

# REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

FUNDADA Y SOSTENIDA POR EL CUERPO NACIONAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

**Redactor-Presidente...** Excmo. é Ilmo. Sr. D. Leonardo de Tejada, Inspector general del Cuerpo  
**Redactores.....** Los Sres. Presidentes de las Comisiones regionales de Ingenieros.  
 D. Antonio Sonier, Profesor de la Escuela de Caminos.  
 D. Manuel Maluquer, Ingeniero del mismo Cuerpo, *Secretario*.  
**Colaboradores.....** Todos los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

SE PUBLICA LOS JUEVES

Redacción y Administración: Puerta del Sol, 9, pral.

## PANTANO DE LA ESTANCA EN CALAHORRA

POR

D. PELAYO MANCEBO

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

En los primeros meses del año de 1835 hicimos el proyecto de un pantano para riegos, y parecenos de actualidad darle á conocer en la parte más interesante, pasando después á ocuparnos de la realización del primer grupo de obras, que tuvo lugar inmediatamente, así como de los resultados obtenidos, muy beneficiosos para la localidad, pero escasamente remunerativos para los accionistas de la modesta obra.

De los numerosos planos del proyecto reproduciremos aquí el plano general del embalse, la sección del dique con la toma de aguas y el del módulo, y entresacamos á continuación de la Memoria descriptiva lo relativo á la descripción de las obras á que se refieren los planos reproducidos, además de las consideraciones generales y objeto que nos proponíamos realizar.

### Objeto del proyecto y antecedentes.

La Asociación de propietarios de Calahorra para riegos, se constituyó con el principal objeto de construir un pequeño pantano en un emplazamiento determinado que reúne condiciones muy ventajosas por varios conceptos.

En la parte superior del término de la jurisdicción de aquella ciudad denominado «La Estanca», existe un espacio de cerca de un kilómetro de largo, y poco menos de medio de ancho, rodeado por laderas arcillosas que sólo se separan unos 250 metros en la parte inferior. La forma, pues, de la cuenca, la naturaleza del fondo y de las laderas, la circunstancia especialísima de que éstas desprendan muy pocos arrastres al fondo por estar situadas las divisorias muy próximas á las crestas, y, sobre todo, la de existir un cauce que desle el río Cidacos conduce el agua al sitio escogido, son condiciones excepcionales que han motivado el pensamiento, y por tanto puede decirse que ha precedido á éste la elección del emplazamiento de la obra. Sin embargo, he verificado posteriormente reconocimientos detenidos de la localidad, no llegando á encontrar, como era de suponer, sitio más á propósito para el objeto.

Trátase con esta obra, no de convertir en regables terrenos que no lo son, sino de asegurar el riego á una gran extensión de aquellos campos que en los meses de verano y primeros de otoño, de Julio á Septiembre inclusive generalmente, ó carecen de él ó es insuficiente para las necesidades del cultivo. Nos encontramos, por tanto, con todos los cauces y acequias de distribución y desagüe funcionando, y sólo habrá que construir unos cuantos metros lineales á partir de las dos tomas de agua que se proyec-

tan en el pantano, para estar en situación de utilizar éste y regar casi todos los campos de la orilla derecha del Cidacos. La proximidad del pantano á las acequias de conducción, no deja de ser otra ventaja apreciable de su emplazamiento.

Todas las circunstancias mencionadas revelan que pocas Empresas de riego puedan acometerse con más probabilidades de éxito económico bajo el punto de vista técnico. Quedaban únicamente las dificultades que pudieran surgir del aprovechamiento de obras construídas con dicho objeto (presa provisional, cáuces, etc.), y para resolver éstos, nada más práctico que hermanar, unificar, confundir hasta donde fuese posible los intereses de los dueños del pantano y de las tierras que con sus aguas han de regarse. Por conseguirlo, se ha retrasado varios años la realización del pensamiento, invertidos en los trabajos preparatorios para la constitución de una Sociedad por acciones, en términos que respondan al objeto que nos proponíamos. Sabido es, que en todo el Norte de España la propiedad está sumamente subdividida; tratábamos de que, si no todos, la mayor parte de los propietarios tuviesen participación en la Empresa, y atendido ésto, y la modestia de la obra, fijamos el capital de cada acción en una pequeña cantidad (200 pesetas), se distribuyeron todo lo posible, y suscribimos después las que restaban para poder llevar á cabo la obra los propietarios que más confianza tenemos en los buenos resultados de la misma. Ninguna ventaja se ha conservado para los iniciadores del pensamiento y fundadores de la Sociedad, todas las acciones satisfacen lo mismo, y se han dejado en cartera las sufrientes para poder satisfacer á algún nuevo propietario que lo desee, y para aumentar el capital social si es necesario. Es esta la ocasión de señalar, rindiendo un tributo á su inolvidable memoria, que con ocasión de consultar al Ingeniero D. Angel Mayo, sobre nuestro pensamiento en la parte técnica del proyecto y haber tenido la fortuna de que fuera, no sólo juzgado con su habitual benevolencia, sino prestándole todo su asentimiento, nos aconsejó detenidamente acerca de la manera de vencer las dificultades de otra índole, y frecuentemente insuperables que se oponen generalmente al éxito de estas empresas.

No creemos que huelguen por completo los párrafos anteriores en la Memoria técnica del proyecto, porque aclarando el fin que se ha perseguido, facilitan la inteligencia del mismo, completando además el ligero resumen de la historia del asunto.

### Enumeración de las obras.

Hecho esto, entraremos en la descripción general del proyecto y enumeración de las obras que comprende.

Pueden dividirse éstas en dos grupos. Clasificaremos en el primero las obras que son desde luego imprescindibles, si ha de empezar á dar resultados la empresa, y en el segundo aquellas cuya ejecución puede dilatarse algún tiempo, ya por poderse servir de las ejecutadas con carácter más ó menos definitivo para otros fines, ya por no ser indispensables, por más que sean convenientes.

*Comprende el primer grupo.*

- 1.º El dique de contención ó embalse.
- 2.º La defensa del mismo y el aliviadero de superficie.
- 3.º Las tomas de agua para el riego.
- 4.º La desviación de una acequia de riego, denominada de la «Torrecilla alta».
- 5.º El ensanche y limpieza del cauce de alimentación del pantano.
- 6.º Obras accesorias, en las que se incluyen las compuertas de entrada del agua al pantano, el módulo y la casa del guarda.

*El segundo comprende.*

- 1.º La presa de derivación de aguas en el río Cidacos.
- 2.º Las obras de la embocadura del cauce de conducción ó alimentación del pantano.

**Dique de contención.**

El emplazamiento del dique está perfectamente determinado por el terreno y corresponde á la mínima separación de las laderas opuestas, como es natural, desde el momento en que, como aquí sucede, el terreno sobre el que ha de insistir la obra está en tan buenas condiciones como se puede desear.

La altura ha sido determinada por la consideración de aprovechar el cauce de conducción de que hemos hablado; de manera que, en vez de partir como en la generalidad de los proyectos de la cantidad de agua que se quiere almacenar, aquí hemos partido de la necesidad de reducir notablemente los gastos de construcción. Y con tanto más motivo no hemos titubeado en hacerlo así, cuanto que si siempre es difícil apreciar el volumen de agua que pueda consumirse en los riegos, lo es más en ocasiones como la presente en que no se trata de hacer regables terrenos que no lo son, sino de asegurar el riego, como queda dicho, á los que lo tienen eventual en los meses del estío, y aumenta esta dificultad la circunstancia de la facilidad con que pueden aprovecharse las ligeras avenidas y turbiones del verano para admitir nuevas cantidades de agua en el pantano, notables con relación á su pequeña capacidad total.

Tiene también, en el caso que nos ocupa, una importancia excepcional la variación que debemos considerar que ha de introducir en el cultivo la creación de la obra, pero en este punto deberemos insistir en ocasión más oportuna.

En virtud de lo expuesto, la altura máxima que ha de presentar el dique es de 10 metros.

Desde este momento no podíamos dudar que lo más conveniente era construirlo de tierra, pareciéndonos ocioso entrar en presupuestos comparativos de esta clase de obras con las de fábrica, y con tanto más motivo cuanto que al pie de obra tenemos la tierra en las mejores condiciones que se puede establecer y que para obtener buenos materiales para las obras de fábrica hay que recurrir á grandes distancias.

Decididos por el dique de tierra, hubimos de consultar algunos proyectos hechos recientemente en Inglaterra, los conocidos tipos que cita Mr. Minard en su curso de construcción, otros más modernos publicados en *Les Annales des Ponts et Chaussées*, y nos decidimos por seguir los preceptos de Pareto en su antigua obra de riegos por parecernos perfectamente justificados, principalmente cuando no se proyecta un buen sistema para la defensa de la erosión de las aguas en el talud interior.

Por consiguiente, hemos adoptado con Mr. Pareto, para el talud interior de las tierras, 2,8 de base por 1 de altura, cuyo coeficiente práctico dedujo tomando el término medio de los correspondientes á 17 estanques existentes en varios departamentos de Francia, cuyos límites extremos no varían notablemente del término medio adoptado, y hace notar que la inclinación que debe darse á estos taludes es casi independiente de la naturaleza de las tierras que constituyen el dique. Conocida es también la opi-

nión de Mr. Minard, favorable á los grandes taludes muy tendidos, aun en los casos de que se recubran con importantes revestimientos de mampostería. Cita muchos ejemplos de fuertes degradaciones ocurridas por construir los diques con más pendientes, y por nuestra parte nos creemos dispuestos de insistir más en este punto, pues hoy es unánime esta opinión entre los Ingenieros que se ocupan del asunto.

Al talud exterior le hemos dado el coeficiente del uno y medio, algo superior al natural de las tierras.

No habiendo razón alguna en contrario, el dique es rectilíneo, y en lo único que nos hemos separado de los minuciosos consejos de Pareto ha sido en proyectar la coronación horizontal como constantemente venimos haciendo en los terraplenes de las carreteras y ferrocarriles, pues debemos prescindir del asiento de las tierras, por referirse los planos y cubriciones á la obra completamente terminada; es decir, comprendiéndose la consolidación que tratemos de asegurar sea lo más completa posible en las condiciones que acompañan al proyecto.

También hemos dado á la coronación alguna más anchura que la señalada por Pareto (3 metros, en vez de 1,50 á 2), y esto atendiendo á lo poco que aumenta el cubo de tierras por esta causa, y para tener espacio para el tránsito de carros sobre esta coronación después de aseoñar una defensa que impida que el oleaje en tiempos de vientos haga verter el agua por cima del dique, porque desde luego puede asegurarse es insuficiente para este objeto la altura de un metro que asignamos á la coronación del zampeado del vertedero ó aliviadero de superficies, pues atendida la longitud de la línea de agua y la profundidad, las olas han de tener mayor altura cuando los vientos sean fuertes y soplen en dirección transversal á la del dique.

Pareto no se muestra partidario de la construcción de núcleos de tierra gredosa, que Minard recomienda; pero nosotros, guiados por lo que se viene hoy día practicando en el Reino Unido, donde, como queda dicho, los diques de tierra están en boga, lo hemos proyectado, y ya que la buena calidad de las tierras del cuerpo todo del dique no puede mejorarse, aplicamos á esa parte central mayor esmero en su construcción y consolidación. La unión de ese núcleo es un trapecio simétrico ó isósceles de 1,51 metros de base superior y sus lados inclinados al  $\frac{1}{3}$ .

Las tierras son arcillosas, como queda dicho, y aun cuando intercaladas en el terreno por algunos delgados bancos de arena, no entra ésta en la mezcla en cantidad suficiente para que no sean de temer las grietas que se producen por la desecación de las arcillas; con objeto de evitarlas preservamos estas tierras de la acción de los rayos solares por medio de una capa de tierra vegetal de medio metro de espesor que ha de recubrir la superficie exterior del dique.

También para la fundación del terraplén hemos tenido la precaución de proyectar la apertura de una zanja de 30 centímetros de profundidad que juzgamos suficiente por la naturaleza del subsuelo y por no existir en la base del dique otra vegetación que céspedes. En la parte que corresponde á la base del núcleo se ha duplicado esta profundidad, con lo que ésta queda más sólidamente empotrada en el terreno y se evita la continuidad de la superficie de la fundación. Para aumentar esta discontinuidad, oponiéndose así á la filtración del agua, siguiendo esa superficie se dispone la apertura en la misma de surcos paralelos á la dirección general del dique.

**Defensa del dique contra la erosión de las aguas.**

No hemos presentado cálculo alguno relativo á la estabilidad de la obra, porque es sabido que estos malecones desde el momento en que las tierras se sostengan, es decir, con sólo el talud natural de las tierras y en sección triangular, en las hipótesis más desventajosas respecto á la densidad de las tierras, la resistencia al deslizamiento sobre el plano horizontal de la base del dique es cerca de tres veces mayor que la componente horizontal de la presión estática del agua sobre el plano del talud.



Completada de estado  
del tipo en el Planos

Bajo este punto de vista, se obtiene con esta clase de obra una seguridad completa; pero no sucede así respecto á la acción erosiva de las aguas por el oleaje que se produce en la superficie. Tratando de prevenirla, hemos dado un tendido tan considerable al talud, de que nos hemos ocupado con detención; pero hemos tenido ocasión de ver prácticamente que no basta á evitarla, sobre todo en los primeros tiempos del terraplén, en las proximidades á la coronación, es decir, á la altura correspondiente al pantano lleno, donde la acción es más fuerte y donde, sobre todo, se reproduce sobre los mismos puntos durante mayor espacio de tiempo. No hemos, pues, titubeado en proyectar una defensa para esta parte del talud, y hemos adoptado el revestimiento directo de la superficie por enzarzados de caña, de que se hace un uso frecuente en el país, donde reciben el nombre de cañizos. Las directrices ó nervios de éstos son cañas enteras, duplicados ó triplicados, y el tejido transversal se constituye por tiras obtenidas por la división longitudinal de otras cañas. Las dimensiones ordinarias de los cañizos son de 0m,85 de anchura por 1m,80 de largo.

Disponemos tres filas de cañizos, correspondiendo su mayor longitud á la línea de máxima pendiente. La primera fila vuela 20 centímetros sobre la coronación, y las siguientes la misma cantidad sobre la anterior. Obtenemos, pues, un recubrimiento de  $3 \times 1,60 = 4,80$  metros de anchura; á la línea de agua del pantano lleno (á un metro bajo la coronación), corresponde una longitud de 2m,97 medida en la misma dirección del talud, de manera que la baja cubierta penetra en el agua 1m,83, y en dirección vertical 0m,62 bajo la superficie de nivel.

Los cañizos se sujetan al talud por medio de varas colocadas en el sentido de las horizontales del plano, que se atan á estacas elevadas entre los cañizos por cuerdas de esparto. Cada vara abarca tres cañizos y se disponen cuatro filas de varas que corresponden dos á los extremos de la zona y las dos intermedias á los espacios en que los cañizos se recubren, de manera que la vara sujeta á la fila superior y á la inferior.

El recubrimiento se compone de 103 sistemas de nueve cañizos que arrojan la longitud total del dique dando el hueco de un centímetro entre sistema y sistema.

Como queda dicho, el desnivel de un metro entre las altas aguas y la coronación del dique, es insuficiente para garantizar que por efecto del oleaje, cuando reinan vientos fuertes en sentido transversal, las aguas no salten por encima del dique, y las degradaciones que se produjeran podrían ser de funestos resultados, sobre todo en el primer año en que las plantaciones sobre el dique no habrán arraigado suficientemente. Con objeto de evitar este riesgo, se proyecta un enzarzado vertical de un metro de altura inmediato á la terminación del revestimiento de cañizos.

#### Aliviadero de superficie.

El aliviadero de superficie tiene en el caso particular de este pantano, escasísima importancia. Como queda dicho, la cuenca directa del embalse es sumamente reducida, y, por tanto, las aguas de lluvia no han de aumentar considerablemente la altura de las depositadas, y respecto á las que en tiempos de avenidas pueda conducir el cauce de alimentación, bastará decir que poco antes de su entrada en la cuenca existe un vertedero en las mejores condiciones, que precipita el agua desde la ladera en que se apoya el cauce al río Cidacos. No es, pues, de temer que el agua en las avenidas penetre en cantidad remontando las compuertas de entrada á pesar de su poca altura.

Hemos dado, sin embargo, al aliviadero una anchura de 6 metros en el fondo, que con suponer una altura de agua de medio metro, proporcionará un desagüe de cuatro metros cúbicos por segundo.

La cuenca del pantano, contada entre la acequia de la Torre-cilla Alta y el dique, es de unas 50 hectáreas, poco más del doble del embalse; y aun suponiendo las mayores lluvias torrenciales con una duración superior á las máximas conocidas, no podrá

llegar el agua ni con mucho á la altura que acabamos de apuntar.

Respecto á la forma que hemos dado á la obra es la más sencilla. Por el lado del terraplén lo limitamos por un pequeño muro de sostenimiento de sección escalonado, y cuyo frente corresponde exactamente al perfil transversal del dique; por el lado opuesto, en la ladera, practicamos un talud muy tendido de dos de base por uno de altura, que se reviste por mampostería de 30 centímetros de espesor. El fondo del aliviadero es un plano horizontal situado, como se ha consignado ya, un metro más bajo que el plano de coronación del dique, y se reviste asimismo de un encachado de mampostería de los 30 centímetros de espesor que, para mayor seguridad, se intercala entre dos filas de maestras de sillería desbastada, de 60 centímetros de línea.

Tanto el cuerpo del murete como los revestimientos ó encachados, los proyectamos de mampostería hidráulica; la coronación del murete y de sus alas de sillería de un espesor constante, medido perpendicularmente al paramento, de 50 centímetros. El cauce, á la salida del aliviadero, presenta una rápida pendiente que motiva el empedrado del fondo en la extensión que su perfil lo hace necesario, para evitar las degradaciones del empedrado, que empezando por abajo se propagarían rápidamente, se proyecta una fila de maestras de 60 centímetros de profundidad.

#### Toma de agua.

Después de haber consultado los variados sistemas de tomas de agua que se han empleado en gran número de pantanos y apreciado las diversas ventajas é inconvenientes de cada uno, nos pareció lo más sencillo y cómodo decidimos por emplear una tubería de conducción sepultada en el terraplén, y terminada en una llave de paso. Consultado y elogiado nuestro pensamiento por el malogrado Ingeniero Sr. Mayo, tuvimos ocasión de conocer varios ejemplos de pantanos construidos en Inglaterra en que se había hecho ya feliz aplicación de esta idea; y al mismo tiempo tuvimos noticia del sistema de compuertas inclinadas paralelamente al talud interior del terraplén que proyectamos, y que pudiendo manejarse fácilmente desde la coronación del terraplén, evitan la costosa construcción del pozo de fundición y pasarela que exigen las compuertas verticales.

Parécenos, sin embargo, que no han de ser de tan seguro manejo como éstas, las inclinadas que proyectamos, á pesar de habérsenos asegurado por referencias directas lo práctico del resultado. El coste de estas compuertas con todos los accesorios no excede de 1.100 pesetas, por lo que nos decidimos á experimentarlas; y en el temor de que puedan cesar de funcionar en el momento de ir á cerrarlas, se disponen á la salida las llaves de paso. Las compuertas inclinadas permitirán á su vez las reparaciones de éstas aun lleno el pantano de agua. Este doble sistema de cierre podrá parecer una precaución ya excesiva; pero hemos querido evitar á todo trance los entorpecimientos que en otro caso ocasionaría un desarreglo en la toma y la interrupción consiguiente en los riegos.

Y no es sólo doble el sistema de cierre, sino que disponemos también dos tuberías.

La contingencia expresada se reduce todavía á la mitad, y cuando el pantano tiene poca altura de agua, la simultánea apertura de las dos cañerías permite salga la cantidad suficiente para el riego en buenas condiciones, y, sobre todo, al proyectarla hemos tenido en cuenta que esta toma es el desagüe de fondo del pantano; pero no hemos prescindido de la primera circunstancia de las que acabamos de mencionar, pues sabido es que una sola cañería que proporcionara el gasto de las dos reunidas hubiera sido solución más económica.

El diámetro de las que proyectamos es de 30 centímetros, y vamos á darnos cuenta de los gastos que podrá llegar á proporcionar una cañería con diferentes altura de agua.

Nos hemos servido de la fórmula general de Neville

$$v = 77,63 \sqrt[3]{rs} - 5 \sqrt[3]{r}$$

en la que  $v$  representa la velocidad

media,  $r$  la relación de la sección al perímetro mojado, que es en este caso  $\frac{1}{4}$  de diámetro y  $s$  la carga dividida por el largo de la cañería. Ponemos á continuación los diversos gastos,  $q$ , que hemos obtenido para distintas alturas de agua,  $h$ .

Valores de $h$ en metros.	Valores de $q$ en litros por segundo.
1	163
2	231
3	283
4	327
5	365
6	400
7	432
8	462
9	490
10	527

Cuando nos ocupemos del régimen que nos proponemos adoptar para los riegos, veremos cuán por encima quedan estos gastos de lo que en época cercana podemos necesitar; pero queda prevenida la ampliación considerable y posible de la obra sin necesidad de tocar para nada la toma.

Ni comprendemos en las cubicaciones, ni nos ocuparemos con detalle de las diferentes piezas metálicas que componen la toma, porque son las corrientes ó usuales de las conocidas y reputadas fábricas de Glasgow.

Los tubos que se adoptan son los de 30 centímetros de diámetro, y tienen, por tanto, 2m,74 de longitud, sin comprender el enchufe; tienen un espesor de 14,3 milímetros, y pesan á razón de 115 kilogramos por metro lineal, comprendiendo el peso del enchufe.

Las llaves pesan 184,5 kilogramos cada una, y cada compuerta 186, y evitamos, por minucioso, citar el peso de las pequeñas piezas accesorias.

No hemos hablado de las que empleados para cortar las filtraciones á lo largo de la superficie exterior de la tubería. Nos servimos de placas ó roldanas de hierro de 82 centímetros de radio, divididas para su más fácil colocación en dos mitades que se unen por medio de bridas y tornillos. Cada una de estas placas tiene 97 kilogramos de peso.

Apoyamos la tubería de un lado y otro del terraplén en obra de fábrica; pero el lado del agua se proyecta un pozo de 1m,60 de profundidad que evitará que los arrastres se depositen en las piezas de la embocadura. A la salida se proyecta una cámara de llaves para encerrar éstas. La casa es casi idéntica á la de entrada del sifón del Guadalete en la conducción de aguas á Jerez, en recuerdo de su autor, que tanto nos animó á la formación y realización de este proyecto.

#### Compuertas de entrada del agua en el pantano.

Otra pequeña obra completa las necesarias para la explotación del pantano, la de las compuertas de entrada de agua en el mismo. Hemos emplazado éstas, naturalmente, á la terminación del canal de alimentación, y se reduce á dos estribos y una pila intermedia fundadas sobre un zampeado, y que llevan practicadas las ranuras verticales para la sujeción de dos pasaderas de mano que el guarda puede fácilmente transportar desde su casa cuando se quiere que cese el pantano de recibir agua.

Cada uno de los claros tiene una luz de 0m,75 y otra de igual luz da acceso á la acequia de la Torrecilla Alta. Entre los tres dan una sección superior á la del cauce de alimentación; y aun los dos del pantano, teniendo en cuenta la pendiente que sigue, proporcionan más del desagüe necesario á toda la acequia sin aumento de altura; las compuertas llevarán una argolla, y otra se emplomará en la fábrica, de manera que pueda pasarse por ellas un fuerte candado; el plano correspondiente completa la descripción de tan insignificante obra.

#### Módulo.

Con el sistema proyectado de toma de aguas para el riego, el módulo no ha de tener el carácter de regulador que generalmente se le asigna. Las llaves regularán la cantidad de agua, el módulo se limitará á indicar si el volumen que sale es el que se desea.

Al proyectarlo hemos tenido presente que la toma de aguas es á la vez el desagüe de fondo, y hemos logrado que no se oponga á este efecto sin recurrir á una derivación del cauce. Hemos obtenido, asimismo, no perder altura, que era un punto esencialísimo en este caso, y se han satisfecho desde luego las condiciones que se exigen á estos aparatos, como son: ia de que las luces estén abiertas en paredes delgadas; que las dimensiones se puedan medir exactamente; que la construcción sea sencilla, económica, y no sea fácilmente alterable; que se preste á una pronta verificación por parte de los interesados, y principalmente (que á esto hemos atendido con singular atención), que las condiciones en que se establezcan las luces correspondan fielmente á casos en que los coeficientes de gastos estén bien determinados.

No nos ha sido difícil atender á todas estas circunstancias: la primera y última mencionadas, haciéndonos adoptar para vertedero un tablón de madera de 5 centímetros de espesor, da gran facilidad, con sólo retirarlo, para desaguar el pantano hasta la última gota.

Hemos adoptado el vertedero como medida, por mayor sencillez, y le hemos dado la altura necesaria para que la vena ó chorro queden libres, para que de esa manera los regantes puedan apreciar más fácilmente á la vista el volumen que sale.

Fácilmente puede verse que el modelo proyectado satisface plenamente á las condiciones anunciadas; pero la primera condición de establecimiento de un módulo es que la masa de agua esté tranquila, y el agua al salir de la boca de los tubos con la velocidad debida á la altura, dista mucho, cuando ésta es considerable, de satisfacer á esta condición. Todos nuestros esfuerzos han debido, pues, dirigirse á llenarla en lo posible.

Con este objeto, el agua al salir de los tubos encuentra un canal de gran anchura relativa, 2,40 metros (que es la misma de la caseta), y en seguida descende para pasar debajo de un puentecillo y volver poco después á ganar la altura perdida, salvando ese pequeño sifón encuentra la corriente un sistema pantallas, que en dos veces corta todos los filetes de la corriente.

Extensos flotadores de tabla, antes y después del puentecillo, amortiguarán el movimiento ascensional del líquido. Después de las pantallas viene un espacio que tranquilizará todavía la corriente, y de él se derivan dos canales de 0m,66 de anchura que termina en un tablón de espesor, y 0m,40 de altura, que constituye el vertedero.

Para regularizar la corriente, hemos dado bastante longitud (4m,50) á estos canales. Al disponer las diversas luces, hemos tratado de que las velocidades medias, después de amortiguada la de salida en el sifón, difieran poco de la correspondiente á los canales.

Con esta explicación, el detallado plano y las numerosas acotaciones que presenta, no creemos necesaria una minuciosa descripción de lo proyectado. Diremos tan sólo que hemos dado débil altura á las paredes, porque al propio tiempo que satisfacíamos una razón de economía, el rebase del agua servirá para indicar un descuido de consideración en el manejo de las llaves. Se proyectan compuertas en las embocaduras de los pequeños canales para poder hacer uso de uno solo de ellos, á voluntad.

Los zampeados y cuerpo de los muretes de recinto, se proyectan de mampostería hidráulica; las coronaciones de éstos, el murete partidor, el puentecillo y las losas bajo las compuertas y vertedero que limitan el sifón, de sillería. La longitud total de la obra es de 10 metros.

Las condiciones del vertedero del módulo descrito son las que corresponden al 2.º género, 2.ª categoría, 1.ª especie y primer

caso de la clasificación que hace el Ingeniero Nazzari en su extensa obra de hidráulica, y para este caso de la contracción suprimida sobre los lados verticales y vena libre, nos dan sus tablas para altura de vertedero de 0m,40 y carga sobre la cresta del vertedero, y altura de 0m,9 y anchura del mismo, comprendida entre 30 y 162 centímetros, nos dan por valor del  $\mu$ , la cifra 0,422, aplicándola con los demás valores y  $L = 0,66$  en la fórmula

$$Q = \mu, L H \sqrt{2 g H}$$

nos dará  $Q = 0,033$ . Es decir, que con una altura de agua de 9 centímetros sobre la cresta del vertedero, obtendremos un gasto de 33 litros por segundo.

Si la altura fuese de 14 centímetros sobre la cresta del vertedero  $\mu$  sería 0,432, y según la misma tabla el valor de  $Q$   $0m^3,066$  ó 66 litros por segundo.

Puede convenirnos que entre los dos canales proporcionen un gasto de tres veces la unidad de 33 litros por segundo, que corresponde á cada canal, y esto nos lo proporcionará una altura de 0,118, en cuyo caso el valor de  $\mu$  será 0,427.

**Cabida del pantano.**

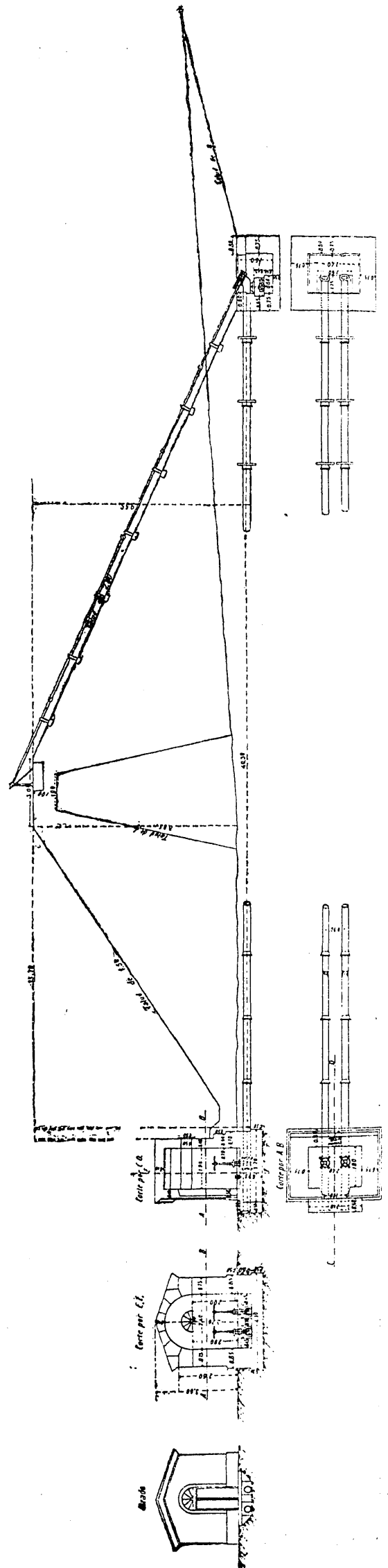
Vamos á apreciar la cantidad de agua que cubica el embalse hasta la curva de nivel de 109 metros de cota, ó sea hasta la 9.<sup>a</sup> de las que de metro en metro se representan en el plano, á la que corresponde el fondo del aliviadero de superficie.

Deduciremos el volumen encontrando por separado el de cada capa de un metro de espesor comprendida entre dos curvas de nivel consecutivas, que evidentemente se componen de un cilindro recto, cuya base es la superficie más pequeña; y de un sólido irregular que le rodea, que tiene por base en el plano superior la zona anular, diferencia de la superficie, y acaba en el inferior en la arista definida por la curva de nivel. Evaluando este sólido como lo hacen los Ingenieros Martínez Campos é Ichaurrandieta en su notable Memoria sobre el pantano de Lorca, como compuesto de una serie de pirámides cuyas bases unen la zona anular y cuyos vértices están en la arista inferior se dejan de evaluar unos sólidos intermedios de forma de tetraedros y obtendremos un volumen algo menor conocidamente que el verdadero.

**CUBICACION DEL EMBALSE**

Número de las curvas.	Areas. M.²	Diferencias de las áreas. M.²	1/3 de las diferencias. M.²	Volúmenes parciales. M.³	Volúmenes totales. M.³
1	274	"	"	"	"
2	7.738	7.464	2.488	2.762	2.762
3	26.286	18.548	6.183	13.921	16.683
4	38.610	12.324	4.108	30.394	47.077
5	61.388	22.778	7.593	46.203	93.280
6	97.150	35.762	11.921	73.309	166.589
7	163.158	66.008	22.003	119.153	285.742
8	203.844	40.686	13.562	176.720	462.462
9	232.840	28.996	9.665	213.509	675.971
10	268.102	35.262	11.754	244.594	920.565

Arrojando esta cubicación conocidamente una cifra menor que la real, vamos ahora á hacer el cálculo por el sistema ordinario de apreciar cada capa como un prisma de igual altura, cuya base tenga por área la media aritmética de las dos superficies entre que está comprendida.



CUBICACION DEL EMBALSE

Número de las curvas.	Areas. M. ²	Suma de las áreas. M. ²	Volúmenes parciales. M. ³	Volúmenes totales. M. ³
1	274	"	"	"
2	7.733	8.011	4.005	4.005
3	26.286	34.024	17.012	21.017
4	33.610	64.896	32.448	53.465
5	61.338	99.998	49.999	103.464
6	97.150	158.538	79.269	182.733
7	163.158	260.308	130.154	312.837
8	203.844	367.002	183.501	496.331
9	232.841	436.684	218.312	714.723
10	268.102	500.942	250.471	965.194

La tabla 1.ª nos da 675.971 metros cúbicos como cabida del pantano, y la inmediata anterior 714.723, por lo que tomaremos la media aritmética, que es 695.347; no habiendo hecho uso de las fórmulas de Mr. Graeff, que exige las medidas de los desarrollos de las curvas de nivel con cálculos menos sencillos que los expuestos porque no creemos necesaria mayor exactitud.

Las tierras para el terraplén del dique han de proceder del interior del pantano, y hay que agregar á la obra adoptada el volumen correspondiente, que no será precisamente igual al del dique, no sólo á causa de que á pesar de una esmerada consolidación hay siempre que admitir cierta esponjadura (*foisonnement*) considerable en las arcillas, sino porque una pequeña parte del volumen que se extraiga, correspondiendo á las crestas de los taludes laterales, estará sobre el plano de nivel número 9. Hemos apreciado este volumen en los perfiles transversales que nos han servido para calcular las distancias de transporte, y podemos concluir que la extracción de tierras, teniendo en cuenta las dos circunstancias mencionadas, aumentará en unos 34.150 metros cúbicos la cabida del pantano, que sumados á los 693.347, deducidos, nos dan en definitiva un volumen de 727.497 metros cúbicos.

Cantidad de agua disponible.

Contamos con llenar el pantano en los últimos meses de invierno, y emplear sus aguas de Mayo á Octubre, en los meses en que la evaporación es más rápida. No teniendo datos respecto al valor de ésta en la misma localidad, partiremos de los recogidos en Zaragoza, punto no muy distante y cuyo clima es bien análogo. El término medio de la evaporación habida en los meses de Mayo á Octubre inclusive, en el quinquenio de 1868 á 1872, que hemos deducido de los datos mensuales de cada uno de los años, está medido por una altura de agua de 1.409 milímetros. La lluvia durante los mismos meses es, en análogo término medio, de 175 milímetros tan sólo, y tomaremos un 60 por 100 más para tener en cuenta el aumento de agua que producirá la que escurra por las laderas; adoptando un coeficiente un tanto fuerte, en atención á la naturaleza arcillosa de los terrenos que rodean el pantano, y á que su extensión es algo mayor que la del embalse. La altura de agua producida por la lluvia, será casi un total de 280 milímetros que restados de los que expresan la evaporación, dejan todavía la considerable cifra de 1.129 milímetros, que aplicados á la superficie media entre la curva 8 y la 9, nos arroja un volumen de 245.503 metros cúbicos como pérdidas producidas por la evaporación, aun teniendo en cuenta el aumento que proviene de las lluvias.

En los cálculos subsiguientes, prescindiremos sin embargo de reducción tan considerable, porque la consideramos repasada por el agua que puede derivarse del río Cidacos en el mismo período aprovechando sus avenidas; pues es rarísimo el año en que éstas no se producen, y dura lo suficiente para poder introducir unos 245.500 metros de agua, de lo que volveremos á ocuparnos.

Creo que debemos prescindir de las pérdidas por filtración, pues una vez humedecidas las arcillas por las primeras aguas podrá considerarse el terreno como impermeable.

Cantidad de agua asignada á cada riego.

Tenemos ahora que estudiar la cantidad de agua que se asigna para los riegos. Conocido es por todos los que más ó menos se han ocupado de ellos, lo complejo de la cuestión, pues varía el volumen necesario con la clase de terreno, con el clima y con la clase y método de cultivo. No creemos propio de este modesto trabajo trasladar á esta Memoria los numerosos datos que los diversos autores citan como adoptados en diferentes países. Los tipos son conocidos, y excepto en circunstancias excepcionales, rarísima vez el riego baja de 3 centímetros de altura ni baja de 6; es decir, de 300 metros cúbicos á 600 por hectárea. Para base de los cálculos que van á seguir, hemos adoptado como tipo la primera cifra después, de algunos ensayos prácticos, que me han hecho apreciar que ha de ser el riego más frecuente; pero con el sistema de distribución que adoptamos, cada labrador podrá fácilmente ampliarlo lo que crea conveniente.

Consumo probable del agua.

La toma de agua proyectada permite regar casi toda la jurisdicción de Calahorra de la margen derecha del Cidacos; sólo hay que exceptuar los términos de la Torrecilla Alta de Torrescas y la mayor parte del de la Ambilla; pero como, en compensación, ha de regarse con toda facilidad los términos más bajos de la orilla derecha llamados Presillas y Pesenzano, vamos á calcular la cantidad de agua que se consumirá bajo la base de proporcionársela á toda la jurisdicción de riego de la orilla derecha, cuya clasificación de cultivo conocemos, que la intensidad de riego sera de 300 metros cúbicos por hectárea, y que las huertas han de pedir ocho riegos, los olivares dos, y que sólo la tercera parte de las tierras de panllevar han de regarse y sólo una vez. Formaremos así el cuadro siguiente:

Clase de cultivo.	Número de hectáreas.	Número de riegos.	Superficie total regada. Hectáreas.	Volúmenes de agua. Metros cúbicos.
Huerta.....	144	8	1.152	345.600
Olivar.....	360	2	720	216.000
Cereales.....	1.317	1/3	439	131.700
Total.....	1.821	"	2.311	693.300

Si la cantidad de agua pedida fuese la que resulta del cuadro anterior, no bastaría la embalsada, pues no podemos apreciar en menos de un 20 por 100 el agua que deje de aprovecharse por filtración y evaporación en los cauces y en los desarrollos, por falta de continuidad en los riegos consecutivos.

Creemos, al contrario, que por de pronto ha de haber sobra de agua, porque las huertas no han de dar todos sus riegos del pantano, y porque la mayor parte de los años los cereales no necesitarán regarse. Otra cosa será en los años sucesivos, en que la seguridad de las aguas ha de aumentar la extensión de terreno que se dedique á hortalizas. Y no debemos insistir en hacer nuevas hipótesis, porque creemos haber dejado consignado que, en general, nada más difícil que hacerlas con probabilidades de acierto; pero, en cambio, por la elasticidad, digámoslo así, del proyecto, puede contarse con éxito seguro en todo caso; porque si se realizan los temores del autor de estas líneas y la demanda de agua no corresponde á lo embalsado, no hay más que abrir una nueva toma más alta que la actual y próxima al canal de alimentación, que permitirá regar los campos de la izquierda del Cidacos.

En este caso el agua sería insuficiente, y sin modificar el canal de alimentación se puede elevar un metro más en el embalse hasta la curva 10, aumentando su capacidad, lo que demuestran los cuadros correspondientes que hemos presentado. El aumento de obra que habría que realizar en el dique nos lo señalaría con precisión la altura é intensidad del oleaje que ahora observamos.

Tampoco es muy costoso aumentar más notablemente la cabida del pantano, modificando el canal de alimentación; pero atendida la modestia de los medios de la Sociedad, no debe pensarse en llevarla á cabo sin contar con cierta seguridad del consumo del agua.

#### Distribución del agua.

Como queda dicho, se ha tomado como riego tipo el correspondiente á una capa de agua de 0m,03 de espesor, ó sean un volumen de 300 metros por hectárea; pero para la más clara inteligencia de los regantes, nos referíamos como unidad de superficie, no á la hectárea, sino á una extensión de 2.000 metros, ó sea  $\frac{1}{5}$  de hectárea, que designamos con el nombre de fanega métrica, pues difiere bien poco de la cabida que en Calahorra se asigna á la fanega de tierra. Hemos hecho experiencias, y hemos visto que con un ahorro de agua de 33,33 litros por segundo, que asimismo nombraremos hila métrica, y que proporciona en treinta minutos los 60 metros cúbicos necesarios para riego de la fanega, puede efectuarse en el mismo espacio de tiempo la distribución, estando el terreno bien preparado y no descuidándose el regador.

(Se continuará.)

## REVISTA EXTRANJERA

### Los contadores en las distribuciones de agua.

En *Engineering Record* encontramos un ejemplo de la eficacia de la introducción de los contadores para evitar el derroche del agua en las poblaciones, y que prueba cuán acertadamente piensan los Ingenieros del Canal de Isabel II al proponer (aparte de otros medios para aumentar el caudal y evitar las turbias) que vaya desapareciendo en Madrid el sistema de suministro á caño libre.

En Richmond (Virginia, E. U. A.), el abastecimiento se hacía conduciendo el agua por la acción de la gravedad; pero el aumento de la población, obligó á completarlo instalando bombas elevadoras movidas por fuerza hidráulica. El consumo diario por habitante, que era en 1870 de 45 galones, subió á 92 galones en 1880 y á 168 galones en 1890. Empezaron las quejas por falta de agua. En los barrios altos el agua no llegaba á los segundos pisos durante el día, y el peligro para los casos de incendio era grave por la falta de presión en las cañerías.

En vista de esto, se pensó primeramente en hacer para aquellos barrios una distribución adicional, cuyo presupuesto ascendía á 270.000 dollars; pero el Ingeniero Jefe Mr. Bolling sostuvo que no era necesaria, y que el verdadero remedio estaba en evitar el derroche introduciendo los contadores.

A pesar de la grandísima oposición que se hizo á la introducción del nuevo sistema, la urgencia del caso hizo que se adoptara la idea, y en la primavera de 1897 se destinaron 15.000 dollars á la instalación de contadores, que comenzó inmediatamente.

Al acabar el año, la presión en los puntos altos había aumentado en un 40 por 100, y el resultado fué la introducción de los contadores en los distritos bajos donde la presión al cabo de un año aumentó en un 100 por 100.

Se acabaron las quejas por falta de agua; la presión en los puntos altos era la misma que se habría obtenido gastando 270.000 dollars en las nuevas cañerías y 17.000 dollars anuales en la explotación.

Ante de poner los contadores, las bombas movidas por fuerza hidráulica llegaban á ser insuficientes en ciertas épocas del año, y entonces había necesidad de recurrir á las bombas de vapor, lo cual aumentaba el gasto en 2.500 dollars anuales; desde que los contadores están instalados, no ha habido necesidad de recurrir al empleo de las bombas de vapor.

El gasto total para contadores ha sido de 20.000 dollars, y la economía anual obtenida, ha sido de 19.500 dollars. El consumo diario ha

sido en 1898, de 99 galones por habitante; se ha obtenido, pues, una reducción de 41 por 100 con relación al consumo en 1890.

Este ejemplo es muy instructivo. Poblaciones espléndidamente dotadas de agua, pueden resultar mal abastecidas por el derroche del caño libre. Además, el excesivo consumo de agua, puede hacer económicamente imposible la construcción de depósitos de sedimentación y de filtros, donde sean necesarios, que podrían construirse para un consumo razonable.

### Los pavimentos en las grandes ciudades.

Acerca de las cualidades de los diversos sistemas de afirmados que se emplean en las principales ciudades alemanas, dicen los *Annales des Travaux publics de Belgique*:

Para juzgar acerca de las cualidades de un afirmado, hay que considerarlo preferentemente desde el punto de vista de la higiene; después, técnicamente, y en último lugar bajo el aspecto económico.

Partiendo de este principio, conviene siempre, si es posible dar la preferencia al pavimento sin juntas, ó por lo menos contruido sobre un cimiento sin juntas, con superficie lisa y regular que se pueda limpiar fácilmente; además debe ser tal que la circulación se haga sin ruido.

Considerando sucesivamente cada una de las especies usuales de pavimentos, se comprueba que el granito, á consecuencia de su gran dureza, se desgasta poco; tiene aspecto agradable y no es resbaladizo. Pero necesita muchas juntas, produce polvo cristalino y es muy sonoro.

El basalto, como calidad, es muy inferior al granito; no deber ser, pues, considerado sino como un pavimento de segundo orden.

La keramita, piedra artificial que hace diez y ocho años que está haciendo competencia al granito, da buenos pavimentos; sobre ella la rodadura se hace fácilmente, sin fatigar mucho á los animales de tiro. Su costo es módico y su dureza considerable; su color es agradable; se desgasta muy poco; se limpia muy bien y no produce polvo cristalino. Un inconveniente de la keramita consiste en que, hasta el día, no se ha podido conseguir la fabricación de adoquines de calidad uniforme, principalmente respecto á su dureza. Además es bastante sonoro.

La madera presenta una superficie lisa, sobre la cual el movimiento de carruajes se efectúa bien y sin ruido. Reposa el entarugado sobre un cimiento de hormigón, y puede limpiarse fácilmente. Desgraciadamente su conservación es muy cara y los tarugos impregnados de los detritos de la calle, producen mal olor y emanaciones perjudiciales; además, en tiempo de heladas es muy resbaladizo.

Los pavimentos de asfalto (asfalto comprimido, asfalto colado, y asfalto-macadam) no tienen juntas y reposan sobre una capa de hormigón; no son sonoros, tienen muy buen aspecto, se limpian fácilmente y no producen polvo. El movimiento de los carruajes es muy agradable sobre estos pavimentos y las reparaciones son fáciles. El asfalto comprimido es el más duradero, pero es el más resbaladizo (1). Los pavimentos de asfalto colado son menos duraderos, pero son más ásperos y por tanto menos resbaladizos; además su conservación es menos costosa. El asfalto-macadam es un asfalto colado que en lugar de extenderse en una sola capa, se construye con dos capas entre las cuales se interpone otra de piedra machacada, ó bien la piedra se machaca con el asfalto; su costo es ligeramente inferior al del asfalto colado.

La traquita se emplea frecuentemente en los adoquinados; sin embargo, se hacen también con ella empedrados ordinarios. No es bastante dura, produce mucho polvo y necesita, por lo tanto, riegos frecuentes que contribuyen á la producción de barro.

El afirmado ordinario de piedra partida va proscribiéndose poco á poco en las grandes ciudades; sus defectos son muy conocidos.

Resumiendo estas ventajas é inconvenientes, el *Zeitschrift für Transport und Strassenbau* deduce que pueden formularse las siguientes reglas: En el interior de las ciudades, en las calles de poco tránsito deberán emplearse los pavimentos de basalto, de madera ó de asfalto; en las calles de pendientes fuertes se deberá usar el basalto ó la madera; en las de pequeñas pendientes, el asfalto. El granito y la keramita se emplearán en el adoquinado de las calles de circulación intensa, por ser materiales que no exigen reparaciones frecuentes. El entarugado debe reservarse, por su excesivo costo de construcción y conservación, para las grandes arterias y las calles de pendiente fuerte. Las calles de las afueras, donde la circulación es pequeña, se adoquinarán con traquita. La piedra partida no es recomendable; aunque su construcción sea barata, su conservación es tan onerosa que en último resultado sale más caro este pavimento que los otros.

(1) La calidad del asfalto y las materias que se le incorporan tienen mucha influencia en esta condición. En Nueva York se ha conseguido construir pavimentos de asfalto comprimido muy poco resbaladizos.