

tros al espesor del fondo del cajón; entonces se remolca el cajón a su emplazamiento, se le coloca con toda exactitud en su posición definitiva y se sumerge llenándolo de agua, para lo cual se abren unas compuertas previamente preparadas, y por último se extrae el agua, llenando con hormigón los compartimientos anteriores y con arena los posteriores.—Ω.

(Se continuará.)

PUERTO DE SANTANDER

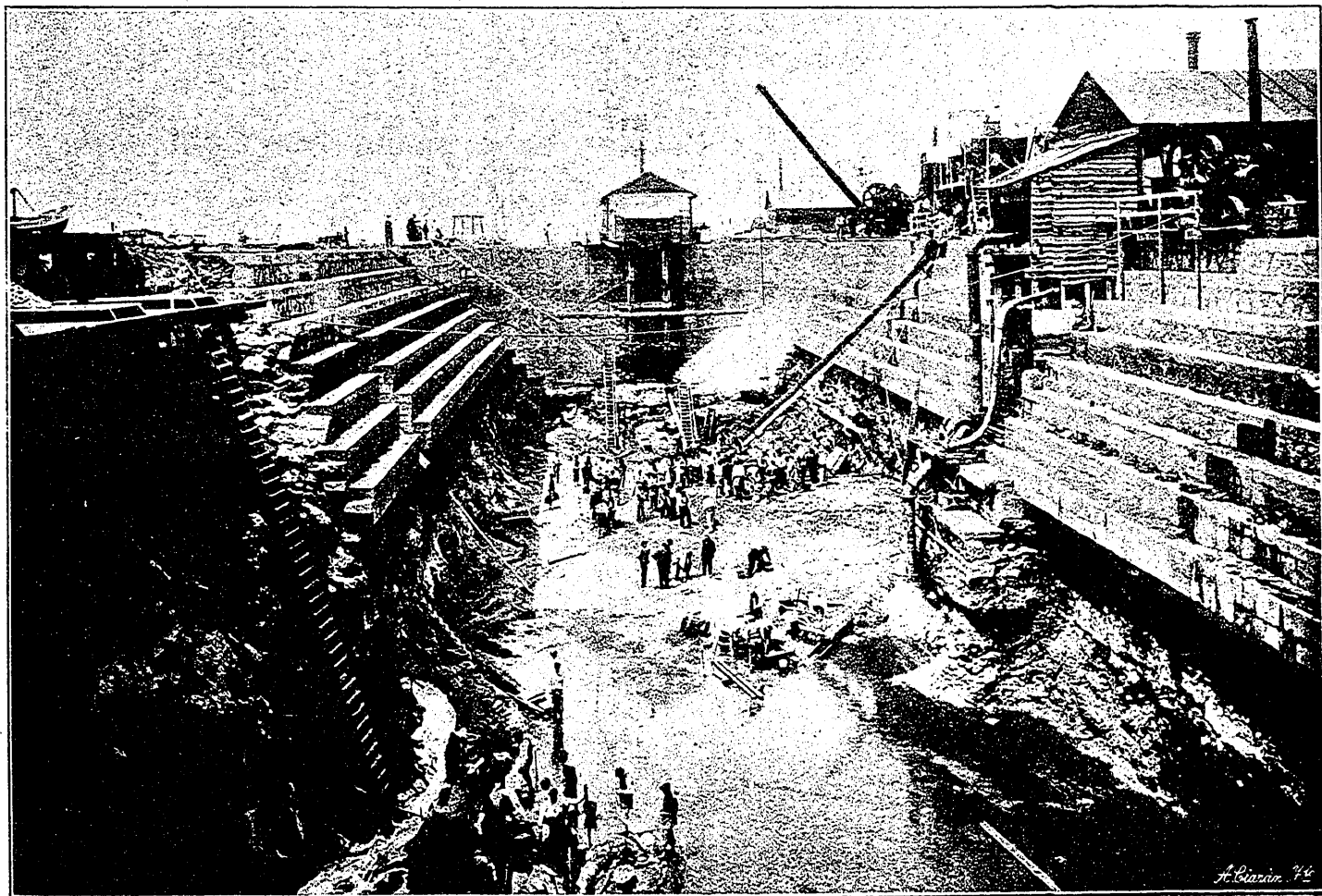
(CONCLUSIÓN)

Para ejecutar esta ataguía había que levantar los terraplénos que rodeaban al dique, y como la superficie rocosa del subsuelo natural estaba más baja que el nivel de bajamar, se dispuso una excavadora Priestman sobre vía de hierro. Se construyeron las

dido entre las palizadas 14 y 24, por donde pasaba al cuenco una corriente de mucho caudal.

Se dragó el relleno de arcilla en este trozo, y se excavó en la roca con pequeños barrenos, unos á mano y otros con perforadora mecánica de aire comprimido, y dinamita, hasta 10 y 12 metros bajo la coronación del dique, sin desarmar la parte de madera de la ataguía, que había de servir de andamio á la excavadora. Los pilotes quedaron completamente colgados por encima del fondo de la excavación; pero con precauciones pudo terminarse la obra sin incidente alguno, y quedaron aquéllos dentro del macizo de hormigón con que se relleno toda la excavación. Entre las palizadas 16 y 17 había aparecido un conducto de sección grande, con depósito de cantos rodados, trozos de madera y otros objetos que denunciaban un paso importante de agua.

En Noviembre del mismo año 1901 se agotó otra vez el cuenco para probar la ataguía, y en vista del resultado relativamente satisfactorio, redacté, para continuar la obra con agotamientos, un presupuesto reformado del zampeado que importaba 2.306.181,36 pesetas, y que fué aprobado en 26 de Mayo de 1902, y ampliado



Semicuenco interior después de empezada la reconstrucción de su zampeado.

tres palizadas primeras, hincando los mismos pilotes que habían de formar parte del forro de la ataguía, y sobre ellos se apoyó el entramado para la vía. Montada la excavadora en un carretón, excavaba por delante del andamio. Limpio el fondo, se retiraba la Priestman para montar la machina é hincar otras dos palizadas, sobre las cuales se prolongaba la vía y volvía la excavadora á limpiar otro trozo. Y así pudieron hacerse simultáneamente, con poco gasto y pocos obreros, aunque con lentitud, la excavación y la ataguía. Antes de rellenar con arcilla bajaban los buzos á limpiar el fondo y extender una capa de hormigón. El hueco entre la ataguía y el muro Norte de la Parrilla se relleno también con arcilla, y por el Norte, para contrarrestar el empuje, se hincó una tercera fila de pilotes encepados con los que formaban la caja.

Un ensayo de achique en el mes de Junio del año 1901 puso de manifiesto la necesidad de deshacer el trozo de ataguía compren-

más tarde, en 15 de Junio de 1905 hasta 3.034.177,97 pesetas ó sea un adicional de 2.154.293,33 sobre el primitivo, que, como queda dicho, era sólo de 879.884,64 pesetas.

Aparentemente se había tenido casi en suspenso esta obra desde el año 1896 hasta el 1901. Pero en este período, y mientras se atendía por otra parte á la construcción de la dársena de Molnedo y demás obras de la línea de encauzamiento y al dragado en la bahía, se había estudiado una solución conveniente para el dique y realizado para ello las importantes obras auxiliares que acaban de reseñarse. Además, la Junta había pedido autorización para contratar un empréstito, que le fué otorgada en el año 1899, y se hizo la primera emisión, por 500.000 pesetas, en 28 de Febrero de 1903, después de haberse aprobado en 1902 el citado presupuesto adicional.

Hasta esta fecha no tuvimos los tres elementos que se necesita-

ban para reanudar con intensidad y aprovechamiento los trabajos: solución estudiada, presupuesto aprobado y recursos suficientes.

Aun en el invierno de 1901 á 1902 se hicieron otras reparaciones en la ataguía, y algunas obras de restaño por los buzos en el interior del cuenco.

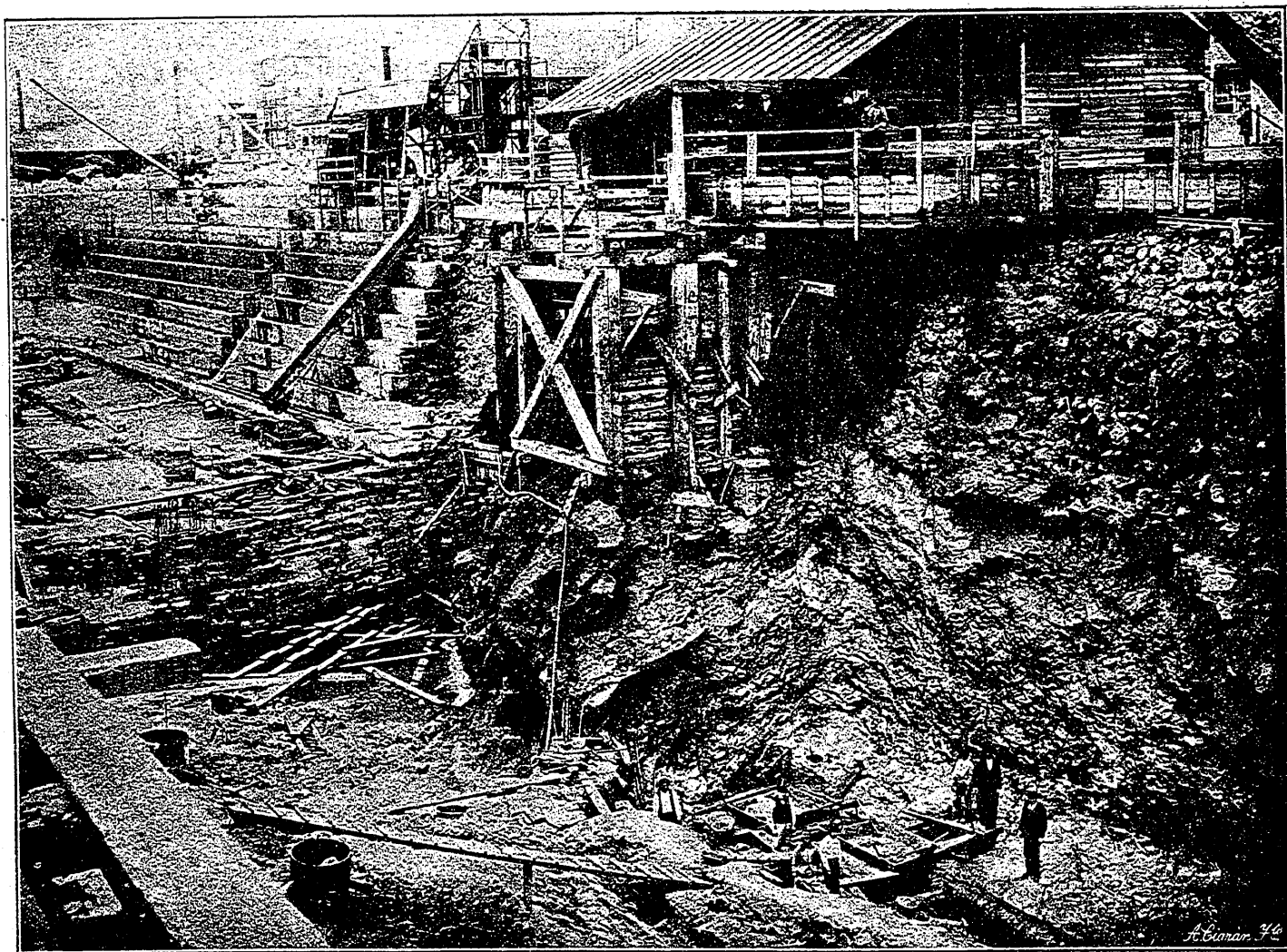
Y así llegó el momento de extender la capa de hormigón en el semicuenco excavado ó el interior. Operación que debía llevarse á cabo con la mayor rapidez posible, porque teniendo que achicar en todo el cuenco, y abierta la zanja en este semicuenco en 65 metros de longitud, á todo su ancho y profundidad, con una presión exterior de 12 metros, era seguro el crecimiento inmediato de las filtraciones.

Y para no perder después días de achique en extraer una capa de fango de medio metro próximamente de espesor, que se había

cúbicos, y otro de arena con 3.000 y dos almacenes con 2.000 toneladas de cemento portland.

Se adquirieron é instalaron con sus transmisiones sobre el muro Norte, dos hormigoneras sistema Gauhe, movidos por vapor, que pueden ejecutar 20 metros cúbicos por hora cada una. Los vertederos eran unos canalones de madera, suspendidos en su extremo inferior, á 4 ó 5 metros sobre el fondo de la excavación, por un cable de alambre sujeto en el muro Sur. Hizo esta instalación, que después ha dado excelente resultado durante toda la obra, el Ingeniero D. José Rodríguez de Rivera, auxiliado por el operario maquinista D. Felipe Forcada mientras el Sr. Huidobro aseguraba la dotación de agua del mar para amasar el hormigón con una bomba que colocó, y con un pequeño depósito más alto que la caja de agua de las hormigoneras, con las tuberías necesarias.

Se adquirieron 40 vagonetas giratorias que vierten en cualquier



Vista del cuenco, después de construido el zamepado del semicuenco interior y de haber cortado la ataguía transversal.

depositado en el fondo del cuenco, se instalaron dos pequeñas bombas centrifugas y conectaron tubos flexibles de alambre y caucho de 17 centímetros de diámetro y de longitud suficiente para que las alcachofas se llevaran con facilidad por los buzos de uno á otro punto. Preparó hábilmente esta operación el Ingeniero D. Gabriel de Huidobro, y mientras se reunían é instalaban los demás medios auxiliares de que se trata á continuación, se limpió el fondo, quedando sólo una ligera capa de sedimentos.

Obras en el año 1903.—Como el servicio de abastecimiento de aguas de la ciudad se interrumpe con frecuencia en el verano, y había que asegurar la alimentación permanente de las calderas, hubo que pensar también en hacer un depósito de agua dulce, siquiera para un día, y se construyó un aljibe cubierto de 100 metros de capacidad.

Se preparó un depósito de piedra machacada con 6.000 metros

dirección, de capacidad de 750 decímetros cúbicos, aunque sólo se cargaba en cada una el material de piedra y arena para algo menos de medio metro cúbico de hormigón, y se instalaron vías desde los depósitos de materiales hasta las hormigoneras.

Se aumentó la fuerza del agotamiento con otra bomba centrifuga y máquina de 40 caballos nominales, unos 100 efectivos de vapor. Se reparó la ataguía de contorno.

Se hizo una excavación fuera de la misma ataguía, en contacto con ella, limpiando el terreno en una zona al SO. de las palizadas 40 á 45, y se extendió una capa de hormigón sumergido, á lo que debe atribuirse que se cortara la filtración que siempre había socavado en aquel sitio la ataguía. Dentro del cuenco, los buzos excavaron, limpiaron con aire comprimido y taponaron con hormigón las entradas mayores de agua. El resultado de estos trabajos es transitorio, porque poco á poco las filtraciones se abren

otros caminos; pero entre tanto dan tiempo á trabajar en el cuenco y avanzar la obra.

Se reconstruyó un trozo de la defensa de escollera que protege la ataguía de la entrada, deshecho en un temporal del SO.; se preparó el personal para el servicio de todos aquellos artefactos y se encendieron las máquinas el día 13 de Julio de 1903. Dió principio el agotamiento con el día 14, y al siguiente pudo bajar la gente al cuenco.

En el semicuenco del Oeste, ó en el que venimos llamando interior, habían desaparecido las vías de agua B y B₁. De la C sólo quedaban indicios, y permanecía como antes la A, que era la de menor gasto. En el semicuenco del Este no había variación, y para sostener el achique en todo el cuenco, funcionaban las bombas de la casa de máquinas en el Este, y sólo una de las auxiliares en el Oeste.

Después de algunos trabajos para limpiar el fondo y los taludes de la excavación, y empezados los avenamientos, pudo funcionar una de las hormigoneras, y arrojar en nueve horas de trabajo 60 metros cúbicos de hormigón.

Eran susceptibles de producir mucho más estas máquinas, pero había que dar tiempo al apisonado y á la preparación de la caja y de las tuberías del avenamiento. Éste se reduce á recoger con cuidado el agua en los orificios ó grietas, donde aparece, dejándola correr libremente á los pozos de achique, en conducciones impermeables, de fábrica hidráulica, ó en tuberías de plomo ó de hierro, del diámetro necesario, poniendo empeño en combatir la tendencia del operario á obtener con pellada de hormigón los surtidores, porque la presión abre otro camino, el agua lava el hormigón y el trabajo resulta defectuoso é interminable.

La red de este avenamiento es muy irregular y los diámetros de las tuberías variaban desde 3 hasta 63 centímetros.

Quise al principio dejar en los entrepaños la roca limpia y descubierta para echar directamente sobre la superficie saneada y rugosa del fondo la tortada de hormigón de cemento Portland; pero en muchos trozos quedaban exudaciones y aun pequeñas filtraciones, y como era difícil sostener el achique hasta apurar la última capa de agua, hubo que emplear el cemento de fraguado rápido, para rellenar los entrepaños y cubrir las tuberías. Y esta capa sobre la cual se sienta después la del hormigón de cemento Portland, ha quedado en casi todo el dique con un espesor medio de medio metro próximamente.

Las filtraciones aumentaron, como era de esperar, de día en día, y ya en el mes de Septiembre, aunque funcionaban todas las máquinas, apenas se sostenía el agotamiento en las pleamares.

El agua de estas filtraciones viene cargada de arcillas muy finas, y para obtener la adherencia del hormigón á la roca, además de la limpieza manual, se empleaba un chorro de aire comprimido á tres atmósferas, que levantaba el fango y la arena, y dejaba la roca al descubierto antes de sentar sobre ella el hormigón. Estas operaciones se hacían en pequeños entrepaños de 4 á 6 ó 10 metros cuadrados, y á veces más pequeños, para evitar que se cubrieran con los sedimentos y arrastres del agua. Después se arrojaba el hormigón de fraguado rápido, que se preparaba en maseras al pie de obra, y fraguado y adherido á la roca y á las tuberías del avenamiento, formaba una capa sana y seca. Si en algún caso, y fueron muy pocos, apareció sobre esta capa algún pequeño manantial, se recogía en un tubo de plomo que se cerraba á unos cuantos metros de su origen. Construido un trozo de esta capa, á todo el ancho ó parte del ancho del dique y en algunos metros de longitud, se invertía el hormigón de cemento Portland por capas horizontales de 22 centímetros de espesor, bien apisonadas, hasta completar la altura del zameado, operación rápida que se hacía á razón de 120 á 150 metros cúbicos por día. Para empalmar cada uno de estos macizos con los subsiguientes, se construían en talud, escalonadas sus caras con retallos de 8 centímetros á cada 22 ó 44 centímetros de altura, y en cada capa dientes ó entrantes y salientes de 80 centímetros de longitud, y de la altura de la capa.

Quedaban éstas bien adheridas, porque aún no había fraguado una cuando se cubría con otra, y sólo por las paradas al final de

cada día había que adoptar al empezar en el siguiente precauciones especiales.

El hormigón se fabricaba con un mortero de 1.235 kilogramos de cemento Portland por metro cúbico de arena. Arena fina, como la de las dunas, y con detritus de conchas, pero la única de que disponemos en la bahía.

Hacia el 23 de Agosto, ó en cuarenta días, desde que se empezó el agotamiento, se habían ejecutado 58 metros lineales del zameado, con un cubo de 4.314 metros, y 285 metros lineales de tajeas de fábrica, y tuberías de hierro en el avenamiento.

Suspendióse entonces el agotamiento para recorrer las máquinas, y reanudado en 9 de Septiembre, hicimos un corte en el centro de la ataguía transversal para proseguir hacia el Este la excavación, que en todo el resto del cuenco estaba todavía por ejecutar, con 5 metros de cota sobre el fondo de la caja. Un trozo de aquella ataguía, al Norte, quedó sirviendo todavía de apoyo á las transmisiones de las bombas 5 y 6. Pero había que trasladar éstas al otro lado de la ataguía ó al semicuenco del Este.

Trabajos en el año 1904.—Y al reanudarse en 6 de Abril de 1904 el agotamiento y las obras suspendidas durante el invierno de 1903 á 1904, se emprendieron simultáneamente dos trabajos: los macizos de hormigón números 2 y 3, y la excavación hacia el sitio en que había de levantarse el macizo núm. 4. El cual quedó terminado el día 14 de Mayo, é inmediatamente se construyó sobre él el castillete de madera, para colocar en su nueva posición las transmisiones de las bombas. Éstas quedaron montadas á mediados de Junio sobre el segundo pozo. Procedióse después á la demolición del resto de la ataguía y de los bancos de roca que le servían de asiento por el extremo Norte, y pudo construirse el macizo núm. 5 entre los días 25 de Junio y 3 de Julio. Con no escasas dificultades se terminó la excavación, y preparó la caja, para extender la capa de avenamiento que había de servir de fundación al macizo número 6, que se levantó entre los días 4 y 10 de Julio, y así continuó la obra con las interrupciones propias de estos trabajos, aumentando de día en día el de los agotamientos, hasta que en los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre nos vimos obligados á retirar la gente del cuenco en las pleamares y trabajar sólo en las horas de bajamar, de media á media marea, de noche ó de día, aun con mal tiempo. Para los trabajos nocturnos se emplearon lámparas eléctricas y de oleonafita, y alguna vez la luz Lucal.

Una de las dificultades que aumentaron las naturales de esta obra, consistía en la colocación de los pozos de achique dentro del cuenco, justificada porque al Norte está el camino de servicio de la costa, y no de anchura sobrada, y al Sur del dique no podían abrirse sin introducir corrientes grandes de agua en la excavación. Como debía procurarse cambiarlos de sitio el menor número de veces posible, se habían instalado desde el principio las máquinas 5 y 6 á la mitad de la longitud del dique, con las transmisiones, de modo que al terminar el primer trozo del zameado bastara levantar las bombas y colocarlas al otro lado de la ataguía, sin cambiar de sitio las máquinas. El pozo se trasladó también 28 metros más hacia la entrada, todo lo que permitió la longitud máxima que podía darse á las correas, y ha servido ya hasta la conclusión del zameado. Debajo del macizo núm. 4 se dejaron dos tubos de 0,75 de diámetro, para utilizar ambos pozos, mientras se trasladaban las transmisiones sucesivamente, sin parar los agotamientos ni las obras.

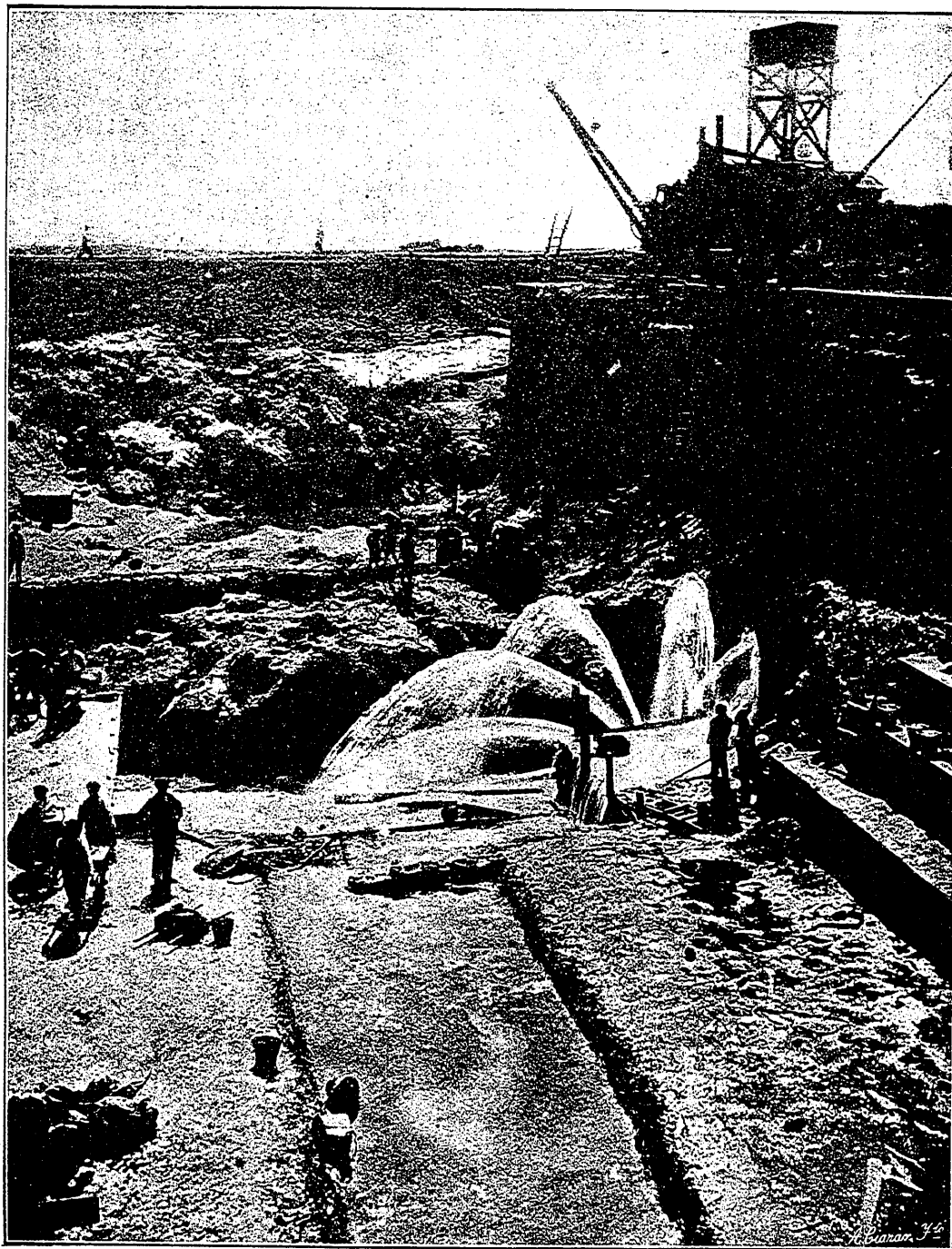
Dos máquinas de agotamiento sobrantes ya en el primer semicuenco, se trasladaron al segundo, y desde el pozo que se indica junto á la casa de máquinas, elevaban el agua hasta la galería de entrada al pozo de la casa de máquinas, que con sus bombas la recogía para verter por encima de la coronación. Este sistema de achiques escalonados ha sido necesario emplearlo en varias épocas durante todos los trabajos.

Como al terminar la campaña de 1903 era ya difícil sostener el achique, no podía correrse el riesgo de ejecutar de una vez la excavación en el semicuenco del Este, y se ha ido haciendo por trozos, en los cuales se construían inmediatamente la capa de avenamiento y el macizo de hormigón de cemento Portland.

Los agotamientos que en el mes de Julio de 1904 llegaban á 1.200 litros por segundo en las pleamares, al fin de Agosto se habían elevado á 1.400. Disponíamos de una fuerza de 500 caballos de vapor, que siempre resultaba disminuída en un cuarto ó un tercio por las interrupciones de las máquinas.

En algunas pleamares, en los meses de Septiembre á Noviembre, había que suspender los trabajos de excavación y de fábrica; pero encontrábamos compensación en las bajamares vivas, durante

peado con 108 metros de longitud, sobre una red de tuberías, que sin contar las de plomo y numerosos, aunque pequeños, caños, hechos para canalizar las exudaciones de las paredes, llegaban á 520 metros de longitud. Del macizo núm. 12 se dejó construída sólo la capa de avenamiento, y al reanudar los trabajos en el mes de Mayo de 1905 se le superpuso el macizo correspondiente de hormigón de Portland, y sucesivamente se acometieron el resto de la excavación y los macizos 13 al 19, con el cual se terminó en



Presión de los tubos de avenamiento y en la cuneta abovedada entre el zampeado y el pie del talud Sur de la excavación.

las cuales podíamos parar la mayor parte de las máquinas de agotamiento. La fuerza disponible empezaba á ser insuficiente, aunque íbamos obturando los tubos del avenamiento á medida que avanzaban y se endurecían las fábricas. Pero las ventajas que se obtenían al cerrar uno ó varios tubos, se perdían con el avance de la excavación, y esto nos obligaba á limitar cada trozo, según la abundancia de filtraciones y la fuerza de agotamiento disponible.

Obras en 1905.—Al suspender la campaña segunda, el 7 de Diciembre, después de los penosísimos trabajos que se ejecutaron de día y de noche para fundar los macizos 10 y 11, en los meses de Octubre, Noviembre y primeros de Diciembre, quedó ya el zam-

peado con 108 metros de longitud, sobre una red de tuberías, que sin contar las de plomo y numerosos, aunque pequeños, caños, hechos para canalizar las exudaciones de las paredes, llegaban á 520 metros de longitud. Del macizo núm. 12 se dejó construída sólo la capa de avenamiento, y al reanudar los trabajos en el mes de Mayo de 1905 se le superpuso el macizo correspondiente de hormigón de Portland, y sucesivamente se acometieron el resto de la excavación y los macizos 13 al 19, con el cual se terminó en

Octubre de 1905 la tortada de hormigón del zampeado, en los 144 metros de longitud necesarios para el dique. Quedaron por rellenar los pozos de achique, cuya fábrica no debía ejecutarse hasta que estuviesen fuera de la altura de bajamar las obras interiores y las fábricas de la entrada. Pero estas obras se ejecutaron ya en el año 1906, y trataremos de ellas en la próxima Memoria.

El cubo de las diferentes obras ejecutadas por administración y cuenta del presupuesto del zampeado hasta fin de 1905, incluyendo los auxiliares de preparación que empezaron en el año 1903; el desmonte, en 1895, de la parte del zampeado ejecutada por el contratista, y la excavación en roca, en el mismo semicuenca del

Oeste, para aumentar el espesor del zampeado nuevo; el levante del terraplén de contorno al Oeste y al Sur, entre la parrilla y el dique, con la construcción de las ataguías, entre los años 1893 y 1902 y reconstrucción de algunos trozos de éstas, y, por último, en los años 1903 á 1905, la excavación hasta el final, la construcción de la tortada de hormigón y la reconstrucción de las tres gradas al Norte y dos del Sur, en el trozo que hizo el contratista, se relaciona á continuación:

18.603,20 metros cúbicos de excavación, en terrenos sueltos alrededor del dique para construir la ataguía de contorno.

410,90 ídem íd. de excavación submarina, en roca, para cimentar las ataguías.

7.596,17 ídem íd. de relleno de arcillas.

1.705,78 ídem íd. de hormigón hidráulico en la base de la ataguía de contorno.

538,49 ídem íd. de madera de pino para las mismas ataguías.

13.083 kilogramos de herrajes.

13.090 metros cúbicos de excavación en roca, dentro del cuenco, para extender la capa de hormigón.

1.814 ídem íd. de hormigón hidráulico de fraguado rápido, para la capa de avenamiento del zampeado.

10.101 ídem íd. de hormigón hidráulico, con cemento Portland, para el zampeado.

632,20 metros lineales de tajeas y tuberías de avenamiento.

No están incluidos en estas cubicaciones las de las fábricas para aljibes, talleres, casetas para las máquinas, las vías, hormigoneras, maquinaria, castilletes para el montaje de las bombas y transmisiones, etc., ni el cubo de los materiales sueltos en arcillas, fangos, tierra y piedra suelta, que continuamente aportaban las vías de agua y que ascienden á algunos miles de metros cúbicos.

Hasta 31 de Diciembre de 1905 y desde que se empezó la obra por administración, se habían gastado en el zampeado y en todos los ensayos y obras auxiliares para ataguías y maquinaria de agotamiento y por adquisición de material 1.154.902,15 pesetas en jornales, en materiales 1.674.790,91 y 23 703,89 pesetas en accidentes del trabajo. En total, 2.853.396 95 pesetas, y quedaban por gastar 180.781,02 pesetas. Pero de aquellas cantidades correspondían unas 80.000 pesetas á obras y gastos pertenecientes al presupuesto de la superestructura, por haber tenido que ir acompañando parte del zampeado con las gradas ó cajeros, especialmente en el lado Sur. Por lo tanto, quedaron disponibles en 31 de Diciembre 260.781,02 pesetas para terminar el zampeado, en cuyo presupuesto estaban incluidos el umbral y los cajeros de la entrada, el adquinado y otras obras accesorias.

JESÚS GRINDA.
Ingeniero-Director.

TRACCIÓN MECÁNICA EN LOS CANALES

Son objeto de preocupación en los Estados Unidos todas las cuestiones relacionadas con las vías interiores de navegación y sobre todo lo referente al modo de tracción que se debe emplear en estas vías. Este interés se manifiesta constantemente, y la Comisión federal encargada acaba de transmitir al Congreso, y recomendado grandemente por el Presidente, su informe preliminar, y es probable que dentro de poco se verá producirse un desarrollo serio de las canales y otras vías de navegación interior.

En este informe se dice que existen en los Estados Unidos 40.000 kilómetros de ríos navegables, y una longitud casi igual de distintos cursos de agua que se podrían hacer navegables. Hay más de 4.000 kilómetros de canales y gran número de bahías, calas, etc., que se podrían enlazar fácilmente reuniéndolas por canales de una longitud colectiva de 1.600 kilómetros para formar vías navegables interiores paralelas á las costas del Atlántico y del golfo de Méjico.

Sobre los grandes ríos y ciertos cursos de agua, donde es posible emplear los medios ordinarios de propulsión mecánica y alcanzar velocidades de 15 á 20 kilómetros por hora, la navegación presenta ventajas indiscutibles; pero ha lugar á preguntarse, si hay un real interés económico en crear vías navegables de pequeña sección, donde las velocidades serán necesariamente débiles y que serán incapaces de luchar ventajosamente con los caminos de hierro.

La Comisión tendrá, naturalmente, que estudiar los diversos modos de tracción y de propulsión sobre los canales y deberá intentar obtener algunos datos sobre el costo de la potencia necesaria con estos diversos sistemas. La Comisión real inglesa de canales y vías navegables, ha publicado recientemente un informe muy detallado que trata de este asunto. Es permitido suponer que en el porvenir se deberá recurrir á la tracción eléctrica bajo una ú otra forma, pero el informe de que hablamos no estima encontrar gran ventaja en este sistema.

El motor de gas es, como se sabe, capaz de suministrar la fuerza motriz de una manera económica y se podría creer que pudiera emplearse con ventaja en los canales, pero hasta aquí la experiencia no le ha sido favorable en esta aplicación. Es verdad que sólo ha sido empleado en barcos de pequeño tonelaje con potencias de 20 caballos y velocidades de 5 kilómetros por hora entre esclusas; el costo de transporte en estas condiciones era de 2,2 céntimos por tonelada-kilómetro todo comprendido, salvo los derechos de navegación.

En la máquina de vapor, una experiencia profunda ha puesto de manifiesto un precio de costo sensiblemente igual; pero si se toman barcos en remolque, el precio puede bajar á 1,6 céntimos. Con el motor de petróleo el gasto es más elevado. Hemos dicho que estos precios no comprenden las cargas relativas al canal, interés, conservación y explotación. Pero el gasto medio de transporte de la tonelada kilométrica en el conjunto de los caminos de hierro de los Estados Unidos no pasa de 2,2 céntimos, comprendidos en él los gastos de toda naturaleza.

Se emplea en Alemania la tracción eléctrica sobre los canales, pero bajo una forma sujeta á objeciones por lo que se refiere al costo elevado de establecimiento y entretenimiento. En los Estados Unidos, la tracción eléctrica ha sido empleada sobre el canal del Erié y sobre el de Miami, y en Bélgica, sobre el canal de Bruselas á Charleroi, pero todas estas aplicaciones no han tenido éxito por razones económicas. Es necesario para la tracción eléctrica un tráfico muy considerable, 2 millones por lo menos de toneladas al año.

Se han empleado tres sistemas para la aplicación de este modo de tracción. El primero consiste en servirse de locomotoras que circulan por el camino de sirga. Se ha empleado en Francia; en Douai, las máquinas pesaban de 2 á 3 toneladas, desarrollaban una potencia de una decena de caballos y recibían la corriente de un conductor aéreo. Se reprocha á este sistema un desgaste rápido de las máquinas y del camino de sirga.

Una parte del canal de Douai, de 15 kilómetros próximamente de longitud, se explota por el segundo sistema, que consiste en disponer sobre el camino de sirga una vía férrea ligera sobre la cual circulan locomotoras eléctricas; estas máquinas llevan dos motores de 20 caballos cada uno, pesan 8 toneladas y ejercen un esfuerzo de tracción de 1.350 kilogramos, que es suficiente para sirgar cuatro barcos de 300 toneladas á la velocidad de 3.200 kilómetros por hora. En este canal no hay vía más que sobre una orilla, y cuando se encuentran barcos marchando en sentido inverso es necesario cambiar las locomotoras.

Una aplicación de este método en mayor escala se ha hecho en el canal de Teltow, en Alemania; las locomotoras pesan 8 toneladas y tienen dos motores; cada uno remolca dos barcos que llevan en conjunto 1.200 toneladas á una velocidad de 4 kilómetros por hora; es la velocidad máxima que se puede admitir en los canales, porque si se rebasa, se producen rápidamente erosiones en las márgenes, y, además, el esfuerzo de tracción aumenta considerablemente.