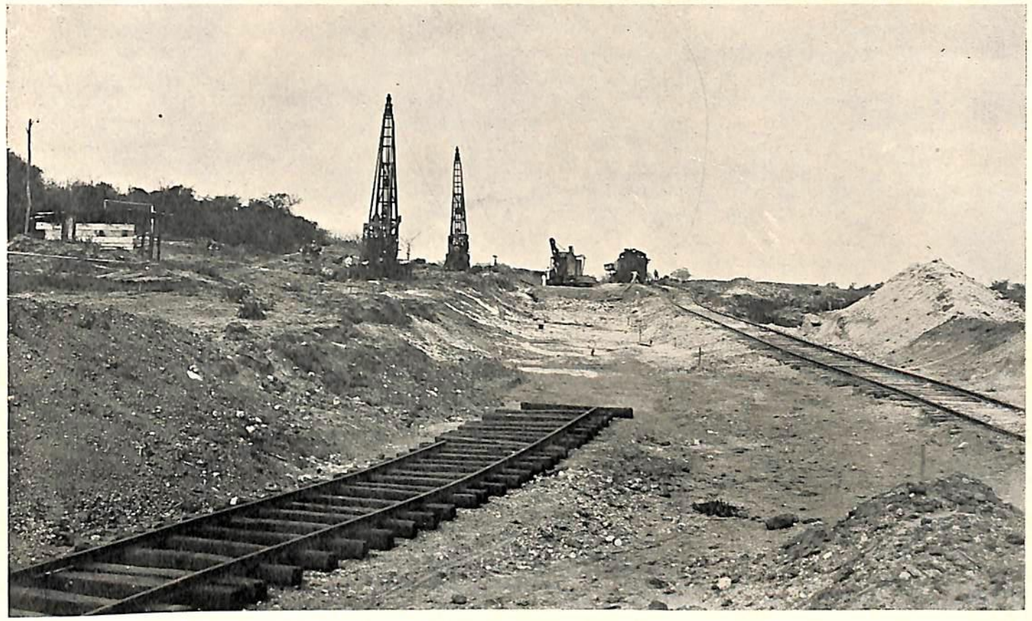
"Barra.—En la época más favorable del año, la profundidad de la barra no es mayor de 16 pies. Sondeos practicados en agosto de 1888 no demuestran sino 13 a 14 pies en sólo un ancho de 100 pies. El canal principal cambia de posición y de profundidad constantemente. El práctico más antiguo (y en la época de este informe, el único que se atrevía a cruzar la barra) asegura que en ocasiones la barra cambia de posición en cuarenta y ocho horas, y que en lugares en donde la sonda daba 16 pies de profundidad al tiempo de entrar un buque, no encontraba más de 14 pies de salida. En los últimos diez años se han perdido al cruzar la barra, ya de ida o ya de regreso, como el 25% de los buques de vela que lo han intentado. Existe allí un traidor mar de costado, el cual, aun en tiempo de calma, es difícil navegarlo en botes ordinarios y pasarlo sin sucumbir. Muchas vidas se han perdido al practicar sondeos en la barra".

La autoridad citada es imparcial, y su competencia está fuera de duda. Además, los experimentos hechos confirman la exactitud de este informe. En efecto:

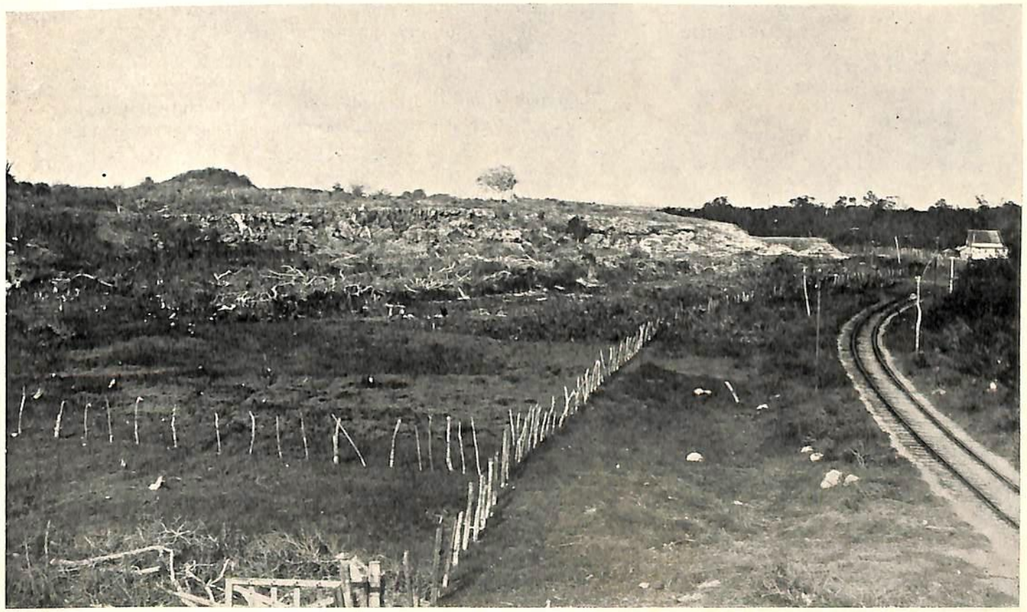
En los años de 1877 a 1883 hubo grande entusiasmo por la navegación de las Bocas. Entraron entonces hasta Barranquilla vapores de la línea **Atlas,** de la **Mala Real,** de las líneas de Liverpool, y no sé si de alguna otra compañía.

Todas desistieron del propósito después de haber experimentado reveses más o menos graves. Dos vapores de la **Mala Real** tocaron fondo, y el **Alps,** de la línea **Atlas,** sufrió una fuerte varada al pasar la barra en un viaje de retorno en el que estuvo a punto de perderse, y sólo se salvó merced a la gran cantidad de carga de exportación que arrojó al agua. Al entrar el buque, no notó cambio alguno; pero al salir, el canal había cambiado de posición y profundidad, todo lo cual comprueba lo manifestado en el libro publicado por la Oficina Hidrográfica de Washington.

Cesaron desde entonces de pasar por las Bocas los vapores grandes de la línea **Atlas,** pero la tenacidad britá-



Canteras de "Cadema" y "Sierra Vieja" en explotación.



Cantera de "Sierra Vieja". Formación calcárea característica.

Evidentemente, la conveniencia de las obras conducentes a mantener un canal navegable por la barra de Bocas de Ceniza —desde el momento en que la mayor parte del caudal del río Magdalena tomó esta vía por la obstrucción paulatina de los caños que lo conectaban con las Ciénagas del oriente hacia Santa Marta y San Juan de la Ciénaga— hubo de imponerse a la consideración de quienes se han venido preocupando de tiempo atrás por la fácil navegación de la arteria fluvial central del país. Pero no fue sino hasta principios de este siglo cuando en Barranquilla tomó forma concreta este anhelo, después de algunos estudios preliminares ejecutados en 1898. Entonces se tuvieron en cuenta y como información geográfica preliminar, varias cartas antiguas. (Véase la relación que aparece en el Informe de Black, MacKeney and Stewart inserto como nota al pie de la página respectiva).

Indudablemente, entre estos documentos el único de verdadero valor y que tiene importancia para el estudio de que nos ocupamos, es el mapa publicado en 1878 con la designación: "Carta de reconocimiento y plano de la desembocadura del Magdalena (Bocas de Ceniza), por Bellue, Latour y Joubert de Mazardy"; y por eso damos de él una copia fidedigna en el mapa en colores adjunto. Con toda probabilidad esta carta se levantó con el fin de estudiar la navegabilidad permanente por Bocas de Ceniza, pues contiene minuciosos sondeos e indicaciones sobre las rompientes que allí ocurren.

En el año de 1907, previo estudio de los documentos que acabamos de anotar, el ingeniero norteamericano Herbert S. Ripley practicó un cuidadoso reconocimiento de las Bocas de Ceniza, con algunos sondeos y exploración de la barra. La carta levantada entonces por Ripley sirvió a otro notable ingeniero de Norte América, Lewis M. Haupt, para elaborar un proyecto de mejoras de la desembocadura del Magdalena, aplicando su principio de un *dique de reacción*. Este proyecto, sin duda, sirve de punto de partida de lo que poco que conocemos respecto de las condiciones naturales en Bocas de Ceniza.

En 1912, para atender a las solicitudes cada vez más insistentes de Barranquilla, el Gobierno Nacional contrató con la Casa alemana Julius Berger Tiefbau A. G., los estudios completos de Bocas de Ceniza. Esta Casa levantó una carta de la región, practicó sondeos y estudió someramente

---

nica no cedió. La dicha Compañía cambió de plan, dedicando a ese tráfico dos vapores de pequeño calado: el **Avon** y el **Arden,** a los cuales se transbordaban en Kingston (Jamaica) los pasajeros y la carga que venían para Barranquilla. Más tarde, alarmada la Compañía por los peligros a que exponía a sus servidores, y también, por las pérdidas que había sufrido en el segundo ensayo, renunció por completo a navegar las Bocas de Ceniza. El experimento hecho por la Compañía **Atlas** es el más importante y concluyente de todos los ejecutados por las diversas compañías que visitaron el puerto de Barranquilla en ese tiempo para que nada faltara. Recordamos que dicha Compañía **Atlas** estableció un remolcador y cuatro bongos para hacer fácil, rápida y barata la descarga y carga de los vapores en Barranquilla, y que, a pesar de todo, se vio obligada a abandonar la empresa.

En aquella época llegó a tener el canal 19 pies de profundidad, porque, en virtud del obstáculo que interpuso en el cauce un buque perdido, la corriente se abrió camino trozando en dos la isla **Gómez** y estableciendo temporalmente el dicho canal. Cinco años bastaron para restablecer la barra a su antiguo estado.

A la sazón, el servicio de los bongos entre **Salgar** y **Nisperal** dejaba mucho que desear, y con empeño se buscaba algo mejor que el Ferrocarril de Bolívar para comunicar el mar con Barranquilla. Más tarde la construcción del muelle ha satisfecho ampliamente todas las necesidades, y las Compañías de vapores que visitan a Puerto Colombia no solicitan nada mejor. Ninguna de ellas, que yo sepa, apoya el movimiento actual en favor de la navegación por las Bocas de Ceniza.....

Las citas que he hecho del libro publicado por la Oficina Hidrográfica de Washington, y la de los ensayos de la Compañía **Atlas** y otras, desde 1877 hasta 1883, son más que suficientes para demostrar lo temerario de pretender navegar de una manera estable las Bocas de Ceniza, en su estado actual; pero como en lo que va del año han entrado cuatro buques de vapor, cuyos datos tengo a la vista, es corriente hablar del nuevo experimento, y voy a hacerlo, para mejor inteligencia.

Abrió la marcha a principios de junio del presente año el vapor **South Portland.** Traía para Barranquilla 808 toneladas. En dos o tres ocasiones trató de pasar la barra, pero como en cada una de ellas tocó fondo, resolvió descargar parte de su cargamento en Puerto Colombia, y así lo hizo. Dejó en el muelle del Ferrocarril 4.005 bultos, de los 8.691 que traía a bordo. Los 4.005 bultos tenían un peso de 218 toneladas, y los restantes 590 toneladas. El calado del **South Portland,** cuando tenía a bordo todo el cargamento, era de 12 pies, y se redujo a diez, después de haberle sacado los 4.005 bultos mencionados. La profundidad de la barra era de 14½ pies. En el mes de agosto volvió el mismo buque con 172 toneladas.

Posteriormente ha entrado el **May** con 812 toneladas, habiendo dejado en Cartagena 200; y por último, en septiembre pasado, entró otra vez el **South Portland** con unas 200 toneladas, habiendo dejado en Cartagena otras 200, más o menos.

Dícese que los empresarios de esa navegación han tenido noticia que hay buques que con menor calado del de los que han entrado ya, carguen 1.000 toneladas. No es difícil que los encuentren; pero de ahí resulta que los empresarios van convenciéndose de que para recorrer 2.000 millas que hay entre Nueva York y Barranquilla, el empleo de buques pequeños es improductivo. Cada uno de los buques empleados hasta ahora debe gastar aproximadamente 4.600 dólares por viaje redondo, y los cuatro referidos han transportado para Cartagena y Barranquilla sólo 1.775 toneladas...

Al hablar del primer viaje del **South Portland** dije que por dos o tres veces tocó fondo con 12 pies de calado, habiendo un canal de 14½ pies de profundidad, y que hasta que no redujo su calado a 10 pies no pudo cruzar la barra. Ahora debo llamar la atención a este hecho tan significativo, a saber: el **South Portland** entró en los primeros días de junio, y sabido es que desde mayo hasta diciembre reina la calma en la Costa Atlántica de Colombia.

Si en tiempo de calma el exceso de profundidad del canal, comparado con el calado del buque, ha tenido que ser de 4½ pies, en tiempo de brisas el exceso tendrá que ser mucho mayor, y por tanto, el calado de los buques reducirse a 6 o 7 pies, o de lo contrario, el buque que trate de pasar, reinando la brisa, correrá el inmenso peligro de tocar fondo y de irse a pique en cortos instantes.

Verdad es que la brisa es intermitente, y que después de soplar por varios días seguidos, viene la calma por dos o tres; de modo que para la entrada podrían estacionarse los buques en la bahía de Sabanilla en espera de buena oportunidad; y para la salida, aguardar en el puerto de Barranquilla; pero esas esperas significan estadías y representan un excedente de gastos que tendrá que soportar el negocio mismo, haciendo más remota la posibilidad de lucro; y como, por otra parte, destruiría toda esperanza de regularidad en el servicio, pronto, muy pronto, los empresarios se encontrarían sin clientela, porque en todo servicio de transporte la primera condición que se impone es la regularidad. La baratura y rapidez ocupan lugar secundario.

Si, pues, la navegación de las Bocas de Ceniza en su estado actual apareja grandes peligros y no ofrece el estímulo de ganancias a que aspiran los que han acometido la empresa —a pesar de todo lo publicado a favor de ella y de todo lo prometido al público por esa vía— no merece el asunto ser tomado en serio por los vapores del Atlántico ni por los ferrocarriles de Cartagena y Barranquilla.

Francisco J. Cisneros

algunas de las fuerzas naturales que entran en juego para la formación de la barra, teniendo en cuenta los datos de Ripley y las observaciones de Haupt. Como resultado de esta tarea presentó al Gobierno, en 1915, su proyecto, que figura fielmente copiado en estas páginas, con su designación respectiva.

En el año de 1919 se constituyó en Barranquilla la Sociedad Colombiana de las Bocas de Ceniza, con la cual celebró el Gobierno un contrato para la ejecución de las obras, sobre los planos y estudios de Berger.

Entre tanto se conoció en Bogotá la extensa publicación hecha en Washington de los Anales del Segundo Congreso Científico Panamericano que clausuró sus sesiones en enero de 1916. En la Sección V (Ingeniería) de este Congreso, se consideró un trabajo presentado por el ingeniero colombiano don Miguel Triana sobre las mejoras de las Bocas de Ceniza, trabajo que dio lugar a una extensa discusión del problema, en la cual intervinieron los señores E. L. Corthell y Lewis M. Haupt. En esa discusión el señor Corthell, alta autoridad en materias de Hidráulica fluvial, formuló graves objeciones contra el proyecto del doctor Triana, que calificó de optimista exposición, inspirada por el patriotismo, pero carente de valor técnico. En esa misma discusión Corthell manifestó que el ingeniero norteamericano Streidenger vino a Colombia en 1898 a trabajar en la mejora del Alto Magdalena y que al pasar por Barranquilla examinó las condiciones de Bocas de Ceniza y sugirió la posibilidad de ejecutar algunas obras planeadas para asegurar un canal permanente en la desembocadura del Magdalena.

La discusión a que nos referimos tuvo especial importancia por haber intervenido en ella Corthell, técnico que acababa, en el mismo Congreso Científico Panamericano, de sentar sus famosas reglas sobre la canalización de las bocas de ríos que desagüen en mares sin marea.

Probablemente de las discusiones habidas entonces surgió la especie de que en Washington se había condenado el sistema de Haupt (de un solo dique de reacción) por haber fallado en Aransas (EE. UU.), en donde la erosión provocada por el dique, encurvado en forma especial, había provocado la destrucción de la obra.

Talvez esta especie llegó a oídos de la ciudadanía de Barranquilla, la cual reaccionó no sólo contra los planes de Haupt sino también contra el proyecto de Berger, que contemplaba la construcción de un rompeolas y de un dique de guía, ambos encurvados en forma especial.

Por tal motivo los banqueros Brown Brothers and Co., que pensaron en financiar las obras de Bocas de Ceniza, exigieron en 1920 un nuevo estudio que el Gobierno contrató con la firma Black, MacKeney and Stewart; prescindiéndose así de los estudios de Haupt y de Berger.

En 1921 se modificó el contrato con la Sociedad Colombiana de Bocas de Ceniza y se efectuaron algunos trabajos de dragado sin éxito alguno y con pérdida total del dinero invertido. Por eso en 1924 se resolvió el convenio con la dicha Sociedad y el Gobierno aceptó para la mejor escogencia, tres propuestas de construcción: una de The Foundation Co., otra de Julius Berger Konsortium y otra de Ulen and Co.

Aquí cabe observar que en ese momento el Gobierno Nacional tenía a la vista tres proyectos fundamentalmente distintos sobre la misma obra: el de Haupt, de un solo tajamar (3) o dique oriental de reacción, que debía funcionar como rompeolas; el de Berger, de dos diques o tajamares encurvados y convergentes, un tajamar oriental o rompeolas y un dique de guía o tajamar occidental, y el de Black MacKeney and Stewart, de dos diques o tajamares rectos y convergentes.

Evidentemente, la disparidad de sistemas adoptados por los diversos proyectistas y la falta de estudios fehacientes que sirvieran para escoger el sistema más apropiado, hubieran debido orientar al Gobierno hacia un plan de conjunto sereno y meditado, consistente en disponer un dragado provisional, tan eficaz como fuera posible, y que se adelantara conjuntamente con la más minuciosa investigación, para acumular todos los datos necesarios. Pero esto no se hizo por imprevisión y con el deseo de terminar la obra lo más pronto posible, de acuerdo con las crecientes necesidades de Barranquilla.

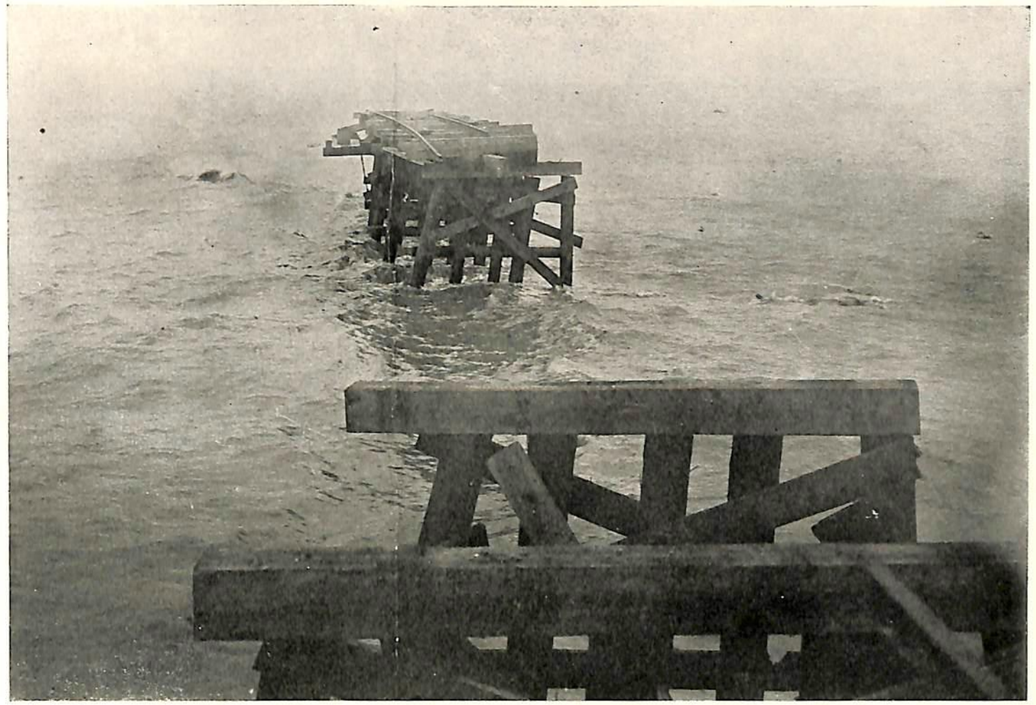
Fue así como se contrató con Ulen and Co. y se aceptaron los planes de Black, MacKeney and Stewart, fundamentados en el sistema de dos diques o tajamares rectos convergentes.

Una vez que el Ministerio de Obras Públicas celebró contrato en firme con la Casa constructora que acabamos de mencionar, contrato que no es el caso examinar aquí, aun cuando mereció serios reparos, el Consejo de Estado, entidad que debía darle su aprobación final, se dirigió a la Sociedad Colombiana de Ingenieros en solicitud de alguna opinión técnica al respecto, para fundamentar en ella su decisión.

Fue así como este asunto de Bocas de Ceniza llegó oficialmente al conocimiento del Cuerpo consultivo del Gobiereno en materias técnicas de ingeniería, y cómo nosotros intervenimos en él con el carácter de comisionados de la Sociedad para rendir un concepto. Tal concepto, que corre publicado en los "Anales de Ingeniería" se inserta como nota al pie de la página respectiva.

Indudablemente parece que la Casa Ulen & Co., contratista para la construcción de las obras, impuso al Gobierno los planes de Black MacKeney & Stewart. Pero, a la postre, estos planes no tuvieron cumplida realización, pues durante los trabajos la firma Black MacKeney and Stewart, probablemente sugestionada por las indicaciones de Cor-

(3) Empleamos la palabra **tajamar,** chilenismo no aceptado por la Academia Española de la Lengua, y que es impropia a todas luces, por haberse usado oficialmente en Colombia tanto por contratistas como por el Gobierno.



Los llamados "tajamares" en construcción — Frecuente ocurrencia por acción de la corriente del río y el golpe de las olas.



Cantera de "Cadema" en explotación.

thell, cambió su sistema de dos diques rectos y convergentes por el de dos tajamares rectos y paralelos, sin dar ninguna razón técnica para ello.

Por este motivo el Ministerio de Obras Públicas, bajo cuya exclusiva responsabilidad se adelantaba la obra, pidió a los Contratistas la venida al país del General Black, única autoridad reconocida de la firma de los señores Black, MacKeney and Stewart. Mas este señor nunca pudo venir a examinar las cosas *in situ,* quedando así el valor técnico del proyecto sólo a cargo del Coronel Stewart, quien fue el proyectista y el constructor de entonces, por cuanto el Gobierno nombró a los señores Black, MacKeney and Stewart Interventores suyos ante los constructores Ulen and Co.

De todo esto resultó, dado que los Contratistas constructores no tenían mayor interés en adelantar estudios prolijos ni en acumular todas las informaciones técnicas necesarias, que en 1927 existían cuatro proyectos por discutir: el de un dique de reacción, el de dos diques rectos y convergentes, el de un dique rompeolas y un dique de guía y el de dos diques rectilíneos y paralelos.

Ante esta emergencia el Ministerio de Obras Públicas resolvió en el año de 1928 consultar a la American Society of Civils Engineers de Nueva York el asunto, y en vista de que ya se había gastado en la obra más de lo presupuestado por Black, MacKeney and Stewart, sin que los trabajos hubieran principiado en firme. Entonces el encargado oficiosamente y *ad honorem* de buscar los asesores que necesitaba el Gobierno, hubo de relacionarse en los Estados Unidos de Norte América con el ilustre ingeniero John R. Freeman, ex-Presidente de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles, y recomendado por ella. Por esta razón figura en los anexos a este trabajo parte de la correspondencia sostenida con el señor Freeman, experto de altísima autoridad, relacionado con Corthell, y que ya sabía de los conceptos de Haupt y tenía especial interés, desde el punto de vista técnico, en los proyectos de Bocas de Ceniza.

Por causas que no es del caso detallar en esta Memoria, la consulta que pretendía el Ministerio de Obras Públicas nunca se verificó, y así hoy estamos aún a obscuras respecto del sistema más aconsejable para la apertura de las Bocas de Ceniza, ya que no hay razón alguna para escoger entre los anteproyectos presentados.

Calificamos de *anteproyectos* los planes a que hemos venido refiriéndonos, porque todos ellos no pasan de concepciones vagas y sin fundamento, por carencia de estudios concienzudos, y porque aún no existen, según parece, los datos necesarios para juzgar con certeza.

LOS DIVERSOS PROYECTOS

Proyecto de Haupt.—En el dibujo respectivo, a continuación, que se discutió en el Segundo Congreso Científico Panamericano, aparece claramente indicado el espolón o rompeolas propuesto por Haupt, de doble curvatura y ligeramente orientado de sur a norte. Este rompeolas se apoya en el extremo de Punta Faro y tiene por principal objeto atajar las arenas arrastradas por acción de las olas y dejar en libertad a la corriente del río para labrarse un cauce apoyándose contra el dique o tajamar, que es un verdadero rompeolas dada su dirección en relación con las crestas de las olas predominantes en el lugar. Uno de los principales argumentos de su autor para recomendarlo consiste en que en la constitución de la barra predominan las arenas limpias de la playa sobre el material de acarreo arrastrado por el río. Al examinar la forma del dique oriental proyectado se ve que su extremo ligeramente cóncavo, con curvatura hacia el oeste, debe tener por objeto animar a la corriente fluvial de cierta fuerza centrífuga, que parece hacer innecesario el empleo de un dique de guía oeste, al contar con la posible acentuación de la curva occidental del río, hacia la Ciénaga de Mallorquín. Así parece indicarlo la curvatura hacia el este dada a la primera porción del rompeolas.

Naturalmente todo esto es hipotético, pues no se sabe cómo iba Haupt a defender la margen oeste del Magdalena y a lograr enderezar la corriente del río para lanzarla hacia el este, antes de llegar al tajamar. Lo que sí es claro en este proyecto es que por acción del tajamar o rompeolas se sustraía a la corriente fluvial de la acción directa de las olas marítimas y se facilitaba la entrada de los barcos a aguas tranquilas. Así parece indicarlo la dirección que asigna a los vientos predominantes.

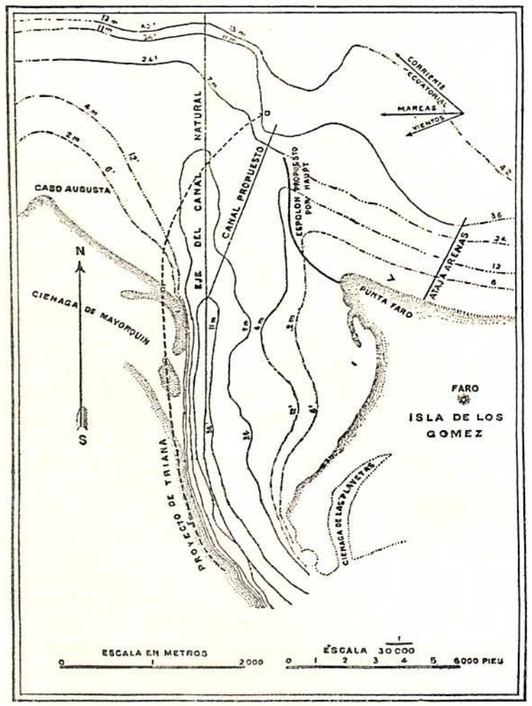
Como puede verse en la figura dicha, Haupt presume que existe cerca de la desembocadura, a la profundidad de 14 a 15 metros, una corriente *marítima ecuatorial* orientada del sureste hacia el noroeste, y que la dirección predominante del viento es del NEE al SOO. Con tal presunción y con la idea de que la corriente de marea tiene lugar del este hacia el oeste, ha colocado su tajamar en la forma indicada en la figura, para lograr un canal cuyo eje estima que debe quedar orientado ligeramente hacia el noreste.

Realmente, el proyecto de Haupt es muy discutible: talvez pueda compararse, en cuanto a valor técnico, con el del doctor Miguel Triana, que aparece indicado con línea punteada sobre el mismo dibujo y que se copia completo en la figura. Para atender a las arenas marítimas arrastradas por acción de las olas a lo largo de la playa de Punta Faro, el proyecto de Triana contempla la construcción de un muro recto, normal a la dirección de la costa, y que él llama *ataja-arenas*, colocado a distancia de la desembocadura, hacia el este.

Triana, al contrario de lo que propone Haupt, da importancia primordial al dique oeste, que prolonga hasta la curva batimétrica de máxima pro-

fundidad del canal que se desea sobre la barra. Este dique sigue la actual curvatura del río, desde el sur de la Ciénaga de Mallorquín, y acentúa esta curvatura después de la Ciénaga de Cantagallo, para inclinarse fuertemente hacia el este.

Evidentemente, tanto Triana como Haupt, elaboraron sus proyectos a base de la información de Ripley, y sin conocimiento alguno referente a las condiciones peculiares de Bocas de Ceniza. Es probable que desconocieran parte de las fuerzas naturales que allí entran en juego, por cuanto uno de ellos proyecta su rompeolas oriental sin tener en cuenta la defensa indispensable de la orilla occidental del río, y el otro se preocupa exclusivamente de esta defensa sin parar mientes en que su ataja-arenas, localizado como él lo supone, no tiene objeto alguno.



Proyectos de Lewis M. Haupt y Miguel Triana para Bocas de Ceniza. La línea punteada a rayas indica el proyecto de Triana de un dique occidental, con la adición de un ataja-arenas oriental indicado en línea continua. El espolón o rompeolas propuesto por Haupt se indica con línea continua a partir de Punta Faro.
Dibujo tomado de los Anales del Segundo Congreso Científico Panamericano reunido en Washington.

Proyecto de Berger.—Este proyecto parece el resultado de la combinación de las dos ideas precedentes, pues en él se hace uso de dos diques de doble curvatura: un rompeolas oriental y un dique de guía occidental, para encauzar la corriente del río de acuerdo con la técnica de la escuela alemana. A primera vista, este proyecto es muy razonable por cuanto con el empleo de dos diques o tajamares debidamente diseñados y orientados pretende concentrar la corriente fluvial hacia el lugar donde las acciones marítimas y del río tienden a formar la barra. Según el dibujo presentado al Ministerio de Obras Públicas en 1915, y que aparece fielmente copiado en la figura para las condiciones existentes en esa época, el tajamar occidental, o dique de guía, corta la corriente del río, que se dirigía hacia el occidente, y llega sobre la barra misma, a la profundidad media de 3m.50. Este dique de guía parte, en el proyecto, de un lugar situado sobre la margen occidental, hacia el sur de la Ciénaga de Cantagallo, y con curvatura ligeramente inclinada hacia el oeste, de sur a norte, sigue en un principio el hilo de la corriente del río, para cortar después el canal natural, que por razón de una mecánica elemental tiende a cargarse hacia el oeste. Llega así sobre la barra después de oponerse a la fuerza de la corriente, aumentando la velocidad por una reacción fácilmente explicable. El tajamar oriental, o mejor, el rompeolas del este, afecta en el dibujo de Berger una forma semejante a la del dique de reacción de Haupt, y tiene por principal objeto, según parece, el defender el canal debido a la acción erosiva de las aguas del río, de la acción marítima predominante. Esto se comprende bien en el dibujo, en donde la dirección predominante del viento, allí indicada, concuerda bastante con la de los vientos alisios propios de la región. Por eso el canal de entrada resultante de las obras en proyecto, forma un ángulo aceptable con la dirección AA de las crestas de las olas. Naturalmente este rompeolas debe prolongarse hasta la profundidad, o un poco más, del canal que se exija para la navegación. En el proyecto el rompeolas del oriente llega hasta la curva de doce metros.

Claro que la acertada dirección del eje del canal (indicado con puntos y rayas), depende de la correcta interpretación de las fuerzas naturales en acción, pues, como lo veremos luégo, los proyectistas de la Berger asignaron al *drift* (4) tal como ellos lo explican, una labor en desacuerdo con la realidad. Talvez al designar con el nombre de *monzones* a los vientos reinantes en Bocas de Ceniza, pretendieron desconcertar a los lectores ilustrados y que conocen muy bien el mecanismo de variación de los *alisios* en la región de calmas de la zona tropical atlántica. O más bien pensaron que negando la existencia de corrientes marítimas podían atribuír al fenómeno del *drift* la responsabilidad principal en el acarreo de las arenas marítimas, independizando las cosas, hasta cierto punto, de la dirección del movimiento de las olas. En todo caso la Sociedad de Construcción de Julius Berger razona, aunque defectuosamente, al idear sus diques o tajamares, en tanto que Black, MacKeney and Stewart respaldan sus puntos de vista

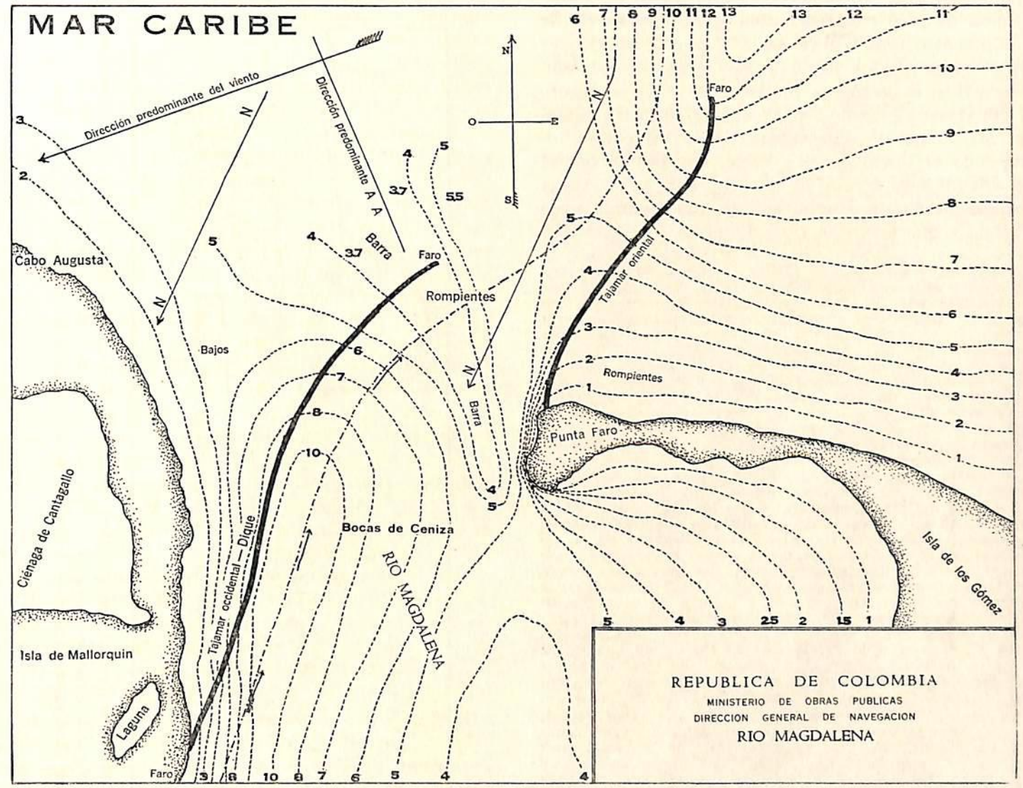
(4) No hemos encontrado en español una palabra apropiada para traducir esta designación inglesa consagrada por la técnica.

únicamente en el empirismo y en un concepto de autoridad inaceptable y por demás, absurdo.

Con independencia de criterio podemos juzgar que el estrechamiento gradual de la corriente fluvial con la prolongación paulatina del dique oeste de guía, en los tanteos para acertar con una distancia crítica conveniente, es algo más razonable que la adopción de una separación definitiva entre los tajamares rectilíneos y paralelos del sistema de Black, MacKeney and Stewart. Además parece que los proyectistas de Berger supieron entender mejor los datos suministrados por Haupt que los ingenieros de la Casa que llevó la responsabilidad absoluta en la construcción de las obras de Bocas de Ceniza.

Proyecto de Black, MacKeney and Stewart.—De este proyecto, tal como se presentó al Gobierno cuando se hizo el contrato con Ulen and Co., no es posible suministrar dibujo definitivo, pues parece que el Coronel Stewart, único ingeniero responsable de los proyectistas, nunca tuvo idea fija de lo que se proponía construír. Por eso nos vemos obligados a referirnos en detalle a la Memoria que sirvió de base al contrato con los señores Ulen and Co., quienes pensaron que los estudios indispensables para condenar los sistemas de Haupt y de Berger y para adoptar su propio sistema, podían realizarse en el curso de los trabajos.

Así, pues, analizamos con cuidado la dicha Memoria, que aparece transcrita al pie, como nota informativa irreemplazable (5) y que sustituye con ventaja a los muchos dibujos de tanteo presenta-



INSTALACIONES DE ENTRADA DE LAS BOCAS DE CENIZA.—*Levantado y dibujado por la Casa de construcción Julius Berger, Sociedad Anónima.*—1914-1915. Olten (Schweiz)—Moryndetous-Hostzky.

Dirección predominante A A = Dirección de la cresta de las olas. N N = Dirección de entrada al canal navegable. Sondeos en metros. Tajamar occidental = Dique de guía. Tajamar oriental = Rompeolas.

MEMORIA DE BLACK MACKENEY AND STEWART SOBRE BOCAS DE CENIZA (5)

El Río Magdalena. — El río Magdalena tiene su cabecera cerca del confín meridional de Colombia, donde se unen la Cordillera Oriental y la Central, latitud 2° N. y corre en dirección norte entre ambas cordilleras hasta desembocar en el Mar Caribe a los 11°5 latitud N. Tiene numerosos tributarios entre los cuales el principal es el Cauca, que también nace muy cerca del Magdalena. El Cauca corre igualmente hacia el norte entre la Cordillera Central y la Occidental, desembocando en el Magdalena a 200 millas (322 kilómetros) del mar. El declive total del Magdalena es de cerca de 14.000 pies (4.270 metros), principalmente en las cabeceras del río. En las condiciones en que se encuentra es navegable en la época de la seca desde la boca hasta cerca de Honda, 561 millas (903 kilómetros) donde los rabiones impiden la navegación por 20 millas (32 kilómetros), siendo más allá posible la navegación en

dos en diversas épocas por Black, MacKeney and Stewart, para acomodarse, cada vez más, a las condiciones topográficas del lugar, en persecución de una economía máxima sin preocupación alguna por la naturaleza de los resultados.

Para un lector imparcial la Memoria inicial de Black, MacKeney and Stewart es un simple concepto, vago y deficiente, que encierra apreciaciones absurdas y que parece escrito para la información de la prensa periódica y no para servir de fundamento a una obra seria y muy costosa.

Principian estos señores por una descripción geográfica y geológica lamentable e inconducente al fin de sus estudios, para entrar luego en materia afirmando lo siguiente: 1º Que los caños, incluyendo el brazo de Río Viejo, que comunican el río Magdalena hacia el oriente con la Ciénaga Grande de Santa Marta, se han ido cegando poco a poco, y que *sólo uno tiene hoy una corriente digna de nota durante las épocas de las crecientes;* 2º Que la variación de la marea en la desembocadura del río no excede de 0.61 m. y que en la pleamar no hay reflujo en el río, existiendo en la estación seca una corriente inferior de agua salada que hace salobres las aguas frente a Barranquilla; 3º Que de mayo a octubre las fuertes lluvias del interior se manifiestan en un ascenso de las aguas del río y que los vientos locales son ligeros y de

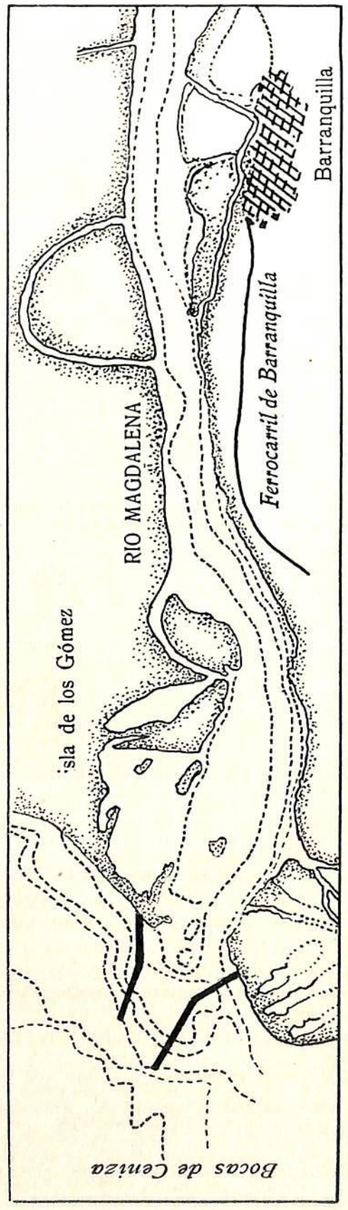
la época de la seca por 93 millas (150 kilómetros), y por 100 millas más (161 kilómetros) en la época de las crecientes. El Cauca es también navegable por un gran trecho. Como ambos ríos desaguan en todo su curso la parte central de Colombia, tienen los dos unidos, cerca de la boca del Magdalena, un desagüe grande y casi uniforme de cerca de 281.000 pies cúbicos (7.957 metros cúbicos) por segundo como mínimo, subiendo con la creciente como máximo cerca de tres veces más, y alcanzando cerca de Barranquilla en la seca una velocidad de cerca de 3.3 pies (1 metro) por segundo, que llega hasta 10 pies (3 metros) en la creciente. Las aguas del río son manchadas debido al sedimento que arrastran, y en la época de las avenidas o crecientes manchan las aguas del mar a su desembocadura por una distancia de 15 a 20 millas.

La Boca del río Magdalena. — De los mapas disponibles es evidente que después de los últimos cambios sísmicos ocurridos en las capas terrestres, el río desagua en la bahía que se extiende por la costa desde la margen occidental que hoy tiene al este hasta los cerros de Santa Marta, en una distancia de 34 millas (54.71 kilómetros) y desde la costa interior por una distancia de cerca de 40 millas (64.37 kilómetros). Antes de ocurrir dicha perturbación, parece que la bahía se extendía mucho más al oeste, como lo demuestra la existencia del canal que hay desde Calamar, al oeste, hasta el mar al sur de Cartagena. En este canal la corriente puede ser del este o del oeste, según las condiciones del río y de la lluvia en occidente.

La bahía, que se encuentra al oriente del canal actual, ha sido llenada gradualmente por un delta a cuya formación ha contribuído la arena arrastrada de la costa, pues los mapas antiguos examinados traen varias bocas por entre islas. Estas bocas, al este, se han ido cegando gradualmente y sólo una tiene hoy una corriente digna de nota durante las épocas de las crecientes, pues las otras están completamente cerradas. El delta está formado por terrenos cubiertos de yerba que apenas se alzan sobre el nivel en la época de las secas en el río, rodeados de manglares que se extienden por los canales. El sedimento que hoy llega hasta la boca del río, procedente de arriba y del desgaste de los bancos que están cerca de la desembocadura, se deposita principalmente en la barra fuera de la línea de la costa, en forma de arena y fango.

Mareas y crecientes. — La variación de la marea en la desembocadura del río no excede de 2 pies (0.61 metros). En la pleamar no hay reflujo en el río, pero en ocasiones, durante la estación seca, parece existir una corriente inferior de agua salada que hace salobres las aguas frente a Barranquilla. De mayo a octubre dura la época de la subida de las aguas y en este período las fuertes lluvias del interior se manifiestan cerca de la desembocadura por el rápido ascenso de las aguas, de 1 a 3 pies (0.3048 a 0.9144 metros), que dura desde pocas horas hasta varios días. La bajada de las aguas se verifica de noviembre a abril. De mayo a octubre los vientos reinantes son ligeros y su dirección puede ser variable. Los cambios en la posición y profundidad de la barra del canal, según se dice, son más variables durante las épocas de más agua en el río que en el descenso de éste, a causa de la gran cantidad de sedimento que arrastra.

Corriente de la Costa. — En toda la costa existe una corriente que va de este a oeste. Debido a la influencia



Hidrographic Map of the Bocas de Ceniza and the Magdalena River from the mouth to above Barranquilla. Showing proposed location of jetties, protection and control works for the purpose of developing and maintaining a navigable channel for 30 foot-draft vessels from the sea to Barranquilla. (Report and proyect by Black, Mackeney and Stewart. Engineers. Washington. D. C.). — Copiert aus Bulletin of the Pan American Union. April 1923.

dirección variable, y 4º Que *los cambios en posición y profundidad de la barra del canal son más variables durante las épocas de más agua en el río que en el descenso de éste, a causa de la gran cantidad de sedimento que arrastra.*

Sobre estos hechos fundamentales, de cuya veracidad no podemos dudar, por cuanto se trata de observaciones generales verificadas por todo el mundo, volveremos posteriormente cuando intentemos estudiar a fondo la influencia de las múltiples fuerzas naturales que actúan en la formación de la barra. Por ahora nos limitamos a copiar textualmente lo que sigue: *"En toda la costa existe una corriente que va de este a oeste.* Debido a la influencia de los vientos del nordeste las olas del mar llegan a la playa en dirección oblicua, siendo por lo general de noroeste a sudeste la de su copete. Esta acción de las olas y de la corriente de la costa produce un movimiento de la arena de la playa de este a oeste, que viene a formar una angosta playa arenosa en la parte de afuera de los manglares, con brazos y ganchos que se extienden del este en todas las aperturas de la costa como es de costumbre en playas formadas de esa manera.

Entrada del río. — El Magdalena tiene una profundidad de 66 pies (20 metros) frente a Barranquilla, a 7½ millas (12 kilómetros) de distancia de la Boca de Ceniza. Más abajo de Barranquilla, el canal corre inmediato a la orilla occidental del río, alcanzando más de 36 pies (11 metros) de profundidad a una distancia de 1.017 pies (310 metros) fuera de la línea de la costa. La distancia entre la profundidad de 36 pies (11 metros) de uno a otro lado de la barra es de 5.528 pies (1.685 metros) y entre la profundidad de 33 pies (10 metros) dentro y fuera de la barra es de 3.888 pies (1.185 metros). La Boca de Ceniza es hoy prácticamente la única entrada del Magdalena, y su barra es una estructura formada como un delta unido a otro producido por las corrientes y las olas del mar. Desde un punto al este de la boca, la cresta del delta se extiende al norte y al oeste por una distancia de cerca de 110° en un arco de círculo de 1.24 millas (2 kilómetros) de radio, y allí termina en un bajo de cerca de 3.281 pies (1.000 metros) de ancho, que se ha formado a lo largo de la playa, al oeste de la boca, por 9 millas (14.5 kilómetros) y se extiende hasta la ensenada de Sabanilla. La cresta de la barra está a una profundidad de 10.5 a 11.8 pies (3.2 a 3.6 metros) y se halla cruzada por dos canales, como de 13 pies (4 metros) de profundidad, cada uno. La barra propiamente dicha está compuesta en su mayor parte de arena de grano menudo, pero que contiene más fango que la arena de la playa. Dentro de la boca del río el sedimento del fondo es de esa misma arena mezclada con masas de arcilla y de pantano de origen vegetal.

Debido a la acción de las olas sobre la barra la mayor parte de la arcilla y el fango se disuelve y mezclada con el fango del río ya incorporado en las aguas va al mar, al cual mancha a una gran distancia de la playa.

Movimiento de la entrada principal del río Magdalena.—Como acontece con otras barras de idéntica formación, de las cuales se conoce la historia, la situación del canal principal a través de la barra está sujeta a fluctuaciones periódicas. Los mapas consultados para el estudio de estos movimientos del canal en la barra del Magdalena, son los siguientes:

1787 Cartas que representan la boca del Magdalena. Mapa de la Provincia de Cartagena. Don Juan López, 1787.

1801–14 Carta de Humboldt. Mapa del río Magdalena desde la lat. 4º N. hasta la desembocadura.—De las observaciones astronómicas y barométricas de Alejandro de Humboldt, y otros datos, por E. H. Michaelis, oficial de ingenieros al servicio del Rey de Prusia, 1816.

1817 Mapa de la costa entre las longitudes 63°3 y 68°14 al oeste de Cádiz, Madrid, 1817.

1843 Mapa (esbozo) de la línea de la costa y parte del delta del río Magdalena, hecho por Jaime Brun para el Gobierno de Colombia, 1843.

1849 Carta del curso del río Magdalena.—General T. C. Mosquera, 1849.

1878 Carta del reconocimiento hecho por MM. Bellue, Latour y Joubert de Mazardy, del barco francés "La Bourdonnaise". Plano de la entrada del río Magdalena (Boca de Ceniza), 1878.

1907 Carta original. Proyecto de mejoras de la Boca de Ceniza, río Magdalena, Colombia, Sud-América. Del reconocimiento hecho por Herbert S. Ripley, Ing. civil, octubre, 1907. Proyecto de Lewis M. Haupt.

1915 Carta original de la Boca de Ceniza y el río Magdalena hasta Barranquilla. Julius Berger, 1914-1915.

1920 Carta original de la Boca de Ceniza y del río Magdalena hasta Barranquilla. Black, MacKeney and Stewart, mayo, junio, julio y noviembre, 1920.

De estos documentos los mapas más antiguos son evidentemente más o menos inexactos, pero demarcan el movimiento general con bastante exactitud para su estudio. El mapa francés de 1878 y los de los reconocimientos de 1907, 1915 y 1920 dan las fluctuaciones de los canales de la barra de la Boca de Ceniza. Entre dichas cartas, la de 1920 contiene mayores detalles acerca de la configuración de la barra en Boca de Ceniza y se puede aceptar como que representa la condición de la barra y la costa en la fecha en que se hizo el estudio. En todos los mapas aparece Barranquilla.

Tomando como base una línea de norte a sur tirada por Barranquilla, se explica la fluctuación general del canal principal del Magdalena en su desembocadura. El mapa de López levantado en 1787, muestra que para aquella fecha el río Magdalena desaguaba en el mar por cuatro bocas, una de las cuales estaba al este de Barranquilla, probablemente por el canal conocido hoy como Río Viejo, que hoy es navegable sólo por embarcaciones de muy poco calado; otra boca situada en dirección 34° al este de Barranquilla, dividida en dos canales por una isla, quizás por la Ciénaga Playitas de hoy; otra al norte, muy ancha, obstruída por bajos, al este de la situación que hoy ocupa Boca de Ceniza; y otra situada a los 25° 30′ N. O. de Barranquilla. Dicho mapa demuestra que la formación del delta había hecho grandes progresos para fines del siglo XVIII.

Los otros dos mapas de la lista, los que dan la situación en 1801 y 1817, comprueban que la formación del delta había continuado. Las dos bocas al este están prácticamente cerradas, de modo que las aguas del río caen al mar por dos canales, uno al este, Boca de Río Viejo, en dirección N. 24° E. de Barranquilla, y uno al oeste, Boca de Ceniza, situado N. 35° O. de Barranquilla. Entre ambos está la isla de Gómez.

El mapa de Brun demuestra que en 1843 la Boca de Ceniza se había movido al oeste en dirección N. 53° O. de Barranquilla. El mapa de Mosquera, de 1849, representa en general las mismas formaciones en la desembocadura, que se hallan en los mapas de 1801 y 1817. La boca de Río Viejo aparece situada al N. 36° E. de Barranquilla. Al oeste hay tres canales, Barra Nueva, N. 29° O.; Boca de Ceniza, N. 46° O. y una boca sin nombre en el Puerto de Sabanilla, probablemente el cegado Caño Piña, hoy laguna Mallorquín.

El mapa francés de 1878 no da sino la Boca de Ceniza, situada N. 17° 30′ O. de Barranquilla. El mapa de Haupt, de 1907, la sitúa para entonces N. 20° O.; el mapa de Berger, 1915, indica que para aquella fecha la entrada del canal se había movido al oeste en dirección N. 28° O. y el mapa de Black, MacKeney and Stewart indica que ese movimiento ha continuado, siendo la situación hoy N. 30° O.

Entre los años de 1787 y 1843, la entrada principal se movió 90 grados hacia el oeste, llegando a ocupar la situación N. 53° O. de Barranquilla. De 1843 a 1878 cambió la situación al este 35° 30′ llegando a ser N. 17° 30′ O.; entre 1878 y 1920 volvió otra vez al oeste 13°. En todo el período de 1787 a 1920 los mapas indican cómo se han ido formando el delta y la playa arenosa al este y oeste de Boca de Ceniza.

Las grandes fluctuaciones de la entrada principal del Magdalena, como se infiere de los distintos mapas anteriores a 1878, no son verdaderas fluctuaciones de la barra sino que representan la concentración gradual de la corriente de los diversos desagües del delta hasta llegar a Boca de Ceniza, la entrada al más directo de los distintos canales, por un delta de lenta formación. Los cambios en

gosta playa arenosa en la parte de afuera de los manglares, con brazos y ganchos que se extienden del este en todas las aperturas de la costa, como es de costumbre en las playas formadas de esta manera".

Los proyectistas de Berger Konsortium, con mejor acuerdo, niegan la existencia de tal corriente, y, como veremos luego, insisten en atribuír al *drift* únicamente el arrastre de arenas anotado por Black, MacKeney and Stewart.

Para nosotros esta discrepancia de conceptos sobre un punto fundamental ha debido ser suficiente para que el Gobierno de Colombia rechazara de plano ambos proyectos, porque ella revela ignorancia supina en cuestiones oceanográficas, cuyo conocimiento es indispensable para proyectar obras como las de Bocas de Ceniza.

Según lo demostraremos adelante, tanto Berger como Black, MacKeney and Stewart están equivocados en este punto; así sus proyectos carecen de base sólida científica, y serían errados por este solo aspecto aun cuando no se equivocaran también respecto de otras acciones naturales cuya existencia ignoran o interpretan erradamente.

Continuando el análisis somero que intentamos, se puede anotar que Black, MacKeney and Stewart afirman más adelante en su informe lo siguiente:

"La barra propiamente dicha está compuesta en su mayor parte de arena de grano menudo, pero que contiene más fango que la arena de la playa. Dentro de la boca del río el sedimento del fondo es de esa misma arena mezclada con masas de arcilla y de pantano de origen vegetal". Haupt afirma que en la barra prevalece la arena limpia de

---

la posición del canal de Boca de Ceniza son fluctuaciones normales de la barra.

El canal de la barra de Bocas de Ceniza. — El mejor canal de la barra, de que hay noticia, es el que trae el mapa de 1878, y así continuó siendo por muchos años. A la fecha de aquel reconocimiento, la mayor profundidad que se halló fue de 24.6 pies (7.5 metros) y se vio que la entrada del canal estaba exenta de la acción fuerte de las olas. Esto era de esperarse. Antes de la concentración de la corriente en dicho canal, gran porción del sedimento arrastrado por el río se había distribuído entre los otros canales del delta. A medida que estos se habían ido cegando con el depósito de dicho sedimento, el volumen que era arrastrado hasta Boca de Ceniza fue creciendo, y los depósitos aumentaron el área de la barra, fuera de la línea de la playa, en dicha boca. Mientras esta barra se iba formando hacia el mar en la forma común de media luna, la longitud de la cresta (la línea por sobre la cual las aguas pasan al mar) aumentó, la velocidad media del desagüe por encima de la cresta disminuyó, y de igual suerte se hizo menos profundo el canal. La disminución de la corriente de los canales menos importantes del delta permitió que el movimiento de la arena en dirección occidental a lo largo de la costa formara una playa continua al este y al oeste de Boca de Ceniza. Al oeste de esta boca, el volumen de este movimiento de la arena por la costa fue aumentando por el sedimento que el río traía de la barra. Debido a este movimiento se cerró Caño Piña, por donde antes pasaban los lanchones o gabarras procedentes de Sabanilla, y se formaron los extensos bajos que se extienden por la costa entre Boca de Ceniza y la Bahía de Sabanilla.

Manera de mejorar el canal de la barra. — Las obras artificiales que se hagan para concentrar la corriente del río por la barra, profundizar el canal y fijarlo, sólo requieren estar situadas de modo de obrar en armonía con las fuerzas naturales que han trabajado hacia el mismo resultado general. Y como las fuerzas naturales han de continuar haciendo su trabajo, y la arena arrastrada de la costa con el sedimento del río seguirá modificando la barra en el punto en que las corrientes se encuentran, será preciso hacer todos los años un pequeño gasto para conservar la profundidad de la entrada del canal de la barra.

Como se ha dicho, la barra de Boca de Ceniza es la resultante de dos series de fuerzas, las del río y las que trabajan fuera de la costa producidas por los vientos, las olas y las corrientes. El río lleva consigo y arrastra por el fondo gran cantidad de partículas de cieno y arena que recoge de las aguas que bajan de tierra y de la erosión o desgaste de sus propias orillas. Las olas arrastran las arenas de la margen de la playa al este de la boca del río llevándolas luégo en dirección oeste con movimiento intermitente. A esto concurre la corriente de la playa en dirección al oeste que lleva consigo las arenas que revuelven las olas al romper. En la playa la arena seca es llevada por el viento como si fuese nieve y se amontona formando dunas dondequiera que alguna obstrucción, como un árbol muerto, hace disminuír la velocidad del viento. Fuera de la boca la velocidad de la corriente del río desaparece al encontrarse con las aguas del mar y confundirse con él. Esta acción llega a su máximo cuando las aguas del río y las de la playa chocan, y la forma de la barra indica el resultado de estas fuerzas encontradas.

El estudio de los contornos interiores de la cresta de la barra demuestra que las aguas del río pasan al mar principalmente por el norte y por el oeste, mientras que más allá, del lado del este, la corriente de la playa es llevada hacia el mar por las del río y por la barra. Se forman remolinos y la corriente cambia de dirección para continuar luégo al oeste, ya fuera de las vertientes de la cresta exterior. Con excepción de cortos períodos durante la época de crecientes del río, sus aguas no se encuentran cerca de la playa interior, al este de la boca.

Proyecto que se recomienda. — El estudio de la barra y sus canales indica cuál es el plan y dirección que deben seguir las obras artificiales destinadas a concentrar y encauzar la corriente del río. Es evidente que para chocar lo menos posible con la corriente de la costa se debe dirigir la del río de modo que ambas se encuentren en un ángulo que diste tanto como sea posible de 90°. Es de igual modo evidente que se debe impedir que las aguas del río se esparzan al oeste superficialmente, y también lo es que la corriente lejana de la costa funcione como una especie de barrera a la salida de las aguas hacia el este.

La situación de los diques propuestos se ha determinado de acuerdo con estos principios. La dirección de la corriente principal que parte de la boca, como se comprobó en el reconocimiento hecho en 1920, ayuda a que se haga la mejora indicada con el menor costo. Los diques se pueden construír en aguas poco profundas, sin que sea necesario cambio alguno radical en la dirección del canal profundo. El dique occidental en su extremo de la playa funcionará sencillamente como represa para impedir la salida de las aguas hacia el oeste; su otro extremo formará un muro que encauzará la corriente. El dique oriental, en su extremo interior, ayudará a la formación de la playa al este de la boca, protegerá el canal contra la acción de las olas y las corrientes del costado del este y, con más eficacia que la barra que hoy existe, dirigirá hacia el mar el curso de la corriente de la costa. Debe recordarse, sin embargo, que si se dilata mucho la obra estas condiciones favorables pueden cambiar haciendo necesario cambiar también la posición de los diques.

Cuando se hizo el reconocimiento en 1920, las condiciones naturales eran tales que si se hubiera procedido a continuar por dragado el canal de 10 metros que hoy existe dentro de la barra, el resultado hubiera sido extraordinariamente favorable. Como antes se dijo, la distancia a lo largo de la propuesta línea del canal, entre el contorno de 10 metros dentro y fuera de la cresta de la barra, es sólo de 1.185 metros. Las materias que forman la barra se pueden deshacer fácilmente, la dirección de la corriente es favorable y el trabajo de draga debe dar por resultado el movimiento de las materias de la barra en cantidad mayor del que se haya dragado realmente. Tan pequeña es la diferencia en la marea que no hay retroceso de la corriente del río, de modo que el movimiento del fango es hacia afuera.

Como las materias que forman la barra son suaves, es económico el empleo de empalletado de broza como base en la construcción de los diques. Para esto se puede emplear con ventaja el mangle. Esta base o cimiento de empalletado debe extenderse por alguna distancia fuera de los murallones que forman los diques para prevenir el desgaste causado por las olas y las corrientes cerca de los costados de dichos diques. Estos diques se pueden construír de piedra de **pierres perdues** colocadas arriba y en los lados en piezas suficientemente grandes para resistir la presión de las olas. Esta piedra, en tamaño, calidad y cantidad suficientes, se puede conseguir a fácil distancia del trabajo. Hay que transportarla desde las canteras por riel y en gabarras, depositándola en su lugar por medio de rieles sobre pilotes construídos en la línea de los diques cuando la falta de profundidad y la acción de las olas imposibilitan el uso de botes y directamente de las gabarras cuando se pueda. La cresta o parte superior de los diques debe llegar o pasar muy poco del nivel de la marea alta. La longitud del dique oriental que se expresa es el mínimo requerido en las actuales condiciones. Es posible que haya que hacerlo más largo, pero esto sólo se puede determinar después que los diques estén construídos como se indica.

El ancho entre diques, a la entrada, está subordinado al volumen de la corriente del río y a la profundidad a que se quiera hacer el canal. Esta profundidad debe ser lo bastante para permitir el paso por la barra con toda seguridad, a las mayores embarcaciones comerciales, en todo tiempo y bajo todas condiciones de marea. Para facilitar el gobierno de los barcos, la menor profundidad del canal debe ser 3 pies (1 metro), mayor que el calado del buque. Si hay movimiento grande de olas, la profundidad se debe aumentar lo bastante para permir el cabeceo del barco. Un cuadro que ha sido formado de los datos acerca de 14.513 buques de vapor consignados en el Registro de Lloyd, para 1918 y 1919, demuestra que más del 81% del comercio del mundo se hace en buques de 25 pies (7.6 metros) de calado, o menos, y que en 1919 sólo 68 centésimos de 1% de los vapores del mundo calan más de 30 pies (9.1 metros).

Podemos añadir que aun cuando en el porvenir se construirán más barcos que tengan de 30 a 35 pies (9.1 a 10.7 metros) de calado, es de dudarse que los haya de más de 35 pies (10.7 metros), porque son muy contados los puertos del mundo que puedan recibir embarcaciones más grandes. Un canal de 35 pies (10.7 metros) de profundidad puede dar paso seguro a cuanto buque desee entrar. Esta profundidad se puede aumentar más tarde, en el caso de que el desarrollo del comercio y de la marina mercante lo exijan y permitan aumentar gastos. Cuando se haya alcanzado la profundidad de 30 pies (9.1 metros), el río podrá dar paso a la mayor parte de los buques de vapor que hay en el mundo.

Así, pues, el canal de los diques debe construírse de 35 pies (10.7 metros) de profundidad, contando con la posibilidad de que sea necesario aumentar el fondo. Para esta profundidad está determinado el ancho entre diques a la entrada.

Más abajo de la boca del Brazo de Molinares el río ha formado su canal en una sección regular que tiene una profundidad máxima de 48.6 pies (14.8 metros) con un ancho de 1.732 pies (528 metros) entre los contornos laterales de 35 pies (10.7 metros). El ancho entre las orillas es de 2.363 pies (720 metros) y la velocidad de la corriente es de cerca de 3 pies (0.9 metros) por segundo o de dos millas (3.2 kilómetros) por hora. Esto es en general la clase de canal que se necesita a la entrada del dique, pero la profundidad máxima no debe pasar de 35 pies (10.7 metros). Esto permitirá que sea mayor el ancho entre los diques a la entrada. Esta parte más ancha hará que la inclinación de los lados, hasta el fondo, sea menos fuerte que la que existe en la orilla oriental de esta sección, impidiendo que los diques sean socavados o minados.

Por estas y otras consideraciones es que el ancho de la entrada entre los ejes de los diques se ha fijado en 2.658 pies (810 metros). Este es un ancho moderado que no retendrá la corriente del río y que permitirá la conservación del canal, una vez que tenga la profundidad deseada, por la concentración de la corriente producida por la construcción de los diques con la ayuda del dragado propuesto. La velocidad de la corriente a la entrada, aun en la época de las crecientes, no será lo suficiente para impedir la navegación fácil.

Se propone construír la cresta o tope del dique oriental a la altura de 6.6 pies (2 metros) sobre el nivel de la alta marea, y el dique occidental a la de 3.3 pies (1 metro) sobre el mismo nivel. Se espera que bajo la acción compresora de las olas la altura de los diques se reduzca a 3.3 pies (1 metro). Se aminora el efecto perjudicial de la acción de las olas si se conservan bajos los diques.

Obras de la costa. — El extremo interior del dique oriental descansa en el banco de arena que está al este de la boca del río que por algunos años se ha ido alargando y anchando. Sin embargo, todavía no ofrece una base segura, que pueda resistir las fuerzas del mar y del río. Esta duna es sencillamente la extensión de la Isla de Salamanca por el extremo norte de la Isla de Gómez. Como se ha dicho, el área que se encuentra entre las tierras altas, cerca de Santa Marta y el río Magdalena, se ha venido llenando gradualmente hasta formar el delta del Magdalena, interceptado por las diversas bocas orientales de esta red. A medida que los canales de estas bocas se fueron llenando, las arenas de la costa formaron al oeste de los cerros de Santa Marta un largo banco de arena que se conoce como Isla de Salamanca, y que tiene por detrás, hacia el este, una bahía de poco fondo, llamada la Ciénaga de Santa Marta, con un brazo largo y angosto que se extiende al oeste hasta el caño que se encuentra al este de la Isla de Gómez. La boca vieja del Magdalena ha separado desde hace largo tiempo la Isla de Salamanca de la de Gómez. Ambas islas son de antigua formación y tienen su superficie de 4 a 8 pies (1.2 a 3 metros) sobre el nivel de la marea alta, tienen manglares tupidos que en el costado abrigado (al sur) alcanzan una altura de cerca de 60 pies (18 metros). Entre estos manglares hay praderas y tierras cenagosas. La boca del Río Viejo se ha cerrado y la Isla de Salamanca está unida a la costa norte de la Isla de Gómez por una lengua de tierra arenosa de una milla (1.6 kilómetros) de largo frente a la costa y cerca de 1.000 pies (305 metros) de ancho en su punto más angosto. El nivel general en este punto es de cerca de 4 pies (1.2 metros) sobre la baja marea en el costado que da al mar, pero que va disminuyendo gradualmente hasta el nivel del agua al sur. La superficie está cubierta de bancos de arena de 4 a 5 pies de alto, donde rompen las olas del mar. En tiempo de fuertes lluvias el nivel del agua al sur es más alto que el mar, y entonces se forman en esta garganta desagües accidentales que pronto se vuelven a llenar. El costado de las islas que da al mar está formado de arena marina; los costados de tierra son de arena de río mezclada con la arena del mar que el viento arrastra. El banco de arena que se extiende al oeste desde el costado marítimo de la Isla de Gómez es de igual formación. Es evidente que si la boca del Magdalena se estrechara demasiado por medio de obras artificiales, en las épocas de crecientes extraordinarias del río habría grave peligro de que se abriera un paso profundo y permanente en una o en ambas lenguas o gargantas, y que el río abandonara el canal actual que va al mar. Las dos gargantas se están formando y este proceso se debe acelerar y reforzar con obras artificiales. Se propone efectuar esto por medio de defensas o vallas para recoger y retener arena y diques de puntal o contrafuerte. Una vez hecho esto, el costado del mar se formará con la arena de la costa en movimiento y las lagunas interiores se irán llenando con los depósitos del fango del río.

Obras dentro de la boca.—Dentro de la boca, la orilla oriental del río se ha conservado bastante estable por algunos años, aunque hoy no existe el cerro del Caimán, que se menciona como punto importante de esta costa en el reconocimiento hecho por los franceses en 1878. Es posible que el desarrollo de los manglares cerca de este punto hubiera sido tomado por elevación de la tierra. Cuando se hizo el reconocimiento de 1920, la playa se había extendido por alguna distancia hacia el oeste, en forma de manglares y ciénagas. Al norte de Barranquilla ahora no se necesitan obras en la costa oriental, a no ser las necesarias para impedir el crecimiento de las bocas de varios caños, restos de los antiguos canales.

En la orilla occidental, por 4 millas (6.44 kilómetros) al norte de Barranquilla, tierra firme, que contiene capas de tierra caliza, se encuentra muy cerca. La orilla misma es baja y está formada de una capa de tierra vegetal sobre arcilla azul, que contiene estratas de cascajo o arena gruesa y está cubierta de mangles.

Más al norte el nivel de la tierra desciende a una ciénaga llena de juncos y mangles. La entrada de la Ciénaga de Mallorquín está parcialmente cerrada, obstruída por una masa de escombros arrastrados allí. Toda la orilla occidental del río, entre la Ciénaga de Mallorquín y Barranquilla, está muy socavada. Las capas de arena han sido arrastradas, dejando caer al agua la capa vegetal con sus raíces y mangles. Más allá de la entrada a la Ciénaga de Mallorquín, al oeste, hay una playa pantanosa y arenosa cubierta por los árboles que ha arrastrado el río y lo que ha arrojado en ella el mar. Cerca de la entrada, dicha Ciénaga de Mallorquín tiene la profundidad de cerca de 3 pies (1 metro) y allí es su ancho de cerca de 150 pies (46 metros), con orillas pantanosas y tierra con yerbales a intervalos. Del costado del mar se ha formado la ancha orilla de fango y arena ya de los depósitos del río, ya de la arena del mar. Cuando hay mal tiempo el mar pasa a veces por encima, hasta el canal, permaneciendo entre la playa y los pantanos al norte de la Ciénaga de Mallorquín. La formación es inestable y está sujeta a frecuentes cambios; sin embargo, si se impide que el río llegue hasta la Ciénaga de Mallorquín, la situación ofrece poco peligro para la mejora de la boca.

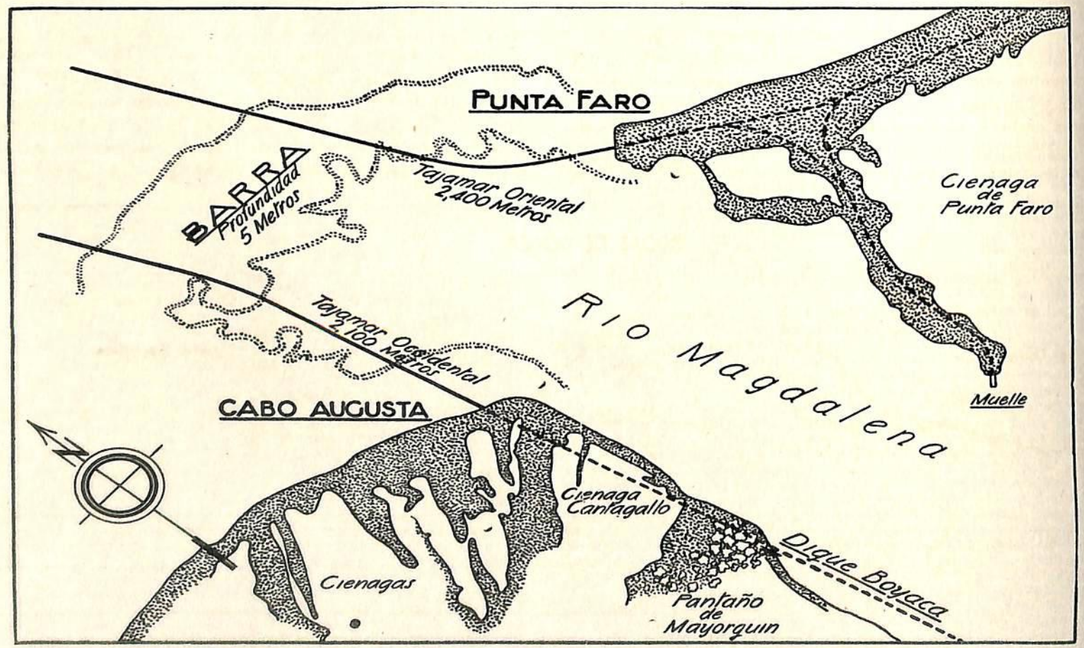
Se necesitan obras a intervalos en toda la orilla occidental desde Barranquilla hasta la boca, para impedir que la playa continúe siendo socavada y para conservar el canal en la posición en que hoy se halla. La entrada a la Ciénaga de Mallorquín se debe cerrar por medio de una represa permeable que impida la formación de una corriente y permita mayor acumulación de cieno al oeste, en las épocas de creciente.

la playa, y nosotros creemos que más cuidadosos sondeos en determinadas épocas habrán de indicar que durante las épocas lluviosas de abril a octubre, cuando el río crece y los vientos son ligeros y sin dirección fija, deben prevalecer elementos fluviales en la constitución de la barra, y que lo contrario debe ocurrir en las épocas secas, de diciembre a marzo, con la acción preponderante de los vientos alisios. ¿Pero qué se puede afirmar en concreto sobre este punto, cuando se carece de los estudios más elementales al respecto?

Al seguir con el examen de la Memoria de que nos ocupamos, se encuentra el siguiente concepto: "La barra de Bocas de Ceniza es la resultante de dos series de fuerzas, las del río y las que trabajan fuera de la costa, producidas por los vientos, las olas y las corrientes. El río lleva consigo y arrastra por el fondo gran cantidad de partículas de cieno y arena que recoge de las aguas que bajan de tierra y de la erosión o desgaste de sus propias orillas. Las olas arrastran las arenas de la margen de la playa al este de la boca del río, llevándolas luego en dirección oeste con movimiento intermitente. A esto concurre la corriente de la playa en dirección al oeste que lleva consigo las arenas que revuelven las olas al romper. En la playa la arena seca es llevada por el viento como si fuese nieve y se amontona formando dunas dondequiera que alguna obstrucción hace disminuír la velocidad del viento".

Confusas y pueriles parecen las anteriores observaciones, que no corresponden a ningún estudio serio sobre el particular, pues la llamada *corriente de playa* es sencillamente el *drift* que explica la Casa Berger de modo elemental, como veremos después, y no se hace cálculo alguno en ellas referente a la cantidad apreciable de arena marítima arrastrada sobre el río durante la predominancia de los alisios. En este punto cabe observar que tanto Berger como Black, MacKeney and Stewart, ignoran completamente la existencia del banco "Historian", localizado por los señores Bellue, Latour y Joubert de Mazardy en 1878. Este banco situado a siete kilómetros al norte de Bocas de Ceniza, constituye un peligro para la navegación y con su presencia está demostrando lo absurdo de suponer corriente marítima alguna que pase cerca de la costa a lo largo de la Isla de Salamanca y de la boca del Magdalena, en dirección a Puerto Colombia. Al tratar de la corriente del Golfo (Gulf Stream), desviada en parte por reacción de la costa de América Central, estudiaremos en detalle este asunto.

Hemos calificado de confusas y pueriles estas observaciones de Black, MacKeney and Stewart, porque se ve por ellas que sus autores confunden el movimiento de traslación de las olas de movimiento orbitario elíptico, con el de zig-zag, atribuíble al *drift* sobre la propia línea de separación de la playa y el mar, o línea de *rompientes,* y hablan de movimiento *intermitente de las olas* al calificarlo de corriente marítima, sin caer en cuenta que las olas oscilatorias rítmicas se convierten en olas de translación cuando la profundidad *relativa*



Uno de los muchos proyectos de Black, Mackeneyand Stewart para la apertura de Bocas de Ceniza.

del fondo da lugar a ello. Al tratar de las olas en Bocas de Ceniza, pondremos muy en claro este asunto.

En la Memoria que estamos criticando se dice en otra parte: "El estudio de la barra y sus canales indica cuál es el plan y dirección que deben seguir las obras artificiales destinadas a concentrar y encauzar la corriente del río. *Es evidente que para chocar lo menos posible con la corriente de la costa se debe dirigir la del río de modo que ambas se encuentren en un ángulo que diste tanto como sea posible, de 90°".* Según veremos al estudiar las *reglas de Corthell,* autoridad a que se han ceñido con fe ciega los señores Black, MacKeney and Stewart, Corthell recomienda precisamente lo contrario.

Además de lo anterior, conviene hacer notar que en un dibujo (carta Nº 1) que contiene algunas medidas de velocidades, elaborado por los ingenieros interventores Black, MacKeney and Stewart, en el curso de los trabajos, en noviembre de 1926, figura su famosa corriente de *este* a *oeste,* indicada precisamente en sentido contrario, es decir, del *oeste* al *este.*

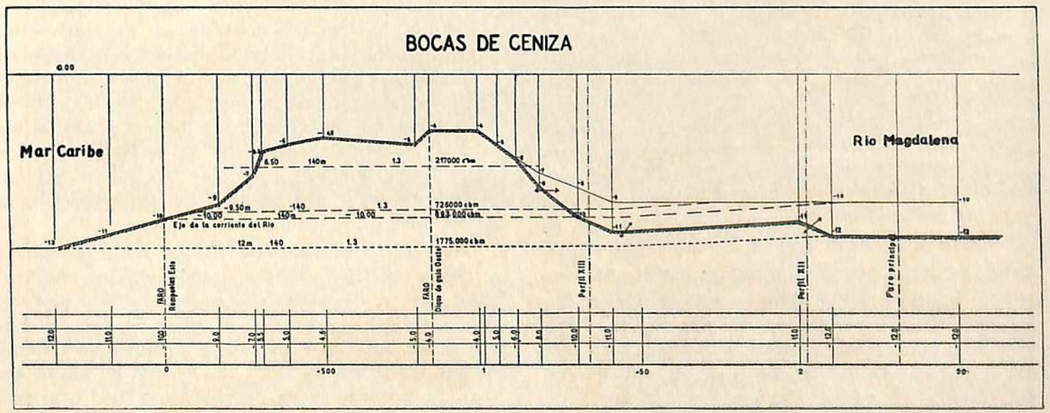
Ciertamente, tantas contradicciones indicadoras de una ignorancia total respecto de lo que ocurre en Bocas de Ceniza, debieran cohibirnos para seguir adelante en el estudio del proyecto que sirvió de base para ejecutar las obras que tan pobre resultado han dado; pero como es preciso dejar una descripción tan completa como sea posible de los diversos proyectos que tuvo a su consideración la Sociedad Colombiana de Ingenieros cuando rendimos el informe que aparece en la nota respectiva, seguimos adelante en este penoso análisis.

Para determinar el ancho entre tajamares, o sea su separación, los señores proyectistas impuestos por Ulen and Co., se atuvieron a una de las reglas de Corthell, y así dijeron: "Más abajo de la boca del Brazo de Molinares, el río ha formado su canal en una sección regular que tiene una profundidad máxima de 14.8 metros, con un ancho de 528 metros entre los contornos laterales de 10.7 metros. El ancho entre las orillas es de 720 metros y la velocidad de la corriente es de cerca de 90 centímetros por segundo. Este es en general la clase de canal que se necesita a la entrada de los diques, pero la profundidad máxima no debe pasar de 10.7 metros. Esto permitirá que sea mayor el ancho entre los diques (tajamares) a la entrada. Esta parte más ancha hará que la inclinación de los lados, hasta el fondo, sea menos fuerte que la que existe en la orilla oriental de esta sección, impidiendo que los diques sean socavados o minados. Por estas y otras consideraciones es que el ancho de la entrada entre los ejes de los diques se ha fijado en 810 metros. Este es un ancho moderado que no retendrá la corriente del río y que permitirá la conservación del canal, una vez que tenga la profundidad deseada, por la concentración de la corriente..."

Como se desprende de la muy confusa exposición anterior, Black, MacKeney and Stewart pensaron en dos diques o tajamares rectos y convergentes (así también lo indican sus primeros planos), y luego para conformarse a otra regla de Corthell, cuya existencia indudablemente desconocían, se apresuraron a hacerlos paralelos. Pero esto sin variar la distancia adoptada de 810 metros. ¡Qué disparate!

En alguna parte de la correspondencia de Mr. John R. Freeman, que transcribimos en el Apéndice, se lee lo siguiente:

"La limitada información así obtenida suscita una duda en mi espíritu y pienso si los tajamares en construcción en la boca del río se han proyectado según líneas que prometan sean ellos tan efectivos como deben serlo. Por ejemplo, tomando el gasto del bajo Magdalena, medido en varios lugares y condiciones, como aparece en la Memoria de Berger, *pienso si la distancia de cerca de 3.000 pies entre los tajamares rectilíneos y paralelos*



Perfil típico de la barra en Bocas de Ceniza, según los proyectistas Julius Berger Konsortium. Datos probables de Lewis H. Haupt.

que se proyectan en el mar desde sus actuales terminales, no es demasiado grande como para obtener la concentración que se requiere para impedir la mezcla de agua salada con los sedimentos acarreados por el agua dulce que se habrán de depositar formando la barra".

"No pretendo juzgar las cosas con la escasa información que tengo; solamente quiero indicar que en proporción al volumen o gasto en aguas bajas, *la distancia y el área entre los tajamares que figuran en el plano que Ud. me ha entregado, parecen violar las reglas establecidas por Mr. Eads y su principal ayudante, el finado E. L. Corthell,* quien tuvo éxito en Tampico y en el Paso Sur del Mississippi. Mi opinión, en ausencia de una información definida, es que *el problema de la barra en el Magdalena requiere extensos estudios referentes a las corrientes marítimas, al arrastre de arenas y a la precipitación de lodo* semejantes a los que vi se desarrollaban en el pasado estío, en la ribera y en el laboratorio hidráulico de la Marina alemana, en Wilhelmshafen".

"...Pienso que probablemente los resultados más económicos y permanentes se obtendrían allí (en Bocas de Ceniza) *con una distancia entre tajamares escasamente la tercera parte de la mostrada en esos planos,* que algunas de las otras salidas o comunicaciones con el mar necesitan cerrarse parcialmente con diques permeables semejantes a los obtenidos por el sistema de los Hermanos Woods (Woods Brothers Retards) y que en las crecientes del río se puede conseguir un alivio del gasto excesivo mediante diques y bancos sumergidos". (Carta de julio 26 de 1928, dirigida al ingeniero H. Case Wilcox).

Pero lo más admirable en el proceso de vaguedades y tanteos que condujo a los señores Black, MacKeney and Stewart a sus planes definitivos, es que habiendo ellos fijado la distancia entre tajamares en 810 metros, con aprobación del Gobierno, según consta en los contratos respectivos, la elevaron luego posteriormente a 900 metros, sin dar ninguna explicación al respecto. ¿Qué pensar, en vista de esto, de quienes en nombre del Gobierno de Colombia aceptaron tan arbitrarios procedimientos?

Para justificar la separación de los tajamares proyectados, de 810 metros, los señores Interventores y proyectistas, a la vez, Black, MacKeney and Stewart, dicen en la parte final de su Memoria: "Es evidente que si la boca del Magdalena se estrechara demasiado por medio de obras artificiales, en las épocas de crecientes extraordinarias del río habría grave peligro de que se abriera un paso profundo y permanente en una o en ambas lenguas o gargantas y que el río abandonara el canal actual que va al mar. Las dos gargantas se están formando y este proceso se debe acelerar y reforzar con obras artificiales. Se propone efectuar esto por medio de defensas o vallas para recoger y retener arena y diques de puntal o contrafuerte. Una vez hecho esto el costado del mar formará con la arena de la costa en movimiento y las lagunas interiores se irán llenando con los depósitos del fango del río".

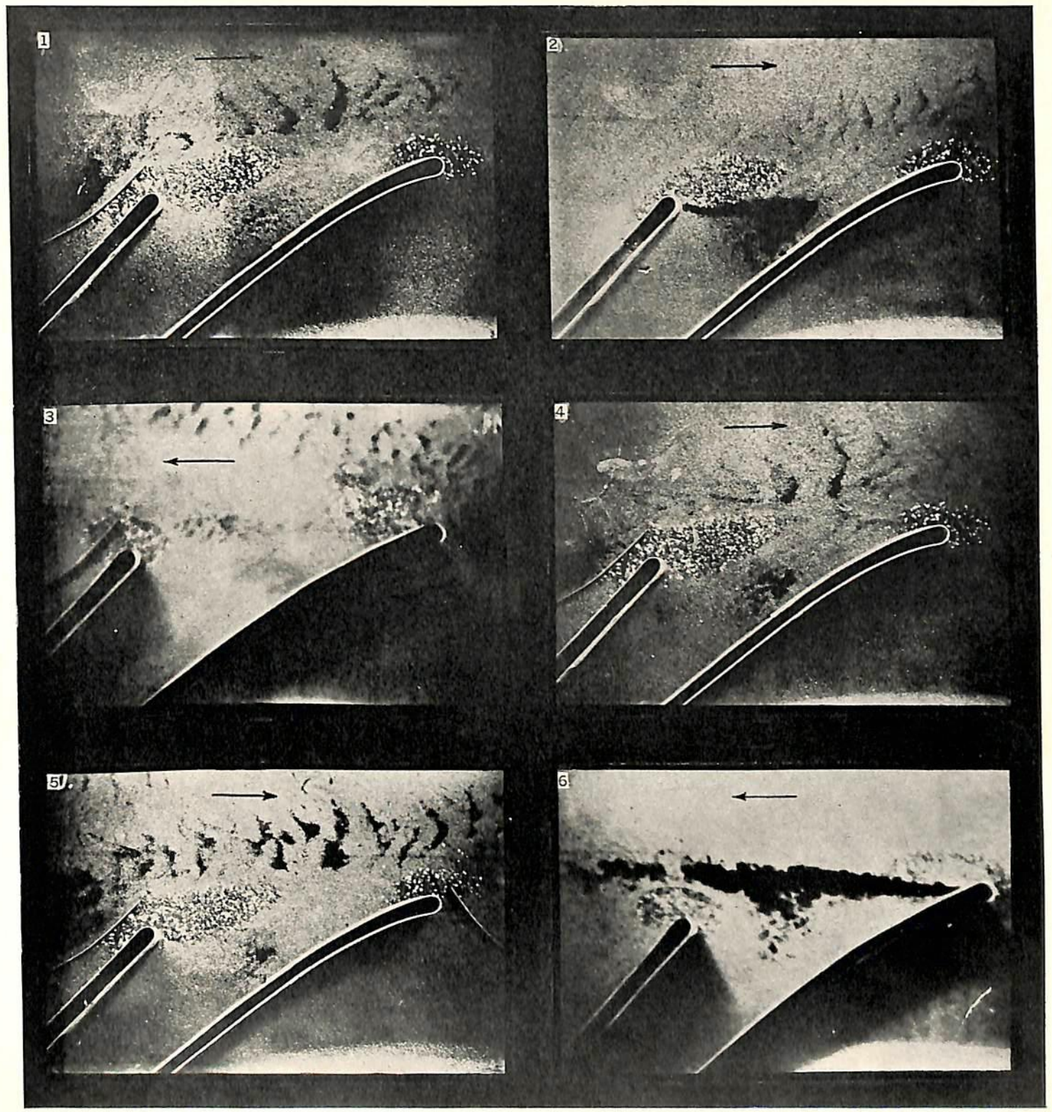
De esta palabrería un poco obscura podemos deducir nosotros que es evidente, mucho más evidente que lo apuntado por los proyectistas, que si había remedio para evitar la acción del río concentrado por las obras de los diques y tajamares y tendiente a abrirse un nuevo cauce, no se podía sacrificar por esta consideración la efectividad de dichos tajamares colocándolos a una distancia excesiva que hiciese nugatoria su influencia y permitiera la formación de la barra dentro de ellos, como lo insinúa el ingeniero Freeman.

Además dicen los señores Black, MacKeney and Stewart en otra parte: "Al norte de Barranquilla ahora no se necesitan obras en la costa oriental, a no ser las necesarias para impedir el crecimiento de las bocas de varios caños, restos de los antiguos canales". "La bahía que se encuentra al oriente del canal actual ha sido llenada gradualmente por un delta a cuya formación ha contribuído la arena arrastrada de la costa, pues los mapas antiguos examinados traen varias bocas por entre islas. Estas bocas, al este, se han ido cegando gradualmente y sólo una tiene una corriente digna de nota durante las épocas de las crecientes, pues las otras están completamente cerradas".

De la profusa descripción geográfica e histórica que hacen Black, MacKeney and Stewart se deduce que por acciones naturales, que no estudian, el río Magdalena ha tendido a abandonar paulatinamente la porción oriental del delta por él formado, entre las Bocas de Ceniza y los acantilados de la Sierra Nevada de Santa Marta, corriéndose hacia el occidente en un proceso explicado por la Mecánica. De esto se deduce también que las defensas de las márgenes del río son indispensables en la margen occidental para impedir la salida de las aguas fluviales por las Ciénagas de Mallorquín y Cantagallo, y talvez pudieran ser superfluas en la margen oriental, pues la naturaleza está ayudando a la obra propuesta y que debe ejecutarse estrechando el canal entre los diques, sobre la barra, sin la preocupación que ha embargado a los contratistas que iniciaron los trabajos y que los obligó a escoger una distancia entre estos diques de 900 metros, a todas luces excesiva.

Para cerrar este examen del proyecto ejecutado en parte por Ulen and Co., conviene dejar constancia de que el Dique Boyacá correspondió a una necesidad evidente y que con él se ha logrado encauzar el río hacia el occidente y evitar todo peligro de que las aguas fluviales abandonen su cauce actual. No todo, pues, es censurable en lo hecho por la Casa constructora y proyectado por los Ingenieros Interventores.

EJEMPLO DE EXPERIMENTACION EN UN LABORATORIO HIDRAULICO



CANAL DE KIEL—Experimentos con diversos modelos de tajamares de Brunsbüttel—(Influencia de la marea)

1—**Influencia del reflujo de la marea** (Con un dique de guía oriental). Duración del ensayo: 20 minutos. Cisco de carbón aplicado: 0.61—Depósitos insignificantes dentro de los tajamares.

2—**Influencia del reflujo de la marea** (Sin diques de guía). Duración del ensayo: 12 minutos. Cisco de carbón aplicado: 0.31. Cisco de carbón depositado: 0.271.

3—**Influencia del flujo de la marea** (Con dos diques de guía). Duración del ensayo: 11 minutos. Cisco de carbón aplicado: 0.61. Depósitos insignificantes dentro de los tajamares.

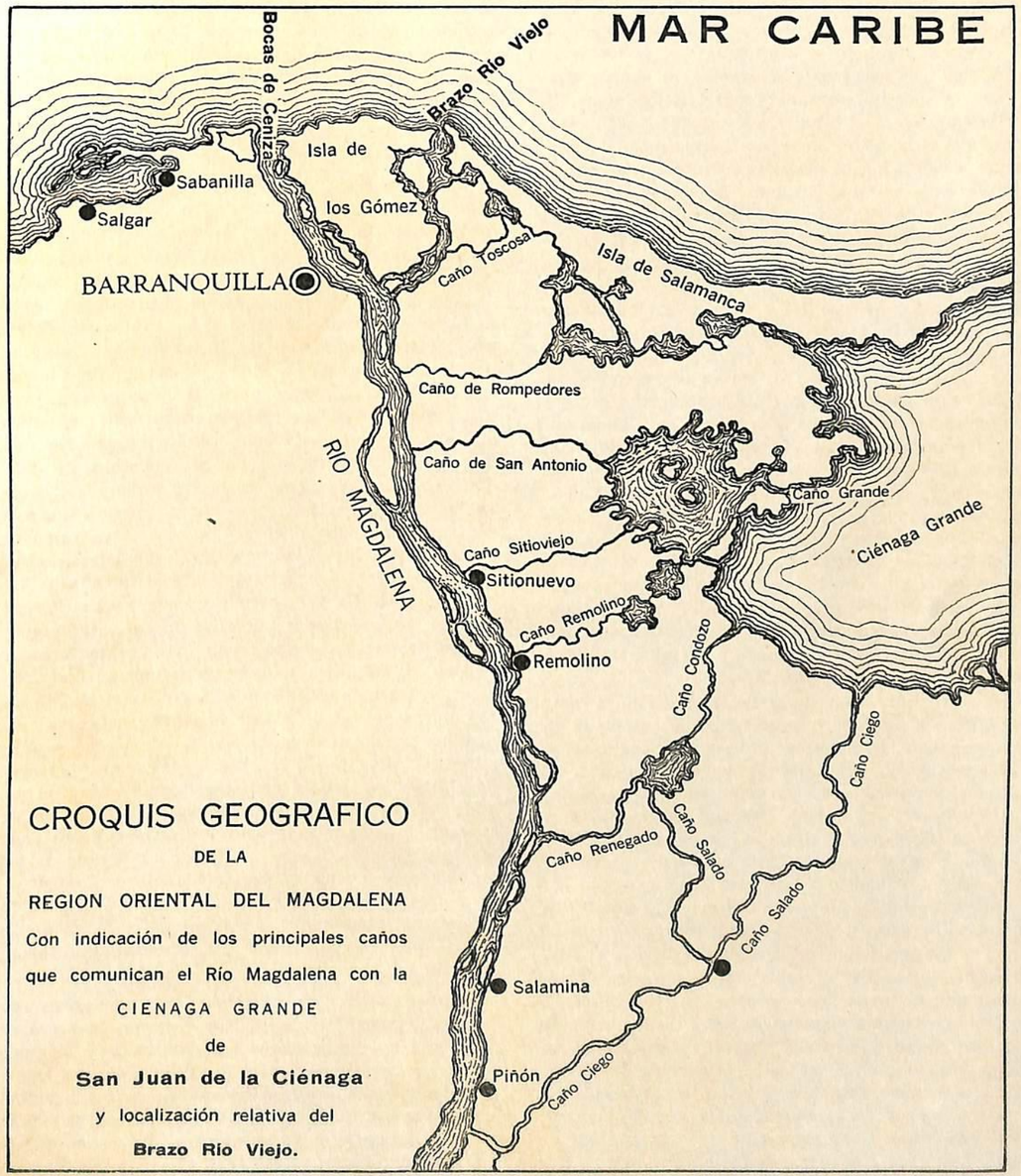
4—**Reflujo de la marea sin materias en suspensión**—Materias en suspensión después del flujo. Duración del ensayo: 5 minutos. Cisco de carbón depositado en la entrada: 0.011.

5—**Influencia del reflujo de la marea** (Con dos diques de guía). Duración del ensayo: 10 minutos. Cisco de carbón aplicado: 0.61. Depósitos insignificantes dentro de los tajamares.

6—**Influencia del flujo de la marea** (Sin dique de guía). Duración del ensayo: 20 minutos. Cisco de carbón aplicado: 0.61. Cisco de carbón depositado: 0.31.

Después de haber analizado brevemente los diversos proyectos presentados al Ministerio de Obras Públicas para la apertura de las Bocas de Ceniza, es conveniente estudiar a fondo las reglas dictadas por el ingeniero norteamericano Elmer L. Corthell sobre esta materia de regularización de ríos, por ser ellas las que aparecen seguidas por Black, MacKeney and Stewart, por lo menos en parte.

En un trabajo presentado al Segundo Congreso Científico Panamericano, por dicho ingeniero hidráulico, con el título *"Contracting and regula-*



Croquis destinado al estudio de la observación de Black, MacKeney and Stewart referente a la posibilidad de desviar el Río Magdalena hacia Río Viejo y los caños de Ciénaga Grande al estrechar demasiado el canal entre los tajamares, en Bocas de Ceniza.

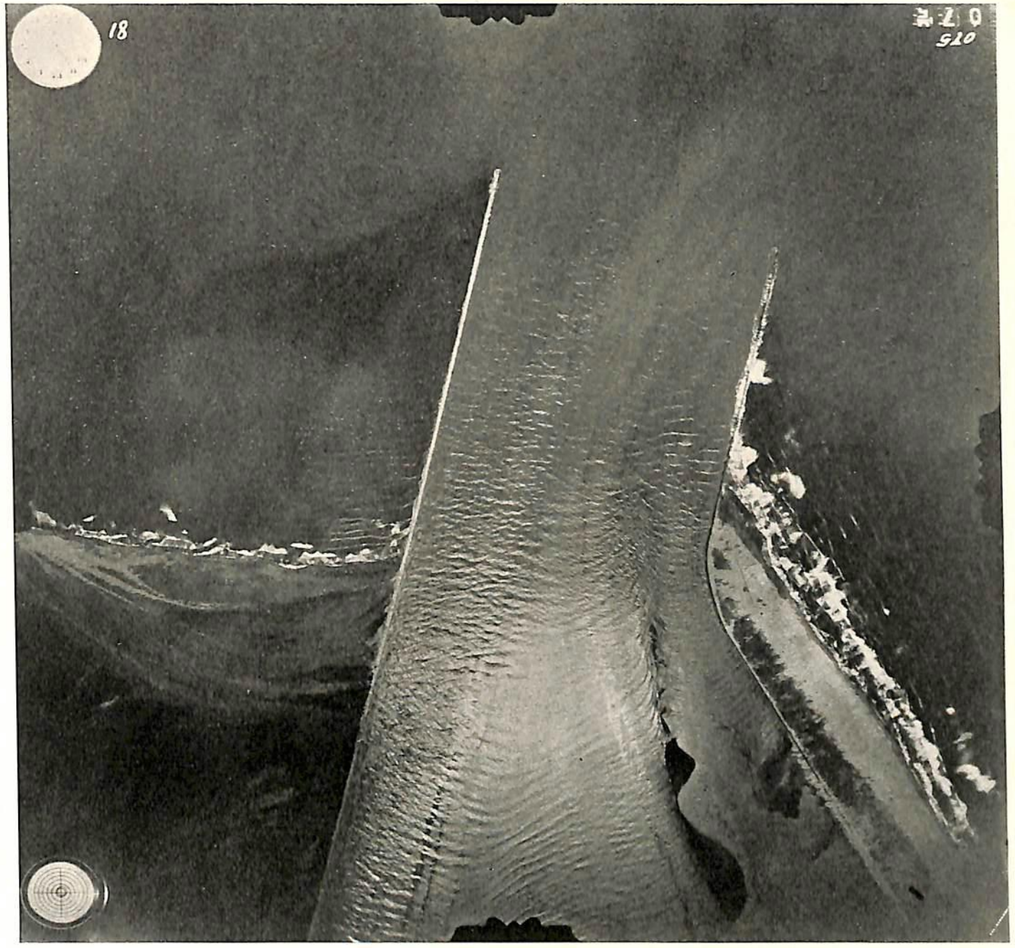
ting works at mouths of rivers" se hallan los siguientes principios:

"*Primero.* La dispersión significa bajos fondos. La concentración produce la profundidad en ellos. *Segundo.* El volumen total del río y el volumen total de las mareas deben utilizarse para establecer y mantener canales a través de las barras, ya en el mar, ya en el río y en los canales de su estuario. *Tercero.* El volumen concentrado con su consiguiente aumento de taludes y su correspondiente corriente acelerada, obtendrán lo que puedan mantener o conservar, y viceversa, no podrán conservar lo que no pueden obtener. El volumen, la inclinación de los taludes, la velocidad de la corriente y el roce del lecho son factores tan íntimamente conectados e interdependientes, que cuando uno de ellos se modifica todos los otros elementos anotados se ponen a la obra para restablecer el equilibrio y restaurar a su estado natural el elemento perturbado. En el lecho aluvial de un río este equilibrio natural es perfecto, aun las curvas de velocidad, horizontales y verticales, juntamente con la curva de la sección transversal del lecho, conservan su uniforme similaridad. Así el ingeniero no puede cambiar la forma del canal si no modifica el volumen. *Cuarto.* Hay fuerzas exteriores en todos los océanos, mares, golfos y lagos que son considerables y aun de vital importancia, para afectar el éxito de las obras: acción de las olas, corrientes variables, diversas direcciones del viento y de las corrientes litorales, variación y amplitud de las mareas y cambios de dirección y aproximación de las corrientes de marea. El fin de las obras marítimas consiste en aprovechar lo más posible las corrientes predominantes del mar. *Quinto.* Los canales se crean a través de las barras incrementando por medio de obras especiales la velocidad de las corrientes fluviales y de marea. Para profundizar un canal para la navegación es necesario remover grandes cantidades del material de la barra con el concurso de esas corrientes aceleradas: la tendencia será entonces depositar tal material adelante de las obras, empujando la barra hacia el mar. Así se imponen dos condiciones esenciales: *Primera.* Rapidez de construcción y consiguiente aceleración de la corriente fluvial para impartir cantidad de movimiento grande al volumen de agua, obteniéndose así el depósito del material de erosión y de los sedimentos dentro del mar, a pesar de las corrientes marítimas contrarias. *Segunda.* Protección de los extremos de las obras que al proyectarse dentro del mar intensifican las corrientes marítimas, como lo haría un dique contra una corriente fluvial, y tratan de socavar esas obras. A menudo las corrientes de marea acentuadas colaboran en la excavación del canal a través de la barra, entre los tajamares; por esto no se debe permitir gran expansión de agua fuera de los tajamares, pues los materiales excavados se depositarán en el río, en donde no hay la acción de las corrientes litorales para removerlos. *Sexto.* La proyección de obras adecuadas sobre la barra y el mar abierto, al aumentar la velocidad de las olas y de las corrientes litorales, es de vital importancia para la conservación de la profundidad del canal y para impedir la formación de la barra adelante de los tajamares. Pero estas corrientes durante la construcción y progreso de las obras son tan fuertes que la barra inmediatamente adelante de las obras en progreso, se socava. Así se producen profundas excavaciones adelante de los tajamares, lo que necesita aumento considerable del material empleado en su construcción. Por eso es aconsejable la protección por medio de colchones de rama y piedra suelta".

Sobre los anteriores principios Corthell estableció las reglas siguientes:

"*Primera.* Debe haber dos tajamares paralelos (obras de dirección) conectados con los extremos de la ribera, a uno y otro lado de la boca. *Segunda.* La distancia efectiva entre estos tajamares debe corresponder a la que suministren las secciones del río en el trayecto donde naturalmente exista el mejor canal. *Tercera.* Los tajamares deben proyectarse dentro del mar hasta una profundidad próxima a la que debe tener el canal sobre la barra que va a obtenerse para la navegación, y en una dirección, ya sea recta o curva, que encuentre a las corrientes marítimas predominantes en un ángulo tan próximo como sea posible de 90°. *Cuarta.* Los tajamares deben construírse en toda su longitud de manera que sobresalgan en las más altas mareas, para aprovechar todo el volumen de la corriente fluvial e impedir el depósito, dentro del canal, de los materiales arrastrados por las olas. *Quinta.* Es necesario proteger contra la erosión el fondo del mar adelante de los tajamares y a medida que estos progresan, para evitar socavaciones perjudiciales a las propias obras. *Sexta.* Es condición *sine qua non,* que la construcción de los tajamares se adelante tan rápidamente como sea posible, para evitar la formación de la barra mar adentro, enfrente de las obras, tal como sucedió en el Ródano, con extracostos imprevistos y el posible fracaso definitivo. *Séptima.* En el caso de mareas de grande amplitud, suficientes como para producir fuertes corrientes de marea dentro de los tajamares, acentuadas por influencia de las obras, es necesario conservar el paralelismo de estos diques hacia el interior, tierra adentro, hasta algún lugar donde el río tenga la profundidad indicada para el canal proyectado sobre la barra".

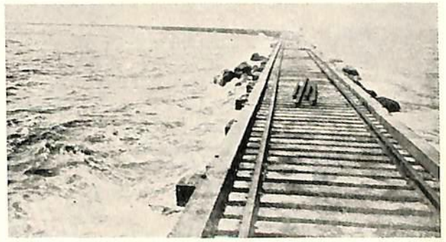
Evidentemente, en gran parte estas reglas son de simple sentido común. Por ejemplo, la sexta se impone a quienquiera que haya practicado un poco en obras marítimas y esté familiarizado con la acción socavadora de las olas cuando golpean contra un obstáculo. La quinta parece una consecuencia de la anterior y se impone por sí misma al espíritu. La cuarta no es tan clara como la quinta y la sexta, pero es incontrovertible cuando se piensa en el poder de arrastre de las olas de traslación. Por eso debe aplicarse a cualquier clase de obras, ya



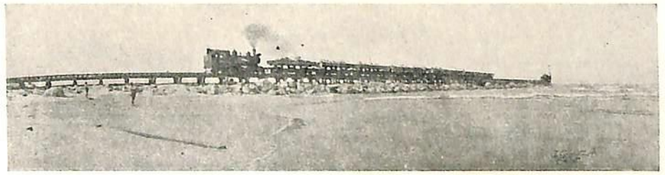
Vista aérea vertical de las obras de Bocas de Ceniza (1939) (Fotocroquis)



Bocas de Ceniza — Explanación en Punta Caimán para la linea férrea que conduce al tajamar oriental.



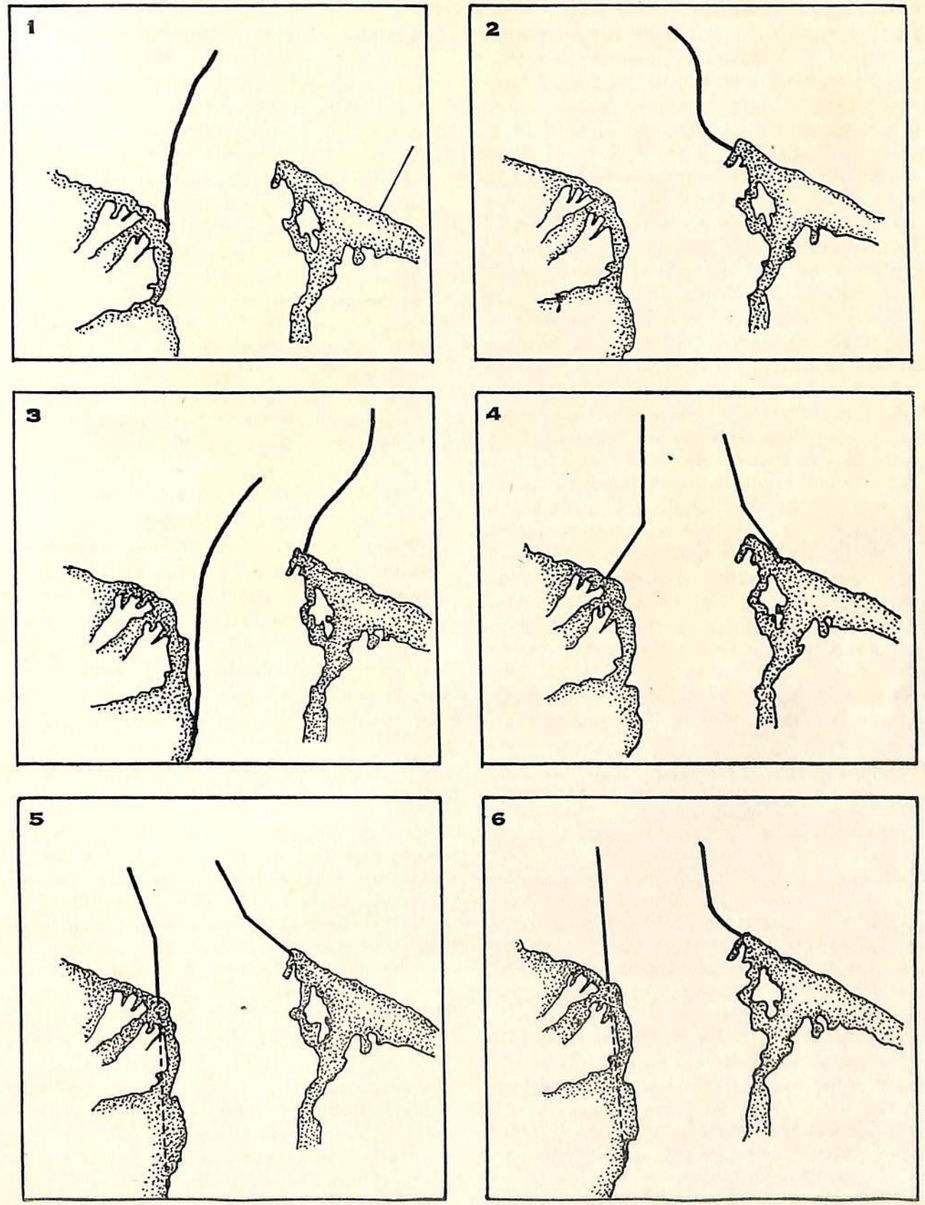
Bocas de Ceniza—Tajamar oriental en construcción



Bocas de Ceniza—Tren con piedra para el relleno de los tajamares.

se trate de tajamares, ya de simples rompeolas y escolleras.

Empero hay algunas de estas reglas que necesitan explicación y que parecen fruto del empirismo y no consecuencia de observación y análisis detenido. Así cuando se sienta el principio del paralelismo de los tajamares talvez se incurre en una generalización inaceptable por cuanto es imposible que las condiciones locales de todas las obras destinadas a luchar contra la formación de barras,



LOS LLAMADOS "PROYECTOS DE BOCAS DE CENIZA".—1. Proyecto de Triana (Dique curvo occidental y *ataja-arenas* recto oriental.—2. Proyecto de Haupt (Rompeolas oriental de doble curvatura)—3. Proyecto de Berger (Rompeolas oriental de doble curvatura y dique de guía occidental de doble curvatura). 4. Primer proyecto de Black, MacKeney and Stewart (Dos tajamares rectilíneos y convergentes con tramos rectos de empalme).—5. Segundo proyecto de Black, MacKeney and Stewart (Dos tajamares rectilíneos y paralelos con tramos rectos de empalme).—6. Tercer proyecto de Black, MacKeney and Stewart (Dos tajamares rectilíneos y paralelos, el oriental con empalme curvo).

sean enteramente las mismas. Por ejemplo, la circunstancia de mareas de gran amplitud impone soluciones completamente distintas de las que son aconsejables para desembocaduras en mares sin marea, o sea de mareas de pequeña amplitud. Lo mismo ocurre cuando se trata de desembocaduras en aguas muertas. Todo el mundo comprende que no es lo mismo actuar contra el poder destructor del oleaje que vencer simplemente la fuerza retardatriz de masas líquidas en reposo y que amortiguan la corriente de un río dando lugar a la deposición de sedimentos.

La misma observación habremos de hacer a la afirmación concreta de Corthell: "los tajamares paralelos deben encontrar a las corrientes marítimas predominantes en un ángulo tan próximo como sea posible, de 90°". Por tal motivo, sin duda, los señores Black, MacKeney and Stewart, a pesar de su veneración por las reglas clásicas y su afición a la rutina, se ven obligados a sostener precisamente lo contrario cuando dicen: "Es evidente que para chocar lo menos posible con la corriente de la costa se debe dirigir la del río de modo que ambas se encuentren en un ángulo que diste tanto como sea posible, de 90°".

Ciertamente, al analizar con detenimiento las famosas reglas de Corthell, se llega a la conclusión de que este autor, lo mismo que los proyectistas de Bocas de Ceniza, yerra en algunos de sus puntos de vista por confundir una corriente marítima con la acción de las olas de traslación engendradas por los bajos fondos cerca de la playa, como yerra la Casa Berger al tomar los desalojamientos de traslación ondulatoria por simple *beach drift*. Así es errada la siguiente afirmación de Berger: "En la costa a ambos lados de la desembocadura del río Magdalena (Bocas de Ceniza) *no existe corriente marítima alguna y el movimiento de las arenas a lo largo de dicha costa se verifica únicamente debido al movimiento que a las aguas imprime allí el viento*. Lo cual está demostrado, además, por la forma de zig-zag que toman las arenas en la costa. Siguen la línea de las olas, o sea la del viento que es oblicuo en relación a la línea de la costa, y se escurren normalmente a la misma línea de la costa, repitiéndose ese proceso, y de ahí el zig-zag. *Ese es un punto fundamental y de gran trascendencia para las obras proyectadas...*"

Los proyectistas de Berger tienen razón al afirmar que a lo largo de la costa, de la Isla de Salamanca hasta Puerto Colombia, no existe corriente marítima alguna, pero incurren en el lamentable error de atribuír el arrastre de arenas (*drift sand*) únicamente al fenómeno del *drift*, que describen acertadamente. Olvidan ellos la obra de erosión y de arrastre ejecutada por las olas en todas las costas y que constituye algo fundamental en el estudio oceanográfico de los continentes y de la conformación marítima de sus costas. Por eso creemos que tanto Black, MacKeney and Stewart como Berger ignoran lo que son las olas de traslación, y aun llegamos a pensar que el mismo Corthell estuvo en idéntica ignorancia.

Así pensamos, de acuerdo con Freeman, que la ciencia y el arte de mejorar los ríos y sus desembocaduras están aún en un período de incertidumbre (*The science and art of river improvement are in an uncertain state...*), y por este motivo nos vemos forzados a entrar en el presente estudio al análisis mecánico de ciertas cuestiones que deben ser bien conocidas por los técnicos.

ACCIONES NATURALES QUE CONCURREN A LA FORMACION DE LA BARRA EN BOCAS DE CENIZA

Para discriminar las causas que entran en juego en la formación de la barra cuya eliminación se pretende por medio de las obras proyectadas en las Bocas de Ceniza, es necesario estudiar en detalle lo siguiente: a) Acción de los vientos; b) corrientes marítimas; c) labor de las mareas; d) trabajo de las olas; e) sedimentación por causa de las aguas saladas; f) el fenómeno del *drift*, y g) régimen de la corriente fluvial del Magdalena.

Acción de los vientos.—En la región de las Bocas de Ceniza predominan los vientos alisios del norte, pero también ocurren vientos ligeros locales que soplan en todas direcciones, como sucede en la zona de calmas ecuatoriales sujeta a la acción de la corriente aérea de este a oeste. Bien conocida es la explicación que se ha dado de las estaciones lluviosas y secas en esta zona para que sea necesario repetirla aquí; por eso nos contentamos con exhibir en las figuras respectivas (Boletín Oceanográfico) las cartas de los vientos que reinan en el Océano Atlántico en los meses de enero y julio. Como puede verse por estas cartas, en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, en la costa atlántica de Colombia soplan los alisios regularmente mientras la zona de calmas se ha desalojado hacia el hemisferio austral. Esto da por resultado que tales meses sean generalmente secos en el valle del Magdalena y sus afluentes.

Durante los meses de junio, julio y agosto el sol, y por ende la zona de calmas, se encuentran en el hemisferio boreal y por ello tal época también es de verano (estación seca) en el valle dicho. Entonces, los vientos alisios del norte se han retirado de la costa atlántica colombiana y aún han sufrido un debilitamiento sensible mas hacia las regiones septentrionales del Mar Caribe.

Ahora bien, en la región central de Colombia, desde la Costa del Caribe hasta el sur del Huila, las estaciones lluviosas corresponden a los meses de abril y mayo y octubre y noviembre, que es cuando la mencionada zona de calmas pasa de uno a otro hemisferio. De manera que las crecientes probables del Magdalena ocurren en la primera época cuando los alisios han cesado en Barranqui-



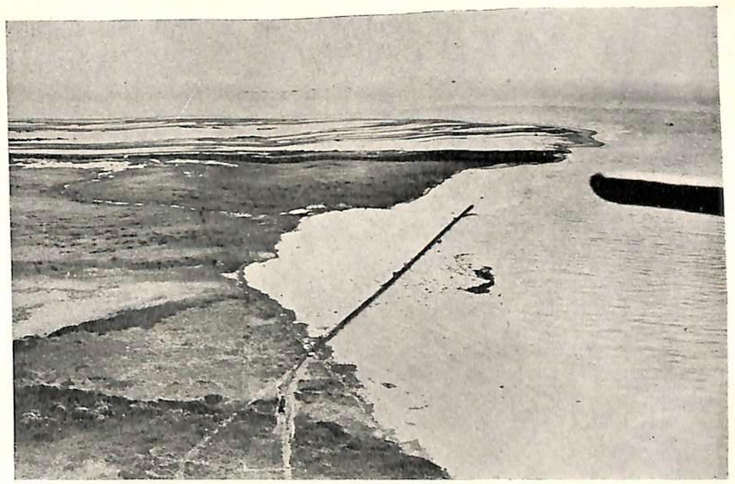
Bocas de Ceniza — Tajamar oriental en construcción



Vista aérea oblicua de Punta Caimán con el muelle de traspaso para el transporte de piedra.



Bocas de Ceniza — Trabajos de relleno en los tajamares.



Vista aérea oblicua del Dique "Boyacá" (en construcción) y de las Ciénagas de Cantagallo y Cabo Augusta.

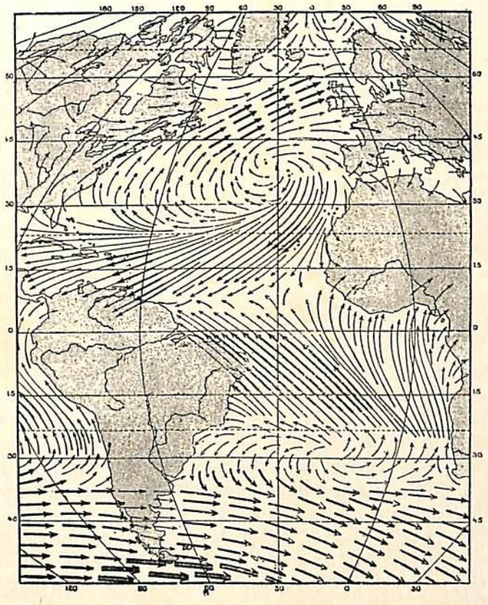


Bocas de Ceniza—Trabajos en el lado oriental para cegar la Ciénaga de Punta Faro.



ACADEMIA COLOMBIANA DE CIENCIAS BIBLIOTECA BOGOTA

lla y reinan en la costa vientos ligeros y variables en dirección, y en la segunda cuando las condiciones meteorológicas son las mismas, hasta cierto punto, en Barranquilla, en lo que respecta a los vientos. Pero aquí conviene observar que en junio, julio y agosto (a veces hasta mediados de septiembre), como prevalecen los alisios del sur en parte del interior de la República, alisios que no llegan a la Costa Atlántica, sucede que las secas del Mag-



Vientos oceánicos en el Atlántico, durante el mes de enero. (Según el "Bulletin de l'Institut Océanographique")

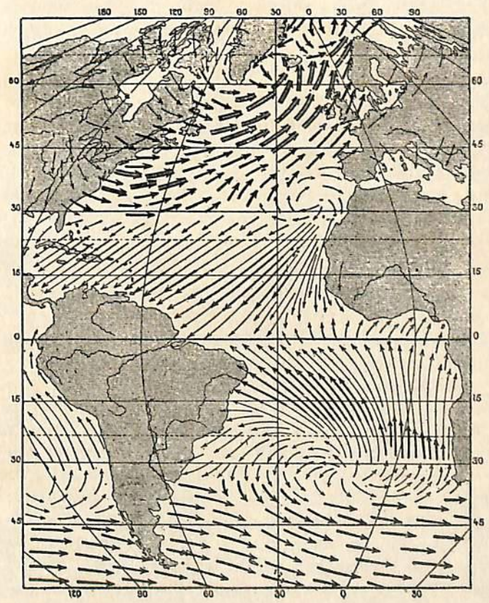
dalena corresponden en esa época a vientos variables en dirección y en intensidad en las Bocas de Ceniza.

Esto da por resultado que solamente en diciembre (fines del mes), enero, febrero y marzo concurren las circunstancias de bajo nivel del río y de predominio de los alisios boreales soplando muy constantemente y con fuerza, en una dirección que se aproxima tanto más a la de la gran corriente aérea ecuatorial de este a oeste cuanto mayor sea la separación de la llamada *zona de calmas* hacia el hemisferio austral.

No entramos aquí a dilucidar el mecanismo efectivo de los movimientos de la atmósfera en la faja del ecuador sujeta a la permanencia de la presión barométrica, tal como lo hemos hecho en nuestro estudio: "Elementos de Meteorología tropical", publicado en otros números de esta Revista, porque no sería ello conducente al problema que contemplamos. Bástenos para esto anotar que propiamente hablando, la dirección predominante de los alisios boreales en nuestra costa atlántica no es la del NE. SO., como lo afirman Black, MacKeney and Stewart, sino de ENE a OSO, y aún un cuarto más al E en ciertas circunstancias, según lo acabamos de indicar.

Aquí conviene decir que los proyectistas de Berger se aproximan más a la verdad pintando en sus planos la dirección predominante del viento en Bocas de Ceniza, y, por ende, la de las crestas de las olas, tal como se ve en la figura respectiva. Probablemente tuvieron ellos en cuenta la acción efectiva del oleaje, sin tomar en consideración un promedio referente a todos los puntos del cuadrante. Porque lo que importa en este caso es la velocidad del viento en determinada dirección, que cuando es constante imprime ella un sentido determinado al movimiento de las olas, cuya amplitud y altura depende de estos factores.

Como lo estamos diciendo, en los primeros meses del año los alisios soplan constante y fuertemente en una dirección casi invariable y así determinan un oleaje considerable en Bocas de Ceniza, en esta época, que incide muy oblicuamente sobre la costa, siendo entonces la línea de cresta de las olas (que Black, MacKeney and Stewart llaman *copete*) casi normal a esta costa, a lo largo de la Isla de Salamanca. Esto hace creer, por el hecho de que las



Vientos oceánicos en el Atlántico, durante el mes de julio (Según el "Bulletin de l'Institut Océanographique")

olas, con el bajo fondo de la playa, son olas de traslación, que existe una corriente marítima litoral de este a oeste.

Naturalmente, las brisas muy fuertes de la época a que hemos venido refiriéndonos, arrojan arena de la playa, removida especialmente por el *drift*, sobre el río, como se comprueba por las dunas que se forman en el litoral hacia el interior, y por las grandes extensiones arenosas de origen reciente

ACADEMIA COLOMBIANA DE CIENCIAS EXACTAS BIBLIOTECA BOGOTA

que cubren gran parte de la región occidental del Magdalena, hacia el oeste de Las Flores. No se sabe hasta dónde este arrastre de arena por el viento pueda influír en la formación de la barra. En todo caso conviene estudiar este punto, pues tal influencia puede no ser despreciable.

En las épocas de vientos variables, de brisas ligeras que soplan en todas direcciones, puede suceder que soplen brisas del norte y aún de que lleguen a la costa vientos oblicuos del NO que producen la ilusión de que la llamada corriente marítima litoral corre de *oeste* a *este*. Empero, como aún en tiempos de calma en Barranquilla los alisios continúan soplando más al norte, según se ve en la figura, lo más probable es que el oleaje por ellos producido llegue a Bocas de Ceniza en una dirección de crestas NNO. SSE y que así prevalezca, durante casi todo el año, la llamada *corriente marítima de este a oeste*.

También puede suceder que esporádicamente y talvez muy raramente, las corrientes exteriores de los ciclones de las Antillas, cuyo giro es de izquierda a derecha o viceversa, según se trate de centros de baja o alta presión, alcancen hasta nuestra costa atlántica para reforzar o anular los vientos predominantes, produciéndose entonces verdaderos huracanes capaces de levantar olas de fondo. Por eso hemos calificado al tajamar oriental de Bocas de Ceniza de rompeolas efectivo, que debe cumplir con el propósito de defender la navegación por el canal cuando ello ocurra, y que debe construírse con la solidez suficiente para resistir a los embates de verdaderos temporales. Claro está que todo esto es hipotético, pues no parece que existan registros meteorológicos fehacientes en la costa colombiana del Caribe.

Las corrientes marítimas.—Si no fuera por la circunstancia de que se confunde muy a menudo el movimiento de las aguas marítimas producido por el oleaje cerca de las costas con las verdaderas corrientes, no entráramos a tratar de este asunto en el presente estudio, por cuanto en Bocas de Ceniza solamente es necesario considerar, en materia de corrientes marítimas, la acción de las mareas. Pero para aclarar esta lamentable confusión conviene exponer en detalle nuestro pensamiento.

La Dinámica oceanográfica actual ha estudiado completamente las causas que en el seno de las aguas en reposo establecen un movimiento de masas líquidas de gasto constante, y que es análogo a la corriente de un río. Estas causas son, entre las principales, los movimientos de marea, la acción superficial del viento y los cambios de densidad debidos a variaciones de temperatura y salinidad. Para el objeto de nuestro estudio no consideraremos sino las dos primeras, que engendran las corrientes rotatorias (6) de marea llamadas por algunos *planetary currents*, y las corrientes debidas a la acción del viento (*wind currents*).

(6). Usamos este término para calificar a las **rotary currents** de la tecnología inglesa, porque no hemos encontrado otro más apropiado.

Antes de entrar en materia es necesario recalcar sobre el hecho fundamental de que las corrientes marítimas que constituyen, por decirlo así, la circulación oceánica, son permanentes. Y no pudiera ser de otra suerte, pues el desalojamiento de grandes masas líquidas de profundidad (las corrientes marinas no son fenómenos superficiales), presupone una velocidad definida, siempre en determinado sentido y que se debe a impulsos intermitentes o continuos, orientados constantemente también en el mismo sentido. Una corriente marítima, como ya lo hemos dicho, se asemeja a la corriente de un río cuyas orillas y fondo fueran las masas líquidas en reposo, contra las cuales roza, estableciéndose a cada instante un eqúilibrio dinámico entre el roce y el impulso recibido, habida cuenta de la inercia de las masas en movimiento.

Así vemos que al observar el desplazamiento de grandes masas por causa de la marea en mar abierto, en lugar de un movimiento en una dirección durante un período de cerca de seis horas, seguido de otro en dirección contraria por espacio de otras seis horas, que es lo que sucede en las bahías, estuarios y canales en el flujo y reflujo, ocurre una corriente definida que cambia de dirección a cada momento y que sigue, por consiguiente, una trayectoria curvilínea en el mismo sentido.

No creemos que sea del caso entrar aquí en explicaciones mecánicas bien conocidas para mostrar que una corriente rotatoria es el resultado de la interferencia de dos ondas de marea que se mueven en direcciones diferentes. Basta para nuestro intento dejar sentado que tanto las corrientes de mareas reversas como las rotatorias suponen la real traslación de masas líquidas muy considerables, cosa bien distinta del movimiento ondulatorio u oscilatorio de las olas, que, por lo demás, es enteramente superficial, como se verá después.

Al estudiar la meteorología del mar se encuentra que existen vientos oceánicos generales que tienen direcciones bien definidas. (Véanse las cartas de los vientos de la región correspondiente a la cuenca del Atlántico, expuestas atrás). Ahora bien, la acción de estos vientos, más o menos constantes, durante largos períodos de tiempo ejercida sobre las aguas del mar, les imprimen movimiento de translación, también generales, que constituyen verdaderas corrientes marítimas cuya distribución sobre el globo se estudia por una de las ramas más importantes de la Oceanografía.

El efecto producido por un viento de corta duración o de impulso momentáneo, sobre la superficie del mar se traduce en un movimiento ondulatorio en donde no hay translación de masas líquidas, salvo el pequeño efecto que se presenta en las olas forzadas (vagues forcees) de las tempestades, que veremos adelante. Pero si este viento sopla de una manera persistente, no solamente durante una estación sino durante todo el año y por espacio de siglos, resulta a la larga un régimen de translación que proviene principalmente del roce que las moléculas de aire ejercen sobre las moléculas de agua y, en parte, del efecto de arrastre de las olas *forzadas*. Así la acción que los vientos alisios han ejercido por millares de años sobre las aguas del Atlántico ha dado lugar a la Corriente del Golfo o Gulf Stream, enorme río oceánico cuya dirección y velocidad no pueden ser modificadas por acciones transitorias, por fuertes que ellas sean.

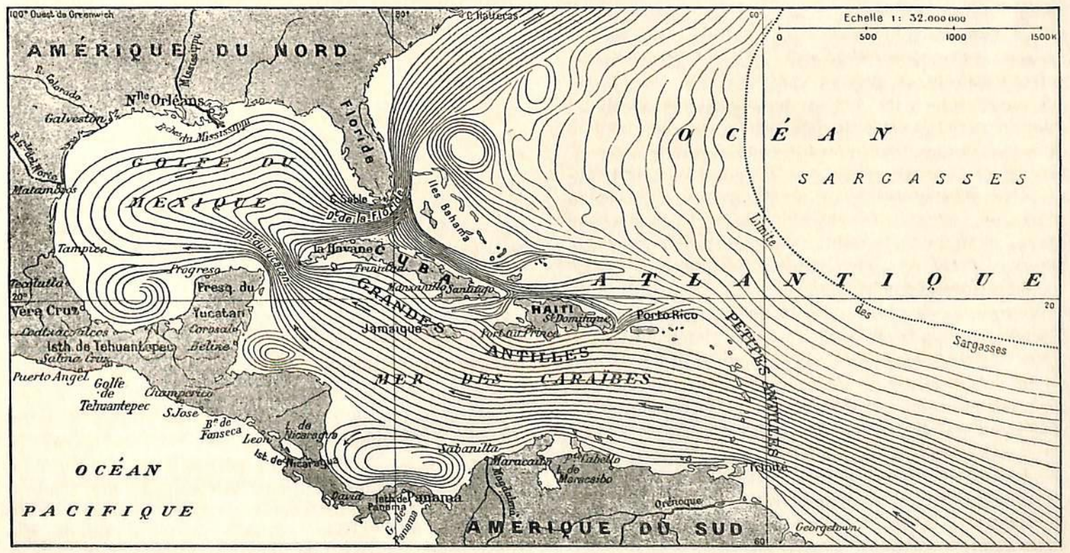
Suponiendo un mar indefinido de superficie plana, paralela a su fondo y con una profundidad igual a la profundidad media del Atlántico, Zoppritz ha hallado matemáticamente que para establecerse en ese mar hipotético una corriente comparable a la del Golfo (Gulf Stream), por acción de los vientos alisios soplando constantemente, serían necesarios 200.000 años, por lo menos. Naturalmente, dentro de las condiciones reales de fondo, contorno de las costas y demás circunstancias adversas, este cálculo está muy por debajo del valor efectivo. Una simple idea de las proporciones nos puede indicar que el establecimiento de una corriente marítima como la del Golfo, cuyo gasto es igual a 2.000 veces el del Mississippi, es decir, superior al de todos los ríos de la tierra, sólo es posible en la extensión cronológica de los diversos períodos geológicos. Suponer corrientes marítimas cuya dirección cambie de un momento a otro, juntamente con su velocidad, es absurdo.

Claro está que el contorno de las costas modifica la dirección, la velocidad y la sección de una corriente, como sucede con la del Golfo, que se ve obligada a estrecharse en Yucatán, a contornear el Golfo de México y a salir forzadamente por el estrecho de La Florida, después de separarse en ramales que giran en remolino, por decirlo así, al norte del Istmo de Panamá, enfrente de la Península de Yucatán y al oriente de Veracruz.

Como se ve en la figura inserta y que se ha tomado del libro "La Mer", por G. Clerc-Rampal, uno de estos remolinos o cambios de dirección debidos a influjo de las costas, hace que enfrente de Bocas de Ceniza la rama principal de la corriente del Golfo, que sí es de *este* a *oeste,* pase muy lejos de la costa, según lo indican las cartas hidrográficas y oceanográficas más autorizadas.

Hablando sobre este punto dice el R. P. Simón Sarasola, miembro correspondiente muy distinguido de la Academia Colombiana de Ciencias: "Hay que distinguir en el Mar Caribe dos corrientes marítimas: a) la que va de este a oeste, abarcando una extensión muy grande y que se dirige hacia el canal de Yucatán y costa de la isla de Cuba; b) una contracorriente en dirección opuesta, o sea de oeste a este, muy cerca de las costas de Colombia, que se conoce como *planetary current,* para no confundirla con otras corrientes debidas a los vientos o acción de las olas. Estas dos corrientes se han estudiado técnicamente y pueden verse en los mapas marinos y en especial en los *pilot charts* americanos". (Anales de Ingeniería. Marzo de 1927).

Por demás está advertir que generalmente las verdaderas corrientes marítimas pasan lejos de las costas, donde hay fondo suficiente para ello. Son corrientes de fondo que se amortiguarían y anularían al pasar sobre las playas por causa del roce y disminución del momento. Así es de creerse que la existencia del banco "Historian", de que hemos hablado atrás y que parece ignoran los señores



La gran corriente marítima del Golfo de México (Gulf Stream), según el libro "La Mer", por G. Clerc-Rampal. Donde se demuestra que probablemente en el Mar Caribe, a la altura de Bocas de Ceniza, es problemática la existencia de corrientes marítimas definidas.

Black, MacKeney and Stewart, situado a siete kilómetros al norte de Bocas de Ceniza, debe probar que la corriente directa del Golfo no puede ser sensible sino a una distancia mínima de la costa de diez a doce kilómetros. Ciertamente, esto es una simple conjetura, porque ¿quién ha estudiado a fondo este asunto, practicando medidas de velocidad a diferentes profundidades, con instrumental adecuado y el refinamiento técnico necesario, en la costa atlántica de Colombia? Nadie, que sepamos.

En alguna ocasión los señores Black, MacKeney and Stewart informaron al Gobierno que para determinar la velocidad de su *corriente litoral* de este a oeste, habían usado varas de bambú lastradas y que observaban desde la orilla, y en otra dijeron textualmente al Ministerio de Obras Públicas: "Corrientes de océano. Estudios sobre las velocidades y direcciones de las corrientes del mar, inclusive el litoral de la costa, fueron hechos dejando flotar la lancha con la máquina parada y localizándola a intervalos fijos, con teodolitos desde la playa. Estos estudios no están terminados y serán continuados en cuanto el tiempo lo permita". Singular manera de practicar medidas oceanográficas para la determinación de corrientes marítimas! Por eso no es de extrañar que los mismos Ingenieros Interventores Black, MacKeney and Stewart, encontraran en alguna ocasión que su famosa corriente corría en sentido contrario del indicado por ellos.

En otro lugar de la exposición del P. Sarasola a que nos referimos, se lee: "Dos causas influyen, entre otras, en la dirección de las corrientes marítimas: la presión tangencial del viento sobre la superficie de las aguas y la rotación de la tierra. En el hemisferio norte, según algunos, las aguas experimentan hasta una desviación de 45° a la derecha de la dirección del viento. Otras observaciones en el Mar Báltico han demostrado una desviación de 11°. La velocidad de las corrientes marinas es mayor cuando el viento sopla paralelamente a la costa, en general guarda proporción con la de los vientos. De aquí la necesidad de estudiar las variaciones de las corrientes atmosféricas día por día lo más cerca posible, durante mucho tiempo, y tratando de relacionarlas con los cambios de las corrientes marinas".

Aunque no es cierto todo lo que el R. P. Sarasola afirma en el párrafo anterior, porque también él confunde las corrientes de fondo con el arrastre de las olas transformadas de movimiento ondulatorio en movimiento de translación, conviene tomar nota de su consejo, y en las Bocas de Ceniza procurar estudios que *durante mucho tiempo* nos den luz sobre el particular. Y esto tanto más, cuanto que este autor dice a continuación: "En el Mar Caribe no se deben olvidar los *nortes,* o sea los vientos que de vez en cuando soplan desde noviembre a marzo o abril, más fuertes que los alisios ordinarios. Se extienden a veces desde Cuba hacia el sur, por todo el Mar Caribe, levantan gran oleaje y la velocidad del viento llega en las rachas hasta 24 metros por segundo".

De las marcas.—A diferencia de lo que ocurre en mar abierto, donde acciones exteriores tales como la rotación terrestre, pueden desviar libremente la corriente de marea en el flujo y el reflujo, para dar lugar a corrientes rotatorias, en las bocas de los ríos ese movimiento de flujo y reflujo sigue el lecho del río, oponiéndose a la corriente de éste o agregándose a ella. Esto da por resultado que en los litorales donde la marea es considerable, su acción es definitiva para oponerse a la formación de las barras, por cuanto en pleamar, la corriente del río represada puede cambiar de dirección (hacia adentro), y en bajamar su velocidad aumentar de tal modo que los sedimentos y arenas sean arrastrados fuera de la boca. Por eso algunos autores dividen las obras que se ejecutan en canales, estuarios o desembocaduras de ríos, en dos clases: aquellas que tienen por objeto coadyuvar a la obra de la naturaleza para impedir la formación de barras, cuando la marea es muy considerable, y aquellas que se realizan en mares sin marea, o con mareas muy pequeñas.

En la desembocadura del Magdalena la marea es muy pequeña. Según Black, MacKeney and Stewart no pasa de 0.60 m. la diferencia de nivel entre pleamar y bajamar en las mayores fluctuaciones. Probablemente por esta razón no la tienen en cuenta para nada y se contentan con decir: "En la pleamar no hay reflujo en el río, pero en ocasiones, durante la estación seca, parece existir una corriente inferior de agua salada que hace salobres las aguas frente a Barranquilla. De mayo a octubre dura la época de la subida de las aguas y en este período las fuertes lluvias del interior se manifiestan cerca de la desembocadura por el rápido ascenso de las aguas, de 1 a 3 pies, que dura desde pocas horas hasta varios días".

En nuestro último Informe sobre la obra de Bocas de Ceniza rendido al Ministerio de Obras Públicas en octubre de 1927, hubimos de opinar: "Los Interventores que conocen bien la pobreza de sus observaciones sobre estos puntos capitales, insisten en su Informe de junio del año en curso, respecto a cuanto han hecho para determinar el descargue del río, y en la página 65 de este escrito describen los planos de curvas de marea y curvas de velocidades en las secciones entre Punta Caimán y el punto "W", y en la sección "R" arriba de Siape, agregando una perogrullada de imponderable ridiculez: *"Es de notarse que ambos de estos planos y el otro, demuestran el hecho de que las corrientes más veloces son durante la marea baja".*

En ese entonces calificamos de perogrullada tal afirmación porque a nadie se oculta que durante el flujo la corriente del río no encuentra sus aguas represadas por la marea, como ocurre en el reflujo; y aun cuando en Bocas de Ceniza pueden ser muy pequeñas estas diferencias, es evidente que siempre ellas influyen en la velocidad de la corriente fluvial. Además, conviene anotar que las máximas separaciones posibles entre pleamar y bajamar pueden ocurrir cuando el río está crecido y su nivel ha subido un metro por encima de las aguas medias, según lo dicen los dichos Black, MacKeney and Stewart. ¿No será posible en esta ocurrencia que se presenten notables diferencias de velocidad en la corriente fluvial por causa de la marea?

Ahora bien, cualesquiera que sean las variaciones del régimen de velocidad fluvial en el flujo y el reflujo, su influencia en la conservación del canal sobre la barra no es despreciable. Debe tenerse en cuenta y merece detenido estudio comparativo mediante continuas y prolongadas observaciones de mareógrafos y fluviómetros en las diversas épocas del año.

Respecto de la llamada *planetary current* del R. P. Sarasola, creemos que debe ser muy pequeña y talvez de influencia nula en el Mar Caribe; porque a tan pequeñas diferencias entre pleamar y bajamar, deben corresponder ondas de marea cuya interferencia no debe dar resultados apreciables, máxime si se tiene en cuenta el valor preponderante de la corriente del Golfo.

De las olas.—En virtud de la movilidad de las aguas del mar, éstas corresponden rápidamente a las acciones externas que sobre ellas se ejercen, produciéndose un movimiento ondulatorio. Los movimientos ondulatorios u oscilatorios así producidos se traducen en olas, que pueden, como es obvio, tener varias causas, entre las cuales se pueden contar: a) la acción del viento sobre la superficie, b) los cambios de presión barométrica, c) los movimientos pulsatorios de las mareas, y d) las actividades de carácter sísmico del fondo.

Por lo que a nosotros toca, en el problema que tratamos sólo nos interesan las olas de superficie ocasionadas por el viento. Las olas debidas a movimientos sísmicos son tan poco frecuentes que pueden considerarse como circunstancia imprevista, de carácter catastrófico. Además, son los movimientos sísmicos ocurrencias muy poco probables en nuestra costa atlántica. Tampoco nos importa considerar las olas debidas a las mareas ni los movimientos ondulatorios atribuíbles a variaciones bruscas de la presión atmosférica, porque estos fenómenos son insignificantes en la región considerada, según se puede deducir de consideraciones claras, que omitimos por brevedad.

Las olas del mar ocasionadas por el viento son de dos clases: las *olas oscilatorias* y las de *translación.* En las primeras se acepta que las partículas individuales de agua ejecutan estrictamente oscilaciones periódicas de modo que al fin de un período la molécula líquida que se considera ocupa el mismo lugar en el espacio. No hay, pues, arrastre de materia en ellas. Pero sucede en la práctica que las olas oscilatorias del océano causadas por el viento no son solamente fenómenos periódicos ondulatorios, sino que en ellas, además del movimiento ondulatorio, hay un pequeño movimiento progresivo en el sentido de la propagación ondulatoria, como lo demostró Stokes.

A este pequeño movimiento progresivo nos referimos atrás cuando hablamos de las olas forzadas (vagues forcees), que son tanto más notables cuanto mayor es la violencia del viento, por la razón de que entonces la cresta de la ola se deforma y el viento arrastra partículas líquidas que arroja hacia adelante, en el sentido del oleaje. De este punto tratamos al considerar la influencia del viento para determinar una corriente marítima, por roce en la superficie de separación del agua y del aire, y por arrastre de las olas deformadas o forzadas.

Pero teóricamente las olas oscilatorias pueden considerarse como de estricto carácter ondulatorio, pues el efecto secundario anotado es relativamente muy pequeño. Así un objeto flotante en alta mar se conserva sujeto al impulso de las olas apreciablemente en el mismo sitio.

La forma de las olas oscilatorias se aproxima a la de la *trocoide,* curva engendrada por un punto de un círculo que rueda a lo largo de una recta, periódicamente en uno u otro sentido. La forma de la trocoide puede variar entre la de la cicloide y una línea recta, límites extremos. En la figura superior de la plancha VI se da idea esquemática del movimiento oscilatorio cíclico de las partículas líquidas, dentro de órbitas definidas. Según se explica por la simple inspección de la figura, este movimiento, oscilante da la sensación del movimiento progresivo de la ola.

Así en la *teoría trocoidal* las olas son el efecto de un movimiento orbitario de las moléculas líquidas que describen órbitas circulares cuando la profundidad del mar puede considerarse como indefinida, y elípticas cuando la influencia del fondo se hace sentir. Mecánicamente es necesario distinguir pues, al considerar el perfil de la ola, la curva engendrada por un punto interior de un círculo que se traslada girando con un movimiento isócrono, y la engendrada por la proyección sobre la elipse de las posiciones de un punto del círculo cuyo radio fuera el semieje mayor de la elipse. En el primer caso, se trata de *profundidad indefinida,* y en el segundo de *profundidad limitada.* En este último caso el perfil de la ola es el de una *trocoide elíptica,* habiendo entrado la onda oscilatoria en un proceso de transformación, de acuerdo con la proximidad del fondo, para convertirse en onda de translación. Estas dos curvas (la *trocoide* y la *trocoide* elíptica) tienen un vago parecido con la sinusoide; pero son disimétricas, con menor curvatura en el hueco de la ola y mayor curvatura en la cresta.

Los elementos geométricos de la ola son: El *largo,* o longitud de la ola, $2l$ medido entre dos crestas consecutivas; la *altura* $2h$ o sea la diferencia de nivel entre una cresta y un hueco; la *elevación* i del centro de la órbita (véase la figura de la plancha VI) sobre el nivel que se tenía en reposo, y la profundidad z del centro de una órbita bajo el centro de la órbita de superficie. El

elemento mecánico de la ola es el *período,* o sea el tiempo $2T$ que gasta una cresta en recorrer la longitud $2l$ o sea la longitud de la ola.

Si las olas se propagan en profundidad indefinida las órbitas descritas por las moléculas líquidas, como se ha dicho, son circulares, y el radio de las órbitas correspondientes a la superficie del agua será igual a la mitad de la altura de la ola:

$$r = h$$

Aproximadamente, por debajo de esta superficie el radio del círculo descrito por una molécula decrece con la profundidad en progresión geométrica. De complejos desarrollos analíticos se deduce que a la profundidad z bajo la línea de los centros de las órbitas de superficie, se tiene:

$$r = h\, e^{\frac{-\pi z}{l}} \qquad (1).$$

En esta expresión e es la base de los logaritmos neperianos.

La elevación i del centro de las órbitas de superficie es: $i = \frac{\pi h^2}{2l}$ (2). La velocidad de la ola vale: $v = \frac{l}{T}$ (3).

Con estos elementos es posible dibujar la forma que afectan las olas superficiales y la que toman las superficies de nivel, o de igual presión, a profundidades determinadas. Según lo expuesto, en caso de profundidad limitada las órbitas circulares se transforman en elipses de eje mayor horizontal, que van alargándose más y más, a medida que la profundidad disminuye, hasta que se llega a una profundidad límite $2h$ más allá de la cual el movimiento ondulatorio se hace imposible y la ola revienta. Esto es lo que sucede en las playas muy tendidas, donde no hay arrecifes ni obstáculos, y que están compuestas por arena o materiales sueltos de grano fino. En estas playas el perfil es una recta de pendiente uniforme muy poco acentuada. Allí el fondo va disminuyendo poco a poco, hasta que se llega al límite $2h$.

Se ve, pues, que la profundidad del agua desempeña un papel muy importante en la propagación de las olas, teniéndose que distinguir entre la profundidad absoluta H y la profundidad relativa

$$\frac{H}{2l}.$$

Cuando la influencia del fondo se deja sentir en la forma indicada, ocurre una verdadera transformación del movimiento ondulatorio y las olas se cambian de oscilatorias en olas de translación, que han sido estudiadas analíticamente por Russel. Insistimos sobre este punto y talvez repetimos demasiado, porque lo consideramos de capital importancia.

Dos características sobresalientes diferencian la ola de translación de las olas oscilatorias causadas por el viento en profundidad indefinida. En primer lugar, la forma completa de esta ola está por encima de la recta de nivel del agua no perturbada; es decir, que ella consiste en una cresta sin el correspondiente hueco. En segundo lugar, en la ola de translación ocurre verdadero transporte de las moléculas líquidas. Un objeto que flota en el agua sobre la cual pasa la ola de translación será llevado por ésta a una distancia definida, y después permanecerá en reposo, sin volver hacia atrás, como sucede con las olas de oscilación. La ola siguiente lo arrastrará otro trayecto en el mismo sentido, y así sucesivamente irá avanzando en el sentido de la propagación ondulatoria de modo aparentemente continuo.

Russel encontró que la ola de translación se produce por la repentina adición de una masa de agua, al agua en reposo de la superficie, a cada golpe de la ola. Es aproximadamente lo que sucede cuando una ola oscilatoria forzada revienta, y su cresta cae sobre la superficie en hueco, produciéndose así una ola secundaria de translación que parece rodar sobre la primera. Esta clase de olas forzadas, a que nos referimos atrás, no tiene mayor importancia en el mar abierto; pero la tienen, y mucha, en las costas, en las aguas pandas, a donde llegan las olas oscilatorias, aun cuando no estén forzadas por el viento, enteramente transformadas en olas de translación.

Para comprender esto, observemos que las órbitas elípticas tienen el eje menor vertical y que el valor de éste en la superficie será forzosamente igual a la altura de la ola $2h$. De manera que el semieje menor será: $b_s = h$. (4.) El semieje mayor de la elipse de superficie está ligado con el valor anterior por la relación:

$$a_s = b_s \; cotang.\; hip. \frac{\pi H}{l} \qquad (5)$$

Como para un valor dado de H y de $2l$ la *cotang. hip.* es una cantidad constante, la expresión (5) en virtud de la (4) puede tomar la forma:

$$a_s = kb_s = kh \qquad \text{Siendo} \qquad k = cotang.\; hip. \frac{\pi H}{l}.$$

O también:

$$k = \frac{e^m + 1}{e^m - 1} \qquad (6) \qquad \text{Siendo} \qquad m = 2\pi \frac{H}{l}$$

como se podría demostrar.

Si se considera la órbita de una molécula líquida situada a la profundidad z bajo el centro de la órbita de superficie, sus semiejes valdrán:

$$a = b_s \frac{e^n + e^{-n}}{e^p - e^{-p}} \qquad (7) \qquad b = b_s \frac{e^n - e^{-n}}{e^p - e^{-p}} \qquad (8)$$

En estas expresiones

$$n = 2\pi . \frac{H - z}{2l} \qquad p = 2\pi \frac{H}{2l}$$

siendo $\frac{H}{2l}$ la profundidad relativa. En el fondo la elipse se transforma en recta, pues b_f es igual a cero. Entonces el eje mayor vale

$$2a_f = 2h . \frac{2}{e^p - e^{-p}} \qquad (9)$$

La profundidad relativa, como se ve, es una cantidad que depende de la longitud de la ola; así el bajo fondo, para que se cumpla la condición expuesta, es uno para cada longitud de onda.

Experimentalmente Gaillard halló las fórmulas siguientes:

$$\alpha + \beta = 2h$$

$$\alpha = h + 0.7854 \frac{4h^2}{l} \qquad \beta = h - 0.7854 \frac{4h^2}{l}$$

(En estas fórmulas α y β son el alto de la cresta de una ola de superficie y la depresión del hueco de la misma, contados a partir del nivel de las aguas tranquilas). También determinó el movimiento de las moléculas a diversas profundidades de acuerdo con los valores de la ola superficial, con una relación sencilla, aunque empírica. Esta relación es como sigue. Si $2l$ es la longitud de la ola superficial, el movimiento de las moléculas, de la superficie hacia abajo, va decreciendo una mitad por cada $^2/_9\, l$ en profundidad. Por ejemplo, para una ola de 120 metros de longitud superficial y una altura de 5 metros, una molécula en la superficie describe un círculo de radio igual a 2.50 m. A la profundidad de 13 m. el radio será de 1.20 m. A la de 27 m. será de 0.70 m. A la de 40 m. el radio del círculo orbital será de 30 cms. y a la de 107 m. alcanzará a ser sólo de un centímetro.

El ejemplo anterior nos sirve para darnos una idea aproximada del fondo que fuera necesario para que una ola de mar grueso se conserve siendo oscilatoria. Si estas olas se presentaran en Bocas de Ceniza, es probable que desde la curva de 110 metros de profundidad, hacia la playa, tales olas empezarían a perder sus características de oscilatorias para irse transformando en olas de translación. Al llegar a la playa hasta la profundidad de 5 metros, reventarían.

Como nunca, que sepamos, se han medido olas en la costa colombiana del Caribe, todo esto no pasa de simple conjetura sin fundamento, y únicamente nos sirve para demostrar que a la distancia de la playa a que han efectuado sus medidas de velocidad los señores Black, MacKeney and Stewart (carta Nº 1) las olas son ya de translación. Así dijimos atrás que se explicaba fácilmente su *corriente* marítima de *oeste* a *este.*

Hemos tocado este punto de las olas con algún detenimiento, porque su acción en el arrastre de arenas sobre la barra es definitiva. Efectivamente, la labor de desgaste y acarreo atribuíble al oleaje es talvez mucho mayor que la que correspondiera a una simple corriente marítima que erosionara las orillas y acarreara sedimentos, como si se tratara de la corriente de un río.

Las olas de translación sobre la playa efectúan un trabajo por impacto y arrastre difícil de calcular y que depende de sus dimensiones y del ángulo de su incidencia. En todo caso debe de ser muy considerable, y a él debe atribuírse la mayor parte del material que constituye la barra en Bocas de Ceniza, según parece desprenderse de la afirmación de Haupt.

Además, estas olas chocan contra la corriente del río, en una forma más o menos directa según sea la dirección de sus crestas, y tratan de aminorar la velocidad de su corriente, con el consiguiente depósito de los sedimentos fluviales del Magdalena.

Aquí conviene observar que si Corthell entendió que el arrastre producido por el oleaje predominante podía considerarse como corriente marítima litoral, la tercera de sus reglas es de un valor evidente y tiene importancia en casos como el de las Bocas de Ceniza. Igual consideración podríamos hacer al pensar en la dirección de las líneas de crestas, dibujada por la Casa Berger en su plano, pues si ello obedeció a un estudio concienzudo del oleaje predominante en la desembocadura del Magdalena, la orientación del eje del canal proyectado por sus ingenieros es correcta.

De la sedimentación de las materias fluviales en suspensión por acción del agua salada.—En varias de las cartas del ingeniero John R. Freeman, que se publican en el Apéndice de esta Memoria como ilustración necesaria, se hace hincapié sobre la precipitación que determinan las aguas marinas al mezclarse con las aguas dulces que contienen materias en suspensión. En alguna de ellas se dice: "Hace veinte años, cuando investigaba y planeaba respecto de la represa de Charles River, entre Boston y Cambridge, me llamó la atención de modo notable el fenómeno de la precipitación de material sedimentario de naturaleza coloidal por causa del agua salada, actuando como un electrólito. Este fenómeno no se ha estudiado aún en los libros de texto; empero yo he observado sus efectos en la desembocadura del río Po y en las bocas del Mississippi, y por una carta de la boca del Magdalena, que acabo de recibir de Negus, juzgo que estas mismas viejas fuerzas de la naturaleza tienen allí una mayor participación en la formación de la barra de lo que han creído los ingenieros". "He encontrado en mis estudios de Boston y otros puertos, que el agua salada tiene una maravillosa facilidad para penetrar por la boca de un río y subir arrastrándose por debajo de la corriente de agua dulce".

Como se habrá de recordar por lo expuesto atrás, Black, MacKeney and Stewart confirman esta última aseveración de Freeman cuando dicen: "En la pleamar no hay reflujo en el río, pero en ocasiones, durante la estación seca, parece existir una corriente inferior de agua salada que hace salobres las aguas frente a Barranquilla".

El fenómeno de la coagulación electrolítica fue estudiado por primera vez por Schulze, quien encontró que la concentración de una sal depende de la naturaleza de su metal, o sea de su valencia como catión; así la valencia del ion de signo opuesto al de las partículas en solución coloidal determina la concentración requerida para que se produzca la coagulación. Posteriormente Linder y Picton han empleado la coagulación electrolítica para precipitar partículas muy finas de materia manteni-

das en suspensión por ciertos líquidos como el agua. Este resultado ha conducido a considerar el fenómeno de precipitación de la arcilla disuelta en agua dulce, por contacto con agua salada, como una coagulación de carácter electrolítico, que se ha estudiado en las bocas del Nilo y del Mississippi.

Algunos autores atribuyen grande importancia a esta causa en la formación del delta de los ríos que llevan gran cantidad de sedimentos en suspensión coloidal; y no hay que olvidar que el Magdalena es uno de estos.

Pero si el fenómeno es interesante desde el punto de vista teórico, y es necesario estudiarlo con detenimiento en Bocas de Ceniza, talvez Freeman le ha atribuído una influencia mucho mayor de la que tiene en realidad en la formación de la barra.

El hecho es que por tensión de disolución, en parte, y en parte por acción de la marea, las aguas saladas del mar penetran en las Bocas de Ceniza por debajo de la corriente superior de agua dulce, por lo menos hasta la altura de Barranquilla. Esto lo han observado hasta Black, MacKeney and Stewart, que tan poco meticulosos se han mostrado en otra clase de observaciones.

El fenómeno del DRIFT.—Por la breve descripción que los señores Julius Berger Konsortium nos han dejado de la acción que las olas realizan al incidir oblicuamente en una playa respecto de la línea de separación del agua y la arena seca, se echa de ver que esta acción es muy restringida: se concreta a la zona donde revientan las olas.

Efectivamente, según lo copiado atrás, para estos señores no existe corriente marítima alguna en Bocas de Ceniza, a lo largo de la Isla de Salamanca. El arrastre de las arenas se debe allí al movimiento que a las aguas imprime el viento al seguir normalmente a la línea de crestas de las olas. Mientras avanza la ola, las arenas se desalojan sobre la playa en el sentido del oleaje, y al retirarse ésta se escurren en dirección normal a la línea de la costa. Esta explicación pueril nos sirve para explicar el rastro en forma de zig-zag que sobre la playa dejan las aguas en el flujo, pero es totalmente insuficiente para darnos la razón del desalojamiento observado por Black, MacKeney and Stewart. Así podemos concluír que la Casa Julius Berger Konsortium también ignora lo que son las olas de translación y por eso estuvo, como los Ingenieros Interventores, en la incapacidad de proyectar sus obras en Bocas de Ceniza de acuerdo con la técnica razonada.

La corriente fluvial.—Para luchar ventajosamente contra todas estas causas más o menos adversas, los técnicos que planeen esas obras no cuentan sino con la corriente del río, que debe encauzarse aumentando su velocidad sobre la barra mediante el empleo de diques que produzcan un estrechamiento del canal. Al explayarse libremente las aguas del río fuera de la boca perdieran de su velocidad por la sola razón de hallarse detenidas por aguas en reposo, si a esto no se agregaran los choques contra las olas, que producen las rompientes, y la represa de la marea en el reflujo. Naturalmente, el solo cambio de sección significa una pérdida de velocidad que se aprovecha por la naturaleza para que se detengan en el fondo los materiales gruesos que el río arrastra y para que se precipiten los ligeros en suspensión, por un proceso natural de decantación y por acción electrolítica del agua salada. Hé aquí el proceso de la formación de la barra con el material acarreado por el río.

Pero no es esto solo. También el viento, como ya lo dijimos, aporta su contingente de arena de la playa que bota sobre el río, y, sobre todo, las olas arrastran arena de la misma procedencia, que dejan decantar sobre la barra al chocar contra la corriente fluvial. Sin duda alguna esta es la causa principal de la formación de esta barra en Bocas de Ceniza, pudiéndose decir que el *drift* sólo produce un efecto muy secundario.

Si no existieran en Bocas de Ceniza el viento y las olas podría decirse que el encauzamiento de las aguas del río calculado para un aumento de velocidad que impidiera la decantación indicada, sería suficiente. Este fuera el caso si se tratara de una desembocadura en las aguas muertas de una bahía, por ejemplo. Mas, en la desembocadura del Magdalena hay que contar con las olas y el viento como factores esencialísimos, ya que son ellos la causa única de la deformación permanente de la costa y de que se hayan venido cegando paulatinamente aguas de buen fondo, como las de Sabanilla, Salgar y Puerto Colombia.

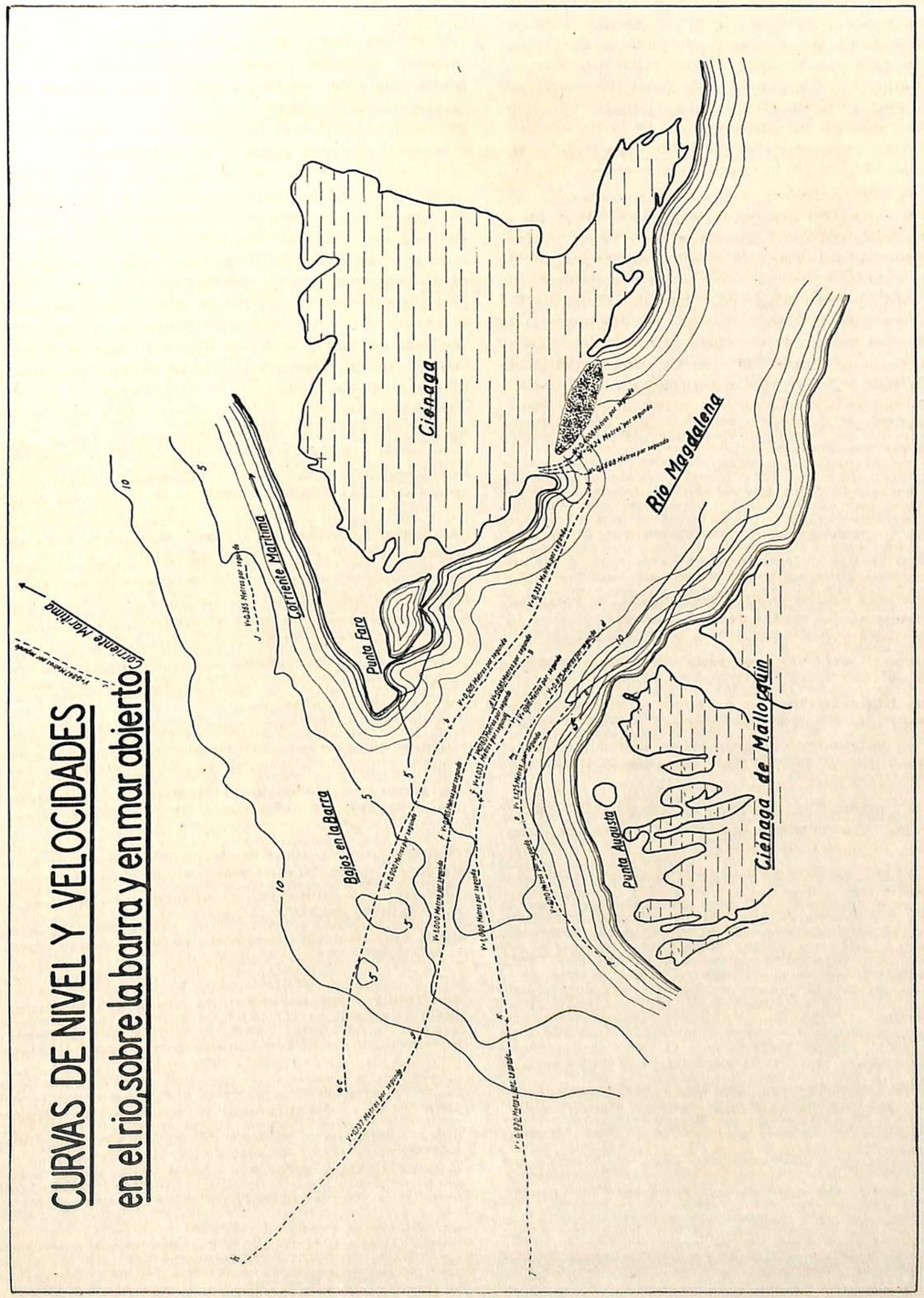
Si el río tuviese un régimen fluviométrico más o menos constante el problema de procurar una velocidad acertada sobre la barra no sería tan difícil. Pero es el caso que el Magdalena está sujeto a considerables fluctuaciones. Según Black, MacKeney and Stewart, cerca de Barranquilla la corriente, en época de secas, tiene una velocidad media de un metro por segundo, en tanto que en las crecientes esta velocidad alcanza a tres metros.

De aquí resulta la necesidad de procurar una mayor velocidad de las aguas, en las épocas secas, mediante un estrechamiento del canal, estrechamiento que debe acompañarse por las obras indicadas para cegar los caños de Río Viejo, Toscosa, Rompederos, San Antonio, etc., por medio de diques permeables. Estos diques darían salida a las aguas que corrieran hacia la Ciénaga de Santa Marta en las épocas de crecientes.

Sin duda esta consideración movió a Mr. Freeman a sugerir la conveniencia del empleo de diques permeables del sistema de los Hermanos Woods (Woods Brothers Retards), que ha sido usado con gran éxito en las obras del Mississippi. (7)

(7). De este sistema dimos una explicación sucinta en el Boletín de la Sociedad Geográfica de Colombia, en 1933, por haber encontrado que su aplicación a las obras de regularización del Magdalena y a la labor de cegar algunos caños en Bocas de Ceniza, era fácil y eficaz. Consiste el sistema "Woods Brothers Retards" fundamentalmente, en la posibilidad de hincar pilotes profundamente en el fondo de las corrientes de agua, de manera que sus cabezas no

CARTA No. 1



Carta de observaciones en Bocas de Ceniza, verificadas por Black, MacKeney and Stewart en el curso de los trabajos. Con indicación especial de la llamada corriente marítima orientada de oeste a este. — Copia del original presentado por los Interventores, por Luis Silva G.

A los señores Black, MacKeney and Stewart, según dicen, los contuvo en su intento de estrechar convenientemente el canal, la consideración de que las aguas del Magdalena represadas por esta causa terminarían por abrirse camino por Río Viejo o cualquiera de los otros caños que hoy sirven para el comercio de pequeñas embarcaciones. Esta consideración es pueril, pues sin la realización de todas las obras conducentes a lograr el mayor caudal posible de las aguas del Magdalena dirigido por las Bocas de Ceniza, cualquier intento de canalización sobre la barra habrá de encontrar considerables dificultades.

ESTUDIOS DETALLADOS QUE DEBEN HACERSE EN BOCAS DE CENIZA

Una vez indicadas algunas, si no todas, las acciones naturales que intervienen para cegar en la desembocadura del Magdalena todo canal profundo aprovechable para la navegación de buques de gran calado, conviene hacer un breve recuento de los estudios que faltan por hacer en Bocas de Ceniza, ya que de esta falta nos venimos quejando desde que rendimos nuestros Informe (ya citado) a la Sociedad Colombiana de Ingenieros, del 27 de mayo de 1925 (8). En tal Informe dijimos: "Hemos creído conveniente hacer estas digresiones porque ellas conducen a la idea clara de que los dibujos presentados por los señores Black, MacKeney and Stewart y Julius Berger son sólo expresión de dos sistemas distintos, considerados de modo general y amplio, y no planos de obras rigurosamente proyectadas, que se van a replantar sobre el terreno como se replantean los planos de una casa o de una línea de ferrocarril". (Anales de Ingeniería. Junio de 1925).

sobresalgan de este fondo, atando a ellos árboles, por el extremo de sus troncos, de modo que floten en el sentido de la corriente fluvial.

La patente de los Hermanos Woods se refiere a la clase de pilotes usados. Son estos pilotes tubos de acero que terminan en punta y que se sostienen verticalmente, mientras se hincan, por medio de una grúa especial. Estos cilindros huecos o tubos, cerrados por su parte superior, llevan unos orificios convenientemente distribuídos, por donde salen chorros de agua a alta presión. Es claro que estos chorros líquidos arrojan violentamente, en su contorno, a las arenas, gravas, guijarros y demás material del fondo tal como lo hiciera un monitor poderoso, y socavan un pozo en contorno del pilote, de manera que éste puede descender libremente por su propio peso La presión hidráulica necesaria para producir este efecto, se obtiene por medio de bombas especiales.

Una vez bajado el pilote hasta donde sea conveniente, se retiran las maromas empleadas: mangas de agua, cables de suspensión, etc. Entonces, por su propio peso, el material excavado llena de nuevo el vacío producido en torno del pilote, comprimiéndolo fuertemente. Como se comprende, en esta forma es cosa sencilla enterrar un pilote en un lecho de aluvión hasta la profundidad que se desee; lo que es perfectamente imposible de realizar empleando un martinete.

(8) INFORME SOBRE LOS PROYECTOS EN BOCAS DE CENIZA, RENDIDO A LA SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS (Anales de Ingeniería—Junio de 1927)

Bogotá, mayo 27 de 1925

Señores Miembros de la Sociedad Colombiana de Ingenieros:

Tengo el honor de informar detalladamente sobre la consulta hecha a la Sociedad por el Honorable Consejo de Estado en nota número 2379, del 11 del mes en curso, manifestando que para allegar datos y para ilustrar el criterio en este importante asunto no se ha omitido esfuerzo con el objeto de que la Corporación al dar su concepto al Consejo de Estado, acierte tinosamente con lo más indicado y preste así un servicio positivo a los altos intereses nacionales.

En la nota a que se hace referencia se pregunta a la Sociedad su opinión concreta así: 1º ¿Cuál de los planos (el presentado por Black, MacKeney & Stewart o el indicado por Julius Berger) presta mayores garantías técnicas para la efectividad, eficiencia y permanencia de las obras? (las proyectadas para la apertura de las Bocas de Ceniza) y 2º ¿Cuál de las dos propuestas presenta mayores ventajas en los conceptos indicados y en cuanto al precio?

Por causa de la precisión de las preguntas hechas y con motivo de la gran complejidad del asunto, es necesario entrar en detalles y pormenores, tanto técnicos como económicos, que alargan naturalmente esta exposición, pero que se han estimado indispensables para el logro de un conocimiento tan completo como sea posible, de este problema de índole tan complicada y difícil.

Entrando ordenadamente en el asunto soy de concepto, en primer lugar, que la apertura de las Bocas de Ceniza es un caso de ingeniería hidráulica con características peculiares de orden local, que probablemente no tienen semejante exacto en otras regiones del mundo. Para demostrar esta aseveración basta considerar que la desembocadura del río Magdalena en el mar Caribe queda en una región sometida exclusivamente al régimen de los vientos alisios del norte, y donde la amplitud máxima del movimiento de las mareas no pasa de 35 a 60 centímetros, y donde las épocas de crecida del río coinciden naturalmente con las de reposo de las corrientes atmosféricas, sin que allí por ningún motivo, haya depresión barométrica que indique la condición necesaria a la posibilidad de los ciclones y para el régimen de corrientes aéreas variables, peculiares de las zonas templadas. Así, pues, esta región difiere de otras del Golfo de México, donde se han practicado obras hidráulicas, con la circunstancia de que pocos grados más al norte se entra de lleno en la zona que corresponde a los grandes ciclones de las Antillas, que en Barranquilla no tienen generalmente la menor influencia. También es peculiar de la costa sobre el Mar Caribe la ausencia de las mareas grandes que, como es sabido, influyen de modo especial en la proyección de las obras conducentes a mejorar las desembocaduras de los ríos.

Estas consideraciones hacen preciso el afirmar que por ningún motivo la razón de frecuencia de ciertas soluciones debe ser tenida en cuenta como norma invariable y rígida, máxime si se considera la complejidad y diversidad de las acciones naturales en las Bocas de Ceniza.

Son estas acciones las siguientes:

a) La de la corriente propia del río cuyo valor depende naturalmente del régimen fluviométrico, es decir: de la estación en las hoyas del Magdalena y sus tributarios, en cuanto a mayor o menor cantidad de lluvia. A este respecto el Magdalena difiere del Mississippi, por cuanto jamás en el primero se presentan tan grandes diferencias de nivel entre las secas y las grandes crecidas, como en el río americano, cuyo régimen es esencialmente variable respecto a volumen y velocidad en el canal antes del delta.

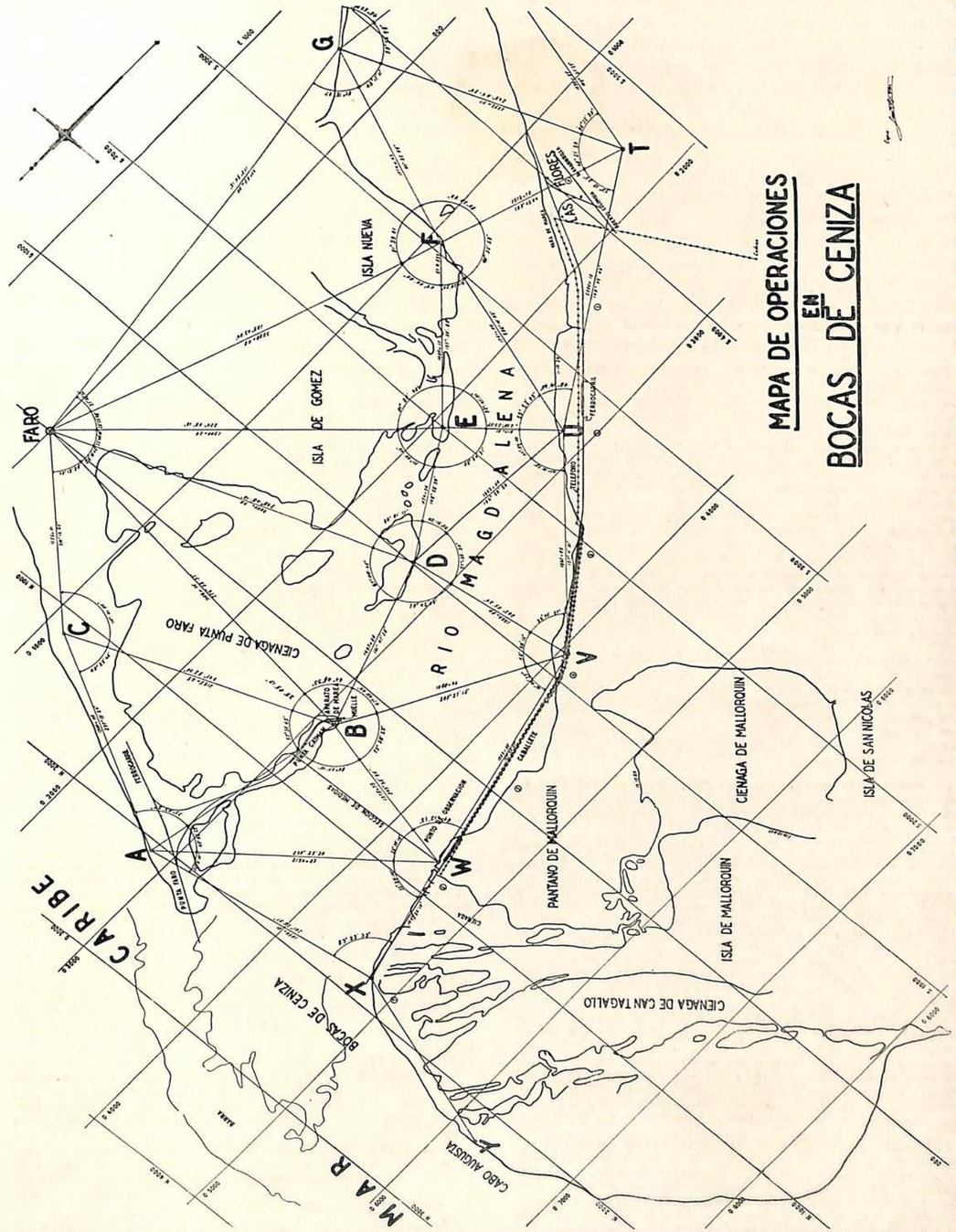
b) La de los vientos en su dirección predominante. Esta acción es peculiar de las regiones equinocciales donde reinan los alisios que soplan durante casi todo el año de nordeste a sudoeste en el hemisferio boreal y de sudeste a noroeste en el austral, siendo de notarse que propiamente la designación de monzones no conviene a los vientos reinantes en las Bocas de Ceniza.

c) La de la corriente marítima que puede dirigirse lejos de la costa en sentido contrario a la gran corriente del Golfo, es decir: del oeste hacia el este. Esta corriente puede perturbar la difusión de las aguas del río en el mar, según opinión de los señores Black, MacKeney and Stewart.

d) La debida al arrastre por causa de las olas a lo largo de la costa; arrastre que se verifica del este hacia el oeste, y parece predominante en lo que respecta al aporte de arena sobre la barra. Este fenómeno recibe el nombre de **drift** en el estudio de Berger.

e) La debida a la tendencia frecuente que se observa en los ríos que corren en dirección general paralela a los círculos meridianos, de desviarse hacia el oeste cuando co-

CARTA No. 2



Trabajos trigonométricos en Bocas de Ceniza verificados por los Interventores Black, MacKeney and Stewart en el curso de los trabajos. — Copia del original, por Luis Silva G.

Ciertamente, pudimos juzgar entonces que los anteproyectos discutidos bastaban para dar una idea muy general de lo que se pretendía hacer, pero nunca pensamos que después de muchos años, una vez concluída la obra, como se ha dicho por los optimistas del Ministerio de Obras Públicas, aún faltaran la mayor parte de los datos que se estiman necesarios por la técnica para emprender en una tarea de esta naturaleza.

De acuerdo con lo visto atrás, en la región de la costa atlántica colombiana próxima a las Bocas de Ceniza, es indispensable estudiar lo siguiente:

1º) La dirección e intensidad de los vientos durante todo el año, relacionándolas con datos semejantes que suministren otros observatorios del Mar Caribe, y esto durante un cierto número de años;

2º) Las variaciones de la marea, independientemente de las fluctuaciones del nivel del río, juntamente con medidas precisas de la velocidad fluvial en el flujo y en el reflujo, durante las diversas épocas del año;

3º) La cantidad de arena que puede arrojar el viento, en las circunstancias más desfavorables, sobre toda la extensión del río, desde Barranquilla hasta Bocas de Ceniza;

4º) La salinidad de las aguas salobres que suben hasta Barranquilla, en las épocas de crecientes del río y en las secas. Esto durante varios años;

5º) El descargue del río en diversas épocas, tomando datos de su velocidad media y anotando las condiciones meteorológicas reinantes en el valle del Magdalena y en el Mar Caribe;

---

rren de sur a norte en el hemisferio boreal, o de norte a sur en el austral. Esta acción es más o menos hipotética y se fundamenta en razones de inercia.

Tal vez existan otras acciones que unidas o independientemente, perturben de modo continuo, periódico o esporádico el régimen de formación de la barra y la erosión y depósitos en las playas aledañas a las Bocas de Ceniza, acciones que hasta ahora se hayan escapado a la observación; mas como son suficientes las enumeradas atrás para crear gran confusión respecto a la predicción de resultados, bastan ellas, por ahora, para establecer que los diversos proyectistas no están de acuerdo respecto a su actuación predominante.

Como regla general se puede decir que la desembocadura del río Magdalena tiende a desalojarse hacia el oeste, con la circunstancia de que toda la costa experimenta la acción combinada del viento y de las olas en igual sentido.

Esto no es una hipótesis, sino un hecho bien definido que se comprueba por el sucesivo abandono en que el río ha dejado poco a poco, los caños que desembocan en la Ciénaga de Santa Marta, para concentrar su caudal en el lecho que al presente termina entre Punta Faro y Cabo Augusta.

Los diversos proyectistas que han ideado obras para abrir la barra entre Punta Faro y la ribera occidental, han atribuído a las acciones naturales enumeradas atrás, diversas resultantes, lo que explica la diversidad de sistemas propuestos, que se pueden concretar así, incluyendo el simple dragado que pudiera aconsejarse como ensayo y que sin duda será permanente en toda época:

Primero.—Empleo de un dique de reacción, que se apoya en la lengua de tierra oriental y dragado;

Segundo.—Uso de un tajamar oriental que se llama de guía, y dragado;

Tercero.—Empleo de dos tajamares de distinta longitud y convergentes con el objeto de encauzar la corriente para abrir la barra por acción de aquélla, y dragado, y

Cuarto.—Construcción de dos tajamares paralelos con adición de diques convergentes y dragado.

Esta simple enumeración justifica de sobra, **por la repetición del proyecto del dragado,** la determinación de la Sociedad Colombiana de Ingenieros de aconsejarlo como medida de ensayo y por sugestión directa de los señores Black, MacKeney & Stewart, quienes dicen textualmente en su primer informe: "Cuando se hizo el reconocimiento en 1920 las condiciones naturales eran tales que si se hubiera procedido a continuar por dragado el canal de diez metros que hoy existe dentro de la barra, el resultado hubiera sido extraordinariamente favorable".

A esta afirmación se agrega el hecho de que en el año de 1877 y siguientes (durante muchos años, dicen los cronistas) la barra estuvo abierta con un canal de 7.50 metros de profundidad, orientado precisamente en la dirección que la Casa Julius Berger escoge ahora para dirección de la corriente encauzada por sus diques y tajamares.

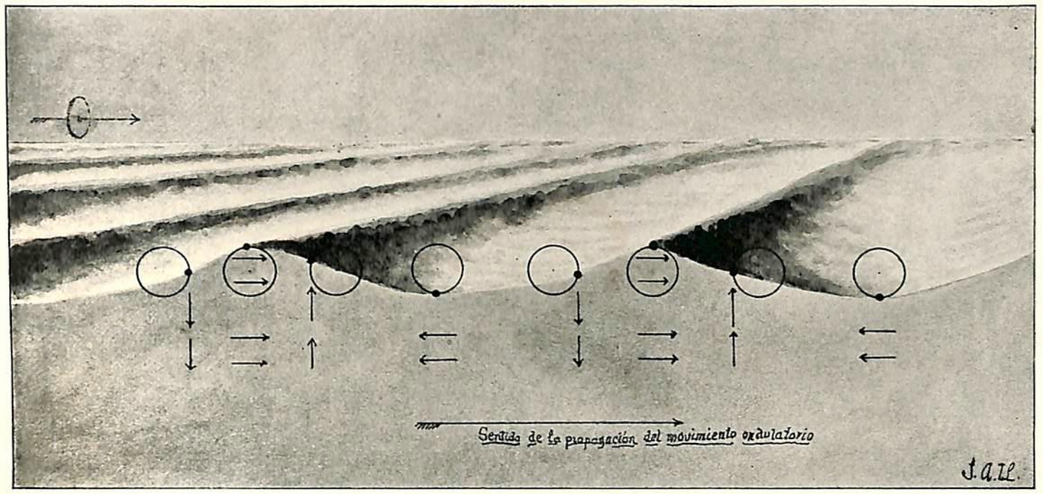
Todo esto demuestra, como lo comprobaremos adelante hasta la saciedad, que el concepto emitido por los distinguidísimos ingenieros señores Pedro Blanco Soto, Andrés Santo Domingo Navas, Laureano Gómez y Jorge Páez G., merece ser estudiado con detenimiento, y que los cargos que se han formulado a la Corporación por tal motivo pueden tenerse como infundados y ligeros.

En un punto esencial están todos los proyectistas perfectamente de acuerdo y es en afirmar que el dragado durante la conservación es indispensable y que las obras que se proyectan **tienen por objeto reducir este dragado a un mínimo,** aunque no eliminarlo de modo absoluto. Por tanto, el renglón de la conservación puede ser muy importante.

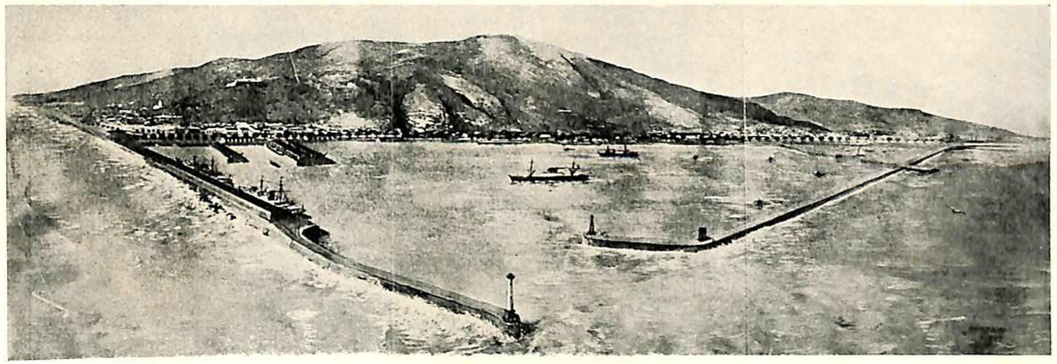
Como los autores de estudios sobre las Bocas de Ceniza no opinan lo mismo respecto a las causas predominantes de la barra, llegan a contradecirse sobre puntos sustanciales, como aquél que se refiere a la existencia de una corriente marítima que lame la costa de la Isla de Salamanca y la faja de tierra de Punta Faro. A este respecto dice la Casa Berger: "En la costa a ambos lados de la desembocadura del río Magdalena (Bocas de Ceniza), no existe corriente marítima alguna y el movimiento de las arenas a lo largo de dicha costa se verifica únicamente debido al movimiento que a las aguas imprime allí el viento. Lo cual está demostrado además por la forma de zigzag que toman las arenas en la costa. Siguen la línea de las olas o sea la del viento, que es oblicuo con relación a la línea de la costa, y se escurren normalmente a la misma línea de la costa, repitiéndose ese proceso, y de ahí el zigzag. Ese es punto fundamental y de gran trascendencia para las obras proyectadas...".

Los señores Black, MacKeney & Stewart opinan de distinto modo y dicen: "Durante nuestras observaciones de la costa este de Punta Faro hubo una corriente de litoral de milla y cuarto de velocidad máxima por hora, con componente marcadamente hacia el oeste, debido a influencias predominantes. Durante 1920 hicimos pruebas con flotadores arrojados del Río Viejo a lo largo de la Isla de Salamanca, hasta Punta Faro, por medio de varas de bambú lastradas y otros métodos, y así se demostró la existencia de una corriente litoral de este a oeste. Durante el período de fuertes vientos algunas de las pruebas demostraron velocidad de milla y cuarto por hora. De nuevo en 1923 las pruebas demostraron la presencia de una corriente en el litoral de este a oeste (corriente de la orilla) y en marzo de 1924 las observaciones en la vecindad de la isla de Salamanca y en la isla de Gómez, a lo largo de la ribera, evidenciaron una corriente marítima bien definida, a lo largo de la costa, de este a oeste". "Los contornos del fondo del mar en la barra y el empuje del agua del río en una corriente hacia el oeste dan evidencia de una corriente, a lo largo de la costa de este a oeste. Solamente una vez, durante nuestras observaciones de cinco años, y esto sólo durante una calma chicha de varios días, en mayo de 1920, observamos el agua del río extendida contra la orilla al este de Punta Faro, evidencia clara de que las aguas del río encuentran una resistencia del este que impide al agua del río su curso hacia el este hasta que alcanza mar afuera, el mar libre de la influencia de la corriente del litoral. Esta corriente es causada por el viento predominante y otros elementos, que siendo en una misma dirección general nordeste, son causa de que se establezca una corriente, a lo largo de la costa, de este a oeste".

Traducimos literalmente la información de los señores Black, MacKeney & Stewart para compararla a la de Julius Berger Konsortium que, como se ve, es totalmente distinta, porque queremos hacer notar que tal contradicción corre parejas con la que se presenta entre los dichos señores primero nombrados, y el Dr. Elmer L. Corthell, primera autoridad en materia de tajamares paralelos exactamente del mismo sistema proyectado para las Bocas de Ceniza. Dice el Dr. Corthell en unas instrucciones clarísimas y perentorias presentadas al Segundo Congreso Científico Panamericano de Washington: "Los tajamares deben proyectarse en el mar hasta cerca de la profundidad de agua que se requiera para el canal que se va a abrir para la navegación y en una dirección, ya sea derecha-



Dibujo explicativo del movimiento ondulatorio causado por el viento—Fundamento de la teoría trocoidal de las olas.



Vista imaginaria del Puerto de la Guayra, con el malecón en proyecto a la derecha.



Fotocroquis del Puerto de la Guayra.

16º) La distancia aproximada a que se extienden superficialmente las aguas del Magdalena al entrar en el mar, con observación de las desviaciones anotadas por Black, MacKeney and Stewart. Esto durante diversas épocas;

17º) Las dimensiones de las mayores olas que puedan presentarse en la costa, mar adentro, con determinación de su longitud y de su altura;

18º) La posibilidad de cegar los caños de Río Viejo, Toscosa, Rompederos, etc., por medio de diques permeables;

19º) La posición de la barra y su forma durante las épocas secas y de crecientes del Magdalena, juntamente con la determinación de los canales que se formen cuando haya cambios, y

20º) La influencia en el transporte de arenas que pueda atribuírse al *drift*.

Simultáneamente con estos estudios, deben continuar los sondeos que actualmente adelanta el Ministerio de Obras Públicas, sobre la costa, mar adentro, en el río y sobre la barra.

Como la complejidad de las diversas acciones naturales y de su conjunto, que actúan en Bocas de Ceniza, es muy grande, como se ha tratado de demostrar anteriormente, convendría acompañar estos estudios con observaciones experimentales sobre modelos apropiados, en un laboratorio especial. Estas observaciones experimentales han sido aconsejadas por el ingeniero Mr. John R. Freeman, y se usan por la escuela alemana para tratar de llenar los vacíos que aún se presentan en las diversas teorías hidráulicas vigentes.

Como ejemplo de esta manera de proceder exhibimos en la plancha III una demostración objeti-

---

Berger. Es así claro que la experiencia habría condenado el dique de reacción de Haupt, no por lo sucedido en Aransas, donde el sistema **dio resultado relativo,** sino por la propia observación de la barra. La razón del cambio operado en el dique curvo de Aransas es muy explicable y se refiere sólo al hecho de que el aumento de velocidad y de sección por peralte del agua contra la concavidad del muro, produce socavaciones del fondo, y da un canal poco apropiado para la navegación; siendo del caso advertir que este defecto se corrige con la construcción por tramos rectos, para determinar un contorno poligonal, y con el aditamento de espolones o estribos normales al paramento.

Si en las Bocas de Ceniza llegara a predominar el arrastre del sedimento del río, cosa que sólo lo puede indicar otra experiencia de exploración análoga a la de Haupt, y que la contradiga, en el fenómeno de la formación de la barra, es claro que el tajamar del este, destinado principalmente a detener el **"drift sand"** de este a oeste, no bastaría para mantener abierto el canal, aún aceptando el principio de la reacción que indica Haupt así: "El objeto de las obras deberá ser conservar la energía de la corriente del río, impidiendo la dispersión de las corrientes fluviales sobre la sección entera de la barra exterior, no por medio de dos tajamares, que simplemente concentran esta fuerza sobre un punto solo y empujan la barra hacia adelante, requiriéndose así prolongaciones y gastos subsiguientes, sino construyendo un dique de guía para confinar la descarga a su canal natural, sobre la cresta de la barra, de tal manera que se impidan los depósitos allí".

De todas maneras parece natural suponer que durante la estación seca y cuando predominan los vientos reinantes de N. N. E. con las velocidades máximas indicadas por el Observatorio Meteorológico de los PP. Agustinos de Barranquilla y, cuando por la misma causa que produce el recrudecimiento de los alisios del norte, la zona de calmas ha pasado hacia el hemisferio austral, es decir, ha entrado esta estación seca en el valle del Magdalena y sus tributarios, es natural suponer, repetimos, que la formación de la barra en las bocas se atribuya a acción marítima predominante. Lo contrario se podría sugerir en el caso de estación lluviosa por avance de la zona de calmas hacia el norte, lo que haría sentir cortas corrientes de viento en otros sentidos, con aporte de gran caudal de aguas por el río: entonces, lo natural sería suponer como acción predominante en la formación de la barra, la del río. Punto interesante sería este de dilucidar experimentalmente; por desgracia los diversos técnicos que han estudiado las Bocas de Ceniza no hablan para nada de tales experiencias.

Tenemos, pues, explicado hasta cierto punto, el **por qué** de las ideas de Haupt y de Berger respecto a los sistemas que preconizan, y la razón de las modificaciones que Black, MacKeney & Stewart introdujeron a su proyecto primitivo presentado en 1920. Posiblemente estos últimos observaron como probable la acción predominante del arrastre de arena (**drifting sand**) de este a oeste, lo que habría colocado su tajamar oriental en condiciones difíciles de rompeolas para determinar así depósitos favorables a la formación nueva de la barra.

Explicadas de esta suerte las razones de la adopción del sistema de dos tajamares, de acuerdo con las indicaciones de Corthell, resta observar con hechos, el resultado del empleo de tales tajamares paralelos.

En su exposición al Segundo Congreso Científico Panamericano, dice el Dr. Corthell: "Los principios fundamentales derivados de la experiencia en la apertura de barras en las bocas de los ríos, conducen a las siguientes reglas:

Primera.—Se necesitan dos tajamares paralelos conectados debidamente con las riberas.

Segunda.—La distancia efectiva entre los tajamares debe ser aquella que se encuentra en la mejor sección del río en sus condiciones naturales.

Tercera.—Los tajamares deben construírse enteramente en toda su longitud, hasta un nivel más alto que las más altas aguas.

Cuarta.—El fondo debe protegerse contra la erosión mientras avanza la construcción de los tajamares.

Quinta.—Es condición **sine qua non** que los tajamares deben avanzar rápidamente en su construcción para impedir la formación de la barra adelante de ellos, como sucedió en la boca del Ródano y en otras obras, trayendo como consecuencia un extracosto y hasta el fracaso de la obra".

La condición contenida en el principio número seis de Corthell se expuso atrás al hablar de la dirección normal en que, según este autor, deben cortarse por los tajamares las corrientes predominantes.

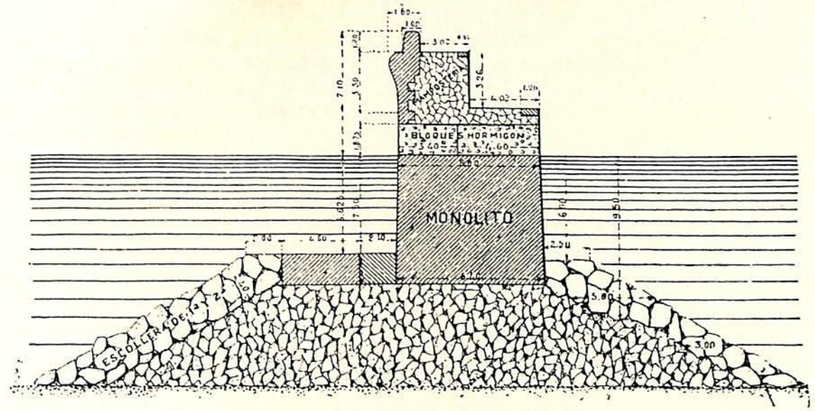
Enumeramos las reglas expuestas por el Dr. Corthell en las sesiones del Congreso Panamericano de Washington, como contribución especial, porque allí no se contradijo, a pesar de estos principios, la tesis de Haupt, que hasta parece recomendada por los expositores en la discusión, y porque tales principios no tienen tampoco nada de absoluto, conduciendo su aplicación directa a fracasos como el de la Boca del Río Grande del Sur, en el Brasil.

Según el Dr. Corthell, ingeniero jefe de la obra, las características de la boca en Río Grande son: amplitud de la marea 0.60 metros; viento predominante nordeste que produce corriente sobre la barra (este viento es muy fuerte: el viento más intenso corresponde a la dirección sudeste): el gasto medio es de 700 metros cúbicos por segundo; la velocidad máxima de la corriente es de 2.20 ms. por segundo. La profundidad del canal se fijó en 10 ms. y la distancia entre los dos tajamares paralelos en 750 ms. Como se ve, estas condiciones talvez son más semejantes a las de las Bocas de Ceniza que otras de obras similares en Norte América, y, sin embargo, hasta 1916 la apertura de la boca del Río Grande se consideraba como un fracaso que costaba cerca de 10.000.000 de dólares a la Compañía concesionaria.

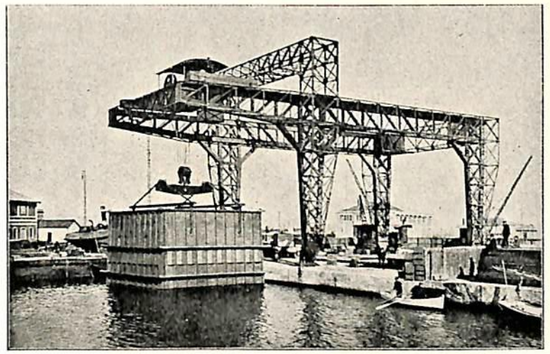
El Dr. Corthell explica este fracaso atribuyéndolo a que la Compañía insistió en separar los tajamares hasta la distancia de 945 ms. y añade: "Es sorprendente que una Comisión de seis ingenieros experimentadísimos de Inglaterra, Francia, Alemania y Holanda, que habían sido llamados como Consejo Consultivo, insistieran en ampliar la distancia entre los tajamares a 1.000 ms." Como resultado de los diversos experimentos, la obra definitiva estaba por hacer, después de mil variaciones en la posición de los tajamares, cuando se discutieron estos puntos en el Segundo Congreso Panamericano.

La explicación técnica que se puede dar al fracaso de las obras en la boca del Río Grande del Sur en el Brasil, fracaso que probablemente ya se ha remediado con la inversión de muchos millones, está en que el tal no se atribuye al sistema preconizado por el Dr. Corthell sino a las aplicaciones del mismo. Evidentemente en el sistema general de dos tajamares paralelos con adición de muros convergentes, pueden presentarse dos casos:

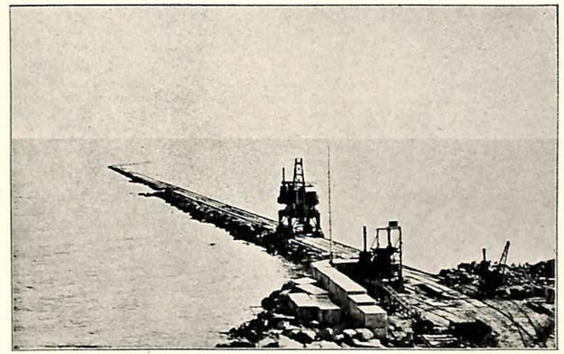
Primero. Desviación del canal dragado dentro del espacio comprendido entre los diques y tajamares por ser este espacio mayor del necesario y permitir el libre juego de



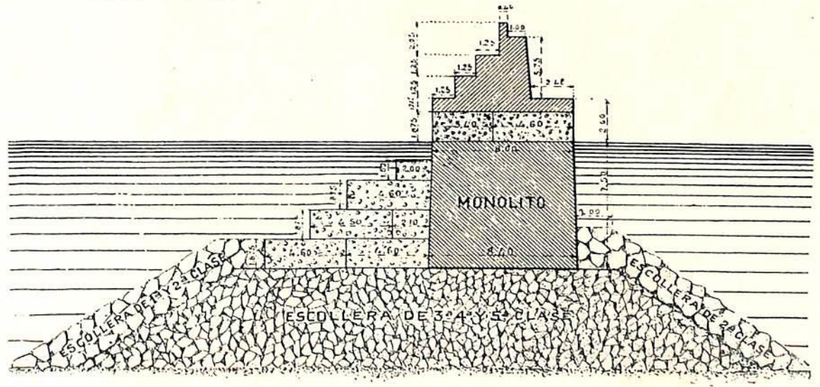
Obras del Puerto de Valencia—Sección adoptada para rompeolas, diques y malecones.



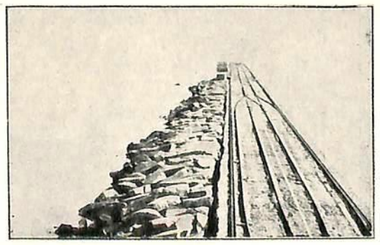
Obras del Puerto de Valencia — Cajón - molde para la construcción de monolitos.



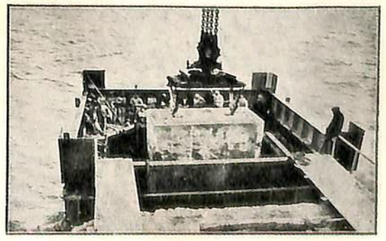
Obras del Puerto de Valencia—Dique del Norte en construcción.



Obras del Puerto de Valencia — Sección adoptada para diques y rompeolas.



Obras del Puerto de Valencia—Primer tramo del Dique Norte con indicación especial de la escollera.



Obras del Puerto de Valencia — Enfilación y asiento de un monolito.

va de lo realizado en el Canal de Kiel para determinar la influencia de la marea. Naturalmente, cada una de las fuerzas naturales en acción debe experimentarse por separado y con los distintos modelos de tajamares que se proyecten.

A primera vista parecen exageradamente prolijos los estudios que recomendamos, y pueden estimarse por quienes gustan de obrar a la ligera y precipitadamente, demasiado lentos y costosos; pero si se piensa que ya van gastados varios millones de pesos en la obra de Bocas de Ceniza sin resultado alguno apreciable, el esfuerzo que estos estudios demandan no es, en proporción, de mayor importancia, cuando los trabajos deben iniciarse en firme.

No queremos decir con esto que nada de lo hecho hasta ahora es aprovechable. Todo lo contrario. Además de una costosa experiencia nos restan en Bocas de Ceniza las obras ejecutadas en el río, sobre todo el Dique Boyacá, y el material acumulado por los constructores, juntamente con los limitados estudios verificados por los Interventores. Entre estos estudios figuran los trabajos topográficos y las exploraciones de canteras de que aparece una muestra en las cartas 1, 2 y 3.

---

las fuerzas que en los ríos producen el serpenteo del cauce por modo natural.

Segundo. Socavación del fondo del canal por causa de un estrechamiento demasiado grande del espacio entre los tajamares.

Así, pues, es necesario resolver el punto en cada caso, acertando precisamente con las dimensiones justas. En esto está la dificultad del problema, que no se pudo resolver durante bastantes años de experimentos en Río Grande del Sur y fue causa de la inversión inútil, allí verificada, de varios millones de pesos.

Evidentemente en todos estos asuntos reina un empirismo de natural explicación, que obliga a acatar la experiencia en cada caso particular, sin pretensiones de dar derechamente con la solución. Así lo vemos demostrado en el Paso Sudoeste de las obras del Mississippi, donde los tajamares rectos y convergentes sufrieron hasta 1911 adiciones y cambios de dirección en su prolongación, mar adentro, con el objeto de acomodar las obras a las necesidades indicadas por el mismo río.

Hemos creído conveniente hacer estas digresiones porque ellas conducen a la idea clara de que los dibujos presentados por los señores Black, MacKeney & Stewart y Julius Berger son sólo expresión de dos sistemas distintos, considerados de modo general y amplio, y no planos de obras rigurosamente proyectadas, que se van a replantear sobre el terreno como se replantean los planos de una casa o de una línea de ferrocarril.

Con este criterio analizamos sucintamente los planos de los señores Julius Berger y los últimos de Black, MacKeney & Stewart que se refieren a dos tajamares paralelos, comparándolos así:

Proyecto de Berger.—Este proyecto pretende aprovechar el canal actual del río sin modificarlo, con el objeto de evitar en lo futuro la conservación difícil de un canal artificial dentro de los diques y tajamares. Así, pues, como no acepta el sistema de Haupt en cuanto a la reacción que se pueda verificar por el tajamar o dique del este, se ven obligados sus proyectistas a introducir un dique de guía que se apoya contra la ribera occidental y forma la continuación de los diques y defensas de la Ciénaga de Mallorquín. Para evitar la proyección del arrastre de arenas (**drifting sand**) lo más posible, dentro del canal, haciendo que el viento reinante del N. N. E. levante las dunas que se forman en la lengua de tierra de Punta Faro, entre esta lengua y el tajamar, y lance las arenas sobre la ciénaga del este, al sur de Punta Faro, los proyectistas de Berger disponen el tajamar oriental en una posición casi normal a la lengua de tierra de Punta Faro. Ahora, como encurvan el dique de guía hacia la misma dirección, que es la del eje del canal natural de diez metros que hoy existe antes de la barra, pueden pretender conservar abierto el canal dragado en la barra por simple dirección del hilo de la corriente en tal sentido, aumentando la velocidad por estrechamiento contra el tajamar oriental. Como este aumento es progresivo y a voluntad de los constructores, por simple prolongación del dique de guía, es claro que sólo la experiencia podrá indicar el punto conveniente para detener tal dique cuando se logre obtener la velocidad suficiente para que la decantación de los sedimentos del río se opere mar adentro, fuera del sitio de la barra.

A simple vista salta que el inconveniente de este sistema reside en la socavación que se puede verificar sobre el dique de guía del oeste, por las razones dichas atrás, siendo que la corriente se movería contra la concavidad del dique, con aumento de peralte, velocidad y demás factores que pueden formar contra el muro o dique, un canal profundo y angosto y aun socavar el fondo con peligro para la obra. También se podría presentar una socavación en el extremo del tajamar del este. Claro está que estos efectos se podrían contrarrestar, en parte, con la introducción en la obra de secciones rectas de dique y agregación de

---

espolones o artificios semejantes, como se hizo en Aransas y como se ha hecho en el Paso Sudoeste del Mississippi.

En cuanto a la faja de tierra de Punta Faro no hay tal vez peligro alguno por parte de la corriente del río, que en cualquier circunstancia torciera su cauce para romper por allí nuevas bocas. La construcción del tajamar del este hasta la cota de diez metros o más, en el mar profundo, será una ayuda para que las fuerzas naturales, puestas en juego, continúen la formación de esta barra natural que no es dique sólido opuesto por la naturaleza para que el río no desborde hacia el este, sino la resultante móvil por esencia, pero creciente, de las acciones que allí obran. Esto no es una hipótesis, sino un hecho, que se observa y concuerda con lo dicho anteriormente sobre desalojamiento de las bocas hacia el oeste. Por estas razones obvias la Casa Berger se abstiene de proyectar allí muro o dique de defensa, como se abstuvo de proyectarlo el Sr. Haupt, quien conocía bien el fenómeno de formación de la lengua de tierra, o mejor, de dunas, de Punta Faro. Creemos que según Berger sólo un obstáculo insuperable en la boca actual podría obligar al río a romper por ese sitio, con la circunstancia de que quitando tal obstáculo volvería el canal de la corriente a torcer hacia el oeste, pues las causas que tal producen son inmutables en su permanencia periódica o en su continuidad.

No sucede lo mismo en las orillas del oeste, contra la ciénaga de Mallorquín. Por este motivo, tanto Berger como Black, MacKeney & Stewart, proyectan sensatamente defender tales orillas de la erosión actual por medio de diques, empalizadas o cualquier sistema que impida el ataque del río y aun consolide por depósitos de acarreo, la estabilidad de esas riberas.

Como se ve por lo expuesto, el sistema de la Casa Berger difiere esencialmente del proyectado por Black, MacKeney & Stewart con tajamares paralelos y diques convergentes sobre ambas riberas, en el hecho de que este último proyecto exige de modo imperioso la modificación total del cauce actual del río, desde la Punta de Mangles, sobre la orilla occidental, hasta la barra; pues de no hacerlo así se producirán de hecho, dentro de los diques y tajamares, dos pozos y un paso, es decir se determinaría la formación de una barra dentro de las obras construídas. Esto se explica fácilmente al observar cómo el hilo de la corriente del río iría a dar contra el dique y el tajamar del este, en el proyecto de Black, MacKeney & Stewart, para torcerse después hacia el centro del espacio dentro de los tajamares, con un cambio de dirección que originaría, por fenómenos mecánicos conocidos, la formación de un paso.

El sistema de Black, MacKeney & Stewart tiene la ventaja indudable de que si se acierta en la determinación de la distancia entre los tajamares paralelos, ello se puede hacer sin forzar mucho la velocidad y sin precipitar socavaciones en el fondo ni menos contra los tajamares.

Según las reglas de Corthell, vistas atrás, esta dimensión la han determinado Black, MacKeney & Stewart así, según lo exponen en su primer Informe: "El canal de los diques debe construírse de treinta y cinco pies de profundidad contando con la posibilidad de que sea necesario aumentar el fondo. Para esta profundidad está determinado el ancho entre diques a la entrada. Más abajo de la boca del brazo de Molinares, el río ha formado su canal en una sección regular que tiene una profundidad máxima de 48 pies, con un ancho de 1.732 pies, entre los contornos laterales de 35 pies. El ancho entre las orillas es de 2.353 pies y la velocidad de la corriente cerca de tres pies por segundo o de dos millas por hora. Esto es en general la clase de canal que se necesita a la entrada del dique, pero la profundidad máxima no debe pasar de 35 pies. Esto permitirá que sea mayor el ancho entre los diques a la entrada. Esta parte más ancha hará que la inclinación de los lados hasta el fondo, sea menos fuerte que la que existe

Una vez conocidos en detalle y completamente los datos que se requieren para poder proyectar las obras que deben asegurar un canal permanente para la navegación por Bocas de Ceniza, evitando hasta donde sea posible el dragado de conservación, que talvez nunca podrá eliminarse por completo, tales obras necesitan en su realización la técnica más estricta e inteligente.

Porque los trabajos marítimos son siempre difíciles y costosos y en ellos no se puede descuidar ningún detalle so pena de un fracaso total. Así nos atrevemos a censurar los métodos empleados por Ulen and Co., como censuramos los planes de Black, MacKeney and Stewart, porque han sido ellos tan deficientes que aún en el caso de un proyecto correcto habrían dado resultados desastrosos.

Efectivamente, quienes tengan alguna experiencia en esta clase de trabajos no habrán de aceptar que los llamados *tajamares* se construyan con el mismo sistema conque se han construído los diques y terraplenes que resguardan la orilla occidental del río y que han cegado la ciénaga de Pun-

en la orilla oriental de esta sección, impidiendo que los diques sean socavados o minados. Por estas y otras consideraciones es que el ancho de la entrada entre los ejes de los diques se ha fijado en 810 metros. Este es un ancho moderado que no retendrá la corriente del río y que permitirá la conservación del canal, una vez que tenga la profundidad deseada, por la concentración de la corriente producida por la construcción de los diques con la ayuda del dragado propuesto. La velocidad de la corriente a la entrada, aun en la época de las crecientes, no será lo suficiente para impedir la navegación fácil".

Es indudable, por las razones expuestas atrás, que tal vez en el proyecto de Black, MacKeney & Stewart sobran los diques de defensa sobre la faja de dunas de Punta Faro, y que por causa de la dirección del viento predominante y de los tajamares en proyecto, el tajamar occidental en parte pequeña, va a quedar expuesto al golpe de las olas dentro del canal, cosa que no sucede en el sistema adoptado por Berger.

Respecto a la protección de la faja de tierra de Punta Faro, dicen los señores Black, MacKeney & Stewart en informe privado dado a la Comisión:

"El extremo interior del tajamar oriental está localizado en la faja de arena del este, que por espacio de varios años ha estado anchándose y alargándose. Sin embargo, esto forma aún una base insegura, que puede ser rota por las fuerzas del mar y del río. Aquí el nivel general es de cerca de 4 pies, sobre agua baja en el mar, en la parte contra el mar, bajando suavemente hasta el nivel del agua hacia el sur. La superficie está cubierta con dunas de arena de 4 a 5 pies de alto sobre las cuales el mar rompe. En tiempo de lluvias intensas el nivel del agua hacia el sur es más alto que el mar y entonces se forman riachuelos temporales a través de la lengua de tierra. Es evidente que si la boca del Magdalena se contrajera demasiado por obras artificiales, o en tiempos de crecientes desusadas en el río (según Triana las máximas y mínimas aguas difieren en poco más de un metro) habría grave peligro que un corte profundo permanente pudiera ser hecho a través de uno o de ambos de esos cuellos o fajas (el del este y el del oeste) para que el río pudiera abandonar su canal al mar. Hablando de prospectar estas condiciones en nuestro informe de 18 de junio de 1923 se dice: Para reforzar la lengua o cuello de Punta Faro se extiende un dique de piedra del tajamar hasta el faro que se marca en el dibujo. Este dique será causa de que la faja aumente de espesor contra el mar y evitará el ataque de altas olas a lo largo de la ribera, que vengan de Ciénaga a Punta Faro, e impedirá también que las aguas altas extraordinarias del río corran sobre la faja o lengua hacia el mar. Esto último ocurre bajo condiciones extremas hoy día, y evidencia de estos movimientos fue visible durante el levantamiento de planos de 1920 a 1923, y también durante la inspección de 1924. Un punto extremamente débil se desarrolló durante el período de 1920 a 1923 cerca de dos kilómetros al este de la cabeza de la faja de Punta Faro, como se evidencia por las áreas de agua en tal punto en el mapa general, y el plano de la protección de la ribera ha sido modificado en este proyecto para plenamente guardar esta sección".

La opinión del representante de Berger sobre este y otros puntos es como sigue: "La parte más panda o más llena del lecho del río, o sea la situada al sur de la lengua de tierra se ha levantado un tanto durante los ocho últimos años. Esto lo están indicando las numerosas pequeñas islas que han surgido en esta parte y también la presencia de una faja de tierra que se extiende hacia el sur desde la punta llamada del Faro".

Fuera de esta observación afirma el representante de la Casa Berger, Dr. Thurner, que los cambios ocurridos durante los últimos años en las Bocas de Ceniza no son de mucha consideración. Así afirma: "En 1922 y 1923 tu-

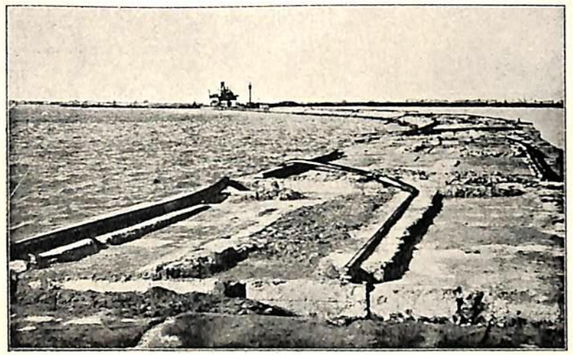
vimos varias veces la ocasión de ver la desembocadura del río Magdalena, desde un avión. Es así como hemos observado que allí no se ha efectuado cambio apreciable o sensible en relación con muchos planos que hicimos para el Gobierno en 1914".

"La entrada de la Ciénaga de Mallorquín parece haberse estrechado algo. Hacia el oeste de la Punta Faro se ve con nitidez, desde el avión, el fondo del mar y allí tampoco se observa cambio alguno de importancia. De suerte que se puede decir que, por lo menos en lo relativo a la forma de la superficie aparente de la región o desembocadura, ha sufrido un cambio favorable o de mejoramiento. Las únicas modificaciones que puedan tenerse en cuenta ahora son las que sufren periódicamente, tanto la forma del canal hondo del río en la barra y la de la parte de ésta que da hacia el mar, las cuales son producidas por la acción simultánea y constante de las dos únicas fuerzas que allí actúan, que son la del mar y la de la corriente del río. En época de creciente del río, se profundiza el lecho de éste en la barra, la zona de 10 metros de profundidad avanza dentro de ésta y la Punta de Faro sufre entonces un acortamiento. Al contrario, es decir, en la época de aguas bajas del río, el canal o zona de 10 metros de profundidad en la barra se obstruye y la Punta Faro se alarga; todo lo cual es debido, por una parte a los materiales que el río trae y por otra al acarreo que se efectúa a lo largo de la costa. Así mismo la parte que pudiéramos llamar exterior de la barra, sufre variaciones con la intensidad del viento que predomina; es decir, que si éste es fuerte la barra es lamida y si no lo es se ensancha o crece. En resumen, las variaciones que experimenta la región de la desembocadura del río son periódicas y obedecen a los cambios de intensidad de cada una de las dos fuerzas que allí actúan. Si en un momento dado predomina la fuerza del río hay una situación, y si la fuerza que impera es la del viento o sea la del mar, esta situación cambia, repitiéndose este cambio periódicamente".

Hasta ahora, en el curso de este Informe, he tratado de llevar a conocimiento de la Sociedad el hecho preciso de que en esta clase de obras hidráulicas de extraordinaria complejidad, es muy difícil establecer **a priori** fundamento no sólo para decir cuál plano (de los presentados para resolver el problema de las Bocas de Ceniza) es mejor, cosa absurda, pues se ha demostrado que los dibujos presentados son sólo esquemas de sistemas más o menos modificables, sino aun para decidir respecto del sistema que se debe adoptar. Si aun después de adoptado el sistema de tajamares paralelos con diques de empalme hasta las orillas de tierra firme (sistema que se dice da más garantías) en las obras del río Grande del Sur, una de las primeras autoridades mundiales en esta clase de trabajos y seis expertísimos ingenieros de varias nacionalidades no pudieron ponerse de acuerdo, ¿qué no ocurrirá en el presente caso, cuando se discuten sistemas y métodos diversos?

Ciertamente el solo hecho de la afirmación rotunda al respecto, de la observación de que los planos de las obras proyectadas son rigurosamente invariables, constituiría para la técnica base sobre qué levantar los fundamentos de la duda, por cuanto si hay algo cierto sobre este punto es que todo proyecto en curso de realización va a ser más o menos modificado, por la misma influencia que la obra determine sobre los múltiples agentes naturales puestos en juego.

Así, pues, no es posible decir rotundamente que uno de los sistemas propuestos para la apertura de las Bocas de Ceniza dará absoluto resultado, con pleno éxito, y que el otro será completo fracaso, pues la escogencia entre los dos proyectos puede ser más bien cuestión de precio: de erogación inmediata y de gastos de conservación posteriores; siendo posible que tanto los planos de Julius Berger, como los de Black, MacKeney & Stewart, sean igualmente rea-



Obras del Puerto de Valencia — Efectos de un temporal en la superestructura del Dique Norte.



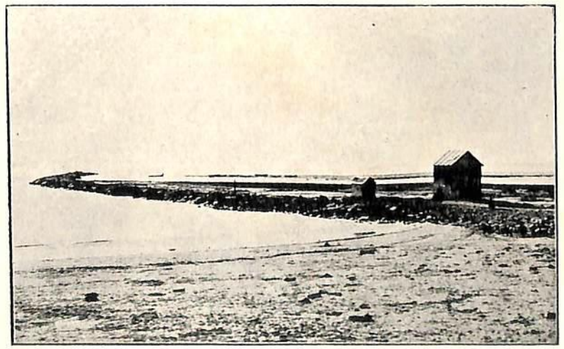
Obras del Puerto de Valencia — El malecón del Turia después del temporal que lo destruyó.



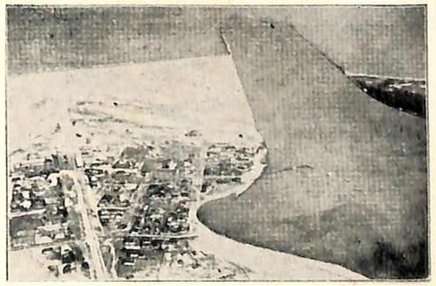
Obras del Puerto de Valencia — El malecón del Turia después del temporal que lo destruyó.



Obras del Puerto de Valencia — Efectos destructores de un temporal en el Dique Norte.



Obras del Puerto de Valencia — Vista del Malecón del Turia antes del temporal que lo destruyó.



Vista aérea oblicua de los tajamares paralelos y rectilíneos del Puerto de Tampico en la desembocadura del Río Pánuco.

ta Faro, en la margen oriental del mismo. Porque estos diques y terraplenes atraviesan aguas muertas o, a lo más, tienen que defenderse de la erosión fluvial, en tanto que los tajamares, sobre todo el oriental, están expuestos al embate de las olas.

El concienzudo estudio experimental que en alguna ocasión realizamos en las obras del Puerto de Valencia, en España, nos habilita para poder juzgar sobre este punto con relativo acierto, por cuanto estas obras se adelantaron con ciencia y experiencia y dentro de un presupuesto muy reducido. De ellas damos clara idea mediante las fotografías y los dibujos que aparecen en las planchas VII y VIII.

En alguna de estas planchas se ven los efectos destructores producidos por los temporales sobre la superestructura de los rompeolas y que nosotros pudimos observar personalmente. Tales efectos son realmente notables, pues por causa de un fuerte temporal de varios días de duración, con olas de fondo, hasta de 15 metros de velocidad por segundo, lo que corresponde a un empuje de 18 toneladas por metro cuadrado, se movieron bloques monolíticos de concreto hasta de 50 toneladas de pe-

---

lizables y conduzcan al fin deseado. La diferencia en todo caso estaría en los presupuestos.

En tesis general, la impresión recibida al pesar las razones técnicas expresadas atrás, es que el proyecto de Berger ha consultado precisa y cuidadosamente las condiciones locales de Bocas de Ceniza, procurando aprovechar de la mejor manera posible las fuerzas naturales que allí entran en juego, con datos científicos que parecen concluyentes, en tanto que Black, MacKeney & Stewart han preferido adoptar un sistema más general, que se ha usado mucho más que el de diques curvos y convergentes, pero que talvez se acomoda menos a las condiciones locales.

Si esta impresión llegara a acentuarse hasta constituír fundamento preciso para afirmaciones rotundas, se podría decir entonces que el proyecto de Berger es más económico que el de Black, MacKeney & Stewart por cuanto aprovecha mejor las circunstancias locales, hace sólo obras estrictamente necesarias y las fundamenta en razones técnicas que no es posible rechazar.

Ahora, pasando al aspecto económico de la cuestión, es bueno considerar el estudio comparativo verificado por el Ministerio de Obras Públicas sobre los proyectos y sus presupuestos, no para darle el valor real a los números que allí figuran, pues es necesario repetir que los planos no son elementos precisos e invariables que dan presupuestos exactos, sino para observar el relativo valor económico de los dos sistemas hoy en pugna, una vez desechado definitivamente el propuesto por Haupt.

En el estudio comparativo a que me refiero, el Ministerio analiza los valores propuestos por los proyectistas para sus diques y tajamares y saca la deducción de que la Casa Ulen construirá el metro lineal de tajamares a $ 682.70, en tanto que Berger ofrece hacerlo por $ 841.35, es decir, por un precio unitario superior. Talvez este punto de vista para comparar es algo ilusorio, pues al país poco le importa que la Casa Ulen suministre 885 metros más de tajamar, siendo preferible la calidad a la cantidad, es decir, que las obras conduzcan económicamente al fin propuesto, aun cuando tengan menos peso y volumen. Generalmente en estos casos el uso corriente es reducir a un precio unitario común para luégo verificar la comparación por la cuantía de las obras en proyecto.

Esto no tiene mayor importancia y por eso no insisto para seguir tomando el conjunto que es lo que en realidad puede representarnos los valores relativos de los dos proyectos.

Inmediatamente después de esta consideración viene la cuestión del dragado a complicar los presupuestos, pues tanto Ulen como Berger declaran que habrá que dragar en la realización de sus proyectos. La cuantía de este dragado no la consideran fácil de determinar los proyectistas, y por eso, para ser estrictamente justos, se puede suponer que él es igual para ambos proyectos en cuanto se refiere a la barra.

Como Berger supone 2.500.000 metros cúbicos de dragaje en la barra, es probable que la Casa Ulen al cubicar su proyecto para esta parte del dragado, saque un número parecido, pues tanto el proyecto de Black, MacKeney & Stewart, como el de Berger suponen estrictamente necesario el dragar la barra. Ahora ¿por qué no figura cualquier cantidad de metros cúbicos para representar el dragado del lecho del canal que se desvía desde Punta Mangles, en el proyecto de Black, MacKeney & Stewart, en una extensión de tres mil y más metros?

Desde el punto de vista del dragado inicial parece evidente que el proyecto de Berger es más económico que el de Black, MacKeney & Stewart, por cuanto precisamente en tal circunstancia se fundamentan las razones económicas del primero, que adopta el canal del río, sin modificarlo, para no entrar en el gasto de la excavación y dragado en un canal, que se apoya contra Punta Mangles, donde puede presentarse considerable excavación.

Para hacer una comparación de presupuestos que en estricta justicia diera algún resultado preciso, se debería cargar a los presupuestos de cada una de las Casas contratistas el valor del dragado al mismo precio unitario y de acuerdo con las ideas expuestas respecto de las obras proyectadas.

Al analizar las ofertas de Ulen y de Berger, entrando de lleno al estudio bajo el aspecto económico de la cuestión, salta a la vista que las casas contratistas al ofrecer al Gobierno han querido sistemáticamente dejar el asunto del dragado sin resolver ni precisar porque comprenden que este punto incierto es el capítulo de pérdidas y ganancias en este negocio, como factor enteramente desconocido. Así, pues, ellas en sus ofertas sucesivas convienen en adjudicar tácita o explícitamente al Gobierno la responsabilidad única de este capítulo. Por eso dice la Casa Berger en su oferta de septiembre de 1924:

"Es una cosa muy difícil calcular la cantidad de material que se debe dragar, y se comprende esa dificultad si se tiene en cuenta que la barra es invisible y que el esfuerzo se dirige a hacer este trabajo en su mayor parte automáticamente, es decir, a que el río y el mar se lleven ese material. También ofrece grandes dificultades el medirlo al ejecutarlo, porque en las tolvas de las dragas va revuelto el material sólido con agua en una porción también variable. Por tal motivo pondremos esto separadamente...".

La Casa Ulen, menos explícita, habla en el contrato celebrado con el Ministerio, únicamente de "servicios de la draga Salcedo" para apuntarlos en el capítulo del dragado, talvez con excesiva parsimonia, a pesar de que en el presupuesto primitivo de Black, MacKeney & Stewart, se habla de la adquisición, fuera de la draga Salcedo, de la draga Caribean, que pertenecía al Canal de Panamá.

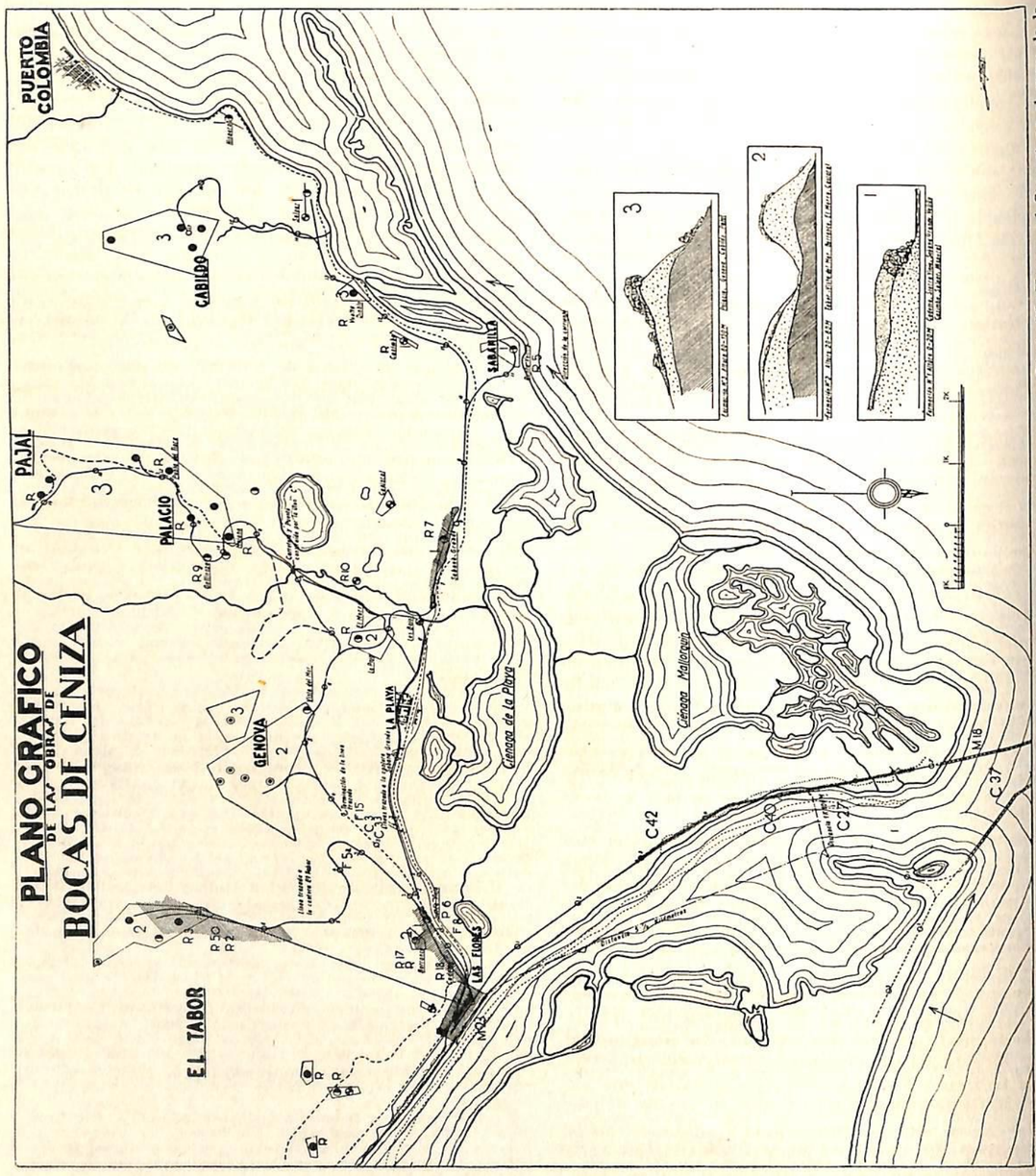
Esta cuestión del dragado es la parte más incierta de las obras hidráulicas semejantes a la que discutimos, pues es imposible prever nada concreto respecto de él, con la circunstancia de que se considera por algunos como factor decisivo en el éxito de las obras. Así lo afirma el Manual del Conductor de Trabajos Públicos refiriéndose a las obras de la bahía de Otago en Nueva Zelandia. En aquellas obras se ensayó únicamente el dragado con escaso resultado y por eso agrega el Conductor de Trabajos Públicos: "Tales experiencias no condenan el sistema de dragado, sino la manera de ponerlo en obra".

Parece que este concepto se hubiera escrito especialmente para defender la actuación de la Sociedad Colombiana de Ingenieros cuando rindió su estudio sobre las obras que iba a emprender la Compañía Colombiana de Bocas de Ceniza, Compañía que empleó la draga "Salcedo" de que habla el actual contrato con la Casa Ulen. Esta draga es un elemento muy deficiente que sólo ha dragado 800 metros cúbicos por día, durante corto tiempo, y que no puede emplear la succión sino a profundidades de veinte pies.

Pasando ahora a la cuestión de las garantías que haya para el país en la contratación de la obra de apertura de las Bocas de Ceniza, fuera de lo que llevo dicho al respecto, conviene anotar que el representante de la Casa Ulen, Sr. Ralph Riesgo, ha escrito al Gobierno:

"Para nosotros es enteramente imposible predecir con precisión el costo total de las Bocas de Ceniza... Por lo anterior, nos es imposible garantizar el costo máximo, ni en el total, ni en las unidades, ni podemos aceptar multas porque haya excedido nuestro presupuesto". (Carta de mayo 8 de 1924). Con respecto a nuestra conversación en la cual nos ha indicado la conveniencia de que la Casa Ulen garantice el éxito final de la obra de Bocas de Ceniza, sentimos mucho en decir que ésta es una garantía que nosotros no podemos dar... Con respecto a la cuestión de fijar un límite máximo para el costo de la obra y garantizar esta suma, esto es también imposible para

CARTA No. 3



nosotros... Estamos en la imposibilidad de garantizar un límite máximo en el costo de la obra sobre el cual deba pagarse comisión... Estamos en la imposibilidad de garantizar el éxito de la obra de las Bocas de Ceniza".

Como estas palabras son terminantes y su razón de ser está basada en las explicaciones técnicas que se han dado anteriormente, las acojo como propias. Así es claro que será de todo punto imposible contestar definitvamente a las preguntas del Consejo de Estado en lo que respecta a la efectividad, eficiencia y permanencia de las obras.

Dadas estas circunstancias la mayor garantía que puede tener el Gobierno del éxito de las obras depende en gran parte de la observación directa que él haga del resultado de los trabajos que se vayan ejecutando, para lo cual sería conveniente que hubiese en la obra un ingeniero experimentado en esta clase de trabajos que observe los resultados que se produzcan en el canal a medida que avancen las obras. La Casa constructora, de acuerdo con las observaciones que haga durante la construcción, no ejecutará sino las obras que a su juicio encuentre indispensables para obtener el canal que se desee, es decir, hará la obra más económica.

Jorge Alvarez Lleras.

so. Esto, ciertamente, corresponde a olas de dimensiones inusitadas en el Mediterráneo, pero que son frecuentes en otros mares, en donde se ha llegado a registrar esfuerzos mucho mayores. De aquí que Quinette, Cordemoy, Barberis, Bompiani, Laroche y otros que se han ocupado del asunto, fijen como límite del esfuerzo de las olas el de 30 toneladas por metro cuadrado.

Claro que este es un límite a que jamás se llegará en las Bocas de Ceniza, por cuanto, como se dijo atrás, la costa atlántica de Colombia se encuentra dentro de la zona de calmas ecuatoriales y nunca alcanzan a ella los ciclones de las Antillas de modo directo y en todo su poder destructor.

Pero si esta reflexión tiene gran peso para tranquilizarnos respecto de las dificultades que se presenten en la boca del Magdalena para la construcción de los tajamares, no hay que olvidar que los ingenieros constructores de las obras del puerto de La Guayra, en Venezuela, edificaron el rompeolas que defiende el puerto, con todas las reglas del arte empleando piedra suelta para el asiento y corazón del muro y bloques de concreto de grandes dimensiones para su coronamiento. Además defendieron la base del rompeolas, expuesta al ataque del mar, con escolleras, según puede verse en las ilustraciones respectivas (Plancha VI).

Los métodos empleados por la Casa Ulen and Co. en Bocas de Ceniza no pueden ser más primitivos: son los usados para terraplenes y rellenos que atraviesan fangales y aguas muertas. Se limitan a la construcción de caballetes o armazones de madera de estructura muy sencilla, armados sobre pilotes que se han hincado con martinete. Sobre ellos van las vías férreas, que han servido para el acarreo del material de relleno extraído de las canteras, y que es una mezcla de piedras calizas y tierra deleznable.

Ciertamente, los terraplenes así construídos han prestado muy buen servicio para la defensa de las márgenes del río. El llamado Dique Boyacá ha cumplido su objeto, aunque después de su construcción hubo necesidad de defenderlo con espolones (*spur-dikes*) contra la erosión causada por el río. Parece que el terraplén que sirvió para cegar la ciénaga de Punta Faro, también ha cumplido con el fin propuesto y que en la orilla oriental del río no hay peligro alguno que amenace la continuidad de la Isla de los Gómez, desde el brazo de Río Viejo hasta Punta Faro. No hay, pues, crítica que hacer sobre este punto.

Mas no sucede lo mismo cuando se piensa en la efectividad de obras marítimas construídas con sistemas tan elementales y sin contar con el material de construcción y la maquinaria que ellas requieren.

Se nos dirá que el Dique Boyacá prolongado dentro del mar, enfrente del Cabo Augusta, y bautizado con el nombre de "Tajamar Surí Salcedo", ha resistido hasta cierto punto; mas a esto conviene observar que ese tajamar, que es propiamente un dique de guía, no recibe directamente el golpe de las olas predominantes en Bocas de Ceniza, porque la misma barra le sirve de protección, ya que sobre ella ocurren las rompientes, resultado del choque del oleaje contra la corriente del río. No sucede lo mismo con el tajamar oriental, que, como hemos dicho, es un verdadero rompeolas.

Y la construcción de este tajamar o rompeolas aún no ha empezado en firme, como se ve por los mapas de sondeos levantados últimamente y que indican que su extremo no ha llegado hasta una profundidad suficiente. Ahora bien, a esta profundidad, las olas de poco fondo alcanzan a las obras construídas con un empuje muy limitado. De suerte que no puede decirse que en el llamado "Tajamar oriental Julio Gerlein", los métodos de construcción de la casa Ulen and Co. y de sus sucesores, hayan sido puestos a prueba.

Para dar una idea del empuje de las olas continuamos el estudio que de ellas hemos hecho atrás, ciñéndonos en parte a las deducciones del conocido ingeniero chileno, señor Jorge Lira Orrego, suficientemente conocido por los especialistas en cuestiones oceanográficas.

De la fórmula (9) que nos da el eje mayor de la elipse orbitaria en el fondo en el caso en que b_f es igual a cero, se deduce que esta cantidad se confunde con la distancia focal de la elipse, que es independiente de z. Calculándola para la órbita de superficie, se tendrá:

$$2c_s = 2a_f = 2\sqrt{a^2_s - b^2_s}$$

Y como

$a_s = k \,.\, b_s$ resulta: $2a_f = 2h\sqrt{k^2 - 1}$ (10)

Para determinar la cantidad h_o en que se ha elevado el centro de las órbitas de superficie respecto al nivel del agua en reposo, se tiene la fórmula:

$$h_o = \pi k \,.\, \frac{h^2}{2l} \qquad (11)$$

De una serie de medidas indicadas por Gaillard (Wave action), se desprende que cuando la profundidad es reducida, el valor de h_o se acerca a la expresión: $h_o = \pi k^2 \,.\, \frac{h^2}{2l}$ (12) Esta expresión es, pues, el resultado de observaciones prácticas, siendo la (11) un valor teórico.

El valor del período $2T$ de las olas que se propagan en profundidad reducida, es:

$$2T = 2\sqrt{\frac{\pi l}{g} \,.\, cotang.\ hip.\ \frac{\pi H}{l}}.$$

En esta fórmula g es el valor de la aceleración de la gravedad en el sitio que se considera. Se puede poner también: $2T = 2\sqrt{k \,.\, \frac{\pi l}{g}}$. O también:

$$2T = 0.8\sqrt{k} \,.\, \sqrt{2l} \qquad (13)$$

El período $2T$ es el elemento más fácilmente medible en la práctica y de él puede deducirse la longitud de la ola $2l$, cuando se conoce a H.

Este período medido sirve para comprobar el valor de la velocidad de la ola.

Conociendo la longitud de una ola y su período, se puede determinar su velocidad de propagación v por la fórmula $v = \frac{2l}{2T} = \frac{l}{T} = \sqrt{\frac{gl}{\pi k}}$. (14)

De manera análoga, con los elementos ya conocidos se puede calcular la velocidad máxima orbitaria, que vale:

$$v_s = \frac{2\pi a_s}{2T} = \frac{\pi k . h}{T}. \quad (15)$$

Con las fórmulas (14) y (15) y los demás elementos que se han expuesto, es fácil calcular la presión que las olas ejercen sobre un muro vertical, caso práctico en donde es posible la verificación experimental, de acuerdo con los principios sentados por Gaillard en su obra "Wave action", en donde se lee: 1º) El choque de las olas no puede asemejarse al de un cuerpo sólido; 2º) Las presiones marcadas experimentalmente por los dinamómetros son únicamente dinámicas; 3º Las presiones medidas se conforman aparentemente con las leyes hidrodinámicas que rigen la acción de una corriente sobre una placa plana sumergida, y 4º Una masa de agua proyectada en el aire contra una placa, no produce mayor presión que una corriente de igual velocidad.

La experimentación práctica, en laboratorios especiales, ha permitido verificar las anteriores conclusiones y poner de acuerdo la teoría con la experiencia. Así, las presiones (dada la velocidad de la ola) contra una superficie plana colocada normalmente a la dirección del movimiento, que se han registrado en Losana, en Génova, en Argel y, sobre todo, en el laboratorio hidrotécnico "Timonoff", de Leningrado, no difieren grandemente de lo que indica la teoría.

Esta teoría se desarrolla por Gaillard del estudio analítico expuesto, poniendo la expresión: p (presión máxima ejercida por la ola) $= f . d \frac{u^2}{2g}$. En esta fórmula f es un coeficiente experimental, d es el peso de la unidad de volumen del agua y u una velocidad ficticia: $u = v + v_s$. Según las expresiones (14) y (15)

$$u = \sqrt{\frac{gl}{\pi k}} + \frac{\pi k h}{T} \quad (16)$$

Aplicando las relaciones anteriores, y como un ejemplo, Lira Orrego obtuvo en Valparaíso, para olas de 9 metros de altura y 90 metros de largo, presiones máximas de 19 toneladas por metro cuadrado y en Antofagasta, para olas de la misma longitud y 6 metros de altura, presiones hasta de 14 toneladas.

Teóricamente el cálculo de las presiones o empujes de las olas en las condiciones particulares apuntadas, tiene importancia para rompeolas de muro vertical; pero en la práctica para estructuras de perfil vario y aún de piedra suelta, las condiciones dichas no se realizan y el empuje del oleaje reviste caracteres de gran complejidad. Así lo anterior solamente debe servirnos para darnos alguna idea numérica de la acción destructora de las olas sobre las obras hidráulicas marítimas que están expuestas a ellas.

De modo general se puede decir que las olas ejercen las siguientes acciones: a) fuerza directa horizontal; b) fuerza vertical hacia arriba; c) fuerza vertical hacia abajo, cuando cae la ola, y d) fuerza de succión, que es la acción producida por una ola cuando se retira y que tiende a mover el lecho de las fundaciones y a socavar el asiento de las obras.

a). *Fuerzas horizontales.* El empuje horizontal de la ola produce el impacto o choque contra el obstáculo, muro o tajamar, y, según lo hemos visto, se puede calcular directamente.

b). *Fuerza vertical hacia arriba.* Por experimentos hechos por Stevenson se ha observado que este esfuerzo llega a ser, sobre cualquier porción de un muro que se proyecte fuera de la vertical, igual a ocho veces el correspondiente esfuerzo horizontal calculado, cuando se pasa de una altura, para el punto considerado, de 8 metros sobre el nivel del mar.

c). *Fuerza vertical hacia abajo.* Este esfuerzo es debido a la caída del agua proyectada contra un obstáculo y que ha subido en virtud de la acción anterior. Experimentalmente se ha encontrado que al golpear la ola contra un obstáculo se levanta siete veces más que el alto de la ola, poco más o menos. Así es posible calcular el choque de caída conociendo la altura y la masa de agua.

d). *Esfuerzo de succión.* Los experimentos de Stevenson han demostrado que este esfuerzo puede llegar a ser tres veces mayor que el empuje horizontal directo.

Por lo expuesto se puede decir, hablando de la sección vertical de un muelle, parapeto, rompeolas, tajamar u otra estructura semejante, que los puntos más débiles son la base y el coronamiento. De aquí la importancia de estudiar el contorno de la sección de un tajamar, evitando la colocación de piezas salientes, como bloques o piedras sueltas, y procurando que el talud expuesto sea lo menos inclinado posible. Por estas razones también, se procura que en la base haya escolleras de defensa y en el coronamiento grandes bloques, convenientemente trabados.

Sobre los efectos destructores producidos por las olas han exagerado algunos autores; pero conviene tener en cuenta su opinión, porque en obras tan costosas como suelen serlo generalmente las marítimas, más vale pecar por exceso de prudencia. Por esta razón copiamos en seguida la opinión de Scott Moncrieff, quien dice: "Es preciso recordar que la acción de las olas sobre una estructura es dinámica. El agua que corre a lo largo de un tubo si se detiene súbitamente, ejerce, como se sabe, una extrapresión sobre las paredes del tubo, que se agrega a la presión estática debida a la cabeza de agua. Esta extrapresión se debe a la anulación súbita de la velocidad del agua que se mueve. En el caso de la acción de las olas sobre las obras marítimas, tenemos grandes masas de agua que se mueven con velocidades considerables y que se anulan súbitamente por causa del impacto, como sucede en el caso de un tubo que sufre el choque que se llama de *ariete*. Como las masas de agua en movimiento por causa de las olas son superiores a cuanto el hombre pueda producir moviendo agua a lo largo de un tubo, resulta que las acciones dinámicas de las olas son generalmente muy considerables, y en tiempos de tempestad pueden llegar a ser gigantescas..."

Hemos calificado de primitivos los procedimientos de construcción puestos en práctica por Ulen and Co. para la erección de sus tajamares, y creemos que las consideraciones anteriores nos habrán de dar la razón ante cualquier lector imparcial. Porque es imposible pensar que el rompeolas o tajamar oriental de Bocas de Ceniza pueda adelantarse mar adentro, siguiendo el sistema de caballetes y de relleno que tan buen resultado les dio a los contratistas cuando se trató de cegar la ciénaga de Punta Faro o de cerrar cualquier comunicación del río con la ciénaga de Mallorquín. Por eso ellos prudentemente se abstuvieron de continuar la construcción del tajamar oriental más allá de la profundidad de cinco metros, cuando es indispensable llegar hasta la curva de sondeos de doce metros, como lo proyectó la Casa Berger.

No está por demás insistir en este lugar sobre la consideración hecha anteriormente, cuando dijimos que el tajamar occidental, a pesar de su pésima construcción, medio ha resistido hasta ahora, por la sencilla razón de que el oleaje predominante en las Bocas de Ceniza no le alcanza. El choque de las olas se verifica contra la corriente del río, sobre la barra, y así los efectos dinámicos que hemos estudiado no llegan al llamado tajamar, y éste se comporta como si estuviese construído en aguas muertas.

Pero lo más curioso del caso es que la Casa Ulen and Co. en muchas ocasiones omitió cumplir lo prospectado por sus ingenieros proyectistas e interventores, los señores Black, MacKeney and Stewart. Así por ejemplo, dicen estos últimos: "Como las materias que forman la barra son suaves, es económico el empleo de empalletados de broza como base en la construcción de los diques. Para esto se puede emplear con ventaja el mangle. Esta base o cimiento de empalletado debe extenderse por alguna distancia fuera de los murallones que forman los diques para prevenir el desgaste causado por las olas y las corrientes cerca de los costados de dichos diques".

Evidentemente, los señores Ulen and Co. o no entendieron o no quisieron cumplir esta instrucción. Talvez no la entendieron, pues su redacción, como la de toda la Memoria a que hemos venido refiriéndonos, deja mucho qué desear. En todo caso el ovido de los constructores es fundamental a este respecto y significa total ignorancia de la manera como suelen adelantarse estas obras marítimas, como podríamos demostrarlo exhibiendo cartas de los tajamares construídos en las bocas del Mississippi, donde se han empleado colchones de rama, convenientemente tejidos, para colocar sobre ellos las piedras del tajamar. Estos empalletados o colchones se refuerzan con escolleras para evitar la socavación de la base, cosa importantísima, pues el poder socavador de las olas es enorme según se echa de ver al estudiar los esfuerzos *c*) y *d*), pormenorizados atrás.

En nuestro modesto sentir, el tajamar oriental de Bocas de Ceniza, que es un rompeolas, no podría adelantarse con éxito si no se siguen en su construcción los métodos conocidos y aconsejados; es decir, si no se emplean los empalletados que indicaron Black, MacKeney and Stewart, si no se refuerzan estos empalletados con escolleras convenientes, si no se usan taludes poco inclinados, si el relleno de piedra suelta no es suficientemente homogéneo y si el murallón no se corona por bloques muy pesados, ojalá de concreto, debidamente trabados. Proceder de otra suerte será ir al fracaso, pues a medida que la obra penetre dentro del mar crecerán en progresión geométrica, por decirlo así, los efectos destructores de las olas.

Podríamos exponer en este lugar infinidad de perfiles adoptados para rompeolas, diques y malecones en muchas partes del mundo, pero nos abstenemos de hacerlo para no alargarnos demasiado. Estos documentos gráficos demostrarían que estamos en lo cierto, aún en el caso de obras enteramente construídas por el sistema de *pierres perdues*. Para quienes se interesen en profundizar más este punto recomendamos la lectura del artículo de la Enciclopedia Británica (Breakwater) en donde se exhiben modelos de rompeolas de Plymouth, Portland, Colón, Cette, Port Said, Alejandría, Boulogne, Casablanca, Marsella, Civitavecchia, Fishguard, Colombo, Delaware, Nápoles, Madras, Marmagao, Génova, Mustafá, Valparaíso, Zeibrugge, Dover, Tyne, Sunderland, bocas del Mississippi y otros lugares del mundo. Allí se estudian los siguientes tipos: De piedra suelta (mound breakwaters), del mismo material con protección de bloques de concreto, del mismo material con superestructura elaborada en la parte superior, del mismo material con mampostería en la base, de muro vertical, de bloques gigantes de concreto (cyclopean concrete blocks), de bloques moldeados y trabados, de paramentos especiales de mampostería y concreto, etc. Para muestra objetiva de cómo se proyectan los rompeolas y demás estructuras marítimas, nos limitamos a insertar secciones típicas usadas en las obras del Puerto de Valencia, por la razón apuntada atrás, de que conocemos personalmente estas obras y sabemos cómo trabajan contra la acción del mar.

MATERIALES APROPIADOS PARA LAS OBRAS, EXISTENTES EN LA REGION

En toda la región comprendida entre Las Flores y Puerto Colombia, existe piedra aprovechable para el relleno de los tajamares y que ha sido utilizada por los contratistas con ventaja en sus terraplenes, pero que no sirve del todo para las partes del rompeolas expuestas a la acción directa del mar. Por eso conviene también el empleo del concreto, ya moldeado en bloques pequeños, para las escolleras, ya armado en bloques de gran tamaño para el coronamiento de los murallones.

Esta piedra se encuentra en la formación geológica del occidente del Magdalena, consistente en restos erosionados de tres terrazas de arenisca calcárea y piedra de cal silícea que se manifiestan en formaciones de cantos, de conglomerados (boulders) o monolitos, expuestas en las partes altas de las colinas de la región, o como es el caso para los aglomerados o cantos de tamaño pequeño, enterrados bajo el suelo arenoso sobre lechos de *caliche*. Los conglomerados grandes aparecen como bloques monolíticos y restos de las tres terrazas lavadas, erosionadas y desintegradas por agentes exteriores, entre los cuales hay que contar el ácido carbónico (CO^2) proveniente de la descomposición de materias vegetales, para dar lugar a lechos constituídos por arena, carbonato de cal, sílice, sales de magnesio, etc. Esta mezcla recibe el nombre de caliche.

Las rocas utilizables en Bocas de Ceniza son, pues, calcáreas y areniscas blandas, pero que abundan en diversos lugares llamados canteras, ya enterradas en el caliche, ya expuestas en agrupaciones de cantos de tamaño medio, siendo raros los bloques monolíticos de tamaño grande. La abundancia de este material permite su económica explotación en los lugares próximos a la obra, pero su costo se recarga por causa de los transportes, y por ese motivo los constructores Ulen and Co. estudiaron varias líneas férreas que aparecen en el mapa en colores adjunto. También aparecen allí las canteras prospectadas.

De acuerdo con lo dicho por Black, MacKeney and Stewart, el *mangle*, que es abundantísimo en la región, conviene muy bien para hacer los empalletados o colchones de que se ha hablado, y que podrían servir también para defender las orillas del río y las obras fluviales expuestas a la erosión de la corriente del Magdalena. Además de esto, hay que observar que la madera de mangle traída de otras regiones del río, se presta para la construcción de los caballetes o armaduras de que se han servido los contratistas para sus diques y terraplenes. Talvez es mejor, para este propósito, que el pino blanco de Norte América, usado abundantemente en la obra y que está sujeto a la destrucción producida por el *teredo navalis*, tan común en las aguas salobres del trópico. Prueba de esto nos la dan los enfaginados construídos por los contratistas con ramas de mangle, y que han dado buen resultado.

De lo anterior se deduce que en la región de las Bocas de Ceniza existen materiales apropiados para la obra, contra la opinión de algunos críticos que en un principio se empeñaron en que la roca allí prospectada no podía utilizarse en forma alguna.

LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LAS OBRAS EJECUTADAS

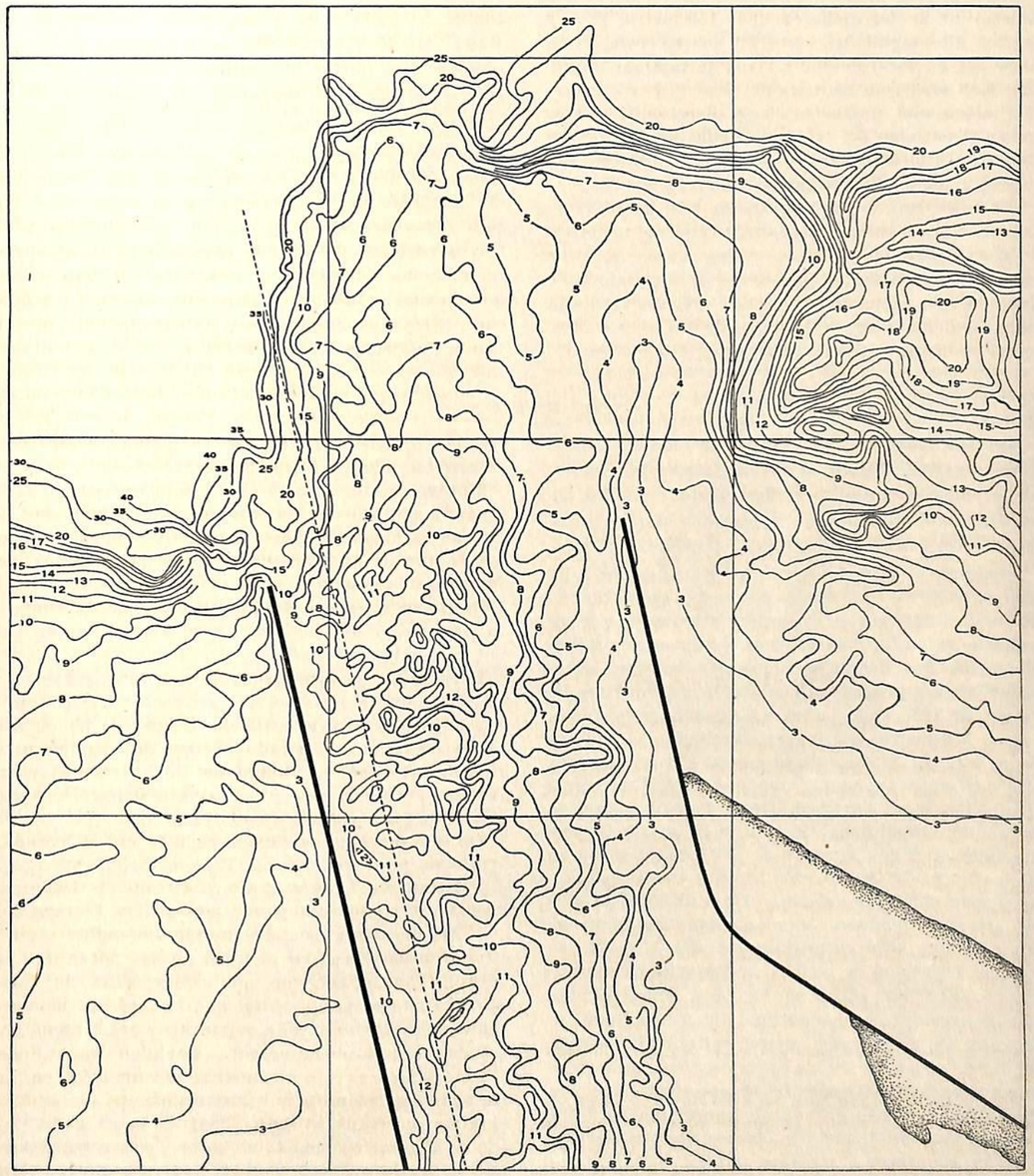
En el plano hidrográfico del río Magdalena (Bocas de Ceniza), levantado por el Ingeniero de conservación de la obra, a principios de 1944, y que se inserta a continuación, es fácil ver examinando las curvas batimétricas que en él aparecen, que el canal sobre la barra se encuentra limitado a una zona de menos de doscientos metros de ancho, con una profundidad media de diez metros. Este canal aparece cargado completamente contra el dique o tajamar occidental, en la dirección que tiene el llamado Dique Boyacá construído con el propósito de contener el río que tiende a desalojarse hacia el oeste. En realidad de verdad, este tajamar no es sino la continuación del Dique Boyacá, y actualmente termina a una profundidad próxima a la cota de 10 m.

Como la distancia que separa los tajamares es de 900 metros, cualquiera puede observar que los restantes 700 metros corresponden en su mayor parte a bajos fondos, es decir, son totalmente perdidos para el efecto que se busca. Probablemente la profundidad media de esta porción entre tajamares, impropia para la navegación, no pasa de 5 metros, lo que prueba experimentalmente que la sección adoptada por Black, MacKeney and Stewart no es la aconsejada. Talvez Mr. Freeman tenía razón cuando opinaba que la distancia entre tajamares fijada por los proyectistas de Bocas de Ceniza, es tres veces mayor de lo que debiera ser, si ellos hubieran seguido estrictamente la segunda regla de Corthell.

Ciertamente y por simples consideraciones elementales, cualquiera puede pensar que con un ancho de 400 metros o un poco más, se hubiera obtenido un canal regular para la navegación si los señores Black, MacKeney and Stewart y la Casa Ulen and Co. no se hubieran empeñado mañosamente en sujetarse a la topografía del terreno para ejecutar las menores obras posibles. Ahora bien, es claro que en las circunstancias actuales, según lo indica el plano a que nos referimos, el llamado tajamar oriental no está sirviendo para nada. Todo lo contrario, si el tal llegara a construírse hasta la profundidad estimada como necesaria, sería más que probable que el canal estrecho que existe, como se ha dicho, contra el dique occidental, desaparecería para dar lugar a que las aguas del río se desparramaran dentro de los tajamares mismos,

creándose así una situación peor que la que había antes de empezar las obras.

El documento que estamos examinando es elocuente: habla por sí solo y demuestra que el remedio indicado por algunos para enmendar el fracaso, consistente en prolongar el tajamar oriental, no solamente es ineficaz, sino que sería contraproducente. Talvez lo único práctico que se obtendría con ello sería asegurar la estabilidad del tajamar occidental, que varias veces ha estado comprometida, como se desprende del siguiente pasaje tomado de la Memoria del Ministerio de Obras Públicas, de 1938: "El tajamar occidental había avanzado hasta su extremidad, o sean los 1.600 metros



Ministerio de Obras Públicas. — Sección de Navegación y Puertos. — *Administración del Puerto* (terminal marítimo) *fluvial de Barranquilla.* (Conservación de las obras de Bocas de Ceniza). *Plano Hidrográfico del Río Magdalena. Canal de entrada del Puerto.* (Tajamares). M. Escallón. Ingeniero de conservación de Bocas de Ceniza. Febrero 10 de 1944.

Plano con curvas de profundidad referidas al nivel del mar (media de los mínimos de baja marea). Sondeos en metros
En este plano se anota con la línea punteada el eje del canal existente en esa época.

correspondientes al contrato, pero sin estar completo en cuanto a sus dimensiones transversales (y con materiales en gran parte deficientes, en opinión del que suscribe estos datos) cuando el día 30 de agosto de 1935, y sin que mediara oleaje fuerte ni vientos fuertes, sin crecientes del río, se derrumbó la última parte del tajamar en una extensión de 200 metros aproximadamente. En la noche del mismo día se derrumbaron unos 150 metros más, y en los días siguientes otros 80 metros, completándose así un total de 430 metros de tajamar hundido. Más tarde, en los días del 7 al 9 de diciembre del mismo año, un fuerte oleaje dispersó 54 metros más del extremo del tajamar occidental que no había sido suficientemente reforzado". (Informe del Consejo Nacional de Vías de Comunicación).

La catástrofe a que se refieren las líneas anteriores, y que se ha repetido otras veces en menor escala, se debió evidentemente a dos causas: a la acción de erosión del río y a la labor socavadora de las olas que no alcanzaron a ser detenidas por la natural defensa de la barra y de las rompientes, como se dijo atrás. Por esta razón, el Consejo Nacional de Vías insistió en que los dos tajamares se adentraran simultáneamente, porque comprendió que sin la ayuda del tajamar oriental el dique "Surí Salcedo" estaba expuesto a derrumbarse en cualquier momento. Así creemos nosotros que la prolongación efectiva del rompeolas oriental es una necesidad para la conservación de esta obra. ¿Pero valdrá la pena de realizarlo así, dentro de las actuales estipulaciones y siguiendo los planos de Black, MacKeney and Stewart? ¿Qué se gana con obtener a la postre un resultado como el que aparece en el plano hidrográfico que comentamos?

Porque este plano, examinado a conciencia, es documento precioso para demostrar que las obras ejecutadas hasta ahora en Bocas de Ceniza no han dado resultado. Si se reflexiona a espacio talvez se llegue a pensar que más bien han empeorado las condiciones naturales, que existían antes de la intervención de los contratistas constructores, cuando el canal se abría naturalmente en algunas épocas utilizadas para ensayar la navegación por las Bocas de Ceniza.

CONCLUSIONES

De esta manera de pensar no ha sido el Ministerio de Obras Públicas, entidad animada siempre de la mejor voluntad, pero desorientada por los optimistas que no admiten críticas ni reparos. En la Memoria del Ministerio, de 1936, se lee lo siguiente:

"Durante el período de construcción de los tajamares, había en la desembocadura una barra de cerca de un kilómetro de extensión, atravesada por un estrecho canal de, más o menos, 7 metros de profundidad. Durante los meses siguientes, la barra avanzó de manera progresiva hacia el norte, y a fines de agosto de 1935, toda la barra se deslizó y desaparecieron 200 metros del tajamar occidental, hundidos en el mar. El 30 del mismo mes se perdieron otros 200 metros de tajamar y quedó así reducida considerablemente su longitud. Desde aquella época, se ha mantenido un canal de más de 10 metros de profundidad, con una anchura de 400 metros, a través de las Bocas de Ceniza, canal que se sostuvo durante el nivel más alto del río, a fines de 1935, lo mismo que en los primeros meses de este año, en que se presentó una baja extraordinaria del río, sin que hubiera necesidad de recurrir a dragados de conservación. El fuerte oleaje en la época de los vientos alisios arrastra gran cantidad de piedra que se deposita en los rellenos y que forma taludes más tendidos, como se había previsto, cuyos asentamientos se han reforzado de tiempo en tiempo por medio de roca más grande, de suerte que hoy día los rellenos han llegado a obtener mayor firmeza y están expuestos a menores daños".

"*Este estado de cosas es ampliamente satisfactorio y pone de manifiesto el éxito de las obras ejecutadas,* pues, como se sabe, varios buques marítimos de gran calado, particulares y oficiales, cruzaron las Bocas de Ceniza en los últimos meses con entera facilidad y seguridad".

Naturalmente, de este optimismo no todos participan y por eso recientemente el Gobierno de los Estados Unidos de Norte América ha prohibido a los buques de su bandera que crucen la barra de Bocas de Ceniza, y el mismo Ministerio de Obras Públicas se ha visto obligado a celebrar un contrato para dragar eficazmente y conservar así un canal navegable a través de esta barra.

Para nosotros esta resolución es muy plausible: es lo que ha debido hacerse desde un principio, antes de gastar catorce millones de pesos (9) en las obras que hemos criticado y cuyo desastre se previó por la Sociedad Colombiana de Ingenieros, cuando esta entidad aconsejó el dragado previo, como ensayo y para estudiar mejor las cosas.

De este desastre no tienen toda la culpa los contratistas, pues en mayo de 1924, el Sr. Ralph Riesgo, Agente de Ulen and Co., escribió al Gobierno en extensa correspondencia y con entera franqueza:

"Para nosotros es enteramente imposible predecir con precisión el costo total de las Bocas de Ceniza... Por lo anterior, nos es imposible garantizar el costo máximo, ni en el total, ni en las unidades, ni podemos aceptar multas porque haya excedido nuestro presupuesto". (Carta de mayo 8 de 1924). "Con respecto a nuestra conversación en la cual nos ha indicado la conveniencia de que la Casa Ulen garantice el éxito final de la obra de Bocas de Ceniza, sentimos mucho en decir que esta es una garantía que nosotros no podemos dar... Con respecto a la cuestión de fijar un límite máximo para el costo de la obra y garantizar esta suma, esto es también imposible para nosotros... Estamos en la imposibilidad de garantizar un límite máximo en el costo de la obra sobre el cual deba pagarse comisión... Estamos en la imposibilidad de garantizar el éxito de la obra de las Bocas de Ceniza".

(9) Algunos hablan de diez y seis a diez y ocho millones de pesos.

Hemos calificado de plausible la resolución del actual Ministro de Obras Públicas encaminada a que se practique un dragado sobre la barra con el empleo de una draga de succión eficaz (no la fementida "Draga Salcedo" que poseyó la Compañía Colombiana de Bocas de Ceniza, inútil del todo). Pero mucho más plausible sería que el Gobierno adquiriera para la empresa, en forma de propiedad permanente, la máquina en cuestión, para que esté siempre en servicio y después de terminados los trabajos se encargue de la conservación de la obra.

Es evidente que dragando con constancia se puede obtener algo que mejore las actuales circunstancias tan adversas para Barranquilla, y es más evidente aún que esta labor de dragado habrá de facilitar los estudios que hemos recomendado en esta Memoria y que podrían encargarse a técnicos extranjeros ejercitados, o mejor, a jóvenes ingenieros colombianos que vayan al Exterior a perfeccionarse en esta clase de técnica.

Estos jóvenes, una vez en posesión de sólidos conocimientos, indicarían al Ministerio de Obras Públicas lo más acertado, evitando así que esta entidad se vea obligada a atenerse tan sólo al criterio de autoridad, criterio que condujo antaño a confiar a ciegas en los señores Black, MacKeney and Stewart y Ulen and Co., cuando el Ministerio dijo a la Sociedad Colombiana de Ingenieros: "Es de anotar que las bocas de los ríos, puertos de mar y en general la Geología de los Estados Unidos son muy semejantes a los de Colombia y América del Sur, en general, siendo que ambos países están en el mismo Continente, por cuya razón es más que probable que los medios que se han empleado en los Estados Unidos para obras similares a las de las Bocas de Ceniza, tengan el mismo éxito en las condiciones iguales que existen en las Bocas del río Magdalena".

Singular concepto éste y contra el cual no valieron argumentos; porque quienes creyeron que las condiciones climatéricas del Canadá, por ejemplo, deben de ser enteramente iguales a las de Colombia por estar ambos países situados en el mismo Continente, aun cuando ignoraron la Geografía, la Geología, la Meteorología, etc., poseyeron el insustituíble criterio de certeza que ahora nos falta a nosotros, falta que nos mueve a reflexionar, comparar, indagar y formular críticas, exponiéndonos a errar y, fatalmente, a no ser creídos.

En épocas pasadas tampoco fuimos creídos cuando formulamos serias objeciones a los planes de Black, MacKeney and Stewart y de Ulen and Co. e hicimos ver claramente al Gobierno que tarde o temprano se llegaría al fracaso en las obras de las Bocas de Ceniza; por eso entonces quisimos apoyarnos en ese criterio de autoridad tan decisivo ante los dirigentes de nuestro país, y patrióticamente intentamos conseguir la colaboración de la American Society of Civils Engineers en la empresa en que estábamos empeñados. Pero esta colaboración ofrecida generosamente por el primer cuerpo de ingenieros del mundo no fue aceptada a la postre, porque contra ella se interpusieron los intereses de los contratistas. Pueda ser que ahora se vea claro en este asunto.

Tal es nuestro sincero deseo, fervorosamente exaltado por la fe que tenemos en el éxito final de la obra más importante que debe realizar el país y de más trascendentales resultados. Por esta razón insertamos en esta Memoria, a manera de Apéndice, parte de la correspondencia sostenida hace cerca de veinte años con la American Society of Civil Engineers y con su ex-Presidente, el ilustre ingeniero norteamericano, señor John R. Freeman.

Hemos procurado exponer imparcialmente nuestros conceptos sobre el problema de las Bocas de Ceniza, en esta Revista consagrada a la investigación serena, con la intención de ser útiles y nada más. Así, esperamos las reacciones adversas que este escrito haya de producir con tranquilidad y con la conciencia del deber cumplido.

APENDICE

CORRESPONDENCIA CON EL INGENIERO FREEMAN

New York, june 30, 1928

Mr. John R. Freeman, 815 Grosvenor Building, Providence. R. I.

Recently, when in Colombia, S. A., I had several conversations with the Minister of Public Works of Colombia, regarding the Colombian Government securing the services of several American engineers of international reputation, to render opinion on some of the Republic's engineering problems.

Dr. Jorge Alvarez Lleras, a past President of the Colombian Association of Civil Engineers, was sent back to the United States with me, with authority to inquire in the matter, and to determine whether or not it would be possible to secure the services of several eminent engineers to act as a commission. The two problems which the Colombian Government has in mind, are these:

a) The improvement of the mouth of the Magdalena River.

b) The improvement, or control of the Magdalena River proper, or of the portion above the mouth.

It is desired that each of the above be treated separately as two distinct problems.

We have finally decided on the names of three prominent american engineers, one of which is yourself. Both Dr. Lleras and myself, had the pleasure of recently listening to your paper on the River Po, of Italy, read by yourself at one of the wednesday night meetings of the American Society of Civil Engineers.

It has been the idea of Dr. Lleras to ask of you, if you would be so kind as to do the Colombian Government the favor of accepting as one of a commission of three, to give an opinion, or short report, on the improvements now being executed at the mouth of the Magdalena River, and then afterwards to act as a commission of one, to render a report on the entire Magdalena River improvements.

It is felt that it would take no longer than ten days to render an opinion on the first mentioned works, as such has been under construction for several years, and excellent reports and plans are available for study, and on the

later mentioned work, an airplane will be available for your use, in which you could pass over the entire river system in one or two days at the most, and then you would be at liberty to select five or six assistants, to collect such information as you desire, and it would then be possible for you to render a report in the United States, and your presence in Colombia would not be necessary, after having passed over the Magdalena River in an airplane. I might add that a well established airline, which has been in operation seven years, operates planes over the section of the Magdalena River, in which you would be requested to make a report, on a daily schedule, and therefore, it will not be the same as if the situation was that il would be necessary to take an airplane out over an unequipped, or unexplored river route, or, in short, it is not thought that the two different commissions would necessitate your remaining in Colombia more than fourteen days at the most.

It should be mentioned that a 300-page Report, made by Berger & Co., Berlin, is available for use on the Magdalena River project, and also serial photographic views.

All fees and expenses, incurred by these engineering services, would be for the account of the National Government of the Republic of Colombia.

H. Case Wilcox.

—o—

Providence, july 5, 1928

Mr. H. C. Wilcox, Consulting Engineer, 25 Broadway, New York City.

Your letter of june 30 has interested me greatly because I believe that engineers are on the eve of discovering better methods by means of the hydraulic laboratory, as now examplified particularly in Germany and Sweden, for training great rivers to carry their own burdens of silt to the sea.

I became greatly interested in these possibilities during my investigations in China of about nine years ago and in more recent discussions of the Mississippi, and in my visits last summer to six of the principal european hydraulic laboratories.

On the other hand I doubt if it would be wise for me to undertake your work because I am already overloaded, and my doctor has been cautioning me to take life easier.

I expect to be in New York on tuesday of next week and will breakfast at the Engineers Club and would enjoy meeting you and Dr. Lleras there at about 8:30 or 9:00 a. m. if convenient to you.

I have an engagement at about 11:00 at the Municipal Building.

Since reading your letter I have been looking up what I could find from the encyclopedias about the Magdalena River and the harbor and troublesome silt deposits at its mouth.

I have been at Panama three times upon important commissions and so have some idea what the climate is like and of what a subtropical jungle is like.

John R. Freeman.

—o—

Providence, july 11, 1928

Mr. H. Case Wilcox, Consulting Engineer, 25 Broadway, New York City.

I find Mr. Alarcón is familiar with the Magdalena River. His father and his wife's people both have had contact with its problems, and before he came to America to study he was an engineering subordinate somewhere up the river. He is also familiar with conditions at Barranquilla up to some years ago, and tells me there is no fear of malaria. He also says that up river the mosquitoes have a convenient habit of not coming out until after sunset, and the chief rule for health is keep behind mosquito netting after dark.

He also tells me that the ocean water deepens rapidly off the river mouth, that it is constantly a strong current to the north and west which should carry sediment away and should simplify the problem of a repetition of the Eads jetties, as compared with what is found at the mouth of the Mississippi.

I have spoken with Alarcón about the possibility of transplanting the Woods's Brothers idea of "retards" from the Mississippi River to the Magdalena, and his reaction is very favorable, because he says they get imported cement very cheap, and "the woods are full of trees".

A letter from my friend Francis Hart, who is very high in the finances of the United Fruit Company and Vice Chairman of the Board of the Old Colony Board in Boston writes me that he is familiar with the Magdalena River from its mouth to a point 750 miles from the coast. He says that when building the Cartagena-Magdalena railroad he sent a small boat loaded with rails thru the mouth and up the river. He says that except for the period from the first of august to the end of october the coast has a delightful climate, but during that time the combination of heat and rain is disagreeable, like that at any other point in the tropics at that time. Up river he tells me, beyond the trade winds, one who dislikes hot weather will not find the climate pleasant.

I am awaiting with great interest your blue prints. Also I am full of curiosity to know just what was done by my friends Professor Haupt and Dr. Ripley.

Twenty years ago while investigating and planning the Charles River dam between Boston and Cambridge, I ran across in a striking way the **phenomena of precipitation of sedimentary material of a colloidal nature with salt water acting as an electrolyte.** This phenomena has not yet got into the text books, but I have been observing its effect at the mouth of the Po and the mouth of the Mississippi, and from a chart of the mouth of the Magdalena, which I have just received from Negus, I judge these same old forces of nature have a bigger share in the troubles than the engineers may have appreciated.

I found in my studies of Boston and harbors elsewhere **that salt water has a wonderful way of creeping up the mouth of a river beneath the outflowing fresh water,** and I am wondering if part of the trouble is not due to this precipitation which will continue to create deposits for 1.000 years to come, and whether a different line of attak might not prove more efficient.

There is a wonderful example at New Orleans between the success of Captain Eads and the non-success of the Army Engineers after spending nearly 20 million dollars.

I should not want to venture my opinions on this until after a painstaking study, and I make these remarks to you in confidence. I deplore the bad judgment of an engineer who goes off at half-cock.

What data have you on the continued deposit where material has been removed by dredging?

I have given the Berger German Report on the Magdalena to Alarcón to analyze for me.

I am not yet promising that I shall go, because my family are opposing it.

John R. Freeman.

—o—

Providence, july 12, 1928

Mr. H. Case Wilcox, Consulting Engineer, 25 Broadway, New York City.

It occurs to me that the name **"Woods's Brothers Retards"** is so local that it has not penetrated the South American countries. Therefore I am sending to you a copy of my address of hydraulic laboratories about four years ago which contains a picture.

The patents on this, I believe, amount to very little and the methods to be used in putting it down can be modified in many ways. The main thing is to have a man of skill and judgment in charge.

A good deal of skill has been developed along the Missouri River which can be transferred to the Magdalena River.

John R. Freeman.

—o—

Providence, july 14, 1928

Mr. H. Case Wilcox, 25 Broadway, New York City.

So far as I have now succeeded in obtaining information, I doubt very much if a report to which I would be willing to sign my name could be worked out in so brief a time as you mention.

The limited information I have thus far obtained raises a question in my mind if **the jetties now under construction at the mouth of the river have been worked out on lines that will be as effective as they might.**

For example, taking the quantity of flow in the lower Magdalena River as measured at various stages in the Berger Report, I am wondering if the distance of nearly 3.000 feet between the straight parallel jetties which project out into the sea from their present terminals is not too wide to give the necessary concentration required for preventing the mixture of salt water with sediment bearing fresh water, which will forever precipitate deposits and form bars.

The Berger Report and no other information which has yet come to me makes plain the extend of the investigations of the complete theory upon which the present jetties have been planned, and I am fearful lest the experience will be like that for the last 20 years or more of work of the U. S. Army Engineers in the Southwest Pass of the Mississippi River where the last accounts show no permanent channel had been made secure with $ 20.000.000 expended, while on the other hand the narrower channels of the Eads jetties has maintained its depth successfully for 40 years.

I would not assume from present scant information to pass judgment, but I merely raise the question because in proportion to volume of low water flow the distance and area between the jetties as projected on the plan which you handed me appears to violate the rules laid down by Mr. Eads and his principal assistant, my friend, the late E. L. Corthell, and which was successful at Tampico and in the South Pass of the Mississippi.

My guess in the absence of definite information is that the Magdalena bar problem requires extended studies of the sea currents and movement of sand and precipitated mud somewat similar to those which I saw going on last summer off shore and at the hydraulic laboratory of the German Navy at Wilhelmshaven.

From what Mr. Alarcón tells me of the behaviour of floods I conceive that probably the **most permanent and most economical results would be obtained by width between jetties hardly more than one third of that shown on these plans,** and that some of the other outlets to the sea would need partial closure by permeable dikes analogous to the **Woods's Brothers Retards,** and that flood relief would be secured largely by overflow of banks and barrier dikes.

I have asked Mr. Alarcón to translate other passages in the Berger Report, and if you can obtain for me thru Dr. Lleras information as to just what investigations have been made as a basis for the work now under construction, I shall enjoy studying it.

Please understand that all that I am now doing is without any obligation on your part, that of Dr. Lleras or the Colombian Government. I am putting in this time and the time of an assistant simply to get a better understanding of what it is desired to have done and of the possibilities of ultimate success.

During my reading and my conferences with Mr. Alarcón I have come to understand the proper improvement of the Magdalena River is to the best development of the country of Colombia.

As I said before, this whole matter of training rivers to dig and maintain their own channels is now in its infancy. There is far too much of personal opinion and not enough of principles resting on positive proof.

I would like to talk this over with some of my friends of the High Officials of the United Fruit Company, or of Stone & Webster, but have not done this because of your admonitions.

John R. Freeman.

—o—

Providence, august 8, 1928

Mr. H. Case Wilcox, Consulting Engineer, New York City.

I return herewith your pink carbon copy of your letter to me dated august 4. Very curiously the original has not arrived but I have had this copied.

Once more I desire to thank you for your extremely friendly expressions of confidence, and that of Dr. Lleras, in my ability to be of help.

I hope you will not consider me too troublesome if I ask further questions, so first of all I would like to ask more particularly about the relations of General Black and his firm of Black, MacKeney and Stewart to the work at the mouth of the Magdalena River.

1. **¿Did they first of all make careful investigation including soundings of the depths of the river thru the bar, and of the ocean depths off shore?**

2. **¿Did they make current measurements in detail to make certain of the extent of the littoral currents and their effect in transporting sand upon the beaches along the shore, and also in transporting the material brought down in suspension by the river?**

If you can obtain for me a copy of the contract under which they did this work, and a copy of any preliminary report or prognostications which they have made, based on their own researches, I am sure they would be very instructive.

Likewise, I would like to obtain a copy of any report made by the Ulen Contracting Co. as to the scope of the cost of the work together with their contract.

No matter if all these documents are in spanish, my assistant, Mr. Alarcón can readily translate them into english.

I would like to learn more about just what the Berger Syndicate undertook to do and the kind of work in which they spent their money thus far apparently without much success. (You know a great poet once said, **"It is thru failures that we achieve success").**

My assistant, Mr. Chick, in going thru the files at the Corthell Library, found an interesting note of which I enclose a photostat copy (page Nº 957) in the address on engineering in Latin America before the Western Society of Engineers.

You will note his statement that about twenty years ago Corthell was asked to go to Barranquilla and make surveys or send some competent engineer to do this, and that in 1911 Corthell visited Barranquilla and found a well known London engineering firm had been engaged to make the surveys, plans, and estimates.

¿Is it possible to obtain any copy of the report, researches, recommendations, and promises held out by this London engineering firm?

Also I enclose a photostat of another of Mr. Corthell's addresses in which he describes certain failures and certain successes and in which he emphasizes **the damages of too great widths between jetties.**

Of course this width must be proportioned to the total volume, and so far as I can infer or guess from the data now in hand, **there is small hope of success with a width of 900 meters presented for plans under which the work is now going on.**

¿I wonder who made your airplane surveys of the river? If made by the Fairchild Corporation, for which you told me you are the Colombian agent, you could doubtless procure copies for me. I know of no better concern in the world for making that kind of survey than the Fairchild Co., if made under the rules and specifications of my friend and former assistant, Mr. Matthes, who has done much toward reducing airplane mapping to an exact science.

I have found much that is helpful in Alarcon's translations from the Berger Report, but there are yawning chasms in between.

¿Did I understand you correctly that the original estimated by General Black and his firm where for completion of the jetties at a cost of from $ 3.000.000 to $ 5.000.000, which sum had already been spent with the jetties little more than half completed?

Also, did I understand you correctly that the German firm had expended about $ 2.000.000 in their work up river? I wonder how they did it.

John R. Freeman.

——o——

Providence, august 13, 1928

Mr. H. Case Wilcox, C. E., 25 Broadway, New York City.

Just a word to indicate that I have not fallen asleep over the Magdalena proposition, but am first of all trying to collect information that will enable me to decide if I can be of real service. First of all the question comes, as to whether the data which others have secured is reliable and sufficient to serve as a basis for such costly designs. The second point is whether I would be supported in a thorough scientific study.

I now have an assistant working in the Corthell Library, digging up whatever can be found dealing on this subject, and others under similar conditions. He has already brought me a copy of the Report in parallel columns in spanish and english, on the study of improvement at the mouth of the river, by Miguel Triana, Civil Engineer, which he made for one of the Pan-American Conventions, in which I find a copy of the Haupt proposal and of which I am enclosing a photostat.

Mr. Triana's Report is more in the nature of an eloquent plea than a document presenting scientific data, but nevertheless contains much that is instructive. I find also from the Corthell papers, that the eminent consulting engineer, Sir Douglas Fox, was retained for a fee of $ 25.000 to make an investigation, and it must be that somewhere the facts which he collected as a basis for his report can be found.

Please understand that I do not care to undertake any engagement that does not promise to lead the way to success. **Few people have any conception of the confused state of expert opinion, and the lack of reliable data on these matters of river and harbor engineering.**

John R. Freeman.

——o——

Scranton, Pa., august 14 of 1928

Mr. John R. Freeman. Providence.

From a letter to Mr. H. Case Willcox (august 8) I understand that you wish to know further particulars about the studies we possess on the Magdalena River, and this is the reason why I am writing you and explaining that through Mr. Alarcón I send a copy of several documents regarding the work on the mouth, at Bocas de Ceniza.

Presently I tell you that General Black has never been in Colombia, neither Mr. MacKeney The only member of the firm "Black, MacKeney & Stewart" that knows the place and the conditions over there, is Colonel Stewart, who, I guess, is the only technical adviser upon the question, to the Colombian Government.

Do you ask by your letter if Black, MacKeney & Stewart have made careful investigation, including soundings of the depths of the river through the bar and of the ocean depths off shore, and I beg your pardon to inform you that their engineers have a complete plan of soundings (countour lines) in the river, up of the bar. But I believe that they have done nothing off shore in the ocean, along Salamanca Island and Punta Faro.

My personal opinion is, besides this fact, that "Black, MacKeney & Stewart" have not made current measurements in detail with the object to investigate on the extent of the littoral currents and their effect in transporting sand upon the beaches along the shore, and also in transporting the material brought down in suspension by the river.

Of those things we have not in Colombia more certain knowledge than that secured by Mr. Haupt.

At Bogotá I am in possession of all the documents, plans & regarding these questions because I was upon a time the Interventor of the Colombian Government on the work and I know perfectly well that never was a London engineering firm engaged in making surveys, plans and estimates for the Bocas de Ceniza work. Perhaps there is some confusion with Julius Berger Konsortium whose plans of the opening in the bar have proved of no very good value.

Jorge Alvarez Lleras.

——o——

New York, august 22, 1928

Mr. John R. Freeman, 815 Grosvenor Building, Providence, R. I.

Dr. Lleras informs me that he has transmitted to you direct, the information which you had requested regarding the Magdalena River. I hope that the information, and data, has been sufficient, and that you have decided to add the Magdalena River problem to your conquests.

I am going to Bogotá on, or directly after, september 1st. I expect to remain in Bogotá thru september, october, and possibly november. I will have the pleasure of seeing the Minister of Public Works, and will also fly by plane up the Magdalena River.

If you have decided to accept the Magdalena problem, I would be pleased to carry your proposal direct to the Minister, and will act as your personal representative in such manner as will best benefit you. Dr. Lleras has also suggested, that should you accept, that the presentation of your proposal in person by myself, might facilitate and accelerate the entire matter.

Dr. Lleras will be very pleased to come to New York from Scranton, and meet you at any time you desire. If you will accept the Magdalena problem. I think a conference between us, before my leaving for Colombia, would assist greatly.

H. Case Willcox.

——o——

Providence, august 24, 1928

Mr. H. Case Wilcox, 25 Broadway, New York City.

I enclose a copy of a letter to Mr. Alvarez Lleras in which you will note that I have concluded not to attempt to undertake the work in South America. I have reached this decision with much regret because both of the problems-that of the sand bar and of the river above-interest me greatly, and I should greatly enjoy aiding in their solution.

Proof of my interest may be had when I state that I have had the greater part of the Berger Report translated into english and have had a young engineer working for several weeks in the Corthell Library to find whatever might be possible relative to conditions along the Magdalena.

We found much that was of interest, as I have already written to you, and I believe I understand the problems now much better than in the beginning.

The two chief obstacles to my undertaking the work are: my appreciation of the difficulties and the fact that it is a more apropiate problem for a younger man who can see it thru, or at least well toward success. Up to a few days ago I had almost come to the point of offering to undertake at least a preliminary survey, but my family are solicitous about my undertaking more professional work of large responsibility involving travel far from home, and they realize that when I once get into a problem how I become absorbed in it and am liable to overwork.

Another difficulty is the question of ethics as to just how I could arrange matters properly with relation to the present engineers —Messrs. Black, MacKeney & Stewart— going there with severely crittical attitude that I might be compelled to adopt in justice to the trust imposed upon me.

I assure you that it is with much regret that I turn away from this opportunity.

John R. Freeman.

——o——

Providence, august 24, 1928

Mr. Jorge Alvarez Lleras, Scranton, Penna.

I thank you for your letter of august 14th answer to which has been delayed by absence of a week and by pressure of accumulations since my return. I am much interested in your several statements and in the data that you have handed my assistant, Mr. José Alarcón.

I have had an assistant working for about three weeks in the Engineering Library of the late E. L. Corthell at Brown Univesity, hunting for any information that might give me a better idea of conditions at the mouth of the Magdalena River.

Also I enclose a photostat of another of Mr. Corthell's addresses in which he describes certain failures and certain successes and in which he emphasizes **the damages of too great widths between jetties.**

Of course this width must be proportioned to the total volume, and so far as I can infer or guess from the data now in hand, **there is small hope of success with a width of 900 meters presented for plans under which the work is now going on.**

¿I wonder who made your airplane surveys of the river? If made by the Fairchild Corporation, for which you told me you are the Colombian agent, you could doubtless procure copies for me. I know of no better concern in the world for making that kind of survey than the Fairchild Co., if made under the rules and specifications of my friend and former assistant, Mr. Matthes, who has done much toward reducing airplane mapping to an exact science.

I have found much that is helpful in Alarcon's translations from the Berger Report, but there are yawning chasms in between.

¿Did I understand you correctly that the original estimated by General Black and his firm where for completion of the jetties at a cost of from $ 3.000.000 to $ 5.000.000, which sum had already been spent with the jetties little more than half completed?

Also, did I understand you correctly that the German firm had expended about $ 2.000.000 in their work up river? I wonder how they did it.

John R. Freeman.

—O—

Providence, august 13, 1928

Mr. H. Case Wilcox, C. E., 25 Broadway, New York City.

Just a word to indicate that I have not fallen asleep over the Magdalena proposition, but am first of all trying to collect information that will enable me to decide if I can be of real service. First of all the question comes, as to whether the data which others have secured is reliable and sufficient to serve as a basis for such costly designs. The second point is whether I would be supported in a thorough scientific study.

I now have an assistant working in the Corthell Library, digging up whatever can be found dealing on this subject, and others under similar conditions. He has already brought me a copy of the Report in parallel columns in spanish and english, on the study of improvement at the mouth of the river, by Miguel Triana, Civil Engineer, which he made for one of the Pan-American Conventions, in which I find a copy of the Haupt proposal and of which I am enclosing a photostat.

Mr. Triana's Report is more in the nature of an eloquent plea than a document presenting scientific data, but nevertheless contains much that is instructive. I find also from the Corthell papers, that the eminent consulting engineer, Sir Douglas Fox, was retained for a fee of $ 25.000 to make an investigation, and it must be that somewhere the facts which he collected as a basis for his report can be found.

Please understand that I do not care to undertake any engagement that does not promise to lead the way to success. **Few people have any conception of the confused state of expert opinion, and the lack of reliable data on these matters of river and harbor engineering.**

John R. Freeman.

—O—

Scranton, Pa., august 14 of 1928

Mr. John R. Freeman. Providence.

From a letter to Mr. H. Case Willcox (august 8) I understand that you wish to know further particulars about the studies we possess on the Magdalena River, and this is the reason why I am writing you and explaining that through Mr. Alarcón I send a copy of several documents regarding the work on the mouth, at Bocas de Ceniza.

Presently I tell you that General Black has never been in Colombia, neither Mr. MacKeney The only member of the firm "Black, MacKeney & Stewart" that knows the place and the conditions over there, is Colonel Stewart, who, I guess, is the only technical adviser upon the question, to the Colombian Government.

Do you ask by your letter if Black, MacKeney & Stewart have made careful investigation, including soundings of the depths of the river through the bar and of the ocean depths off shore, and I beg your pardon to inform you that their engineers have a complete plan of soundings (countour lines) in the river, up of the bar. But I believe that they have done nothing off shore in the ocean, along Salamanca Island and Punta Faro.

My personal opinion is, besides this fact, that "Black, MacKeney & Stewart" have not made current measurements in detail with the object to investigate on the extent of the littoral currents and their effect in transporting sand upon the beaches along the shore, and also in transporting the material brought down in suspension by the river.

Of those things we have not in Colombia more certain knowledge than that secured by Mr. Haupt.

At Bogotá I am in possession of all the documents, plans & regarding these questions because I was upon a time the Interventor of the Colombian Government on the work and I know perfectly well that never was a London engineering firm engaged in making surveys, plans and estimates for the Bocas de Ceniza work. Perhaps there is some confusion with Julius Berger Konsortium whose plans of the opening in the bar have proved of no very good value.

Jorge Alvarez Lleras.

—O—

New York, august 22, 1928

Mr. John R. Freeman, 815 Grosvenor Building, Providence. R. I.

Dr. Lleras informs me that he has transmitted to you direct, the information which you had requested regarding the Magdalena River. I hope that the information, and data, has been sufficient, and that you have decided to add the Magdalena River problem to your conquests.

I am going to Bogotá on, or directly after, september 1st. I expect to remain in Bogotá thru september, october, and possibly november. I will have the pleasure of seeing the Minister of Public Works, and will also fly by plane up the Magdalena River.

If you have decided to accept the Magdalena problem, I would be pleased to carry your proposal direct to the Minister, and will act as your personal representative in such manner as will best benefit you. Dr. Lleras has also suggested, that should you accept, that the presentation of your proposal in person by myself, might facilitate and accelerate the entire matter.

Dr. Lleras will be very pleased to come to New York from Scranton, and meet you at any time you desire. If you will accept the Magdalena problem. I think a conference between us, before my leaving for Colombia, would assist greatly.

H. Case Willcox.

—O—

Providence, august 24, 1928

Mr. H. Case Wilcox, 25 Broadway, New York City.

I enclose a copy of a letter to Mr. Alvarez Lleras in which you will note that I have concluded not to attempt to undertake the work in South America. I have reached this decision with much regret because both of the problems-that of the sand bar and of the river above-interest me greatly, and I should greatly enjoy aiding in their solution.

Proof of my interest may be had when I state that I have had the greater part of the Berger Report translated into english and have had a young engineer working for several weeks in the Corthell Library to find whatever might be possible relative to conditions along the Magdalena.

We found much that was of interest, as I have already written to you, and I believe I understand the problems now much better than in the beginning.

The two chief obstacles to my undertaking the work are, my appreciation of the difficulties and the fact that I see a more apropiate problem for a younger man who can stay it thru, or at least well toward success. Up to a few days ago I had almost come to the point of offering to undertake at least a preliminary survey, but my family are solicitous about my undertaking more professional work of large responsibility involving travel far from home, and they realize that when I once get into a problem how I become absorbed in it and am liable to overwork.

Another difficulty is the question of ethics as to just how I could arrange matters properly with relation to the present engineers —Messrs. Black, MacKeney & Stewart— going there with severely crittical attitude that I might be compelled to adopt in justice to the trust imposed upon me.

I assure you that it is with much regret that I refrain away from this opportunity.

John R. Freeman.

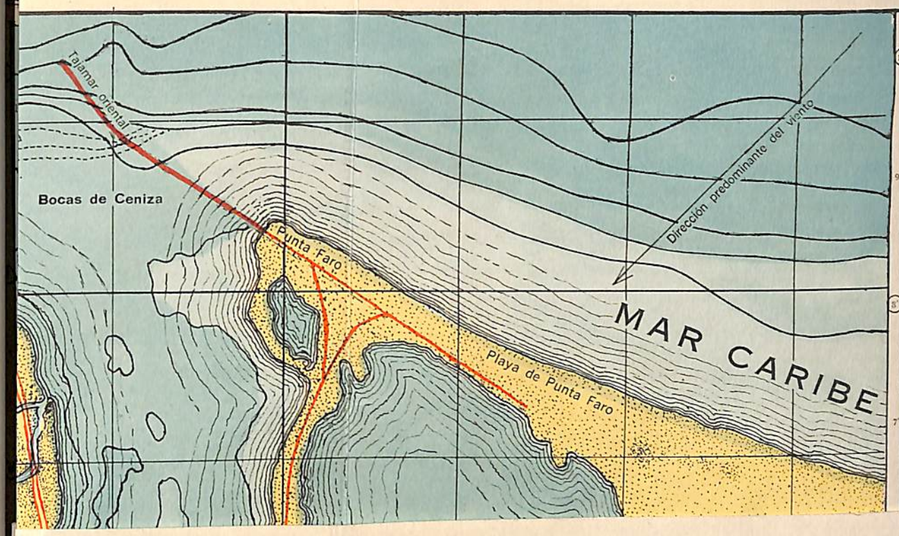
—O—

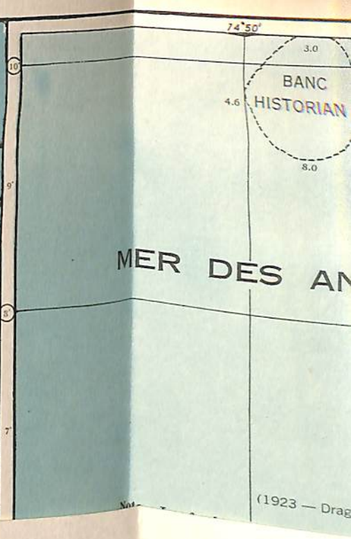
Providence, august 24, 1928

Mr. Jorge Alvarez Lleras, Scranton, Penna.

I thank you for your letter of august 14th answered on which has been delayed by absence of a week and by pressure of accumulations since my return. I am much interested in your several statements and in the data that you have handed my assistant, Mr. José Alarcón.

I have had an assistant working for about three weeks in the Engineering Library of the late E. L. Corthell, at Brown Univesity, hunting for any information that might give me a better idea of conditions at the mouth of the Magdalena River.





Mr. Corthell who was my good friend, died several years ago after a very active life of nearly fifty years devoted mainly to river and harbor improvements, and bequeathed his library and collections of papers to Brown University of which he was a graduate. I believe him to have been the foremost of american engineers in that line and he had had a broad experience in South America particularly in the Argentine and in building the harbor works at Tampico. Therefore, I thought I might get information or suggestions.

Mr. Alarcón also has made for me a translation into english of the larger part of the Berger Konsortium Report.

I am deeply interested in problems of this kind altough my personal practice has been devoted mainly to municipal water supply and water power development.

From certain of my studies of rivers and harbors, particularly studies made in preparation for my work in China, I became convinced **that the science and art of river improvement are in an uncertain state and I have been traying to advance the state of this science which I believe has been progressing rapidly during the past ten years by researches in the German Engineering Universities and their Hydraulic Laboratories,** by preparing for publication, largely at my personal expense, a book on the Hydraulic Laboratories of Europe, now in the printers hands, and by assisting several young american teachers of engineering to spend from one to two years of study in these laboratories.

I am making this long statement to illustrate my interest in your problems and to show how I have come to understand their difficulty.

In the case of your problems on the Magdalena River, I have been very strongly inclined to accept the very flattering proposal presented by yourself and Mr. Wilcox, but first of all I wish to assure myself of the possibility of rendering effective service. The result of my studies is to convince me of the **probable great difficulties of effectively improving the Magdalena River's upper navigation in its course of five hundred miles above Barranquilla** although I have not yet visited the site or obtained any very definite information.

It is plain to me that a quick airplane view and such study of the river above Barranquilla as could be made from an airplane and by five or ten days review with assistance of maps would give no real ground for advising how to treat this exceedingly difficult problem although I have notions about the probably most effective methods of procedure. (By concentration into a single channel, narrowing at places, etc.).

I should want to study the river, first from one of the large passenger boats on the ordinary trip, later study some of the difficult portions mile by mile from a small boat, this all to be followed up by work for one or two years by a competent resident engineer staff, with occasional personal visits.

An engineer often can get a better interpretation on the ground in a day than by a weeks study of maps and reports.

I have for many years had more work tendered me than I can give careful personal study and have confined myself to the problems which appeared most interesting and where I could see my way clear to success.

On the whole it seems to me that at my age and with my other responsibilities I ought not to undertake this work. The mere opportunty of earning an engineers fee means nothing to me without I can see the opportunity for right useful service and success at the end of the road, however much I might enjoy a tour to Colombia and Bogotá next winter.

Regarding the work at the mouth of the river, I am inclined to believe this a far simpler problem than that providing a good fairway for navigation from Calamar up to Honda Rapids, **but nevertheless the river mouth presents problems about which Doctors disagree greatly and I believe it wrong for any engineer to advise the spending of millions of dollars on work for giving passage through the bar without a most careful investigation of all of the circumstances.** Studying what has been done in various river mouths around the world, one can find many examples of disappointment and failure. **On the other hand I believe that by careful preliminary investigation one can be reasonably sure of success.** It is possible I would need half a years study by resident engineer Corps before I would be ready to make my recommendations and I might even **want to build an inexpensive hydraulic laboratory near the mouth of the Magdalena for experimenting with a small scale model of the region involved in the works,** very much as I saw being done last summer in the Hydraulic Laboratories of the German Government at Wilhelmshaven, for improving that harbor.

There is another difficulty about my undertaking to critically examine the work now going on by Ulen & Company under the engineering supervision of Black, Mac Keney & Stewart, a firm of american engineers, who, as I understand it, are responsible for the present designs and estimates and who are the accredited agents of the Colombian Government. I would want to be sure that there was no question of bad professional ethics involved in my going there **with the strong probability that I should advise some radical changes, as for example, the narrowing of the ship passage between the jetties.** Stone & Webster of Boston, the financial backers of Ulen & Company, are friends for whom I have done important professional work and whom I have known intimately since they started in business nearly forty years ago.

I have great confidence in the fairmindedness and integrity of Mr. Stone and Mr. Webster, and have reason to believe that both have confidence in my judgement, but just how to deal amicably wilh the supervising engineers I do not now clearly see.

On the whole it now seems to me advisable to decline this very interesting opportunity that you have placed before me.

John R. Freeman.

P. S.—It may be of momentary interest as showing the wide field open today to an american engineer, that I had a call here at my office three days ago from the Chief engineer of the water works of Moscow, Russia, accompanied by the Head of the City Government and their chemist, asking if I could come over to help them select and to desing a new source of water supply to that city, to be brought in from one of two or three sources, a distance of fifty or seventy-five miles. The russian climate is quite a strong contrast to that of Colombia.

Meanwhile, my family are insistent with the idea that I should **decline all new professional engagements** and have a period of leisure and recreation.

——o——

Providence, august 27, 1928

Mr. H. Case Wilcox, 25 Broadway, New York City.

I have your kind letter of august 25th.

Really my chief reason for declining the Magdalena River opportunity was the remonstrance of members of my family against undertaking the responsibilities for additional work at my age, for they feel that I should be enjoying more leisure. They know how earnestly I get absorbed in a problem: and my consulting physician has warned me against overwork at my age. (Also there is in the background a dream of a trip to Egypt and Italy next winter).

The second main reason grew largerly out of your suggestion that I could cover the two parts of the problem —harbor and river— in about one week each. This, on reflection led me to feel that your engineering friends in Colombia do not appreciate the difficulty of problems of this kind, or the way in which one must feel his way along step by step, with more or less methods of trial and error and new departure.

My own interest in problems of that kind is for an ultimate success far more than in earning either a lump sum or a percentage commision.

To show how earnestly I had considered the matter with a strong inclination toward undertaking the work I may state that I had gone so far as to in my mind select men as principal assistants for studying certain portions of the problem.

As to eliminating half the problem it is my belief that all should be considered at the same time, that some way should be found to have a straightforwards understanding with Ulen & Company and the resident engineers.

I have regreted that I could not go to Messrs. Stone & Webster, and send one of their principal assistants formerly in my employ, who was resident engineer on the Ulen contract in Montevideo, and also my representative on the Keokuk dam and the Holter dam in Montana, and who is an admirable diplomat.

Having in hand a statement of the situation from the point of view of the Colombian Minister of Public Works I believe important progress could be made toward a satisfactory basis for a new study.

I would assure both you and Dr. Alvarez Lleras, that I turn away from a study of this problem with great regret.

John R. Freeman.

CORRESPONDENCIA CON EL MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y LA AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS

Ministerio de Obras Públicas. — Bogotá, marzo 30 de 1928

Señor doctor don Jorge Alvarez Lleras.

Aprovechando la patriótica oferta que usted tuvo a bien hacerme, de prestar sus servicios ad-honorem al país en su viaje a los Estados Unidos de Norte América, he considerado oportuno y conveniente comisionarlo, en nombre del Gobierno, para que estudie todo lo relacionado con la regularización de las aguas del río Mississippi y sus afluentes, organización de las empresas americanas que se ocupen en esa clase de trabajos, construcción y mejoramiento de puertos marítimos y fluviales, manera más práctica de extraer troncos de los ríos, selección de materiales para ferrocarriles, carreteras, edificios, etc., procedimientos sobre adquisición de materiales por el Gobierno americano, pruebas e inspección de elementos, etc.

Otro punto importante que el Gobierno se permite encargarle es la visita a las principales fábricas y empresas productoras de materiales para ferrocarriles, etc., para obtener las referencias de esas empresas y fábricas que reúnan las condiciones de honorabilidad, capacidad técnica y que, en su concepto, convengan al Ministerio, para establecer relaciones directas con ellas a efecto de adquirir los materiales y elementos sin la intervención de comisionistas o intermediarios.

Basado en el interés patriótico que usted siempre ha demostrado por los asuntos que se relacionan con el adelanto del país, no he vacilado en confiar a usted la comisión ad-honorem de que me he permitido tratarle.

Anticipando a usted las gracias por la atención que se sirva prestar al asunto, me es grato suscribirme, su atento y seguro servidor,

Sotero Peñuela.

—o—

Ministerio de Obras Públicas. — Bogotá, 14 de abril de 1928.

Señor doctor Jorge Alvarez Lleras.

Me refiero a su atenta carta de 6 del corriente.

He encontrado excelente su idea de consultar con la American Society of Civil Engineers varios puntos relacionados con las obras de Bocas de Ceniza, especialmente en lo que respecta a los planos de Black, MacKeney & Stewart, por sí solos y comparados con los de Berger y Haupt.

Tratado el asunto con los doctores Suárez Hoyos y Arcila Uribe, nos ha parecido que, como bien podría suceder, la American Society rehusara encargarse de tal cosa, lo que ser a desagradable para el Gobierno, lo mejor será que usted trate el asunto con los principales miembros de la Sociedad, en forma como ocasional, y personalmente, para explorar el ánimo e interés que sobre tal cosa puedan demostrar, lo mismo que su intención de conocer del asunto **en caso de que usted obtuviera del Gobierno de Colombia** una consulta oficial en este sentido.

Nadie mejor que usted podrá encontrar los medios discretos de llegar a una favorable posición y convencimiento de si debe tratarse oficialmente con esa Corporación tan importante asunto.

En consecuencia este Despacho se permite comisionar a usted para que en la forma expuesta se sirva tratar estos asuntos y dar la información del caso al Ministerio. Además, como puede presentarse la necesidad de que usted se entienda sobre estos particulares con nuestra Legación en Washington, se acompaña a la presente la nota que usted se servirá poner en manos del Ministro de Colombia en E.E. U.U.

Anticipando a usted los agradecimientos del Gobierno por sus importantes servicios, me suscribo de usted muy obsecuente servidor,

Sotero Peñuela.

—o—

New York, may 24th. 1928

To the Honorable Secretary of the American Society of Civil Engineers, 32 West 40th Street, New York City.

Sir: Being duly authorized by the Government of the Republic of Colombia, I beg to lay before your Society, in an informal manner, a study of several matters relating to the work of the "Bocas de Ceniza" (at Barranquilla) which study my Government could submit to the consideration of your Scientific Body, which in my country is accepted, in these matters, as the highest technical authority in the world.

The main reason for the consultation which the Government of Colombia desires to make with the American Society of Civil Engineers is that the original estimate for the work of the "Bocas de Ceniza" (at the mouth of the Magdalena River on the Caribean Sea) has been exceeded by $ 1.500.000,00. The contract with Ulen & Co. of this city, having specified the sum of $ 3.000.000.00 as the sum total of the same to completion. To date, $ 4.500.000,00 have been expended, and it is feared that there are still many elements lacking to continue the work with the speed and efficiency required.

When projecting the work of the "Bocas de Ceniza" (a permanent channel opened at the **bar,** with minimum dredging) the Government of Colombia had three different studies made, based upon distinct technical principles, to wit; the project of one only reaction-jetty on the east bank at the mouth of the river (project of Lewis M. Haupt). The project of Julius Berger Konsortium (a german firm recognized as a scientific authority) consisted of a reaction-jetty, and a curved guiding one, to narrow down the river current; and the project of Messrs Black, MacKeney and Stewart of Washington, D. C., who adopted the system of two parallel-rectilinear jetties, in accordance with the theory of Mr. Corthell.

The project being carried out by Ulen & Co. is that of Messrs Black, MacKeney and Stewart, chosen by the Government of Colombia because it was recommended by the "Sociedad Colombiana de Ingenieros de Bogotá", (Colombian Society of Engineers of Bogotá) a Colombian Scientific Society which is the consulting body of the Government, and which, after a prolonged study, found that the system of parallel jetties did not present the dangers which were present in the systems put forward by Haupt and by Julius Berger Konsortium, and offered greater guarantees than the later.

Inasmuch as the bids offered by Messrs Black, MacKeney and Stewart, upon which the House of Ulen & Co. have failed, to the extent that several colombian engineers consider the work undertaken hardly started, at a cost of $ 4.500.000,00 it is advisable for the Government of Colombia to obtain the most absolute assurance that the system which has been adopted by the contractors, is the most efficient and adequate for the opening of the bar at "Bocas de Ceniza", subject to the authoritative opinion of the American Society, which could study the plans of Black, MacKeney and Stewart together with the data collected by them and which Messrs Haupt and Berger have not had.

Besides the abstract opinion of the Society in regard to the system of parallel jetties, the Colombian Government desires to know whether or not the space between the parallel jetties lately adopted by Black, MacKeney and Stewart (900 meters) is nearer correct than that fixed by them in the plans approved by the Government (810 meters) and whether or not there will be needed brush mattresses for the protection of the works; and also whether or not the local rock is good for the construction of the jetties or should concrete blocks be used for that purpose.

After the American Society has studied the plan adopted by Black, MacKeney and Stewart, and the modification made by them to the complete plans approved by the Government of Colombia in 1925, it would be easy to formulate estimate of cost, taking into account adverse conditions sufficiently to provide for the unforseen, and to be as much as possible within the scope of actual reality.

Of course, the Government desires to learn what the total cost of the work is to be, as well as the probable cost of maintenance, in order to be in position to present in the annual Budget to be approved by the Congress, the details of the matter, and to appropiate the definite sums necessary.

At the present moment Ulen & Co. do not collect their commission of 8% to which they were entitled up to the time when the sum of $ 3.000.000,00 was expended (as per contract), and Black, MacKeney and Stewart do not have a right to payment, though they appear as Supervising and Directing Engineers of the work, because they have already received $ 122.000.00-the value of their plans and projects.

My personal opinion is, that in strict justice, Ulen & Co. as well as Black, MacKeney and Stewart, should receive from now on their commission, regardless of the cost of the work, renewing their contracts with the Government of Colombia. Precisely for that purpose will the Government utilize the information given to it by the American Society of Civil Engineers.

I beg to suggest the consideration of these matters by the American Society, when the Government of Colombia should do so officially, because I trust in the interest and attention which the american engineers will show in such an important work as that of the opening up of the "Bocas de Ceniza", the solution to which problem was first discussed at the Second Pan-American Scientific Congress at Washington.

If the American Society should be in position to take up my request, I would appreciate it if you would inform me in the premises, so as to transcribe it to the Government of my country, which in turn will know how to appreciate the attention shown to it on this occasion.

With assurances of my highest regards and appreciation, I beg to remain, Mr. Secretary...

Jorge Alvarez Lleras.

—o—

New York, mayo 26 de 1928

Señor Ministro de Colombia, Washington, D. C.

Con todo respeto me permito adjuntar a la presente la nota número 1674 del 14 de abril próximo pasado, procedente del Ministerio de Obras Públicas, por la cual ese Despacho se sirve comunicar a Ud. que oficialmente me ocupo en lograr que la American Society of Civil Engineers acepte una consulta del Gobierno de Colombia referente a la obra de Bocas de Ceniza.

El objeto de esta consulta ha quedado claramente definido en la carta del 24 de los corrientes que me permití dirigir al Secretario de la American Society, carta de la cual envío a Ud. copia, para que pueda ponerse al corriente del asunto, y prestar así al Ministerio su muy valiosa ayuda.

La importancia de las gestiones que se confían al patriotismo y a las altas capacidades de Ud., es incuestionable, pues en la obra de Bocas de Ceniza necesita el Gobierno de Colombia tomar alguna resolución definitiva.

Para que Ud. se entere de esta necesidad me tomo la libertad de enviar a ese Despacho, separadamente, un folleto que contiene todos los documentos relacionados con este negocio.

Habiendo yo adelantado algunos pasos con la American Society of Civil Engineers a más de la carta cuya copia adjunto, he venido al convencimiento de que este cuerpo científico resolvería las consultas que oficialmente se le hagan como puede también deducirse, hasta cierto punto, de la carta de Mr. George T. Seabury, Secretario de la Corporación.

De esta carta va también una copia con el propósito de que Ud. decida si es posible iniciar cuanto antes la negociación oficial con la mira de que yo pueda concurrir con mi conocimiento al envío e ilustración de la Comisión de ingenieros que necesitara trasladarse a Barranquilla a la mayor brevedad.

Sin otro particular y en espera de sus gratas órdenes, quedo de Ud. señor Ministro,

Jorge Alvarez Lleras.

—o—

American Society of Civil Engineers. — New York, may 25, 1928.

Doctor Jorge Alvarez Lleras.

This will acknowledge your letter of may 24, stating that you have been authorized by the Government of the Republic of Colombia to lay before the Society informally several matters relating to the work of the "Bocas de Ceniza" and explaining the main features in the present situation.

The American Society of Civil Engineers has many members who I think would be qualified to advise your Government on the problem and I will be pleased to place at your disposal all the information in our files to aid you in the selection of such number of engineers as you think advisable to study and report upon this problem.

Assuring you of my appreciation of being of service to you, I remain, yours faithfully.

George T. Seabury, Secretary.

—o—

Legación de Colombia. — Washington, 4 de junio de 1928

Señor Dr. Jorge Alvarez Lleras.—New York City.

Tengo el gusto de referirme a su atenta comunicación de fecha 26 del pasado que sólo contesto hoy por haber estado en Nueva York durante los últimos días de la semana pasada. Junto con su comunicación recibí también la nota del señor Ministro de Obras Públicas, de fecha 14 de abril próximo pasado, número 1674, Sección de Navegación, sobre la Comisión que a Ud. confió tal Despacho "para tratar de manera como personal y ocasionalmente con algunos miembros de la American Society of Civil Engineers varios puntos relacionados con la obra de Bocas de Ceniza, para llegar al convencimiento de si podrían consultarse oficialmente por el Gobierno con dicha Corporación estas cuestiones".

Esta Legación con mucho gusto prestará todo el concurso que nuestro Gobierno le ordene, pero considero necesario que los Ministerios de Obras Públicas y Relaciones Exteriores me den instrucciones precisas sobre los puntos a que tal concurso debe extenderse y me digan si ellos consideran que la Legación debe iniciar una negociación oficial en la materia. Con tal fin me dirijo por correo aéreo a tales Ministerios acompañándoles copias de la comunicación suya que contesto y de las cartas que se ha cruzado con el Secretario de la American Society of Civil Engineers. Pido también a tales Ministerios que si lo estiman conveniente me comuniquen por cable las instrucciones definidas que hayan de servir a esta Legación de norma en el asunto. Tan pronto como reciba una respuesta me apresuraré a dirigirme nuevamente a Ud.

Enrique Olaya Herrera

—o—

New York, june 5th, 1928

To the Honorable Secretary of the American Society of Civil Engineers, New York City.

Sir: In the name of the "Sociedad Colombiana de Ingenieros de Bogotá" (Colombian Society of Engineers of Bogotá) —a consulting body of the Government of Colombia, by law 64 of 1904— I beg to lay before the American Society some of the oninions prevalent among the civil engineers of my country respecting the importance to us of the active and direct colaboration of foreign technics, who shall lend their scientific and practical aid to the public works, in the development and progress of which, the Colombian people and their Government are vitally interested.

These works are those of the railroads and highways, the improvement of the ports and the canalization of the rivers, in order to improve the present system of communication, which is now very defective, so much so, that a great part of our natural resources remain paralized and of no advantage to the country.

This circumstance justifies the interest shown by the distinct sections of the Republic, which desire that those works may progress rapidly, perhaps with a speed which is not in keeping with the facilities of transportation now existing there, nor with the labor element at the disposal of a large but thinly populated country.

Thus there have presented themselves problems of transportation and of labor so considerable, that they have made the work undertaken enormously expensive, and they have not given the results anticipated at the time that the projects were made, as may be confirmed by constructing foreign houses of great renown, which have failed because of the lack of facilities and of preparation.

The native engineers have seen all that and understand perfectly that we in Colombia lack the necessary experience to organize the work of our lines of communication, our political tendencies being to date the sole directing force placed at the service of the unconnected and isolated enterprises carried on without any definite plan whatsoever.

The main reason which impels me to address myself to the American Society of Civil Engineers under these circumstances, lies in the economic principles of historic value, which binds us to the north american engineering, the principles of which are almost absolutely predominant in the railroads, and in the other means of communication in Colombia, it being a fact that no foreign engineer has executed such good work as that of the Intercontinental Railway Commission, which studied the proposed route of the Ferrocarril Panamericano (Pan-american Railway) from Darien to the boundary with the Republic of Ecuador, and which from the time of Trautwine, who explored the Atrato river and who established the possibility of communication towards the Pacific, down to the Isthmian Canal Commision, the american technical influence has prevailed in the construction of our railroads and highways.

Moreover, it is evident that the expenditure of the amounts of the loans contracted by Colombia in this country should interest the north american engineers as a whole, to thus help in the development of an extensive territory of the New World, where in the future, the enormous siderurgical industry of the United States will find good markets, and which industry of construction materials and agricultural machinery will wellcome the addition of the requirements of these now unpopulated regions which in time and with the aid of scientific development, can eventually become producing and consuming centers of first importance.

To the above may be added, that the irresistible influence of the capital invested in public works in our country **should be joined by technical intervention of noble, desinterested and strictly scientific character,** which shall impart to this work the assurance of its realization.

From this point of view, the native colombian engineers not only do not reject the introduction of experts and of scientists from foreign lands, but seek them, because they understand how important it is that the work carried out by the Kemmerer Commission, respecting finances in our country, should also be carried out in respect to the public works to which I refer. Therefore, the Sociedad Colombiana de Ingenieros (Colombian Society of Engineers) whose motto is "to work in all respects for the economic and ma-

terial development of the nation", has welcomed foreign engineers under its fold, and would accept the formation of an Official Commission of technical talent indicated by the American Society of Civil Engineers, provided that this Commission would advance the principles for a scientific plan of Public Works in Colombia, and also for its economic execution.

I wish to interest the American Society of Civil Engineers in these points of view, inasmuch as the Sociedad Colombiana de Ingenieros (Colombian Society of Engineers) —a body similary organized, and which seecks to establish mutual relations with the most important orgánization of civil engineers in the world—, **is bending its very effort towards cooperation with the foreing scientists to prevent a worthless element reaching Colombia, which in turn would discredit our honorable profession, by not proceding in accordance with professional morality nor with the practice of the honorable and competent contractors.**

The President of the Sociedad Colombiana de Ingenieros (Colombian Society of Engineers) has especially commissioned me to submit to the American Society of Civil Engineers these general points of view, and to present to its Honorable President and to the members of its Board of Directors, the consideration of its highest esteem.

Having myself been in charge for some time of the Presidency of the Sociedad Colombiana de Ingenieros (Colombian Society of Engineers), I labored in the direction stated in the context of this memorandum, and it is specially due to this that the present management of the Society, absolutely identified with me, begs to suggest to the directing Body of the American Society, the advisability of analyzing these matters in an attitude of good-will and within the limits of the most advanced Pan-american program. I remain, Mr. Secretary, respectfully,

Jorge Alvarez Lleras.

—o—

Ministerio de Obras Públicas. — Bogotá, junio 26 de 1928

Señor Dr. D. Jorge Alvarez Lleras, Scranton, Pensilvania.

Lo supongo perfectamente encaminado en las orientaciones que se proponía seguir en ese gran país, y con los pulmones abiertos a todos los vientos de la civilización de ese centro maravilloso.

Estoy actualmente en la consecución de un técnico verdadero para que sirva de asesor permanente en la Sección de Navegación y Puertos de este Ministerio, técnico que debe conocer el español siquiera a medias, y que por su edad tenga mucha experiencia y mucha práctica en la construcción de puertos marítimos y fluviales, y en la regularización de ríos como nuestro rebelde Magdalena. Si a usted le fuese posible encontrar este técnico en Norte América, le agradecería que hablara con él sobre las bases de un contrato de servicios al Gobierno de Colombia por el término de varios años, con un sueldo mensual de $ 800 a $ 1.000.

Estoy ahora en la reorganización de las dependencias de este Ministerio, y deseo dotar las Secciones de Navegación, Ferrocarriles y Carreteras de sendos técnicos: el de ferrocarriles debe ser especialista en organización y tráfico, porque para construcción, nuestros ingenieros nacionales le dan quince y raya al más hábil extranjero.

La Casa Berger ha fracasado en la obra del Magdalena, y se está en camino de la resolución de ese contrato.

Muy útiles me serán las observaciones y consejos que quiera comunicarme como fruto de su penetrante observación y de sus relaciones con los ingenieros estadounidenses.

Sotero Peñuela.

—o—

American Society of Civil Engineers. — New York, june 30, 1928.

Dr. Jorge Alvarez Lleras.—New York.

Receipt is acknowledged of your communication dated june 5, 1928, inviting the Society to cooperate with the Colombian Society of Engineers in the study and report on the development of the public works of Colombia.

Your letter has been received in the absence of the Secretary of the Society, George T. Seabury, but will be brought to his attention immediately on his return when he will write you further.

The next meeting of the Board of Direction of the Society will be held in Buffalo on july 16, when Mr. Seabury (who is expected back about july 9) will present your letter to the Board and will write you further after that meeting.

Assuring you of the appreciation of the Society in the confidence expressed in your request for cooperation, I remain yours very truly,

C. E. Beam, Assistant Secretary.

—o—

American Society of Civil Engineers. — New York, july 9, 1928.

Mr. Jorge Alvarez Lleras.—The City.

Your letter of june 5 awaited me on my return to the office after a trip abroad. Mr. C. E. Beam, Assistant Secretary of the Society, has acknowledged your communication in my absence, and I can only add that I will be glad to present your request for cooperation by the Society in the study and execution through the formation of an official Commission in a scientific plan of public works in Colombia, to the Board of Direction at its next meeting to be held in Buffalo on july 16.

As soon as possible after the meeting I will take pleasure in writing you further and again expressing the appreciation of the Society for the honor conferred upon it in asking its cooperation, and assuring you of our desire to be helpful, I remain yours very truly,

George T. Seabury, Secretary.

—o—

American Society of Civil Engineers. — New York, july 31, 1928.

Dr. Jorge Alvarez Lleras, Scranton, Pa.

Your letter of june 5, 1928, inviting the Society to cooperate with the Colombian Society of Engineers in a study and plan for the economic development of the public works of Colombia, was presented formally to the Board of Direction of the American Society of Civil Engineers at its meeting on july 16, 1928.

Appreciative of the great honor paid to the Society, the Board of Direction adopted the following resolution:

"Whereas, the American Society of Civil Engineers has been invited by the Sociedad Colombiana de Ingenieros de Bogotá, a consulting body of the Government of Colombia, to co-operate in a study of a plan for the economic development of public works in Colombia, as outlined in letter addressed to the Society, dated june 5, 1928, from Dr. Jorge Alvarez Lleras, past-President of such Society, and

"Whereas, such co-operation would promote the cordials relations between engineers of the two countries and encourage interchange of industry and commerce to the benefit of all concerned

"Resolved: That the Board of Direction of the American Society of Civil Engineers tenders its appreciation for this expression of confidence, and welcomes this opportunity to be helpful, and

"Further, that the President is hereby authorized to co-operate with Dr. Lleras in the selection of an official Commission to be formed of technical talent to work toward the advancement of the principles for a scientific plan of public works in Colombia, and for its economic execution".

Assuring you, in behalf of the Society, of our sincere appreciation of your courtesy and that the President of the Society will be pleased to receive suggestions from you at your convenience in reaching the results desired, I remain, yours very truly.

George T. Seabury, Secretary.

—o—

Scranton, Penna, agosto 7 de 1928

Señor Ministro de Obras Públicas.—Bogotá.

Con toda atención me permito exponer, refiriéndome a mis anteriores comunicaciones y a la carta del 26 de julio del señor Ministro, que he estado en permanente relación con el señor John R. Freeman, ex-Presidente de la American Society of Civil Engineers y personalidad del mayor relieve científico.

Del señor Freeman ya envié el récord oficial, pero quiero complementar la información al respecto, diciendo que este ilustre ingeniero, de edad avanzada y de mucha experiencia, acaba de visitar seis de los principales laboratorios hidráulicos de Europa, y esto por encargo especial del Gobierno americano. El viaje del señor Freeman a Europa tuvo por objeto principal estudiar las obras adelantadas por los italianos en el río Po, con motivo de las últimas discusiones habidas sobre el Mississippi en el seno de la American Society y contra lo experimentado por los ingenieros militares y de la Marina.

Este ingeniero Mr. Freeman estuvo hace diez años en China ocupado en el estudio de varios ríos e hizo sus primeras armas en Boston. A este respecto se permite decir en carta del 11 de julio próximo pasado: "Twenty years ago while investigating and planning the Charles River dam, between Boston and Cambridge, **I ran across in a striking way the phenomena of precipitation of sedimentary material of a colloidal nature with salt water acting as an electrolyte.** This phenomena has not yet got into the text books, but I have been observing its effect at the mouth of the Po and the mouth of the Mississippi; and from a chart of the mouth of the Magdalena, which I have just received from Negus, **I judge these same old forces of nature have a bigger share in the trobles than the engineers may have appreciated.** I found in my studies of Boston and harbors elsewhere, that salt water has wonderful way of creeping up the mouth of a river beneath the outflowing fresh water, and I wondering if part of the trouble is not due to this precipitation wich will continue to create deposits for 1.000 years to coming, and whether a different line of attack might not prouve more efficient. There is a wonderfull example at New Orleans between the success of Captain Eads and the non success of the Army engineers after spending nearly 20 millions dollars".

Más adelante, en esa misma carta dice Mr. Freeman: **"I have spoken about the possibility of transplanting the Woods's Brothers idea of retards from the Mississippi river to the Magdalena".** "It occurs to me that the name Woods's Brothers Retards is so local that it has no penetrated the South American countries. Therefore I am sending you a copy of my address of hydraulic laboratories about four years ago, which contains a picture. The patents on this, I believe, amount to very litle and the methods to be used in putting it down can be modifieded in many ways. The main thing is to have a man of skill and judgement in charge".

Me permito transcribir lo anterior porque Mr. Freeman sugiere el empleo de nuevos métodos en el río Magdalena basándose en que estos métodos sí han dado resultado en el río Mississippi.

Después de haber leído la Memoria de Julius Berger Konsortium el Señor Freeman escribe con fecha del 14 de julio: "My curiosity is sufficiently excited so that I shall send an assistant up to the Corthell Library, which we have here at Brown University, to see what he can find about the history of operations at the mouth of the Magdalena River. Corthell was the principal assistant of the late J. B. Eads, and did much work in South America farther south than Colombia".

La autoridad de Mr. Freeman no sólo se extiende, en materias de hidráulica, al estudio de la canalización de ríos y mejoras de desembocaduras y puertos, sino que también ha trabajado en acueductos como se ve por los siguientes informes extensos que ha rendido en diversas circunstancias. Estos informes son: Reports on the water supply to Greater New York, made for the Finance Department (hace 25 años); Report on the Charles River dam in Boston Harbor, made for the State of Massachussetts (hace 20 años); Report to the city of San Francisco on the Hetch Hetchy water suply (hace 15 años).

Como yo me he puesto en relación con Mr. Freeman para cumplir los deseos del Ministerio, este señor se ha tomado el trabajo de estudiar tanto el informe de Berger sobre la canalización del Magdalena, como los planos de las obras de Bocas de Ceniza. Sobre estos últimos trabajos emite conceptos, en carta del 26 de julio, que me honran, pues están enteramente de acuerdo con lo que dije al Gobierno el año pasado. Por eso no resisto a la tentación de copiar parte pertinente de los dichos conceptos: "The limited information that I have thus far obtained raises a question in my mind **if the jetties now under construction, at the mouth of the river, have been worked out in lines that will be as effective as they might. For example, taking the quantity of flow in the lower Magdalena river as measured at various stages in the Berger Report, I am wondering if the distance of nearly 3.000 feet between the straight parallel jetties, which project out into the sea from their present terminals is not too wide to give the necessary concentration required for preventing the mixture of salt water with sediment bearing fresh water, which will for ever precipitate deposits and form bars".**

Copio sin traducir las palabras de Mr. Freeman para que no pierdan nada de su claridad e importancia ya que oportunamente yo expuse al Gobierno las mismas dudas cuando se creyó que la autoridad científica del General Black era indiscutible en los Estados Unidos.

Por la misma razón continúo transcribiendo las opiniones de Mr. Freeman, un hombre que puede considerarse hoy como una de las más altas reputaciones en materia semejante, cuya experiencia es de vieja data y que tiene recomendaciones recientes del Gobierno americano y de la American Society of Civil Engineers.

Dice Mr. Freeman en carta del 26 de julio: **"The Berger Report and no other information which has yet come to me makes plain the extend of the investigations of the complete theory upon which the present jetties have been planned, and I am fearful lest the experience will be like that for the last 20 years or more, of work of the U. S. Army engineers in the southwest pass of the Mississippi river, where the last accounts show no permanent channel had been secured (made secure) with 20.000.000 dollars expended, while on the other hand the narrower channels of the Eads jetties has maintaned its depth successfully for 40 years".** "I would not assume from present scant information to pass judgement, but I merely raise the question because in proportion to the volume of low water flow the distance and area between the jetties as projected on the plan which you handed me appears to violete the rules laid down by Mr. Eads and his principal assistant, my friend the late E. L. Corthell, and which was succesful at Tampico and in the south pass of the Mississippi river". **"My guess in the absence of definite information is that the Magdalena bar problem requieres extended estudies of the sea currents and movement of sand and precipitated mud somewhat similar to those which I saw going on last summer off shore and at the hydraulic laboratory of the German Navy at Wilhemshaven.** From what Berger tells of the behaviour of floods I conceive that probably **the most permanent and the most economical results would be obtained by width between jetties hardly more than one third of that shown on these plans,** and that some of the other oulets to the sea would need partial closure by permeable dikes analogous to the Woods's Brothers Retards, and that flood relief could be secured largely by overflow of banks and barrier dikes".

Estoy en la más sincera convicción de que cumplo un deber al copiar todo lo que antecede para que el Ministerio sepa de antemano cuáles son las opiniones del candidato que someto a la consideración del Señor Ministro, respecto de las obras que actualmente se adelantan en Bocas de Ceniza y en el río Magdalena. Estas opiniones parecen desfavorables porque al señor Freeman no lo ligan lazos algunos a los contratistas de estas obras y es suficientemente importante para no temer represalias ni querellas. La opinión del señor Freeman nace de la simple consideración de los datos que se tienen sobre el Magdalena y su desembocadura y es tan espontánea e imparcial como lo fue la mía cuando el Gobierno quiso conocer cuál era el estado de las cosas en Bocas de Ceniza.

Insisto en someter a la consideración del Ministerio el proyecto de enviar una Comisión encabezada por Mr. Freeman para estudiar el río Magdalena y su desembocadura. Estos problemas son de tal importancia para el país que bien vale la pena de gastar una suma relativamente insignificante en pagar conceptos de la más alta autoridad en el mundo.

Espero conocer a la mayor brevedad la opinión del Señor Ministro sobre este punto.

Jorge Alvarez Lleras.

—o—

Scranton, Penna, august 12 of 1928

Mr. George T. Seabury, Secretary of the American Society of Civil Engineers, New York.

I refer to the letters of june 30 and 31 of the present year acknowledging receipt of my communication dated june 5. I am very glad to understand that my request, in the name of Sociedad Colombiana de Ingenieros, of the date june 5-1928, was presented formally to the Board of Directors of the American Society of Civil Engineers at its meeting on july 16.

I appreciate very much the honor confered upon my communication by the first technical body of civil engineers in the world, and I have sent to Bogotá a copy of the resolution adopted by the said Board of Directors in order that the Sociedad Colombiana de Ingenieros can be as quickly as possible, in contact with those members of your Society interested in the economic development of public works in my country where the american engineers are desired and wellcomed.

As the President of the American Society of Civil Engineers was authorized to cooperate with me in the selection of an official Commission to be formed of technical men to work toward the advancement of the principles for a scientific plan of public works in Colombia and for its economic execution, I beg your pardon if I delay this consideration until Mr. John R. Freeman, past-President of the American Society, should decide to accept the possition of technical adviser of my Government in the work along the Magdalena river and at its mouth.

If Mr. Freeman will admit what I am offering to him in the name of my Government, it would be very easy to have, after that, complete, with him at the head of it, all the said Commission in the resolution adopted by the Board of Directors in the meeting of july 16.

Jorge Alvarez Lleras.

—o—

Scranton, Penna, agosto 25 de 1928

Sr. Dr. Sotero Peñuela, Ministro de Obras Públicas, Bogotá.

Recibí su muy fina tarjeta del 30 de julio próximo pasado que contesto con los agradecimientos que debo a su atención.

Al referirme a ella quiero contarle que he continuado mis relaciones con el candidato que me ha parecido más

aconsejable para la dirección de nuestras obras hidráulicas de toda clase, y que no es otro que Mr. John R. Freeman, ingeniero distinguid'simo de este país, de quien he hablado a Ud. en cartas anteriores.

No recuerdo si le dije que Mr. Freeman se ha tomado el trabajo de hacerse traducir al inglés todo el libro de Berger sobre el río Magdalena y mi cuaderno sobre Bocas de Ceniza, porque es un hombre consciente que no se embarca en compromisos sino con conocimiento de causa. Además de esto Mr. Freeman se ha hecho a todo lo que se ha publicado sobre el río Magdalena y ha tenido la fortuna de conocer los papeles originales de Haupt y otros datos que están en la biblioteca donada por Mr. Corthell a la Brown University. Esto lo hace Mr. Freeman porque es un hombre riquísimo que se ha dado el lujo de sostener en Europa y otras partes del mundo, a seis ingenieros estudiando hidráulica fluvial por su cuenta y a sus expensas.

No creo que él exagere en lo que me dice en carta del 24 del presente: "From certain of my studies of rivers and harbors, particularly studies made in preparation for my work in China, I became convinced **that the science and art of river improvement are in an uncertain state and I have been trying to advance the state of this science which I believe has been progressing rapidly during the past ten years by researches in the German Engineering Universities and their hydraulic laboratories of Europe,** by preparing for publication, largely at my personal expense, a book on the hydraulic laboratories of Europe, now in the printer hands, and by assisting several young american teachers of engineering to spend from one to two years of study in these laboratories".

A continuación de lo que transcribo Mr. Freeman me explica que para contarme esto tiene en mira el hacerme notar cuánto le han interesado nuestros problemas hidráulicos en el río Magdalena. Por eso es que puede añadir a continuación: "In the case of the Magdalena River the results of my studies is to convince me of the probable great difficulties of effectively improving the river upper navigation in its course of five hundred miles above Barranquilla although I have not yet visited the site or obtained any very definite information. Regarding the work at the mouth of the river, I am inclined to believe this a far simpler problem than that of providing a good fairway for navigation from Calamar up to Honda rapids, but nevertheless the river mouth presents problems about which technical men disagree greatly and **I believe it wrong for any engineer to advise the spending of millions of dollars on work for giving passage through the bar without a most careful investigation of all of the circumstances".**

Lo que dice Mr. Freeman me parece muy puesto en razón y concuerda con la observación personal que he sacado al leer los muchos trabajos hechos en los Estados Unidos, en el Mississippi y otros ríos, y que he estado repasando para cumplir el compromiso que contraje con Ud.

Como le dije en carta pasada mi sensación es que las Casas Ulen y Berger se han estado burlando de nosotros y que nunca se abrirán las Bocas de Ceniza ni se canalizará el río con los sistemas puestos en práctica. **Talvez alcance yo a vivir lo suficiente para ver cumplidos mis pronósticos.**

Respecto de la contratación de Mr. Freeman para estos servicios yo mismo me adelanto a creer que esto es imposible, pues él pide por sus honorarios $ 6.000.00 y como sobresueldo $ 10 000.00 fuera de todos sus gastos y del sostenimiento de dos o tres secretarios. Creo, según esto, que el concepto de Mr. Freeman sobre Bocas de Ceniza y la canalización del Magdalena le saldría a costar al país cerca de $ 120.000.

Por supuesto que honradamente no se puede aconsejar otra persona más adecuada y yo me abstengo de proponer otros candidatos más modestos porque estoy seguro que éstos no le darán al país la confianza que necesita: **serán meros instrumentos en manos de los contratistas.**

En todo caso espero la respuesta de Ud., quedándome la satisfacción de que el primer técnico hidráulico y experto en canalización de ríos y obras de puerto que hay en los Estados Unidos está enteramente de acuerdo conmigo.

Ya tengo los candidatos indicados por la American Society of Civil Engineers para los cargos de expertos del Ministerio en Ferrocarriles y Carreteras. Son, claro está, individuos mucho más modestos y que aceptan un sueldo mensual de $ 1.000.00 más los gastos personales allá y los viáticos. Para garantizar las condiciones de estos individuos yo mismo los examinaría personalmente en el caso en que Ud. decidiera contratarlos.

Jorge Alvarez Lleras.

NOTA.—Con la carta anterior concluyó la correspondencia con el Ministerio de Obras Públicas referente a la obra de Bocas de Ceniza y a la intervención técnica de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (American Society of Civil Engineers), pedida por el mismo Ministerio. A pesar de renovadas ofertas posteriores de este ilustre Cuerpo científico, que insistió en prestar su ayuda al Gobierno de Colombia de acuerdo con las intenciones claramente manifestadas en las cartas transcritas, el Ministerio se abstuvo de contestar una palabra más sobre estos puntos, sin dar explicaciones de ninguna clase. Así lo propuesto por nosotros nunca llegó a realizarse.

Y fue esto lamentable, porque, indudablemente, la Sociedad de Ingenieros de Nueva York tiene alta autoridad y nunca hubiera sido simple instrumento en manos de los contratistas. Su honorable intervención en muchas de nuestras obras públicas habría sido de gran ayuda para el país y talvez nos hubiera evitado errores sin cuento. Entre estos errores está la obra de las Bocas de Ceniza, que hoy requiere orientación sólida y definitiva, después de la pérdida de mucho dinero. Para dejar constancia clara de estas cosas publicamos la correspondencia anterior, que habrá de servir para la Historia, si, como es posible, no presta ella servicio más efectivo.

COLABORACION

LA DEFORMACION CRANEANA EN LOS INDIGENAS PREHISPANICOS DE MENDOZA (ARGENTINA)

CARLOS RUSCONI
Director del Museo de Historia Natural
"Juan Cornelio Moyano" — Mendoza

I

Casi todos los pueblos de la tierra, en determinados períodos de su historia, han tenido o han conocido la práctica de la deformación artificial craneana y para lo cual se utilizaban aparatos muy variados. De esa costumbre nos refieren algo historiadores antiguos como Hipócrates, Aristóteles, Estrambon, Plinio el Viejo, etc.

Muchos siglos después, época en que surge la Antropología pura, se ocupó esta rama de la ciencia de anotar datos más precisos y científicos, como resultado de las exploraciones arqueológicas realizadas y que se continúan hoy con fervor en muchos pueblos de la tierra.

Con respecto al nuevo Continente, los conocimientos acerca de pueblos deformadores de cabezas, comienzan a ser efectivos después de la llegada de los hispánicos, siendo uno de los primeros el propio Colón, quien al regresar a España dio la noticia de haber visto a los indios de Guanahaní *"que tenían la frente y la cabeza muy anchas, más que otra generación que hasta aquí haya visto"*. Por su parte, Oviedo y Valdez (1) refiere lo acaecido al Padre Bobadilla quien, al sorprenderse de las caras extrañas que había visto, inquirió de varios caciques (Chicoyatonal, Misesboy, Cipat, etc.), el por qué de esa forma craneana que poseían sus súbditos, y a lo cual aquellos jefes habían contestado: *"Cuando los niños nacen tienen la cabeza tierna é hácensela como ves que las tenemos, como dos tolondrones a los dos lados dividiendo é queda por medio de la cabeza y gran hoyo de parte á parte, porque nuestros dioses dixeron a nuestros pasados que ansi quedamos hermosos y gentiles hombres é las cabezas quedan más recias para las cargas que se llevan en ellas"*.

El mismo autor (libro III, cap. V), recuerda que los caribes de Puerto Rico, Dominica, etc., utilizaban iguales prácticas *"apretándoles frente y colodrilo a los infantes con lías o vendas, por dos o tres años, especialmente a los hijos de los principales"*.

De las Casas da referencias parecidas para las tribus indígenas de Guatemala, Venezuela, Colombia, etc. (2) y dice que *"Hácense las caras y las cabezas por industria de las parteras o de las mismas madres cuando las criaturas son tiernas o chiquitas, empinadas, y hacen las frentes cuadradas y llanas como las de esta isla* (Haití); *otros como los del Perú, o los de Florida, las tienen de figura de martillo o de vahía"*, y que la deformación se hacía mediante *lías o vendas de algodón o lana por dos o tres años a las criaturas desde que nacen..."*

Referencias sobre el particular se encuentran en obras de navegantes y antiguos cronistas, como las de **Pedro Simon, Cieza de León y Garcilaso de la Vega**, agregando este último que los indígenas de Manta *"deformaban las cabezas a los niños en naciendo"*, ponían les una tablilla en la frente, y otra en el colodrillo, y se las apretaban de día en día hasta que eran de cuatro o cinco años, para que la cabeza quedase ancha de un lado al otro y angosta de la frente al colodrillo. (1)

De ese modo se van sucediendo las descripciones de otros cronistas y de los numerosos autores que se han encargado de acopiarlas, sea como elemento histórico o bien para justificar las investigaciones practicadas sobre cráneos de indígenas con vestigios de tales prácticas, que los arqueólogos y antropólogos iban reuniendo en las tumbas, sepulturas, etc. Con estas investigaciones surgieron también las clasificaciones, basadas sobre todo en dos tipos fundamentales: los cráneos chatos y los alargados o tubeliformes, y sus respectivas variedades, y sobre el particular se han ocupado distinguidos hombres de ciencia. Unos, como Topinard, Flower, Wyman, etc., distinguían dos tipos; Tschudi distinguió 3; Sergi 4; Broca 5; Lemhoscek 6; Linier 10; Gosse 16, etc.

La práctica de la deformación craneana, si bien había sido prohibida poco después de la llegada de los hispanos, algunas tribus o familias, siguiendo la tradicional costumbre, la fueron realizando, pese a las penas impuestas. Una de estas resoluciones era la del Arzobispo de Lima, Fray Gerónimo de Loayza quien, en 17 de julio de 1595, ordenaba: *"Que la superstición de amoldar las cabezas de los muchachos, de ciertas formas que los indios llaman Zaita-Oma y Palta-Oma, del todo se quite"*. Estos dos tipos, conocidos también por *Zaita-Uma* y *Palta-Uma*, responden: el primero a los cráneos alargados, y a los cráneos achatados o frentones el segundo.

Posteriormente se impartieron nuevas órdenes prohibitivas, como es el caso de la originada por el Virrey de Toledo (1753), quien en su Ordenanza VIII decía: *"Mando que ningún indio ni india apriete las cabezas de las criaturas recién nacidas, como lo suelen hacer para hacerlas más largas, porque de haberlo hecho se les ha recrecido y recrece daño y vienen a morir dello, y de esto tengan gran cuidado las justicias, sacerdotes, alcaldes y caciques en que se haga"*. Pero esta práctica, pese a las restricciones, la continuaron todavía algunas familias en épocas mucho más recientes, según nos lo refiere Castelnaud, para los indios de la Pampa del Sacramento, Raimondi para algunos niños indígenas de Sarayaco, etc.

En la Argentina existieron igualmente tribus deformadoras de cabezas, y esto se deduce de los cráneos exhumados y hasta de los propios aparatos deformadores hallados en diversas tumbas, especialmente en el noroeste argentino. Tribus deformadoras las hubo también mucho más al sur, aunque con preferencia en el centro y oeste de nuestro país, y de ellas se han ocupado diversos

(1) Oviedo y Valdez, **Historia general y natural de las Indias**, XLII, cap. III.

(2) Fray Bartolomé de las Casas, **Historia apologética**, cap. XXXIV.

(1) Garcilaso de la Vega, Libro IX, cap. VIII.