





2071

100-1-1-207

LAS OBRAS DE RIEGO  
EN LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA



297 L. A.

62.5.81.85 (73)  
631.67 (73)

DR-1431

MINISTERIO DE FOMENTO

DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS

LAS OBRAS DE RIEGO

EN LOS

ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

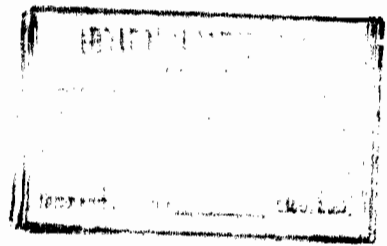
POR

D. JOSÉ NICOLÁU

Y

D. NARCISO PUIG DE LA BELLACASA

Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.



MADRID

Est. tipográfico de Valentín Torresillas.

Tutor, 16. - Teléfono 2.042.

1908

R. 3977

R. 52316





---

Ilmo. Sr.: Tenemos el honor de elevar á V. I. una Memoria sobre las obras de riego en los Estados Unidos de América, redactada como consecuencia de la comisión que, para estudiarlas, nos fué confiada por Real orden de 8 de Julio de 1907. En ella hemos incorporado datos que figuran en varias publicaciones, especialmente en las del Servicio federal de obras de riegos, galantemente puestas á nuestra disposición, y los antecedentes adquiridos directamente en aquel país desde fines de Septiembre á mediados de Diciembre último.

Nos complace sobremanera poder manifestar á V. I. que en los funcionarios del Gobierno, en los Ingenieros y en las Corporaciones de todas clases, hemos encontrado las mayores facilidades y amplia hospitalidad, que han convertido en tarea muy grata el desempeño de nuestro cometido, el que, de otra suerte, hubiera resultado singularmente arduo, en varios casos, porque muchas obras se hallan alejadas de los centros habitados.

Dios guarde á V. I. muchos años. Madrid 5 de Agosto de 1908.—JOSÉ NICOLÁU.—NARCISO PUIG DE LA BELLA-CASA.—Sr. Director general de Obras públicas.





## LA REGIÓN ÁRIDA DE LOS ESTADOS UNIDOS

---

### TOPOGRAFÍA Y CLIMA

Las condiciones climatológicas de los Estados Unidos de América son muy variadas, como puede inferirse de la vasta extensión de su territorio (7.851.000 kilómetros cuadrados, sin Alaska), comprendido aproximadamente entre los paralelos 26° y 49° y los meridianos 65° y 125°, Oeste de Greenwich, de su situación entre los dos Océanos y, sobre todo, del relieve de su suelo y disposición de sus sistemas orográficos con relación á las corrientes atmosféricas predominantes.

De Norte á Sur, y paralelamente á la costa del Pacífico, se extiende Sierra Nevada, y á alguna distancia hacia el Este, la conocida con el nombre de Montañas Roquizas, constituyendo entrambas el sistema orográfico de las Cordilleras, situado todo él al Oeste del meridiano 105°, con un relieve considerable, que llega en algunos puntos á alturas de unos 4.600 metros sobre el nivel del mar, y un desarrollo superior á 8.000 kilómetros, desde Alaska hasta Méjico, ocupando más de un tercio de la América del Norte. El sistema de los montes Apalaquianos comprende las cordilleras que corren al Este, no lejos de la costa del Atlántico, desde Nueva Escocia, en el Canadá, hasta el estado de Alabama, en una longitud de unos 2.500 kilómetros, con un ancho medio que no llega á un quinto del de las Cordilleras y un relieve medio inferior á la mitad del de éstas.

Comprenden los dos sistemas de montañas el amplio valle del Misisipí, cuya cuenca, que mide nada menos que 3.225.000 kilómetros cuadrados, está formada por sabanas inmensas.

Entre Sierra Nevada y las Montañas Roquizas existen también anchas llanuras, situadas á una altura media de 1.500 metros, llegando las más elevadas á 1.800, gran parte de las cuales vierten sus aguas en varios lagos enclavados en los estados de Nevada y Utah, constituyendo la llamada Cuenca interior. Otras planicies más pequeñas, pero más elevadas aún, forman las mesas que con frecuencia se encuentran en esta parte del territorio americano.

No existe ninguna cordillera, en el sentido de los paralelos, que pueda obstruir ó dificultar el paso de los vientos procedentes de las regiones árticas y ecuatoriales, lo que es causa de que los fríos del invierno y los calores del verano sean comparativamente más intensos que los que existen en Europa en parajes situados en la misma latitud.

Caracteriza el suelo de Norte América, en gran parte del territorio situado al Oeste de los montes Apalaches, al que se contraen principalmente nuestras observaciones, lo dilatado de las llanuras, la suavidad y amplitud de sus ondulaciones y lo moderado de la pendiente de sus laderas, aun en las partes elevadas de los grandes macizos; allí son casi desconocidos los valles estrechos y profundos, cual los que se encuentran en Asturias y Suiza, y fuera de algunos cauces que á modo de surcos profundísimos han labrado las corrientes en el terreno, éste suele presentarse abierto, con espesa capa de material laborable, aun en aquellos parajes, de gran extensión fuera de las cumbres de las montañas, que desde remotos tiempos, sin duda, carecen de cubierta forestal, y que sólo protege una vegetación pobrísima.

La amplitud de las variaciones termométricas es considerable: se han registrado, á la sombra, temperaturas desde 49° centígrados bajo cero á 49° sobre cero, y la media que reina en los diversos Estados llega á acusar diferencias de más de 22°.

La dirección dominante de las corrientes atmosféricas es de Oeste á Este, y de aquí que los vientos de Poniente, saturados de humedad á consecuencia de su paso por el Océano Pacífico, sean causa de condensaciones frecuentes, principalmente en invierno, al elevarse en la atmósfera, con el enfriamiento consiguiente, por efecto de la barrera que á su paso opone, muy cerca de la costa, la Sierra Nevada. Las lluvias son muy abundantes en los altos de ésta.

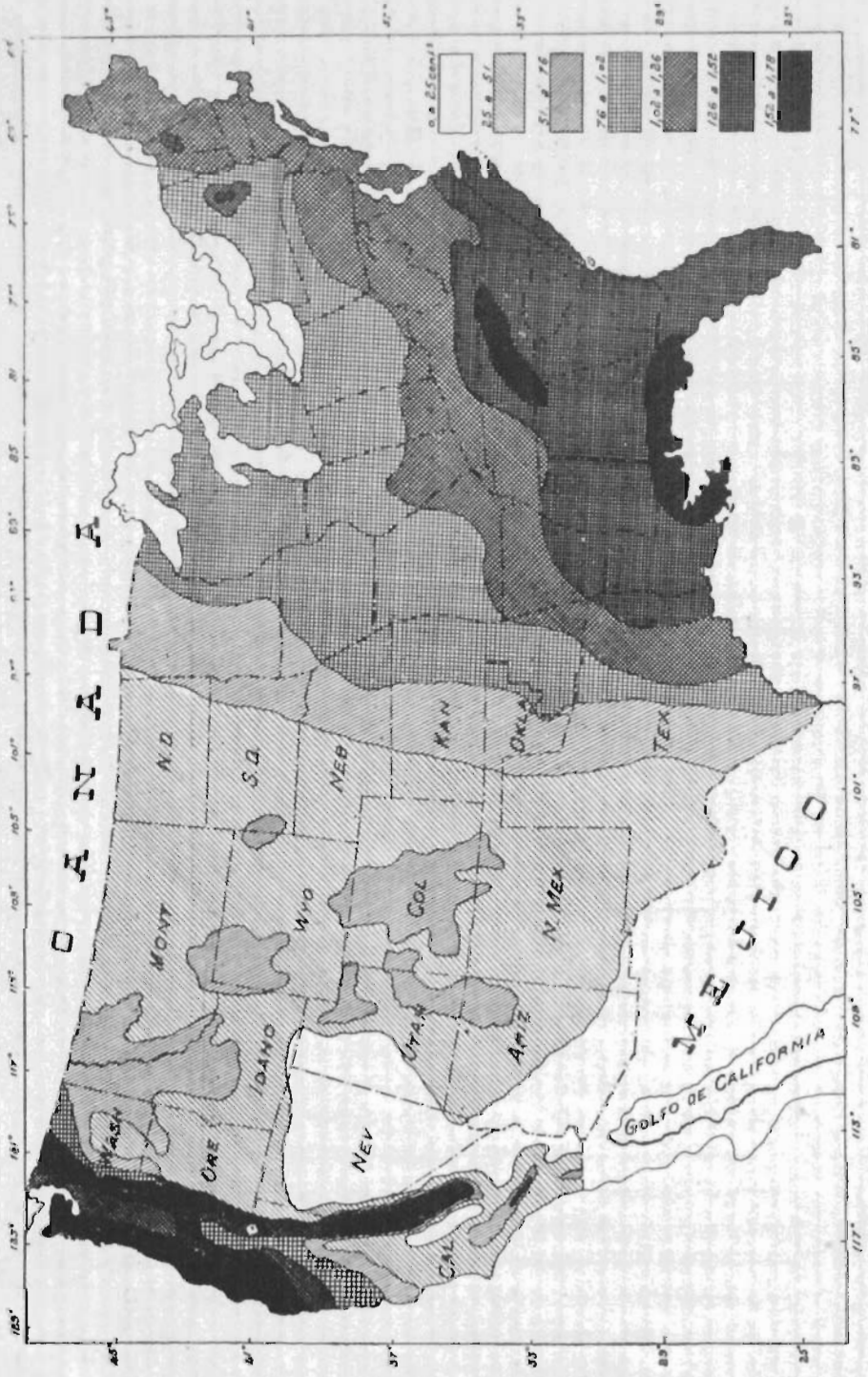
De ordinario, estos mismos vientos, desprovistos de humedad, corren luego por las desiertas llanuras que aprisionan las dos cordilleras occidentales, dando lugar á la sequía que en ellas reina casi siempre y que es la causa de su esterilidad. Sólo en verano, caldeadas las montañas contiguas á la costa, consiguen franquearlas los vientos de Poniente sin que se produzcan precipitaciones acuosas en sus laderas ni en sus cumbres, dando lugar, sobre todo en California, á las sequías estivales características de esta región.

Las cimas más elevadas de las Montañas Roquizas interceptan los vientos del Oeste no desprovistos por completo de vapores acuosos, produciéndose en estas partes altas precipitaciones relativamente frecuentes y abundantes, mientras en la región baja impera con persistencia la sequía.

Caracteriza el régimen pluviométrico de la región situada al Sudeste de California y Sudoeste de Arizona y Nuevo Méjico la escasez ó irregularidad, efecto, sin duda, de que en esta parte no dejan sentir su benéfica influencia las sierras del sistema de las Cordilleras, porque no alcanzan en ella desarrollo y elevación suficientes para provocar en invierno condensaciones abundantes.

La cantidad de lluvia va en aumento desde el pie de las Montañas Roquizas con dirección al Este ó, mejor, hacia el Sudeste, teniendo su máxima intensidad junto á las costas del golfo mejicano, en los estados de Alabama y Misisipi. La influencia del Atlántico y de los montes Apalaches resulta preponderante en toda la parte oriental.





Mapa esquemático de las lluvias medias anuales en los Estados Unidos.

El mapa esquemático que se acompaña dará una idea general de la distribución de las lluvias medias en los Estados Unidos; él indica claramente que en la región situada al Oeste del meridiano 100° la altura média pluviométrica no suele llegar á 50 centímetros, si se exceptúan algunas fajas de la vertiente del Pacífico. Esta zona de lluvias mínimas, conocida con el nombre de región árida, se extiende principalmente por los estados y territorios de Arizona, California, Colorado, Idaho, Kansas, Montana, Nebraska, Nevada, Nuevo Méjico, los dos Dakotas, Oklahoma, Oregon, Tejas, Utah, Washington y Wyoming; pero es de notar que sus límites por el Este, muy inciertamente definidos, varían considerablemente de un año á otro, corriéndose más ó menos en la región húmeda, según la relativa abundancia de las lluvias, determinándose de esta suerte una zona central intermedia, conocida con la denominación de región semi-árida, que comprende casi por entero los dos Dakotas, buena parte de Nebraska y Kansas (estos dos estados tienen una extensión considerable de su territorio en la región húmeda), Oklahoma y cerca de la tercera parte del extenso estado de Tejas. La misma región alcanza también algún desarrollo en Idaho, Washington y en el Norte del de California.

En las zonas áridas, los cultivos de secano, si no imposibles, se consideran muy difíciles, no sólo por la escasa altura de la lluvia media anual, sino también por su pronunciada irregularidad y, con frecuencia, por su distribución inconveniente. Han hecho notar varios observadores, que además de las irregularidades con que las lluvias se presentan dentro de un mismo año y en varios años sucesivos, los de abundancia ó escasez vienen generalmente agrupados en ciclos de duración variable, en los que la cantidad de lluvia va en aumento de un año al siguiente, con mayor ó menor persistencia, para luego disminuir en la misma forma. En los últimos tiempos se ha creído encontrar una relación directa entre estos ciclos, que recuerdan los registrados en la Biblia, con la aparición de las manchas del disco solar.

Como también sucede en España, las lluvias se presentan muchas veces, singularmente en los estados del Oeste y del Sur, en la forma torrencial propia de las tormentas de los climas cálidos; pero, aunque de grandísima intensidad en un punto dado, su radio de acción suele ser casi siempre reducido.

La escasez de lluvias en la región árida, la gran superficie del continente norte-americano y su elevación no escasa sobre el nivel del mar, producen un ambiente, de ordinario, seco y enraecido. En la parte árida de la cuenca del Misisipí las temperaturas extremas son muy rigurosas y el aire suele estar desprovisto de humedad; en las llanuras comprendidas entre las Cordilleras el clima es también duro, con temperaturas invernales que llegan á 40° centígrados bajo cero y atmósfera, en general, muy seca; por el contrario, en la vertiente del Pacífico suele ésta ser mucho más húmeda, la temperatura experimenta pocas variaciones y la nieve es casi desconocida fuera de las altas cumbres de las montañas. En especial, la California meridional tiene, como Canarias, un clima muy suave y de temperatura tan constante, que las variaciones anuales en algunos puntos no exceden de 3° á 8°, lo que permite el cultivo de toda clase de plantas, incluyendo muchas que son propias de la zona tropical.

No dejaremos de consignar que la abundancia y relativa antigüedad de las observaciones meteorológicas de que se dispone en Norte-América, ha permitido llegar á la conclusión de que el clima en esta parte del nuevo Continente, lo mismo que en Europa, debe ser considerado como estable, no obstante las afirmaciones que suelen hacerse en contrario cuando se parte de hechos inciertos ó de observaciones que abarcan períodos demasiado cortos.



## RECURSOS HIDROLÓGICOS

La escasez de lluvia en la región árida implica la de agua disponible, debido principalmente á que las corrientes superficiales que aquélla engendra son, como consecuencia, de caudal reducido, pues á lo escaso del volumen de lluvia que sobre las cuencas cae, hay que agregar que la parte proporcional que corre por los cauces disminuye muy rápidamente con la reducción de la altura pluviométrica, de tal suerte que, aun tratándose de terrenos de condiciones análogas, en los de las regiones húmedas, donde la capa media pluviométrica anual es de un metro como mínimo, el caudal de las corrientes representa el 50 por 100 ó más del agua de lluvia caída, mientras que en los de las regiones áridas, con alturas medias pluviométricas de 50 centímetros, á lo sumo, las corrientes no conducen como máximo más del 35 por 100, pudiendo llegar este coeficiente hasta casi anularse en las zonas más secas. Un efecto análogo, aunque no tan bien estudiado, debe ocurrir con la irregularidad de las corrientes en relación con las de las lluvias que las producen, siendo esto causa de las profundas diferencias del régimen que caracteriza á los ríos en las regiones áridas y húmedas, según revela el examen de los diagramas de caudales de las corrientes cuando se comparan las de condiciones análogas de los estados del Este y del Oeste.

Puede notarse, sin embargo, á pesar de lo que acaba de exponerse, que cuando se producen los grandes aguaceros á que se ha hecho referencia, principalmente en algunas zonas de la región árida, la parte que la filtración y evaporación sustrae al dominio de la corriente es, relativamente, muy reducida, aun tratándose de climas muy secos y de cuencas algo permeables y desprovistas de monte. Pero, desgraciadamente, en semejantes casos, sin producirse en el terreno infiltraciones importantes que ulteriormente pudieran ser utilizadas, se presentan en los cauces avenidas impetuosas, en forma de ola devastadora, de tan corta

duración que hace muy difícil el problema de su aprovechamiento, mientras que con demasiada frecuencia es causa de desbordamientos, que rara vez dejan de ocasionar daños y depreciaciones, precisamente en las zonas más valiosas.

La utilización de las corrientes naturales, á más de los apuntados, presenta otros serios inconvenientes en casi toda la región árida. En varias partes de la gran Cuenca interior, demasiado débiles aquéllas para franquearse una salida hasta el mar, van á perderse en lagos, lagunas y ciénagas, algunos salitrosos, que no es fácil utilizar de una manera conveniente; el Gran lago Salado, en Utah, situado en el límite oriental de aquella Cuenca, es el más importante de estos embalses naturales. Otras corrientes, como el río Colorado en el Sudoeste, han abierto en el terreno surcos pronunciados y relativamente estrechos, á que se ha hecho referencia antes, constituyendo larguísimos desfiladeros (conocidos en Norte América con el nombre de cañones) que alcanzan á veces las enormes profundidades de 1.500 y 1.800 metros. Este y otros grandes ríos, en los trayectos finales de sus cursos, ofrecen debilísimas pendientes, de suerte, que por estas y otras causas suelen presentar dificultades y resultar muy costosas las derivaciones de aguas de las corrientes principales del Oeste y Sudoeste.

La escasez de lluvias es también origen de que, en general, las aguas subterráneas no sean muy abundantes; se calcula, sin embargo, que contribuyen á satisfacer las necesidades de la agricultura en una proporción que acaso llegue al 10 por 100 del volumen total del agua que aquélla consume, y es de creer que, á medida que vayan quedando aprovechadas las aguas superficiales, se extenderá más la investigación y empleo de las subterráneas.

El nivel freático en la región árida, fuera de los cauces de las corrientes y de sus inmediaciones, no suele encontrarse á una profundidad inferior á 30 metros, llegando en algunos puntos á 90. Los caudales obtenidos son poco considerables en las grandes llanuras del Misisipí, no habiéndose confirmado la

existencia anunciada de importantes corrientes subterráneas, á pesar de los costosos trabajos que en algunos casos se han emprendido al efecto. De todos modos, prescindiendo de las corrientes sub-álveas, la velocidad de las aguas subterráneas se ha encontrado, de ordinario, en los Estados Unidos como en todas partes, que es sumamente reducida, hasta el punto de que debe verse en los estratos acuíferos, más bien que canales de conducción, especies de embalses subterráneos en que, por hallarse rellenos de materiales más ó menos porosos, los movimientos del líquido son tan lentos que para muchos efectos hay que considerarlos casi nulos.

Las aguas subterráneas han sido ventajosamente utilizadas en los Estados Unidos, principalmente con la apertura de pozos ordinarios y artesianos, para la colonización de la región semi-árida y aun en algunas zonas de la árida, empleándose en los usos domésticos, en la cría del ganado y, en no pocos casos, en el riego de superficies reducidas. Por tal medio, han podido algunos pequeños colonos del Oeste sostener sus ganados durante los ciclos de mayor sequía, pues con el agua de los pozos, acumulada convenientemente en balsas, han hecho posible la producción de algunos forrajes, con los que no pocas veces han conseguido, en las épocas críticas, evitar la extenuación de los animales que envolvía, con su ruina, el fracaso de la empresa colonizadora.

Es muy frecuente valerse de molinos de viento, en muchos casos construídos toscamente por los mismos rancheros, para elevar el agua en los pozos ordinarios y aun para aumentar el caudal de los artesianos.

Por los estudios verificados hasta el presente, puede asegurarse que, más ó menos importantes, existen zonas artesianas en casi todos los estados de la Unión, resultando muy grande el número total de pozos de esta clase, pues ya en 1890 se elevaba á 8.000, de los cuales cerca de la mitad se utilizaban en el riego de 21.000 hectáreas de terreno, lo que da una proporción media de algo más de cinco hectáreas por pozo.

Fuera de algunos valles de California y de las grandes llanuras del Misisipí, no abarcan las cuencas artesianas gran extensión; los niveles piezométricos son muy variables, alcanzando en algunos pozos alturas tan considerables, que el agua á su salida puede utilizarse como fuerza motriz. El caudal llega en algún caso extraordinario á 190 litros por segundo; pero el término medio suministrado por los distintos pozos no pasa de siete.

Se utilizan también en la región árida, principalmente en la California meridional, las aguas sub-álveas de las corrientes superficiales, que deben distinguirse de las subterráneas propiamente dichas, pues, á diferencia de éstas, discurren siempre libremente, no forzadas ó á presión, por la capa de acarreos que suele existir en el lecho de los ríos descansando sobre otra impermeable, formando parte integrante del caudal de la corriente superficial, á cuyo régimen se halla sometida la sub-álvea, si bien en ésta la velocidad es ordinariamente mucho más reducida y muy variable, según la permeabilidad de los acarreos. Cuando la capa de éstos no es muy gruesa, encajonados los cauces y el caudal de la corriente oculta de alguna consideración, ha podido ésta utilizarse en algunas partes, alumbrándola por medio de presas, más ó menos enterradas, que hacen refluir el agua por su coronación ó la recogen en tubos de avenamiento colocados en la base. En otros casos se han empleado con éxito las galerías filtrantes y los pozos.

No es fácil calcular, ni siquiera aproximadamente, la importancia de los recursos hidrológicos de la región árida, pues esto depende de factores múltiples, no bien conocidos hasta el presente á pesar de los numerosos estudios realizados; pero las opiniones más autorizadas suponen que, utilizando con obras y explotaciones adecuadas todas las aguas disponibles, se podría llegar á regar una superficie de 24 á 40 millones de hectáreas, que Mr. Newell, el director del Servicio federal de Obras de riego (Reclamation Service), aprecia en 30 millones. Si se compara esta cifra con la de cerca de 400 millones de hectáreas que representa la de los estados y territorios áridos, descartada

la de los montes y arbolados, la de los desiertos no susceptibles de cultivo y la que se destina á la ganadería, se comprenderá que los recursos hidrológicos son muy limitados, y es obra del mayor interés utilizarlos del modo más completo que sea posible, dentro de las exigencias de una prudente economía pública.

### COLONIZACIÓN

En los Estados Unidos, con la excepción de Tejas, se consideran de dominio nacional las tierras vacantes no reservadas para los indios ó para bosques y que no han sido objeto de apropiación. Esta ha tenido lugar de un modo relativamente rápido, por compra directa al Gobierno, en los Estados del Este, donde la abundancia de lluvias permite sin dificultad el cultivo remunerativo de la tierra, y donde los bosques y los prados se desarrollan fácilmente, haciendo ventajosa la explotación de la madera y la cría del ganado. Mas agotadas las tierras de la región húmeda y de algunas zonas de la vertiente del Pacífico, los colonos dirigieronse á las dilatadas planicies centrales, preferentemente á la parte alta del valle del Misisipí y á la cuenca del Ohío, su principal tributario, donde, por punto general, las lluvias son bastante seguras y abundantes para permitir el cultivo sin necesidad de recurrir al riego artificial. La ley concede á toda persona cabeza de familia ó de más de veintión años de edad, que sea ciudadano de la Unión ó que haya solicitado naturalizarse, el derecho á colonizar una extensión de tierra vacante de menos de 65 hectáreas, y á perfeccionar el derecho de propiedad, obteniendo el título correspondiente, mediante la residencia en la finca y su cultivo durante un plazo de cinco años; el colono, además de abonar por cada hectárea ocupada de 12,50 á 6,25 pesetas \*, según que la tierra se halle

\* A fin de poder prescindir del variable estado de los cambios, referiremos los valores en todo el curso de esta Memoria á la peseta oro, que, para mayor sencillez, supondremos equivalente á un quinto de dolar. En realidad, con los cambios vigentes en 1907 y 1908, un dolar vale aproximadamente 5,80 pesetas de nuestra moneda, y para obtener los valores con relación á ésta deberán aumentarse los que figuran en el texto en un 16 por 100.

ó no comprendida dentro de los límites asignados á las concesiones otorgadas por el Gobierno á algunas empresas ferroviarias, ha de pagar ciertos derechos, variables entre 0,30 y 1,25 pesetas por hectárea, según la extensión de la finca y según los Estados en que esté enclavada.

Este medio de apropiación de las tierras de dominio nacional, conocido con el nombre de «homestead entry», es el que ordinariamente se ha seguido en los últimos tiempos para la colonización de las inmensas superficies vacantes en los distintos estados de la Confederación, con excepción tan sólo del estado de Tejas, que al entrar en aquélla como república independiente se reservó el derecho exclusivo de administrar sus tierras de dominio público. Pero á parte de este medio, han sido concedidas, por vía de subvención, fajas considerables de terrenos á las Compañías que han construído algunas de las más importantes vías férreas que atraviesan el continente, así como se han hecho otras concesiones y ventas para explotaciones mineras y forestales, para edificación de poblaciones y establecimiento de escuelas, para saneamiento de terrenos pantanosos ó áridos, para establecimiento de ferrocarriles, pantanos, canales, caminos, etc.

Como se comprenderá por los anteriores detalles, las leyes de colonización, más bien que á dar rápidamente valor á las inmensas extensiones de terrenos incultos, generalmente improductivos en su estado natural, que existían en casi todos los estados y territorios, tenían por objeto directo é inmediato proporcionar medios de subsistencia á las clases trabajadoras más aptas para soportar con éxito la ruda lucha que requería el hacerlos laborables y productivos, creando de esta suerte una especie de ciudadanía rural, si vale emplear esta frase, formada por pequeños propietarios agrícolas, no dependientes, como los obreros de los grandes centros, de la industria fabril y manufacturera, y no sometidos, por lo tanto, á las graves crisis y á la vida, dura y harto estrecha, á que aquéllos se hallan sujetos muchas veces. Mientras han existido terrenos vacantes en la re-



gión húmeda y aun en la semi-árida, no puede desconocerse que, si bien luchando con dificultades, se han alcanzado los fines perseguidos, como lo prueba la colonización y la reducción al cultivo de los valles citados del Misisipi y Ohio y de parte de los estados de Washington, Oregón y California, que cuentan ya con una población rural relativamente nutrida; pero cuando el colono ha tenido que establecerse en la región árida, los resultados obtenidos sólo han sido favorables, por punto general, donde ha sido posible aplicar el riego á las tierras. Por eso, sin duda, concediendo á este hecho notorio todo el valor que realmente representa, facultó al Gobierno el Acta de 3 de Marzo de 1877 para otorgar concesiones más amplias que las que hasta la sazón autorizaba la ley, pudiendo alcanzar cada una hasta 259 hectáreas de extensión, siempre que el concesionario dispusiese de agua para el riego y se tratase de tierras que sin él no fuesen susceptibles de producción agrícola remuneradora.

Las leyes colonizadoras, no sólo en la región árida han sido ménos eficaces y favorables para el colono que en la húmeda, por no tener suficientemente en cuenta las condiciones climatológicas de aquélla, si no que han dado lugar, en no pocos casos, á la ocupación, más ó menos efectiva, de los terrenos, con fines de mera especulación que entorpecían la verdadera obra colonizadora y, en otros, al fracaso de ésta y á la ruina de los colonos.

#### LEGISLACIÓN SOBRE AGUAS PÚBLICAS

En materia de propiedad de aguas los Estados Unidos adoptaron desde su constitución la ley consuetudinaria y la jurisprudencia de Inglaterra, aplicadas ya en los tiempos coloniales, que se basa en el principio de los derechos del propietario ribereño. Estos, en el sentido estricto de la frase, son los adscritos como parte esencial de la misma á la propiedad de los terrenos contiguos á la corriente: todo propietario de finca ribereña tiene derecho á emplear el agua de la corriente, siempre

que con ello no altere su curso ordinario, no disminuya sensiblemente su caudal, ni la contamine, salvo los casos en que semejante derecho haya sido limitado por concesión, licencia ó prescripción. No obstante, el propietario no puede usar el agua con perjuicio de otro de aguas arriba ó aguas abajo, á menos que medie concesión, licencia ó prescripción, entendiéndose, en todo caso, que no hay verdaderamente derecho de propiedad sobre el agua, sino mero usufructo de la misma, y que los llamados derechos ribereños no requieren apropiación para consolidarse, ni se pierden por falta de uso, pero pueden ser objeto de expropiación por causa de utilidad pública.

El derecho se limita á hacer del agua un uso razonable, es decir, á emplearla en la bebida, lavado y demás necesidades domésticas, incluso las que representan la existencia en la finca de un número proporcionado de cabezas de ganado; puede igualmente el propietario ribereño destinar el agua, á más de estos usos ordinarios, á otros extraordinarios, tales como el riego, producción de fuerza, industrias manufactureras, etc., pero á condición de no ejercer este derecho, que queda sometido al que tienen todos los demás propietarios á los usos ordinarios del agua, mientras no exista exceso suficiente de ella.

Cuando se trata de países húmedos, como Inglaterra y la parte oriental de los Estados Unidos, donde el problema principal del cultivo agrícola suele con frecuencia consistir en privar al terreno del exceso de agua que las lluvias le comunican, semejantes principios pueden practicarse sin grandes inconvenientes para la agricultura y aun para las industrias que, como la minería, requieren muchas veces la derivación y consumo de caudales considerables. Pero al querer aplicarlas á los estados de la región semi-árida, y especialmente de la árida, los tribunales han tropezado con las mayores dificultades.

Mientras en el Oeste y en el Sur se observaron, más ó menos rigurosamente, los principios en que descansa nuestra legislación en materia de apropiación de aguas públicas y que, con nuestras costumbres, llevaron á América los conquistadores y

gobernantes españoles, ninguna dificultad se presentó ni podía presentarse; con arreglo á ellos, en los primeros tiempos, solía bastar, para adquirir el derecho, la derivación y aprovechamiento efectivos sin oposición y la prescripción subsiguiente; más tarde, se consideró necesaria una petición á la Administración pública, en que se indicase sumariamente el punto en que se pretendía realizar el aprovechamiento, su clase é importancia. Pero cuando los tribunales norte-americanos, constituidos por gentes procedentes de la región húmeda, tuvieron que intervenir para dirimir las contiendas de derecho que se suscitaban entre los usuarios, cada vez con más frecuencia á medida que el agua iba escaseando, se presentó el conflicto al querer aplicar la ley consuetudinaria inglesa á un país, donde la naturaleza y lo que el fomento de la riqueza demandaba la hacían por completo inaplicable. Las decisiones judiciales han querido cohonestar aquella ley con la que la realidad imponía, tratando los tribunales, según la frase americana, de montar á la vez en dos caballos; y aun cuando en la actualidad falta no poco que hacer para que pueda decirse que se ha llegado á un sistema jurídico basado en las doctrinas que la experiencia de todos los países de lluvias insuficientes para el cultivo ha sancionado como más acertadas para la distribución y apropiación de las aguas públicas, hay que reconocer que el progreso en esta materia, en los últimos años, ha sido en los Estados Unidos considerable, y que no sólo se han adoptado los principios reputados como más justos y convenientes, sino que se están introduciendo innovaciones y perfeccionamientos dignos, á nuestro entender, de ser conocidos y aun, en algún punto, de ser imitados.

La administración de las aguas públicas corresponde, casi enteramente, á los distintos estados y territorios. Las leyes federales hasta ahora dictadas con carácter general, respetan las de cada estado, así como los fallos de los tribunales y las costumbres locales; pero tienden á aceptar, para la región árida al menos, los nuevos principios; así, en la ley de 17 de Junio

de 1902, que autoriza al Gobierno federal para construir obras de riego, se adopta el de que el derecho al uso del agua que con ellas se haga posible, se considere anejo á la tierra regada, y que el aprovechamiento que se realice constituya la base, la medida y el límite de aquel derecho. Igualmente el Tribunal Supremo, al intervenir en una contienda que sobre aprovechamiento de aguas ha surgido recientemente entre los estados de Kansas y Colorado, ha admitido los principios del derecho de apropiación basados en el aprovechamiento, enfrente de la doctrina de los derechos ribereños que se deriva de la ley consuetudinaria.

Existen en la actualidad en el Oeste, en lo que hace referencia á la legislación de aguas y al riego, casi tantos códigos como estados; sus prescripciones suelen figurar en las Constituciones, en los Códigos civiles ó en leyes que tratan especialmente esta materia. Empero, la legislación varía poco, realmente, de unos estados á otros, y la tendencia á la uniformidad en todos va acentuándose más fuertemente cada día. Colorado, Nevada, Nuevo Méjico, Utah y Wyoming siguen el llamado sistema de Colorado, basado en el principio de que las aguas de dominio público son susceptibles de apropiación por el orden cronológico de su aprovechamiento, sin conceder á los propietarios ribereños á las corrientes derecho alguno especial, lo que constituye fundamentalmente la doctrina de nuestra legislación. En California, donde desde su descubrimiento por los españoles fué adoptada aquélla, y donde los tribunales habían partido de ella, más ó menos explícitamente, para dirimir las contiendas de derecho sobre el uso privado de las aguas públicas, ha acabado por aceptarse una nueva doctrina que, aun cuando conduce próximamente á los mismos resultados prácticos que la de Colorado, se basa en la de los derechos ribereños: puesto que la tierra, se dice, ha sido por entero de dominio nacional, á ella se hallaba anejo el derecho al uso del agua que por los cauces públicos discurría, y el Gobierno pudo, por tanto, ceder este derecho con independencia del de propiedad de las tierras antes

de cesar en el dominio de éstas; y pudo igualmente, aun después de haber conferido este dominio juntamente con los derechos ribereños á él adscritos, conceder á otras personas el del uso de las aguas de las corrientes, mediante expropiación de dichos derechos á los terratenientes, con tal de que la nueva concesión se hiciera para usos públicos, habiéndose considerado como tales aquéllos en que el agua recibe alguna aplicación beneficiosa, es decir, siempre que se trata de un aprovechamiento. En resumen: el sistema de California es una modificación de la doctrina de los derechos de los ribereños, que sirve, hasta cierto punto, para proteger éstos, y que, mediante sutiles razonamientos y supuestos, puede aceptar en materia de aguas públicas el principio de la apropiación, según la prioridad en el aprovechamiento. Este sistema ha sido aceptado por Nebraska, Dakota del Norte, Dakota del Sur, Oklahoma, Tejas, Oregón y Washington, estados donde existen partes áridas, semi-áridas y hasta húmedas. Otros del Oeste han adoptado una legislación basada en principios semejantes, mientras que en toda la región húmeda sigue aplicándose la ley consuetudinaria inglesa.

Wyoming promulgó en 1891 un código de riegos, en que aparece regulada, con indudable acierto, la misión del poder público en materia de aguas. Encomiéndose la administración, distribución y policía de éstas á un Ingeniero, nombrado cada seis años por el Gobernador y confirmado en su cargo por el Senado, y á una Junta, con facultades principalmente inspectoras, presidida por aquél y formada por cuatro Superintendentes, correspondientes á otras tantas demarcaciones en que el Estado se divide. Los peticionarios de aguas públicas han de dirigirse al Ingeniero, en quien reside la facultad de otorgar las concesiones, y que sólo puede denegarlas cuando envuelvan perjuicio para el interés público ó le conste que no existen aguas sobrantes. De las resoluciones del Ingeniero cabe alzarse ante la Junta y de las de ésta, ante los tribunales ordinarios.

Se encomienda, además, á dicho Ingeniero la práctica de los aforos de las corrientes (empezando por aquéllas en que

exista mayor caudal aprovechado), la reunión de datos para determinar su mejor utilización, fijando los embalses y obras de riego convenientes, y la propuesta de las modificaciones y perfeccionamientos que pueda requerir la legislación. Para responder al fiel cumplimiento de sus deberes y á la entrega, al cesar en ellos, de los documentos y fondos que tenga en depósito, ha de prestar una fianza de 25.000 pesetas. Al Ingeniero se le concede también la facultad de nombrar otro que le auxilie en sus trabajos.

Bajo su inspección cuidan los Superintendentes de división de la distribución de las aguas, según los derechos de cada usuario, dictando las reglas necesarias al efecto, siendo auxiliados por otros agentes inferiores, nombrados á su propuesta, encargados de realizar la distribución y de tomar cuantos datos necesiten aquéllos para desempeñar debidamente su cometido.

El Código detalla el procedimiento que ha de seguirse para el otorgamiento de nuevas concesiones, para la fijación del caudal que debe asignarse á las existentes y para la determinación de la prioridad relativa de los aprovechamientos. Esto último se encomienda especialmente á la Junta inspectora, la que marca el orden que en la determinación ha de seguirse con respecto á las corrientes que existen en el Estado, para cada una de las cuales se abre una información pública, única y total, al propio tiempo que se practica el aforo de todos los caudales derivados y la medición de las respectivas superficies regadas y regables, en la inteligencia de que en ningún caso puede exceder de un litro por segundo, por término medio, la cantidad de agua dedicada al riego de una hectárea. Las resoluciones de la Junta, si no son objeto de apelación ante los tribunales ordinarios, constituyen la base de los registros de aprovechamientos. El Código de Wyoming, debido al ingeniero Mr. Mead, representa un gran progreso sobre lo que acerca de estas materias se había legislado hasta su publicación, habiendo sido adoptado, con ligeras alteraciones, por los estados de Idaho,

Nebraska, Nevada, Nuevo Méjico, los dos Dakotas, Oklahoma, Utah y Oregón.

Otro proyecto de código, análogo al anterior, redactado por el ingeniero Mr. Bien, Inspector de la Sección de asuntos legales en el Servicio federal de obras de riego, ha servido también de base á los que rigen en otros varios estados. En él se incorporan los mejores principios de los antiguos y se agregan algunas nuevas sugerencias, por lo cual juzgamos oportuno darlo á conocer á continuación, en sus puntos esenciales.

Todas las aguas son de dominio público y, con excepción de las destinadas á facilitar la navegación, susceptibles de expropiación, basada en su aprovechamiento, que, en todo caso, ha de constituir la base, medida y límite del derecho á usarlas. El agua empleada para el riego, que no podrá exceder de un litro por segundo y hectárea de la tierra á que haya de aplicarse, se considerará adscrita á ésta; pero si el riego llegase á ser impracticable ó inconveniente, el derecho podrá transferirse á otra tierra, sin pérdida del de prioridad. Todo usuario puede variar el uso, punto de derivación ó de embalse del agua á que tenga derecho, siempre que no cause perjuicio á tercero y mediante autorización del Ingeniero del Estado. Éste, después de realizar en cada corriente los estudios y aforos convenientes y de tomar todos los datos precisos sobre los aprovechamientos existentes, remitirá al Fiscal general los antecedentes necesarios para entablar una demanda ante el Tribunal ordinario, con objeto de que éste fije los derechos de todos los usuarios que, si lo desean, pueden ser parte en el pleito. La concesión de nuevos aprovechamientos se encomienda al Ingeniero del Estado, en forma análoga, en los puntos principales del procedimiento, á la establecida en España. La distribución y policía de las aguas ha de hacerse de un modo semejante al prescrito en el Código de Wyoming; pero los Superintendentes han de ser nombrados por el Tribunal Supremo del Estado, con lo que tendrán el carácter de funcionarios judiciales. Los gastos que ocasione la distribución de las aguas serán de cuenta de los usuarios.

Las que proceden de filtraciones se consideran susceptibles de apropiación en la misma forma que las demás.

Todas las decisiones del Ingeniero y Superintendentes, en cuanto afecten á derechos de prioridad, son apelables ante los tribunales ordinarios.

Como se ve por lo que precede, la nueva legislación de riegos de los estados áridos de la Unión, además de los principios que contiene la nuestra, aplica el de la centralización é intervención activa en la distribución y policía de las corrientes y la determinación integral de los derechos relativos de los usuarios, mediante proceso administrativo ó judicial, en virtud de los títulos de cada uno y del empleo real que el agua haya recibido, representando todo ello una mejora de gran importancia práctica en lo que se refiere al cometido y deberes de la Administración en el régimen y utilización de las corrientes de aguas públicas.

Las consecuencias á que conduce el concepto que de éstas se tiene modernamente, y que da lugar á la intervención activa y directa del poder público en su empleo y distribución, parece que no quedarán reducidas á esto solo, pues ya se nota en los Estados Unidos alguna tendencia á abandonar, por lo menos en parte, el principio estricto de la prioridad como base del derecho, sustituyéndole, más ó menos completamente, por el del máximo beneficio, que desde hace cuarenta siglos viene imperando en Egipto, y que conduce á la derivación y distribución de las aguas por la Administración pública según las necesidades de cada momento, á fin de obtener el mayor provecho posible para los intereses de la comunidad entera. Con arreglo á este principio, se ha implantado en algunas partes el prorrateo de las aguas entre todos los usuarios de una misma corriente, sin distinción alguna en unos casos, y en otros, dentro de grupos de usuarios cuyos derechos arrancan de la misma década.

Los nuevos códigos y prácticas, basados, como nuestra moderna legislación, en el concepto de que el agua es un bien de dominio público cuya apropiación sólo puede ser legitimada



por su aprovechamiento, producen en la región árida un bien inestimable, pues al definir concretamente los derechos, han disminuído los pleitos y han dado á la propiedad y á la riqueza general del país una estabilidad y solidez de que anteriormente carecían en buena parte.

### CONDICIONES SOCIALES Y ECONÓMICAS

Se había sostenido hasta hace poco tiempo que el cultivo de secano era prácticamente imposible en la región árida, á pesar de que la lluvia media llega en las partes más favorecidas á 50 centímetros al año; y aunque no es posible admitir semejante afirmación, como se comprenderá al recordar que no es mayor la altura pluviométrica anual en una gran parte de España, es lo cierto que, fuera de las zonas regadas, el terreno cultivable se destinaba casi exclusivamente á la cría de ganado. Pero como es tan escasa, y en muchos puntos tan incierta, la producción de pastos, las tierras sin riego apenas si permiten el sostenimiento de una vaca por cada 8 á 12 hectáreas de terreno, siendo preciso, en muchas partes, en las épocas de escasez, trasladar los rebaños á las regiones más templadas ó internarlos, en otras, en los montes. Estas condiciones naturales no permitían la colonización con alguna intensidad, haciendo posible, á lo sumo, la creación de ranchos diseminados, separados unos de otros por considerables distancias. Fuera, pues, de las zonas mineras, que en varios puntos han alcanzado gran prosperidad, la región árida se hallaba casi desierta allí donde el riego no había podido llevar la fertilidad á la tierra.

La misma improductividad en que el suelo se encontraba y lo inmenso del territorio, han sido causa del escaso desarrollo que las vías de comunicación alcanzan en el Oeste. Los ferrocarriles, que en el Este y aun en el Centro constituyen una red de mallas espesísimas, quedan reducidos en los territorios más áridos á arterias aisladas; las carreteras casi no existen, si bien

hay que consignar que la pericia del carretero americano no encuentra apenas obstáculos para los transportes ordinarios.

El clima, en buena parte de la región árida, es, no sólo por lo seco é irregular, sino también por lo duro y extremado, un obstáculo serio para el cultivo agrícola y para la colonización.

A pesar de tamañas dificultades, es seguro que de no existir en la Unión tierras naturalmente más fértiles, y de tratarse de una raza más conocedora del riego y de sus ventajas, la repoblación del Oeste se hubiera realizado con más facilidad. Recuérdese, en comprobación de esto último, que algunas docenas de españoles, esparcidos por la California del Sur, no sólo introdujeron en el país la práctica del riego, haciendo posible por semejante medio el sostenimiento de las admirables misiones que por primera vez derramaron las luces de la civilización europea entre los indios, sino que realmente, con el sistema de embalses por ellos iniciado, del que aún hoy se conservan vestigios gloriosos, vinieron á ser los precursores de los que, casi un siglo después, se han dado cuenta de que en el riego, hecho posible principalmente mediante el almacenamiento de las aguas, se hallaba la solución práctica del problema de convertir en productiva buena parte de las desoladas llanuras del Oeste y del Sur. Obsérvese también que allí donde subsisten, más ó menos mezclados, los restos de la raza española, como en algunas partes de California, Arizona, Nuevo Méjico y Tejas, se han establecido, con mayor ó menor perfección, aprovechamientos para riegos, y éstos han encontrado ambiente propicio, preservándose además, casi siempre, las rudimentarias obras que de antiguo tenían establecidas los indios, mientras que en otras comarcas han solido estas últimas caer en ruina. Y es que, en general, las gentes del Este y gran parte de los emigrantes procedentes de los climas lluviosos, no podían apreciar fácilmente las ventajas del riego, ni conocían las prácticas que su aplicación requiere.

Tampoco tendían al fomento de éste, según se ha visto, las leyes colonizadoras, dictadas para las regiones húmedas é im-

propias para aquéllas donde la lluvia es naturalmente insuficiente para permitir el cultivo agrícola. Hasta el procedimiento catastral adoptado, sencillo, claro y conveniente en países llanos y húmedos, se adaptaba con dificultad á la región árida, pues al constituir las lindes de las propiedades por líneas rectas en el sentido de los meridianos y paralelos, formando fincas próximamente cuadradas, dejan de tenerse en cuenta, en absoluto, las circunstancias topográficas de la localidad, y, por lo tanto, se suprime toda relación entre las fincas y las hidrográficas del terreno, naciendo de aquí, en muchos casos, serias dificultades para la apropiación, derivación y distribución de las aguas, agravadas aún por la existencia de los derechos de los ribereños, todo con perjuicio de la constitución y afianzamiento de la propiedad territorial.

La construcción de obras de riego ha luchado, y aún lucha hoy, con los obstáculos propios de los países nuevos: los caudales y régimen de las corrientes son poco conocidos; la mano de obra es en extremo cara y casi siempre escasa, pues no se quiso ó no se tuvo el acierto de recurrir, como hicieron los misioneros españoles, al trabajo de los indígenas, aptos para él, como lo atestiguan las construcciones, todavía subsistentes en California, y como ha tenido ocasión de comprobar últimamente la Administración federal, que emplea con buen resultado algunos indios en la construcción del pantano Roosevelt; fuera de la madera, que ha solido ser barata, los demás materiales, herramientas y máquinas han resultado, de ordinario, á un coste elevado, pues procedentes casi todos de los centros manufactureros del Este, vienen gravados con el valor de larguísimos transportes. Así, por ejemplo, en la presa de Bear Valley, California, la tonelada de cemento resultaba á 412 y 500 pesetas, y el metro cúbico de mampostería ordinaria, á 165; la herramienta empleada en la construcción de algunos canales de Wyoming tenía que ser transportada á través de un territorio inhabilitado, sin caminos ni puentes, desde una distancia de 440 kilómetros á que se hallaba la más próxima estación de ferrocarril; las máquinas y herra-

mientas, y aun el cemento, que hoy se emplean, casi siempre tienen que recorrer distancias considerables, y la fábrica de hormigón homogéneo alcanza ahora, por término medio, un precio que se acerca á 60 pesetas el metro cúbico.

Las condiciones económicas que han presidido al establecimiento de las obras de riego no han solido ser favorables. Una gran parte se han realizado sin auxilios de ningún género, y aun el mayor número, precisamente las que mejores resultados han dado, por los mismos colonos, gentes de recursos económicos limitadísimos y de conocimientos técnicos rudimentarios. Las empresas más difíciles y considerables, llevadas á cabo generalmente por sociedades anónimas, que no eran propietarias de la tierras regables, ni contaban con la promesa de los propietarios de adherirse al riego, han luchado con dificultades enormes, y cuando el resultado financiero no ha sido desastroso, pocas veces ha excedido de la categoría de un negocio mediano. El divorcio entre la empresa y los regantes, nacido de la frecuente oposición de intereses; las leyes de colonización de las tierras, que permitían á los especuladores acaparar las de la zona regable, sin ponerlas en riego, para obtener, de la empresa, de tal suerte, toda clase de concesiones; las leyes injustas que en beneficio tan sólo de los regantes se han promulgado y aplicado en varios estados; la insuficiencia de capitales y lo incompleto del estudio de los proyectos, que precedía á su realización; los litigios con los regantes y con otros usuarios á que el empleo de las aguas suele conducir, en los que casi siempre las compañías llevaban la peor parte; el uso abusivo del agua en cantidades excesivas; y, en fin, el período lento de introducción que el establecimiento del riego requiere, son, en resumen, las causas generales de los fracasos sobrevenidos y de la intensa crisis que se desarrolló en 1893 en el Oeste, que afectó profundamente á los riegos existentes, paralizando casi por completo su propagación. Conviene observar que el fracaso financiero de las empresas constructoras de las obras destinadas á proporcionar el riego, en modo alguno ha implicado el de este medio de cultivo, pues

si en algún caso tuvo aquél en los regadíos influencia perniciosa, fué siempre pasajera y, generalmente, sin importancia. Muchas empresas se han arruinado, en efecto, al paso que siempre se han enriquecido y han prosperado enormemente las zonas á que han proporcionado el riego.

Fuera de los mejicanos ó sus descendientes y de algunos emigrantes chinos, españoles é italianos, puede decirse que las tierras puestas en riego en los Estados Unidos lo han sido por gentes que no conocían sus prácticas, calculándose que dos terceras partes de la superficie regada se halla en este caso. Ni las costumbres de los nuevos regantes, ni su espíritu asaz independiente, ni las reglamentaciones establecidas, inadecuadas muchas veces á los fines perseguidos, eran, ciertamente, condiciones favorables para facilitar y hacer prosperar este sistema de cultivo.

Con la excepción de las localidades próximas á los centros mineros ó á las metrópolis de la vertiente del **Pacífico**, puede decirse que las zonas de riego del Oeste carecen de mercados próximos importantes, siendo preciso transportar gran parte de sus frutos y productos á distancias enormes, que en algunos casos no bajan de ocho mil kilómetros, pues los núcleos más importantes de población y consumo se hallan principalmente cerca de la costa del Atlántico.

Igualmente los transportes gravan sobremanera los precios de los abonos químicos, pues los puntos de producción suelen encontrarse distantes de los de empleo.

Se deduce de la exposición que precede, que las circunstancias en que el riego ha tenido que establecerse en la región árida, no sólo no pueden reputarse favorables, sino que, en general, deben considerarse francamente adversas. Pues á pesar de la falta de población, de la escasez de ferrocarriles y carencia de carreteras, de lo duro y extremado del clima en muchos puntos, de lo inadecuado de las leyes de colonización y de las que regían el aprovechamiento de las aguas, de la poca preparación y aun desconocimiento de las prácticas del riego por parte de

los colonos que tenían que establecerlo y extenderlo, de las condiciones desfavorables en que regantes ó empresas han tenido que construir las obras, de lo limitado de los recursos con que ordinariamente se contaba, de la relativa carestía de los materiales y abonos químicos, de la insuficiencia, en fin, de los mercados próximos para consumir los productos, á pesar de tamañas dificultades, que quizá en parte alguna se han presentado con mayor intensidad, hay que consignar, con admiración, que la empresa no ha fracasado y que casi todas han sido brillantemente vencidas, gracias, sin duda, sobre todo, á la acometividad, á la intensa aplicación al trabajo, á la persistencia en el propósito, al espíritu emprendedor é inventivo, á la fe en el éxito, gracias, en una palabra, á las cualidades que adornan á la población norte-americana, consiguiendo trocar muchos campos estériles y desiertos en regadíos feraces donde el cultivo alcanza ya, en no pocos, gran intensidad, y donde se asientan prósperas comunidades que acrecientan rápidamente el contingente de la población rural y la riqueza agrícola de los Estados Unidos, fomentando indirectamente, de tal suerte, pero de modo muy eficaz, las industrias fabril y manufacturera del Este.

#### PRODUCCIONES Y CULTIVOS

La gran variedad de climas del Oeste permite casi toda clase de cultivos, obteniéndose variados frutos y productos, incluso algunos propios de la zona tropical. Entre los principales deben citarse el maíz, el trigo y demás cereales, las frutas, los forrajes de alfalfa y trébol, el azúcar de remolacha, las patatas y las hortalizas. Son también muy importantes las industrias pecuaria y lechera, así como la avicultura.

He aquí las cifras medias relativas á la producción de campos bien cultivados del estado de Montana, que puede considerarse de condiciones medias entre los áridos de la región de las Montañas Roquizas, si bien bastante frío, pues se registran temperaturas de 40° centígrados bajo cero:

CULTIVOS	Producción por hectárea.	Valor de los productos por hectárea. <i>Peetas.</i>
Trigo.....	30 hectolitros.	252
Avena.....	52,6 »	240
Cebada.....	53,8 »	315
Alfalfa.....	10,6 toneladas.	271
Yerba.....	3,8 »	172
Trébol.....	8,7 »	229
Patatas.....	182 hectolitros.	750
Frutales.....	»	1.250

Estas cifras, como se comprenderá, no son aplicables á todos los estados, y aun en el de Montana varían bastante de un año á otro. Las siguientes se considera que se acercan más á las representativas del valor medio de las cosechas en la región árida, durante los últimos años.

CULTIVOS	Valor de los productos por hectárea. <i>Peetas.</i>
Trigo.....	200
Avena.....	190
Cebada.....	310
Alfalfa.....	365
Patatas.....	935
Frutales.....	675
Maíz.....	190
Remolacha azucarera.....	540

En California, Oregón, Arizona y otros estados, el valor de algunas cosechas es aún más considerable, pues ciertas frutas, como las naranjas, manzanas, limones, melones, uvas, etc., obtienen precios muy elevados.

Hemos tenido ocasión de notar el gran desarrollo que en el Oeste está alcanzando el cultivo de la remolacha y, sobre todo, de la alfalfa. Es esta última una planta que, por prestarse

admirablemente para ser alternada con los cereales y por los magníficos resultados que con ella se obtienen en la alimentación de los ganados y gallinas, es estimadísima por el agricultor americano, dando la medida de su producción la cifra de 500 millones de pesetas en que se calcula el valor de la cosecha en 1906-07 en toda la Unión. La producción de remolacha azucarera en el mismo año fué de 500.000 toneladas. Es seguro que, tanto una como otra producción, aumentarán rápidamente con los nuevos regadíos.



## EL RIEGO EN LOS ESTADOS UNIDOS

---

### INDICACIONES HISTÓRICAS

Los conquistadores españoles, al explorar las cuencas del Colorado y Río Grande, encontraron que los indígenas venían aplicando el riego al cultivo de sus campos, probablemente desde tiempo inmemorial, al igual de lo que ocurría en otras partes del continente americano. A medida que se ha ido confinando los indios á los territorios reservados al efecto y, sobre todo, á medida que esta raza ha ido extinguiéndose, aquellas rudimentarias obras de derivación y distribución de las aguas han caído, en gran parte, en ruina, encontrándose hoy vestigios antiguos en muchos puntos de Arizona, Colorado, Nuevo Méjico y Tejas. En los últimos tiempos el Gobierno federal, después de que se ha concedido al riego toda la importancia que realmente tiene, ha contribuido á restaurar y extender los establecidos en algunos territorios indios.

Fueron, según se ha dicho, los misioneros españoles los que introdujeron en California el arte del riego, que establecieron en las misiones que fundaron; merced á su ayuda, podían sostener en ellas contingentes considerables de indios, que bajo su dirección realizaban primero las obras y cultivaban luego las tierras, fecundadas por el agua. Hemos visitado la misión de San Diego, en el extremo Sur de California, la más antigua de todas ellas, establecida en 1770 por los jesuítas, y que soste-

nía á un tiempo 1.600 neófitos; subsiste aún en el cauce del río San Diego una presa de fábrica de 82 metros de longitud, cuatro de espesor y 4,50 á 5,50 de altura, destinada á embalsar y derivar las aguas que un acueducto de fábrica conducía á la zona regable, con un recorrido de 6,5 kilómetros. La mampostería, aunque constituida por grandes cantos rodados, no puede ser mejor, y el mortero, seguramente hidráulico, presenta notable resistencia. A pesar de hallarse la presa abandonada y en un río torrencial, se conserva en muy buen estado, lo que demuestra la pericia de los constructores y el partido que supieron sacar de los rudos indígenas que la ejecutaron y de los escasos elementos que proporcionaba un país salvaje, casi aislado, del resto del mundo. La presa de San Diego es considerada como la primera de las de fábrica construída en los Estados Unidos. Pocos años después de edificarla se erigió otra para proporcionar el riego en la misión de San Gabriel, 16 kilómetros al Este de Los Angeles, y producir al propio tiempo la fuerza necesaria para un molino harinero. La presa, de dimensiones análogas á la anterior, permitía regular las aguas de un lago natural, creando de esta suerte un verdadero embalse artificial, seguramente el primero de los establecidos en los Estados Unidos. La fábrica era excelente, y á pesar de no hallarse en uso desde hace años, se conserva aún en perfecto estado. En otros varios puntos se encuentran restos de las obras de riegos establecidas por los españoles, origen de los regadíos que tanto desarrollo han alcanzado en California y que tan poderosamente han contribuído á crear la gran riqueza de esta región, de clima verdaderamente privilegiado, por lo suave y uniforme de su temperatura.

A los españoles, ó á los mejicanos que de ellos lo aprendieron, se debe también la introducción en muchos puntos y el fomento del riego en otros, singularmente en el estado y territorios ya citados de Arizona, Nuevo Méjico y Tejas. Su influencia deja aún sentirse en nuestros días, especialmente en la California del Sur y en Tejas, donde los mejicanos constituyen

un elemento muy propicio y apto para adoptarlo y extenderlo.

Merced al riego, tras un éxodo largo y penoso, pudieron los mormones establecerse en las áridas llanuras de Utah. Conducidos por Brigham Young, en 1847, desde el estado de Illinois, al través de los territorios dominados por los indios; acamparon en las márgenes del lago Salado, y han acabado por convertir en terreno fértil y productivo lo que antes constituía, sin el riego y la industria que ellos han sabido desarrollar, un desierto verdadero, donde parecía imposible que pudiese prosperar la raza europea. Los mormones han establecido una especie de comunismo agrario, dirigido y administrado por los pastores religiosos, que ha dado, hasta el presente al menos, buenos resultados. La superficie cultivada por regante es más reducida que en ninguna otra parte de la Unión, lo que supone un cultivo más intenso y perfecto. Las obras, aun algunas de importancia, han sido construídas en gran número por los mismos regantes, y rarísima vez se ha tenido que apelar al concurso de empresas encargadas de derivar y distribuir las aguas, pues esto se ha hecho casi siempre por las colectividades interesadas, constituidas en asociaciones. Existen también algunos cultivos de regadío no sometidos á la autoridad y dirección de los pastores mormones; pero aun en ellos los regantes se hallan asociados para la administración de las aguas y el cuidado y defensa de los intereses comunes.

La influencia de los mormones, gente trabajadora, inteligente, y que ha llegado á ser muy conoçedora del arte de construir obras de riego y de las prácticas de éste, se ha extendido beneficiosamente á los estados vecinos.

La colonización de los estériles desiertos de Utah, en medio de las circunstancias más adversas, es un buen ejemplo de la eficacia del riego para esta clase de empresas, y una comprobación de que, aun las más difíciles, suelen verse premiadas con el éxito cuando los que las emprenden tienen fe en sus resultados y á su servicio ponen perseverancia é inteligente esfuerzo.

También fueron estableciéndose pequeños regadíos en los puntos que mejor se prestaban á ello, á lo largo de la ruta que seguían los coches al cruzar el continente de Este á Oeste, sin que empezaran á tener importancia estos intentos hasta el año de 1870, en que se fundaron las colonias de Greeley en Colorado y de Anaheím en California, y en que el capital empezó á interesarse en esta clase de empresas, que en muchos casos eran también acometidas por los propios colonos.

El concurso de los capitalistas fué casi siempre eficaz, sin que ellos, por las causas anteriormente indicadas, obtuvieran una remuneración conveniente, terminando esta etapa, en que el riego no dejó de experimentar gran incremento, con el pánico de 1893 que paralizó, casi por completo, las construcciones hidráulicas.

Pasó la crisis, pero los financieros, la opinión y los gobernantes no dejaron de darse cuenta de que, mientras las empresas de riegos se arruinaban, ú obtenían para el capital menguados rendimientos, tropezando con toda clase de dificultades para realizar su cometido, los regadíos que á su amparo se creaban eran cada vez más prósperos, enriqueciéndose propietarios y regantes. De aquí nació la idea de la intervención del Gobierno en esta clase de empresas, procurando asociar íntimamente á ellas á los que habían de recibir principalmente sus beneficios, es decir, á los colonos de las zonas regables.

El primer paso que se dió en este sentido fué la promulgación de una ley en 1894, conocida con el nombre de acta Carey, que faculta á cada uno de los estados áridos para reclamar del Gobierno federal una extensión de tierra vacante, de 400.000 hectáreas como máximo, con objeto de ponerla en riego en la forma que aquéllos consideren preferible, con tal de que á cada colono no se le concedan más de 64 hectáreas, de las que en el plazo de diez años queden ocho, por lo menos, sometidas al riego. Fué complemento de esta ley la de 11 de Junio de 1896 que autorizaba á los estados federales para hipotecar á su favor las tierras cedidas á los colonos, con objeto de afianzar el com-

promiso, que éstos habían de contraer, de pagar el canon anual que el derecho al riego representase. La ley Carey, si bien contribuyó algo á desvanecer el pánico que había cundido entre las sociedades dedicadas á construir pantanos y canales, recibió, realmente, pocas aplicaciones en los primeros ocho años que siguieron á su promulgación. Wyoming primero, Idaho y Oregón después, son los estados que con más fortuna han sabido sacar partido de ella y desarrollar por tal medio su riqueza. La Administración de aquéllos se encarga de practicar aforos é investigaciones respecto de los caudales disponibles en las corrientes que se trata de utilizar; los colonos al solicitar las tierras, que se les venden al precio de 6,25 pesetas la hectárea, se han de comprometer, mediante hipoteca, á adquirir el derecho al riego y á la propiedad del canal, construído, no directamente por el Estado, sino por compañías que adelantan el capital necesario. De esta suerte se evitan las maniobras de los especuladores y los pleitos entre la empresa y los regantes, y se inspira á los colonos la confianza necesaria por la garantía que la intervención del Estado representa.

Dictada la ley de 17 de Junio de 1902, la confianza en los resultados del riego ha crecido notablemente, y uno de sus efectos favorables ha sido el dar nueva vida á las concesiones autorizadas por el acta Carey, que cada día va recibiendo más aplicaciones.

Antes de promulgarse estas dos leyes había dictado el Congreso federal otras disposiciones que tendían al fomento del riego en la región árida, y de alguna de ellas se ha hecho ya mención al tratar de las leyes colonizadoras. Desde el año de 1899 se vienen haciendo por el Gobierno de los Estados Unidos investigaciones encaminadas al mismo fin, realizándose el aforo sistemático de las corrientes, el estudio de los puntos que con mayor ventaja se prestan al establecimiento de pantanos y la elección de las zonas más particularmente aptas para el riego. Otras disposiciones legales excluyen de los terrenos colonizables los que requiera el establecimiento de los pantanos nacio-

pales, y algunas conceden ciertas franquicias y los terrenos que la construcción de las obras de riego pueda exigir.

Por su parte, los estados federales han tratado de cooperar á los propios fines por los medios á su alcance, aunque creemos que su concurso hasta ahora ha sido poco eficaz, fuera de la aplicación de la ley Carey y de la intervención activa en la distribución y policía de las aguas públicas que en varias zonas de riego está produciendo muy satisfactorios resultados.

#### LEY DE 17 DE JUNIO DE 1902

Tras una larga campaña de propaganda en favor de la intervención directa del Gobierno nacional en materia de riegos, que consiguió interesar á la opinión pública en este sentido, los partidos políticos inscribieron en sus programas este principio, que, patrocinado y traducido en proyecto de ley por el Presidente Roosevelt, obtuvo la sanción del Congreso en 17 de Junio de 1902.

Como esta importante ley, conocida con el nombre de «Reclamation \* Act», ha de tener notoria influencia en el desarrollo de los riegos en los Estados Unidos, y su ejemplo y resultados ofrecen algún interés para España, creemos conveniente dar, en forma sucinta, un extracto de la misma.

La ley, que al promulgarse sólo era aplicable á Arizona, California, Colorado, Idaho, Kansas, Montana, Nebraska, Nevada, Nuévo Méjico, Dakota del Norte, Dakota del Sur, Oklahoma, Oregón, Utah, Washington y Wyoming, ha sido extendida posteriormente al estado de Tejas. Por ella se autoriza al Gobierno federal para constituir un fondo especial («Reclamation Fund») con el producto de la venta de las tierras de dominio nacional enclavadas en dichos Estados, deducido un cinco por

---

\* La palabra «Reclamation», que significa aproximadamente «saneamiento», se aplica en el sentido más general de poner en condiciones de productividad tierras naturalmente estériles, mediante trabajos ú obras adecuados.

ciento destinado á fines educativos y otros, fondo dedicado al estudio, construcción y conservación de obras de riego en los mismos estados.

Á tal fin, el Ministro del Interior ha de disponer oportunamente que queden en absoluto excluidos del derecho de colonización los terrenos públicos que, en virtud de los estudios y reconocimientos verificados, se pueda estimar que ha de ser necesario ocupar con obras de riego de posible, aunque no definitivamente decidida, construcción; y que los terrenos de igual clase enclavados en las zonas regables, correspondientes á las mismas obras, tan sólo se concedan con la condición de que los colonos acepten las limitaciones y obligaciones que impone la nueva ley en semejante caso. De esta suerte se quiere evitar que las tierras regables y las que han de ocupar las obras, si éstas se realizan, puedan pasar á manos de los especuladores.

Después de verificados los estudios y de redactados los proyectos necesarios por los ingenieros del Gobierno, se resuelve sobre la practicabilidad y conveniencia de realizar la obra, y se fija, en caso afirmativo, la superficie máxima que á cada colono podrá concederse en vista de las condiciones de la zona regable, de tal modo, que una finca, cultivada por el propio colono, baste con sus productos á sostener una familia. Aquel límite no puede ser menor de cuatro hectáreas, cuando se trate de tierras públicas concedidas para su colonización, ni exceder en ningún caso de 64, advirtiéndose que, si en la zona regable existiesen tierras de propiedad particular, no se otorgaría el derecho al riego más que á los propietarios de fincas de menos de 64 hectáreas de cabida que viviesen en ellas ó en su vecindad.

Una vez decidida la construcción de una obra determinada, debe anunciarse al público la situación de la zona regable, el límite máximo asignado á la cabida de las fincas que se ceden á los colonos (si en aquéllas existieran tierras públicas vacantes), el precio por hectárea á que resulte el derecho al uso del agua, el cual deberá pagarse en un número de anualidades que

no exceda de diez, y, finalmente, la época en que el pago de la primera anualidad deberá comenzar. El precio por el uso del agua se calcula partiendo del valor presupuesto para las obras y gastos de conservación, sin incluir el interés del dinero que sea preciso adelantar.

El colono no recibe el título de propiedad de la tierra que se le concede antes de que haya abonado por completo aquel precio y puesto en riego, por lo menos, la mitad de la finca.

Terminadas las obras, el Gobierno se encargará de su explotación hasta que el pago que deben realizar los regantes haya sido efectuado por la mayor parte de los propietarios de la zona regable, pues desde este momento pasarán aquéllas á ser administradas y conservadas por cuenta de los mismos regantes, con sujeción á las reglas y prescripciones, y bajo la organización que fije el Gobierno, quien, mientras una ley no determine lo contrario, se considerará el propietario y administrador de los embalses y obras auxiliares.

El Gobierno puede emplear libremente el fondo en los fines indicados por la ley, teniendo en cuenta al emprender las obras y sus distintas partes la cuantía disponible, y procurando, mientras sea posible, invertir en cada estado ó territorio la mayor parte, ó sea el 50 por 100 por lo menos, del producto de la venta de tierras del mismo, de suerte que, dentro de períodos de diez años, contados á partir de la fecha de la ley, los gastos hechos en beneficio de cada estado ó territorio sean proporcionales á los ingresos que de los mismos procedan.

La ley previene que con su ejecución no deberán vulnerarse las de ningún estado ó territorio relativas á la propiedad y uso de las aguas públicas, respetándose todo derecho existente, y que, en todo caso, el de usar el agua que proporcionen las obras construídas por el Gobierno, se entenderá adscrito á la tierra á que aquella haya de aplicarse, siendo el aprovechamiento la base, medida y límite de semejante derecho.

Como se ve por la exposición que antecede, el Gobierno se encarga de la ejecución de obras de riego, con objeto de hacer



posible el cultivo y dar valor á terrenos improductivos, creando por tal medio pequeños propietarios agrícolas capaces de proporcionar la subsistencia á sus familias con el producto de sus fincas y de pagar, además, el importe de las obras, á lo sumo, en diez plazos anuales, con lo cual el «Reclamation Fund» irá sucesivamente reintegrándose de los desembolsos á que le obligue la ejecución de las obras, de una manera completa si éstas son elegidas con acierto y en las zonas regables se adopta enteramente el cultivo de regadío.

Al redactarse la ley se supuso que en la generalidad de los casos estas zonas se hallarían comprendidas en las grandes extensiones incultas que constituyen las tierras públicas de la región árida y semi-árida; pero el estudio definitivo de los proyectos ha demostrado que los más convenientes solían comprender extensiones considerables de terreno que se hallaban ya en manos de particulares, disponiéndose en algunos de riego, más ó menos deficiente, susceptible de ampliación y perfeccionamiento. Esta circunstancia y la necesidad de entregar las obras á los regantes, una vez terminadas, ha conducido á la formación de asociaciones de usuarios de agua que, de acuerdo en parte con las previsiones de la ley, cooperan con el Gobierno federal para alcanzar los fines por ésta perseguidos. Estos organismos que son, en rigor, verdaderas sociedades cooperativas de propietarios, de las que en fin de Junio de 1907 existían formadas 23, están en todas partes constituidos de la misma manera: la sociedad se establece con sujeción á las leyes que en cada estado regulan las anónimas, con un capital igual ó superior al que se calcula que han de importar las obras que el Gobierno ha de construir, dividido en tantas acciones como acres de tierra regable existan en la zona, de tal suerte, que cada socio suscriba un número de acciones igual al de acres que en ella posea susceptibles de riego, si bien aquellos que sean propietarios de más de 64 hectáreas han de vender el exceso, antes de la época en que aquél quede establecido, á fin de que sólo reciban los beneficios de la obra los propietarios de fincas

de menos de 64 hectáreas de cabida; los accionistas se comprometen con la sociedad á solicitar del Gobierno, en las condiciones que fija la ley de 17 de Junio de 1902, el riego de sus fincas, y en caso de no hacerlo, ó de no pagar el canon temporal, á cederlas á la sociedad para que ésta las venda en pública subasta á quien se comprometa á ponerlas en riego. Por tal medio, cuando se ha suscrito suficiente número de acciones, la sociedad puede garantizar al Gobierno que las tierras regables se pondrán en riego y que se reintegrará, por lo tanto, del capital que en ella invierta, según los términos de la ley; además, la comarca puede contar, de esta suerte, con la construcción de las obras en condiciones muy favorables, puesto que todos los servicios que el regante recibe de la Asociación y del Gobierno son desinteresados, y el capital de la empresa, hasta su reembolso, no devenga interés; finalmente, la nación tiene seguridad de que de tal modo sólo se realizarán las obras verdaderamente útiles.

A la constitución de estas asociaciones se ha llegado, en varios casos, no sin luchar con serias dificultades nacidas de la diferente situación en que se hallaban los distintos terratenientes. Ha habido que prescindir, donde ya existía el riego, de los derechos y reglas establecidas, adoptando el principio de que siempre el derecho al agua se consideraría adscrito á la tierra y sometiéndose los propietarios de las grandes fincas á la obligación de enajenarlas en plazo perentorio á fin de que no excedieran de 64 hectáreas cada una de las que recibiera el riego. Mas gracias á la energía con que las comisiones de propaganda y organización han desempeñado su cometido, han acabado por reconocer los propietarios que estaba en su propio interés el adherirse y asegurar una empresa beneficiosa para todos, que al mejorar ó implantar el riego, realzaría el valor de la propiedad y aumentaría y afianzaría la prosperidad del país.

En resumen, la ley de 17 de Junio de 1902 tiene por objeto fundamental crear y asegurar en la región árida medios permanentes de subsistencia para los colonos, de tal forma, que

cada uno se constituya en un pequeño terrateniente que con el producto de su finca, obtenido con el trabajo propio, y mediante el riego, pueda subvenir á las necesidades de su familia. Aplícanse á tal fin los productos de la venta de tierras de dominio nacional á la realización de los estudios y obras necesarios, constituyendo con ellos un fondo independiente de los demás recursos del Tesoro público, aun cuando sometida su inversión á las reglas generales y á todas las garantías que regulan la administración de los demás gastos del Gobierno federal. Este fondo, á la larga, ha de ir en aumento, pues á los productos de la venta de nuevas tierras se agregarán los de las anualidades que los regantes han de satisfacer, y que representarán, precisamente, el importe de las obras, salvo el interés, que no se exige, del capital adelantado.

Obsérvese que, no percibiendo el Gobierno federal contribución alguna que pudiera considerarse directamente favorecida con el incremento que experimentará la riqueza en las comarcas donde se ejecuten las nuevas obras de riego, era indispensable, para reintegrarse de los desembolsos que la ejecución de éstas requiriera, que los propietarios directamente beneficiados con ellas abonasen la parte proporcional que á cada uno correspondiese, habiéndose creído que para este fin nada era más práctico que el establecimiento de un canon anual que, en un plazo de diez años á lo sumo, redimiese la carga por completo.

#### SITUACIÓN ACTUAL

La promulgación de la ley de 17 de Junio de 1902 y la propaganda á favor del riego que á su adopción precedió, han tenido como consecuencia la constitución de nuevas empresas, debidas unas á la iniciativa particular y llevadas á cabo otras por los mismos terratenientes interesados.

Al propio tiempo algunos estados, poniendo en práctica los preceptos de la ley Carey, á que se ha hecho referencia anteriormente, por medio de empresas auxiliares que construyen

las obras, están en vías de proporcionar el riego á extensiones considerables de terreno.

Por último, el Gobierno, en los seis años transcurridos desde que se publicó la ley, ha emprendido la ejecución de treinta y un proyectos, autorizando en ellos un gasto de más de 206 millones de pesetas, de los que se habían invertido, hasta fin de Junio último, 126 millones.

Algunas de estas obras han empezado ya á prestar servicio, y de otras varias falta poco para que queden completas las partes más importantes, como son los embalses y canales principales. Se requiere ahora emprender la red de distribución y preparar las tierras que han de recibir el riego; afortunadamente no faltan bravos colonos que en medio de las circunstancias más adversas se preparan para acometer la empresa, habiendo visto nosotros instalados no pocos en tiendas de campaña, en parajes desiertos y de fríos intensos, realizando la labor transformadora. En varios casos, estos mismos colonos han solicitado del Gobierno practicar las excavaciones que requiere la red de acequias y brazales, pretendiendo pagar con estos trabajos el canon que por el agua tendrían luego que abonar. El Gobierno, con excelente acuerdo, ha accedido ya varias veces á admitir esta cooperación que puede ser ventajosa para todos.

Como consecuencia de la gran actividad que ha reinado desde 1903 á 1907 en la construcción de nuevas obras de riego y que, aun cuando se amortigüe algún tanto, no es de creer que cese, á pesar de la intensa crisis financiera que se inició á fines del último de los años citados, estarán en disposición de ser destinadas al riego, dentro de cortos plazos, extensiones considerables de terreno de la región árida. Hemos tenido ocasión de observar en las obras del Gobierno, próximas á ser terminadas, de Huntley, Umatilla y, más aún, en la de Minidoka, la relativa facilidad con que se van venciendo los obstáculos, que no pueden menos de ofrecerse, al convertir en terreno de regadío extensas zonas, desiertas é incultas, bastante alejadas de los centros importantes de población y consumo, con clima du.

ro, servicios públicos rudimentarios y gran escasez de personal de condiciones adecuadas para la realización de la empresa.

Esta última es, sin duda alguna, la dificultad principal para la fácil extensión del riego en el Oeste, como es también la mayor con que tropieza toda clase de industria en esta parte. Las compañías de riegos y de ferrocarriles, las cámaras de comercio, la banca, tan extendida en todos los estados y los elementos todos que se hallan interesados en promover la creación de riqueza, coadyuvan, más ó menos directamente, á la empresa de atraer colonos que implanten el riego, y á este fin no se perdona propaganda que pueda suponerse de alguna eficacia. Mas hay que reconocer que ello es en extremo difícil, porque hasta hace poco los braceros han escaseado tanto, que los jornales resultaban para los trabajadores de todas clases altamente remunerativos y, por tanto, no tenían aquéllos gran necesidad de aventurarse en especulaciones en que hay siempre algún riesgo que correr y una gran actividad que gastar; la mayor parte de los trabajadores de Norte-América, incluyendo los que sin cesar aporta la inmigración, desconocen el arte del riego y se hallan poco propicios á emprender la colonización de terrenos fundada exclusivamente en este método de cultivo. A más de esto, es preciso no olvidar que para crear una finca de riego en las tierras incultas del Oeste hay que roturarlo, construir brazales y desagües, nivelar las tierras, adquirir caballerías, máquinas y diversos aperos, invertir dinero en abonos y, sobre todo, en edificios y cosechas pendientes de venta, todo lo cual representa, para el colono, un capital de consideración. Esto no obstante, debe confiarse en que, ahora como antes, con mayor ó menor facilidad, todas estas dificultades serán vencidas; que las regiones donde ya el riego se practica y se conocen sus ventajas, y las del Este y Centro, donde la clase rural es numerosa, dispone de algún capital y tiene la ambición de alcanzar rápido mejoramiento, á pesar del fuerte contingente emigratorio que prestan al Canadá, atraído por las mayores ventajas que ofrecen sus nuevos regadíos, es de esperar que darán masas nutridas de

colonos aptos; y, finalmente, debe contarse con la relativa facilidad con que el trabajo encuentra en los Estados Unidos apoyo en el crédito, allí tan extendido. Se está ya viendo, en algunos casos, que el bracero, ocupado primero en las obras, se convierte luego en regante, invirtiendo en la preparación que requiere la tierra los ahorros que le proporcionó su anterior trabajo.

Será difícil que no sobrevenga, en una ú otra forma, la crisis que toda transformación y mejora de trascendencia social y económica lleva consigo aparejada; pero, á pesar de ello, no es aventurado predecir que antes de pocos años habrán sido redimidos de la esterilidad, ó de una producción escasa é incierta, nuevas extensiones de terrenos, convirtiéndolas en campos fecundos, donde encontrarán hogar sano y trabajo ampliamente remunerado, los que lleven á cabo la fatigosa empresa de colonizarlos.

# SERVICIO FEDERAL DE OBRAS DE RIEGO

---

## ORGANIZACIÓN

Para elegir, estudiar y construir las obras de riego, que en virtud de la ley de 17 de Junio de 1902 debía llevar á cabo el Gobierno federal, hubo necesidad de crear, dentro de la Administración, un organismo técnico especialmente encargado de tales cometidos, análogo á nuestro Servicio de trabajos hidráulicos, conocido con el nombre de «Reclamation Service»\*, dependiente del Ministerio del Interior, y que nosotros designaremos con el nombre de Servicio federal de obras de riego.

Á fin de contar desde el primer momento con algún personal y con todos los elementos y ventajas que presta una organización ya establecida, evitando de esta suerte demoras de otro modo seguras, el Servicio formó parte en los primeros años del geológico, que también dependía del Ministerio del Interior, y que tenía á su cargo el aforo de corrientes y las primeras investigaciones relativas á embalses; pero cuando el nuevo organismo ha contado con personal propio numeroso y ha alcanzado desarrollo considerable, se ha visto que era indispensable formar con él una nueva unidad administrativa, independiente por completo del Servicio geológico, habiéndose verificado la segregación de éste en fin de 1906. La organización primeramente

---

\* Véase en la página 40 el sentido que debe darse á la palabra «Reclamation».

adoptada subsiste aún en la actualidad, pero en sus detalles ha sido, y sigue siendo, objeto de incesantes modificaciones y perfeccionamientos. Juzgamos que puede ser útil darla á conocer en sus líneas generales, tal como existía al realizar nuestra misión, señalando, además, aquellos puntos secundarios que para nosotros puedan ofrecer algún interés.

Las reglas para reclutar el personal, para justificar los gastos, las relativas á sueldos é indemnizaciones, así como los procedimientos generales de administración y contabilidad, son los mismos que rigen en toda la administración civil norteamericana.

Los ingenieros, delincantes, contadores, estenógrafos, escribientes, etc., son nombrados por el Ministro, eligiéndolos entre los que figuran en las listas que prepara la Comisión del Servicio civil, previas convocatorias y exámenes establecidos al efecto. Para la admisión de los ingenieros se tienen en cuenta los certificados de estudios de los colegios ó universidades donde han sido educados, si bien se prescinde á veces de este requisito cuando se trata de reclutar ingenieros constructores, pues en este caso se da á la experiencia de los candidatos y al resultado del examen, un valor preponderante para hacer la elección, aun cuando no se hallen adornados de títulos académicos.

Al constituir el Servicio de obras de riegos se ha tratado de crear en el personal á él afecto, con la unidad y continuidad de propósitos, el espíritu de cuerpo, estímulo poderoso y de resultados seguramente beneficiosos cuando los ideales que se infunden á la colectividad son elevados y responden á importantes necesidades públicas, realmente sentidas por la opinión general.

Se ha hecho comprender al personal que el resultado y el éxito de la empresa dependerán en gran parte de que cada cual tenga siempre bien presente el objetivo que se persigue y que sepa llevarlo á cabo sin necesidad de instrucciones minuciosas. Los reglamentos y leyes han de ser cumplidos debidamente, pero su observancia estricta no puede sustituir al buen juicio



de que todos deben de dar muestras. Los ingenieros han de comprender que si son graves y de difícil solución los problemas de ingeniería que han de resolver, no lo son menos los sociales y humanos en que tienen que intervenir con frecuencia; y para hacer resaltar la importancia preponderante que han de conceder al factor económico, de ordinario, más importante que en otras en las obras de riego, se les ha sugerido que están en el deber de realizar lo que, según la definición americana, cumple hacer á un ingeniero: conseguir por un dolar lo que, á quien no lo fuera, le costaría dos, ó no sabría hacer. Hemos tenido ocasión de observar que, en efecto, se presta á la economía una atención preferente al proyectar y realizar las obras, y los resultados obtenidos son ciertamente muy satisfactorios, si se tienen en cuenta las condiciones bajo las cuales han tenido que ejecutarse aquéllas.

Los sueldos asignados al personal son enteramente discretionales, pues no están regulados por la ley. Los ascensos son de libre elección, fundados en los méritos y la eficiencia, ofreciéndose el caso de aminorarse la remuneración cuando no se halla en armonía con el valor en que se estiman los servicios que los empleados prestan. La separación de éstos, decretada igualmente con toda libertad, se realiza en cuanto lo reclaman las conveniencias del servicio. Según parece, se ha conseguido, hasta el presente, que en los nombramientos, ascensos y separaciones no deje sentir su influencia la política, y para ello se ha encomendado á una Comisión especial, llamada de personal, compuesta por tres ingenieros muy conocedores de los servicios y de las circunstancias de los empleados en ellos, el encargo de hacer anualmente dos propuestas, que se elevan al Ministro, y sirven de base á las resoluciones relativas á distribución, ascensos, separaciones y reducciones de sueldo, previos informes confidenciales que la misma Comisión recibe de los distintos ingenieros que tienen á sus órdenes algún personal.

El técnico, salvo algunas excepciones, ingresa por la categoría inferior, con el nombre de Ayudante Ingeniero ó «Junior»,



con un sueldo de 3.600 pesetas, que se eleva á 4.500 al cabo de unos seis meses, si durante este tiempo se ha reconocido que el nuevo ingeniero se ha hecho digno de continuar en el servicio. En esta categoría los aumentos pueden elevar el sueldo hasta 8.600 pesetas.

Los Ingenieros auxiliares («Assistant Engineers») proceden generalmente de los Ayudantes, pero algunos son también reclutados directamente entre los que han adquirido experiencia en empresas particulares. Los sueldos varían desde 6.600 á 12.000 pesetas.

Los Ingenieros, encargados de cometidos importantes, como son, toma de datos, formación de proyectos, ejecución de obras, inspección de las contratadas, etc., tienen sueldos variables entre 9.000 y 19.500 pesetas, según la importancia de los cargos que desempeñan y las condiciones personales de cada uno.

Los Ingenieros Inspectores («Supervising Engineers»), con funciones análogas á las de nuestros Ingenieros Jefes, cobran de 20.000 á 24.000 pesetas al año.

A los Ingenieros Consultores no se les paga sueldo, sino que se les abonan dietas, variables entre 45 y 90 pesetas.

El Ingeniero Jefe que se halla al frente de los servicios eléctricos tiene un sueldo de 27.500 pesetas, mientras que el Ingeniero Jefe de todo el Servicio de obras de riegos, que ejerce funciones de Subdirector, recibe al año 24.000 pesetas. El sueldo del Director general es de 30.000 pesetas.

A los delineantes se les abonan sueldos variables entre 3.000 y 11.000 pesetas.

Los estenógrafos, que á la vez suelen ser mecanógrafos, plazas desempeñadas casi siempre por mujeres, ganan de 3.600 á 7.200 pesetas al año.

El personal administrativo cobra sueldos muy variables, desde los escribientes, que empiezan con el de 3.600 pesetas y llegan al de 9.300, hasta el Auditor Jefe, encargado de examinar y censurar las cuentas, el cual tiene un sueldo de 16.500 pesetas.

Existen, además, otros empleados de carácter permanente, con sueldos mensuales variables entre 200 y 1.325 pesetas, que comprenden maquinistas, electricistas, sobrestantes, vigilantes de obras, capataces, guarda-herramientas, guarda-almacenes, etcétera, etc.

La organización está basada actualmente en la agrupación de los trabajos, de obras y proyectos, en siete divisiones: División Sur, comprendiendo Nuevo Méjico, Arizona, Tejas, Utah y California del Sur; División del Pacífico, abarcando California del Norte, Oregón, Washington y Nevada; División del Norte, compuesta de Montana, Dakota del Norte y el Norte de Wyoming; División central, á que se hallan adscritos Colorado, Kansas, Oklahoma, Dakota del Sur, Nebraska y el Sur de Wyoming; y, finalmente, División de Idaho, que se compone tan sólo del estado de este nombre.

Al frente de cada una de estas Divisiones se halla un Ingeniero Inspector, con atribuciones y cometido análogos, según se ha indicado, á los de los Ingenieros Jefes de nuestras Divisiones hidráulicas, entendiéndose con el Director del Servicio ó informándole directamente, y siendo principal responsable de lo que en su demarcación se realiza.

Del Ingeniero Inspector dependen los ingenieros encargados de estudiar y realizar los grandes proyectos de riegos; aquéllos suelen residir en los puntos próximos á las partes más importantes de las obras ó, más frecuentemente, en las obras mismas.

De ordinario concurren á realizar el cometido de los Ingenieros encargados («Project Engineers»), otros que se hallan á sus órdenes, y tienen por misión la construcción de secciones de los proyectos, bien por administración ó por contrata, la toma de datos de campo, la redacción de proyectos parciales ó de proyectos especiales, como los de compuertas, instalaciones para producción de fuerza, fábricas, etc. Otras veces, sin embargo, cuando se trata de obras ó proyectos muy importantes, estos Ingenieros dependen directamente del Inspector, sin que exista como intermediario el Ingeniero encargado.

Cada uno de los Ingenieros dispone de un número adecuado de Ingenieros auxiliares y Ayudantes, así como de los empleados subalternos ó especiales, á que se ha hecho antes referencia, que puedan serle necesarios.

Todo este personal, aunque se halla bajo la autoridad del Director, depende más especialmente del Ingeniero Jefe del Servicio que, como aquél, reside en Washington de ordinario, sin perjuicio de recorrer ambos, separadamente, todas las Divisiones para conocer directa y personalmente la manera de realizarse los trabajos. También se hallan especialmente al cuidado del mismo Ingeniero Jefe otras dependencias centrales que, con las anteriores, completan lo que pudiera llamarse la Sección de ingeniería propiamente dicha del Servicio central de obras de riego. La más importante de estas dependencias está constituida por un cuerpo de siete Ingenieros Consultores, cinco de los cuales residen fuera de Washington, encargados de emitir dictamen sobre las cuestiones más importantes que han de ser sometidas á la resolución del Director y Ministro, especialmente la aprobación de proyectos y la conveniencia de emprender cada una de las obras que deben correr á cargo del Gobierno. Para la preparación de los informes se constituyen Comisiones, nombradas especialmente en cada caso particular, compuestas generalmente de los tres Ingenieros Consultores que mejor pueden conocer el asunto objeto del informe, el Ingeniero Inspector de la División correspondiente, el autor del proyecto ó Ingeniero que se halle al frente de la construcción, y, con frecuencia, el Ingeniero Jefe, y alguna vez el Director. Si el informe de la Comisión ha de versar sobre puntos que requieren conocimientos determinados, se agrega á aquélla algún especialista, para lo cual se cuenta en estos casos con el concurso de ingenieros expertos en materias de electricidad, en mecanismos, en cementos, en investigaciones relativas á aguas subterráneas, en materias legales, etc. De ordinario, sobre todo cuando se trata de proyectos ú obras importantes, á los informes de las Comisiones precede una visita de las mismas al terreno.

Dependen también directamente del Ingeniero Jefe del Servicio, un Ingeniero Jefe destinado especialmente al estudio de las materias eléctricas, el Negociado de transportes, con un ingeniero á su frente, encargado de estudiar las vías más económicas y de contratar con las compañías los de los materiales que han de conducirse á las obras, el laboratorio de ensayos de cementos y las secciones técnicas, de dibujo y estadística, anejas á la Dirección en Washington.

Aunque el Director interviene personalmente en todas las ramas del servicio, se reserva directamente el despacho de todos los asuntos relativos á contabilidad, personal, compras y contratos, materias contenciosas y legales é investigación fiscal; él es, además, quien más especialmente estudia las cuestiones de alta importancia que afecten á la marcha del servicio y al objetivo de la ley. Auxiliáale en esta difícil misión personal adecuado, estando al frente de la llamada División territorial y legal el ingeniero Mr. Morris Bien, á quien hemos tenido ocasión de citar anteriormente al reseñar la legislación de aguas.

Ocupa el cargo de Director, desde que fué creado, el ingeniero F. H. Newell, que anteriormente ejercía el de Ingeniero Jefe y que se ha distinguido notablemente por sus trabajos científicos en el Servicio geológico y por su intervención en la preparación y planteamiento de la ley y Servicio federal de obras de riegos. Desempeña las funciones de Ingeniero Jefe Mr. A. P. Davis, de sólida reputación profesional, y que desde 1884 viene prestando sus servicios al Gobierno, principalmente en estudios y trabajos hidrográficos en la región del Oeste.

En total, el número de empleados regulares del Servicio ascendía en Noviembre de 1907 á 1.046, de los cuales 250 eran ingenieros, sin incluir los especialistas que prestaban sus servicios según lo requerían las necesidades.

En el funcionamiento del Servicio de obras de riegos se deja sentir marcadamente la acción directiva, perseverante, enérgica, inteligente y técnica, que le anima, guía, y contribuye muy poderosamente á su eficacia. Los Ingenieros Inspectores

son los representantes del Director en las Divisiones, y con él están en constante relación, por medio de informes semanales, mensuales, trimestrales y anuales, en que se consigna el trabajo realizado por el personal, gastos, progreso de obras y de trabajos, fondos necesarios y propuestas de todo género.

De ordinario, los proyectos definitivos no se redactan hasta que son indispensables para la ejecución. Se empieza por practicar ligeros reconocimientos en las zonas regables, y cálculos del coste que se completan y amplían si de ellos resulta la obra practicable y conveniente, formándose de esta suerte un verdadero ante-proyecto, que precede á la formación del proyecto definitivo, el que suele exigir nuevos trabajos topográficos y la fijación en el terreno de los trazados que se adoptan.

Las condiciones para las contratas de las obras son bastante elásticas para que, aun durante la construcción, puedan introducirse en las partes dudosas ó delicadas las modificaciones ó perfeccionamientos que aconseje un estudio más concienzudo del asunto ó el mejor conocimiento de las circunstancias locales. Se ve, por lo tanto, que al proyecto definitivamente aceptado se llega por perfeccionamientos sucesivos, sin tratar desde el principio de determinar todos los detalles y soluciones finales, que casi seguramente no podrían prevalecer después de estudios más intensos y continuados. Aparte las mayores garantías de acierto y no correr la contingencia de perder trabajos costosos, tiene este sistema, sobre los corrientes, la ventaja importantísima de permitir una ejecución más rápida de las obras, facilitando el que éstas se puedan emprender por partes, empezando por las más necesarias, menos dudosas y mejor estudiadas.

Los trabajos de campo y los ante-proyectos son realizados por los Ingenieros encargados, bajo la dirección y consejo de los Inspectores correspondientes. Los proyectos definitivos también se llevan á cabo en la misma forma, pero recurriendo, siempre que es preciso, al auxilio de los especialistas y atemperándose á las conclusiones fijadas al aprobarse los ante-proyectos ó proyectos generales.

La construcción de las obras, sobre todo cuando son importantes, se confía á ingenieros constructores experimentados, que residen invariablemente en la obra misma ó en sus inmediaciones. Se ha reconocido la conveniencia de que estos ingenieros formen parte, también, de las comisiones consultivas, cuando éstas tengan que dictaminar sobre asuntos relacionados con la obra á su cargo ó con otras obras próximas, y que intervengan en la preparación de proyectos.

Debe notarse que las funciones de los Ingenieros Consultores se limitan exclusivamente á emitir dictámenes sobre los varios puntos que se les someten, estando por completo exentos de toda facultad ejecutiva, reconociéndose que sería inconveniente para el servicio el que pudieran dictar órdenes é instrucciones al personal activo. Dado el sistema seguido, los Ingenieros Consultores se ven obligados á realizar constantes viajes para desempeñar satisfactoriamente su cometido.

El estudio sistemático de las cuestiones principales, que afectan especialmente al Servicio de obras de riego, se confía á comisiones de carácter temporal ó permanente, constituidas, de ordinario, á más del Director, que forma parte de todas, por tres miembros elegidos entre los Ingenieros Consultores, Ingeniero Jefe, especialistas y ciertos funcionarios federales de otros servicios. Las principales comisiones se refieren á personal, legislación de aguas, fijación de las dotaciones de agua para las distintas zonas y cultivos, métodos á emplear en los reconocimientos y trabajos topográficos, formularios y pliegos de condiciones, coste y resultados de las obras, cementos y hormigones, fuerza eléctrica y elevación de aguas, saneamiento de terrenos pantanosos ó salobrenos, asociaciones de usuarios de agua, sondeos, etc.

Se desprende de la reseña que precede, que en la organización centralista del Servicio federal de obras de riegos se han seguido dos principios fecundos y convenientes: el de la especialización de los trabajos, y el de la demarcación de las funciones propias de los empleados con la necesaria elasticidad

para poder recabar los servicios de cada uno donde mayor utilidad pueden reportar. Lo que pudiera llamarse uniformidad y simetría en la distribución, en las categorías administrativas y en las funciones, ha sido con frecuencia supeditado á estos principios.

Por lo que se refiere á la parte administrativa, hemos notado que es objeto de una inspección y fiscalización asiduas. La contabilidad, sometida á formas complejas y á procedimientos rigurosos, nos ha parecido que absorbe un trabajo considerable, resultando, como consecuencia, muy importante la labor burocrática.

Las horas de trabajo, lo mismo en las obras que en las oficinas, son normalmente ocho; pero en éstas no es raro que sean excedidas. El trabajo se realiza, generalmente, con asiduidad é intensidad notorias, siendo debido este resultado á causas diversas, entre las cuales serán, probablemente, las predominantes las condiciones peculiares de la raza y de la sociedad norteamericana, el deseo del personal de adquirir buena reputación y hacerse acreedor á recompensa, y la acción enérgica y vigilante del Centro directivo.

Aprovechando los Congresos de riego que anualmente se reúnen en los Estados Unidos, á los que suelen concurrir los ingenieros más prominentes del Servicio federal, se han celebrado dos reuniones llamadas Conferencias, una en Ogden, en Septiembre de 1903, y otra en El Paso y en Washington, en Noviembre de 1904 y Enero de 1905, á las que han concurrido dichos ingenieros y otros miembros significados del Servicio de obras de riego, así como diputados, senadores, funcionarios y demás personas interesadas en la aplicación de la ley de 17 de Junio de 1902. Tienen por principal objeto estas Conferencias permitir que los distintos ingenieros, que suelen residir en puntos muy alejados unos de otros, cambien impresiones é ideas sobre las variadas cuestiones en que tienen que intervenir, y que reciban personalmente la inspiración y guía del Director. En ellas, además, se presentan y discuten memorias y propues-



tas acerca de puntos diversos, y se preparan y dan á conocer dictámenes sobre los asuntos confiados á las Comisiones temporales y permanentes á que antes se hizo referencia. En un país como los Estados Unidos, donde tanta efectividad tiene la intervención de la colectividad entera en las materias que á la misma interesan, no puede extrañar que se recurra, con notorio acierto seguramente, á estos procedimientos de discusión, y que los resultados así obtenidos sean positivamente beneficiosos para sostener la fe en el ideal que se persigue, fe que allana el camino del éxito en toda gran empresa humana, y es, con frecuencia, su compañera insustituible.

No terminaremos este punto sin consignar que el Servicio federal de obras de riego, por su eficacia y por su independencia de las parcialidades políticas, ha sabido conquistar la consideración pública y el respeto del Poder legislativo y de la propia Administración.

#### CONDICIONES VIGENTES EN LOS CONTRATOS

En general, todas las obras y servicios se realizan por contrata, mediante pública licitación. Exceptúanse las que no se prestan á una determinación precisa ó que han de ejecutarse con extremada premura. También se lleva á cabo por administración la terminación de las obras y servicios en que el contratista no ha cumplido los términos del contrato, pues éstos suelen tener una cláusula que previene que en tal caso serán continuados por el Gobierno, pero debiendo abonar el contratista el exceso de coste, si lo hubiere; es decir, que la rescisión no suele traer aparejada la liquidación inmediata de la parte ejecutada, la pérdida de la fianza y la terminación de toda responsabilidad por parte del contratista, sino simplemente la sustitución de la gestión de éste por la de la Administración y la continuación del servicio ú obra hasta que quede ultimado, bajo la responsabilidad de aquél.

En general, los trabajos preliminares que los estudios de los

proyectos requieren, tales como sondeos y apertura de pozos de exploración, habilitación de caminos, etc., no se llevan á cabo por contrata. Tampoco se adopta este sistema, ni siquiera el de concursos, para redactar los proyectos de las obras, pues éstos constituye el principal y más delicado cometido del Cuerpo de ingenieros del Servicio federal de obras de riego. Por último, los trabajos de conservación y de explotación se realizan también por gestión directa.

La ley no requiere que la licitación obligue á la adjudicación del contrato, ni siquiera á que sea elegida la proposición más baja, que no es raro que sea desechada cuando los precios que contiene son evidentemente insuficientes; pero en los demás casos, aun en aquéllos en que puede racionalmente sospecharse que lo bajo de los precios no permitirá que el contrato pueda cumplirse debidamente, se acepta siempre la oferta más económica, pues parece que los funcionarios que aconsejan á la Administración acerca de la que deba considerarse más ventajosa, cuidan mucho de evitar todo pretexto que sirva para que puedan ser acusados de favoritismo.

Los pliegos de condiciones, objeto de sucesivos perfeccionamientos, se parecen á los vigentes en España, aun en muchos puntos secundarios. Nos limitaremos, por lo tanto, á indicar las diferencias más salientes é interesantes que en ellos se suelen encontrar.

Existen pliegos de condiciones generales que, con escasas variantes, figuran en todos los contratos; y otros, sujetos á formularios, que se aplican más especialmente á cada obra. He aquí algunas particularidades de los primeros:

El Contratista ha de presentar una fianza equivalente, por lo general, al 20 por 100 del importe del contrato. Esta fianza es personal, y la prestan una corporación ó tres personas de suficiente responsabilidad.

La proposición ha de contener los precios unitarios y las partidas alzadas correspondientes á todas las clases de obras y servicios objeto del contrato, así como el presupuesto forma-

do con ellos, deduciéndose así el importe de la misma. Suelen exceptuarse, sin embargo, algunos precios que, por referirse á un número de unidades pequeño ó imposible de determinar, se suponen fijos ó fuera de licitación. Cuando la adopción de precios para una determinada clase de obra pueda dar lugar á inconvenientes en caso de rescisión del contrato, se establecen para aquéllos las limitaciones necesarias, á fin de que al Contratista no le pueda convenir abandonar los trabajos en un cierto estado de adelanto de la obra.

La Administración se reserva el derecho de aceptar las proposiciones que reciba en su totalidad, ó en lo que se refiere tan sólo á una parte de la obra; lo que, sin duda alguna, puede dar origen, en algunos casos, á serios perjuicios para el Contratista si semejante facultad no se ejercita con extremada discreción, ó bien, puede ser causa de que las proposiciones sean más altas de lo debido, ó de que se disminuya la concurrencia de licitadores.

En todos los trabajos es obligatoria la jornada de ocho horas, y está prohibido el trabajo de los chinos, así como el de obreros que hayan sido importados mediante contratos en que se obliguen á trabajar en las obras.

Puede exigirse de los concursantes á las subastas, cuando se considere preciso, que prueben que se dedican normalmente á la ejecución de obras, máquinas, ó á la producción de materiales análogos á los que son objeto del contrato, y que poseen capital, máquinas y material suficiente y adecuado para cumplir aquél. Mas es lo cierto, á pesar de esta condición, que no suele faltar en los pliegos, que muchas veces los contratistas están muy lejos de poderla llenar.

Los obreros que realicen los trabajos han de tener la habilidad suficiente para que la ejecución sea, por lo menos, la que las condiciones exigen.

El Contratista está obligado á presentar muestras de todos los materiales que se le indiquen, entre los que hayan de entrar en la obra. Si las muestras son aceptadas, los materiales que

emplees han de ser como ellas. En todo caso, los materiales desechados deben apartarse del paraje en que se realizan los trabajos.

El Contratista tiene derecho á indemnización cuando en tiempo oportuno no se le entregan los materiales que no sea de su cuenta proveer, ó los terrenos que han de ocupar las obras (que corren siempre de cuenta de la Administración), con tal de que estas faltas le originen un aumento de gastos en la ejecución que sea directo é inevitable.

La Administración se reserva la facultad de aumentar ó reducir, si fuese necesario, el número de unidades de obra, sin derecho á reclamación por parte del Contratista. Tampoco se concede á éste indemnización alguna en casos fortuitos ó de fuerza mayor.

El Contratista tiene obligación de proporcionar á la Administración todos los datos que posea, con respecto á la obra, exhibiendo, cuando sea preciso, las facturas, los recibos y los libros de su contabilidad.

También queda obligado á adoptar en los campamentos y obras cuantas medidas higiénicas se puedan juzgar necesarias, estando prohibida la venta de bebidas alcohólicas, salvo los casos en que, para fines medicinales, la autorice el Ingeniero estableciendo la necesaria vigilancia.

Hasta aquí las condiciones generales; los pliegos de las particulares presentan mayor variedad en sus prescripciones. Anotaremos á continuación las más generalmente aceptadas:

Se establece en el contrato la multa en que el Contratista incurre por cada día de retraso que sufra la terminación de la obra, lo que se supone tiene por objeto compensar el gasto que ocasiona el pago del personal encargado de la vigilancia é inspección, mas el perjuicio que el retraso representa.

Mensualmente se expiden y pagan las certificaciones del importe de la parte ejecutada, deduciendo un 10 por 100, que se liquida al final de la obra, salvo los casos de suspensión del contrato, en los cuales puede servir, en unión de la fianza si

fuese preciso, para pagar los excesos de coste que la terminación de los trabajos pudiese ocasionar.

Los terrenos, desde el punto de vista de la excavación, suelen clasificarse actualmente, en el Servicio federal de obras de riego, en tres categorías: 1.<sup>a</sup> Todo material suelto que pueda levantarse con la arrobadera, ó todo terreno que pueda excavar-se con un arado adecuado, arrastrado por seis caballerías, cada una de 635 kilogramos de peso, por lo menos, manejadas diestramente por tres ó más conductores, y también las rocas y piedras sueltas de menos de 58 decímetros cúbicos. 2.<sup>a</sup> Toda roca que no pueda excavar-se sin el uso de explosivos, ó las masas de piedra de más de 58 decímetros cúbicos de volumen. Y 3.<sup>a</sup> Todo material no incluido en ninguna de las dos clases anteriores. Otras veces la clasificación es más detallada, basándola principalmente en el número de caballerías necesarias para arrastrar el arado.

El precio del transporte de los productos de las excavaciones destinados á la formación de terraplenes suele suponerse incluido en el de aquéllas, abonándose los terraplenes por el volumen medido en la excavación; sin embargo, cuando la distancia de transporte excede de un cierto límite, que los pliegos suelen fijar en 60 metros para los canales y en 150 para las presas, se abona el exceso de transporte á un precio que difiere poco de 0,10 pesetas por cada 30 metros de recorrido. En algún caso, el precio del terraplén es único, cualquiera que sea la distancia á que hayan de transportarse los productos.

En las presas de tierra, los materiales han de extenderse por capas, de 30 centímetros de espesor generalmente, aunque se reducen á 15 en algunos casos, con una inclinación en el sentido transversal de un 3 por 100, comprimidas fuertemente con rodillos lisos ó acanalados, de menos de 1,50 metros de largo y de un peso mínimo de tres toneladas por metro lineal; en la presa del pantano de Belle Fourche se ha elevado este límite á 3.570 kilogramos. Se prescribe que ha de hacerse con gran cuidado la unión de estas presas con el terreno natural, orde-

nándose que sea éste removido, que en él se abran zanjas en forma y puntos convenientes, y aun que se construyan muretes cuando la roca se presenta somera en las laderas ó fondo.

En el material para presas de tierra no deben entrar piedras grandes. El Ingeniero puede determinar de dónde se han de sacar las tierras.

A más de los terrenos que las obras han de ocupar, la Administración, casi siempre, proporciona al Contratista, en las estaciones de ferrocarril más próximas, el cemento, el acero para armar el hormigón, y las compuertas, bastidores y aparatos de maniobra y eléctricos. El Contratista ha de avisar á la Administración, con una antelación determinada (sesenta ó cien días, de ordinario), el cemento que necesitará, indicando la cantidad, si es posible, en vagones completos.

En el paramento de aguas arriba de las presas de tierra, en los taludes de los canales, etc., se emplean dos clases de revestimiento de piedra en seco, constituido uno por piedras de todas formas, y otro por una especie de adoquinado grueso, en que las piedras tienen una superficie exterior plana que se aproxima á un cuadrado. En ambos casos el revestimiento debe descansar sobre la tierra por el intermedio de una ó dos capas de piedra machacada ó grava.

En el talud de aguas abajo de las presas de tierra se prescribe á veces que se extienda una capa de grava, de espesor variable, empezando por el de 1,50 metros en la coronación y aumentando rápidamente, la que tiene por objeto evitar que los animales puedan abrir agujeros. En otros casos se exige, por el contrario, que se recubra dicho talud de una capa de tierra vegetal, que debe fertilizarse con abonos adecuados y sembrarse para que crezca la yerba y grama que consoliden el talud y se opongan á las degradaciones.

Se emplean tres clases de hormigones: el homogéneo, el armado y el de grandes bloques, ó piedras embebidas en una masa de hormigón homogéneo.

La composición normal en las dos primeras es de un volu-

men de cemento sin comprimir, dos de arena y cinco de grava ó piedra machacada. Hay pliegos que se limitan á consignar que el hormigón se compondrá de una parte de cemento por siete ó nueve de arena y piedra, medidos separadamente. No es raro, sin embargo, que en los hormigones para muros y tubos armados de poco espesor la proporción de cemento que realmente se emplee llegue á un sexto, y aun menos en casos especiales, de la suma de los volúmenes de piedra y arena.

Ésta puede ser natural ó procedente de la trituración de gravas ó rocas duras, no admitiéndose, en todo caso, una cantidad mayor de 10 por 100, en peso, de arcilla, polvo ó fango. Los granos han de ser bastante pequeños, para que puedan pasar al través de un anillo, que tiene, generalmente, seis milímetros de diámetro interior. La proporción en que entren los diversos tamaños debe ser tal, que, estando la arena seca y bien comprimida en una vasija por medio de sacudidas, el volumen de los huecos no exceda del 35 por 100 del total, según la generalidad de los pliegos, del 30, según algunos, del 40, según otros.

Las piedras del hormigón han de poder pasar por una anilla de 63 milímetros de diámetro interior, en el caso del hormigón homogéneo y del de grandes cantos, y de 38 milímetros en el armado. En los dos, las piedras deben de ser suficientemente grandes para que no puedan introducirse al través de anillas de seis milímetros. Estas dimensiones varían algo, sin embargo, según los pliegos, prescribiéndose en algunos el empleo de zarandas con barras distantes 40 milímetros. Es frecuente también el imponer al Contratista la obligación de emplear gravas de diferentes tamaños, mezcladas en ciertas proporciones, á fin de obtener una reducción en el volumen de los huecos, lo que envuelve la necesidad de una clasificación previa, y aun á veces, la de rehusar parte de la piedra de un tamaño particular si la cantidad de éste resulta excesiva, por más que se fija un límite, no muy alto, para la proporción que hay derecho á desecharle al Contratista.

También viene éste obligado á verificar, bajo la dirección

del Ingeniero, los experimentos necesarios para la fijación definitiva de las proporciones más convenientes, así como á emplear los medios adecuados para que, teniendo en cuenta las pérdidas, estado de los materiales, etc., queden realizadas en el hormigón y mortero las proporciones fijadas, con el grado de aproximación prácticamente exigible.

Ordinariamente se prescribe la mezcla mecánica, con máquinas de modelo aprobado por el Ingeniero, á menos que éste autorice la mezcla á mano para casos muy especiales ó de poca importancia. En ella se empleará suficiente agua, para formar lo que se denomina hormigón «húmedo», salvo los casos en que sea de todo punto indispensable recurrir al llamado «seco», que se extenderá por capas de 15 centímetros y se apisonará enérgicamente, hasta que la humedad resude en la superficie. El hormigón no se verterá desde alto, ni en agua corriente ó fangosa. Cuando se transporte á distancia algo larga para que sea de temer que sus distintos componentes se separen más ó menos, por efecto del movimiento de trepidación de las vagonetas ó carretillas, y que aparezca el agua en la superficie, será necesario, antes de colocarlo en obra, amasarlo de nuevo para que se restablezca la homogeneidad. Las superficies del hormigón se conservarán constantemente húmedas durante un cierto plazo, que ningún pliego fija en menos de diez días y algunos extienden hasta un mes, pero que es frecuente dejar á la discreción del Ingeniero.

El vertido ha de ser presenciado por un agente de la Administración.

En el caso del hormigón de grandes cantos, éstos se añaden á la masa, á mano, procurando que resulte uniformidad en la distribución y que quede entre ellos y las superficies, por lo menos, una distancia de cinco centímetros. Pueden emplearse piedras procedentes de desmontes, ó cantos rodados, siempre que unas y otros sean sanos y estén limpios, y el peso específico no baje de 2,25.

En los revestimientos ó enlucidos de canales, muros de con-



tención, aliviaderos, y en otras estructuras de hormigón, de pequeña sección transversal con relación á su longitud, han de proveerse de juntas de dilatación cada 7,50 metros, formadas por ranura y lengüeta cuando el espesor de la masa sea suficiente; dejando, en los revestimientos muy delgados, descansar simplemente las dos placas, con la unión á tope que determina la junta, sobre otra placa inferior. Debe emplearse en las juntas papel embreado ó asfalto, para separar las superficies y evitar la rotura del hormigón. Aun en los casos en que no se pretende obtener la impermeabilidad, se prescribe la formación del hormigón en bloques yuxtapuestos, á fin de evitar ó disminuir las llamadas grietas de temperatura, que sobrevienen en el invierno.

La unión de las partes que llevan algún tiempo construídas con otras nuevas, en ningún pliego deja de ser objeto de prescripciones especiales: se requiere siempre la limpieza de las superficies antiguas, y aun el desmoronamiento previo en cierto espesor, y luego, según los casos, el empleo para la unión de llaves y de mortero especial, muy rico en cemento ó formado con este material exclusivamente.

Los moldes deben calafatearse para impedir que se escape el mortero. Tanto éstos, como todas las superficies que han de recibir el hormigón, han de humedecerse previamente. Ha de procurarse, con las palas, barras, horquillas, etc., que el material llene bien todos los huecos, que la piedra quede algo separada de las superficies exteriores y que las superiores sean horizontales. Terminadas las estructuras de hormigón, y repasadas las superficies para tapar con mortero los huecos que presenten, han de someterse á un baño ó lavado, simple ó doble, de lechada de mortero ó de cemento puro, cuyo principal objeto es dar un color uniforme.

Para las estructuras metálicas y armaduras del hormigón se exigen los aceros de dureza media, cuya rotura á la tracción tenga lugar bajo esfuerzos comprendidos entre 42 y 49 kilogramos por milímetro cuadrado.

El suministro del cemento, que se adquiere directamente por el Gobierno mediante contratos especiales, ha ofrecido hasta el presente alguna dificultad, pues existiendo en los últimos años, á pesar del aumento enorme que ha tenido la producción de este material, una gran demanda en todas partes, los fabricantes se mostraban rebacios en someterse á las condiciones que el Servicio de obras de riego tiene adoptadas, y que siempre suelen ser más rigurosamente cumplidas que cuando se trata de particulares ó empresas. Las condiciones técnicas no difieren de las que para los ensayos de cementos tiene recomendadas la Sociedad americana de ingenieros civiles. Las demás fijan la cantidad objeto del suministro con un aumento ó reducción, potestativo para la Administración, del 10 por 100, la estación de entrega, el número de sacos ó barriles (ambos medios de envase se admiten, según los casos) que han de constituir la primera entrega, el plazo en que ésta ha de tener lugar, la cantidad máxima que cada mes vendrá obligado á suministrar el Contratista, y la fecha final en que el suministro ha de quedar terminado.

Se hará notar que el sistema de adquirir el cemento por separado y suministrarlo la Administración al Contratista presenta ventajas positivas: permite variar las proporciones fijadas para el mortero en todo momento, si la experiencia lo aconseja, acomodándolas, además, á las diversas circunstancias, sin introducir en los contratos un elemento excesivamente aleatorio, sustituyendo así al vivo interés en ahorrar cemento que, de otro modo, tiene el Contratista, una neutralidad completa en esta materia.

Al Contratista se le descuenta el valor del cemento malgastado por negligencia ó impericia en su conservación ó empleo.

# LAS OBRAS DE RIEGO

## CARACTERES DISTINTIVOS

El carácter de las obras de riego ha correspondido en los Estados Unidos á las condiciones sociales y económicas que prevalecían en la época en que han sido ejecutadas. Así, en los primeros tiempos de la colonización, en que eran muy caros la mano de obra y todos los materiales, excepto la tierra y madera, el empleo de las fábricas se restringía mucho, adoptándose ampliamente el último para toda clase de estructuras. La escasez de trabajadores y de recursos obligaba á aceptar las soluciones más rápidas y económicas, sacrificándose á estas condiciones la durabilidad y aun, hasta cierto punto, la seguridad de las obras. Los constructores americanos, principalmente los de California, revelaron en esta etapa gran fecundidad en idear recursos para afrontar la situación, siendo característicos los canales de madera, que sustituían en los puntos difíciles al canal de tierra; los tubos á presión, también de madera; los saltos, acueductos, revestimientos, presas y obras de toma, del mismo material, etc. Se adoptaron rápidamente varias estructuras y métodos de construcción ideados por los mineros de California, y poco ó nada empleados anteriormente en otras partes, entre los que merecen citarse las presas mixtas, de tipos nuevos, de madera y escollera ó grava, las constituídas exclusivamente de escollera, y la excavación y formación de macizos de tierra por medios hidráulicos.

Como es natural, el aprovechamiento de las aguas para el riego comenzó por las empresas pequeñas y de más económica realización, acometidas muchas veces por los propios terratenientes, sin conocimiento especial de estos asuntos y con recursos limitadísimos; en otros casos, los estudios tuvieron que efectuarse con las dificultades á que daba lugar la necesidad de hacerlos secretamente, para no llamar la atención de los especuladores, que, de otro modo, se apresuraban á acaparar las tierras de la zona regable, sin ánimo de utilizar el riego, todo lo cual ha sido causa de que varias de las obras primeramente construídas adolezcan de defectos importantes, como son los de establecer canales con capacidad de conducción inadecuada, adoptar secciones con profundidad muy pequeña en relación á su ancho, calcular equivocadamente los caudales de agua necesarios, aceptar soluciones inconvenientes, etc.

Mas, en general, hay que reconocer que el ingeniero americano, guiado por ese espíritu práctico é inventivo, que llega con frecuencia al atrevimiento y que constituye su peculiar carácter, ha sabido sacar partido de los elementos disponibles, dando solución satisfactoria á los problemas que la realidad le imponía. Sin duda alguna, no dejaría de comprender que el empleo de la madera en los canales conduce, en plazo corto, á refecciones costosas; que los canalones y presas de madera, las de escollera con revestimientos de tablas y otras estructuras semejantes son de vida precaria, y no siempre pueden ofrecer garantías sólidas de impermeabilidad y seguridad; pero es lo cierto, que sólo adoptando tales métodos podía desarrollarse rápidamente la riqueza y hacerse posible la colonización, y á este fin se han sacrificado con frecuencia, voluntariamente, las condiciones de solidez y durabilidad.

Andando el tiempo, á medida que el agua disponible iba encontrando útil empleo y que el país se poblaba y enriquecía, ha sido posible mejorar las obras, aplicando el procedimiento de perfeccionamientos sucesivos, que los norte-americanos han elevado á la categoría de sistema. El empleo de la madera, por

otra parte cada vez más cara, va reduciéndose de día en día, cediendo el lugar á las fábricas con mortero de cemento; las disposiciones y detalles todos se estudian con gran esmero, y se aplica con provecho la experiencia obtenida; las empresas, en fin, son cada vez más considerables, y se ofrece con mucha más frecuencia la necesidad de recurrir al embalse de las aguas.

En esta, que pudiera llamarse segunda etapa de las obras de riego en los Estados Unidos, varias de las emprendidas por el Gobierno federal incorporan algunas de las particularidades más características.

Obsérvase, en primer lugar, la tendencia á elegir fábricas que, en lo posible, no requieran obreros especiales, naciendo de aquí el empleo, casi exclusivo, del hormigón, provisto generalmente de armaduras, y la proscripción, poco menos que absoluta, de la sillería, sillarejo y aun mampostería, con la excepción de la de bloques grandes, con relleno de juntas por medio de hormigón, que se ha adoptado en algunos grandes macizos. En materia de presas, á pesar de los serios fracasos sufridos en los últimos años, mucho más numerosos y trágicos en los Estados Unidos que en parte alguna, se manifiesta una tendencia progresiva, aunque llena de prudencia, que contrasta con el criterio fuertemente conservador que domina en Europa. Es cierto que para obras definitivas se han abandonado, casi en absoluto, los «timber crib dams» (presas de escollera con entramados de madera), y que aun las exclusivamente de escollera, que en los últimos años alcanzaron mucha boga, no cuentan hoy con la opinión favorable de ingenieros muy autorizados; pero en cambio, se extiende cada vez más el uso de las presas de tierra construídas por el procedimiento hidráulico, en toda la extensión del perfil, ó en la parte de aguas arriba, empleando la escollera en la restante; las alturas á que se aplican los diques así constituídos y los formados con tierra por los procedimientos ordinarios, con ó sin núcleo, son cada vez más elevadas, habiéndose llegado á la formidable de 68,50 metros y proponién-

dose la de 72, que ha sido aceptada, para un pantano que se ha de construir en Méjico; con el empleo de presas de fábrica se alcanzará la de 86 metros que tendrá la de Roosevelt, que ha de resistir por gravedad; y, en fin, con las presas en arco, que parecía no podían recibir más atrevida aplicación que la que han tenido en la de Bear Valley en que, para una altura de 14,60 metros el espesor medio es tan sólo 1,68, se están cerrando actualmente gargantas de gran altura, llegándose en un caso á la de 94 metros, nada menos, empleando hormigón sin reforzar.

Otros aspectos característicos ofrecen las obras de riego construídas en los últimos años ó en construcción en la actualidad. Agotados, por decirlo así, los casos fáciles y de gastos reducidos, los ingenieros se han visto forzados, para llegar á cifras de coste razonables, á acometer los grandes proyectos, comprendiendo embalses de 570, 1.250, 1.600 y 2.500 millones de metros cúbicos, con canales y superficies regables proporcionados. La conveniencia de agrandar los regadíos se procura satisfacer, no sólo aumentando los recursos hidrológicos disponibles, sino también tratando de evitar las pérdidas de agua, naciendo de aquí que, en zonas como el Sur de California, donde llega á pagarse en muchas partes á 500 pesetas al año y más el derecho al riego de una hectárea, los medios de distribución sean muy perfectos, evitándose las filtraciones con el empleo de canalones de fábrica y de revestimientos de hormigón, morteros, petróleos pesados, etc., y oponiéndose á la evaporación y escapes con el uso de tubos en las distribuciones. El empleo de las máquinas y medios auxiliares de construcción, objeto de incansantes perfeccionamientos, constituye también otro rasgo saliente de la construcción de las obras de riego en Norte-América, merced al cual principalmente, los costes finales, referidos á la hectárea regada, admiten favorablemente la comparación con los de otros países, á pesar de lo elevadísimo de los jornales en aquél. Por último, merece citarse que los ingenieros y economistas, al verse enfrente del difícil problema del aterramiento de

los pantanos que allí, como en todas partes, no deja de ofrecerse en algunos casos con caracteres de notoria gravedad, se han limitado, ordinariamente, á procurar capacidades de embalse muy superiores á las realmente necesarias, con objeto de que no se requiera una solución perentoria, confiando en que la riqueza que el propio riego ha de desarrollar servirá para arbitrar recursos suficientes con que realizar la limpia por algún medio, sin contar con que no se retrocede ante la idea de maniobrar y tener abiertas á plena carga de agua las compuertas de fondo en las épocas de avenida, siempre que las necesidades del servicio lo consientan.

En los canales brilla menos que en las presas el ingenio americano, notándose en los mejores proyectos la influencia de los modelos de la India. No dejan de verse, sin embargo, disposiciones nuevas y bien concebidas, sobre todo en las estructuras de hormigón armado, llamando la atención en los proyectos del Gobierno el cuidado con que está estudiada la distribución. También es digna de notarse la particularidad que ofrece el trazado de algunos canales principales: en vez de ceñirse á una ladera, desarrollándose á suficiente altura para dominar la zona regable, atraviesa, en algunos casos, ésta por su centro, siguiendo una traza en que el terreno presente pendiente superior á la que requiere el canal, llegando á ésta por medio de saltos que se aprovechan para levantar el plano de agua sobre el nivel del terreno y hacer las derivaciones convenientes de las acequias; no cabe duda que, cuando se trata de amplias zonas llanas, alejadas de las laderas, esta solución puede resultar más conveniente que la que suele adoptarse de ordinario.

Finalmente, llama también la atención lo reducido del personal encargado de la explotación y conservación de las más importantes obras; así hemos podido ver que en la presa de Cheesman, á que se hace referencia más adelante, no residen más que dos agentes, no obstante hallarse á mucha distancia de todo lugar habitado y tener á su cuidado la vigilancia del lago, la toma de datos meteorológicos para el Gobierno, el manejo y

cuidado de las tomas, producción de luz eléctrica, teléfonos, fábricas y edificios, etc.

### SOLUCIONES GENERALES ADOPTADAS

Prescindiendo de las aguas subterráneas y sub-álveas, que constituyen una fracción muy reducida, aunque siempre apreciable, de las que se destinan al riego, los métodos y soluciones adoptados por los ingenieros norte-americanos para resolver los problemas que suscita la aplicación al riego de las corrientes superficiales, no difieren sustancialmente de los que en España vienen desde antiguo practicándose y siguen preconizándose en la actualidad, en casi todos los países, como las más eficaces y convenientes.

Donde las corrientes conducen aguas utilizables en las épocas en que los cultivos las requieren y que no hayan sido objeto de apropiación anterior, el procedimiento se reduce á realizar una derivación directa, por medio de una presa generalmente, y desviar por este medio las aguas á un canal que las conduce á la zona regable y alimenta las acequias y demás red secundaria de distribución. En algún caso, sin embargo, se ha querido prescindir de la presa de derivación, como, por ejemplo, en la del río Colorado para el riego del valle Imperial (California), donde, por cierto, el sistema ha dado origen á una catástrofe, pues el río, no pudiendo ser dominado por la obra reguladora de la toma, que no existía, se ha precipitado casi por entero por el canal, inundando la inmensa depresión llamada de Salton, que amenazaba convertir en un gran lago de más de 4.000 kilómetros cuadrados de extensión, á no haberse podido interrumpir la entrada de las aguas, después de varias tentativas infructuosas.

A medida que las corrientes van teniendo un empleo más completo, se deja sentir con mayor intensidad la necesidad de aumentar los caudales utilizables, recurriendo á su regularización por medio de embalses dispuestos al efecto. En Norte-Amé-



rica se han empleado principalmente pantanos artificiales, pero no faltan ejemplos de utilización de lagos naturales, que se pres-  
tan admirablemente, casi siempre con un gasto reducido, á ser  
habilitados como embalses artificiales. Esto, que se ha realizado  
ya en algunos casos, trata de adoptarse también en otros.

Existen en varias partes depresiones del terreno, más ó me-  
nos profundas, que no constituyen propiamente lagos, porque á  
ellas no afluyen corrientes importantes y la evaporación ab-  
sorbe prontamente el agua que recogen, pero que pueden utili-  
zarse ventajosamente cuando dominan alguna zona susceptible  
de riego y es posible formar un pantano, derivando un canal  
de alimentación de las corrientes inmediatas que, por su altura,  
situación y caudal, lo permitan en buenas condiciones. De esta  
clase de embalses se han construído bastantes en los Estados  
Unidos, sobre todo en Colorado, y aunque no siempre son eco-  
nómicos, resuelven satisfactoriamente el problema de los ater-  
ramientos.

También se han utilizado, de una manera análoga á las de-  
presiones naturales del terreno, las hondonadas y valles secun-  
darios del principal por donde discurre la corriente alimenta-  
dora; como en el caso anterior, cuando no se llena el pantano  
con los sobrantes de las acequias de riego, requiérese un canal  
de alimentación (que á veces lo es también de riego), con capa-  
cidad tanto mayor, cuanto más irregular y pobre sea la corriente  
de donde se deriven las aguas. Se precisa, además, cerrar el va-  
lle secundario por medio de una presa que, de ordinario, tendrá  
que ser más alta que si se construyera el pantano en el valle  
principal, por ser generalmente la pendiente longitudinal de  
éste más reducida que la del primero; esto no obstante, aun así,  
resulta, á veces, preferible la adopción de estos pantanos latera-  
les en que la construcción de las presas no tiene que luchar con  
grandes dificultades para desviar la corriente. En varios puntos  
de la región árida existen pantanos de este género, generalmen-  
te con presas de tierra de gran longitud. Tanto en éstos, como  
en los formados en depresiones, se observa que los aterramien-

tos alcanzan mucho menos importancia que en los ordinarios.

Es digna de llamar la atención la tendencia, que se nota en los últimos proyectos de obras de riego de los Estados Unidos, á utilizar las derivaciones para constituir saltos de agua destinados á la producción de fuerza, siempre que las condiciones del terreno se presenten económicamente para ello. El empleo de los saltos no había recibido hasta hace poco tiempo gran atención; pero en los últimos años las aplicaciones han sido muy numerosas, y algunas importantísimas, y todo hace suponer que desde ahora en adelante se extenderán rápidamente por todo el país. En varios casos la fuerza que ha de obtenerse en los saltos se destinará á elevar agua para regar zonas altas, bien transmitiendo eléctricamente aquélla á largas distancias, bien aprovechándola en el lugar de su producción.

No faltan casos en que para el riego de las tierras de una cuenca se ha recurrido á otra contigua á fin de aumentar los caudales de agua disponibles, cruzando en puntos convenientes la divisoria que las separaba. Es solución que pocas veces cabe emplear, pero que en alguna ha reportado indudable ventaja.

Hemos creído notar que los constructores americanos no han llegado á fijar bien sus ideas en materias de obras de riego, naciendo de aquí una gran diversidad de tipos, aplicados en condiciones muy semejantes. Especialmente en las obras y disposiciones auxiliares, tanto de las presas como de los canales, la gran variedad que se observa parece tener por causa, más bien que el ingenio y la falta de prejuicios del proyectista norte-americano, que engendran su innegable originalidad, los pocos años de experiencia que en estos asuntos poseen y el carácter, por demás precario y económico, con que han tenido que realizar muchas de aquellas obras. Hoy que las condiciones han variado, los proyectos, sobre todo los del Gobierno, aparecen minuciosamente estudiados en todas sus partes, y es seguro que, tras la época de ensayo que seguirá á su ejecución, vendrá otra en que la experiencia consagrará los tipos que convenga aplicar, según las condiciones de cada caso. Por de pronto nos ha

de ser difícil poder señalar los mejores sin conocer los resultados que den en la práctica los recientemente introducidos.

#### PLANTA Y PERFILES DE PRESAS DE FÁBRICA

Como está ocurriendo en todos los países, aun en aquellos que naturalmente gozan de lluvias abundantes y regulares, la construcción de presas ha adquirido gran desarrollo en los Estados Unidos en los últimos treinta años, no sólo en la región árida y semi-árida, sino también en la húmeda, pues las necesidades de las poblaciones, siempre crecientes, han reclamado el establecimiento de embalses, que constituyen en la mayoría de los casos, para los grandes centros urbanos, la única solución práctica del problema del abastecimiento de agua. El examen del gran número de presas de fábrica establecidas, revela que los ingenieros norte-americanos, menos aún quizá que los del antiguo continente, no han llegado á concretar sus ideas en tipos y disposiciones admitidos por la generalidad.

Circunscribiendo nuestras observaciones á las últimamente construídas, pueden muy bien considerarse dos grupos: las presas de arco, destinadas á cerrar gargantas de poca anchura, calculadas como bóvedas, y las que resisten tan sólo por su propio peso, empleadas para los valles más abiertos.

El buen resultado obtenido con las secciones reducidísimas de la presa superior de Otay, de Sweetwater y, sobre todo, de Bear Valley, ha animado, sin duda, á los constructores á perseverar en el sistema de las presas-bóvedas que, prudentemente aplicado, conduce ciertamente á economías muy importantes en el volumen de las fábricas, aun cuando requiere el empleo de morteros de la mejor calidad para obtener macizos homogéneos, resistentes y, en cuanto sea posible, impermeables.

Con todo, el mayor número de presas construídas corresponde al tipo de muro de sostenimiento, pues, de ordinario, las gargantas son demasiado anchas para que sea posible admitir que los arcos que pudiesen construirse, y que requerirían espe-

sores considerables, tendrían la elasticidad necesaria para resistir á la manera de las bóvedas.

En el cálculo de los perfiles, los ingenieros se han atenido generalmente al procedimiento expuesto por Mr. Wegmann en su conocida obra *The Design and Construction of Dams*; es decir, que se limitan á proyectar las presas con la condición de que las curvas de presiones no salgan del tercio central, sin tener para nada en cuenta la consideración de posibles subpresiones que, en los últimos tiempos, ha conducido en Francia, España y Alemania á la adopción de perfiles más robustos que los propuestos por Castigliano, Rankine y los tratadistas franceses anteriores á 1892, cuyos métodos adoptó el citado Wegmann. Tampoco han sido empleadas, hasta muy recientemente, las pantallas, terraplenes, pozos ó conductos de saneamiento que en los últimos años se han propuesto y usado en Europa para oponerse á los efectos, siempre perjudiciales, de las casi inevitables subpresiones, no obstante haberse atribuído por algunos á esta causa la rotura de la importanté presa vertedero de Austin, establecida sobre el río Colorado. Empero, no puede desconocerse que, aun sin tener presente el riesgo de las subpresiones, los repetidos fracasos que en materia de presas se han experimentado en Norte-América, de los que, en 1902, un escritor ha podido revisar nada menos que noventa y siete en los últimos veinticinco años, han engendrado en muchos ingenieros un sentimiento de fuerte prudencia al elegir los perfiles, no faltando entre los especialistas quien preconice espesores que sean en cada hilada horizontal iguales, por lo menos, á la máxima carga de agua correspondiente, lo que equivale á perfiles aún más robustos que el triangular adoptado últimamente entre nosotros. Con arreglo á estas ideas se han proyectado y construído algunas presas notablemente robustas, siendo las más importantes la de Wachusett, de 61 metros de altura, y cuya sección, semejante á la de la presa de Ternay, tiene un área próximamente igual á la que resultaría empleando nuestro perfil triangular; y la de Olive Bridge, aún en construcción poco

avanzada, con una altura total, desde el fondo del cimiento al tope de la coronación, de 67 metros, que no hemos podido visitar y de la que poseemos pocos datos, pero que creemos será más robusta aún que la de Wachusett.

Es también muy digno de notarse que la misma presa de Olive Bridge, por primera vez en las americanas, y á pesar de sus fuertes dimensiones, irá provista de dos galerías horizontales visitables, paralelas, y no muy distantes del paramento de aguas arriba, situada la una al nivel del máximo embalse, y la otra no lejos del fondo del vaso, unidas por pequeños conductos casi verticales, destinados, con las galerías, á sanear el macizo y á prevenir subpresiones posibles; disposición que recuerda las aconsejadas por Le Rond y Levy, y las empleadas en los últimos años en algunos puntos de Europa.

Otra particularidad no menos interesante de la misma presa, que será una novedad, es la de estar constituida, en el sentido de su longitud, por secciones de 25,90 metros cada una, terminadas por planos verticales normales entre sí, paralelos unos y perpendiculares otros al paramento interno, formando de esta suerte juntas de dilatación en forma de redientes, que podrán funcionar, sin que por ellas se filtre el agua, introduciendo entre los planos de deslizamiento (que se constituirán con bloques de hormigón bien incorporados al macizo) un líquido especial que á la vez facilite el movimiento sin escaparse por el paramento de aguas abajo.

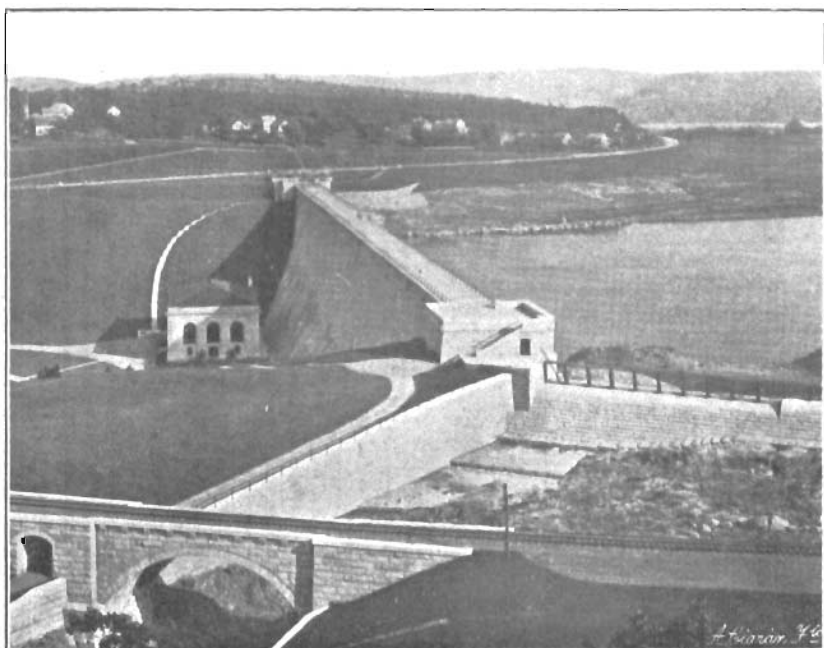
La misma prudencia de que están dando muestras los ingenieros americanos al proyectar las últimas presas, les ha conducido en algunos casos á tener en cuenta en los cálculos la presión del viento y el empuje del hielo, generalmente despreciados hasta el presente. Se comprende que la acción del viento, muy fuerte en ciertos desfiladeros, pueda aumentar sensiblemente, á embalse vacío, la carga de las fábricas en las grandes presas, si el empuje se ejerce sobre el paramento de aguas abajo. Igualmente, en los climas muy fríos puede la presión del hielo, causada por la dilatación que sufre bajo la acción del

sol, y aplicada en la región superior de la presa, ser de consideración cuando el embalse se halle lleno. Suele dicha presión estimarse en 38 á 72 toneladas por metro lineal, habiéndose calculado aproximadamente que era realmente de 48 toneladas en un caso en que el hielo tenía 30 centímetros de espesor.

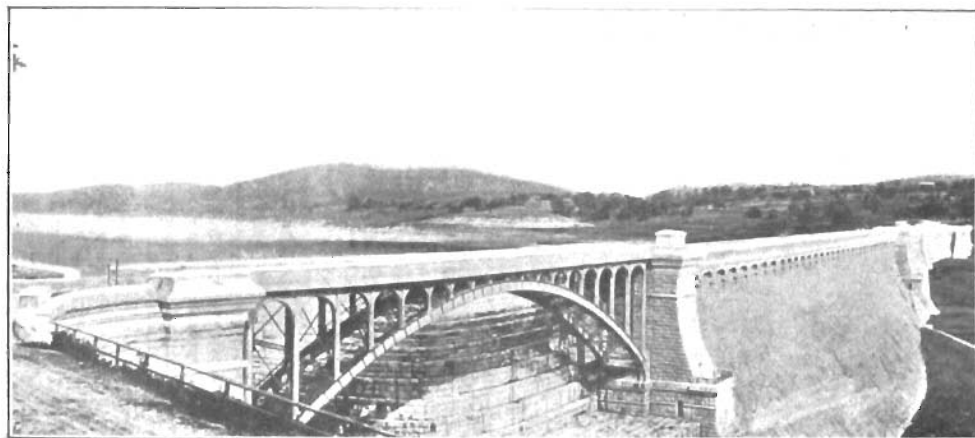
Tratándose de presas-muros, ha prevalecido, hasta hace poco, en Norte-América, la opinión de que eran preferibles las plantas rectas, y esta es la forma que ha recibido el mayor número de las construídas en los últimos tiempos, entre las que se cuentan las de Wachusett, nueva de Croton y Olive Bridge, que son las más importantes y que han sido objeto de mayores estudios. Se considera que la planta recta es preferible á la curva: por proporcionar mayor economía; porque no debiendo contarse cuando el radio es algo grande (se fija el límite por algunos ingenieros en 120 metros) con que la presa resista como bóveda, no es posible prescindir de calcularla de suerte que por sólo su propio peso contrarreste la presión del agua, según el consejo de Rankine; y, finalmente, porque en opinión de algunos, lejos de reducirse las presiones, la forma curva de la presa las hace mayores.

Pero parece que en varios casos estas ideas preconcebidas han cedido su lugar á otras más en armonía con los hechos observados y con conveniencias de indudable realidad: las presas rectas, en mucho mayor grado que las curvas, se ven expuestas á los efectos de las variaciones de temperatura, que se traducen en grietas de consideración, singularmente en su región alta, conforme se ha observado en casi todas partes y hemos tenido ocasión de notar nosotros mismos, primero en la presa de Asuan\* y últimamente en la nueva de Croton, en la que al tiempo de nuestra visita se notaban varias grietas transversales al macizo, y sobre todo, una de importancia en la unión de éste con el terraplén que contiene el estribo con que termina por el lado del Sur, á pesar de que ambas estructuras,

\* *Las obras de riego en Egipto*, por D. José Nicoláu y D. Narciso Puig de la Bellacasa.



Presa de Wachusett.



Presa nueva de Croton.



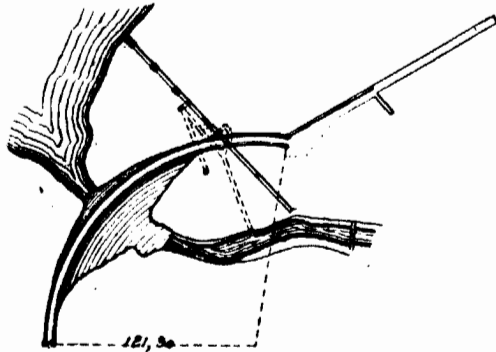


por la calidad de los materiales y por los cuidados empleados en la ejecución, pueden considerarse modelos de este género de obras desde el punto de vista constructivo. Es cierto que también en presas curvas, como en la de Cheesman, se han presentado grietas de temperatura; pero, aparte de que es en este caso bastante más fácil prevenirlas con precauciones adecuadas, no alcanzan verdadera importancia (la mayor de Cheesman, de 30 metros de altura, no ha excedido de 3 milímetros) ni suelen ser causa, como en las presas rectas, de filtraciones sensibles, siempre temibles en estos grandes macizos, pues representan peligros más ó menos inminentes de descomposición de los morteros y de subpresiones que afectan á las condiciones de estabilidad.

Para oponerse á estas contingencias cabe recurrir, como se va á hacer en la presa de Olive Bridge, según se ha indicado, al establecimiento de juntas de dilatación; pero esto no dejará de ofrecer inconvenientes, pues aparte el riesgo de que se escape el agua, aun con las precauciones á que se ha hecho referencia, y que no dejan de representar sujeciones enojosas, y aparte también el coste, no despreciable, que exige establecer las juntas, han de tener éstas el inconveniente de debilitar la trabazón de la estructura, de la que, si bien prescinde el cálculo, no es menos cierto que cabe esperar que contribuya positivamente á mejorar las condiciones de estabilidad. En la presa del pantano Roosevelt parece que se trata de oponerse á los efectos de las dilataciones: por una parte, incorporando barras de acero en la fábrica de los 30 metros últimos, donde aquéllas pueden ser más sensibles, constituyendo una mampostería armada que oponga á los esfuerzos de extensión mucha más resistencia que la usual; y por otra, no construyendo la fábrica cuando la temperatura ambiente sea superior á la media anual, pues empleando materiales relativamente calientes se da lugar á que las grietas sean más considerables cuando aquéllos se enfrían. Tratándose de una construcción de tan considerable altura como la del pantano Roosevelt, con perfil que no

peca de robusto, toda medida de prudencia parecerá justificada: el refuerzo en su parte alta, precisamente donde las presas suelen resultar más débiles, según ha enseñado la experiencia en la mayor parte de las rotas, no cabe duda que contribuirá á evitar las grietas que se forman por contracción de los macizos de fábrica al descender la temperatura en el invierno, y aumentará la trabazón y resistencia, dependiendo mucho el grado de eficacia que por semejante medio llegue á obtenerse de la robustez y disposición de la armadura. La suspensión de la fabricación del macizo en los tiempos calurosos, puede ser igualmente conveniente para reducir la importancia de las grietas de temperatura, al paso que permitirá el fraguado de los morteros en condiciones más favorables que las que concurren en Roosevelt cuando el calor y la natural sequedad de la atmósfera provocan una evaporación harto rápida, que puede resultar perjudicial.

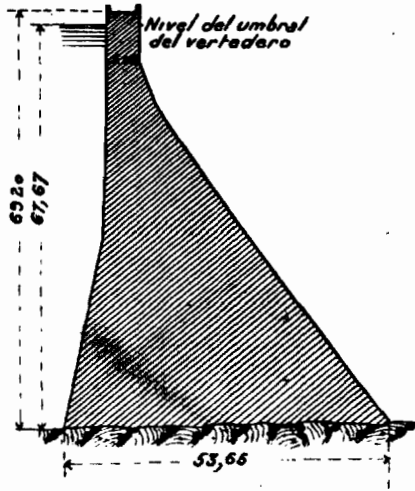
Pero ninguna de estas disposiciones, por sí solas, pueden proporcionar las ventajas que las plantas curvas representan. Aun cuando es innegable que tratándose de presas de arco, de



Planta de la presa de Cheesman.

mucha altura y desarrollo, la rigidez del macizo dificultará la transmisión íntegra á las laderas de los esfuerzos á que el empuje del agua dé lugar, no es por eso menos cierto que siempre,

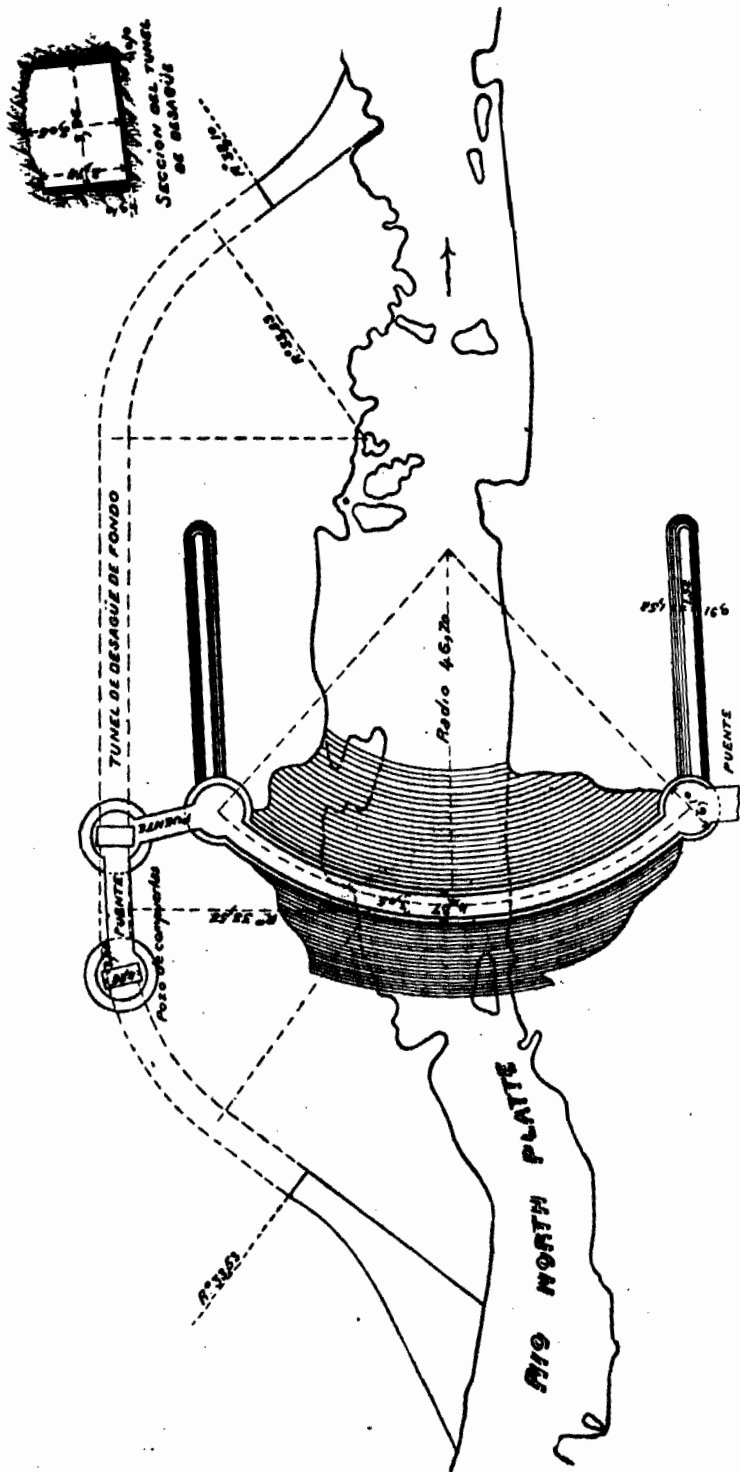
en mayor ó menor grado, existirá alguna transmisión que no dejará de contribuir á afianzar la estabilidad de la obra, de oponerse á la producción de grietas de temperatura, y que cooperará á que se cierren las que hubiesen podido presentarse. La forma curva se opondrá, igualmente, en muchos casos, á la caída ó deslizamiento sobre la base de una sección de la presa, según ocurrió en la citada de Austin.



Sección transversal de la presa de Cheesman.

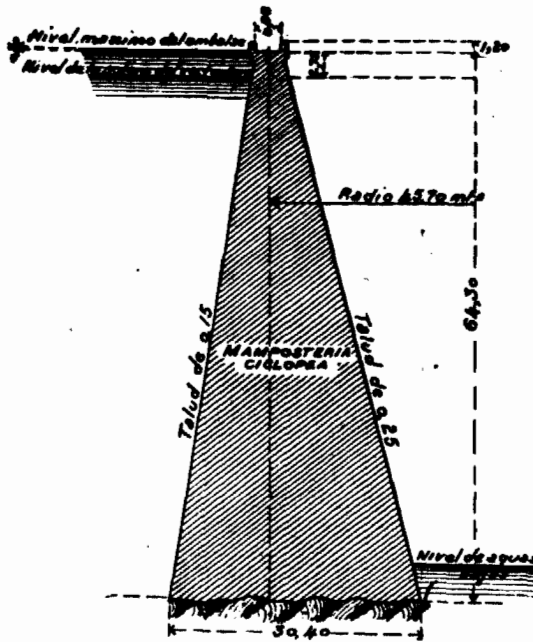
En las figuras adjuntas aparecen las plantas y secciones de las que cierran ó han de cerrar las gargantas de Cheesman, Pathfinder, Roosevelt y Shoshone, todas de mampostería ciclópea, menos la última, que será de hormigón, con grandes bloques embebidos en la masa, y que llamará la atención por su extraordinaria altura, de 94 metros desde el fondo del cimiento hasta lo alto del pretil de la coronación; lo que constituye ciertamente, no obstante lo estrecho del desfiladero y la excelente calidad del granito que constituye su fondo y acantilados laterales, una de las empresas más atrevidas de la ingeniería moderna.

Al proyectar estas ingentes estructuras, no se ha retrocedido ante la idea de tener que admitir para las fábricas cargas muy



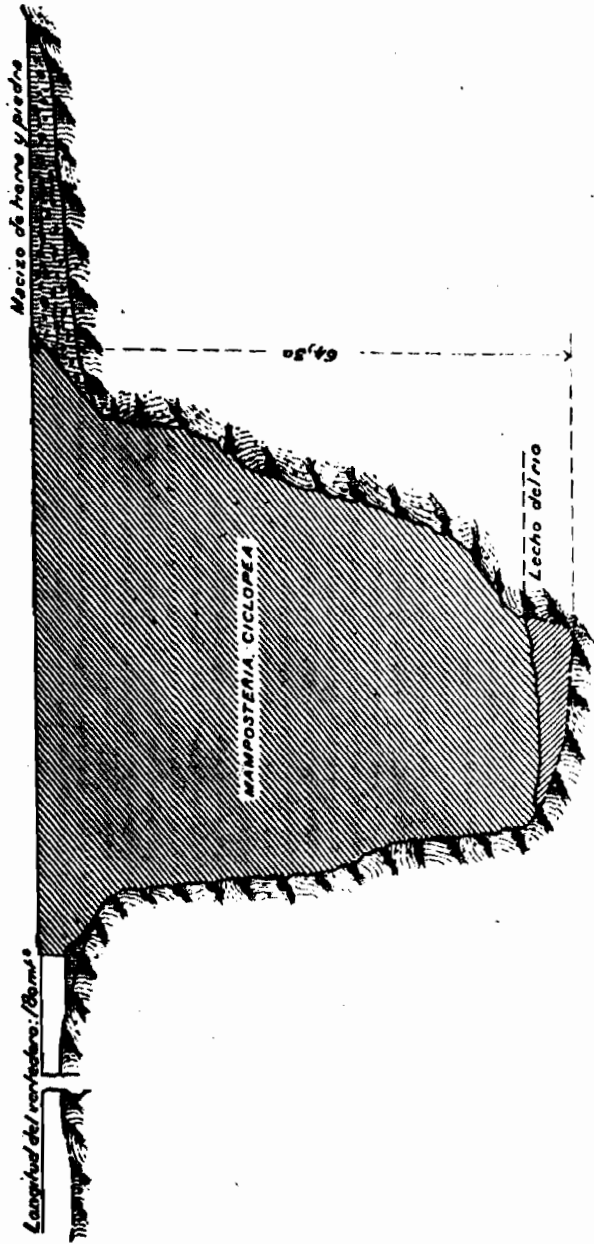
Planta de la presa de Pathfinder.

elevadas, que aún parecen demasiado pequeñas á algunos especialistas, si bien nosotros hemos de hacer observar que las presiones máximas no han sido correctamente calculadas en ningún caso, y que las que se deducen teniendo en cuenta la dirección verdadera de dichas presiones máximas son muy superiores á las expuestas. Según anunció por primera vez Rankine, y ha

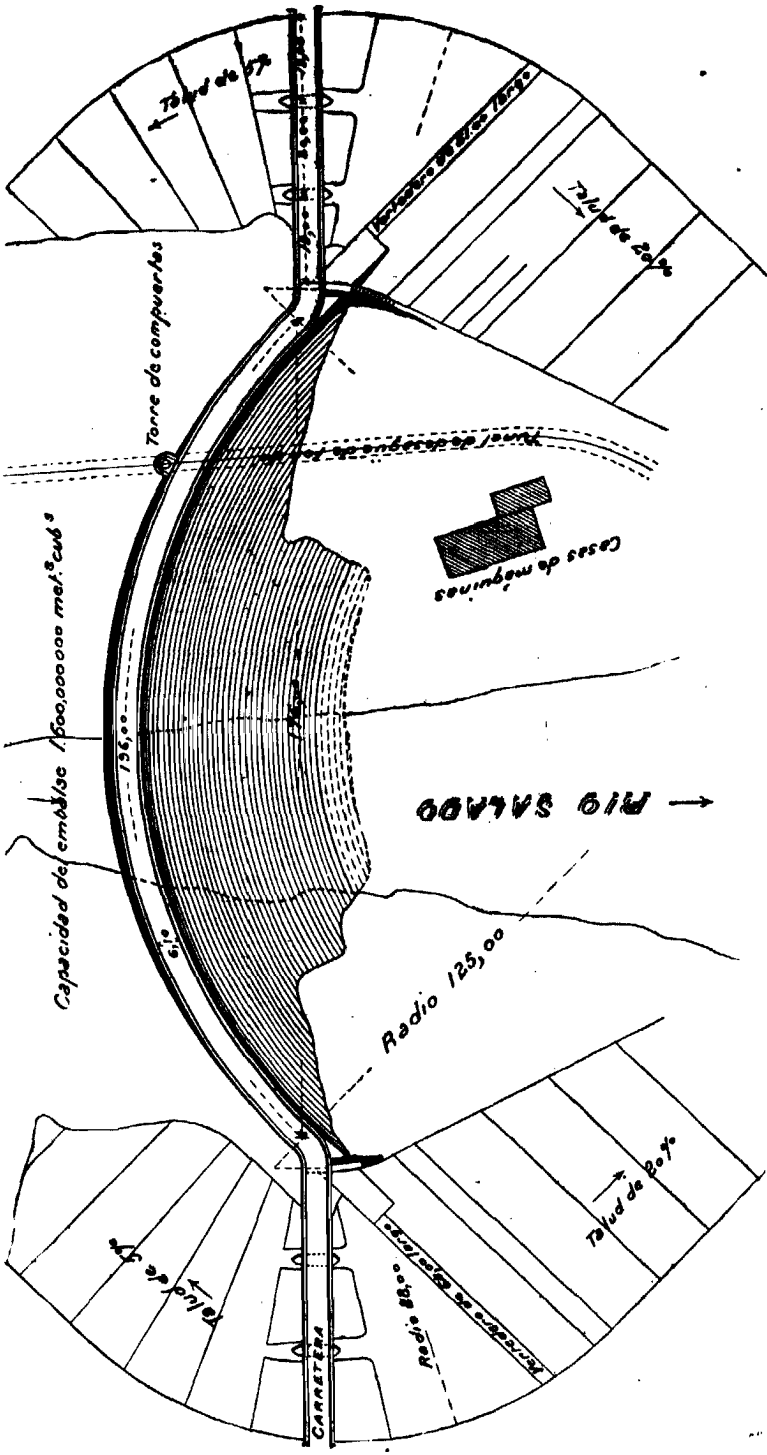


Sección transversal de la presa de Pathfinder.

demostrado matemáticamente después Mr. M. Levy, la presión máxima en los paramentos se ejerce siempre según la dirección de éstos, y, por lo tanto, sólo en el caso de ser verticales será vertical dicha presión. Y como este teorema es rigurosamente exacto, pues no se basa en hipótesis alguna, fuera de la de la homogeneidad del macizo, es claro que al aceptar los ingenieros norte-americanos como valor de la presión máxima en los paramentos de aguas abajo de las presas la que se ejerce, según

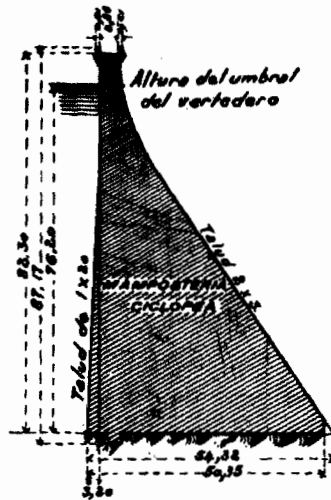


Perfil transversal de la garganta y alzado de la presa de Pathfinder



Planta de la presa de Roosevelt.

la vertical, sobre hiladas horizontales, calculada por el método de Delocre, han cometido un error, por defecto, representado por el cuadrado de la tangente del ángulo que forme el paramento con dicha vertical multiplicado por el valor de la presión, obtenido por el método citado. Así, en el caso de las presas de Cheesman y nueva de Croton, las presiones, en vez de ser, como se ha supuesto, de 14 y 16 kilogramos por centímetro cuadrado, llegan en realidad á 21 y 24 respectivamente, admitiendo

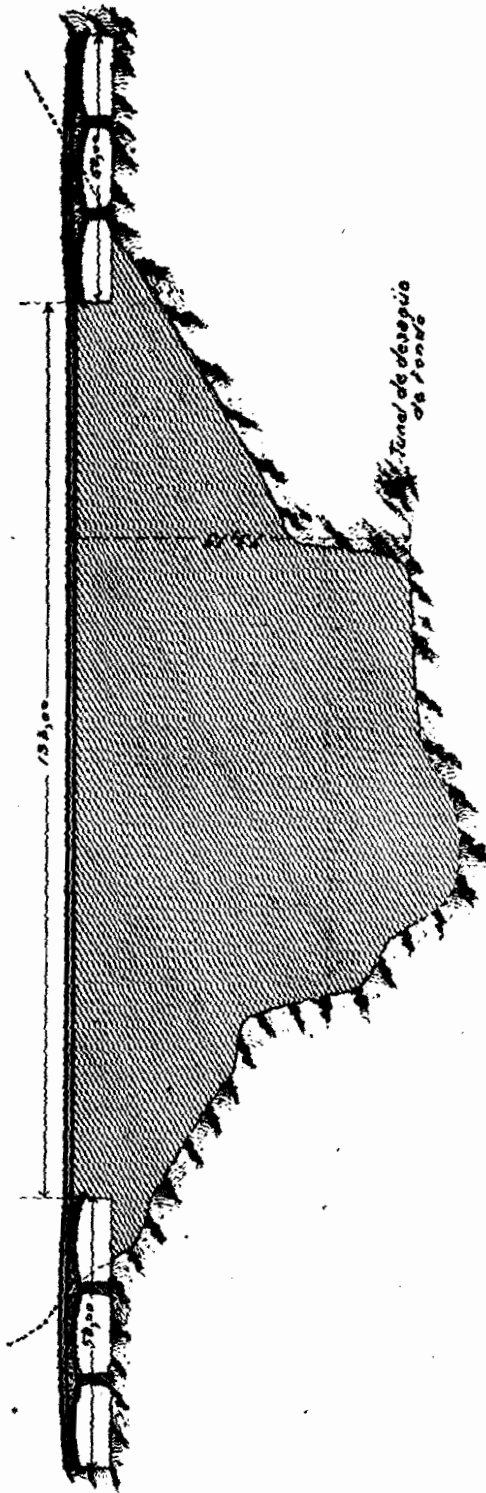


Sección transversal de la presa de Roosevelt.

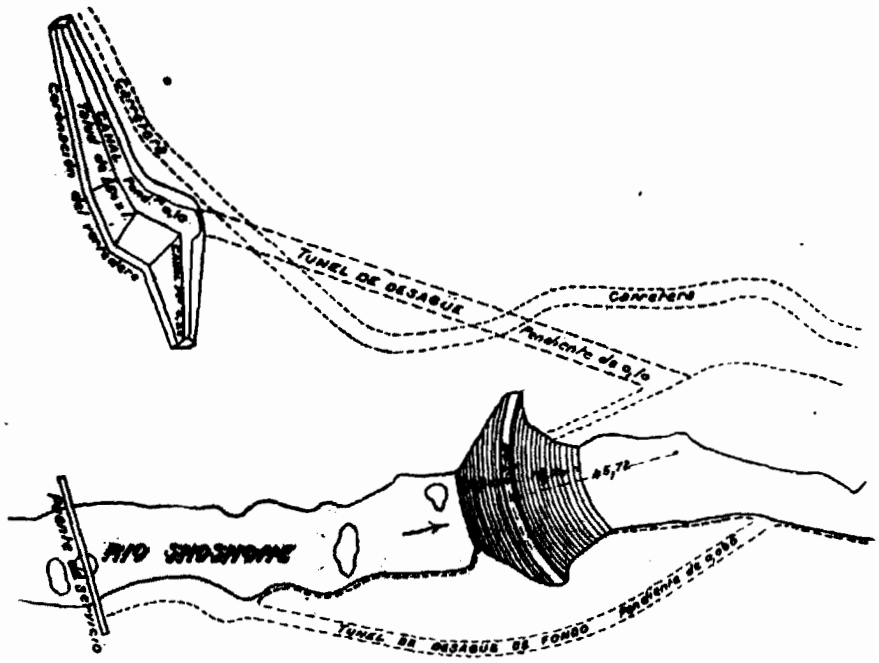
como bueno el cálculo de las primeras cifras. Igualmente, en la presa de Roosevelt excederá de 25 kilogramos por centímetro la presión en el ángulo que en el extremo inferior del paramento de aguas abajo forma la superficie general con el escalón vertical con que se termina dicho paramento, en vez de los 17,55 kilogramos que se deducen de los cálculos que Mr. A. P. Davies verificó para la presa de 75,30 metros de altura, primeramente proyectada.

No puede por menos de llamar la atención al considerar este interesantísimo extremo relativo al cálculo del perfil de las pre-

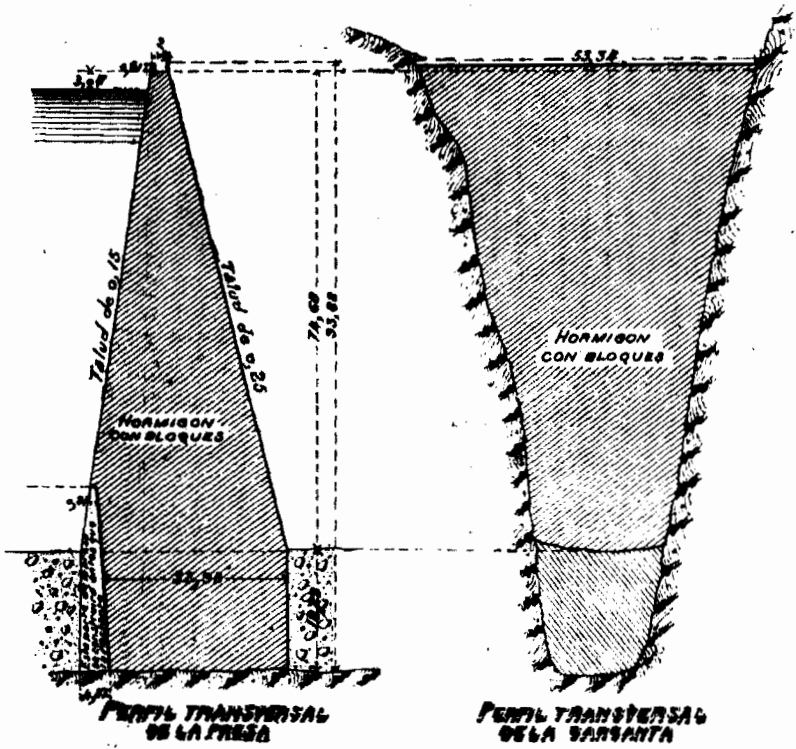




Perfil transversal de la garganta y alzado de la presa de Roosevelt.



Planta de la presa de Shoshone.



Secciones transversales de la presa de Shoshone.

sas, que del hecho indefectible de ser paralela á los paramentos en las proximidades de éstos las presiones que en los macizos se desarrollan, no hayan deducido los norte-americanos las consecuencias que lógicamente deben derivarse, no obstante las observaciones que sobre el particular han hecho últimamente los ingenieros Wegmann y Gowen ante la Asociación de ingenieros civiles. Así, por ejemplo, no se explica que en la presa de Roosevelt se haya terminado con un escalón vertical el extremo inferior del paramento de aguas abajo, adoptando una disposición, viciosa en sí, empleada antes en la presa nueva de Croton, y que en manera alguna puede considerarse aceptable, pues, por una parte, tiende á aumentar el peligro de las subpresiones en el paramento de aguas arriba y, por otra, quita á la presa el apoyo en que ha de descansar, precisamente donde es mayor la presión, dando origen á lo que antes se llamaba un empuje al vacío, enteramente análogo al que ejercería una bóveda que dejara de apoyarse en una parte del plano de arranque del lado del intradós, aumentando la presión en la restante. Por igual motivo creemos que tampoco debe recomendarse la disposición en el paramento de aguas abajo de hiladas horizontales, que sigue empleándose generalmente, sino que, siguiendo una regla general de buena construcción, han de establecerse aquellas, lo mismo que los planos de arranque de cimientos, en dirección normal á los paramentos, como se ha hecho en la presa nueva de Croton y se practica por varios constructores alemanes y según ha sido recomendado que se haga en las presas que se construyen en España por cuenta del Estado.

El hormigón homogéneo ó armado ha tenido últimamente pocas aplicaciones en las de embalse de alguna importancia, construídas en los Estados Unidos, cuando han de resistir como muros. En estos casos se prefieren las fábricas muy densas, empleándose la mampostería de grandes bloques, no sólo para obtener mayor resistencia y economía en la mano de obra, sino también para reducir la proporción del mortero y conseguir á la vez un aumento de peso. En la presa de Cheesmán dicha pro-

porción ha sido de 28 por 100, la cual debe reputarse verdaderamente reducida, acusando una excelente mano de obra en la colocación de los bloques, que eran de granito, y alguna preparación en éstos, para regularizarlos. Recordemos que en presas bien construídas, como la de la Mouche en Francia, los huecos ocupados por el mortero se han elevado al 42 por 100 del volumen del macizo.

### PRESAS DE TIERRA

**Caracteres de las modernas presas de tierra.**—Hasta hace pocos años, tanto en América como en Europa, no se estimaba prudente que las presas de esta naturaleza alcanzaran alturas superiores á 25 metros; pero últimamente se han construído muchas que exceden considerablemente dicha elevación, unas veces constituídas exclusivamente con tierras, como las antiguas de nuestro continente, y otras, con la adición de un muro transversal en su centro, fôrmando pantalla impermeable, como en muchas inglesas y de la India. Puede citarse entre las últimas la que formaba parte de la nueva presa de Croton, de 36,60 metros de altura en el punto más alto, y que después de edificada fué demolida para adoptar una de fábrica en todo el ancho del valle; y entre las constituídas exclusivamente con tierra, la de Terrace, en Colorado, que llega á tener 68,50 metros de elevación, construída por el método hidráulico, de la que nos ocuparemos al tratar de este sistema de construcción.

Tan extraordinarios resultados no han sido consecuencia de perfeccionamientos obtenidos en los procedimientos que deben seguirse en el cálculo de estas presas, pues es sabido que, á diferencia de lo que ocurre en las de fábrica, es preciso proyectar su sección atendiendo más bien á los resultados de la experiencia que á principios teóricos. La naturaleza y circunstancias con que se presenta el terreno sobre el que ha de apoyarse la obra y, sobre todo, las que ofrecen las tierras que han de formar el macizo, son los elementos principales, de los que hay

que partir al estudiar los espesores y disposiciones que conviene adoptar para obtener la debida resistencia de la presa, cuya ruina, cuando no hay desbordamiento del agua sobre la coronación, ocurre, casi siempre, por deslizamientos en el macizo. Rara vez sucede esto por insuficiencia de espesores, sino que los deslizamientos sobrevienen, generalmente, por virtud de infiltraciones que reblandecen las masas térreas y más ó menos arcillosas. Por eso los procedimientos que actualmente se siguen en la construcción de estas presas, así como la manera de distribuir y colocar los distintos materiales que integran el macizo, tienen por principal objeto evitar el reblandecimiento de aquellas partes que en tal estado pudieran determinar la destrucción de la obra.

Por consiguiente, salvo los casos en que la poca altura del macizo, ó la naturaleza de las tierras y otras circunstancias especiales, hagan innecesario alterar el antiguo sistema, se forman, en general, las presas modernas de modo que no constituyan un todo homogéneo, sino que sus partes estén dispuestas de suerte que unas sirvan principalmente para asegurar la impermeabilidad, y otras tengan por misión dar la debida resistencia al conjunto. Como esto puede conseguirse de diversos modos, según la naturaleza del terreno, materiales de que se disponga y demás circunstancias particulares, hay muchos tipos de presas, entre los que son los principales los siguientes:

1.º Presas homogéneas de tierra, análogas á las antiguas del continente europeo, en las que aquélla es lo suficientemente impermeable para que pueda lograrse la debida resistencia, sin llegar á espesores considerables.

2.º Presas formadas por materiales dispuestos de suerte que los más impermeables se hallen hacia el talud interior, dejando los más coherentes y permeables hacia el lado externo.

3.º Presas formadas del mismo modo que las del tipo anterior, pero con la zona impermeable colocada en la parte central.

4.º Presas de tierra con núcleo impermeable, constituido por la pantalla formada por un muro de materiales arcillosos

naturales ú obtenidos mezclando y apisonando arcilla, arena y gravilla.

5.º Presas con núcleo impermeable constituido por un muro de mampostería ú hormigón.

Los tipos de presas enumerados pueden esencialmente reducirse á dos: los que consiguen la impermeabilidad y resistencia, bien sencillamente por las condiciones de la tierra, con la que se forma el macizo homogéneo, ó bien combinando tierras de distinta procedencia, colocadas de modo que queden convenientemente distribuidos los materiales impermeables y los resistentes; y los que tienen una pantalla impermeable dentro de la presa, que corresponden al llamado tipo inglés. Examinaremos las secciones transversales de varias obras comprendidas en las agrupaciones citadas, que han sido construídas durante estos últimos años en los Estados Unidos.

**Presas sin pantalla impermeable.**—Entre las presas que actualmente está construyendo el Servicio federal de obras de riego, corresponde al tipo de las homogéneas la del embalse de Belle Fourche, en Dakota del Sur, donde se conseguirá almacenar 250 millones de metros cúbicos de agua, conducida desde el río Belle Fourche por un canal alimentador, mediante una presa de 1.980 metros de longitud y altura máxima de 35. La circunstancia de estar constituido el terreno, en una gran extensión **alrededor de la presa**, exclusivamente por tierras arcillosas con una pequeña cantidad de arena, ha obligado á proyectarla como un macizo homogéneo; y aunque el exceso de arcilla suele ser, en general, perjudicial, porque con facilidad se producen agrietamientos, esto es menos de temer en climas fríos y no demasiado secos, como es el del lugar en el que se construye esta obra. Su sección es la que aparece en la figura adjunta.

El talud del lado interior es menos tendido que en la mayoría de las presas de tierra, pero se ha creído suficiente, dado el material de que está formada; quedará protegido contra el

oleaje y hielos por losas de hormigón de 1,20 por 1,80 metros y 20 centímetros de grueso, con las juntas sin tomar, que descansarán sobre dos capas, cada una de 30 centímetros de espesor, de grava y gravilla, que producirán el efecto de drenes. En el talud exterior se dejan bermas, con cunetas, destinadas á



Sección transversal de la presa de Belle Fourche.

evitar degradaciones producidas por las aguas de lluvia, sin perjuicio de sembrarlo de hierba, para darle mayor consistencia.

Cuando los terrenos que se hallan en las proximidades de la obra ofrecen materiales de diversas clases, suelen, en las presas de alguna importancia, colocarse los más impermeables en la zona próxima al talud interno. Éste se reviste, con frecuencia, de piedra en seco, ó por otro medio, para defenderlo del oleaje y demás causas de erosión, y el relleno se forma, bien colocando directamente los materiales de las diversas procedencias de suerte que queden los más impermeables contiguos al talud interno, ó bien, cuando las tierras no se presten á esta clasificación, mezclándolos previamente, en las proporciones convenientes, para que los más impermeables estén contiguos al referido talud y vayan siendo cada vez más gruesos y consistentes á medida que se encuentren más distantes de la superficie que ha de bañar el agua. En el talud exterior y sus proximidades suele el macizo estar formado exclusivamente por grava y piedra, que lo protegen contra las socavaciones de las lluvias é influencias atmosféricas, evitando además que los animales minadores puedan perforar el macizo, pues aquéllos de-

tienen sus excavaciones cuando no se sostiene la galería que van formando.

En las obras que actualmente construye el Gobierno federal hay muchas presas de esta clase, entre las que citaremos algunas, acompañando las correspondientes secciones.

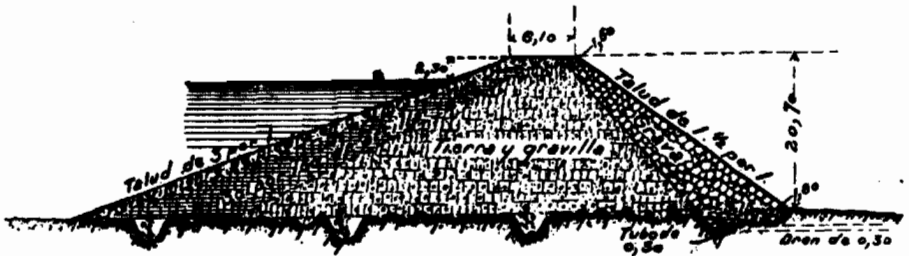
Para cerrar el embalse llamado de Deer Flat, de 233 millones de metros cúbicos, que se formará con aguas llevadas por medio de un canal desde el río Boise, en Idaho, se están construyendo dos presas de tierra, denominadas superior é inferior de Deer Flat, aquélla por administración y ésta por contrata.

La primera, que tendrá una altura máxima de 21 metros y una longitud de 123, se ha proyectado con la sección que indica la figura.



Sección transversal de la presa superior de Deer Flat.

De sección análoga es la presa, ya casi terminada al tiempo de nuestra visita, ejecutada por contrata, cuya máxima altura es de 13,70 metros, y su longitud de 219.



Sección transversal de la presa inferior de Deer Flat.



En ambas presas se preparó la base después de quitar las raíces y maleza, formando surcos con el arado y dejando zanjas, con objeto de unir bien los macizos con el terreno natural. Además, en la parte posterior, y á 1,80 metros de profundidad, se ha colocado un tubo de drenaje, de gres esmaltado, con juntas en seco, recubierto de grava y piedra, que recogerá las filtraciones que pudieran producirse en la base, á las que se dará salida por un tubo análogo con juntas tomadas con cemento. Como expresan los dibujos, se emplea tierra muy arcillosa en la parte próxima al talud interior, y se van colocando materiales cada vez más abundantes en arena y grava, según va el relleno, hecho por tongadas de 15 á 20 centímetros, extendiéndose hacia el exterior. El revestimiento de piedra del talud interno y el de grava, que en espesor considerable se tiende sobre el externo, tienen por objeto, como ya se ha dicho, defenderlos de las erosiones producidas por las lluvias, fríos, oleaje, etc., y detener la acción de los animales minadores.

Otra presa importante es la del embalse de Willow Creek, que cierra uno de los que van á formarse en Montana para aprovechar las aguas del río Sun, con una altura máxima de 23 metros, y la sección que representa la figura.

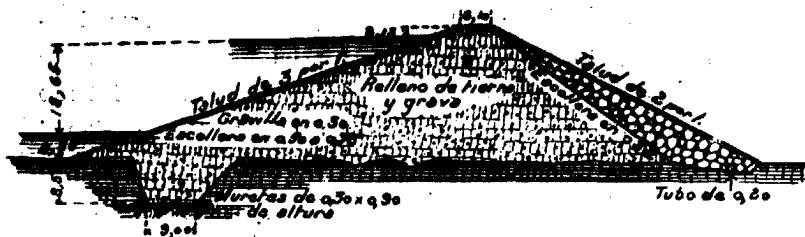


Sección transversal de la presa de Willow Creek.

El relleno estará formado por el terreno superficial, mezclado con grava, constituida por arena gruesa y guijo con cantos. Ambos taludes estarán formados por grava y el pie del exterior con cantos de más de 28 decímetros cúbicos. El relleno consistirá en una mezcla de grava y tierra, en la que la pro-

porción de aquélla aumentará desde el 25 por 100, en la parte próxima al talud interior, hasta formar la totalidad al llegar al paramento externo.

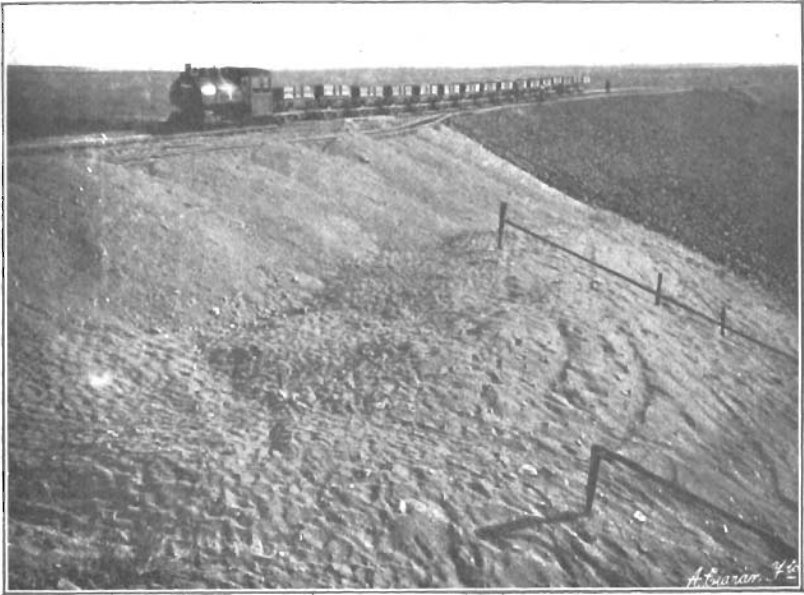
La presa más alta de este tipo, entre las que hemos visto en construcción, es la llamada de Cold Springs, en Oregón, comenzada en Mayo de 1907 y destinada á embalsar las aguas que un canal deriva del río Umatilla, tributario del Columbia. Tiene unos 900 metros de longitud y 27 de altura máxima, siendo su sección la que aparece en la figura.



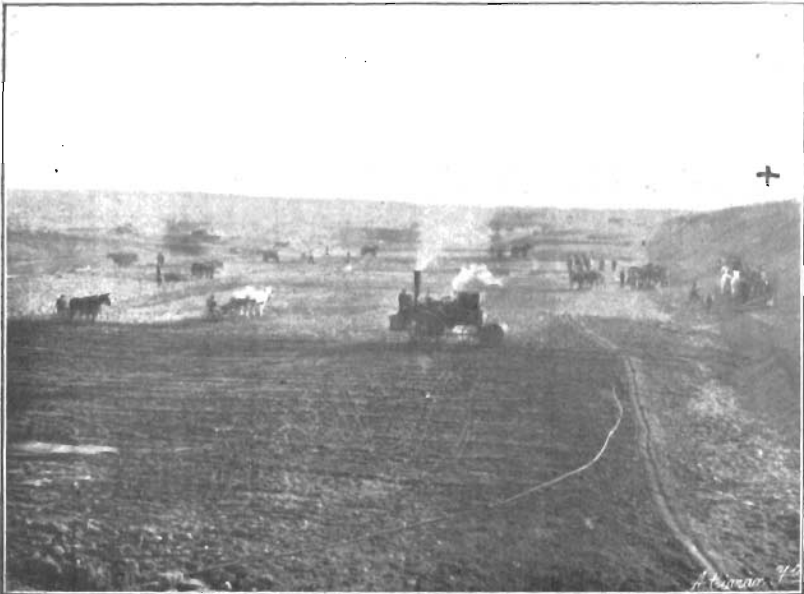
Sección transversal de la presa Cold Springs.

El relleno se ha formado con una mezcla de tierra y grava, de condiciones análogas á las citadas al ocuparnos de la presa de Willow Creek. La zanja profunda y las más superficiales que se han practicado para impedir filtraciones, en la unión de la presa con el terreno, se rellenaron con una mezcla formada por partes iguales de tierra y grava. En las capas ó tongadas del relleno se mezclaban los materiales en las proporciones citadas anteriormente, para la parte próxima al talud interior, pero se iba aumentando progresivamente la cantidad de grava hasta llegar al exterior en el que sólo existe este último material. De esta suerte se ha procurado utilizar del modo más eficiente los materiales disponibles, que no parecían reunir las mejores condiciones.

Los que forman el núcleo impermeable se colocan en ocasiones en la parte central del macizo, especialmente cuando están constituidos por partículas arcillosas muy tenues, pues en



Presa superior de Deer Flat.—Formación del talud exterior.



Presa de Cold Springs.—Excavación del terreno superficial del fondo y transporte con arrobaderas para relleno en el talud interior.



este caso hay que evitar que puedan ser arrastradas por dilución. Conviene, á este efecto, alejar la masa arcillosa del talud interno, en contacto directo con las aguas del embalse, sin aproximarla demasiado al externo, á fin de que, si se inicia una filtración á través de la arcilla, no arrastre las tenues partículas consigo, sino que éstas queden detenidas por las tierras que se hallen interpuestas entre el núcleo arcilloso y el talud exterior.

La colocación del macizo impermeable en la parte central de la presa es frecuente en las construídas por el procedimiento hidráulico, porque tal sistema permite separar fácilmente la arcilla de las demás sustancias, y formar con dicho elemento, el más impermeable de todos, la parte de macizo destinada á cerrar el paso de las aguas. Sin embargo, hay también algunas presas construídas por el procedimiento ordinario en las que se ha colocado la zona impermeable en su parte central, pudiendo citar, á este efecto, la construída en el año 1905 por el ingeniero americano Mr. F. P. Stearns, para cerrar uno de los collados del embalse de Wachusett, destinado al abastecimiento de aguas de Boston. Tiene dicha obra unos 900 metros de longitud y una altura máxima hasta la coronación de 18 metros; el terreno que hubo que excavar para efectuar la cimentación y quitar la capa superficial en la zona del embalse, pudo aprovecharse para la construcción del macizo de la presa, eligiendo la tierra exenta de raíces y de piedras de más de 13 centímetros de dimensión



Sección transversal de la presa al Sur del embalse de Wachusett.

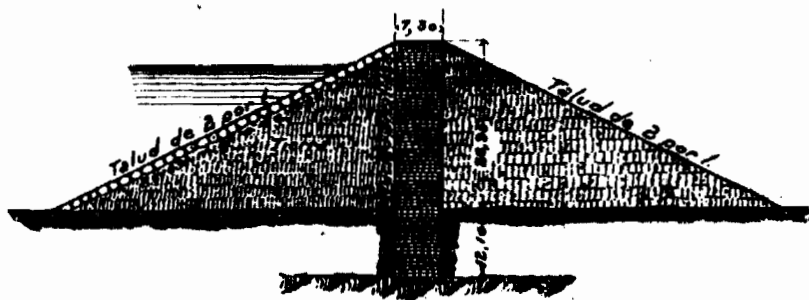
máxima, para formar con ella la parte central ó núcleo. Como expresa la sección, en el talud interior se colocó la grava que se obtuvo de las excavaciones, y detrás del núcleo, las tierras

restantes, cuya única misión se reduce á contribuir á la estabilidad del macizo.

**Presas con pantalla.**—El empleo de núcleos ó tabiques de arcilla apisonada ó de fábrica, que colocados en el sentido del eje de la presa formen una pantalla impermeable, es ya antiguo en Inglaterra y en los Estados Unidos, y sus partidarios creen que deben adoptarse en todas las de alguna importancia. Opinan, en efecto, que aun cuando no serían necesarios si la ejecución se llevase á cabo con toda la perfección apetecible, como los macizos de las presas se hacen ordinariamente por los braceros menos hábiles, conviene asegurar su impermeabilidad empleando dicho medio. La mayoría de los ingenieros americanos prefiere hoy día el tabique formado por un muro de fábrica ú hormigón á los núcleos de arcilla apisonada («puddle») que antes se empleaban en las presas de tierra inglesas y de los Estados Unidos, pues aun cuando resultan generalmente más caros, ofrecen varias ventajas, entre las que figuran: que no pueden perforarlos los animales minadores; si el agua penetra por una grieta, ésta no aumenta de tamaño por dilución de sus paredes; permiten el desagüe por galería dentro del macizo de la presa estableciendo una unión impermeable, muy difícil de conseguir cuando no existe el muro, entre la obra de desagüe y las tierras; y, por último, dan mayor resistencia en el caso, no imposible, de que el agua del embalse salte por encima de la coronación.

Los que no son partidarios de los tabiques entienden que, introduciendo éstos un elemento extraño en el centro de la presa, la dividen en dos partes independientes, destruyendo la homogeneidad y el enlace que conviene tengan las que constituyen el macizo. Observan, además, que el muro tiene que ser relativamente delgado, para que no resulte de exagerado coste y, por consiguiente, difícil de construir bien, estando además expuesto á romperse por efecto de los asientos desiguales de las tierras, que le empujan por ambos paramentos.

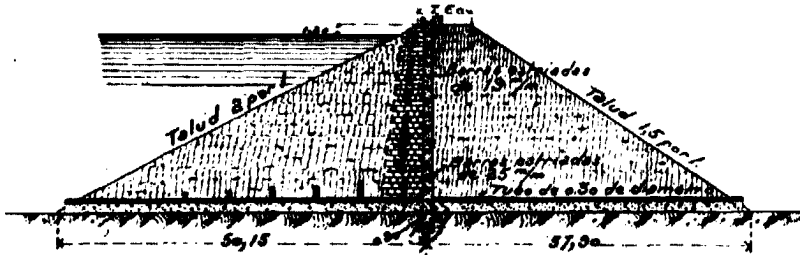
Los núcleos de tierras apisonadas formados por arcillas puras ó por la mezcla de arcilla, arena y gravilla, aun cuando tienen espesores más considerables, resultan más económicos, en general, que los de fábrica, y podrán tener aplicación en ciertos casos. Se hacen con paramentos verticales ó en talud, y deben quedar de 30 á 60 centímetros por debajo de la coronación; se les ha dado en muchos casos una anchura comprendida entre el  $\frac{1}{4}$  y el  $\frac{1}{3}$  de la altura del agua embalsada. Citaremos como ejemplo la presa de Pilarcitos, que tiene 195 metros de longitud y 29 de altura sobre el terreno natural, destinada á formar uno de los embalses que hace varios años se construyeron para el abastecimiento de San Francisco. Su sección es la que figura en el dibujo; la pantalla tiene el espesor constante de 7,30 metros.



Sección transversal de la presa de Pilarcitos.

Citaremos también la presa de Dixville, New Hampshire, construida recientemente, de 23,20 metros de altura y 152,50 de longitud; en ella, el tabique de hormigón armado, de 25 centímetros de espesor en la coronación y 90 en la base, se apoya sobre tablestacas de acero, con unión lateral impermeable, hincadas en el fondo de la zanja abierta para cimiento, en un terreno formado por una mezcla de arcilla y grava, con bolsas de este último material. Las tablestacas alcanzan profundidades variables entre 3 y 9,60 metros. El dibujo adjunto indica la disposición general: el tabique, construido con hormigón com-

puesto de una parte de cemento para tres de arena y cuatro de grava, va reforzado con cuadra fillos de acero, estriados transversalmente («corrugated bars»), cuyas dimensiones varían en-

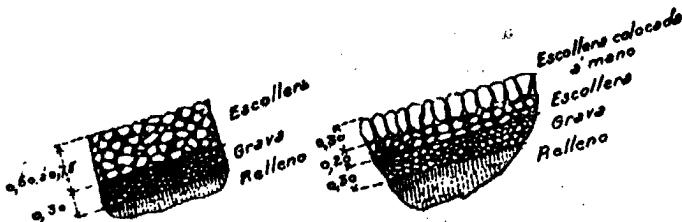


Sección transversal de la presa de Dixville.

tre 13 y 25 milímetros de lado, enlazados por alambre grueso, también de acero.

**Revestimiento del talud interior.**—En las presas de tierra es muy frecuente revestir el talud interior para defenderle de las influencias atmosféricas, la acción del oleaje y las perforaciones de los animales minadores.

Los revestimientos más frecuentes corresponden á los dos tipos citados al ocuparnos de los pliegos de condiciones del Servicio federal de obras de riego, é indicados al representar las secciones de presas. Su detalle es el del dibujo adjunto.

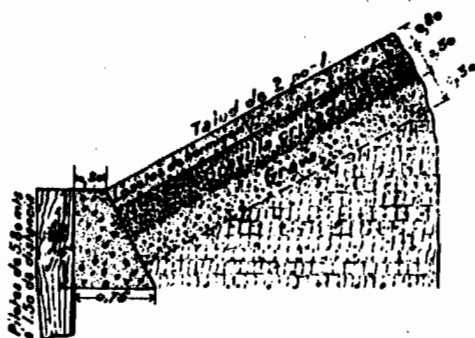


Revestimientos en el talud interior de las presas.

Disposiciones análogas se han adoptado en la mayoría de los casos para las presas construídas por empresas particulares.



Recientemente comienzan, también, á generalizarse mucho los revestimientos de hormigón, empleándose en varios casos formando losas, como ya hemos dicho al ocuparnos de la presa del Belle Fourche, en la que están colocadas como expresa el dibujo adjunto.



Revestimiento del talud interior en la presa de Belle Fourche.

En otras ocasiones se forma un revestimiento continuo de todo el talud ó de la parte que de ordinario suele quedar en seco. Citaremos como ejemplos de esta clase de revestimientos los de hormigón armado, que estaban construyéndose en varios de los embalses del valle de Cache la Poudre, en las inmediaciones de Greeley, Colorado, cuando visitamos esta región. Acompañamos un fotograbado relativo á la presa de Terry Lake, que se protege en parte de la altura por medio de una cuadrícula de barras de sección cuadrada, estriadas transversalmente en sus caras, que sirve de armadura á una placa continua de hormigón, compuesto de una parte de cemento, dos de arena y cuatro de gravilla. Este revestimiento descansa sobre dos vigas horizontales, también de hormigón armado, que lo limitan superior é inferiormente, las que á su vez se apoyan en pilotes del mismo material, formados abriendo agujeros en el macizo de la presa. Dicha defensa que, como todas las demás obras de esta naturaleza, no se ha proyectado para obtener la impermeabilidad, está calculada de suerte que pueda sostener-

se aun cuando desaparezca, por la erosión del agua, parte de la tierra que protege.

**Métodos de construcción.**—En la construcción de las presas de tierra, lo mismo que en las demás obras ejecutadas en la América del Norte, se procura reducir al mínimo el número de operarios, reemplazando su trabajo, hasta donde es posible, por el de las máquinas. Esto es debido, más aún que al adelanto industrial allí existente, á la escasez de braceros, que obliga á pagar los jornales seis ó siete veces más caros que en nuestro país, siendo además difícil encontrar canteros, mamposteros y otros operarios pertenecientes á oficios análogos. Nacen de aquí, comparados con los nuestros, diferencias en los procedimientos seguidos aún para ejecutar obras enteramente análogas, justificadas principalmente por las distintas condiciones sociales y económicas.

Tal vez, la costumbre americana de recurrir constantemente al uso de mecanismos en sustitución del trabajo humano, sea causa de que no se utilice éste en algunos casos en que fuera más ventajoso, de la misma manera que en nuestro país, el hábito de emplear braceros puede dar lugar á que en ciertas ocasiones no se estudien suficientemente las ventajas que podría proporcionar su sustitución por las máquinas. Por estas razones, consideramos que, sin perjuicio de ocuparnos con más detalle en otro lugar de la descripción y circunstancias que reúnen varias de aquéllas, es oportuno dar á conocer ahora la manera cómo trabajan las que se utilizan usualmente en las excavaciones, transportes, depósito y consolidación de tierras para formación de los macizos de las presas, al mismo tiempo que describamos estas operaciones, refiriéndonos principalmente á las obras que hemos visto en curso de ejecución, y que hemos citado precedentemente.

Las excavaciones se hacen con distintos instrumentos y máquinas, usándose en pocos casos el pico, azadón y pala. Cuando se desea extraer las tierras que forman el terreno superficial,



Revestimiento de hormigón armado de la presa de Terry Lake. Octubre de 1907.



Arrobadera ordinaria.



como se hace, por ejemplo, en el fondo de los valles en los que se establecen los embalses, se emplean comúnmente unos arados robustos, que también sirven para dejar rugosa la superficie del terreno sobre la que han de insistir los macizos. La tierra removida por los arados, cuando se lleva á distancias que no pasan de 60 metros, suele en muchos casos, cargarse y transportarse por medio de arrobaderas («drag scrapers»); éstas se llenan cuando el obrero, cogiendo las varas, inclina el borde cortante y están en disposición de transportar el volumen de 85 á 140 decímetros cúbicos que llevan, al soltar el operario las referidas varas en la forma que expresa el adjunto fotografado. En terrenos sueltos no es preciso el empleo del arado, bastando la arrobadera para todas las operaciones, como indica el fotografado frente á la página 98, que se refiere á la excavación del terreno superficial del fondo del embalse de Cold Springs, y transporte y vertido de las tierras por medio de arrobaderas, en la parte baja del talud interior de la presa en construcción. La descarga de las arrobaderas se hace, bien levantando la caja y haciéndola girar sobre el borde para que viertan de frente, bien volcándola de costado.

Para extraer la tierra arcillosa, utilizada para formar ciertas partes de la presa de Cold Springs, que se hallaba en el fondo del barrancó que cruza el valle, hemos visto empleada la excavadora de vapor conocida con el nombre de «Orange-peel», que funciona de un modo parecido á las dragas Priestman. Tiene aplicación cuando extrayéndose los productos de puntos bajos han de cargarse en carros situados en el terreno natural, como indica el fotografado adjunto, en el que el útil, que consta de tres segmentos, abiertos al hincarse en el terreno, se cierra en el momento de comenzar el movimiento ascendente para subir las tierras excavadas que deposita en un carro, que no se ve en el dibujo, pero que se hallaba á la derecha. La capacidad del útil varía de 380 á 765 decímetros cúbicos, y la cabria que dirige su trabajo es movida por una máquina de vapor. Excava en terrenos sueltos unos 400 metros cúbicos en diez horas, y

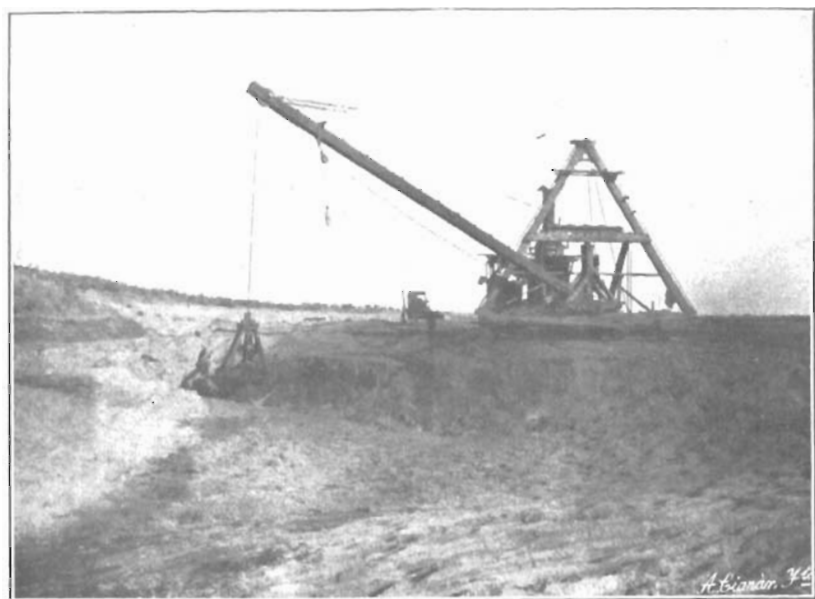
aun cuando no es un sistema de los más usados, puede tener útil aplicación en algunos casos. La excavadora empleada en las obras de la presa de Córd Springs procedía de la casa Lidgerwood Manufacturing Co., de Nueva York \*.

Cuando se excava el terreno superficial y se transporta á distancias que requieren el empleo de carros, es muy usada la máquina excavadora-elevadora llamada «elevating grader», que esencialmente consiste en un arado y una tela sin fin que recoge las tierras removidas y las eleva hasta depositarlas en los carros, como expresa el fotograbado. Pueden moverse por caballerías, ó, como vimos en las obras de la presa de Belle Fourche, por una máquina de tracción. La «elevating grader» usada en dichas obras procedía de la casa Western Wheel Scraper Co, Aurora, Illinois, y según nos manifestaron, éra de 16 caballos de fuerza, hacía un trabajo de 590 metros cúbicos en diez horas, y había costado unas 5.000 pesetas.

La máquina más empleada para todos los desmontes importantes que se ejecutan en Norte-América, y que tiene indicada aplicación para sacar las tierras destinadas á los macizos de las presas, es la excavadora de vapor («steam shovel»), de cuyo funcionamiento da idea el fotograbado correspondiente. Cuando hay que obtener un volumen considerable de tierras, suele ser el procedimiento más económico, pues se compensan los gastos que requiere la adquisición de la máquina, trenes de transporte é instalación de vías, con la rapidez, facilidad y aun economía con que se ejecutan los trabajos. Como es sabido, consisten esencialmente estas excavadoras, que no difieren en sus líneas generales de las europeas, en una máquina de vapor, montada sobre una plataforma, movable con

---

\* Hemos considerado que en algún caso puede resultar de interés la indicación de las casas constructoras de las máquinas que se citan en esta Memoria; pero debemos advertir que nos hemos limitado á las que hemos visto empleadas, con buen éxito según los ingenieros que hemos consultado, sin que en modo alguno tratemos de dar á entender con ello que tales máquinas sean ó no las mejores ó de resultados más satisfactorios entre las de su clase que se fabrican en los Estados Unidos.



Presa de Cold Springs.—Excavadora de vapor del tipo «Orange-peel».



Presa de Belle Fourche.—Excavación y carga de tierras con «grader».





su auxilio, á lo largo de una vía férrea, y que acciona también varios mecanismos que permiten al útil trabajar de un modo semejante á la pala ordinaria, derivándose de esta analogía el nombre de «steam shovel». Como se comprende por el fotograbado, cuando el útil ó cuchara, por medio de los movimientos del brazo transversal, que puede girar y deslizar sobre el inclinado de la grúa, se encuentre en su posición más baja y enfrente de la trinchera, podrá, al subir empujado contra ella, excavar el terreno con los robustos dientes que lleva en su parte superior, depositándose los productos en la capacidad que ofrece, y cuyas dimensiones suelen variar de 0,75 á 1,90 metros cúbicos; cargado ya el útil con las tierras, se hace girar la grúa hasta que esté encima del vagón, en la forma que expresa el fotograbado, y actuando entonces sobre un escape, se abre el fondo vertiéndose su contenido.

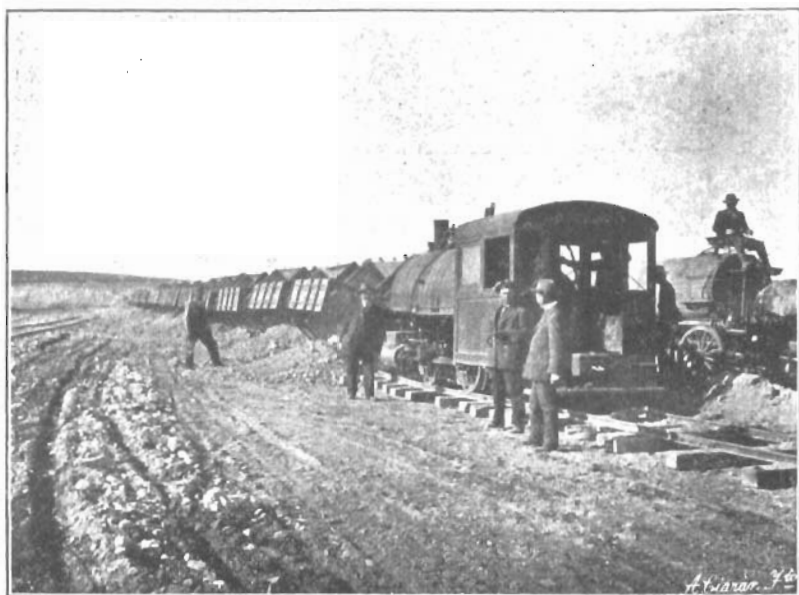
La excavadora de vapor que vimos funcionar en las obras de Belle Fourche desmontaba la tierra arcillosa de una ladera situada en un sitio más alto que la presa, que es como suelen escogerse los puntos de ataque, siempre que es posible, para facilitar la tracción de los trenes de tierras. Procedía de la casa The Vulcan Iron Works Co, Toledo. El útil podía cargar 1,9 metros cúbicos y había costado 42.500 pesetas, puesta en la estación más próxima. Con trenes formados por 10 vagones de 2,3 metros cúbicos de capacidad y dos vías dispuestas para que haya siempre un tren enfrente de la máquina, pueden excavar-se, según nos manifestaron, algo más de 1.000 metros cúbicos al día. En la presa construída por administración en Deer Flat, las dos excavadoras eran de la casa Atlantic Equipment Co, New-York, y costaron unas 48.000 pesetas cada una en la estación de ferrocarril más cercana, teniendo el útil también la capacidad de 1,9 metros cúbicos, y trabajando á razón de unos 114 metros cúbicos por hora, que podían llegar á 150 si el trabajo se hacía sin interrupción; el material excavado era gravilla mezclada con tierra. En Cold Springs tuvo que colocarse la máquina excavadora en un punto más bajo que la presa, lo

que obligó á establecer la vía de los trenes con un gran desarrollo para ganar la altura sin pendientes fuertes; dicha máquina es de la casa Marion Steam Shovel Co, Marion, Ohio, y costó unas 50.000 pesetas.

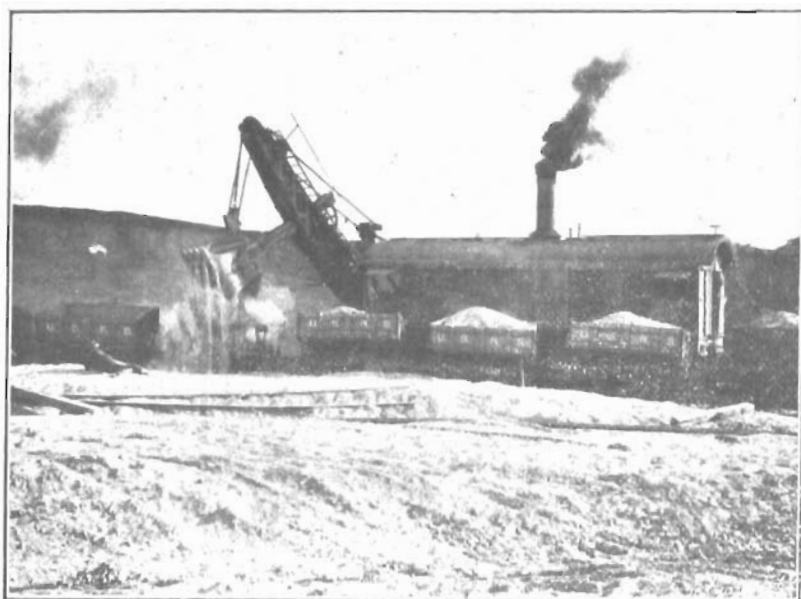
En las presas de importancia casi todas las tierras se transportan por medio de vagones volquetes que cargan las excavadoras de vapor. En el adjunto fotografado se representan los de tres metros cúbicos de cabida, empleados en la presa Deer Flat, procedentes de la casa Kilbourn-Jacobs Manufacturing Co, y que costaron unas 1.100 pesetas, puestos en una estación próxima. Del mismo precio, próximamente, é igual cabida son los vagones de Dumpcar Kilgore Peteler Co, Míneápolis, empleados, con resultado también satisfactorio, en las obras de Cold Springs.

En general, las excavaciones de los productos destinados á los grandes macizos de las presas de tierra se hacen con excavadoras de vapor, y el transporte con vagones volquetes arrastrados por locomotoras, formando dos trenes de trabajo. En algún caso, sin embargo, como en Belle Fourche, á más de este medio se emplea, según se ha dicho, la máquina excavadora-elevadora que excava y carga los carros con que se hace el transporte. En Cold Springs se suplementa de un modo análogo el trabajo de la excavadora ordinaria con la llamada «Orange-peel», la cual carga los carros que hacen el transporte.

Una vez depositadas las tierras en el macizo, se extienden por capas de 15 á 20 centímetros, que después se riegan y cilindran. Para esparcir las é igualarlas suele hacerse uso de las arrobadoras, empleándose también en varios casos una máquina arrastrada por caballerías, provista de una plancha de acero que sirve para distribuir la tierra, y que, por usarse mucho en la extensión de firmes de carretera, se denomina «road machine»; vimos trabajar una de ellas, representada en el fotografado que se acompaña, en la presa superior de Deer Flat, construida por la Austin Manufacturing Co, de Chicago. Después de extendidas las tierras se riegan, bien con cubas ó con agua á



Presas superior de Deer Flat.—Descarga sobre la presa de un tren de tierras.  
Noviembre de 1907.



Presas inferior de Deer Flat.—Excavadora de vapor («Steam shovel»).



presión, que muchas veces se obtiene elevándola por medio de bombas á un depósito alto, desde el que se distribuye en la zona de los trabajos y campamento donde vive el personal. La consolidación se opera con rodillos, que en varios casos se prescribe estén formados por discos sucesivos, con 5 centímetros de diferencia en sus diámetros, y produciendo una presión que no baje de 330 kilogramos por decímetro de anchura. Generalmente estos rodillos son del tipo corriente en los cilindros compresores, pero algunas veces consisten simplemente en rodillos arrastrados por una máquina de tracción. Entre éstos citaremos uno, representado en un fotograbado siguiente, que vimos funcionar en las obras de la indicada presa superior de Deer Flat, que ofrece la particularidad de estar formado por un cilindro de hormigón construido en la misma obra, habiéndose adoptado esta solución, por no haberse admitido, á causa de estimarias demasiado elevadas, ninguna de las proposiciones hechas por las casas constructoras, á las que se había recurrido para adquirir uno metálico.

En casi todas las obras se requiere la construcción de campamentos para el personal, exigidos por lo riguroso del clima y la falta de poblaciones en que aquél pueda alojarse. Algunos, como el que la Administración federal ha instalado para construir la presa antes citada, revelan que se ha consagrado atención especial á fin de que resulten sanos y agradables: en él se encuentran, distribución de agua á presión, instalación de duchas para los obreros, oficinas y otras dependencias muy completas, depósito subterráneo para guardar comestibles, dormitorios bien ventilados, retretes asépticos, cuarto de lectura, etc. Contra lo que suele ser general en estos campamentos, en éste se hallan separados los comedores de los obreros del de los ingenieros y empleados administrativos.

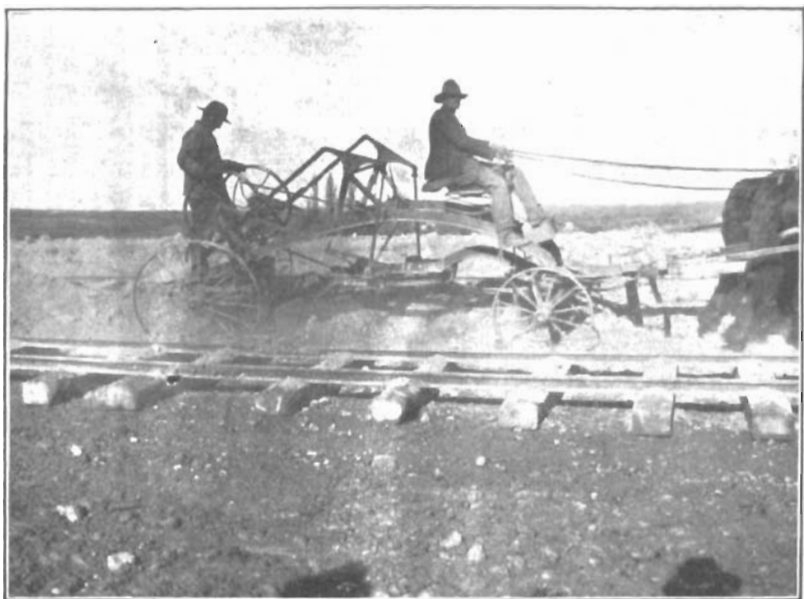
**Comparación entre los tipos de presas de tierra.**—El estudio de las circunstancias particulares de cada caso es lo que, en definitiva, permite al ingeniero escoger la solución apro-

piada, sin que pueda decirse *a priori* que unos tipos deban siempre preferirse á otros. Antes se buscaban materiales apropiados para la ejecución de los perfiles considerados como modelos, y hoy, por el contrario, se proyecta la sección adecuada á los materiales de que se dispone, pudiendo decirse que han dado buen resultado presas formadas con casi toda clase de tierras, siempre que éstas se hayan dispuesto convenientemente, no empeñándose, por ejemplo, cuando sólo se dispone de materiales sueltos, en conservar los taludes y secciones sancionadas por la práctica para el caso de mezclas apisonadas de arcilla y grava.

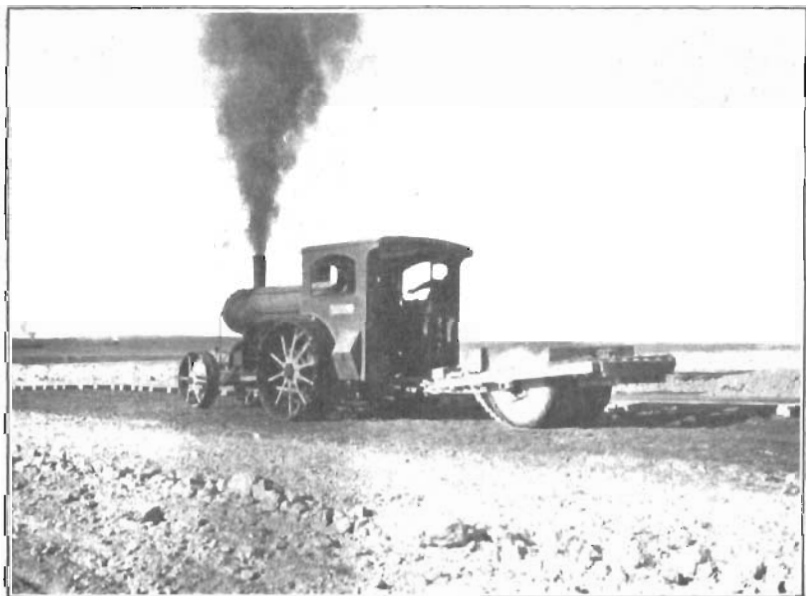
Creemos, por consiguiente, que la cuestión, tan debatida en América, de si las presas de tierra deben ó no llevar en todos los casos pantallas impermeables, no puede resolverse de un modo radical, por más que, á nuestro juicio, cuando el examen y los ensayos que se hagan con las tierras de que se disponga permitan formular la conclusión de que puede conseguirse la impermeabilidad sin llegar á macizos de espesores excesivos, será, en general, posible prescindir de la pantalla, que es causa de los inconvenientes ya citados en otro lugar.

Cuando se disponga de materiales de ciertas condiciones de impermeabilidad y consistencia, las presas sin pantalla podrán ser homogéneas; pero, de ordinario, convendrá que tengan una parte de su sección transversal destinada especialmente á impedir el paso del agua, y otra para darla resistencia y proteger la primera contra las erosiones. Se acostumbra generalmente en Norte-América á colocar los materiales más impermeables cerca del paramento interior, lo que nos parece conveniente cuando estén formados de arcilla mezclada con productos sueltos; pero cuando aquéllos sean muy arcillosos y tenues, será preferible dejarlos hacia el centro del macizo, pues así quedarán mejor protegidos contra cualquier acción erosiva.

Los núcleos arcillosos y los muros de fábrica tendrán su justificación cuando la naturaleza de los materiales térreos haga necesario asegurar la impermeabilidad por dichos procedi-



Presa superior de Deer Flat.—Máquina para extender las tierras del tipo «Reversible Road».



Presa superior de Deer Flat.—Cilindro compresor de kormigón.





mientos. Aun cuando los primeros son más económicos, si la diferencia de precio no es excesiva, juzgamos preferible emplear los muros de fábrica, dándoles espesores suficientes y construyendo los terraplenes en las partes contiguas de modo que al ejecutarlos no se produzcan empujes bruscos ni desiguales. En las pantallas de fábrica parece que podrá, en muchos casos, tener adecuada aplicación el hormigón armado, que permite al muro cierta flexibilidad.

### PRESAS DE ESCOLLERA

**Clasificación.**—El empleo de escolleras para formar el elemento resistente de las presas, puede ser conveniente en los casos en que abunde la piedra, y así ocurre en varios puntos de la América del Norte, donde se han construído ó están en curso de ejecución obras de esta naturaleza. Según el medio á que se recurra para conseguir la impermeabilidad del macizo, se obtienen los distintos tipos de presas de esta clase, que podemos reducir á los dos siguientes:

1.º Presas con muros transversales interiores, de fábrica, ó formados por placas metálicas.

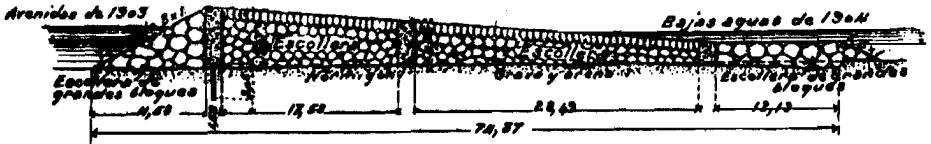
2.º Presas con el paramento interior hecho impermeable mediante un revestimiento de madera, asfalto, planchas metálicas, etc.

Hay además presas en las que el talud interior de la escollera está protegido por un muro de fábrica ó por un macizo de tierras, pero estas obras las consideramos comprendidas entre las presas mixtas.

**Presas de escollera con uno ó varios muros transversales.**—Son análogos á las pantallas de que hemos hablado al tratar de las presas de tierra, y el tipo más conocido entre las de esta clase es el que lleva muros de mampostería ú hormigón, que siempre son más fáciles de ejecutar, de modo que reúnan

condiciones satisfactorias, que las delgadas pantallas metálicas que se han colocado en algunas presas de escollera.

Citaremos como ejemplo la presa llamada de la Laguna, que está construyendo el Gobierno americano en las inmediaciones de Yuma, Arizona, sobre el río Colorado, con objeto de elevar el nivel de las aguas unos tres metros sobre el estiaje, para derivar las que alimentan los canales de riego que se establecerán á ambos lados del valle. Esta presa vertedero, que tendrá 1.460 metros de longitud, con una anchura máxima de 78 y 5,80 de altura sobre el fondo del río, corresponde al llamado tipo indio, usado con resultado satisfactorio para casos análogos en la India inglesa, siendo también de esta clase las construídas en el Nilo para refuerzo de la presa del Delta. Su sección, representada por el dibujo, parece justificada, dada la naturaleza



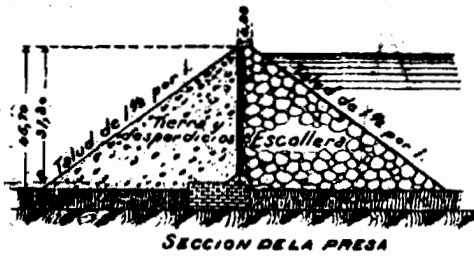
Sección transversal de la presa vertedero de la Laguna.

socavable del terreno en el cauce y la necesidad de adoptar un tipo robusto para que pueda resistir satisfactoriamente el paso, por encima de su coronación, de las grandes crecidas de aquel importante río. Los tres muros de hormigón, además de atajar las filtraciones, sirven para sostener bien la escollera, formada por bloques del granito algo descompuesto que constituye las laderas; los taludes de ambos lados están formados por cantos de gran tamaño, y con objeto de evitar socavaciones, el lecho quedará revestido aguas abajo, en unos 15 metros, por bloques aun mayores. El río Colorado lleva siempre una considerable cantidad de arrastres que obstruirían rápidamente los canales de riego; para evitarlo están dispuestas sus tomas en forma adecuada, que describiremos más adelante.

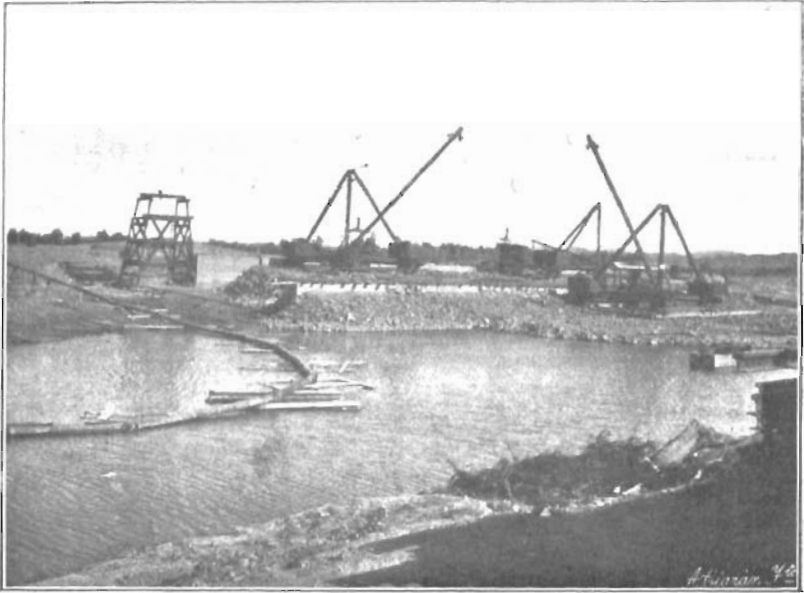
En estas obras, comenzadas por contrata en Julio de 1905, sólo se ha hecho el 34 por 100 por dicho procedimiento, continuándose después por administración. Las crecidas y otras causas, han retrasado mucho los trabajos, que cuando los visitamos se hallaban limitados á la margen izquierda. La roca para la escollera procede de las laderas graníticas, que se desmontan, previos barrenos practicados con perforadoras de vapor, por medio de explosivos, empleándose cabrias para cargar los vagones de los trenes que llevan la piedra al macizo en construcción. Como expresa el fotograbado, cuando se trabaja en los puntos próximos al río que contienen agua en alguna cantidad, se forman recintos con ataguías de tierra constituídas por dos malecones en el sentido longitudinal de la presa y un tercero normal á éstos, contiguo á la orilla, dentro de los cuales se agota con bombas hasta dejar la altura conveniente para poder ir construyendo en seco los muros de hormigón y verter la escollera en buenas condiciones. Una draga de succión prepara el terreno sobre el que ha de insistir el macizo, y la piedra se coloca con el auxilio de cabrias, que también sirven para la construcción de los muros de hormigón. Este se fabrica en una hormigonera instalada en un cobertizo, en el que están los depósitos de piedra y cemento, y se transporta á los puntos de empleo por los trenes de trabajo. El cemento y demás materiales importados se llevan desde Yuma, la más próxima estación de ferrocarril, en barcazas que remontan el río. El combustible empleado es el aceite mineral, que en California es barato por obtenerse con abundancia en los pozos de Los Angeles y otros puntos. El precio de contrata del metro cúbico de pedraplén colocado en obra, era de 2,15 pesetas.

Las presas con tabique de planchas de acero, constituyen más bien una novedad curiosa, que un sistema que, en términos generales, pueda juzgarse recomendable, y del que son poco partidarios la mayoría de los ingenieros norte-americanos. Parece que la idea de obtener la impermeabilidad en una presa de escollera, por este procedimiento, se debe á Mr. Babcock, Presi-

dente de una sociedad de aguas para riegos y para abastecimiento de San Diego y Coronado, en California, quien la aplicó en 1894 á la presa inferior de Otay, situada á unos 35 kilómetros de San Diego. La circunstancia de estar formado el terreno por roca porfídica, y de que el cemento y demás materiales podían fácilmente transportarse desde el puerto de San Diego, permitían levantar una presa de fábrica en buenas condiciones, y así se proyectó y empezó á construirse; pero cuando se había elevado á unos 8,50 metros sobre la cimentación, se cambió de sistema por creer que la obra de fábrica resultaría



Secciones transversales, perfil longitudinal y detalles de la presa inferior de Otay.



Presa de la Laguna.—Ejecución de las obras cerca de la orilla del río.  
Diciembre de 1907.



Presa inferior de Otay.



demasiado costosa. Los adjuntos dibujos, relativos á esta presa, que nos fueron galantemente facilitados por la sociedad que utiliza el pantano, dan idea de cómo está constituida. La unión de la pantalla de acero con la fábrica se hizo colocando en ésta una pieza en forma de T invertida, á la que se roblonaron las planchas, cuyo espesor, igual en la parte baja á 8,5 milímetros, va decreciendo con la altura. Para proteger y dar impermeabilidad á la pantalla, se le aplicó primero una capa de asfalto, mezclado con borra, que evitaba que el asfalto blando tendiese á descender á lo largo de las planchas, completándose la operación con otra capa de asfalto y borra. Esta pantalla quedó luego encerrada entre dos muros de hormigón, uno por cada lado, con espesores de 30 centímetros, á los que se dejaron sus moldes de madera, y cuya misión consiste en proteger aquélla, de la que son independientes, contra las presiones y daños que pudiera producir la escollera al verterse y asentarse. La piedra se arrojó sin precaución ninguna, transportándose por medio de cables aéreos de la casa Lidgerwood Manufacturing Co, Nueva York. El fotograbado da idea del aspecto que presenta el embalse, que, por cierto, no se ha llenado nunca en su totalidad. Observamos algunas filtraciones por el fondo, pero no parecían de importancia.

Posteriormente se ha construído otra presa análoga, la de East Cañon Creek, en Utah, que alcanza 21 metros de altura, en la que la pantalla de acero se halla en el centro de un delgado muro de hormigón de asfalto; pero estando adherida al muro, como éste era arrastrado por fricción, en los movimientos producidos por el asiento de la escollera, se separó de la pantalla y cayó su parte superior, cuando por vez primera se llenó el embalse. Parece que después de reparada la avería, la presa ha dado bastante buen resultado.

**Presas con el paramento de aguas arriba impermeable.**— En las presas de esta clase, es preciso que la impermeabilidad del paramento se obtenga con materiales que tengan la flexibi-

lidad suficiente para no romperse al sufrir los movimientos producidos por los asientos de la escollera en que descansan. Los más usados con este objeto han sido los revestimientos hechos con madera ó con planchas de acero.

La presa de Escondido, en California, puede servir de ejemplo de los primeros. Se halla en una garganta de granito descompuesto, y tiene 116 metros de longitud en la coronación, por 23 de altura, siendo sus espesores 3 metros en la coronación y 43 en la parte más ancha de la base. El talud, de 1 por 1 en la parte alta del paramento exterior, llega al  $1\frac{1}{4}$  por 1 en la mitad inferior, mientras que en el interior es tan sólo de  $\frac{1}{2}$  por 1, porque está formado por un muro de mampostería en seco, siendo sus espesores de 4,60 metros en la base y 1,50 en la coronación. Antes de arrojar la piedra, que por gravitación se transportó en vagones sobre vías descendentes desde las canteras, se extrajo del fondo el terreno superficial, y delante del paramento interior se abrió una zanja, que se rellenó con mampostería de cemento, para base del revestimiento. Se formó éste, una vez hecho el macizo de escollera, alojando en el paramento del muro en seco maderos del pino rojo de California («redwood»), de madera muy dura, con 15 centímetros de escuadría, colocados, según la máxima pendiente, á distancias de 1,63 metros entre sus ejes, sobresaliendo 5 centímetros respecto al paramento. Sobre ellos se clavaron tablones de la misma clase de madera, con espesores de 8, 5 y 4 centímetros, según correspondían á los tercios inferior, medio ó superior de la altura total, llenando con hormigón apisonado los 5 centímetros del hueco que quedaba entre el entablonado y el paramento, y calafateando con estopa y asfalto caliente las juntas. Éstas no eran continuas, y se colocó un segundo entablonado de modo que resultaran encontradas tanto las horizontales como las verticales. La presa, construída al parecer con esmero, presenta, sin embargo, filtraciones que llegan á ser de 1.700 metros cúbicos por día cuando el embalse está lleno, y que no se sabe si proceden de las juntas del entablonado ó si son debidas



al granito descompuesto del lecho del arroyo. Mientras que estas filtraciones serían peligrosas en una presa de tierra, porque irían arrastrando las partículas del relleno, y aun en una de fábrica, en la que podrían atacar los morteros y engendrar subpresiones que tal vez comprometiesen su estabilidad, en las de escollera, como el drenaje á través de los intersticios es tan amplio, no modifican la distribución de esfuerzos y la estabilidad no se altera sensiblemente.

Semejante á la presa de Escondido, es la construída en el río South Platte, á unos 80 kilómetros de Denver, de 180 metros de longitud en la coronación y 36 de altura, formada por escollera de granito, con el talud interior revestido por planchas de acero. El exterior es de  $1 \frac{1}{2}$  por 1, y el interior de  $\frac{1}{2}$  por 1, formado, como en la de Escondido, por un muro en seco de 4,60 metros en la base y 1,50 en la coronación. Las planchas de acero, roblonadas á viguetas de sección de T colocadas según la máxima pendiente, á distancias de 1,50 metros, tienen espesores de 9,5, 7,9 y 6,3 milímetros. Antes de poner las planchas se bañaron en asfalto, y al colocarlas se llenó de hormigón el espacio comprendido entre ellas y el muro en seco; además, se recubrieron de hormigón las que quedaron, desde el fondo hasta tres metros por encima del túnel de desagüe, conservando las superiores por medio de la pintura. La pantalla se une á las laderas mediante pasadores, embutidos unos 30 centímetros en la roca, rellenándose con hormigón las cajas abiertas al efecto. Las condiciones del sitio donde se ha establecido esta obra eran muy á propósito para construir una de fábrica; pero se halla en un lugar con comunicaciones tan difíciles, que hubiera resultado muy caro el cemento y demás materiales que hubiese sido necesario traer de otras procedencias.

**Examen crítico de este sistema de presas.**—Desde luego, las presas-vertedero del tipo indio reúnen condiciones muy satisfactorias, y están indicadas cuando no se dispone de terreno sólido para cimentar, como sucede en el ejemplo descrito. Refi-

riéndonos á las de embalse, de acuerdo con la opinión de varios ingenieros norte-americanos, creemos que, en general, las presas de escollera tienen el inconveniente de no resultar suficientemente impermeables, lo que contrarresta las innegables ventajas de que, aun con menores espesores, sus condiciones de resistencia son más satisfactorias que en las de tierra, y que las filtraciones no alteran de ordinario las condiciones de estabilidad del macizo.

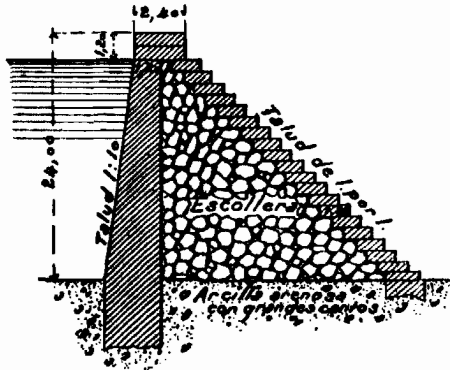
En las gargantas rocosas de ciertas montañas situadas en puntos alejados y de difícil acceso, en los que sería muy costoso el transporte del cemento y demás materiales necesarios, pueden á veces resultar mucho más económicas que las presas de fábrica, y en estas circunstancias tal vez sea conveniente su adopción en algunas ocasiones. La principal dificultad que hay que vencer, consiste en conseguir que sean impermeables de un modo permanente y eficaz. Para obras de poca importancia, y en climas adecuados, podrá en casos especiales bastar un entablado de madera; pero todos los revestimientos del talud interior nos parecen soluciones poco recomendables. Lo mismo ocurre con las pantallas metálicas; y únicamente entendemos que podrá resultar eficaz la formada por un muro de fábrica, ó mejor de hormigón armado, con espesores y resistencia suficientes, dirigiendo su construcción y la de la escollera de modo que se eviten los asentos y los empujes bruscos durante la ejecución. Claro es que esto exige una mano de obra algo costosa, que habrá que tener en cuenta, al comparar el precio de la presa de escollera, con los de otras soluciones posibles.

#### PRESAS MIXTAS

Combinando las fábricas y materiales usualmente empleados en la formación de presas, se han obtenido tipos en los que se aprovechan del modo más conveniente las condiciones de unas y otros, lo que puede constituir en muchos casos la solución preferible.

El empleo de las presas mixtas está bastante extendido en los Estados Unidos para resolver el problema de la impermeabilidad de las de escollera, y es, á nuestro juicio, uno de los casos en que se halla más indicado. Generalmente se adopta el sistema de formar una presa de tierra, á la que se adosa por detrás el macizo de la escollera; pero también se ha constituido en algún caso la parte de aguas arriba con un muro de fábrica.

Dicha combinación de muro de mampostería con escollera, se ha llevado á efecto en la discutida presa de Castlewood, situada cerca de Denver, en Colorado, construída por una compañía particular, en el año 1890, para formar un pantano destinado á riegos. Tiene 183 metros de longitud y 24 de altura máxima. Su sección primitiva, representada en el dibujo, estaba formada por un muro de mampostería de grandes bloques, con mortero de cemento, detrás del cual se había vertido la piedra sin precaución alguna, y un paramento posterior escalonado, que se formó con piedras de 60 centímetros de grueso, descansando sobre la escollera.



Sección transversal de la presa de Castlewood.

Los cimientos de los muros se hicieron con hormigón, y el macizo se apoya sobre arcilla arenosa, de la que se quitaron algunos cantos gruesos.

Durante la construcción se formularon varias quejas por los propietarios de fincas situadas aguas abajo, que creían que la obra no reunía condiciones de estabilidad satisfactorias, y al terminarse, aparecieron filtraciones importantes, que aumentaron la inquietud y alarma. Nombróse entonces una comisión, que declaró que la obra no estaba bien construída, proponiendo como medio de reforzarla y proporcionar mayor impermeabilidad, colocar delante del muro de fábrica un macizo de tierras revestido con piedra. Tardóse bastante en llevar á cabo estas obras, cuyo aspecto actual revela el fotograbado adjunto, en el que se ve una arrobadera montada sobre ruedas, tipo corriente en Norte-América, de las empleadas para cargar y transportar la piedra del revestimiento, que á la sazón se estaba reparando. Esta presa no ofrece apariencia satisfactoria, y constantemente ha sido preciso hacer en ella reparaciones.

La combinación de tierra y escollera para formar presas mixtas, en las que la impermeabilidad está confiada á la primera, y la resistencia al empuje del agua á la segunda, está dando en la práctica muy buenos resultados. El principal inconveniente de las presas de escollera es, según hemos visto, que no suelen resultar impermeables de un modo completo y duradero cuando se trata de conseguir dicha cualidad por la interposición de un tabique rígido. En cambio, un macizo de tierra colocado delante del de piedra, amoldándose fácilmente á las deformaciones debidas al asiento de ésta, puede proporcionar una impermeabilidad comparable á la de las construídas exclusivamente con tierras, consiguiéndose, además, la ventaja de reducción en el volumen total, y también la muy importante de que, si llega á iniciarse una filtración á través de las tierras, podrá, quizá, irse agrandando el boquete formado en éstas mientras no se repare el desperfecto; pero no es fácil que llegue á producirse la ruina de la obra, como suele ocurrir en tales casos, cuando los macizos están constituidos exclusivamente por tierras, pues al llegar el agua al pedraplén, como tiene fácil salida por los intersticios que entre sí dejan las piedras, y éstas presentan



Presa de Castlewood.—Reparación del revestimiento de piedra.  
Octubre de 1907.

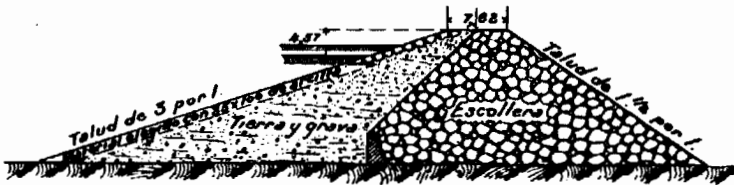


Presa de Minidoka.—Talud interior y vertedero. Noviembre de 1907.



gran resistencia á su remoción, quedarán limitados los efectos erosivos á la parte térrea del macizo, del que se conservará, por lo menos, el pedraplén, si tiene el espesor adecuado. Creemos, por consiguiente, que cuando puedan obtenerse con facilidad ambos materiales, esta clase de presas constituirán soluciones muy satisfactorias y acaso las preferibles en muchos casos. Los ingenieros norte-americanos las adoptan con frecuencia, haciendo el relleno de tierras por el procedimiento ordinario ó por el hidráulico, de que trataremos más adelante.

Entre las de este tipo ejecutadas por el Servicio federal de obras de riego, puede citarse la importante presa de derivación sobre el río Snake, cerca de Minidoka, Idaho, que cruza el río citado en recta de unos 321,50 metros de longitud, en la que se encuentran, á contar de la margen derecha, la obra de toma del canal, otra obra de fábrica con aberturas reguladas por compuertas (que sirvió para dar paso á las aguas del río durante la construcción en el lado izquierdo) y el cuerpo del macizo de la presa, que tiene unos 185 metros. A continuación viene el vertedero, que sigue una línea quebrada, buscando la mejor cimentación sobre la roca del fondo, y que consiste en un sólido muro de hormigón, que es también el material con que están construídas las otras dos obras de fábrica. El terreno está formado por basalto, más ó menos descompuesto, y sobre él se apoya la presa. Ésta, como indica la sección dibujada, consiste en



Sección transversal de la presa de Minidoka. (En la derivación del canal de Minidoka.)

un macizo de escollera, limitado con un murete de hormigón, por el lado de aguas arriba, que lleva delante otro macizo de

tierras. El muro de hormigón, cimentado sobre la roca sólida, tiene por objeto atajar las filtraciones que tiendan á correr por debajo de la obra, siguiendo el lecho del río.

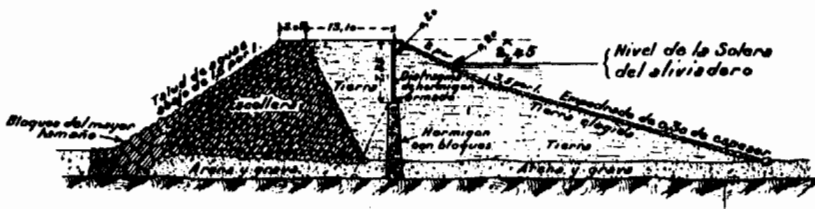
Los trabajos, ejecutados por contrata, principiaron á fines de 1904, terminándose en Julio de 1906. Se comenzaron, arrojando por medio de un cable transportador la escollera, constituida por bloques de basalto procedentes de las laderas y del canal excavado para desviar las aguas, empleándose hasta de dos toneladas para cerrar la canal más profunda del río, siendo muy variable el tamaño de las demás piedras, entre las que había bastantes cantos pequeños. Se tenía cuidado de que éstos rellenasen los intersticios entre los grandes, y que la gravilla se alojase en los huecos menores, con lo que se aumentaba la densidad, procurando también que las piedras fuesen de tamaño decreciente desde el talud de aguas abajo al de aguas arriba, con el fin de que las tierras estuviesen en contacto con la parte menos porosa de la escollera. En 1906 quedó cerrada por ésta la canal del río Snake, dándose salida al agua por la obra de hormigón, citada precedentemente, que con el auxilio de ataguías se había construido el año anterior, por la que llegó á pasar un volumen de 688 metros cúbicos por segundo en la crecida del 20 de Junio de dicho año. Se creía que el agua, durante esta avenida, había de saltar por encima del vertedero, pero no pasó de un metro por bajo de su coronación, terminándose durante aquel período el relleno de escollera, que queda á cuatro metros por encima del nivel de máximas avenidas. Mientras duró la que hemos citado, el agua pasaba libremente á través de la piedra, estimándose las filtraciones en unos 28 metros cúbicos por segundo, distribuidos uniformemente á lo largo de la presa. Una vez formado el macizo de la escollera, se tendió sobre su coronación una vía, desde la que se vertieron, por medio de vagones-volquetes, las tierras, compuestas de arena y gravilla con una proporción de arcilla variable entre el 35 y el 50 por 100. Al principio, una cantidad considerable de tierra se introdujo por entre los intersticios de la piedra, pero éstos fueron pronto



rellenados, consiguiéndose la impermeabilidad. Cuando visitamos esta obra pudimos observar que no daba paso á filtración alguna, sin que tampoco se notaran en el terraplén asientos de importancia.

Según los precios de la contrata, se pagó por metro cúbico de tierra colocado en la presa 1,05 pesetas y 1,18 por el de escollera.

Otra presa de tierra y escollera, que está construyendo el Gobierno federal en Nuevo Méjico, es la que cerrará el embalse de Avalon, en el valle del río Pecos. Anteriormente se había construído una en el mismo sitio, de 15 metros de altura y 420 metros de longitud en la coronación, formada también con tierras y escollera, por una compañía particular de riegos, pero en Octubre de 1904 fué destruída por una crecida del arroyo, que abrió una brecha de unos 135 metros. El proyecto, cuya ejecución comenzó en Junio de 1906, consiste en reconstruir la obra derruída, aprovechando y reforzando las partes existentes, trabajos que se ejecutan por administración en vista de haber quedado desierta la subasta. Como expresa el dibujo, se ha juzgado conveniente en este caso establecer una pantalla, destinada á asegurar por completo la impermeabilidad, formada en la parte que se ha hecho de nuevo, por un muro de hormigón que llega hasta 4,20 metros por debajo de la coronación, pro-



Sección transversal de la presa de Avalón.

longado verticalmente por un diafragma de hormigón armado de 7,30 metros de altura, 30 centímetros de espesor en la base y 20 en la parte alta. En la porción aprovechada, como la cons-

trucción del muro que forma la parte inferior de la pantalla, requiere costosas excavaciones en el macizo de la presa, se pensó sustituirlo por un tablestacado, formado, como es muy usual en Norte-América, de barras de acero unidas lateralmente á ranura y lengüeta, que se hincarían á través de la tierra hasta llegar á la roca del fondo; pero se han encontrado bloques sueltos que dificultaban tanto la hínca, que se ha juzgado preferible renunciar al tablestacado y adoptar en su lugar el muro de hormigón. Al excavar el terreno para cimentarlo, se descubrió en el lado Oeste una capa de grava muy permeable entre dos de roca sólida, y para prevenir las filtraciones á su través, se ha practicado en ellas un túnel en toda su altura de 2,40 metros, revestido por delante de hormigón con espesor de 15 centímetros, que se rellenó de una mezcla arcillosa bien apisonada. Las circunstancias especiales de esta obra, que sustituye á otra destruída, probablemente porque la crecida, aumentando la presión, determinó vías de agua en el macizo de tierras, pueden justificar, tal vez, el empleo de la pantalla, que en general no debe reputarse necesaria en las presas mixtas del tipo que acabamos de describir.

#### PROCEDIMIENTO HIDRÁULICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MACIZOS DE TIERRA

**Primeras aplicaciones.** — En la explotación de los aluviones auríferos de California se practica desde hace muchos años el procedimiento de desintegrarlos por medio de chorros de agua á presión, lanzados valiéndose de tubos, análogos á los de las mangas de riego, con lo que se disgregan los granos de oro, gravas y arenas. Estos productos, mezclados con el agua, pasan después á unas canales de madera, en las que, por disposiciones especiales y aprovechando la gran densidad del oro, se deposita éste en el fondo de aquéllas, siendo arrastrados todos los demás materiales, que salen por el extremo de la canal, envueltos en la masa de agua que los transporta.

Al entrar nuevamente las aguas en el cauce de la corriente, abandonan la mayor parte de los arrastres, formando barreras que constituyen á veces obstáculos de importancia para aquélla. Los represamientos que así se forman parece que sugirieron la idea, con frecuencia aplicada por los mineros de California, de construir varias de las pequeñas presas de embalse, que para distintos fines establecían, empleando para la excavación, transporte y depósito de los materiales con que habían de formarse, un procedimiento análogo al descrito.

El primer caso en que se recurrió á este sistema de construcción para una presa de alguna importancia, fué en 1868 en la de Temescal, destinada al abastecimiento de Oakland, en California. Es un macizo de tierra cuya parte central, incluyendo el núcleo de arcilla apisonada, se hizo por los sistemas ordinarios, pero que se reforzó y aumentó considerablemente de altura, valiéndose del procedimiento hidráulico.

Algunos años después, en 1874, se llevó á cabo, con el mismo objeto de abastecer á Oakland, una nueva presa, llamada de San Leandro, también de tierra, construída en su parte central por los métodos usuales, y en la restante empleando el hidráulico, con el que se depositaron 122.000 metros cúbicos en la coronación y taludes. Las excavaciones no pudieron efectuarse con agua á presión, pues no había facilidades para conseguirla; pero el transporte de los productos se hizo por medio de una canal de madera, forrada de palastro, que con pendientes del 4 al 6 por 100, llevaba un caudal de agua de 300 á 400 litros por segundo. Antes de verter los arrastres en los sitios que debían rellenarse, se disponían en el contorno de éstos unos caballones de tierra, que permitían embalsar las aguas lo suficiente para que, al abrir la comunicación con los canales, cayesen las sustancias en una masa líquida que facilitase su extensión, quedando por este medio los depósitos distribuídos por orden de tamaños, á partir del extremo de cada canal. Los constructores estimaron que esta obra habría costado cuatro ó cinco veces más; si se hubiesen transportado y extendido las tie-

tras con arrobaderas ó carros, empleando los procedimientos usuales.

**Descripción del procedimiento.**—Ante todo observaremos que éste debe considerarse como un método general de construcción que puede aplicarse, no sólo á la ejecución de presas, sino también á la excavación de terrenos, transporte de los materiales excavados y formación de toda clase de macizos de tierras, como terraplenes de las vías de comunicación, rellenos de terrenos bajos y demás obras análogas.

En todos los casos, cuando es posible utilizar por completo este sistema conocido en Norte-América con el nombre de «hydraulic fill» (relleno hidráulico), puede decirse que todo el trabajo se ejecuta empleando el agua como agente, reduciéndose así considerablemente el número de obreros necesarios, sin que desmerezca por ello la calidad de la obra ejecutada que, además, puede realizarse así con la misma, y en ocasiones, mayor rapidez que con los métodos usuales descritos al tratar de las de tierra:

Refiriéndonos principalmente á la aplicación del sistema hidráulico á la construcción de presas de embalse, describiremos los medios empleados para excavar los materiales, transportarlos y depositarlos en esta clase de obras.

**Excavación de los materiales.**—Es lo característico del sistema efectuar su transporte y depósito por medio del agua, y como esto requiere llevarla al punto de donde se extraen los materiales, convendrá en general utilizarla también para su desintegración; podrá con este objeto, emplearse á presión ó sin ella, según las dificultades que se presenten para conseguir la presión y la composición y dureza del terreno. No siempre, sin embargo, se efectúa la excavación y desagregación por medio del agua, pues, como se indicará más adelante, hay ocasiones en que no es eficaz ó conveniente su empleo, limitado entonces al transporte y depósito. Examinaremos, por consiguiente, los

tres casos de desagregación del terreno por medio del agua á presión, por medio del agua sin presión y valiéndose de los procedimientos usuales.

La presión en el agua puede conseguirse llevándola hasta un nivel superior al del punto de empleo por acequias ó canales, de las que parten cañerías en las que adquieren la carga necesaria; pero como para obtener la conveniente es preciso un desnivel grande de que no siempre se dispone, se recurre en muchas ocasiones al empleo de bombas impelentes. El agua se lanza contra las tierras que se desea socavar por medio de un tubo unido á una manga flexible que arranca de la cañería; el tubo lleva un apoyo y una culata ó prolongación para moverle con facilidad. Este aparato, que en Norte-América se llama «gigante» ó «monitor», muy usado en la explotación de los aluviones auríferos, se maneja, de ordinario, por tres hombres, de los cuales uno se ocupa en dirigir el chorro y los otros dos en mover el aparato y la manga de alimentación en la forma que expresa el fotograbado enfrente de la página 146. Sale el chorro por el extremo del tubo, al que se adiciona una boquilla cónica para aumentar la fuerza, con una velocidad variable entre 30 y 60 metros por segundo, según convenga en vista de las condiciones del terreno, lanzándolo contra el frente de éste, que se procura, en general, socavar por su pie, para provocar desprendimientos por desplome. El chorro arranca y fracciona toda clase de terrenos, á excepción tan sólo de la roca dura y sana, y aun ésta no suele resistir cuando es hojosa ó no tiene gran compactidad.

El diámetro del tubo del monitor variará teniendo en cuenta la presión, caudal y velocidad á que convenga lanzar el agua para poder socavar con el máximo efecto. En muchos casos tiene unos 65 milímetros, que se reduce á unos 40 en la boquilla.

La cantidad de agua que requiere cada monitor para que funcione del modo más eficiente, suele estimarse en 300 á 400 litros por segundo; pero en la presa del lago Francés y en otras de California se ha trabajado bien con monitores alimentados

por 140 á 170 litros, y en la de Tyler, en Tejas, tan sólo con 40 litros, si bien resultó esta última cantidad deficiente, lo que redujo mucho la capacidad de trabajo del monitor.

Conviene, en general, que la presión en su extremo sea de de unos 7 á 10 kilogramos por centímetro cuadrado, pudiendo admitirse las de 5 y aun de 3 kilogramos cuando el terreno es muy poco compacto.

Respecto al volumen excavado por cada monitor, no pueden darse datos concretos, pues varía considerablemente de uno á otro caso. Relacionándolo con el del agua que por él sale, se deduce de los datos citados por Mr. Schuyler, referentes á la presa del lago Francés, que osciló entre el 6 y el 38 por 100 de el del agua, resultando un término medio de 18 por 100.

A medida que se va desmontando, debe cuidarse de dejar á la solera ó pie del desmonte la pendiente suficiente, para que la misma agua empleada en la desagregación, arrastre los productos hasta la canal ó tubo que haya de transportarlos.

Cuando el terreno del que conviene extraer los materiales presenta pronunciada inclinación puede, en ciertos casos, ser ventajoso para el desmonte, en vez de recurrir al agua á presión, utilizar la fuerza erosiva que se desarrolle por la velocidad que adquiera al correr por la ladera. Este medio se ha utilizado en la presa de La Mesa, construída en 1895 en las proximidades de San Diego, California. En este caso, se disponía de un caudal de 170 á 230 litros por segundo, que por medio de una cañería de madera de 90 centímetros de diámetro y 900 metros de longitud se condujo en sifón á través de un barranco, llevándose luego por un canal de 2.400 metros, á lo largo de la cumbre del cerro que domina la presa por el lado Sur. Normalmente, á dicho canal se abrieron zanjas, con pendientes que no bajaban del 6 por 100, á distancias de 15 á 30 metros, procurando siempre seguir las líneas de máxima pendiente. El terreno estaba formado principalmente de grava, con tamaños desde el de un huevo á 25 centímetros, mezclada con una tercera parte de su volumen de arena y tierra, presentando tal consisten-

cia, que no se desagregaba cuando la pendiente era inferior al 25 por 100. Como ésta no llegó á conseguirse en todos los puntos, fué necesario terminar las excavaciones, utilizando arados en los sitios donde pudo hacerse uso de ellos, y con picos en los demás. Este trabajo adicional aumentó bastante el precio de la excavación.

Puede, finalmente, ocurrir que aun cuando sea conveniente adoptar el proceso hidráulico para el transporte y depósito de los materiales, porque se disponga de agua en el punto de donde se han de extraer, las dificultades que ofrezca el ponerla á presión, la naturaleza del terreno y las inclinaciones de la ladera, hagan poco ventajosos los dos procedimientos descritos para producir la remoción de las tierras. En tales circunstancias convendrá recurrir, en ciertos casos, á los métodos usuales de excavación, facilitando la acción de las herramientas, si así conviene, con el riego previo del terreno y, en muchas ocasiones, empleando también el agua para completar la desintegración é incorporar los productos á la corriente, cuya misión principal en este caso es la de servir de vehículo de transporte. Como ejemplo de este género de trabajo, citaremos el de una presa recientemente construída en una de las islas Hawai. El terreno que convenía emplear para el relleno de la presa era una toba volcánica, que no podía removerse y ser llevada en suspensión por el agua echada sobre su superficie, ni aun después de haber pasado el arado, á pesar de que desde la canal por donde se hacía llegar aquélla, se disponía de un desnivel de unos 15 metros, que si bien era pequeño para el empleo de monitores hidráulicos, parecía que había de determinar una velocidad de salida capaz de producir erosiones enérgicas. Se resolvió en estas condiciones limitar el empleo del agua al transporte de los productos, á cuyo efecto se excavó un canalizo de pendiente fuerte, con la profundidad de 1,20 metros en su origen, 3,80 en su parte baja, longitud de unos 400 metros, y sección suficiente para el caudal de 230 litros por segundo de que se disponía. A ambos lados del canalizo se desagregó el te-

rreno, en una anchura de 3,60 metros; por medio de arados movidos por cable desde máquinas de vapor fijas. Estas mismas máquinas servían después para poner en movimiento unas rastras en forma de V, que transportaban las tierras removidas por los arados hacia el canalizo, cuyas aguas llevaban la velocidad suficiente para conducir las hasta la presa en construcción. Se continuó de este modo arando primero y arrojando después los productos á la corriente transportadora, hasta que llegaron las fajas laterales á no sobresalir sobre el fondo del canalizo; excavóse entonces uno nuevo entre una de las fajas y el terreno contiguo no arado aún, labrándose luego éste y vertiendo los productos á la corriente en la forma ya dicha; del mismo modo se hizo después el canalizo entre la otra faja y el terreno adyacente. Así fué continuándose la desagregación y transporte de los materiales, cuyo volumen total se elevó á 76.500 metros cúbicos.

**Transporte de los productos excavados.**—Una vez hecha la excavación y desintegración por cualquiera de los procedimientos descritos, se efectúa siempre el transporte de los productos hasta el punto donde han de depositarse, utilizando la potencia de arrastre del agua animada de la velocidad conveniente. A este efecto, se disponen canales de madera ó tubos de hierro ó acero, con pendientes variables, según los casos, desde el 3 al 25 por 100, en los que puede llevarse en suspensión la arcilla bien desleída y la arena redondeada y fina, y arrastrados los productos mayores, como la gravilla, grava y arena ordinaria, y aun los cantos angulosos, hasta de 45 kilogramos de peso. Estos últimos son los materiales que ofrecen mayores dificultades para su transporte, pero puede realizarse sin demasiados atascos, siempre que vayan envueltos por tierra y arena que faciliten el deslizamiento. El transporte hidráulico se efectúa, casi siempre, utilizando la gravedad para dotar al agua de la velocidad necesaria; pero más adelante citaremos el ejemplo de la presa de Silver Lake, en la ciudad de Los Angeles, en la



que, estando el macizo á mayor altura que el lugar del que se extrae la arena mezclada con arcilla que ha de formarle, se consigue elevar dichos materiales hasta el sitio donde se depositan, llevándolos en suspensión el agua impelida por una bomba centrífuga á lo largo de una cañería.

La cantidad de agua de que ha de dotarse á la canalización depende de la rapidez con que se ejecute el desmonte y desagregación de los materiales y de la naturaleza y dimensiones de éstos. Cuando se emplean monitores ocurre, en general, que el volumen necesario para su alimentación suele ser mayor que el que exige el transporte. En la reconstrucción de la presa del lago Francés, ya citada, y una vez bien organizados los trabajos, con el caudal de agua invertido, variable entre 130 y 200 litros por segundo, se arrastraba, por término medio, de un 20 á un 30 por 100 de tierras arcillosas, alcanzándose durante varias semanas la proporción del 38 por 100, que llegó á descender al 6, alcanzando como máximo el 48 por 100. La semana en que se hizo más relleno, se transportaron 17.000 metros cúbicos en 94,5 horas, ó sea 180 metros cúbicos por hora, con una dotación de 184 litros por segundo. Cuando los materiales son muy tenues, basta para su transporte un pequeño volumen de agua, como ocurrió al construir unas presas en el río Snake, Idaho, con una tierra formada por el cieno diluvial llamado «loess», material que en un cedazo de 1.550 mallas por centímetro cuadrado, dejaba un residuo del 10 por 100, para cuyo arrastre bastó, generalmente, el caudal de 42 litros por segundo y aun el de 28 litros fué suficiente para parte de la operación. En cambio, al ejecutar unos terraplenes en la Colombia inglesa, para el ferrocarril del Pacífico Canadiense, con una dotación de 310 litros por segundo, sólo se transportaba el 5 por 100 del material, compuesto de gravilla más ó menos angulosa, resultando un volumen medio de unos 57 metros cúbicos por hora.

Terminaremos lo relativo al caudal de agua requerido para el transporte, describiendo, como ejemplo de lo pequeño que puede ser en ciertos casos, las disposiciones adoptadas en la re-

construcción de la presa del lago Francés, cuando se dió comienzo á los trabajos, en cuya época sólo se disponía de la corriente de un arroyo que en los períodos de sequía daba 28 litros, y en ocasiones tan sólo 1,7 por segundo. A pesar de lo exiguo del caudal, pudo hacerse uso del monitor y efectuar el transporte hidráulico, construyendo un embalse auxiliar de 570 metros cúbicos, por medio de una pequeña presa hecha de troncos y grava (crib-dam). El agua así almacenada se elevaba, mediante una bomba centrífuga unida á un motor sincrónico de 350 caballos, hasta el punto conveniente para que por medio del monitor pudiera efectuarse la desagregación de los materiales; el caudal conseguido de este modo era de unos 170 litros por segundo, con la presión de 8,4 kilogramos por centímetro cuadrado en el nivel de la bomba. A medida que eran trasportados los productos al macizo en construcción, el agua que había servido para dicho objeto se recogía, como se indicará al ocuparnos del depósito de los materiales, y se devolvía al embalse auxiliar, utilizándose de esta suerte repetidas veces el mismo líquido, cuyo volumen se reducía tan sólo por las pérdidas ocasionadas por evaporación y durante las operaciones de desagregación y transporte. Ocurría, sin embargo, que en algunas ocasiones llegaba tan turbia el agua al embalse, que entorpecía la marcha de la bomba, y con su mayor densidad aumentaba la carga sobre el motor, siendo entonces preciso detener las operaciones, hasta que el fango se sedimentase suficientemente.

Las canales ó cañerías se apoyan sobre el terreno mientras es posible, y sólo se recurre á elevarlas sobre caballetes de madera, para evitar rodeos grandes ó salvar otros inconvenientes que pueda ofrecer el llevarlas en la forma expresada. Las pendientes que conviene adoptar dependen de los materiales que hayan de transportarse y de las circunstancias locales, debiendo tenerse presente que la altura disponible desde el pie de la excavación hasta la parte alta del macizo que se construya irá disminuyendo á medida que éste avance en el sentido vertical. A título de indicaciones diremos: que en las obras del lago

Francés, para el transporte de tierras arcillosas bastó la inclinación del 3 por 100; en la construcción de terraplenes para el ferrocarril del Norte del Pacífico, con tierras en que abundaba la grava y aun las piedras, dieron buenos resultados pendientes del 7 y 8 por 100; y en las obras citadas anteriormente de la línea del Pacífico Canadiense, la naturaleza de los materiales obligó á que se adoptasen inclinaciones del 11 al 25 por 100, que permitían el arrastre de piedras hasta de 30 y aun 60 decímetros cúbicos, si bien á menudo se detenían produciendo el consiguiente represamiento y desborde del líquido.

La conducción del agua se hace por medio de canales ó de tubos. Las canales pueden ser de chapa de hierro ó acero, con sección en arco de círculo, pero generalmente son de madera y sección rectangular. Siempre están constituidas por tramos cortos, que permitan enlazarlos con sencillez para que con facilidad puedan ser montados y demontados; y cuando por la excesiva pendiente y cambios de ésta se teme que puedan producirse desbordamientos del líquido, se cubren por su parte superior formando tubos. Las canales de madera suelen desgastarse muy rápidamente si no se reviste su fondo, empleándose á este efecto tarugos de madera, chapas de palastro, de hierro ó de acero, ó carriles viejos. Ejemplo de estos revestimientos son los de las canales de madera que se usaron en las obras del Pacífico Canadiense, de sección cuadrada, con unos 0,90 metros de lado, en las que se emplearon tarugos de madera cuando las pendientes no eran muy fuertes, y carriles en las de mucha inclinación; también en las del ferrocarril del Norte del Pacífico, con pendientes del 7 y 8 por 100, se revistió el fondo de las canales de madera con bloques de 7,5 centímetros de lado, colocados con las fibras verticales. En las obras de la presa del valle de Crane, California, para llevar un volumen de 70 litros por segundo, de agua con arena, en pendiente del 6 por 100, se usaron canales de pino de 2,5 centímetros de grueso, formándose la sección con tres tablonos de 30 centímetros de anchura, que constituían un rectángulo de 25 de ancho por 30 de

alto; hasta llegar á las inmediaciones de la presa en construcción se colocaba un tablón formando techo.

Las canales descubiertas pueden vigilarse con facilidad, y por medio de uno ó dos obreros situados en los tramos de pendientes suaves, se evitan ó deshacen los atascos producidos por materiales gruesos ó por la excesiva proporción de sólidos arrastrados por el agua. Cuando por dicha causa sean de temer interrupciones, son preferibles á las cañerías; pero como en éstas es más difícil que se presenten, y como en ellas no es posible que se desborde el líquido, es conveniente su adopción en muchos casos. Pueden ser de madera, con revestimientos interiores de tiras de palastro, de hierro ó de acero; pero de ordinario son tuberías roblonadas, formadas con chapa delgada. En ambos casos se hacen los tubos de corta longitud para que sea más fácil su manejo, y con juntas en las que se sacrifica la impermeabilidad á la sencillez, para que puedan fácilmente montarse y desmontarse en las frecuentes remociones y en los atascos que suelen ocurrir. Para la construcción de las presas, relativamente antiguas, de Tyler y La Mesa se emplearon respectivamente tuberías de palastro y de madera: en la primera, los tubos, de unos 33 centímetros, estaban enchufados como los de las estufas; en la de la Mesa estaba formada por duelas, como las de las barricas, en trozos de 3 á 3,50 metros de longitud, unidos por medio de láminas de palastro sujetas con pasadores á los extremos, lo que permitía enlazarlos con facilidad y sin grandes pérdidas de agua; estos tubos se desgastaron rápidamente, y hubo que revestirlos, primero con listones y luego con bandas de hierro y acero, por todo lo cual parece que hubiese sido preferible emplear tuberías metálicas y tal vez canales descubiertas. En las obras más modernas se ha hecho uso de tubos de acero, como por ejemplo, en la del lago Francés, en la que tenían diámetros de 51 y 56 centímetros. Para el transporte en sentido ascendente, que se efectúa en la construcción de la presa de Silver Lake, se emplean también tubos de chapa.

**Depósito de los materiales.**—Se efectúa naturalmente en el punto donde termina la canal ó cañería, tendiendo á formar una especie de cono de deyección, en el que los materiales más gruesos se depositan al pie mismo del extremo de la conducción, los más finos, en el punto más lejano adonde llegan las aguas, y los de tamaño intermedio, en la zona comprendida entre las dos anteriores. Esto da lugar á una cierta clasificación, que se acentúa aún más, por transportarse á mayores distancias los materiales, si en vez de dejar que se depositen directamente sobre el terreno caen sobre una masa tranquila de agua, como ya indicamos al describir la construcción de la presa de San Leandro. Aprovechase dicha distribución automática de los productos para ir situando las tuberías de salida, á medida que se va construyendo el macizo, de suerte que al verterse aquéllos queden colocados del modo más favorable para la impermeabilidad.

Con el doble objeto de conseguir la formación de una balsa en la que viertan los productos y evitar que se derrame el agua sobrante por los taludes del terraplén en formación, con peligro de destruirlo, se forman unos rebordes ó caballones con las materias más consistentes transportadas por el agua, y si esto no basta, se les protege con postes, traviesas viejas, maderos, copas de árboles, matas, heno ó paja, de lo que da idea el fotograbado adjunto, relativo á la presa del lago Francés.

La cañería de transporte de las tierras, al llegar á la presa termina paralelamente á su longitud, bien sobre caballetes hincados en el mismo macizo en construcción, ó bien apoyada simplemente en los rebordes de la balsa, pudiendo verse ambas disposiciones en los fotograbados frente á las páginas 136 y 148, relativos á las presas del lago Francés y de Silver Lake. En ciertos puntos de la balsa, á los que llegan las aguas casi limpias de productos, se colocan tubos ó canales que les dan salida al exterior, de modo que no produzcan desperfectos; con frecuencia desaguan en el embalse mismo que se va formado, con objeto de que contribuyan al mejor asiento de los materiales y pue-

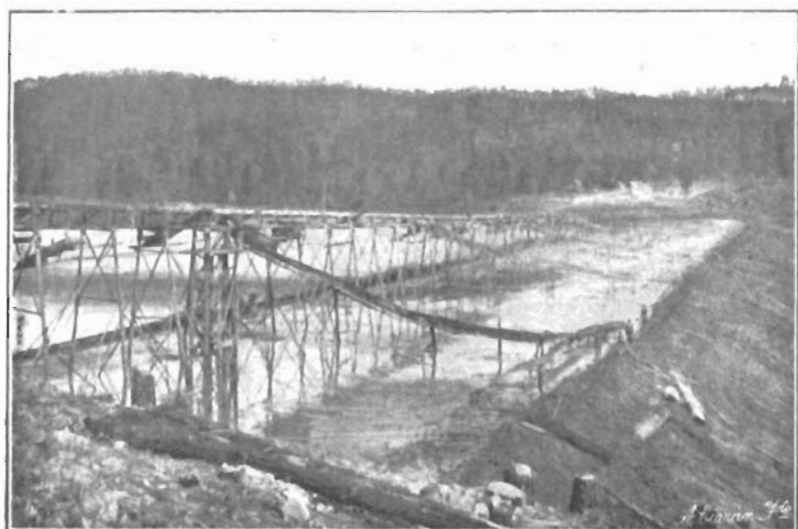
dan además ser utilizadas en épocas de escasez. Da idea de esta disposición el croquis de la página 148.

Completaremos lo relativo al depósito de los materiales refiriéndonos á las presas del lago Francés y del valle de Crane, ejemplos ambos de recientes aplicaciones del procedimiento hidráulico.

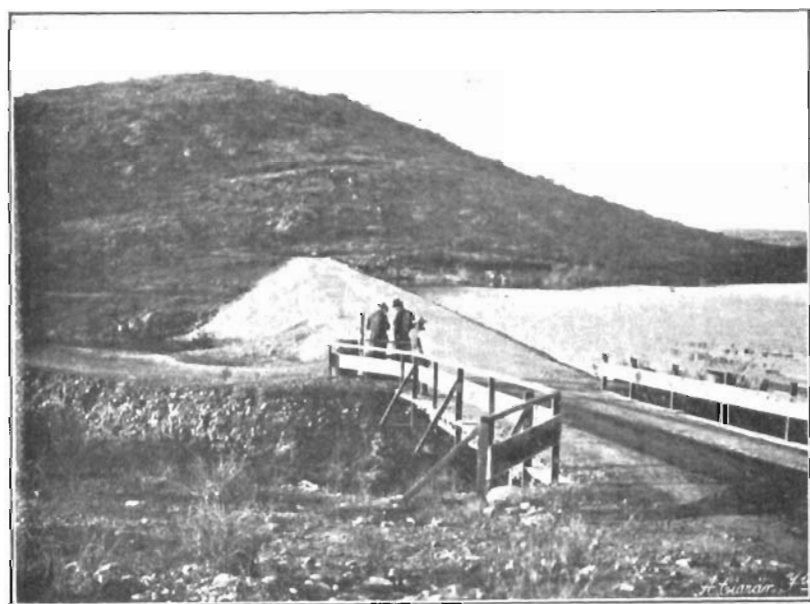
No se empleó éste en la primera, ejecutada por los métodos usuales, mas que para rellenar la parte destruída por rotura de la primitiva. Como ya hemos dicho anteriormente, el material transportado por las aguas se componía principalmente de tierras arcillosas, y con los productos más consistentes que entraban en su composición se formaron rebordes de 30 á 60 centímetros de altura en los dos taludes, entre los que se depositaba el fango de arcilla fina, dándose salida al exceso del agua que se embalsaba, por medio de canales situadas en un extremo ó por un tubo en sifón, mediante los cuales se reintegraba al pequeño embalse construído para suplir la insuficiencia del caudal disponible.

Algunas veces se reblandecía tanto el macizo, que se producían deslizamientos en los taludes. Esto ocurría, cuando no se empleaba material suficientemente poroso y consistente para formar los rebordes, en los que conviene que haya gravilla, piedras pequeñas y arena, de suerte, que pueda producirse un resudamiento continuo á lo largo de toda su longitud. Como no se encontraban dichos materiales mezclados con la arcilla en las proporciones convenientes, fué al fin preciso consolidar los muretes por medio de matas y ramaje.

En el fotografado adjunto se indican los rebordes sostenidos de este modo, las palizadas que soportaban la canalización, el desagüe de ésta, en cuya boca se colocaron normalmente tablonces para que los productos gruesos se distribuyeran paralelamente á los muretes, las pendientes suaves, que conviene ir dejando hacia la parte central del macizo, y, por último, el efecto producido por movimiento gradual de las aguas embalsadas hacia el extremo, por el que se desaguaban las sobrantes.



Presa del lago Francés. — Distribución de las tierras en el macizo en formación.



Presa de La Mesa. Noviembre de 1907.





Al verter los materiales junto á los bordes de los taludes, como se precipitaban primero los mayores, pudieron formarse los muretes con facilidad, quedando los demás productos depositados por orden decreciente. La pendiente hacia la parte central aumentaba en virtud del mismo relleno, y las partículas, al ir rodando sobre las ya depositadas, iban quedando cada vez más lejos de la boca de salida. Salía, por fin, el agua por la parte de la balsa más alejada del desagüe de la tubería, llevando todavía un 2 á 3 por 100 de materias en suspensión, que al principio volvían con ella al pequeño embalse regulador perjudicando el funcionamiento de las bombas elevatorias; pero que, cuando se enviaron luego al embalse que se estaba formando, resultaron beneficiosas, por contribuir á la impermeabilidad al sedimentarse sus fangos sobre el pie del macizo. Ocurría en ocasiones, cuando los caballones quedaban demasiado altos ó los depósitos se acumulaban en un punto, que había tendencia á producirse estratificaciones, consideradas inconvenientes por favorecer las filtraciones por las superficies de separación de las capas. En los sitios donde se observó esto, se tuvo gran cuidado en evitar que se siguieran produciendo acumulaciones, rompiendo, además, la continuidad de los estratos con la introducción de tablones en el barro, cuando aún estaba muy blando, hasta donde podía hincarlos un obrero con su peso, sacándolos inmediatamente después. Se prosiguió este trabajo constituyendo varias líneas de surcos, paralelos al eje longitudinal, desde una barcaza que recorría el embalse formado en la parte superior del macizo en construcción. Semejante labor dió un resultado eficaz, pues el barro penetraba en seguida en los huecos que dejaban los tablones, rompiendo la continuidad de las superficies de separación de los estratos. Este y otros detalles análogos hacen ver que el procedimiento de construcción de que tratamos tiene poco de rutinario, y que exige, por el contrario, muchas precauciones, atenta observación y habilidad por parte de los pocos operarios que requiere.

El material utilizado para el macizo de la presa del valle de

Crane, constituido principalmente por arena mezclada con arcilla, se transportaba por dos canales de madera, una junto á cada talud, empleadas alternativamente. El procedente de cada una de dichas canales iba depositándose en el lado correspondiente; y cuando las partículas gruesas, que cada vez se iban acercando más á la parte central de la presa, llegaban hasta el límite que no convenía rebasar para conseguir la impermeabilidad debida, se detenía la operación, que se continuaba con la canal del otro lado, hasta que éste se elevaba á la misma altura alcanzada con la primera. En la base, no se consentía que la arena más gruesa se aproximase á más de 12 metros del centro; pero á medida que subía el macizo ó iba disminuyendo la anchura superior, se disminuía proporcionalmente aquella distancia.

El agua sobrante salía de la balsa en que se habían depositado los materiales, por un pozo vertical de 56 centímetros de diámetro, situado en un extremo, encima de la cámara destinada á las compuertas de desagüe, que había de servir luego para alojar los mecanismos de maniobra. El pozo estaba constituido por tubos de cemento, formando anillos de 30 y 15 centímetros de altura. Una vez elevados ambos lados del macizo por los materiales conducidos por las canales, se levantaba también el nivel de la balsa, agregando un nuevo anillo al pozo circular.

Las canales se disponían de modo que, cuando el macizo alcanzaba el nivel de su parte más baja, quedaban sobre la arista del talud correspondiente; se elevaban entonces, aproximándolas al centro lo suficiente para que al subir hasta ellas el macizo volviesen á quedar sobre las aristas de los taludes. Se colocaban apoyadas en caballetes, formados con tablones de 5 por 10 centímetros, y quedaban á unos 3 metros de altura cada vez que se movían de posición; los tablones, que constituían los pies derechos de los caballetes, se sacaban sin dificultad de la arena y se usaban por consiguiente repetidas veces.

En cada una de las canales se dejaban en su parte inferior

aberturas con compuertas, que permitían el paso de un chorro pequeño de agua, con objeto de que pudiera hacerse salir por ellas los granos gruesos de la arena que iban rodando por el fondo; formábanse así montículos que fácilmente extendían los obreros, constituyendo con poco trabajo los rebordes permeables de la balsa. El agua cargada de las demás sustancias se vertía en los puntos convenientes por escotaduras practicadas en la pared lateral, las que podían cerrarse con unos tablones, ó bien abrirse, dejando aquéllos colocados á través de la canal para impedir que el agua pudiese seguir por ella.

Para esta presa se proyectó una pantalla de tabla, en el sentido de su longitud y hacia su parte central, que se pensaba elevar hasta el nivel del embalse, con el principal objeto de formar un tabique de separación entre las sedimentaciones de uno y otro lado, evitando así que los materiales formasen estratificaciones. Dicha pantalla sólo se elevó á 1,50 metros sobre el fondo, pues se vió que se destruían fácilmente las capas que pudieran formarse, hincando tablones por el procedimiento descrito al ocuparnos de la presa del lago Francés. Los tablones, de 2,5 centímetros de grueso, se hincaron, según líneas continuas, del lado del embalse, separadas entre sí unos 60 centímetros, hasta llegar á unos 6 metros del eje, formando de esta suerte 8 á 10 surcos cada vez que se practicaba esta operación. Como los tablones penetraban unos 3 metros, y esta labor se repetía con bastante frecuencia, cada vez que se ejecutaba se profundizaba hasta alcanzar varios de los surcos inferiores, resultando de este modo una cierta trabazón, que produjo muy satisfactorio resultado.

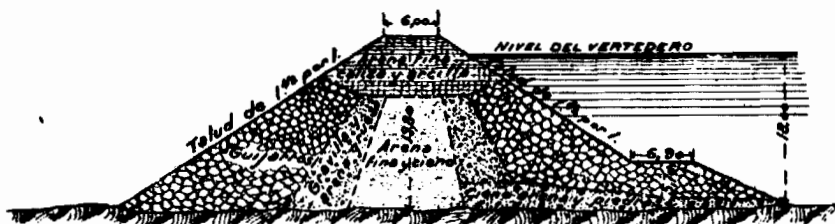
Los macizos formados por el procedimiento hidráulico son muy compactos y pueden construirse con grandes alturas, habiéndose llegado en la presa de Terrace, Colorado, á la de 68,50 metros y á 70 metros en los terraplenes del ferrocarril del Pacífico Canadiense. Los asientos se verifican principalmente durante el depósito de los materiales, en el que por la acción del agua las partículas más finas llenan casi por completo todos los

intersticios que quedan entre las gruesas. Cita á este efecto Mr. Schuyler, que durante la reconstrucción de la presa del lago Francés, dirigida por él, pudo comprobarse que el volumen del macizo formado hidráulicamente sólo era el 82,6 por 100 del de la excavación del terreno empleado para formarle, y aun cuando parte de las tierras salía en estado de fango con las aguas turbias, esta cantidad sólo llegaba al 4,4 por 100. Estos datos prueban que, en el caso de que se trata, las tierras de la presa presentaban mayor compacidad que en el cerro de que se extraían, lo que indica desde luego la gran consolidación que habían adquirido los materiales.

**Perfiles adoptados para varias presas.**—El procedimiento descrito tiene por objeto excavar, transportar y depositar tierras en condiciones que pueden ser ventajosas en muchos casos y, por consiguiente, tener numerosas aplicaciones. Una de ellas, la más extendida, es la de construir los macizos de las presas de tierra y de las presas mixtas, que ofrecen en este caso, sin embargo, ciertos rasgos característicos, debidos á la forma en que se depositan los materiales, como es, por ejemplo, la facilidad con que puede conseguirse su clasificación por orden de impermeabilidad creciente hacia el núcleo central.

Esta facilidad con que se presta el procedimiento, según acabamos de indicar, para formar un núcleo arcilloso impermeable en la parte central de la presa, motiva que gran parte de las contruídas lo hayan sido con dicho núcleo, especialmente cuando los terrenos de donde se extraen los productos están formados por arcillas mezcladas con arenas y gravas. En otros casos en que los materiales disponibles consisten en tierras mezcladas con piedra, se han adoptado perfiles de presas mixtas de tierra y escollera. Por último, podemos citar el ejemplo de una presa que se está construyendo encima de San Bernardino, California, con pantalla formada por un muro de mampostería.

**Presas con núcleo arcilloso.**—Una de las más antiguas es la de La Mesa, ya citada anteriormente, que presenta el perfil representado por la figura adjunta.



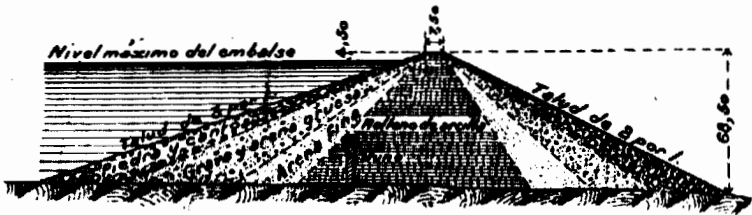
Sección transversal de la presa de La Mesa.

La clasificación de los productos que forman esta presa hace muy difícil que pueda fallar por sobresaturación y corrimiento de los taludes, constituidos por materiales permeables y consistentes. Si se presentase alguna vía de agua, el drenaje formado por la parte situada aguas abajo del núcleo, daría salida á aquella, sin que perdiese en resistencia el macizo; lo que seguramente ocurriría, si en vez de estar formado de arena y piedra, lo fuese por tierras, que se reblandecerían al contacto del agua.

Desde que se terminó esta obra existe una filtración, que cuando el embalse está lleno es de unos 5,5 litros por segundo. Se trató de corregirla recubriendo el paramento de aguas arriba con un revestimiento de hormigón de asfalto, pero no se obtuvo resultado. Según observamos al visitar la presa, parece que debe proceder de la deficiente unión del macizo con las laderas y fondo, pues sólo se ve correr por éste, sin que exista señal alguna de filtración en el cuerpo de la obra. Esta presenta el aspecto que se ve en la fotografía de la pág. 136, en cuyo primer término figura la excavación del canal del vertedero.

Otro ejemplo de presas con núcleo arcilloso es la de Terrace, en Colorado, de 180 metros de longitud en la coronación, y que es la más alta de tierra construída, al menos de las que han llegado á nuestra noticia. El terreno de que se disponía para pro-

porcionar los materiales del relleno era un drift glacial, formado de arena, grava y cantos, mezclados con arcilla. La sección adoptada fué la que indica la figura adjunta.



Sección transversal de la presa de Terrace.

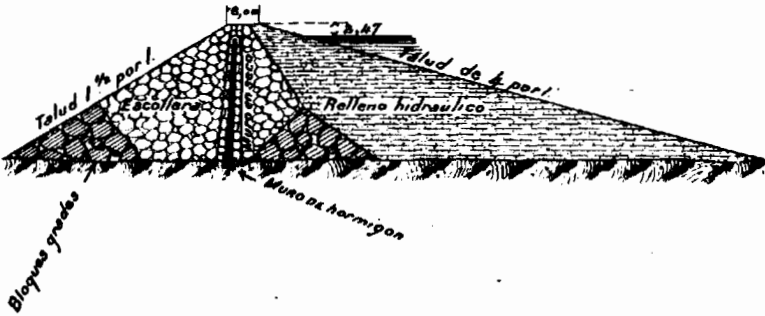
La presa cierra una estrecha garganta, cuyos primeros 21 metros desde el fondo tienen las paredes casi verticales, formadas por traquita dura, constituyendo un canal de sección rectangular, que se cerró con el muro representado en el dibujo, de 45 centímetros de espesor y planta curva de 15 metros de radio. Este muro estaba unido por cada uno de sus extremos á otros dos que subían por la ladera, siguiendo la dirección del eje de la presa y separándose entre sí hasta quedar á 7,50 metros de distancia, con cimientos excavados en la roca y sobresaliendo de ésta de medio á un metro. Todo ello tenía por objeto interceptar las vías de agua que tendieran á formarse á lo largo de la unión de la roca con las tierras del macizo. La ejecución del muro fué poco satisfactoria, por su construcción deficiente y por no haberlo fundado en la roca; se consiguió un efecto análogo al del muro haciendo trincheras profundas á ambos lados, que se rellenaron con arcilla bien amasada y en el muro se practicaron anchas aberturas, para que la arcilla, durante su sedimentación, pudiera pasar fácilmente de uno á otro lado, estableciéndose así la mayor trabazón posible entre las dos partes, que de otra suerte hubieran quedado separadas é independientes.

Pudiéramos mencionar otras varias presas análogas á las descritas, ó sea con núcleo central impermeable y tercios late-

rales porosos; pero sólo citaremos una actualmente en construcción, cerca de la ciudad de San Pablo, Brasil, formada con la arcilla y arenas procedentes de granito descompuesto, en la que se asegurará la impermeabilidad en la canal del río con un tablestacado metálico, encima del cual se dispondrá una pantalla, también metálica, del tipo del metal «deployé», que permita el paso á su través del agua, con los materiales en suspensión, durante la ejecución de la obra, pero que impida después el de las ratas y demás animales minadores.

**Presas mixtas de tierra y escollera.**—Como ya se ha indicado en el lugar correspondiente, cuando pueda obtenerse la piedra sin gran coste, son preferibles, en muchos casos, estas presas á las de tierra. La escollera se coloca por los procedimientos usuales y la tierra por el sistema hidráulico.

Ejemplos de este tipo de presas son las tres construídas en Milner, Idaho, sobre el Snake, las primeras en que fué empleado. La más alta tiene 26 metros sobre el fondo y unos 102 de longitud. Los materiales disponibles eran roca basáltica no descompuesta y una arcilla finísima, formada por «loess» diluvial. La sección adoptada fué la del croquis adjunto.



Sección transversal de las presas de Milner.

El relleno de escollera se hizo del modo siguiente: después de quitar el terreno superficial y el material suelto en toda la zona que había de ocupar cada presa, se excavó en la roca la

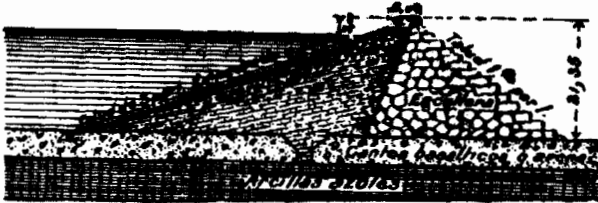
zanja para el murete de hormigón y se construyó éste en el fondo y laderas, con espesores de 1,50 á 1,80 metros. Encima del murete se colocó una pantalla de madera, formada por dobles tablonces de 5 centímetros, colocados horizontalmente, y sostenida por pies derechos de 8 por 15 centímetros, distantes entre sí 60 centímetros. Los pies derechos descansaban por sus extremos en el hormigón, que se enrasó primero á la altura correspondiente, completándose después la del murete como cosa de 1,20 á 1,80 metros con hormigón bien apisonado, que empotraba la base de aquéllos. A medida que se iba levantando la pantalla se ejecutaba también el relleno de escollera á uno y otro lado, haciéndolo á mano y con cuidado en las zonas próximas, para evitar la rotura de los tablonces con los choques y asientos de la piedra, y vertiendo el resto por medio de vagonetas transportadas por un cable aéreo.

El relleno hidráulico se llevó á cabo del modo usual, cuidando siempre que al irse elevando quedase unos 6 metros por debajo del de la escollera. Como la tierra empleada era tan tenue, formaba un barro sumamente fluido que penetraba por todos los huecos, relleno completamente la escollera hasta llegar á la pantalla. Esta dejó pasar algo del fango, pero las juntas de los tablonces se hinchaban con la humedad, consiguiéndose pronto una impermeabilidad completa.

Las pantallas de madera, empleadas en la construcción de las presas citadas y en algunas otras, tienen, como hemos visto, por objeto principal evitar que la tierra en estado de fango vaya á rellenar todos los huecos de la escollera, pues esto requeriría mucho mayor volumen de tierras, aumentándose, por consiguiente, el coste del macizo. No es, sin embargo, solución muy satisfactoria, pues la madera puede desaparecer con el tiempo, y se corre el riesgo de que la tierra vaya entonces á ocupar los huecos de la escollera del otro lado de la pantalla, debilitándose la resistencia de la obra y peligrando su impermeabilidad. Podría evitarse esta contingencia colocando á ambos lados de la pantalla gravilla y piedra, formando una especie de filtro que



impidiese el paso de la arcilla tenue, aun cuando aquella desapareciese. Otra solución que, en general, parece preferible, consiste en suprimir la pantalla, como se ha hecho en la construcción de la presa de Zúñi, en Nuevo Méjico.



Sección transversal de la presa de Zúñi.

Tiene 220 metros en la coronación y 21 de altura máxima. La escollera de los taludes se colocó con cuidado, y el relleno hidráulico se ha hecho entre muretes de tierra seca, transportada por parejas de caballerías, porque estando el material disponible compuesto de 23 por 100 de arcilla y el resto de una arena finísima, los caballones no podían tener consistencia si no estaba seca la tierra. El contiguo á la escollera tenía unos 3 metros de anchura, y se llevaba siempre bastante más elevado que la balsa donde se vertían los productos, para evitar que éstos pudiesen penetrar en el macizo de escollera. La excesiva finura de la arena hacía muy difícil su separación de la arcilla, y como la mezcla resultaba muy impermeable, no se intentó clasificar los productos al depositarlos para formar el terraplén.

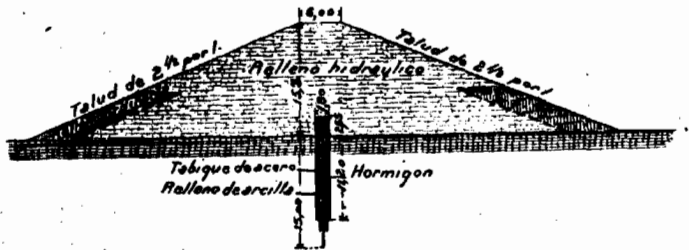
**Presas de tierra con pantalla de fábrica en su interior.**— Si bien en términos generales, y como ya dijimos al tratar de las presas de tierra, no suele ser necesario recurrir al establecimiento de un muro en el núcleo, formando pantalla, para conseguir la impermeabilidad, puede aceptarse esta solución, cuando no sea fácil obtenerla por otros medios. Tal sucede en la presa en construcción encima de San Bernardino, California, de unos 60 metros de altura máxima y 240 de longitud, en la que

el producto utilizable para el relleno consiste en granito descompuesto, que apenas tiene el 10 por 100 de arcilla, siendo, por consiguiente, imposible obtener con semejante material un macizo bastante impermeable. En tales circunstancias se ha recurrido á la construcción de un muro pantalla en la parte central y en toda la longitud de la presa, sólidamente cimentado en el granito y alcanzando hasta la coronación. El muro está hecho de mampostería con mortero de cemento Portland, teniendo un espesor de 6 metros en la base y 0,90 en su parte más alta.

#### Construcción de la presa de Silver Lake, en Los Angeles.—

Es la única presa, de que tengamos noticia, en que se han transportado los productos hasta el macizo formado con ellos, impulsando los barroes á lo largo de una cañería ascendente. Por este motivo la describiremos con algún detalle.

Está construyéndose por la empresa abastecedora de aguas de Los Angeles, y tiene por objeto formar un depósito con una capacidad de 590.000 metros cúbicos. Tendrá unos 275 metros de longitud en la coronación y unos 15 de altura máxima sobre el fondo del cauce.



Sección transversal de la presa de Silver Lake.

Como expresa la sección representada, forma parte de esta presa un núcleo, que profundiza hasta llegar al lecho de roca y sobresale unos 2,65 metros sobre el terreno. Está constituido por



Presa de Silver Lake.—Desagregación del terreno por medio de monitores.



Presa de Silver Lake.—Elevación y transporte de los productos desagregados por medio de una bomba centrífuga.—(Las + indican los puntos en que se está desagregando el terreno.)



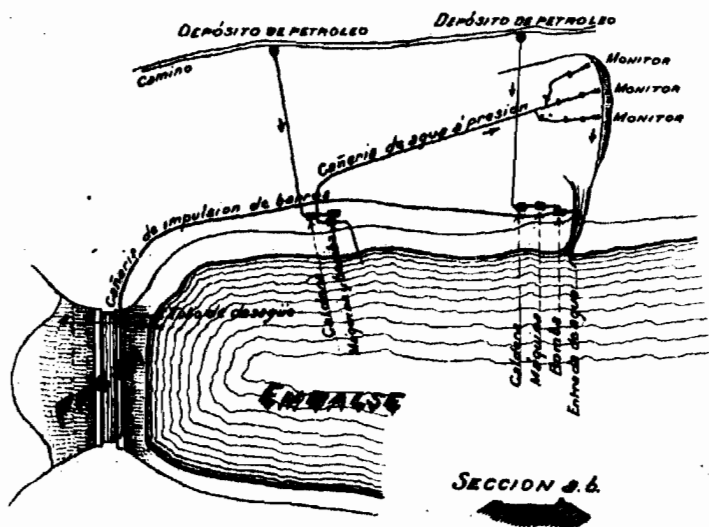
una parte central de hormigón, de unos 90 centímetros de espesor, que, con objeto de asegurar la impermeabilidad, lleva en su mitad un tabique formado por láminas de acero. A ambos lados del hormigón hay rellenos de arcilla apisonada, de unos 45 centímetros de espesor, que ocupan los huecos entre el terreno y el muro de hormigón. En la parte en que queda la roca á mayor profundidad se han establecido, debajo del muro, tres filas de pilotes de acero, hincados hasta alcanzarla, en la forma que expresa la sección dibujada.

El macizo, que tiene unos 110.000 metros cúbicos, se comenzó á construir por los medios ordinarios, pero se continuó, en cuanto quedó terminada la instalación de la maquinaria y demás elementos necesarios, por el procedimiento hidráulico, con el que se ha formado la mitad del volumen. Se aplicó primero dicho sistema, desagregando el terreno, de consistencia no muy grande y formado de arcilla con arena, utilizando el agua de una tubería, establecida antes de construirse esta obra, por la que salía con la velocidad suficiente para producir la erosión; recogíase el barro fluido que se formaba en un punto bajo, desde donde, por medio de una bomba centrífuga, se impelía por una cañería de unos 450 metros, hasta la presa en construcción. En ésta había una canal á lo largo del muro del núcleo, de la que salían tubos normales, que conducían los productos hasta los taludes. Cuando el agua de la tubería hubo ya desagregado por erosión todo el material posible, se instaló una segunda bomba, destinada á proporcionar agua con carga, continuándose la desagregación por medio de un monitor bajo la presión de 4,5 kilogramos por centímetro cuadrado. En este trabajo sólo se empleaban 26 litros de agua por segundo, que servía primero para el del monitor y luego para el arrastre y elevación de los productos. Cuando la presa estaba á una altura de 7,20 metros, la bomba impelente, para vencer la acción de la gravedad y rozamientos en la tubería, trabajaba á la presión de 2,25 kilogramos por centímetro cuadrado. Se transportaban, por jornada de nueve horas, unos 230 metros cúbicos de material, corres-

pondiendo una proporción de sólidos arrastrados por el agua, del 28 por 100.

A fines del pasado mes de Noviembre, cuando visitamos esta obra, los trabajos habían sufrido modificaciones respecto á lo que se acaba de describir, habiéndose organizado, según expresa el croquis adjunto y los fotograbados que se acompañan, del siguiente modo:

Tres monitores, cada uno manejado por un operario que dirige el chorro y otros dos dedicados á mover el aparato y la manga de alimentación, excavaban la tierra en un frente que seguía aproximadamente la dirección de la máxima pendiente del terreno. A lo largo de este frente corría el agua con que se había hecho la desagregación, arrastrando en suspensión la tierra excavada hasta un punto próximo al embalse, que estaba ya constituido en gran parte de su altura. El agua, con los pro-



Croquis de las instalaciones, á fines de Noviembre de 1907, para la construcción de la presa de Silver Lake.

ductos arrastrados, se mezclaba después con cierta cantidad de la del embalse, que á este efecto estaba en comunicación con



Presa de Silver Lake.—Distribución de los productos en el macizo en construcción.



Presa de Silver Lake.—Vista superior del macizo en construcción.  
Noviembre de 1907.





el punto bajo adonde habían llegado los barro, con lo que se diluían éstos, y haciéndose más fluidos, se facilitaba su transporte. Absorbidos los barro por el tubo de aspiración de la bomba centrífuga, eran impelidos á lo largo de una tubería de unos 450 metros de longitud, colocada directamente sobre el terreno natural, hasta el macizo de la presa.

En el croquis puede verse la manera como se efectuaban todos estos trabajos. Tanto la bomba destinada á suministrar el agua á presión para los monitores, que era de émbolo, porque no tenía que elevar más que agua clara, como la centrífuga que transportaba los barro, estaban movidas por máquinas de vapor, cuyas calderas empleaban el aceite mineral bruto, procedente de los pozos de Los Angeles, en donde hay gran abundancia de dicho producto, que es el combustible más barato, pues el carbón tiene que llevarse de puntos muy lejanos. Dicho aceite se depositaba en tanques situados á la orilla de un camino de carros, bastante más altos que las calderas, á las cuales llegaba como expresa el croquis, en virtud de la gravedad, por medio de tuberías de hierro.

El depósito de los productos se efectuaba á su salida de la tubería, indicada en el croquis y fotografados, que corría á lo largo del talud de aguas arriba, y tenía su descarga junto á la margen izquierda. La salida de las aguas sobrantes tenía lugar por el otro extremo de la balsa, cuyos rebordes se forman con tierras llevadas por los procedimientos ordinarios, pues con los productos transportados hidráulicamente no se conseguía la suficiente consistencia. Bastaban tres hombres para ir extendiendo los productos vertidos como representa uno de los fotografados.

El día que visitamos esta obra no había en ella más que 18 operarios, de los cuales 9 manejaban los tres monitores, 3 conducían las bombas y calderas y los restantes estaban en la presa.

El trabajo es sumamente sencillo y las instalaciones nos parecieron también sencillas y eficaces. El macizo resulta muy compacto, y en la presa, apenas si se notaban más que dos pequeñas filtraciones recogidas por tubos de drenaje.

**Datos relativos al coste de varias obras.**—Varía éste entre límites muy extensos, puesto que las condiciones en que se efectúan la desagregación, transporte y depósito de los materiales suelen ser muy diversas; pero para dar una idea de los precios á que resultan, citaremos algunos relativos á las obras que hemos mencionado al ocuparnos de aquellas operaciones.

Los más bajos se han obtenido en los terraplenes para ferrocarriles, que no requieren precauciones especiales al depositarse los productos, pudiendo citar en la línea del Pacífico del Norte, donde, en general, no hubo que recurrir al agua á presión, alguno que no excedió de 0,25 pesetas por metro cúbico, siendo el precio medio de 0,31 pesetas. En los terraplenes del Pacífico Canadiense, en que tampoco hubo que obtener la presión con bombas, resultó un precio medio de unas 0,50 pesetas por metro cúbico.

Las obras de reparación de la presa del Lago Francés, hechas en condiciones muy desfavorables por tratarse de un volumen pequeño, que había que colocar con precauciones especiales para incorporarlo bien á la parte subsistente, costaron cerca de 1,30 pesetas por metro cúbico, incluyendo en éste, como en todos los precios que citamos, los gastos de jornales, materiales é instalaciones.

En la presa referida, para formar un embalse en una de las islas Hawái, se contrató la desagregación y transporte de los productos á 53 céntimos, y agregando los gastos de extensión y arreglo, resulta el precio de 0,58 pesetas por metro cúbico.

En la de Terrace, contando con toda clase de gastos, el precio se ha elevado á 0,78 pesetas.

Según nos manifestó el ingeniero encargado de la construcción de la presa de Silver Lake, el coste del metro cúbico resultaba á algo más de una peseta; pero cree que se habría reducido á la mitad si se hubiese ejecutado todo el macizo con relleno hidráulico.

Parecen indicar los precios citados que, en Norte-América, la construcción por este procedimiento de presas que se encuen-

tren en las condiciones corrientes, permite obtener el metro cúbico por 50 á 80 céntimos de peseta. Comparados estos precios con los usuales en aquel país para las presas de tierra, que suelen ser de una á dos pesetas por metro cúbico, se ve desde luego que resultan bastante más económicos.

**Resumen critico sobre el procedimiento hidráulico de construcción de macizos.**—Aun cuando no puede decirse que era desconocido este procedimiento hasta las aplicaciones hechas en América, su empleo se había limitado, aprovechando la propiedad que poseen las corrientes de agua para transportar materiales en suspensión, á los entarquinamientos y algunos rellenos hechos con productos de dragados.

En términos generales, y aun con jornales más baratos que en los Estados Unidos, puede decirse que cuando el terreno de donde han de extraerse los productos y el agua que ha de desagregarlos y transportarlos, se encuentran en condiciones favorables, es tal vez el medio más económico para la construcción de terraplenes, pudiendo tener muy buena aplicación en los de las vías férreas y en otros muchos casos.

Circunscribiéndonos al examen de su empleo en la ejecución de los macizos de las presas, bien sean éstas de tierra solamente, ó bien mixtas, creemos que este nuevo método de construcción permite alcanzar resultados tan satisfactorios como los obtenidos con los ordinarios, cuando se toman todas las precauciones de que hemos hecho mención al ocuparnos de las presas de tierra de mucha altura; y en los casos en que se aplica en condiciones favorables, se consigue con su adopción una considerable economía.

Es característica de este procedimiento aplicado á la construcción de presas, la facilidad con que cabe separar los diversos materiales que se hallan mezclados íntimamente en el terreno de que se extraen, y hacer que se depositen en el macizo en formación, del modo más útil y conveniente para la constitución de una presa impermeable y estable. Hemos visto, en efecto,



con qué sencillez se consigue que los cantos, gravas y arenas gruesas, es decir, los materiales que resisten mejor el rozamiento y acción del agua, lluvias, etc., y los que por su permeabilidad deben hallarse en sus partes exteriores, puedan depositarse en los taludes, y que las tierras arcillosas formadas por las partículas finas, capaces de constituir núcleos impermeables, queden en el centro, protegidas por los materiales más gruesos. Cabe con este procedimiento lograr, en ciertos casos, la construcción de una presa estable con materiales que no serían utilizables por el ordinario, puesto que el terreno de que se extraen puede estar formado por una mezcla que no reúna las condiciones adecuadas para formar un macizo impermeable y, sin embargo, ser esto factible una vez hecha la separación y conveniente clasificación de sus elementos.

En los varios ejemplos referidos se han encontrado materiales que reunían condiciones muy diversas, obligando á adoptar disposiciones distintas para su desagregación, transporte y depósito. Conviene notar con insistencia que el sistema sólo es aplicable cuando los productos disponibles reúnen condiciones apropiadas, y este es punto que debe estudiarse con gran detenimiento. Según el ingeniero Mr. Schuyler, propagandista entusiasta del procedimiento, el mejor material está compuesto de cantos rodados, grava y arena, mezclados con un 25 á un 35 por 100 de arcilla, y el que ofrece más dificultades, entre los admisibles, es la arcilla pura, por su inestabilidad mientras está húmeda, por la lentitud y dificultad con que se le sana y, finalmente, por las grietas á que da lugar la gran contracción que sufre al desecarse, pudiendo producirse aquéllas aun después de transcurridos varios meses desde la terminación de la obra, si bien, en cambio, cuando llega á consolidarse ofrece la mayor resistencia al paso del agua. Aunque la arcilla es el material más impermeable, cuando escasee ó no se encuentre en el terreno, puede sustituirse por otros, como ocurre, por ejemplo, con el «loess» glacial empleado en las presas del Snake.

En el procedimiento hidráulico para construir presas de tie-

rra, la facilidad con que pueden quedar clasificados los productos al verterlos sobre el macizo en construcción, motiva en muchos casos, como hemos dicho al ocuparnos de aquéllas, la adopción del perfil, elegido en las de Terrace, de La Mesa y tantas otras, formado por un núcleo impermeable, ocupando el tercio central, recubierto á ambos lados por arenas, cantos y gravas, colocados por orden de tamaños decrecientes desde los taludes.

No siendo preciso, en general, recurrir á muros pantallas para conseguir la debida impermeabilidad, puede excusarse su empleo, que produce un aumento de gasto innecesario y no está exento de inconvenientes, según se ha dicho. Hay, sin embargo, ocasiones en que teniendo aplicación el procedimiento hidráulico, la naturaleza de los materiales no permite que sean clasificados en la forma dicha ni, por lo tanto, que se forme con ellos el núcleo central impermeable; en tales casos puede estar justificada su sustitución por un muro de fábrica, como ocurre en la presa de San Bernardino, descrita precedentemente.

En las mixtas de tierra y escollera puede depositarse la tierra empleando con ventaja este procedimiento. La pantalla de madera, colocada entre la escollera ó delante de ella, á que se ha recurrido algunas veces para impedir que los materiales muy tenues escapasen á través de la piedra, durante el período de consolidación de la presa, cabe admitirla en algunos casos especiales, pues aun cuando á la larga se destruya, puede haber ya cumplido su misión. En general, es más recomendable, sin embargo, la disposición adoptada para la presa de Zuñi, y, cuando los materiales se presten á ello, será aún mejor formar el relleno hidráulico con un núcleo impermeable y las porciones exteriores de arena y gravilla. Si no es posible la clasificación, como ocurrió en dicha presa de Zuñi, convendrá efectuar el relleno hidráulico, según allí se hizo, colocando previamente la escollera de suerte que forme filtro en la zona en contacto con la tierra, y revistiendo el paramento de ésta, para que no se socave y destruya por la erosión debida al oleaje, las lluvias y otras causas.

Creemos oportuno llamar la atención sobre la circunstancia de que este procedimiento, que al principio sólo se consideraba utilizable cuando se disponía de bastante cantidad de agua y los terrenos aprovechables para la formación del macizo estaban suficientemente altos, permitiendo el transporte por la sola acción de la gravedad, ha podido aplicarse con éxito en Norte-América en casos en que no se realizaban estas condiciones. Recordaremos, en efecto, que, según dijimos refiriéndonos á la presa del Lago Francés, es susceptible de emplearse con un caudal relativamente pequeño, puesto que puede usarse en circuito continuo, bastando suplir la gastada por desecación, filtraciones, evaporación y otras pérdidas no grandes; y la construcción de la presa de Silver Lake, demuestra que puede, en ocasiones, resultar más económico este sistema que los ordinarios, aun en el caso de que el transporte de los productos tenga que efectuarse impulsándolos á lo largo de tuberías ascendentes, sobre todo si se dispone de fuerza barata.

Además de tener aplicación indicada para el transporte y depósito en puntos donde hay que realizar rellenos con los productos obtenidos con dragas de succión ú ordinarias, según se practica corrientemente, pudiera tal vez ser empleado con notoria ventaja, como indicó hace ya tiempo en la *Revista de Obras Públicas* uno de los autores de esta Memoria, en la limpieza de los pantanos, practicada, bien con dragas, ó bien por el procedimiento hidráulico, utilizando los productos de esta operación, cuando sea ventajoso, en el recrecimiento de las presas de tierra que los cierran, alcanzándose de este modo dos fines distintos en una sola operación.

El ingeniero Mr. Schuyler, que ha tenido ocasión de aplicar este procedimiento varias veces, opina que por su mayor eficacia y economía, demostradas ya de un modo positivo, debe reemplazar al ordinario cuando se trate de establecer presas de tierra de más de 30 metros de altura, pues el último no puede, en general, ofrecer las garantías que el primero representa en cuanto á impermeabilidad y asientos del macizo, á menos de

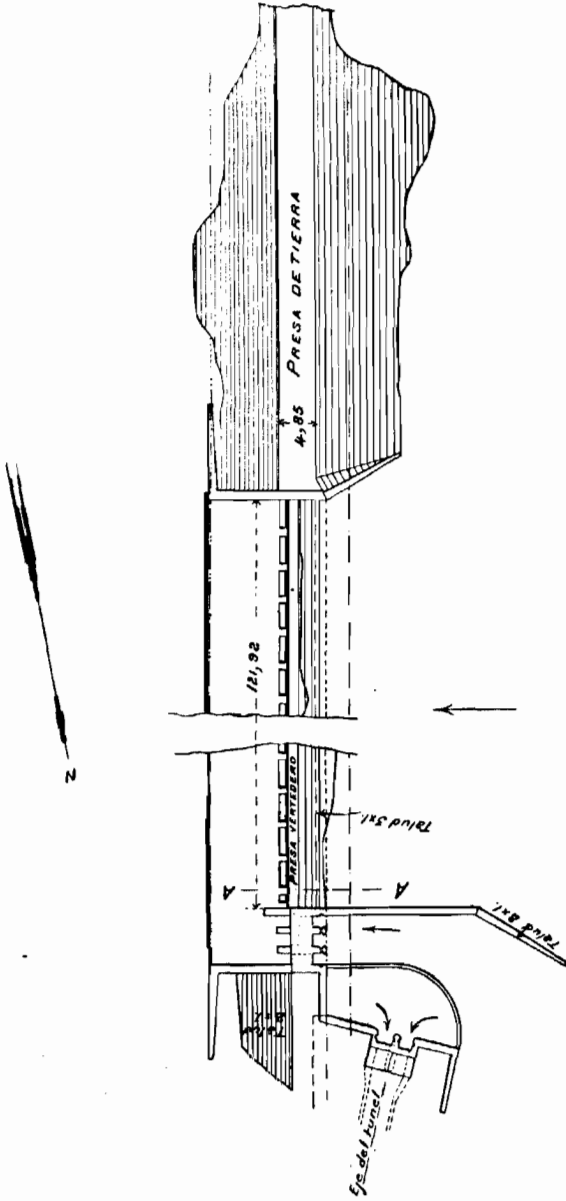
adoptar precauciones que excedan los límites de una razonable economía.

Tal vez estas afirmaciones puedan tenerse por demasiado absolutas, y así lo consideran algunos autorizados ingenieros norte-americanos, cuyas opiniones sobre este asunto hemos solicitado; pero es un hecho indudable que el nuevo procedimiento va propagándose más á medida que es mejor conocido, admitiéndose generalmente, que es de fácil aplicación, que no requiere, de ordinario, instalaciones muy costosas, y que con frecuencia constituye la solución más económica cuando se trata de la construcción de macizos de tierra de alguna importancia.

Por nuestra parte creemos que está llamado á extenderse y aplicarse en muchas ocasiones, saliéndose de los reducidos límites á que se ha circunscrito hasta ahora, y que deberá tenerse desde luego en cuenta al hacer el estudio comparativo de las soluciones que pueden adoptarse para construir las presas y, en general, para las formaciones de macizos y aun para otras varias aplicaciones.

#### PRESAS DE DERIVACIÓN

Como en casi todas las obras hidráulicas, se nota en las presas de derivación modernas un marcado perfeccionamiento al compararlas con las antiguas. Especialmente las proyectadas por el Servicio federal de obras de riego revelan, ordinariamente, un estudio esmeradísimo del problema en general y de las circunstancias especiales que en cada caso concurren. El trazado en planta es recto y, casi siempre, normal á la dirección de la corriente, habiéndose desechado, muy acertadamente á nuestro juicio, las plantas curvas, quebradas ó muy oblicuas á aquélla; las tomas suelen situarse, con frecuencia, lateralmente, con sus frentes próximamente paralelos á la corriente y, por lo tanto, normales al eje de la presa de cuyo extremo se separan muy poco. Hay casos, sin embargo, como en las de los proyectos de Minidoka, Payette-Boise, Belle Fourche y otros,

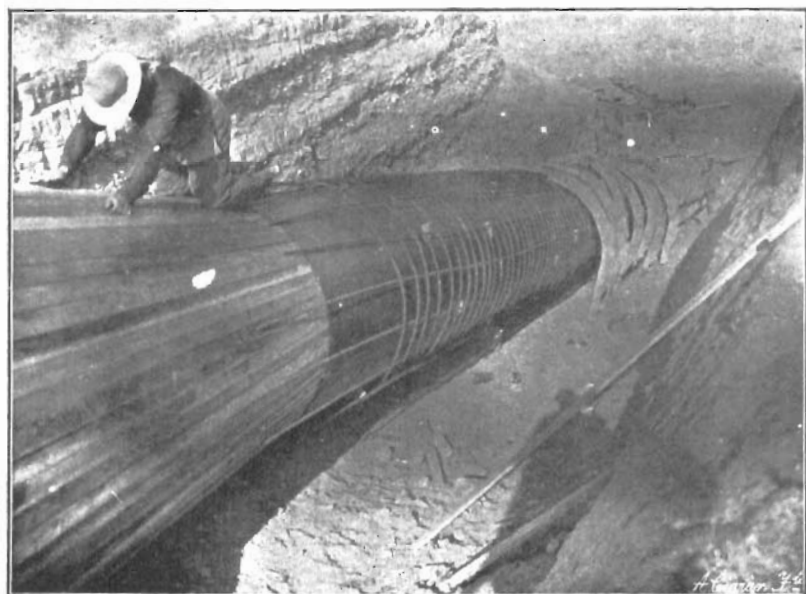


Planta de la presa de derivación de Corbett.





Presa de Corbett, en construcción.



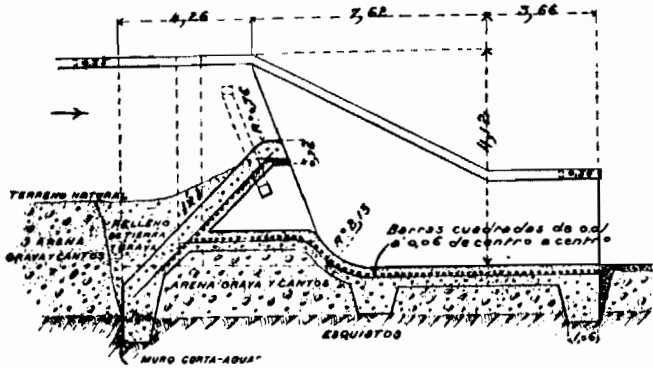
Tubo del sifón de Belle Fourche, en construcción.



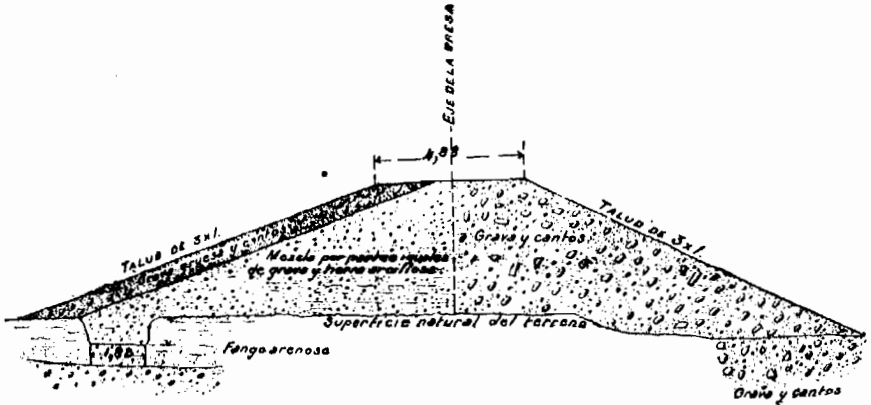
en que las compuertas de la toma se hallan en la misma alineación recta de la presa, ó en otra próxima paralela, situada algo más arriba.

No suelen faltar los desagües de fondo, cerrados por compuertas de limpia, más ó menos numerosas y capaces, según la cantidad y clase de los arrastres de la corriente, pero casi siempre de dimensiones relativamente amplias. Las compuertas se sitúan, de ordinario, en la misma presa, muy cerca de la toma, y de tal suerte, en las mejor dispuestas, que al abrirse provocan una corriente, que convenientemente encauzada por muros al efecto establecidos, sea capaz de arrastrar los depósitos que se hayan podido acumular delante de la toma, evitando así los dragados y limpieas á brazo, que tan costosas son de ordinario, ó, por lo menos, reduciendo su importancia. La solera de estos desagües de fondo se encuentra á un nivel bastante más bajo que el del bocal del canal, si se dispone de altura suficiente para ello, y, en caso contrario, se apela á un expediente, empleado también en la presa de derivación del Guadalix en el canal de Isabel II, que consiste en establecer por delante de la toma un muro, á manera de presa vertedero, con su umbral paralelo á la corriente, que impide que los arrastres, al menos los más pesados, y desde luego los cantos, gravas y aun arenas, penetren con aquélla en el canal.

Puede verse esta disposición, muy completa, en los grabados que publicamos relativos á la presa de derivación Corbett, sobre el río Shoshone para alimentación del Canal Garland (Wyoming). Pero donde ha sido adoptada en grande escala, para obtener de ella el mayor partido posible, es en las tomas de los canales de Yuma, que han de derivar sus aguas del Colorado, río que acarrea proporción tan considerable de sedimentos, que se ha juzgado indispensable tomar las mayores precauciones á fin de evitar el aterramiento rápido de los canales. La presa de derivación llamada de la Laguna, anteriormente descrita, tiene la planta recta, y en cada uno de sus extremos, que vienen á insertarse en las dos laderas rocosas que limitan el lecho ma-

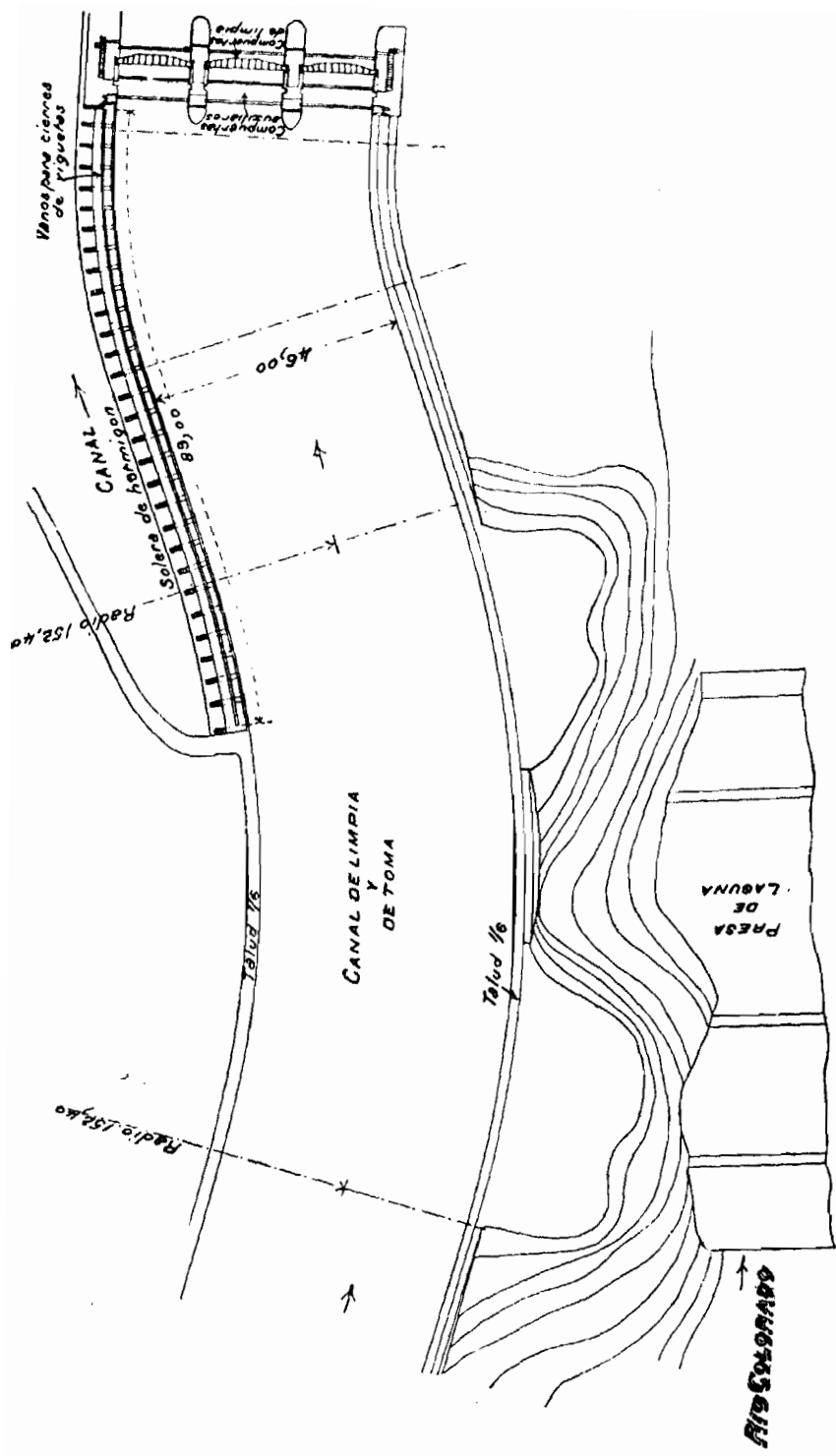


Sección transversal de la presa vertedero en la presa de derivación de Corbett.



Sección transversal de la presa de tierra en la presa de derivación de Corbett.

por del río, se establecen las tomas, siendo la de la orilla izquierda, que será la más importante, la representada por la figura adjunta. Se verá por ella que, próximamente normal a la presa, entre su extremo y la ladera, se sitúa el canal de limpia, del que á su vez se derivará el de riego de la margen izquierda. Dicho canal de limpia tendrá la entrada aguas arriba, y á no mucha distancia, de la presa de derivación; su solera estará 3,80 metros más baja que la coronación de aquélla; su profun-



Planta del extremo de la presa de la Laguna, canal de limpia y toma del canal de la margen izquierda.

didad será de 5,50 metros; el ancho, igual á 35,35 metros, con una longitud de unos 240 y una pendiente insignificante. Este canal podrá cerrarse, inmediatamente aguas abajo de la toma del de riego, por medio de tres grandes compuertas Stoney, contrapesadas, que corresponderán á tres vanos de 10,15 metros de ancho por 5,50 metros de altura. El canal de riego tendrá sólo 18,30 metros de anchura y la entrada del agua en él se verificará por el cajero del canal de limpia, donde, en una longitud de 89 metros, existirán 34 aberturas, que podrán cerrarse con viguetas, haciéndose, por lo tanto, en vertedero de superficie la toma de las aguas.

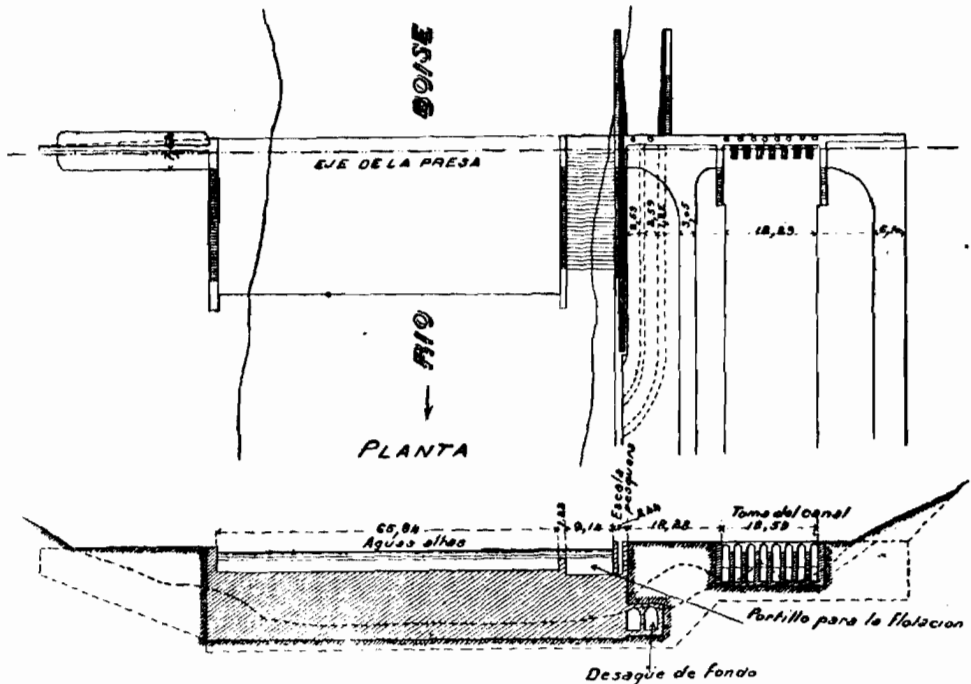
Fácil es comprender el objeto que se pretende alcanzar con esta disposición. La presa producirá en el Colorado un gran remanso, verdadero embalse de 16 kilómetros de longitud, en que la corriente, animada, de ordinario, de muy poca velocidad, depositará los arrastres. El canal de limpia, con su gran anchura, permitirá hacer la derivación necesaria sin originar corriente muy sensible, y de la superficie de ésta, á su vez, derivará el de riego su dotación, sin que se produzca aumento en la velocidad, dada la gran longitud de la toma, calculándose que la lámina del vertedero no excederá de 50 centímetros de altura y que se depositarán en el canal de limpia, es decir, del lado de aguas arriba de los cierres de viguetas de la toma, los sedimentos más pesados, que podrán ser fácilmente barridos por la corriente enérgica que se establecerá al abrir las grandes compuertas de dicho canal. Se admite con esto que el cauce del Colorado irá rollenándose por los arrastres en tiempos ordinarios; pero se espera que en los de gran avenida las aguas, animadas de fuertes velocidades, los socavarán, removerán y arrastrarán por encima de la presa de derivación.

Compárese esta disposición, muy perfecta ciertamente, pero también muy cara (excederá de 5.000.000 de pesetas el coste de la presa y tomas de los canales de Yuma), con las primitivas del Nilo, en que no existe obra alguna, ó con las menos imperfectas que se encuentran en muchas partes, con presas tempo-

rales ó definitivas y tomas directas situadas en las laderas, sin portillos de limpia, ni medio alguno de sedimentación, en que se corre seguramente el riesgo de admitir aguas cargadas de arrastres que provoquen depósitos en los canales, pero que pueden, sin embargo, combatirse satisfactoriamente, en muchos casos, con las limpieas anuales.

Algunas veces, cuando el río es bastante caudaloso y á ello se prestan las laderas, se ha podido prescindir de la presa de derivación sin ningún inconveniente, según ha ocurrido en la toma del canal de Huntley.

Cuando es flotable la corriente en que se construye la presa, como sucede con el río Boise (Idaho), se deja un portillo para los maderos, con cajeros y solera adecuados, teniendo la coro-



Planta y sección longitudinal de la presa de derivación de Boise.

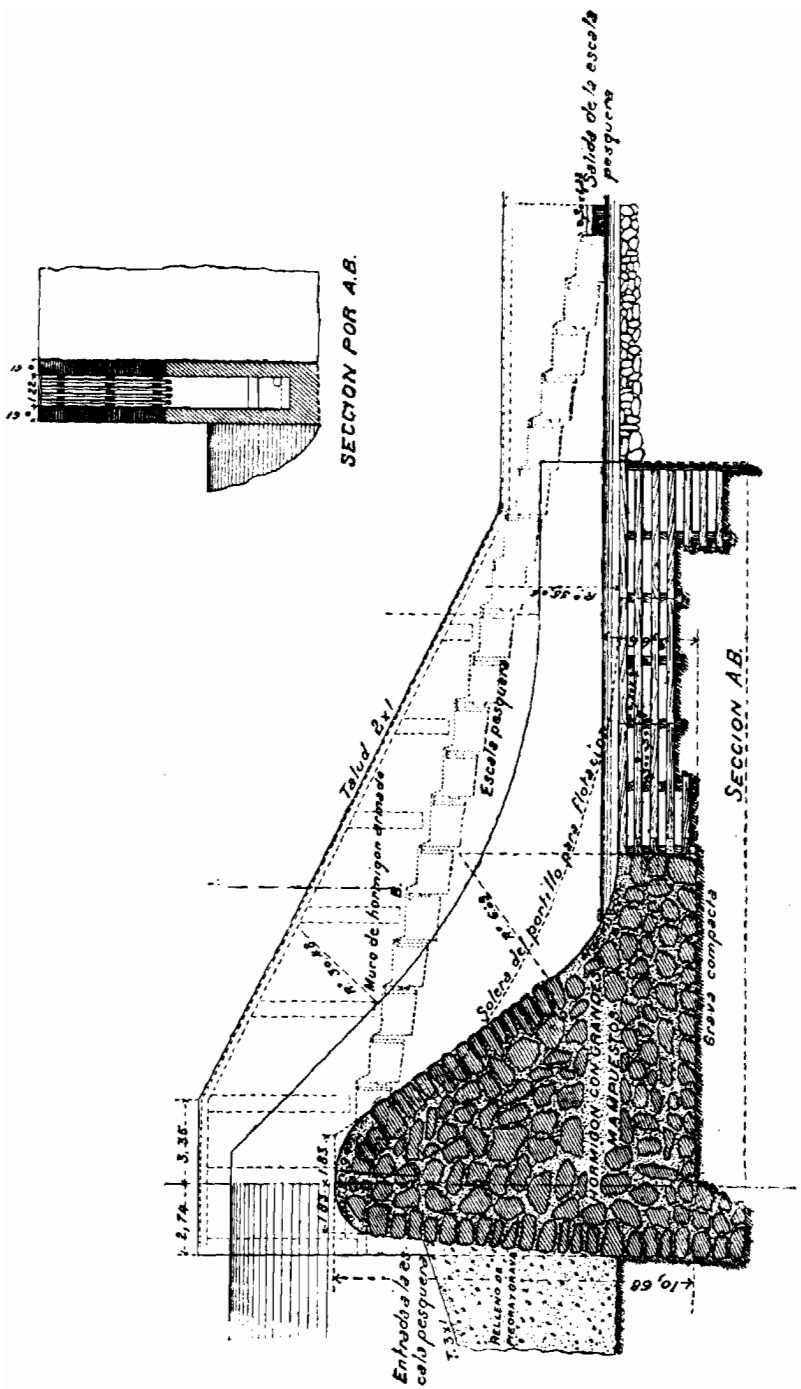
nación á menor altura que la del resto de la presa; de suerte que, mientras el río traiga suficiente agua para la flotación de los maderos, pueden éstos pasar sin dificultad, evitándose también con semejante disposición los desperfectos que suelen producirse si el paso de la madera se hace por encima de la coronación, sin tomar ninguna precaución especial. En los dibujos adjuntos se figura el portillo de la presa citada. En ellos puede verse también representada una escala pesquera que permite á los peces atravesar en todo tiempo la presa sin dificultad, pues su salida por el lado de agua arriba se halla 1,20 metros más baja que el nivel de la coronación de la presa y á la misma altura que la solera del portillo. En otros casos, en vez de escalas, se han empleado tubos simplemente.

Los diversos tipos de presas adoptados para los pantanos son también aplicados á las de derivación y á algunas de ellas, como las de Minidoka y Laguna, se ha hecho referencia anteriormente; claro está, sin embargo, que en los vertederos no pueden emplearse las de tierra ni aun las formadas exclusivamente por escollera, como no sea de bloques muy grandes. Las de esta clase, con entramado de madera, tan en boga hasta hace algunos años, van siendo cada vez menos usadas.

Presentamos secciones y plantas de presas construídas ó en construcción, debiendo consignar que se nota tendencia manifiesta al empleo en esta clase de estructuras de la fábrica de hormigón, ya sin armadura, ya conveniente reforzado por varillas de acero en los puntos que requieren más resistencia.

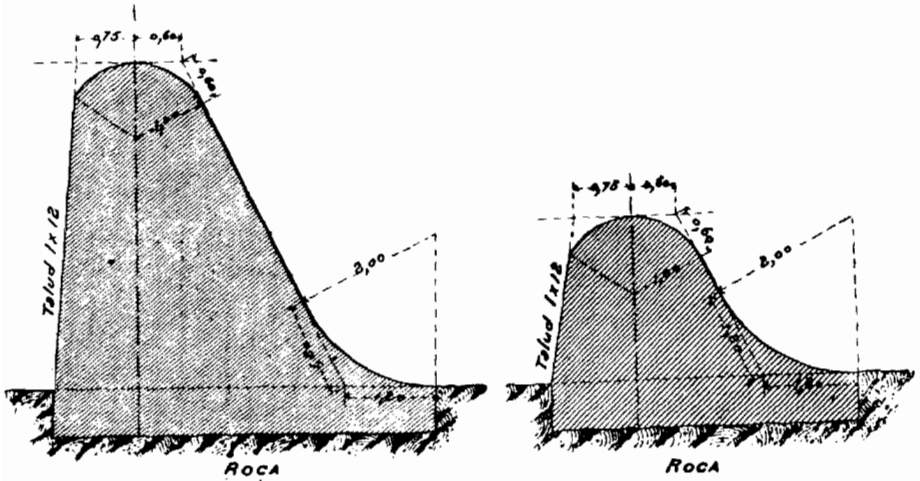
En algún caso, como sucede en la presa sobre el río Snake, del proyecto de Minidoka, no se ha buscado para establecerla un paraje del cauce que presentara poca anchura, según suele hacerse muchas veces, sino que, por el contrario, se ha elegido un tramo en que el río puede extenderse por su orilla después de ser desviado del cauce ordinario por medio de una presa de tierra y escollera. De esta suerte se consigue que el aliviadero de superficie, aun alcanzando un desarrollo considerable, sea de coste relativamente reducido, pues eligiendo un trazado conve-





Sección transversal de la presa de derivación de Boise.

niente, se puede construir sin dificultad y resultar de poca altura, mientras que cabe emplear la tierra ú otro material económico en la parte de la estructura destinada á interceptar la

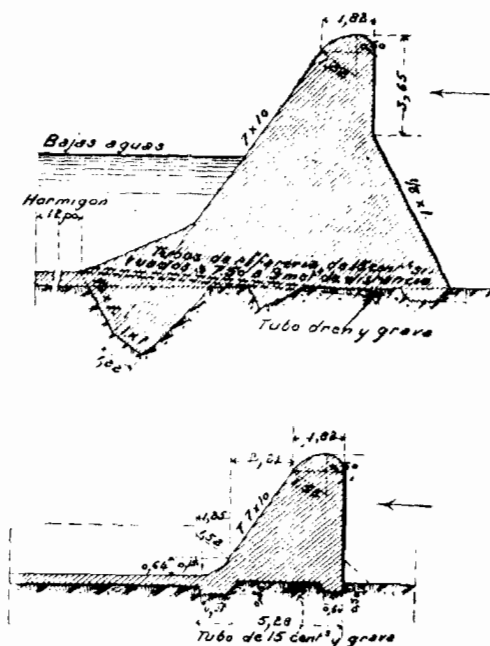


Secciones transversales del vertedero en la presa de derivación de Minidoka.

corriente en el cauce principal. El río Snake presenta un rápido muy pronunciado donde se ha situado la presa, y esto ha permitido desviar las aguas, durante la construcción, por un boquete ó canal excavado en el fondo del cauce, cerrado con un muro de hormigón armado, construído al abrigo de una atagüa establecida del lado de aguas arriba, el cual lleva las compuertas de los desagües de fondo en su parte inferior, y en la superior una serie de tubos para la formación de un salto destinado á la producción de fuerza, con la que se elevará el agua para regar zonas no dominadas por los canales. Se han utilizado los productos de la excavación del canal de evacuación referido, para la formación de la presa, de tipo mixto, que corta la corriente, y á la que en otra parte se ha hecho referencia.

En las varias secciones adjuntas pueden verse los tipos de presas de derivación, á nuestro entender, más acertadamente

elegidos; conviene hacer notar que algunos dibujos, por no haberse terminado aún las obras, son los de proyecto, que quizá



Secciones transversales de la presa vertedero en la derivación del canal del North Platte.

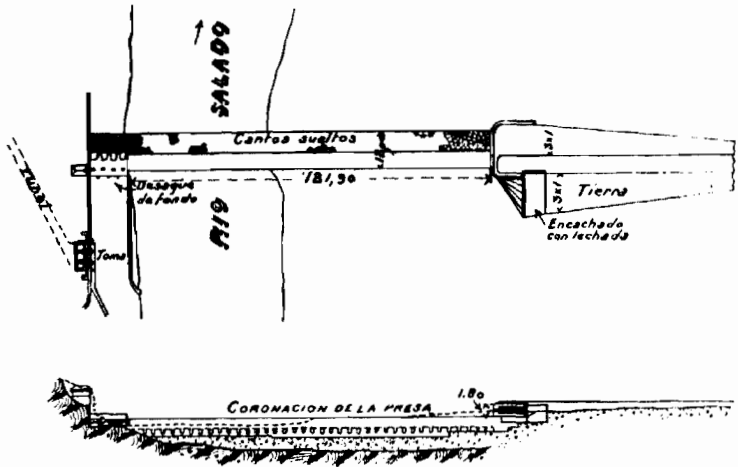
sufran alteraciones en la construcción, aun cuando es de creer que no afectarán sensiblemente á las disposiciones principales.

Algunas presas largas de hormigón se construyen en secciones de 15 á 18 metros de longitud, terminadas por planos, formando juntas de expansión.

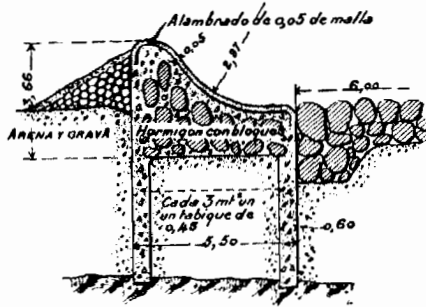
Cuando las presas no se cimentan sobre terrenos suficientemente impermeables, suelen establecerse muros corta-aguas, destinados á dificultar su paso por debajo del cimiento. Véase á este efecto, en la página siguiente, la sección de la presa de toma del canal para producción de fuerza en el pantano Roosevelt.

En la de derivación de Leasburg (Nuevo Méjico), construída

sobre el Río Grande y destinada principalmente para alimentación de los canales existentes de Doña Ana y Las Cruces, se ha

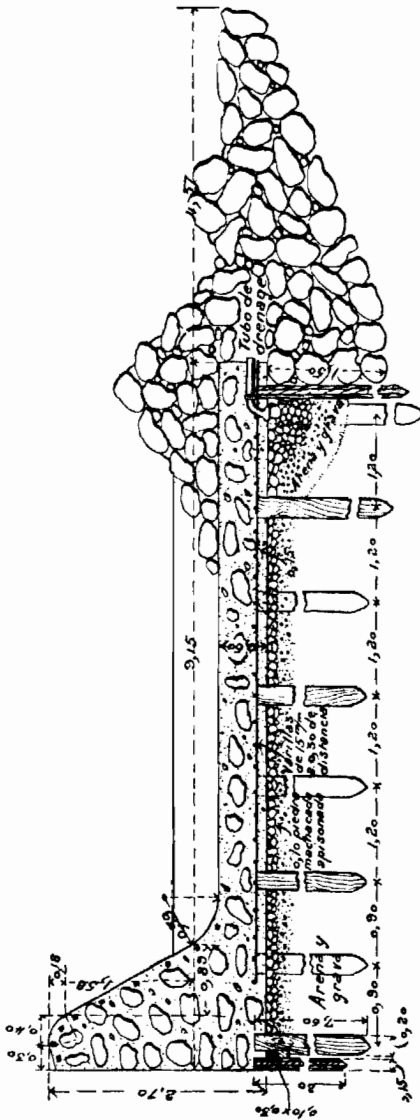


Planta de la presa de derivación del canal para producción de fuerza en la presa Roosevelt.



Sección transversal de la presa vertedero en la derivación del canal para producción de fuerza en la presa Roosevelt.

recurrido á una combinación de materiales que no suele ser usual. Para sostener la presa se han hincado en el lecho del río, constituido por arenas, gravas y cantos, pilotes formados por rolizos de pino, de 20 centímetros de diámetro como mínimo, sujetos en sus cabezas por una plataforma de hormigón con bloques



Sección transversal de la presa de derivación de Leasburg.

embecidos, de 0,60 de espesor, reforzada por una cuadrícula de cuadradillo de acero de 15 milímetros, formando mallas cuadradas de 30 centímetros de lado, colocada á 15 sobre su plano de asiento, el cual á su vez descansa sobre una capa de piedra machacada, de unos 10 centímetros de altura, extendida y fuertemente apisonada, por entre los pilotes, contra el terreno natural; en ambos extremos se establece una triple fila de tablestacas destinadas á dificultar la formación de vías de agua. La plataforma de hormigón termina, por el lado de aguas arriba, en un macizo de la misma fábrica, también con refuerzo de cuadradillo de acero en su coronación y paramento de aguas abajo, estando protegida toda la estructura por un escollero en el pie, que sobresale bastante para que se forme colchón de agua que amortigüe los efectos de la caída. La línea de los pilotes y tablestacas se ha hecho con mucha dificultad por la existencia de cantos grandes.

#### ALIVIADEROS Y DESAGÜES DE LOS PANTANOS

**Aliviaderos de superficie.**—La justa determinación de la capacidad que debe asignarse á los aliviaderos de superficie de un pantano constituye, de ordinario, uno de los puntos más delicados en el proyecto de una presa de embalse, porque generalmente se carece de datos suficientemente exactos, relativos á períodos bastante largos, que permitan fijar el caudal de las grandes avenidas extraordinarias, producto casi siempre de la conjunción de circunstancias anormales que á veces no se ofrecen en el trancurso de muchos años, y aun de siglos, borrándose hasta los vestigios y el recuerdo de su existencia. A esta dificultad, más bien que al espíritu de una imprudente economía, que podría llegar á ser altamente punible, debe atribuirse la insuficiencia observada en los aliviaderos de superficie de varios pantanos que á veces, en Norte-América sobre todo, ha dado lugar á catástrofes, algunas tan pavorosas como la hecatombe de Johnstown, que causó la muerte de más de dos mil

personas. La acertada solución del problema a que se hace referencia es aún más difícil que en otras partes en América, singularmente en regiones que, como en muchas del Oeste y centro de los Estados Unidos, no se dispone de datos que abarquen períodos algo largos. Todo esto explica el sentimiento de fuerte prudencia que suele hoy dominar entre los ingenieros norte-americanos al fijar las dimensiones de los vertederos, especialmente cuando se trata de presas de tierra ó escollera, en que su insuficiencia, en mayor grado aún que en las de fábrica, puede acarrear funestas consecuencias.

Como es natural, no es posible al estudiar la capacidad de los aliviaderos dejar de conceder una importancia preponderante á las circunstancias que en cada caso concurren: el régimen pluviométrico y demás condiciones climatológicas de la cuenca alimentadora del pantano, la extensión de ésta, la capacidad del embalse, la pendiente de las corrientes tributarias, la existencia de lagos y otros embalses superiores, etc., motivan el que varíe entre límites muy extensos la relación entre el área de aquellas cuencas y la capacidad de los vertederos. En los casos en que son éstos más amplios, no suele ser superior á 2,50 metros cúbicos por segundo y kilómetro cuadrado de cuenca. Citaremos algunos ejemplos recientes: en el pantano nuevo de Croton, estado de Nueva York, el desagüe máximo previsto corresponde á 1,37 metros cúbicos, equivalente á un caudal tres veces mayor que el de la máxima avenida observada en sesenta años; en el de Wachusett, cerca de Boston (Massachusetts), la capacidad del aliviadero de superficie se ha llevado á 2,43 metros por segundo y kilómetro cuadrado de la cuenca alimentadora, lo que representa también un caudal equivalente á una lluvia continua y uniforme de 21 centímetros por día, cerca de tres veces superior al de las máximas avenidas registradas. Enfrente de estos ejemplos pueden ponerse el vertedero del pantano de Indian River, situado, como el de Croton, en la cuenca del Hudson, con reducida área de alimentación (378 kilómetros cuadrados) y, por tanto, de menos regularidad relativa, donde

el vertedero sólo puede dar paso á caudales de 0,38 metros cúbicos por kilómetro cuadrado, lo que parece realmente insuficiente; y el pantano de Cheesman, en Colorado, con vertedero muy escaso (0,05 metros cúbicos por kilómetro), que se reputa suficiente porque, debido á la gran elevación de la cuenca alimentadora, variable entre 2.100 y 3.600 metros sobre el nivel del mar, las precipitaciones acuosas sólo tienen lugar en forma de nieve, y las avenidas de las corrientes son relativamente reducidas, no excediendo la mayor de las conocidas en treinta y dos años, de 283 metros cúbicos por segundo, lo que representa la quinta parte de la capacidad del vertedero. En el pantano de Sweetwater, construido en el confín de California y Méjico, las mayores crecidas, desde que fué construido en 1886, no han excedido de 1.10 metros cúbicos por segundo y kilómetro cuadrado de cuenca; por cierto que en las primeras previsiones no se contaba con avenidas superiores á la décima parte de las ocurridas, y en una de éstas el agua saltó por la coronación de la presa, sin graves inconvenientes, con una caída máxima de unos 27 metros.

En el cálculo de la capacidad del aliviadero que se ha de establecer en el pantano Roosevelt, sobre el río Salt, en Arizona, se ha admitido un caudal máximo equivalente á 0,42 metros cúbicos por segundo y kilómetro cuadrado de cuenca; pero se ha tenido en cuenta el efecto regulador del pantano, partiendo de una curva que representa el desarrollo de la avenida. De esta suerte se supone que bastará con que el vertedero dé paso á un caudal máximo de 3.480 metros cúbicos por segundo, en vez de los 6.230 admitidos para el volumen máximo de las crecidas. Se ve que tratándose de embalses, grandes relativamente al área de las cuencas alimentadoras, el efecto regulador del propio vertedero es de mucha importancia, aun contando con riadas considerables, pero rápidas.

Siguen siendo los aliviaderos de capacidad invariable, es decir, sin cierres móviles á partir de cierta altura, la solución más generalmente empleada. Se nota, sin embargo, en varios



de los grandes pantanos últimamente construídos, la tendencia á aceptar, en todo ó en parte del umbral, disposiciones que tienen por objeto aumentar la capacidad en un momento dado, según lo requieran las circunstancias y, mejor aún, bajar rápidamente el embalse, al iniciarse la riada, por debajo del nivel máximo normal determinado por el del umbral referido, y anticiparse, digámoslo así, á la avenida, haciendo que tenga una mayor duración en el vertedero, reduciendo, por tanto, su intensidad.

Semejante disposición ha sido empleada, entre otros, en los pantanos de Wachusett, nuevo de Croton y Sweetwater. El cierre se hace, generalmente, con maderos ó viguetas horizontales descansando sobre montantes de hierro verticales ó inclinados, que sostienen en algún caso un puentecillo superior con una vía para un carretón, con el que, cuando hace falta, se conducen las viguetas desde el depósito en que se guardan, y viceversa. En el primero de los pantanos citados la longitud del vertedero es de 136 metros, con viguetas que cierran 90 centímetros de la altura, igual en total á 2,10 metros. En 30 de su longitud lleva una escotadura, cerrada del propio modo, de 0,90 metros de profundidad, visible en el fotografiado de la pág. 80.

El empleo de las alzas móviles, con mecanismos más ó menos complicados, no se ha propagado; y las alzas automáticas no han tenido, que sepamos, ninguna aplicación importante. Realmente, ha de considerarse atrevido, por lo menos, el empleo de mecanismos que sólo habrían de funcionar en casos extraordinarios, expuestos á toda clase de deterioros, y cuya falta en el momento preciso pudiera ser causa de perjuicios harto graves.

Se adoptan las medidas convenientes para estorbar lo menos posible el servicio de flotación cuando las presas interceptan corrientes flotables. En la de Indián River, por ejemplo, hanse dejado con este objeto dos portillos: uno grande, de 4,50 metros de ancho, situado fuera del vertedero, con la solera 3 metros por debajo de la de éste; y otro pequeño, del mismo ancho y con

profundidad de 0,45 metros, formando parte del aliviadero de su superficie. Este se cierra con maderos horizontales y el primero con agujas, algo inclinadas sobre la vertical, de 6 metros de longitud y 0,10 por 0,20 metros de escuadría, colocadas de canto, que se apoyan en su parte superior en un bastidor y se suspenden por medio de un aparejo colgado de un andamio fijo. El muro en que está abierto el portillo grande se continúa, por el lado de aguas abajo, con un canal cuya solera está perfilada en forma de arco de círculo.

En alguna presa, como en la de Sweetwater, se ha establecido un vertedero suplementario en la coronación, destinado á funcionar solamente en las grandes avenidas, pues el lateral resulta en tales casos insuficiente; un muro paralelo á la presa, construído al través y en el fondo del cauce, aguas abajo y á poca distancia del pie de aquélla, creará un colchón de agua que amortiguará los efectos de la caída de ésta cuando funcione el vertedero de la coronación.

La situación y disposiciones de los aliviaderos de superficie dependen en gran parte, como es natural, de las circunstancias de la localidad. Los vertederos con el umbral en coincidencia con las curvas de nivel de las laderas en que se apoyan las presas son ya muy empleados en Norte-América; pero no faltan casos, como sucede en el pantano Roosevelt (véanse las figuras de las páginas 87 y 89), en que se sitúan en la misma dirección y á ambos lados de la presa, aprovechando los espacios que dejan libres las explanaciones hechas para la extracción de piedra que la obra pueda requerir. Esta última disposición exige construir puentes de tanta luz, generalmente, como longitud tenga el vertedero, lo que puede excusarse cuando éste es lateral, pues entonces basta salvar el canal de desagüe, que ordinariamente es profundo, pero poco ancho.

Se procura asentar los canales de evacuación sobre terreno firme, á ser posible roca, y se recurre, cuando es preciso para evitar socavaciones, á revestimientos del terreno, preferiblemente de hormigón armado.

Terminaremos la exposición de esta materia apuntando que no es raro que los autores de proyectos de pantanos, al efectuar los cálculos de capacidad de los aliviaderos, cuenten con los desagües de fondo como medio complementario, proyectando los cierres de suerte que puedan ser maniobrados á plena carga; disposición que, por nuestra parte, no nos atreveríamos á aconsejar en muchos casos, pues no deja de ofrecer inconvenientes serios.

**Desagües de fondo y tomas de agua.** — No es posible que expongamos aquí lo que viene realizándose en Norte-América en esta materia, pues siendo las soluciones y disposiciones adoptadas casi tantas como pantanos, sería preciso para dar cuenta de las más interesantes conceder un desarrollo excesivo á este trabajo. Así, pues, nos limitaremos á señalar algunos casos tan sólo, entre los que revelan alguna novedad ó en que presumimos mayor acierto, por más que varios de los elegidos se hallan aún en vías de realización y otros no llevan bastante tiempo para que puedan apreciarse debidamente sus resultados.

De ordinario, no suelen disponer los pantanos en Norte-América de conductos especialmente afectos á desagües de fondo, es decir, aquéllos que se destinan al vaciado, á producir evacuaciones que arrastren los sedimentos y á dar paso, en tiempos ordinarios, á la corriente entera, con mayor ó menor remanso en el embalse. Estas funciones no pueden realizarse en algunos pantanos, que sólo disponen de tomas de agua á bastante altura sobre el fondo del vaso; pero, en general, se verifican por conductos, que sirven á la vez para las tomas, situados á poca altura.

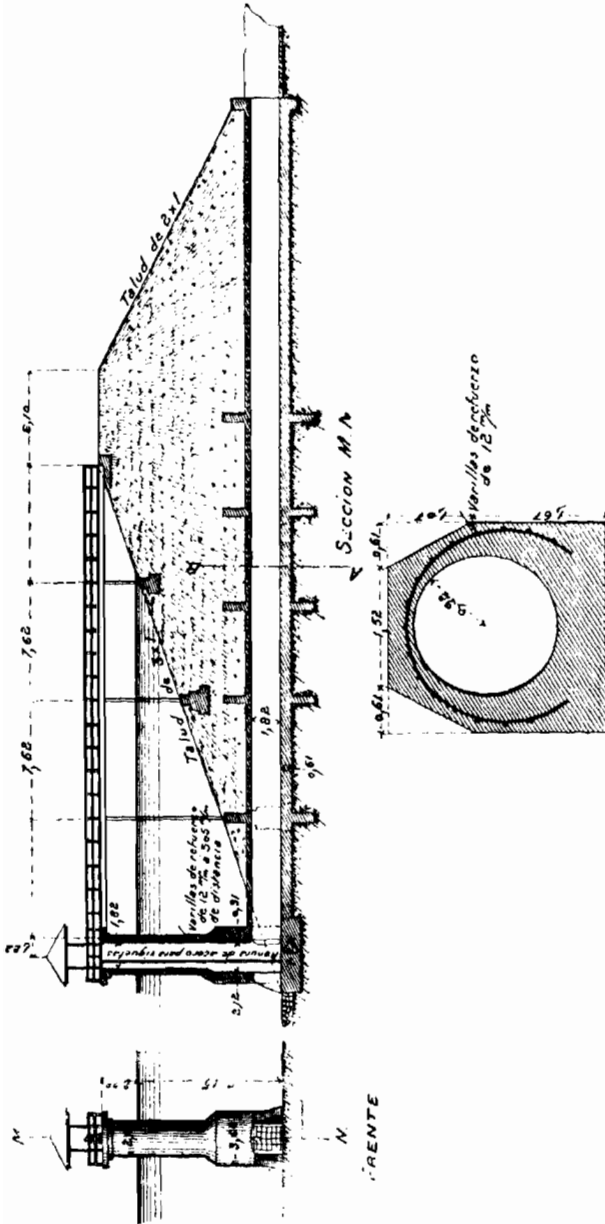
En las presas de tierra y de escollera la disposición más frecuente se reduce á un conducto, de sección circular ó, por lo menos, de paredes curvas, que atraviesa normalmente el macizo, asentado en una zanja abierta en el terreno firme, con una llave ó compuerta instalada, unas veces, en el extremo de aguas arriba y maniobrada por medio de una barra desde lo alto de

una torre ó muro que emergen del embalse, y otras veces, en el centro, dentro de un pozo abierto en la presa misma; los cierres en el extremo de aguas abajo son poco frecuentes.

Transversalmente al conducto de salida se construyen muretes corta-aguas y se adoptan otras precauciones que tienden á evitar que á lo largo de él se establezcan vías de agua. Es digna de mencionarse, y aun en algunos casos de ser imitada, la idea de aprovechar estos conductos de evacuación para establecer un contador Venturi que mida y registre el agua que sale, según se ha ideado para el pantano de Willow Creek, en lugar de los vertederos que se acostumbra á emplear.

En las presas de fábrica, en que las cargas de agua suelen ser mayores que en las de tierra y escollera, la solución más general consiste en abrir túneles de desagüe al través de las laderas contiguas, estableciendo en ellos el cierre ó cierres convenientes; no es raro que estos túneles desemboquen, del lado de aguas arriba, en pozos verticales, formando torres exentas ó adosadas al cuerpo de la presa, provistas de barbacanas, tubos ú otras aberturas destinadas á dar paso al agua del embalse.

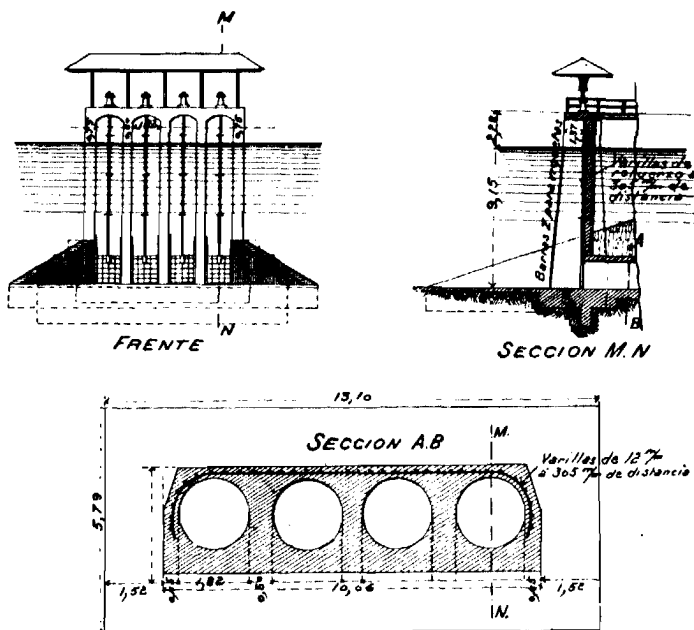
Como ejemplo de tomas presentamos adjuntos los dibujos de las dos del pantano superior de Deer Flat. El conducto de evacuación está constituido por un bloque de hormigón, perforado en toda su longitud por un tubo de 1,80 metros de diámetro, armado en sus partes superior y laterales con cuadradillos de acero de 12 milímetros, colocados transversal y longitudinalmente. Cinco muretes corta-aguas, cada uno de 5,80 metros de lado y 0,45 de espesor, distribuidos desde la entrada al centro de la presa, forman parte integrante del bloque y refuerzan á la vez el conducto de evacuación. Cierra la boca de entrada una compuerta alojada en la base de una torre, desde cuya plataforma superior puede manejarse por medio de una varilla y aparato de maniobra. En el interior de la torre, que es también de hormigón armado, se han dejado ranuras para recibir viguetas que, en caso necesario, permitan aislar el embalse del conducto de sa-



SECCION A-L

Toma Oeste del pantano superior de Deer Flat.

lida y, sin necesidad de vaciarlo, efectuar en el último ó en la compuerta las reparaciones que puedan requerir.



Toma Este del pantano superior de Deer Flat.

La toma del Este del mismo pantano se halla concebida de un modo análogo. El conducto de evacuación está constituido por cuatro tubos, también de 1,80 metros de diámetro, con su correspondiente armadura y cuatro muretes corta-aguas, de 5,80 metros de altura por 13,10 de ancho. La torre ha sido sustituida por un muro con aletas y contrafuertes, descansando sobre éstos la plataforma que sostiene los aparatos de maniobra y que, como en el caso anterior, un puentecillo, sostenido por palizadas apoyadas sobre macizos de hormigón incorporados en el de la presa, pone en comunicación con la coronación de ésta.

Igual á esta última es la disposición adoptada para la toma del pantano inferior de Deer Flat.

En los tres casos, la carga de agua sobre las compuertas es

reducida, 8,20 metros, y el aterramiento poco de temer por tratarse de pantanos laterales.

Disposición análoga se ha empleado también en el del proyecto Hondo, Nuevo Méjico. La presa es de tierra y el conducto de evacuación está constituido por dos tubos de hierro fundido de 90 centímetros de diámetro cada uno y 18 milímetros de espesor, sentados sobre una capa de hormigón de 3,66 metros de ancho por 0,90 de alto, con cuatro muretes transversales cortaguas, de 11 metros de ancho por 6,10 de alto y 0,40 de grueso, que aprisionan los tubos por su parte superior, interponiendo una capa de arcilla de cinco centímetros de espesor entre el hierro y el hormigón. Cierran los tubos, por el extremo de aguas arriba, dos llaves de paso, maniobradas desde el piso superior de una torre cilíndrica, construída de hormigón armado, con secciones circulares de 1,67 metros de diámetro interior y 2,28 el exterior, con ensanche en la parte inferior, en que se hallan contenidas las llaves, cimentada sobre pilotaje y enlazada con la coronación de la presa por un puentecillo como en los ejemplos anteriores. Debe notarse que en este caso el acceso del agua al interior de la torre se hace por una abertura de 1,60 por 1,22 metros, situada en su parte inferior, en la pared opuesta á las entradas de los tubos, cerrada por una compuerta maniobrada como las válvulas. La carga del agua no ha de exceder de 11 metros.

En la presa de Belle-Fourche, donde hay dos tomas, los conductos de evacuación son de hormigón armado, con sección rectangular coronada por semicírculo y solera cóncava; la mayor tiene 2,13 metros de altura por 2,44 de ancho, y la pequeña 1,50 y 1,80 metros respectivamente. En el centro de la presa hay pozos, en comunicación con estos conductos, donde se establecen las compuertas y barras de maniobra: los pozos tienen ranuras verticales para aislar del embalse dichos conductos y las compuertas por medio de tableros de madera, con armadura de hierro, que al efecto han de tenerse dispuestos. La carga máxima será de 16,80 metros.

En la presa de Cold Springs, la sección del conducto único de evacuación será análoga á la anterior, con altura de 1,35 metros y ancho de 1,80 metros. Dicho conducto, asentado sobre una zanja abierta en roca, termina por el lado de aguas arriba en una torre tronco-cónica de 1,80, y 3,35 metros de diámetros exteriores en sus bases, con dos compuertas en la parte inferior, de 1,20 metros en cuadro, manejadas desde lo alto de la torre, con disposición y objeto análogos á los indicados para la compuerta y válvulas de la presa del proyecto Hondo. El conducto lleva por su parte exterior refuerzos, cada ocho metros, destinados á dificultar el paso del agua entre su superficie exterior y la tierra del macizo.

Señalemos á este propósito, que en la nueva presa del lago Francés se ha procurado, con el mismo objeto, que sea muy desigual y rugosa la superficie exterior del conducto de desagüe, formada por un tubo de mampostería ordinaria de 1,80 metros de diámetro interior hasta la compuerta, y de 1,50 metros en la parte restante. Este tubo lleva en el extremo de aguas arriba, á modo de gran jaula, una rejilla de hierro destinada á interceptar el paso de raíces y peces.

A veces, las varias tomas de las presas de fábrica suelen disponerse á distintas alturas. En la de Hemet están constituidas simplemente por tubos soldados de acero, el inferior de 0,33 metros de diámetro y de 0,56 los dos restantes, embebidos en el macizo de la presa, formado de mampostería ordinaria. Terminan los tubos por el extremo de aguas abajo en una llave de paso, de modelo corriente, que desagua al aire, cayendo el chorro sobre la roca del fondo del cauce, y por el otro extremo, formando codo hacia arriba, dispuesto para poderse cerrar, en caso necesario, por cubiertas semi-esféricas de hierro fundido, á modo de tapaderas, que se maniobran por medio de alambres desde la parte superior de la presa. De ordinario, á estos cierres sustituyen rejillas cilíndricas destinadas á interceptar el paso de los peces y de cuerpos flotantes que eventualmente pudieran obstruir los tubos.



En la gran presa de San Mateo, que forma parte del sistema de embalses destinado al abastecimiento de San Francisco de California, existen también tres tubos de toma, colocados á diversas alturas, dentro de otros tantos túneles casi horizontales que desembocan, del lado de aguas arriba, en un pozo vertical de 4.25 metros de diámetro, el cual se prolonga por la parte superior, como una torre, sumergida en el embalse, y por su fondo viene á comunicar con otro túnel de evacuación, horizontal, de 2.30 de metros de diámetro interior, próximamente, abierto, lo mismo que los anteriores y el pozo, en la ladera en que se apoya la presa. Los tres tubos que en sus extremos de aguas arriba tienen cochos, cierres y rejillas análogos á los de la presa Hemet, se unen dentro del pozo con otra cañería colocada en él, que se prolonga en su parte inferior, con un diámetro de 1.37 metros, por el túnel de salida, y termina en su extremo de aguas abajo con una llave de paso. Otras tres llaves de esta clase, situadas en el pozo-torre, antes de la unión de los tubos de toma con la cañería vertical, permiten una primera regulación de la salida del agua. Con este sistema de llaves dobles el manejo de éstas resulta cómodo y fácil, sin que la carga máxima sea muy grande, constituyendo esta disposición de las tomas una de las más acertadas entre las que se han empleado en las grandes presas de los Estados Unidos.

En la de Castlewood, de poca altura, según se indicó en otra parte, existen también cuatro tubos de toma, embebidos en las paredes de mampostería de una torre adosada al paramento de aguas arriba, que por el lado interior están provistos en su extremo de una llave de paso que desagua en el interior de la torre, dando salida á las aguas una alcantarilla de fábrica que comunica su fondo con el exterior, atravesando el macizo de la presa.

En el pantano de Cheesman hay tres tomas, á distintas alturas, constituidas por otros tantos túneles abiertos en la ladera. El más profundo está cerca del fondo y los otros dos tienen sus bocas de entrada á 13.75 y 27.50 metros sobre el primero. Este

y el intermedio tienen una débil pendiente hacia aguas abajo; todos están situados en un mismo plano vertical, y el superior, que tiene una inclinación de 45°, corta á los otros dos. En la boca de entrada del primero, ó sea el más bajo, existe una gran rejilla y una válvula. Otras dos válvulas gemelas, adosadas una á otra, existen en el mismo túnel, cerrando el paso antes de su intersección con el superior. En éste y en el intermedio se han colocado igualmente válvulas gemelas maniobradas, lo mismo que las demás, por medio de cilindros hidráulicos situados en cámaras adyacentes á las válvulas, y á las que da acceso una galería abierta en la roca, de 2,40 metros de altura y 1,50 de ancho. Los cilindros hidráulicos se ponen en carga, ya con bombas de mano, ya mediante una cañería especial y una bomba triple actuada por una pequeña rueda Pelton, instalada en una de las cámaras citadas, y que mueve el agua misma del embalse. Las bombas de mano, aunque fatigosamente, según pudimos observar, se manejan por un solo hombre. Todas las cámaras y galerías se alumbran eléctricamente cuando han de ser visitadas, produciéndose el fluido eléctrico (que también sirve para iluminar las orillas del embalse y la casa del guarda) por medio de otra rueda Pelton, análoga á la citada antes. Existe, además, en el túnel inclinado, después de su intersección con el intermedio, una compuerta especial, que tiene por objeto producir contra-presión sobre las válvulas de los dos túneles superiores, permitiendo su fácil manejo en caso necesario. Está constituida dicha compuerta por un segmento cilíndrico que puede girar alrededor de su centro donde está el eje, y que se mueve á mano con un mecanismo adecuado.

En resumen: la instalación del pantano Cheesmon, con sus tomas á distintas alturas y sus cierres dobles, resulta bastante completa, pudiendo maniobrarse todas las válvulas, menos las gemelas del túnel de fondo, con la presión equilibrada.

En la presa de Wachusett la disposición es la siguiente: existen adosadas al paramento de aguas arriba cuatro torres, formando un solo cuerpo, con otros tantos pozos circulares con-

tiguos al mismo paramento, de 2,13 metros de diámetro interior, y adyacentes á éstos otros cuatro pozos, también circulares, de 1,83 metros de diámetro, de tal suerte situados, que los planos verticales que pasan por los ejes de una y otra serie de pozos son normales al eje de la presa, que es de planta recta, según se dijo anteriormente. Los de la segunda serie comunican con el embalse por seis aberturas ó grandes barbacas, de 2,44 metros de altura por 0,75 de ancho, las que pueden cerrarse, más ó menos, con viguetas y con rejillas que impiden el paso de peces y cuerpos flotantes. Los pares de pozos de una y otra serie que se hallan enfrente, comunican entre sí por otras dos aberturas de 1,83 metros de alto por 0,75 metros de ancho, las que se cierran por medio de compuertas maniobradas cada una por el intermedio de una barra desde la cámara de compuertas superior situada en lo alto de las torres, fuera del alcance del agua.

Los pozos llegan hasta la profundidad de unos 36 metros por debajo del nivel del máximo embalse. Los más inmediatos á la presa, es decir, los que han de recibir el agua por las aberturas que cierran las compuertas, se prolongan horizontalmente, en su extremo inferior, por cañerías de hierro fundido, de 1,22 metros de diámetro, unidas á enchufe y cordón, embebidas en la fábrica de la presa, y que terminan al pie de ésta con llaves de paso situadas en una segunda cámara, donde existe una instalación muy completa para dar el agua al acueducto que la conduce á Boston, así como para alimentar una serie de turbinas y para evacuarla cuando existen sobrantes.

Los fondos de la serie de pozos inmediatos al embalse son atravesados por tubos, de las mismas dimensiones que los anteriores, que ponen en comunicación directa dicho embalse con la otra serie de pozos y, por tanto, con la tubería inferior de evacuación. Una llave de paso, situada en cada uno de los primeros pozos, ha permitido la regulación del caudal de aguas mientras se ha estado levantando el dique; pero terminado éste, ha de quedar, de ordinario, cerrada y sin objeto.

Se ve, por lo que antecede, que se trata aquí de una instalación muy completa, pero necesariamente costosa. Las compuertas, gracias á las llaves del tubo inferior, no habrán de ser manejadas con cargas superiores á 11 metros.

En la presa de Indian River se hace la toma por el intermedio de dos torres contiguas cuadradas, adosadas al paramento de aguas arriba, con pozos interiores en forma de tronco de pirámide invertida; en la parte inferior de cada una de las dos caras exentas de estas torres hay aberturas, de 1,52 metros de alto por 0,90 de ancho, que se cierran por el lado exterior por compuertas, hechas de madera lo mismo que los marcos, y maniobradas desde la parte superior, en que se halla la cámara de llaves, por medio de barras y aparatos de mano. Por delante de las compuertas existen rejillas. Cada uno de los pozos comunica por su fondo con la parte exterior, mediante tubos de acero incorporados en la fábrica, de 1,52 metros de diámetro y tres metros de longitud, prolongados por conductos circulares de fábrica de 2,70 metros de diámetro. La boca de entrada de los tubos se cierra por medio de llaves de paso, situadas en los pozos, las cuales se maniobran desde la cámara superior, con las correspondientes barras. Por último, una cañería en cada pozo, de 15 centímetros de diámetro, provista de una llave de paso, permite poner en comunicación aquél con el embalse estando cerradas las compuertas y, por lo tanto, establecer sobre ellas la contrapresión que se desee para facilitar su manejo. La carga máxima sobre compuertas y llaves no excede de 12,50 metros.

Del examen anterior se deducirá que no existen verdaderos desagües de fondo en los pantanos enumerados. La poca importancia de los arrastres, ó el propósito que existe de no vaciar ordinariamente los embalses, explican esta deficiencia. Por el contrario, en varios de los grandes pantanos que ahora construye en el Oeste el Servicio federal de obras riego, el desagüe de fondo adquiere tan preponderante importancia que casi es la única instalación que se proyecta, proponiéndose realizar por él la toma de las aguas y á la vez practicar las evacuacio-

nes que permita la abundancia de éstas, sobre todo en épocas de avenida, á fin de facilitar la salida de las turbias y cooperar á la función del vertedero de superficie. Para alcanzar estos fines se han proyectado desagües de gran capacidad, que se utilizan para desviar la corriente al tiempo de la construcción, no retrocediendo ante la dificultad que representa el manejo de grandes compuertas bajo cargas de agua verdaderamente enormes. Es, en resumen, una solución análoga á la que viene aplicándose en España.

Estas últimas indicaciones se refieren principalmente á los pantanos de Pathfinder, Shoshone y Roosevelt. En los tres el desagüe está constituido por túneles abiertos en la ladera, con sección rectangular coronada por un segmento circular muy rebajado. Además de los túneles, se instalarán tubos de hierro al través de las presas, principalmente destinados á dar paso al caudal de aguas bajas, mientras se coloquen las compuertas en aquéllos.

Dichos túneles llevan un revestimiento de hormigón de 0,10 metros de espesor en Pathfinder y de 0,15 en Shoshone.

En el primero, el ancho es de 3,96 metros y las alturas en el centro y arranques, respectivamente, de 2,75 y 3,05 metros. La carga puede llegar á 53,50 metros. Tendrá cuatro compuertas sencillas, que hay el propósito de duplicar en lo porvenir, movidas por fuerza hidráulica. También se piensa más adelante abrir un segundo túnel de desagüe.

El túnel de Shoshone tiene 3,05 metros de ancho, otro tanto de alto en los arranques y 3,48 metros en el centro; su longitud es de 146 metros, la pendiente de 0,005 y la carga máxima será de 68,50 metros.

En el pantano Roosevelt, el túnel tiene unos 150 metros de longitud. El ancho es de 3,66 metros y el alto de 2,18 metros y 2,79 metros en los arranques y centro, respectivamente, lo que representa una sección de 9,50 metros cuadrados próximamente. La carga máxima será de 67 metros, nada menos, calculándose la velocidad correspondiente en cerca de 29 metros.

Habrán tres pares de compuertas, todas iguales, de servicio las tres de atrás y de reserva las de delante, de 3,05 metros de alto por 1,37 metros de ancho, lo que representa para las tres compuertas una sección neta de 12,54 metros cuadrados, superior en cerca de un tercio á la del túnel, reduciéndose en esta parte la velocidad máxima de salida del agua á 21,70 metros por segundo. Según esto, se ha calculado el gasto en este túnel, á plena carga, en unos 272 metros cúbicos por segundo.

En la boca de entrada se ha construído una especie de torre circular de hormigón armado, con aberturas verticales en toda su altura, muy próximas unas á otras, bastante estrechas para impedir el paso de los cuerpos impelidos por la corriente, ya floten en el agua ó ya sean arrastrados por el fondo. De esta suerte, como la torre es de alguna altura, no podrá obstruirse el paso de la corriente aun cuando se acumulen depósitos en las proximidades de la entrada. Se han dispuesto también, como es de suponer, los medios indispensables para poder cerrar el túnel, en caso preciso, en la misma boca, á fin de poder atender á las reparaciones que en él, ó en las compuertas de reserva, sea necesario practicar.

Al proyectarse primeramente la presa se propuso establecer dos desagües de fondo, uno en cada ladera; pero luego, siguiendo el sistema americano, se ha suprimido uno, quizá pensando que no conviene construir el segundo hasta que la experiencia demuestre su necesidad y aconseje las modificaciones que con respecto al primero hayan de introducirse.

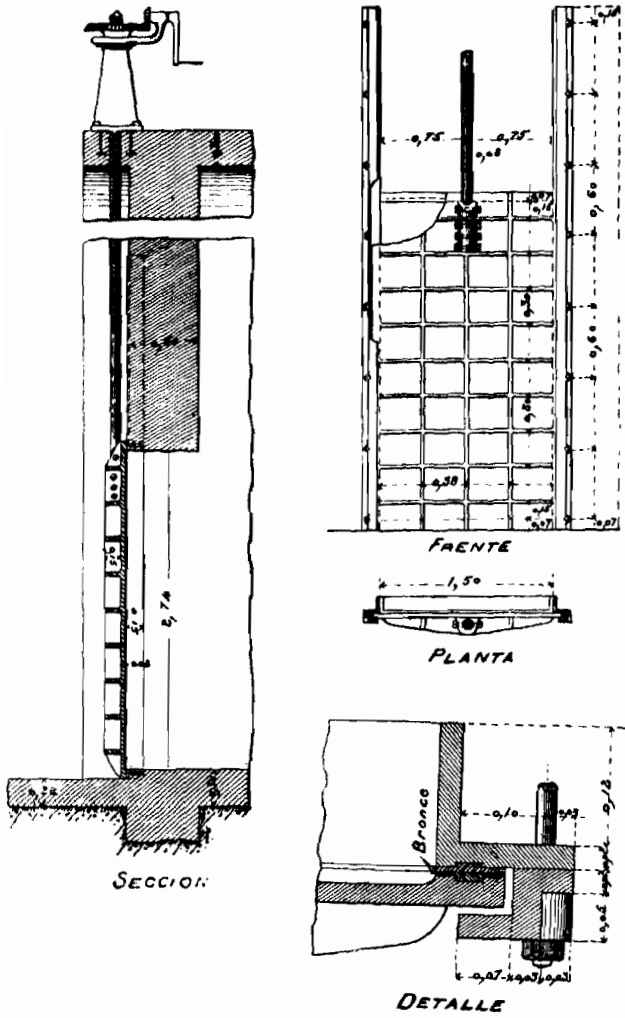
Para emitir con fundamento un juicio crítico sobre la disposición de los desagües del pantano Roosevelt, será necesario, también, esperar que la experiencia señale los inconvenientes y ventajas que pueda reunir; pero no es aventurado asegurar que el sistema de tomas á distintas alturas, cuando se trata de presas de profundidad muy considerable, fraccionando las cargas, se presta á una maniobra más segura y fácil de los cierres y, de consiguiente, á disposiciones más sencillas en éstos; pues si bien, de todas suertes, habría que disponer los de los

desagües de fondo para ser manejados á plena carga, es lo cierto que el servicio de las tomas, mucho más que el de tales desagües, suele dar origen á frecuentes maniobras de las llaves ó compuertas.

Las proyectadas para Roosevelt ofrecen positivamente las mayores garantías y son un modelo de perfección; pero tratándose de mecanismos sujetos á presiones enormes, á desgastes y accidentes imprevistos, de difícilísima conservación y vigilancia en sus múltiples partes, no sería imposible que exigiesen, en un caso dado, reparaciones de importancia y la supresión del servicio, que tendría que reducirse á suministrar por los tubos, que han de colocarse al través de la presa, el agua que los riegos requiriesen, si su capacidad lo consentía. En estas condiciones, un segundo túnel de desagüe no dejaría de ser de mucha utilidad, contribuyendo también á que aumentase la corriente de fondo, puesto que se espera que en tiempos de avenida arrastre cantidades considerables de sedimentos.

Aun cuando las paredes de los conductos de evacuación de grandes masas de agua, animadas de altas velocidades, suelen resistir en buenas condiciones, mientras los filetes líquidos no sufren desviaciones demasiado bruscas, será necesario que la experiencia ponga de manifiesto hasta qué punto podrán resultar eficaces y prácticos los débiles revestimientos de hormigón de los túneles construídos en las presas de Pathfinder, Shoshone y Roosevelt, después que durante algún tiempo estén sometidos al paso de una corriente de velocidad tan extraordinaria como la que en ellos se establecerá cuando presten servicio normal.

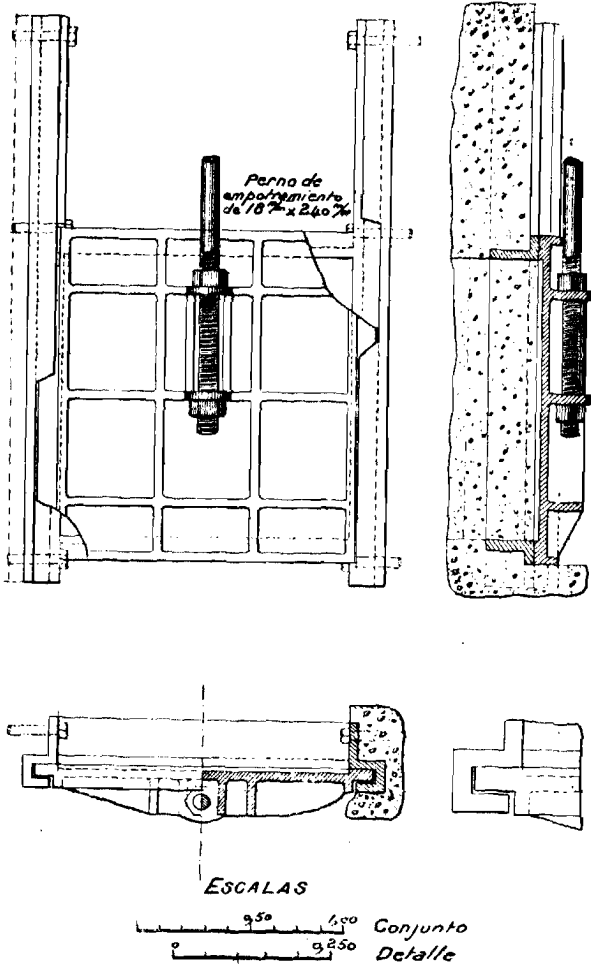
**Compuertas.**—Los dibujos adjuntos representan las compuertas de hierro fundido de la toma del canal de Boise; podrá verse en ellos que son muy robustas, dada la carga de agua que han de soportar y, por tanto, de un peso considerable; esta circunstancia contribuirá á facilitar el cierre y á evitar que la barra de maniobra se doble por efectos de compresión. Las compuertas llevan tiras de bronce en la parte de sus bordes donde



Compuertas de la toma del canal de Boise.



se ha de verificar el deslizamiento, sujetas con tornillos de cabeza embutida; en cambio, los marcos, también de hierro fundido, no llevan bronce alguno.

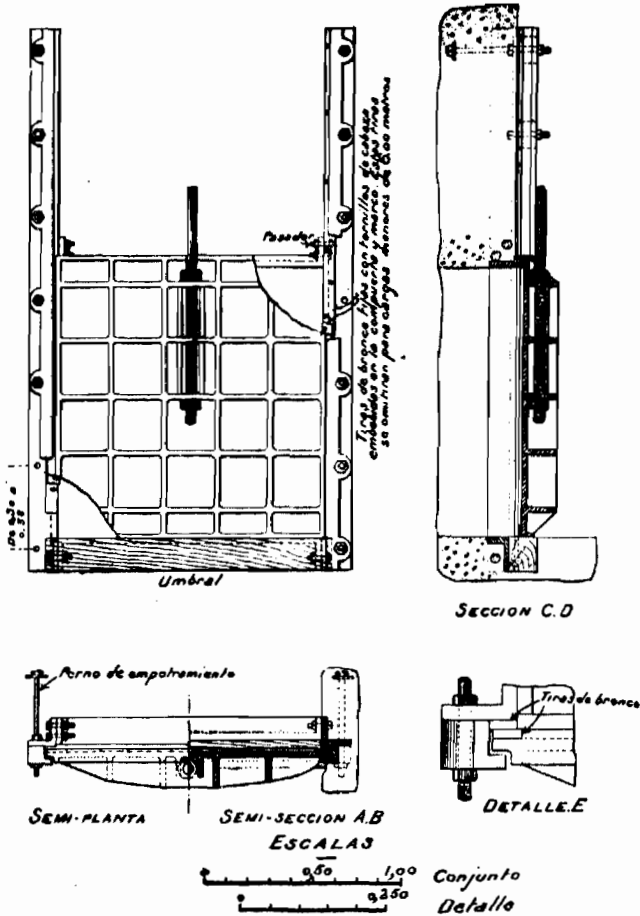


Modelo A de compuerta de fundición para luces de 1,60 á 1,05 metros.  
(Servicio federal de obras de riego.)

Presentamos aquí otros dos modelos de compuertas, proyectados por el Servicio federal de obras de riego, que revelan un

estudio del asunto, á nuestro entender acertado. Como las anteriores, son también de hierro fundido, variando la carga de agua, á contar del umbral, entre 3 y 15 metros.

Ambos tipos son de forma cuadrada, pero puede fácilmente, partiendo de ellos, pasarse á los rectangulares.

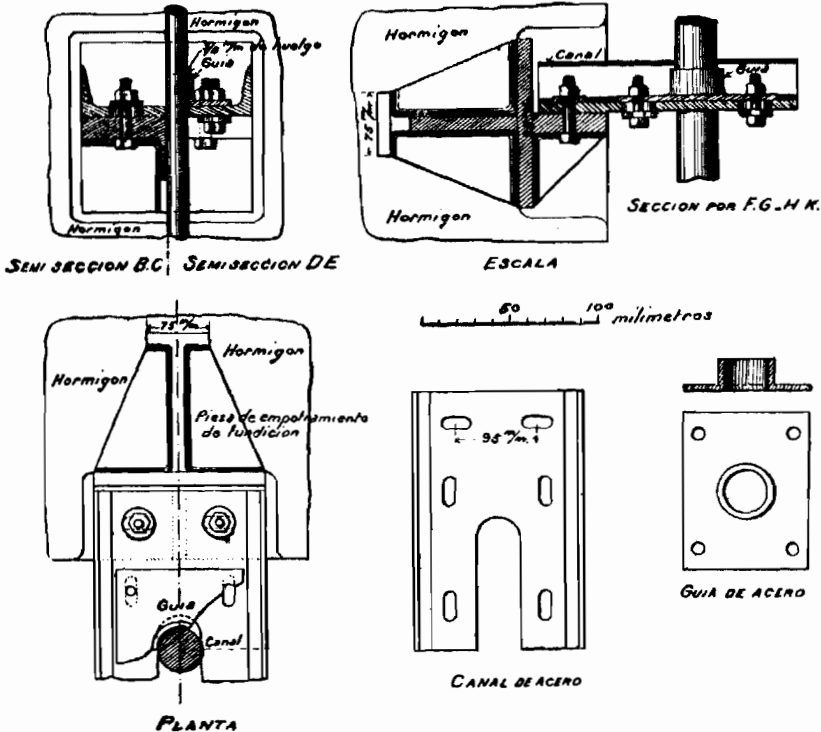


Modelo B de compuerta de fundición para luces de 1,20 á 1,80 metros.  
(Servicio federal de obras de riego.)

Las dimensiones de las principales partes, según sean las de las compuertas y la carga de agua, varían entre estos límites:

	Tipo A. Milímetros.	Tipo B. Milímetros.
Saliente de los nervios por encima del tablero de la compuerta.....	48 á 144	72 á 240
Diámetro de la barra de maniobra.....	24 á 60	36 á 72
Altura del montante del bastidor.....	1.220 á 2.130	2.440 á 4.570

Para el cálculo del rozamiento se parte de un coeficiente igual á 0,33, para el hierro fundido, y á 0,23, para el bronce; el rendimiento de los mecanismos elevatorios se supone que no excede de 0,50.



Modelo de compuertas de fundición del Servicio federal de obras de riego:  
 Detalles de la guía de la barra de maniobra.

Las compuertas y bastidores se hacen en la actualidad, generalmente, de hierro fundido; cuando las cargas de agua son reducidas se recurre también á la madera, que se refuerza convenientemente con hierro. El empleo del hierro laminado ó del acero es poco frecuente.

Las formas de compuertas preferentemente adoptadas son las rectangulares; las circulares se emplean para cierres de tubos, constituyendo en tal caso verdaderas válvulas de paso, si están en puntos intermedios del conducto, ó compuertas circulares deslizantes, cuando se aplican á la boca de entrada.

No es corriente, en general, estrechar los conductos de evacuación para establecer en los estrechamientos válvulas que, merced á este artificio, pueden ser para una misma capacidad de desagüe de un tamaño más reducido; esto no obstante, se ha recurrido á esta disposición en una de las tomas del pantano de Belle Fourche y en la del canal Garland, de cuya presa de derivación, llamada de Corbett, se han insertado anteriormente los dibujos. La toma en este último caso se hace en túnel, de gran longitud, estando formada su sección, á partir de la boca de entrada, en un trayecto de 3 metros, por un rectángulo de 1,20 de ancho y 0,90 de altura, coronado por un semicírculo. Viene inmediato á éste otro trayecto de túnel, de 4,40 metros, en que la sección se transforma, por gradaciones continuas, en otra circular de 1,20 metros de diámetro, que forma la base mayor de un tronco de cono de eje horizontal, de 1,88 metros de longitud, situado á continuación, y con la base menor, paralela á la primera, de 0,90 metros de diámetro. Sigue á continuación un trayecto cilíndrico horizontal, de 1,50 metros de longitud y base de 0,90, en el centro del cual se halla la llave de paso. Después del trayecto cilíndrico viene otro tronco-cónico, simétrico é igual al primero, y á partir de su extremidad continúa el túnel con su sección normal, en forma de herradura, de 3,50 metros de ancho y 3,28 de alto en la clave, y con solera curva. La llave de paso, de eje vertical, colocada en el punto medio de la sección cilíndrica, se halla á la vez en el fondo de un pozo de sección

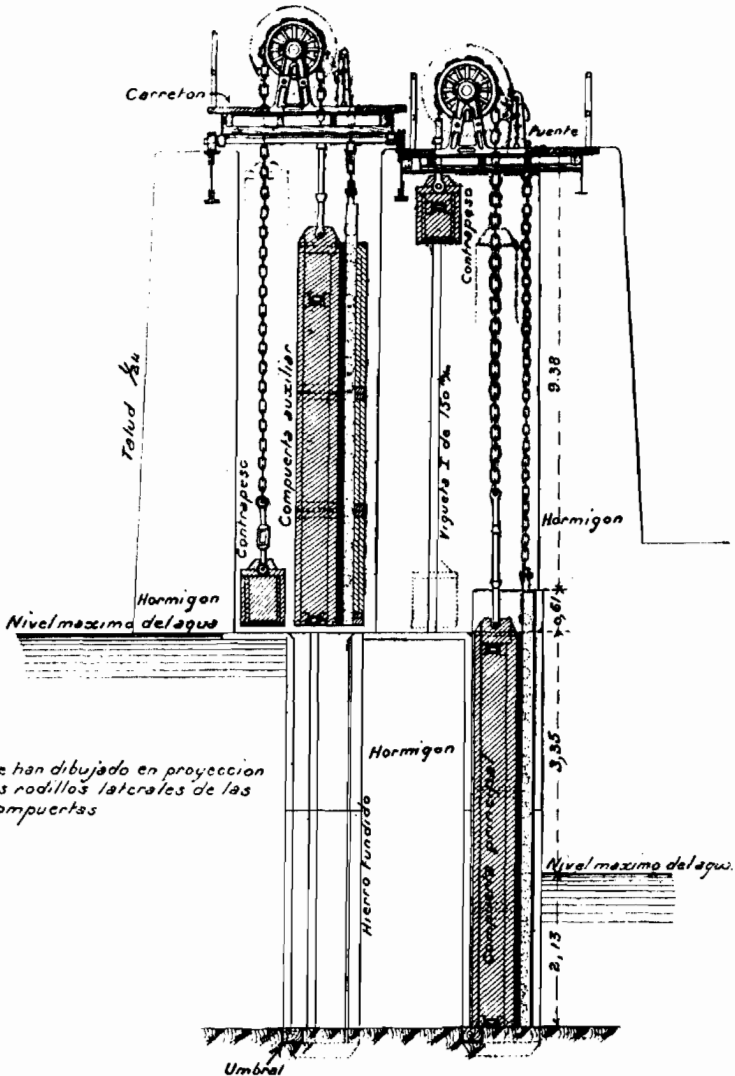
cuadrada, de 1,20 metros de lado y unos 14 de profundidad, con revestimiento de hormigón ordinario en las paredes, de 20 centímetros de espesor. Dicho pozo está aislado del túnel, y la llave se manobra desde la parte superior, como de ordinario, con una varilla y un mecanismo movido á mano, instalado en el interior de una caseta, que corona el pozo en su boca de entrada. Esta disposición, sencilla y eficaz, aunque no nueva, pues que ha sido ya proyectada en España y en otras partes, permite reducir, á poco coste, el tamaño de las llaves ó compuertas, sin más inconveniente que el aumento en la velocidad; pero no se presta bien á ser establecida más que en conductos cerrados.

Se observa en los Estados Unidos, respecto á compuertas, alguna tendencia á emplear las de gran tamaño, más bien que á multiplicar el número de los pequeños tipos, sobre todo cuando las cargas de agua no son muy grandes. Consideramos que puede justificar suficientemente esta tendencia la ventaja de proporcionar alguna economía y la de obtener con grandes vanos una mayor regularidad en la vena líquida, evitando en buena parte los torbellinos, que son, casi siempre, perjudiciales.

Los aparatos de manobra ordinarios no suelen diferir de los usados en Europa, constituídos generalmente por una manivela con la que se mueve un piñón, de eje horizontal, que mueve á su vez la rueda dentada que actúa sobre el husillo ó eje de la llave ó compuerta, bien directamente, bien por el intermedio de otros engranajes que permitan obtener, con un solo hombre, la fuerza necesaria. En algunos casos, sin embargo, se sustituye la fuerza humana por motores eléctricos ó por cilindros hidráulicos, pero suprimiendo, cuando esto último ocurre, todo mecanismo intermedio. Con objeto, principalmente, de que con un solo hombre puedan maniobrarse pesadas llaves y compuertas, va extendiéndose cada vez más el empleo de los juegos de bolas de acero para disminuir el rozamiento en la base del manguito roseado que va acunado á la rueda motora. Las bolas empleadas suelen tener unos 13 milímetros de diámetro; cuando la manobra de cierre no exige una gran fuerza, por tratarse de compuertas



DETALLE DE LA PLANTA



SECCION

Compuertas del canal de limpia anejo a la toma del de Yuma.

tas relativamente pesadas, el empleo de las bolas se limita á la base inferior del manguito; pero en otros casos, se ponen también bolas en la base superior del collar de éste, donde se desarrolla el rozamiento en el movimiento de descenso. Según la magnitud de los esfuerzos que hayan de transmitirse, se emplean una ó dos coronas de bolas, que en los aparatos mejor entendidos, como los construídos por la Compañía Coffin, de Boston, se hallan en cavidades cerradas, llenas de aceite, al abrigo del polvo y humedad.

Presentamos enfrente algunos dibujos de las compuertas del canal de limpia, anejo á la toma del de Yuma, en la presa de la Laguna á que anteriormente hemos hecho referencia, y de la que se insertó el dibujo de la planta en la pág. 160. El nivel del agua, por el lado de aguas arriba de ellas, no excederá, en las mayores avenidas, de la altura de su tope cuando se hallen cerradas. Las compuertas, que son del sistema Stoney, se apoyan solamente en el fondo y paredes laterales; en aquél descansan sobre una llanta de bronce, de 176 milímetros de ancho por 18 de grueso, clavada sobre un umbral de roble de 30 centímetros de escuadría. Lateralmente entran los extremos de las compuertas en rebajos rectangulares que presentan las pilas y estribos, revestidos por piezas de hierro fundido, apoyándose sobre la del fondo del rectángulo los dos rodillos que en las partes alta y baja lleva cada una de las compuertas en sus dos bordes laterales, impidiendo las oscilaciones transversales; por la parte posterior se verán indicados en los dibujos los trenes rodantes que caracterizan el sistema Stoney, y que ofrecen aquí la particularidad de presentar los rodillos cada vez más próximos, según aumenta la carga de agua.

Las compuertas están suspendidas por cadenas arrolladas en tambores situados en un puente establecido por encima de ellas, sobre vigas de acero de 75 centímetros de altura, apoyadas en los estribos y pilas; las cadenas llevan en su extremo contrapesos que equilibran los de las compuertas y que, al igual que éstas, son guiados por rodillos en el sentido lateral. Para

mayor claridad, en los cortes del dibujo que indican la posición de compuertas y contrapesos, se han figurado vistos los rodillos laterales, á pesar de que, en realidad, no deberían aparecer más que en la planta.

Además de las tres compuertas de que se acaba de hablar, existe una cuarta, enteramente análoga á ellas, destinada á reemplazar á cualquiera, en caso necesario, y á facilitar las reparaciones y los trabajos de conservación; para ello la compuerta dicha, con el contrapeso y trenes de rodillos correspondientes, pende de un carretón con el tambor y tornos, el cual, merced á una vía establecida al efecto sobre un puente, puede situarse frente á cualquiera de los tres vanos del cierre, y una vez en esta posición, permite descender la compuerta con sus dos trenes de rodillos, que de ordinario se tienen suspendidos fuera del agua

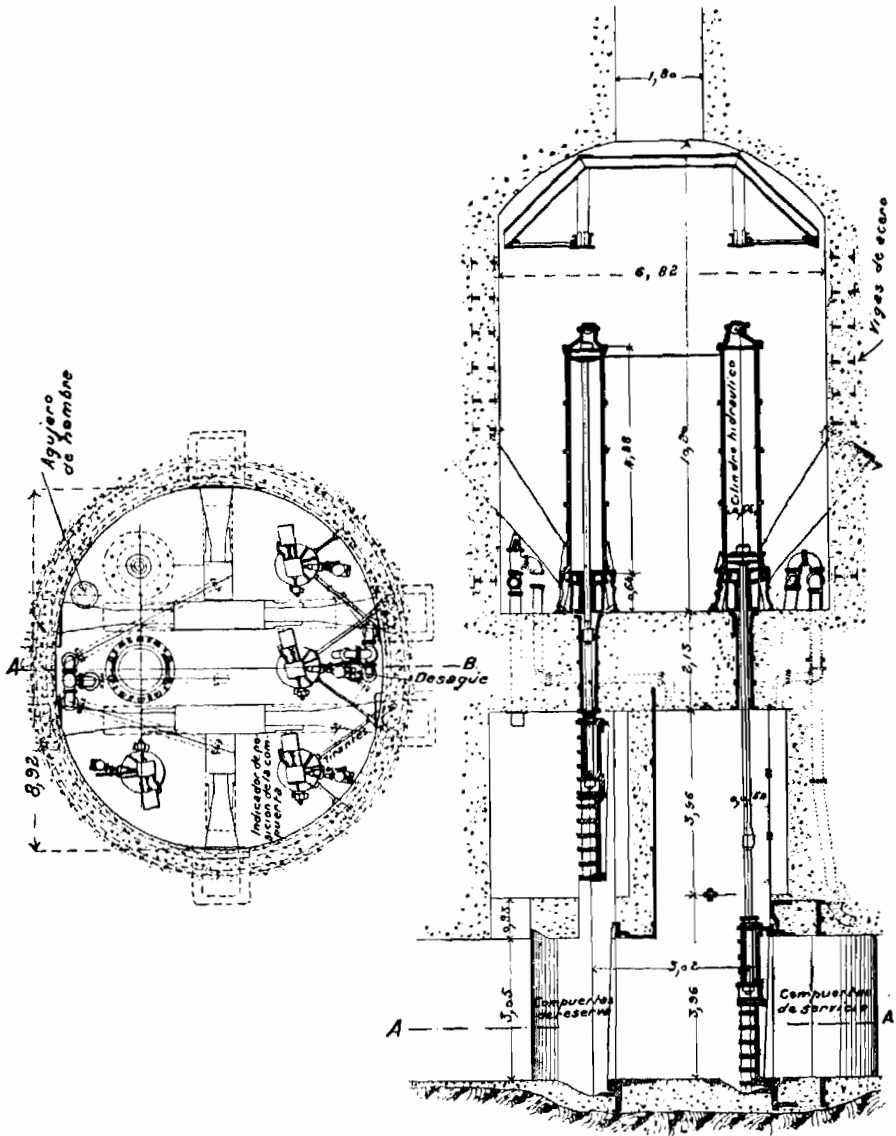
Todos los tornos han de ser movidos por medio de motores eléctricos.

Al tiempo de nuestra visita no había empezado aún el suministro de estas compuertas, que resultan interesantes, no sólo por su gran tamaño, excedido únicamente (que nosotros separamos), entre las del sistema Stoney, por las del Ródano, cerca de Ginebra, y las del Támesis, cerca de Richmond, sino también por otros perfeccionamientos que pueden considerarse acertados.

Terminaremos estas indicaciones sobre compuertas haciendo algunas sobre las del túnel de fondo del pantano Roosevelt, y presentando varios dibujos referentes á las mismas, no tan completos como requerirían su interés y su mejor inteligencia, por no consentirle la dimensiones de esta Memoria.

Darán una idea del sistema en su conjunto, los cortes vertical y horizontales que enfrente aparecen; el de la pág. 196 comprende tan sólo la mitad del canal, por ser simétrica la instalación con relación al plano vertical que pasa por el eje del túnel, apareciendo con las compuertas levantadas la parte que comprende la mitad del vano central de los tres en que, para la instalación de aquéllas, se ha dividido dicho túnel.

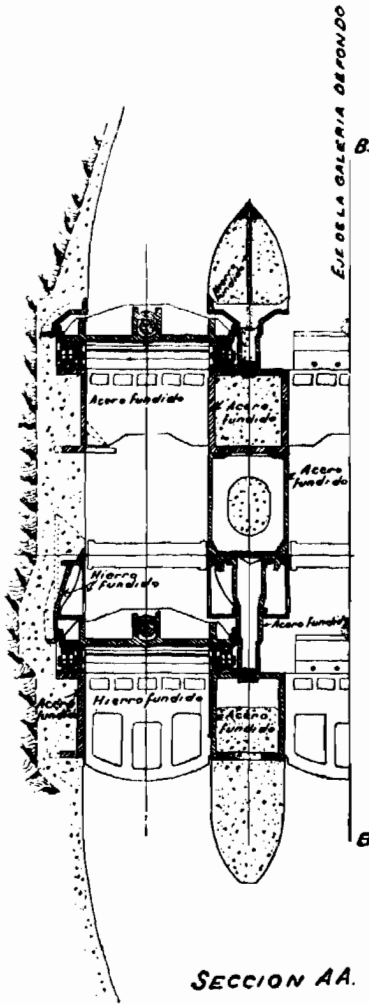




SECCION B. B

Secciones de las camaras de compuertas y de la de cilindros en el desague de fondo del pantano Roosevelt.

No comienzan estos dibujos, por no permitirlo la escala, la instalación completa, con todas las cañerías, válvulas, llaves, tirantes, refuerzos de vigas, trenes de rodillos, indicadores de altura de compuertas, etc.



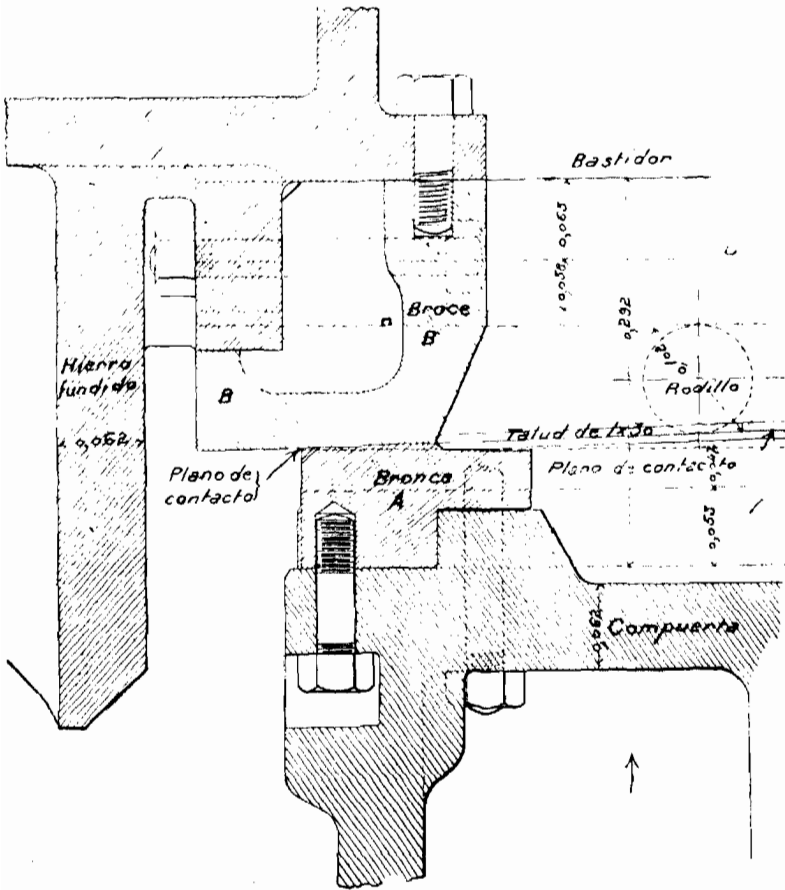
Corte horizontal de las cámaras de compuertas en el desagüe de fondo del pantano Roosevelt: semi-sección.

Las tres compuertas de reserva, ó sea las de delante, se hallarán, de ordinario, levantadas, alojadas en lo alto de la cámara inferior, según demuestra la sección vertical; las otras tres posteriores, situadas á 3,02 metros de distancia de las primeras, estarán en servicio constantemente, salvo los casos de averías y reparaciones, en que podrán ser sustituidas por aquéllas. Los dobles juegos de compuertas y las cañerías que ponen en comunicación las distintas partes, permitirán manejar una de aquéllas, en caso preciso, estando equilibradas las presiones del agua en ambas caras.

Las compuertas son del sistema Stoney, pero en vez de recurrir á varillas análogas á las usadas en la presa de Asuan, con poco éxito ciertamente, la impermeabilidad

ha de obtenerse en éstas por el ajuste de las superficies, no verticales, sino en talud, de la parte fija y móvil que vienen en

contacto al tiempo de quedar cerradas las compuertas; dichas superficies corresponden á las de dos marcos de bronce, indicados en los adjuntos detalles con las letras A y A', para los que



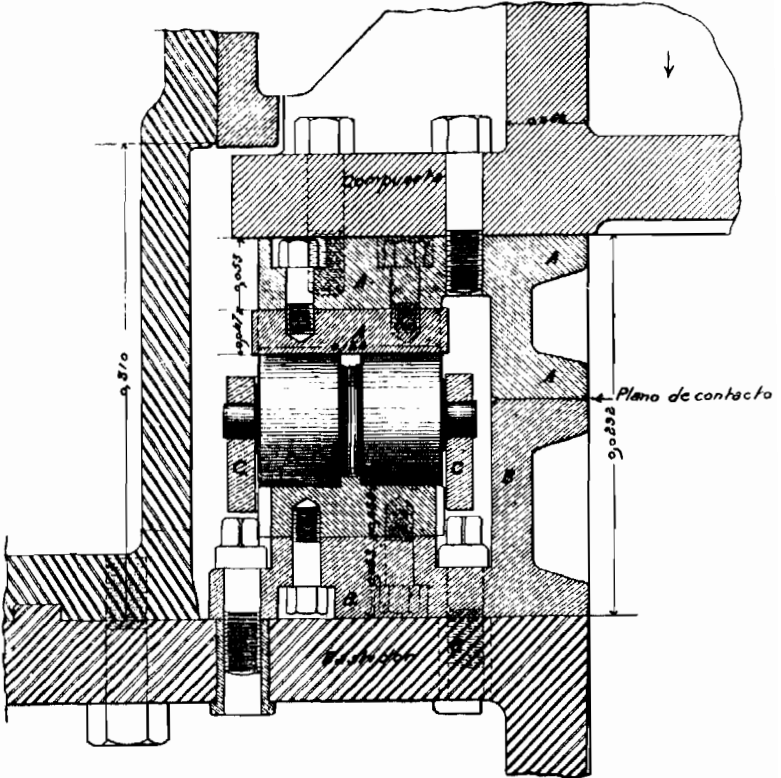
Desagüe de fondo del pantano Roosevelt: detalle de la sección vertical de una compuerta lateral y del bastidor, en su parte inferior.

van unidos á las compuertas, y con las B B', para los sujetos á los bastidores fijos.

Conviene, para mejor inteligencia del anterior dibujo de de-

talle, referente á la secci3n vertical de una compuerta, que el lector tenga presente que la flecha, que representa la direcci3n del agua en el t3nel, indica tambi3n la horizontal, y que la recta inmediata á la palabra «Bastidor», y todas las paralelas á ella, representan planos verticales.

Los mismos dibujos de detalle dan clara idea de la sujeci3n



Desagüe de fondo del pantano Roosevelt: detalle de la secci3n horizontal del bastidor, rodillos y una compuerta en su borde lateral.

de los marcos, obtenida con tornillos de 28 milímetros de diámetro, situados, unos, á 15 centímetros de distancia, y otros, á 30.

Con objeto de que el movimiento sea de rodadura, mediante

la intervención de los trenes de rodillos (señalados con la letra C), el plano de contacto de los bronce A A' y B B' tiene, según se dijo, una inclinación de  $\frac{1}{30}$  con respecto á la vertical, de suerte, que, estando cerradas las compuertas, en el mismo momento en que se inicia el movimiento de apertura empiezan á funcionar los rodillos y, por el contrario, sólo dejan de hacerlo, cuando se va á cerrar, al terminar el movimiento y quedar la compuerta en su posición definitiva de cierre. Se comprende que con un ajuste muy perfecto se pueda obtener por semejante medio una impermeabilidad completa, siendo el manejo de las compuertas relativamente fácil. Una disposición que ofrece gran analogía con ésta había sido proyectada anteriormente, y está en vías de realización, en el pantano de Guadalecín (provincia de Cádiz).

Es de suponer que la experiencia sancionará la eficacia é impermeabiidad del sistema, á pesar de lo elevadísimo de la presión; pero si aquélla demostrase que era expuesto á que, efecto de esfuerzos excesivos ejercidos al cerrar, pudiera manifestarse tendencia, al finalizar el movimiento de la compuerta, á que al de rodadura sustituyese el de deslizamiento, podría tratarse de obviar este inconveniente aumentando la inclinación de  $\frac{1}{30}$  adoptada para los planos de contacto.

El bronce de los marcos tiene la siguiente composición aproximada:

	De las compuertas.	De los bastidores.
Cobre.....	82,5	82,7
Plomo.....	8,1	4,9
Zinc.....	4,5	5,3
Estaño.....	4,9	7,1
	100,0	100,0

Las tiras de bronce sobre que ruedan los rodillos del tren, sujetas á los marcos del mismo material por tornillos de 22 milímetros, en la forma que indican los detalles, y los rodillos mismos, son de una clase especial de bronce, llamado Tobin, con la siguiente composición:

Cobre.....	58,22	por 100.
Estaño.....	2,30	--
Zinc.....	39,48	--

Se ha exigido que las tiras sean forjadas en frío.

Según parece, el bronce Tobin, empleado también para las barras de las compuertas y las varillas de los émbolos de los cilindros, tiene una altísima resistencia y elasticidad, comparables á la de los aceros dulces, no siendo atacable por las aguas salobres como son, según revela el nombre, las del río Salt que ha de embalsar el pantano Roosevelt.

Las compuertas se han hecho de una sola pieza y de hierro fundido, por ser este material menos atacable por la oxidación que el acero fundido.

Los rodillos, en número de 31 en cada tren, colocados en los extremos de las compuertas, conforme indican las figuras, tienen en su centro ranuras, de unos 16 milímetros de ancho, destinadas á abrazar los rebordes salientes que llevan las bandas ó tiras de deslizamiento unidas al bastidor de la parte fija, constituyendo esta disposición una especie de guía para las compuertas á fin de que conserven la verticalidad rigurosamente, sin oscilar en el sentido transversal. Las pletinas, también de bronce, en que encajan los ejes de los rodillos, se hallan unidas indeformablemente y llevan en la parte superior una rueda, cuyo plano es normal á ellas, con una acanaladura para alojar un alambre de 13 milímetros, destinado á sostener el tren de rodillos y regular sus movimientos.

La cámara inferior de compuertas, sólidamente constituida con refuerzos de hierro y acero fundidos, embebidos ó protegiendo el hormigón, está separada de otra superior, de sección

horizontal elíptica, con el eje mayor de 8,92 metros y el menor de 6,82, destinada á los cilindros hidráulicos con que se ha de verificar la maniobra de aquéllas por el intermedio de vástagos que, con la interposición de cajas de estopa, de modelo especial, atraviesan el piso de separación de ambas cámaras. Los cilindros, por su mucha altura, han de afianzarse en las paredes por medio de tirantes, á más de hallarse sólidamente empotrados en basas fuertemente sujetas al piso.

En las cañerías de presión de cada cilindro hay dos llaves de asiento que automáticamente se cierran al llegar el émbolo al extremo de su carrera. Para facilitar la apertura y cierre de las compuertas se dispondrá, según se ha indicado antes, de cañerías que pondrán en comunicación las partes de la cámara inferior anteriores y posteriores á cada una, por medio de llaves de paso situadas en la cámara superior. Además, se instalará un indicador de la posición de cada émbolo y, por lo tanto, de la compuerta correspondiente: se conseguirá esto por medio de un tambor alojado en el extremo superior del cilindro, que pueda girar alrededor de su eje, que es horizontal, constituido por una varilla, prolongada al exterior, en la que se montará otro tambor igual, por fuera del cilindro; ambos tambores llevarán acanaladuras destinadas á recibir una cuerda metálica en cada uno, de 12 milímetros de diámetro, unida por uno de sus extremos al respectivo tambor; el otro extremo en la del interior del cilindro, irá sujeto á la parte superior del émbolo, y en la del tambor exterior llevará un peso. De esta suerte, cuando el émbolo se halle en el extremo superior de su carrera el tambor interior tendrá toda su cuerda arrollada en él y el exterior desarrollada la suya, quedando el peso en la parte inferior de su recorrido, y, por el contrario, cuando el émbolo esté en el punto más bajo, el peso se hallará en el más elevado. Se piensa transmitir al exterior, por medio de contactos eléctricos, las indicaciones relativas á la posición de las compuertas.

Para resistir á los grandes esfuerzos á que se hallará sometido el piso de separación de las dos cámaras, principalmente

de abajo arriba, pues á la presión del agua en la parte inferior se sumará la reacción de los cilindros al verificar el cierre, se han dispuesto robustas vigas de hierro fundido, embebidas en el hormigón, reforzadas por seis grandes tornapuntas del mismo metal, huccas, de sección cuadrada, inclinadas en la forma que indica el corte vertical. También el revestimiento de hormigón de la cámara superior está reforzado con vigas armadas y barras retorcidas de acero. Una abertura circular, establecida en el piso que separa las dos cámaras, permitirá bajar á la inferior en caso necesario. Igualmente, el agua procedente de escapes que tengan lugar en la superior podrá evacuarse por un conducto que comunica con el de salida al exterior de la galería, establecido, según se indicó antes, para poner en comunicación las partes de la cámara inferior, anterior y posterior á las compuertas de servicio.

Las compuertas, con los mecanismos, armaduras, etc., contienen algo más de 36 toneladas de metal; su coste se ha elevado á 520.000 pesetas, lo que representa, aproximadamente, 1,40 pesetas por kilogramo.

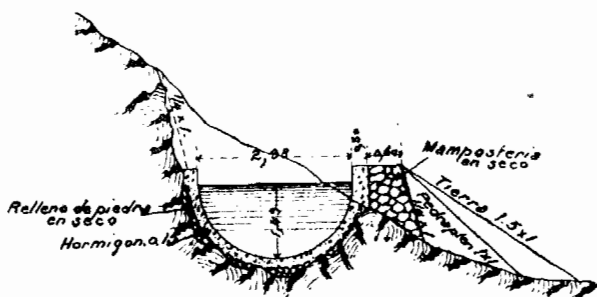
Al tiempo de nuestra visita á estas obras, en Diciembre último, las compuertas no se habían aún colocado, á pesar de hallarse acopiadas al pie de obra hacía tiempo, con objeto de no interrumpir el paso del agua por el túnel, lo que hubiera exigido suspender los trabajos de cimentación de la presa, que por entonces era posible proseguir aún por no ser muy grande el caudal del río.

Las compuertas, mecanismos, armaduras, etc., se han adquirido mediante concurso, al que han servido de base planos y pliego de condiciones detallados, redactados por el Servicio federal de obras de riego, el cual ha formulado igualmente los dibujos de ejecución que, por lo completos y hábilmente estudiados, honran á su autor el ingeniero Mr. F. Teichman.



### DISPOSICIONES MAS INTERESANTES EMPLEADAS EN LOS CANALES

**Canales.** —Aparte el trazado, que en algunos casos ofrece una particularidad, á que anteriormente hemos hecho referencia, no presentan, generalmente, estas obras rasgos bien característicos que las distinguan de las de otros países.



Sección en roca en el canal de alimentación del pantano de Cold Springs.

Presentamos adjunta la sección transversal del canal de alimentación del pantano de Cold Springs, en la parte que está abierto en una ladera de basalto. Como no se presta la roca á que la superficie de la excavación quede bastante igual, se regulariza con piedra en seco, extendiendo luego una capa de hormigón de 15 centímetros de grueso. La sección á plena carga tiene 3,50 metros cuadrados, la pendiente es de 0,00124, la velocidad de 2,43, y el gasto resulta igual á 8,50 metros cúbicos por segundo.

Por lo general, sin embargo, aun en los desmontes en roca, las secciones que se adoptan son trapezoidales, con inclinaciones variables, según la naturaleza del terreno y de los revestimientos.

La relación entre la profundidad y el ancho es muy variable, si bien disminuye rápidamente á medida que la sección es mayor, dependiendo en gran parte, como es lógico, de la imper-

meabilidad del terreno. Los cañados máximos de 3, y aun de 4 metros, son frecuentes sin revestimientos, cuando aquél es adecuado y bastante impermeable.

En general, los canales se establecen en desmonte, ó por lo menos, la solera se halla descansando en el terreno natural; los canales enteramente en terraplén se evitan cuidadosamente.

Las obras destinadas á dar paso á pequeñas corrientes por debajo del canal están con frecuencia constituidas por tubos de grés, de barro ordinario vitrificado, de hormigón ó de mortero de cemento, fabricados estos últimos en talleres especiales, variando ordinariamente los diámetros interiores entre 0,30 y 0,75 metros. Cuando estos tamaños son insuficientes se apela á la construcción de tajetas y alcantarillas, muchas veces de hormigón armado, siendo muy recomendable el modelo constituido por uno ó por dos tubos adosados, de sección rectangular, de 0,60 á 1,50 metros de ancho y 0,60 á 1,70 metros de alto. Los extremos de los tubos desembocan siempre en frentes de hormigón, seguidos, según los casos, de muretes corta-aguas, soleras, aletas, etc.

Los tubos de hierro fundido sólo suelen emplearse para cruzar las acequias por debajo de las líneas férreas.

Las tomas en los canales para las derivaciones de acequias y las de éstas para los brazales, constituyen modelos variadísimos, frecuentemente costosos y aun, quizá, excesivamente elaborados en algunos casos. Los cierres grandes se hacen generalmente con compuertas de hierro ó viguetas, y con compuertas de madera los restantes.

Las canales y los puentes canales, apoyados en pilas y estribos ó sobre empalizadas, no suelen construirse de madera, cuando tienen alguna importancia, como antes se hacía, salvo en las comarcas donde aún puede adquirirse aquélla á precios baratos, lo que es raro en las regiones áridas. En general, estas estructuras se fabrican hoy de hormigón armado.

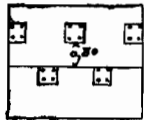
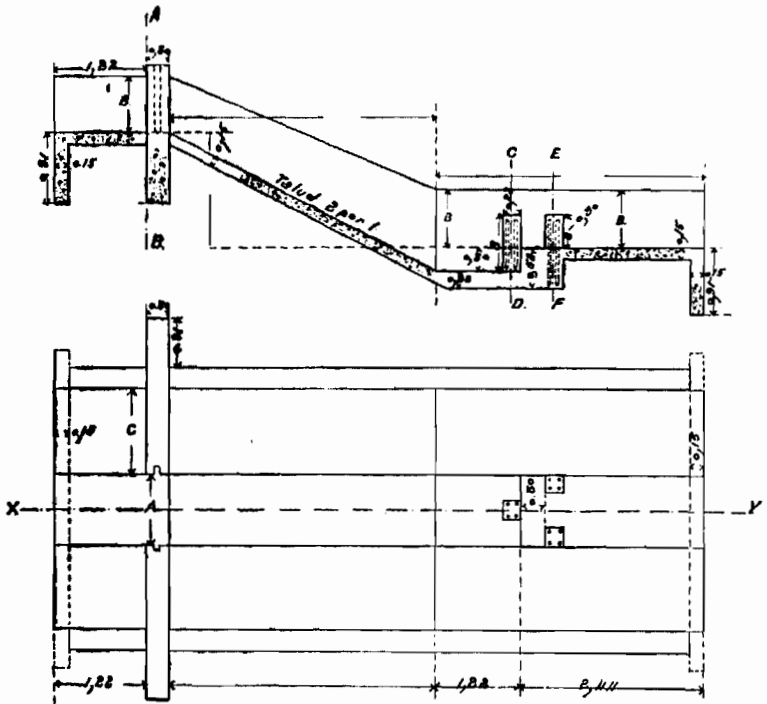
Los túneles son de secciones muy variadas, conforme á la naturaleza y condiciones del terreno; cuando éste está constituí-

do por roca sólida suelen adoptarse las rectangulares, coronadas por segmentos circulares más ó menos rebajados. En algunos casos los cajeros tienen el paramento en talud. Cuando los terrenos no son muy consistentes se adoptan las secciones de paramentos curvos, siendo usual la formada por un arco en herradura, prolongado por dos líneas rectas ó curvas, correspondientes á los paramentos de los cajeros, enlazados á su vez por una soleira, con la superficie cóncava, en forma de arco de círculo. En cuanto á las proporciones relativas, son, naturalmente, variables, pero no suelen diferir mucho en longitud, el ancho y la altura. El revestimiento de hormigón rara vez se omite, aun tratándose de rocas resistentes.

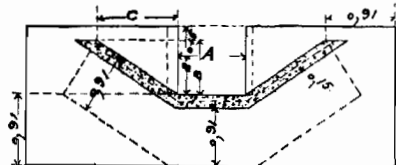
Con objeto de evitar que una cantidad de agua excesiva, introducida en un canal ó acequia, pueda dar lugar á desbordamientos y á averías graves, establécense muy frecuentemente aliviaderos de superficie, que casi siempre corresponden á uno de los tres tipos siguientes: vertedero lateral al canal, que desaguan en otro de evacuación contiguo y paralelo, prolongado hasta un punto conveniente; vertedero en lo alto de un cajero de fábrica que corone un muro ó ladera de roca inmediata á una corriente ó desagüe natural; y, finalmente, pozo de paredes de fábrica, colocado sobre una alcantarilla ú otra obra destinada á dar paso á una corriente por debajo del canal, terminando el pozo en el interior de éste, convenientemente ensanchado, con el enrase de su brocal á la altura debida para prestar las funciones de aliviadero de superficie.

**Salto.**—Acaso en ninguna otra estructura se ha ejercitado tanto como en el proyecto de los saltos en canales las naturales iniciativas de los ingenieros norte-americanos.

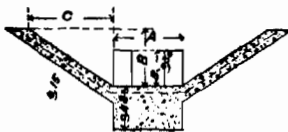
El tipo más sencillo y empleado se reduce á estrechar la sección del canal paulatinamente, á partir de alguna distancia aguas arriba del salto, con objeto de evitar la depresión que de otro modo experimenta la lámina vertiente, la que daría origen á un aumento de velocidad que podría ocasionar socavaciones



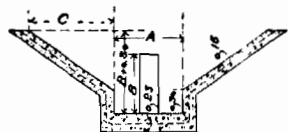
PLANO CON LA SITUACION  
DE LOS POSTES



SECCION A.B.



SECCION E.F.



SECCION C.D.

Salto en las acequias del proyecto del North Platte.

en el tramo superior. Al pie del salto se establece una balsa ó pozo, formando un colchón de agua, destinado á amortiguar la velocidad que ésta adquiere en su caída. Casi nunca se omite este colchón, que, en efecto, parece constituir el medio más eficaz de oponerse á las degradaciones en el origen del tramo inferior.

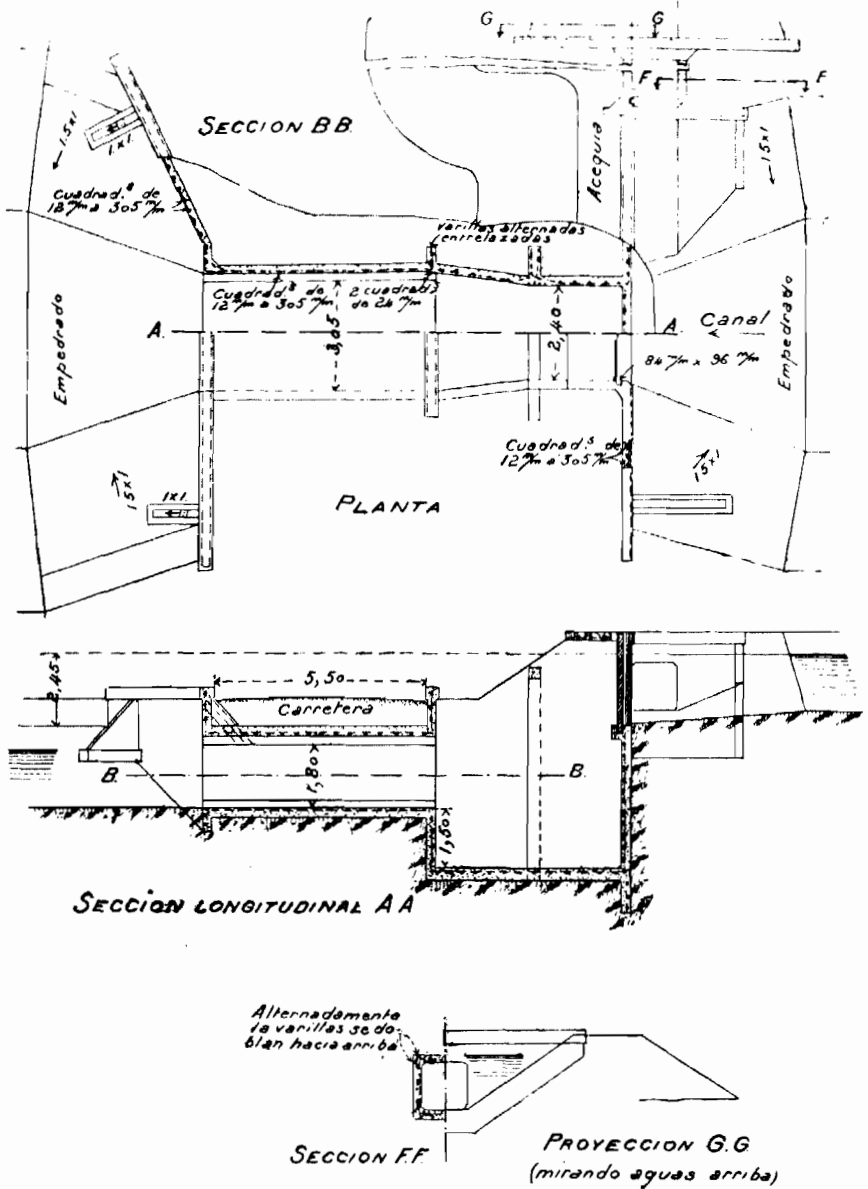
La profundidad del pozo, con relación al nivel del último, debería variar con la altura del salto, el caudal del canal, la capacidad del pozo y la resistencia de su solera y paredes. No es raro encontrar saltos en que el ancho del pozo es doble que el de la solera del canal, y en este caso su profundidad se reduce muy notablemente.

No hay que decir que, á menos de tratarse de formaciones de roca dura, se revisten debidamente las paredes y solera del pozo y tramo inferior del canal, en las proximidades del salto, á fin de prevenir degradaciones.

Pueden verse adjuntos los dibujos de dos saltos. Uno de ellos se refiere á un tipo adoptado en los canales del proyecto North Platte, que, como se verá, ofrece la particularidad de tener en el fondo de la balsa algunos pilarecitos ó postes destinados, con el colchón de agua, á disminuir la fuerza viva que la corriente adquiere en el salto. Semejante recurso, muy sencillito por cierto, parece que ha sido probado en otras partes con buenos resultados.

En el segundo modelo que se presenta se han reunido en una sola obra el salto, una toma para acequia y un paso superior. Es el tipo, todo él de hormigón armado, adoptado en el canal de Garland.

En algún salto importante, á más del colchón de agua, se ha colocado un emparrillado, formado por carriles paralelos, á muy corta distancia unos de otros, con objeto de contribuir á reducir la velocidad del agua: el emparrillado se coloca por debajo del salto, hacia la mitad de su altura, algo inclinado su plano, de suerte que el agua, al caer, choque casi normalmente sobre los carriles, perdiendo fuerza viva, que el colchón inferior acaba de amortiguar.



Salto, paso superior y toma de acequia en el canal Garland.

Hasta el presente ha sido relativamente poco aprovechado en los Estados Unidos el trabajo que pueden proporcionar los saltos de agua de las corrientes de todas clases; pero la utilización de estas fuentes de energía va siendo ya cada vez mayor, y en los proyectos de riegos últimamente redactados, tanto por el Gobierno como por los particulares, se concede á esta materia toda la atención que merece. En varios casos se ha estudiado la utilización de los saltos de los canales para elevar el agua á zonas superiores adonde no podía llevarse por gravedad, ó en que la solución de establecer las derivaciones que para ello se requerían resultaba más costosa, teniendo en cuenta todos los elementos, que la de elevar las aguas en un punto conveniente. Ya hemos hecho referencia á uno de estos casos.

Entre las instalaciones más importantes de este género debe citarse la del pantano Roosevelt. En el mismo paraje en que se construye la presa, algo aguas abajo de ella, se ha construído un salto, de 67 metros de altura, que producirá 4.400 caballos de fuerza cuando esté completo: hasta el presente sólo se ha montado la primera unidad. Desde 1906 funcionaba una instalación provisional, de 1.300 caballos, utilizada en la fábrica de cemento Portland que en la misma obra ha establecido la Administración, en la producción de arena artificial, en el transporte de cemento, arena, hormigón, piedra y otros materiales, en la producción de luz, en los talleres, etc. Al contratista de la presa se le suministra gratuitamente, por el Gobierno, toda la luz que necesita; también tiene derecho, según el contrato, á que se le facilite fuerza, al precio de dos y medio céntimos de peseta por caballo y hora, hasta un total de 400 caballos, y á doble precio la que exceda de esta cantidad.

El canal de conducción para la formación del salto tiene 32 kilómetros de longitud, con una presa en el río Salt, de la que se presentan los dibujos en la página 166. Desde el extremo final del canal á las turbinas, el agua baja por un túnel inclinado, abierto en la ladera, formada por arenisca cuarzosa muy compacta, en que estriba la presa del embalse. El túnel

va revestido, de hormigón en su parte superior, y en la inferior, por un tubo de acero con relleno, también de hormigón, entre su trasdós y la roca. En el extremo del canal se ha instalado un gran tambor con el eje, alrededor del cual gira, paralelo al de la corriente; forman dicho tambor varillas de hierro convenientemente espaciadas, que detienen las impurezas arrastradas por el agua, y que el mismo, al girar, vierte en un recipiente instalado en la parte superior é interna, ayudado por un fuerte chorro de agua que de tiempo en tiempo cae sobre lo alto del tambor. De esta suerte no llegan á las turbinas los cuerpos extraños, y se evita la limpia á mano, que habría que practicar si se establecieran rejillas fijas.

La fuerza del salto, una vez terminada la presa, se empleará en elevar agua para el riego de 10 á 16.000 hectáreas de terrenos situados á mayor altura que los dominados por los canales, ampliándose así la zona regable por gravedad, que comprende 84.000 hectáreas. La transmisión se hará mediante una línea de alta tensión, que se estaba instalando al tiempo de nuestra visita.

El agua que se eleve procederá, en parte, de los canales y, en parte, de las freáticas, que en cantidad algo considerable se encuentran á poca profundidad en una parte del valle del río, y que es de suponer aumenten con los riegos. Para la elevación se crearán pequeñas estaciones en los pozos que al efecto han de abrirse, á lo que se presta admirablemente la distribución eléctrica.

Otro salto en construcción, no tan importante como el anterior, pero no menos interesante, hemos tenido ocasión de ver en el canal de Huntley (Montana). Tiene un desnivel de 10,28 metros, que se utiliza en la elevación de 1.560 litros de agua por segundo, á la altura de 13,88 metros. La particularidad de este salto consiste en que sobre los mismos ejes verticales de las dos turbinas que ha de mover irán montadas, en su parte superior, las bombas centrifugas que efectuarán la elevación. De las últimas parten dos tubos de impulsión, de acero, con sus corres-



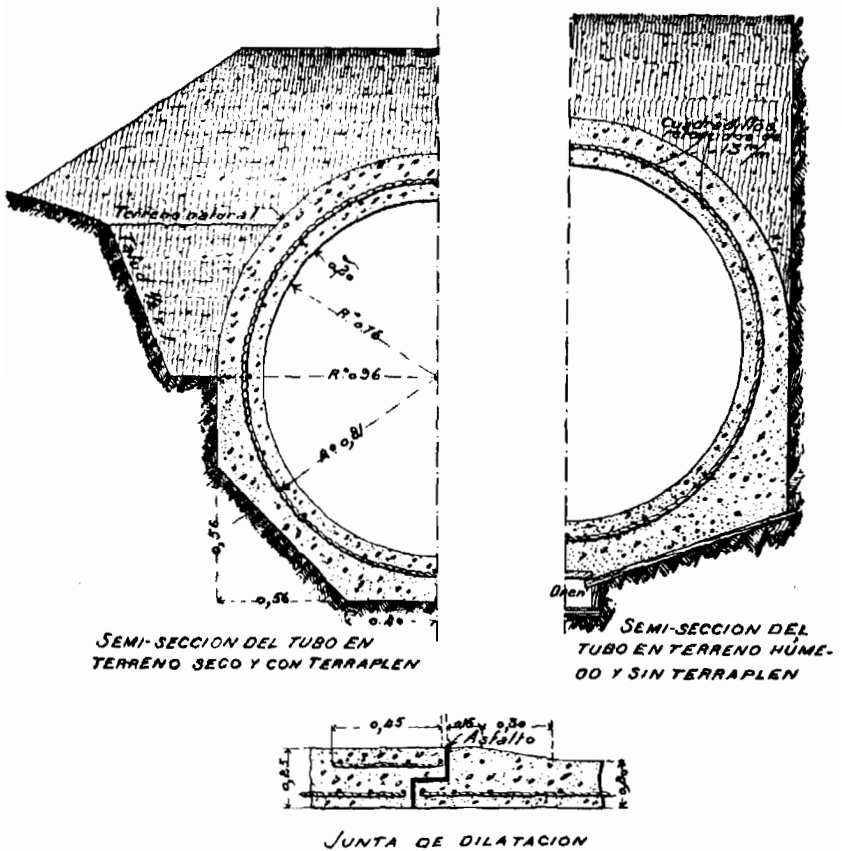
pendientes llaves de paso para retención y regulación, reunidos á corta distancia en uno solo, de hormigón armado, de 1,22 metros de diámetro interior, que conduce el agua al canal superior. De esta suerte, la instalación resulta muy sencilla y, por tanto, económica, sin pérdidas de fuerza por transmisiones intermedias, y de operación casi automática, lo que permitirá probablemente reducir á un solo agente el personal encargado de ella.

Los dos tubos del salto tienen 1,57 metros de diámetro interior, llevando en su boca de entrada compuertas destinadas á poner en movimiento y á regular las turbinas; existe además en el canal un vertedero lateral para dar paso al caudal sobrante, que no admitan las turbinas, por un tercer tubo auxiliar, de 1,07 de diámetro interior, que en su extremo de aguas abajo desagua en el tramo inferior del canal por el intermedio de una cámara de difusión que tiene por objeto amortiguar la velocidad del agua. Dicha cámara, toda de hormigón armado, tiene 5,70 metros de largo por 3,60 de ancho, con un muro de separación del canal, formando vertedero lateral, y otro paralelo á éste en el centro, á modo de pila con tajamar, con el eje en prolongación del del tubo, el que coincide también con el mayor de la cámara; completan ésta, además de sus otros tres muros de recinto, tres tabiques verticales, transversales al muro-pila y, por tanto, á la cámara, que no llegan hasta la solera de ésta, destinados principalmente á recibir el choque del agua al salir del tubo. Este tendrá su boca de salida enteramente sumergida.

Todos los tubos son de hormigón, de 0,23 metros de espesor, del que forma parte un enlucido interior de ,18 milímetros. El refuerzo está constituido por cuadradillos de acero, longitudinales y transversales, de 13 y 18 milímetros, espaciados más ó menos, según la presión á que se hallan sometidas las paredes en los distintos puntos. La maquinaria, con exclusión de los tubos, ha sido adjudicada en 63.500 pesetas.

**Sifones.**—Aunque siguen empleándose los tubos de madera y hierro, puede afirmarse, sin embargo, que los de hormigón

armado son objeto cada vez de mayor preferencia, sobre todo cuando se trata de grandes caudales y de presiones moderadas. Adjunto se presenta la sección del sifón de Belle Fourche para el paso del río de este nombre, en el canal Sur derivado del



Sifón del río Belle Fourche.

pantano de Belle Fourche, del cual reproduce también una vista la lámina inserta en la pág. 156. Como se verá, está constituido por un solo tubo de hormigón armado, con sección circular y espesor de 20 centímetros en la semicorona superior y algo

mayor en la mitad inferior. La armadura, situada á unos ocho centímetros de la superficie interna, está constituida por 16 cuadrillos de acero colocados en el sentido de las generatrices, de 13 milímetros de lado, retorcidos y con puntas, y por aros transversales soldados, formados también por cuadrillos de igual clase, cuya escuadría varía, según la carga, de 13 á 16 milímetros, variando también la separación con aquélla desde 30 á 11 centímetros. Los empalmes de las barras longitudinales se hacen recubriendo 60 centímetros sus extremos y atándolos con cuatro ligaduras de alambre. Haremos notar que muchos ingenieros opinan que las barras retorcidas y con puntas no presentan ventajas positivas sobre las lisas, pues si bien puede admitirse que sea mayor la trabazón entre el hormigón y el acero, á igualdad de las demás circunstancias, es muy posible que no resulte tan perfecta la adherencia á las superficies heli-zoidales y apuntadas como á las lisas, aparte de que en estructuras como los tubos no son muy de temer, de ordinario, los esfuerzos á lo largo de la superficie de unión de las barras y el hormigón. Además, es casi seguro que, desde el punto de vista de la resistencia, hay un verdadero desperdicio de material metálico. Algo análogo puede decirse de las barras estriadas transversalmente, en forma de ajedrezado, muy en boga en Norte-América en la actualidad, á que se hizo alusión anteriormente.

La mezcla del hormigón se hace á máquina, y para la fabricación del tubo se han fijado algunas reglas que, aun cuando son ya bastante corrientes en este género de trabajos, no dejan de ser interesantes, por el acierto con que están formuladas. La piedra empleada es grava, previamente cribada y clasificada por tamaños en varias categorías, mezcladas luego en proporciones que den lugar al menor hueco posible, sin que exceda del 5 por 100 el desecho de grava que por esta causa resulte. El tamaño de las piedras es tal, que las más pequeñas tienen, por lo menos, seis milímetros en su mayor dimensión, mientras que las mayores pasan por cribas con agujeros circulares de 25 milímetros de diámetro. La arena se obtiene por la trituración y cribado

mecánicos de las gravas del mismo río; los granos mayores no han de exceder de seis milímetros en su mayor dimensión, así como debe excluirse el polvo, fango ó arcilla en proporción superior al 10 por 100. El fotograbado inserto en la pág. 224, reproduce el cilindro clasificador usado y el depósito para la arena y la piedra de diversos tamaños.

El mortero empleado se compone de una parte en volumen de cemento Portland, dos y cuarto de arena y tres y tres cuartos de piedra, lo que constituye una proporción algo más rica que la prevista en el proyecto, según el cual, la relación del cemento á la arena, mas la piedra, debía variar entre  $\frac{1}{7}$ , y  $\frac{1}{8}$ . La cantidad de agua empleada ha variado entre el 20 y 22 por 100.

La excavación se ejecuta con cuidado, á fin de que no se exceda el cubo previsto de hormigón, practicándose la de las paredes verticales pocas horas antes de verter aquél, para evitar desprendimientos. El vertido se hace estando bien húmedas las maderas de los moldes y las paredes de la zanja, pero sin que en el fondo de ésta haya agua, para lo cual, según indica la figura anterior, se establece, donde es necesario, un dren que permita trabajar en seco. Además, sobre las partes horizontal y en talud del fondo se extienden hojas de papel embreado antes de colocar el hormigón. Una vez hecho esto, se mueve la masa con barras y horquillas para que llene bien todos los espacios y se desprenda el aire que pudiera tener aprisionado, evitando los huecos á que den lugar las burbujas y que las piedras estén demasiado cerca de las superficies exteriores, empleándose, además de las indicadas, herramientas curvas para repasar las superficies interna y externa del tubo, quitando, en la primera principalmente, todo hueco que pudiera presentarse al desmoldar. El hormigón se deposita por capas horizontales, levantando á la vez y á la misma altura los dos lados del tubo. Según pudimos observar, la superficie interna se presenta enlucida y tersa.

El sifón se construye por trozos, correspondiendo cada uno á una jornada. En los días en que se teme que pueda sobrevenir tormenta, ó en los lluviosos, no se emprende el trabajo; pero una

vez emprendido, no se suspende hasta completar el trozo. Un cobertizo de la longitud de éste resguarda el hormigón de la lluvia y el sol, y permite á los operarios trabajar á su abrigo. Poco tiempo después de hecho, se recubre el hormigón con una capa de tierra, de 15 á 30 centímetros de espesor, como mínimo, humedecida constantemente, por lo menos, durante los diez días siguientes. De trecho en trecho, se colocan en el interior del tubo tabiques de madera que impiden la circulación del aire, y con ello una desecación demasiado rápida del mortero.

La obra se ejecuta por administración, porque no se consideraron aceptables las proposiciones recibidas en las dos subastas celebradas al efecto. La longitud total es de unos 1.100 metros, de los que al tiempo de nuestra visita, en fines de Octubre, se llevaban ejecutados más de la mitad.

La carga máxima del sifón será de unos 27 metros. La velocidad calculada, de unos 5 metros, corresponde á un gasto de poco más de 9 metros cúbicos por segundo.

Precede al sifón una cámara abocinada, de 7,50 metros de ancho, en la base mayor contigua al canal, y de 2,40 metros en la menor donde empieza el tubo propiamente dicho, que tiene la forma de embudo al principio y en un corto trayecto. La cámara en su ingreso está dividida por tres pilas que sostienen rejillas inclinadas, detrás de las cuales existen ranuras para un cierre de viguetas. Toda la parte restante de la cámara está cubierta por un techo plano de hormigón armado.

El tubo, en los cambios de dirección, se halla empotrado en macizos de hormigón ordinario.

La salida tiene una cámara de forma casi igual á la de entrada, pero en la base mayor el cierre de viguetas constituye un vertedero continuo, de 8,25 metros de longitud, con el que podrá regularse el gasto del sifón para una carga determinada del canal. A continuación del vertedero viene un gran cuenco, de 20 metros de anchura en la solera, destinado á moderar la velocidad del agua.

Todo el tubo se halla asentado en una zanja, abierta en te-

rreno natural, por lo menos, hasta la altura de su centro, y sobre él va un relleno de tierra, apisonada por capas de 30 centímetros, sin que sea menor de 35 el espesor de la tierra por encima de la parte más alta del tubo. Este relleno, en la más inmediata al tubo, se hace aún con mayor esmero, empleando tierras escogidas, que se apisonan con cuidado, por capas de 15 centímetros.

Otros dos sifones se han construido en el mismo canal enteramente semejantes al anterior, aunque mucho menos importantes por su carga y longitud: el de Anderson, de 2,44 metros de diámetro interior y presión de unos 12 metros; y el de White-wood, de unos 3 metros de carga y 1,83 de diámetro.

En el sifón de Belle Fourche se ha de establecer el desagüe de fondo cerca de la margen izquierda del río, á una altura de 3 metros sobre el punto más bajo del tubo, que estará muy cerca de dicho desagüe. Abriendo la llave de paso de éste, de 0,60 metros de diámetro, podrá desaguarse todo el sifón menos la parte situada á un nivel inferior al desagüe, la que podrá vaciarse, sin embargo, mediante un tubo de succión de 75 milímetros de diámetro, correspondiente á una pequeña bomba centrífuga, que moverá un motor de gasolina de tres á cuatro caballos de fuerza. La llave, bomba y motor se hallarán en un pozo, de paredes de hormigón, cuyo ingreso estará fuera del alcance de las mayores avenidas del río.

Esta obra, si bien no acusa notables diferencias con lo que en Europa se realiza, creemos que compendia los detalles más característicos de las mejores prácticas americanas seguidas en la actualidad, y por esto nos hemos detenido algo en su descripción.

## FÁBRICAS

**Hormigón.**—La carestía de la mano de obra ha motivado, desde hace años, el empleo preferente de la fábrica de hormigón en las construcciones de los Estados Unidos. Últimamente se ha extendido aún más dicha fábrica con la adopción del hormigón

armado, que sustituye en muros, pilares, bóvedas, etc., al ladrillo, aun en los puntos del Este, donde su producción es más económica y su empleo cuenta con una larga tradición.

En las obras del Oeste, el hormigón homogéneo y el hormigón armado, según ya se ha dicho repetidamente, son de un empleo general, y en las obras hidráulicas exclusivo, con la sola excepción de la fábrica de algunas presas y algunos encachados tomados con mortero.

Las condiciones exigidas por el Servicio federal de obras de riego en los pliegos que sirven de base á las subastas, á que se hizo referencia en el lugar destinado á este asunto, puede decirse que representan lo que en la América del Norte se reputa hoy como práctica más acertada en la construcción de la fábrica de hormigón.

Los cementos naturales, tan empleados hasta hace pocos años, aun en construcciones, como la presa nueva de Croton, hechas con los mejores materiales disponibles, van siendo sustituidos en todas partes por el cemento Portland artificial, como lo demuestra el hecho de que mientras la producción de los primeros va disminuyendo constantemente, la de los últimos aumenta en progresión rapidísima.

Los materiales más empleados son las arenas naturales y las gravas; pero también se recurre, donde éstos escasean, á la piedra machacada y á la arena artificial. El Servicio federal tiene gran confianza en las buenas condiciones de la última, que hemos visto emplear en el sifón de Belle Fourche, presa de Roosevelt, etc. En ésta la arena procede de la trituración de areniscas cuarzosas y dolomías muy duras mezcladas en partes próximamente iguales. La primera clase de piedra produce una arena muy fina, casi pulverulenta, y la segunda un detritus de granos en forma de lajas, de aristas vivas, que no exceden de un centímetro en su máxima dimensión. La piedra se quebranta primero con machacadoras ordinarias de mandíbulas, y luego se acaba de triturar con cilindros. La fabricación de arena corre en la presa de Roosevelt á cargo de la Adminis-

tracción, que la suministra al contratista de la obra, transportándola desde el punto de producción á las hormigoneras, por medio de cables aéreos establecidos al efecto. El resultado de los experimentos hechos con la arena artificial se ha considerado muy satisfactorio, y esto ha inducido á emplearla en varias obras donde no se disponía de arena natural adecuada. Notaremos, de paso, que á conclusiones semejantes conducen los experimentos hasta el presente realizados con arenas artificiales en la presa del pantano de la Peña (provincia de Huesca), que se halla actualmente en construcción.

Cuando el espesor de los macizos lo permite, como sucede en las presas, al hormigón ordinario homogéneo se sustituye el formado con bloques embebidos en la masa, constituyendo la presa de Shoshone la aplicación más importante de esta clase de fábrica. En ella se han de emplear bloques de granito de más de 11 kilogramos de peso y de menos de 90 (habiéndose adoptado este último límite para hacer posible su manejo por un hombre), distribuidos uniformemente en toda la masa, formando la cuarta parte, al menos, del volumen, y rodeados cuidadosamente de hormigón por todas partes.

En los tubos de los sifones que tienen alguna carga y, en general, en todos los macizos de poco espesor que han de soportar esfuerzos considerables de compresión, de tracción ó de flexión, la adopción del hormigón armado constituye hoy la regla general. Existen en los Estados Unidos algunas compañías que aplican sistemas determinados de armaduras, garantidos á veces por privilegios de invención; pero es más corriente que no se ejecuten las obras con sujeción á sistemas de este género, proyectándose las armaduras según las condiciones de cada caso, y calculándose sus dimensiones con arreglo á los procedimientos usuales. De esta suerte, por punto general, la fábrica de hormigón armado deja de constituir en los Estados Unidos una excepción con respecto á las demás, sometiéndose el proyecto y ejecución de las obras en que entra enteramente á los mismos procedimientos que se siguen con las que se emplean



en las demás fábricas, lo que es ciertamente ventajoso por más de un concepto, tendiendo, de tal suerte, á que desaparezcan los sistemas aplicados exclusivamente por concesionarios determinados, aunque quedando los especialistas que, en esto como en todo, tan excelente resultado producen para el perfeccionamiento de las artes de la construcción.

Nótase también una marcada tendencia á simplificar la forma y disposición de las armaduras que, en la mayor parte de los casos, se reducen á un entramado sencillo, con mallas rectangulares, formadas por varillas y, más frecuentemente, cuadradillos de acero, unas y otros de dimensiones adecuadas, según los esfuerzos que han de resistir. Los cuadradillos de media pulgada, ó sea de 13 milímetros de lado, son de un empleo muy general. Se procura evitar, hasta donde es posible, los esfuerzos de flexión, para lo cual muchas veces se establecen contrafuertes, ó se chafanan los ángulos entrantes, con objeto de alojar las varillas que atiranten las paredes contiguas. No es raro que se suprima la armadura, y de ello hemos presentado ejemplos en algunos dibujos, en aquellas partes de la obra donde son menos de temer los esfuerzos que sobre ella actúan, ya por su poca importancia, ya porque baste para oponerse á ellos el espesor que haya necesidad de dar al hormigón por otra clase de requerimientos.

Las soleras y placas de poco espesor que se destinan á simples revestimientos, en contacto con el agua por una de sus caras, no descansan directamente, de ordinario al menos, sobre los macizos de tierra ó sobre el terreno natural, sino por el intermedio de una capa de grava cribada, fuertemente apisonada, que sirve de dren y evita que el entumecimiento del terreno pueda perjudicar al hormigón.

**Mampostería.**—Puede decirse que en las obras de riego esta clase de fábrica se aplica exclusivamente á las presas, empleando, generalmente, grandes bloques, constituyendo la llamada mampostería ciclópea, de la que presentaremos varios ejemplos.

La presa nueva de Croton está formada por mampostería de esta clase, desde el cimiento á la coronación, en una altura que alcanza 88,70 metros, en la parte más profunda de aquél, situada 38 metros por debajo del lecho del río. Observaremos que la presa no tiene libre más que los últimos 46 metros; en el resto se halla cubierta, por un relleno de tierra, de 21 metros de altura, en la parte excavada en esta clase de material, y en la más profunda se apoya contra las paredes de la excavación, abierta en roca dura. De suerte que, en realidad, puede considerarse que la presa tiene 67 metros de altura por encima del lecho de roca.

Fuera de la coronación y de los paramentos de la parte exenta, el macizo está por entero formado con mampostería ciclópea; los mampuestos tienen de 0,76 á 2,30 metros cúbicos de volumen, si bien han sido muy escasos los que se acercaban al último límite por la dificultad que ofrecía su manejo. La roca, aunque conocida comercialmente en la localidad con el nombre de granito colorado oscuro, es el «gabbro» de los geólogos, acercándose el peso del metro cúbico á tres toneladas.

La mampostería se construyó en esta forma: suspendido el mampuesto con la cabria, se lavaba cuidadosamente, con agua á presión en verano, y con un fuerte chorro de vapor en invierno, colocándolo en el punto que había de ocupar, donde previamente se formaba un buen lecho de mortero, al que se habían incorporado ripios ó lajas de piedra, bien recubiertas por aquél, correspondientes á las depresiones ó huecos que en el lecho del mampuesto existiesen. Se levantaba éste, después de presentado, para observar, por la huella que hubiese dejado en el mortero, si quedaba algún hueco que llenar, agregando el necesario y bajando de nuevo la piedra que, después de ocupar el sitio que le correspondía, era golpeada en distintos puntos con barras para reducir todo lo posible el espesor del mortero, el que debía refluir por todas partes, interponiéndose entre las piedras siempre. Si el asiento alcanzado de esta suerte no era satisfactorio, repetíase la operación hasta que lo fuera y, logra-

do esto, se llenaban las juntas verticales con mortero, piedras más pequeñas y ripios, acuñados éstos con cuidado para evitar todo contacto sin la interposición de aquél.

Para los paramentos se elegían los mampuestos más regulares; su altura media venía á ser de unos 0,90 metros. Las juntas, después de limpiarlas cuidadosamente, levantando el mortero ordinario en una profundidad mínima de 5 centímetros, eran tomados con el formado por cemento Portland artificial mezclado en partes iguales con la arena.

El mortero empleado se componía, generalmente, de una parte en volumen de cemento natural americano por dos de arena, salvo en las hiladas próximas al cimientto, en que se usaba el de Portland artificial, en la proporción de uno á dos; también en invierno se sustituía al mortero de cemento natural, el formado por una parte de Portland y tres de arena. Igualmente se empleaba el Portland puro en las lechadas de que tan abundante uso se hizo en esta presa para llenar las cavernas que se presentaron en los bancos de caliza existentes por debajo del fondo del cimientto.

La mampostería se pagó á 26,45 pesetas el metro cúbico, cuando se empleaba cemento americano; con mortero de cemento Portland artificial se abonaba á 32,30 y 34,95 pesetas, según fuese de tres por uno ó de dos por uno la proporción de la arena al cemento. Este, en todos los casos, corría de cuenta del contratista.

En la parte exenta de la presa, los paramentos están formados por sillería tosca ó mampostería concertada, de hiladas uniformes, con alturas variables entre 0,38 y 0,75 metros, entrega mínima de 0,70 metros y un tizón de 1,20 metros de longitud mínima por cada cuatro mampuestos. El espesor de las juntas é hiladas no excede de 10 centímetros en ningún punto y en las proximidades del paramento, y en una profundidad de 5 centímetros, no pasa de 13 milímetros. Esta mampostería se sentaba con mortero formado por una parte de cemento Portland y dos de arena; en el rejuntado se empleaba el mismo mortero que en

el resto del paramento de la presa. A juzgar por el aspecto exterior de ésta, la mano de obra ha sido excelente, y los cuidados aportados en la construcción han dado tan satisfactorios resultados que, fuera de las grietas de temperatura, es difícil descubrir ningún asiento desigual, ni imperfección alguna.

En la presa de Cheesman se ha empleado también la mampostería ciclópea formada con bloques de granito, de un volumen variable entre 0,04 y 2,55 metros cúbicos. Los paramentos se han construido con mampuestos de altura uniforme é igual á 0,60 metros, cuyo volumen medio es de 0,85 metros cúbicos para los del de aguas arriba, y de 0,75 para los del de aguas abajo. Las juntas no exceden de 25 milímetros de espesor.

Los mampuestos del paramento exterior se han dejado toscos, tal como salían de la cantera. Los del otro paramento están devastados, empleándose en éste cada cuatro un tizón de 1,20 á 1,80 metros de longitud y 0,60 metros de ancho, como mínimo, mientras que las sogas tienen una entrega que varía entre 0,60 y 0,90 metros y una longitud compendida entre 0,90 y 2,10 metros.

El mortero empleado en el revestimiento de aguas arriba, en el arranque de cimientos y en la unión con las laderas, se componía de una parte en volumen de cemento Portland por dos de arena, mezclados en seco antes de verter el agua; en el resto del macizo la proporción era de uno á dos y medio. La arena, en seco, contenía 30,50 por 100 de huecos y la mampostería 28 por 100 de mortero, es decir, que la piedra representa el 72 por 100 del macizo.

El asiento de los bloques se hacía en forma tal, que cada piedra descansase bien sobre el mortero, rellenando con éste y con piedras más pequeñas, fuertemente acuñadas, los intersticios laterales.

La fábrica de esta presa, así ejecutada, ha resultado excelente.

La presa de Wachussett se ha construido de una manera análoga á las dos precedentes. Los bloques empleados pesaban hasta

2.250 kilogramos. En los paramentos forman una mampostería concertada, con hiladas de altura uniforme. Los bloques se asentaron sin ponerlos completamente en contacto, á fin de permitir la interposición del mortero convenientemente acuñado. Se requería que los mampuestos presentasen lecho y sobrelecho próximamente paralelos, y que en tres cuartos de ellos, el último tuviera una superficie igual, por lo menos, á la del primero. Las piedras habían de limpiarse bien antes de colocarse, sin que se presentaran juntas seguidas en ningún sentido y sin que en los paramentos pudiera exceder su ancho de 13 milímetros. El mortero se componía de una parte de cemento por dos ó dos y media de arena, según los puntos en que había de emplearse y según que se tratase de cemento natural ó de cemento Portland artificial. No se admitió el empleo de lechadas para llenar huecos de la mampostería.

En la presa del pantano Roosevelt, la piedra, constituida por una arenisca cuarzosa de grano fino y de 2,45 próximamente de densidad, se extrae de las excavaciones practicadas en ambas laderas. Su colocación se hace, como en el pantano nuevo de Croton, lavando previamente con mucho esmero los mampuestos, mientras están suspendidos por el derrick, con un fuerte chorro obtenido de la conducción de agua á presión establecida en la obra. El relleno de las juntas verticales, que no deben tener menos de 5 centímetros, ni exceder de 15 en ningún punto, se hace con hormigón y con piedras, de tamaño y forma adecuados, introducidas con mucha energía, procurándose reducir á un mínimo la cantidad de mortero empleada, pero sin que por ello se corra el riesgo de que quede hueco alguno.

Los mampuestos son grandes, sin exceder el límite fijado de 10 toneladas; los que vimos emplear afectaban formas bastante regulares, con sus lechos y sobrelechos aproximadamente paralelos. El embrague se hace con una cadena terminada en dos ganchos cuyas puntas se introducen en dos rebajos, que se abren en la cantera, de dos caras laterales opuestas, situados cerca del sobrelecho.

Se procura que las juntas queden interrumpidas en todos sentidos; además, para cada sitio se hace la elección más conveniente del bloque, como cuando se construye mampostería ordinaria, para lo cual existe un número suficiente de ellos al alcance de las cabrias, desechándose el bloque elegido si se observa que no asienta debidamente en el punto donde ha sido colocado. El fotograbado de la lámina adjunta da idea de la constitución de la mampostería del macizo y de la manera de colocarla.

En los paramentos los bloques son, para cada hilada, de altura constante, con juntas verticales y tizones uniformemente repartidos. En el de aguas arriba las juntas no excederán en ningún punto de 5 centímetros de espesor. Los tizones han de ocupar, como mínimo, un tercio de la superficie del paramento y tener, por lo menos, 1,60 metros de entrega y 0,60 metros en los otros dos sentidos, mientras que las sogas tendrán esta misma dimensión como límite inferior, no debiendo exceder su longitud de 0,90 metros. De una hilada á otra las juntas verticales no han de distar menos de 30 centímetros, en el sentido horizontal, y todas ellas, después de bien descarnadas y lavadas, se tomarán con mortero hecho con partes iguales de cemento Portland artificial y arena. Finalmente, el paramento referido se dejará tosco, con resaltos máximos de 30 centímetros sobre la superficie general.

En el de aguas abajo los tizones han de ocupar más de una cuarta parte de la superficie, descansando cada uno sobre una soga. Los bloques tienen los lechos horizontales, aproximadamente, y para dar al paramento el talud debido se establecen en gradilla. Los resaltos pueden alcanzar aquí hasta 60 centímetros, sin duda para comunicar á la obra, que de ordinario sólo del lado de aguas abajo podrá verse en toda su altura, un aspecto de robustez y rusticidad pronunciadas, en armonía con lo abrupto del paisaje circundante y con lo que reclama tan elevadísima estructura. El mortero empleado se compone, ordinariamente, como en el resto de la obra, de una parte de cemento Portland artificial por dos y media de arena.



Ejecución de la mampostería de la presa de Roosevelt.



Cilindro clasificador y depósito de piedra y arena.





Por último, el hormigón corriente se forma con una parte de cemento, dos y media de arena y cuatro de piedra machacada.

Se había proyectado el establecimiento de una canal de madera para ayudar al túnel, durante la construcción, á dar paso al agua; pero el contratista, no sin bastantes contratiempos, había prescindido, al principio al menos, de este medio auxiliar. Aun con esta canal, se admitía que las avenidas de más de 113 metros cúbicos por segundo hubían de pasar por encima de la presa en construcción, la que, con objeto de hacer menos sensibles los desperfectos, se eleva con dos ó tres hiladas de adelanto por la parte de aguas arriba, con relación al parámetro de aguas abajo.

La lámina adjunta reproduce una vista general de la obra y de la cerrada en que se edifica, tomada desde aguas abajo; aunque con dificultad, podrán distinguirse las cabrias, la presa provisional de desviación de las aguas del río, la casa de máquinas del salto, en construcción, y á continuación de ella el desagüe del túnel.

#### PROCEDIMIENTOS Y MEDIOS AUXILIARES DE CONSTRUCCIÓN

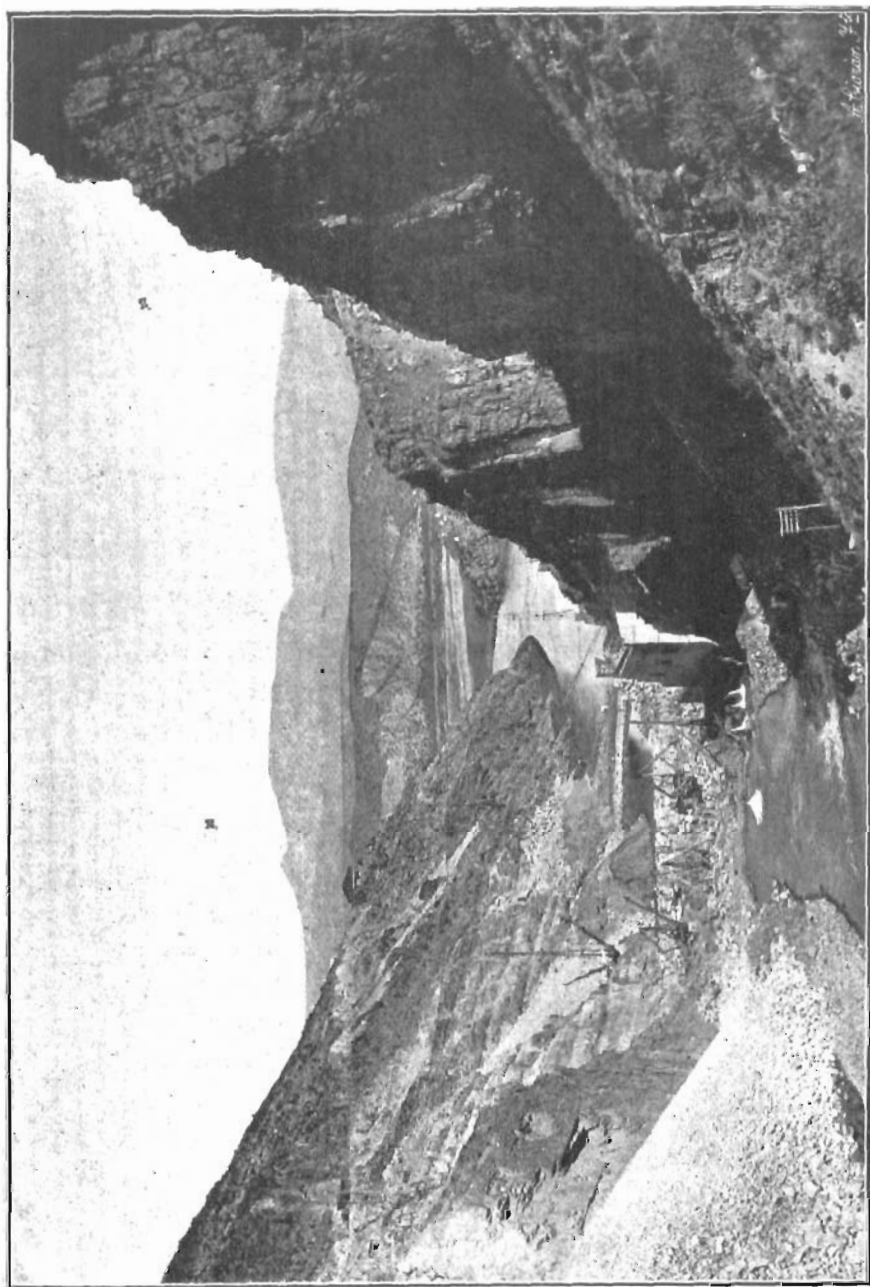
**Indicaciones preliminares.**—El empleo de la maquinaria en toda clase de industrias y labores está extraordinariamente generalizado en los Estados Unidos de Norte-América, siendo frecuente ver que se aplica á trabajos que en Europa se hacen á brazo, de ordinario. Una de las causas que contribuyen á ello es, indudablemente, la escasez de obreros que siempre ha existido en aquel país, dificultando considerablemente la mano de obra, no sólo por lo elevado de los jornales, sino también por disminuir á veces en su calidad, efecto de la inexperiencia de no pocos operarios, muchos de ellos emigrantes, que se dedican á oficios que conocen imperfectamente; también influye poderosamente la resistencia de los norte-americanos á efectuar trabajos rutinarios, especialmente en los casos, tan frecuentes, de que

uno de los que ejecutan la labor es el propio patrono; por último, debe admitirse, como factor muy principal, el espíritu de inventiva de la raza, que crea y comprende en seguida el manejo de toda suerte de mecanismos, y que es causa innegable de gran adelanto industrial en la producción de toda clase de máquinas. El resultado de estas y otras circunstancias especiales ha sido la asombrosa generalización de aquéllas en una escala y extensión mayores que en país alguno. Tal vez, como ya indicamos al tratar de la construcción de las presas de tierra, se haya llevado demasiado lejos el empleo de las máquinas, aplicándolas en algunos casos á operaciones en que el trabajo manual hubiese podido dar resultados más satisfactorios, del mismo modo que entre nosotros se sigue recurriendo al último cuando, acaso, en algunas ocasiones, pudiera ser ventajosamente sustituido por procedimientos mecánicos, debido todo ello á la influencia, excesiva á veces, que necesariamente ejerce en las soluciones que adopta el ingeniero la organización social de un país, los medios disponibles y hasta los prejuicios que impone la rutina á que difícilmente puede sustraerse por completo la humana naturaleza.

A continuación presentamos algunos datos relativos á las máquinas y herramientas más generalmente usadas en la actualidad en Norte-América en la ejecución de obras de riego, que completarán lo manifestado precedentemente sobre esta materia. Pocas de ellas son enteramente desconocidas en España; pero como su empleo no es aquí corriente, y en ciertos casos podrá resultar ventajoso, juzgamos que las indicaciones que siguen pueden ofrecer alguna utilidad al constructor.

### **Métodos de excavación.**

*Perforadoras.*—En las canteras que suministran los materiales para las presas de fábrica y escollera, los barrenos se practican, en general, por medio de máquinas perforadoras, pues resulta la operación mucho más rápida y económica en



Prosa de Roosevelt.—Vista general de las obras.



cuanto la importancia de los trabajos permite el establecimiento de las instalaciones necesarias. Rara vez se usan las perforadoras rotatorias, tan generalizadas para los túneles, siendo corrientes las llamadas de percusión, que pueden actuar vertical, horizontalmente ó en cualquier inclinación, y que, como es



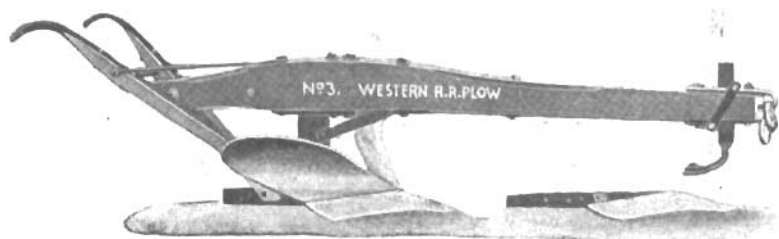
Perforadora «Sergeant», de la Ingersoll-Rand Company.

sabido, consisten esencialmente en un cilindro en el que se mueve un émbolo, al que va unida la barrena, que da un golpe en cada embolada, y que, por medio de una disposición automática, gira ligeramente cada vez para que el bisel muerda por igual. Aun cuando recientemente se han construido algunas

movidas por electricidad, empleadas principalmente para minería, como la de la Marvin Electric Drill Company, Binghamton, N. Y., en que el émbolo es accionado por un solenoide, lo están generalmente por vapor ó aire comprimido, empleándose, de ordinario, las de vapor cuando sólo hay que trabajar con tres ó cuatro perforadoras, que son las que corresponden á una caldera portátil. El grabado anterior, que representa la perforadora «Sergeant», construída por la compañía Ingersoll-Rand, de Nueva York, es uno de los modelos más empleados, y funciona lo mismo con vapor que por medio del aire comprimido. Según el tamaño de la perforadora, pueden practicarse barrenos, con las máquinas de los modelos corrientes, desde 1,20 á 6 metros, cuando el taladro es vertical, y desde 0,60 á 5,40 metros, cuando hay que inclinarla girando sobre el trípode para que el taladro sea horizontal ó inclinado, siendo los diámetros corrientes los comprendidos entre 20 y 76 milímetros. Los precios usuales de las perforadoras oscilan entre 1.000 y 2.200 pesetas. Según Prelini, una máquina de esta clase, de los tipos corrientes, requiere una fuerza de 8 á 10 caballos de vapor, resultando de sus observaciones, realizadas en los trabajos de perforación del micasquisto de Nueva York, que cada perforadora practicaba, en diez horas de trabajo, 13,50 metros de taladros para barrenos.

*Arados.*—Las excavaciones para explanaciones y préstamos, en los canales, caminos y otras obras análogas que, de ordinario, se hacen en nuestro país por medio de azadas y zapapiicos, se realizan en los Estados Unidos, en general, valiéndose de arados de forma análoga á los de vertedera. La reja es también, como la de los usuales cuando los terrenos no son muy duros, pero si están formados por roca descompuesta, gravilla cementada ú otras sustancias resistentes, tiene una forma semejante á la de un pico, como expresa el grabado siguiente. Se construyen de muchos tamaños, desde los que requieren una yunta de ganado hasta los que necesitan 12 caballos. El surco varía de 10

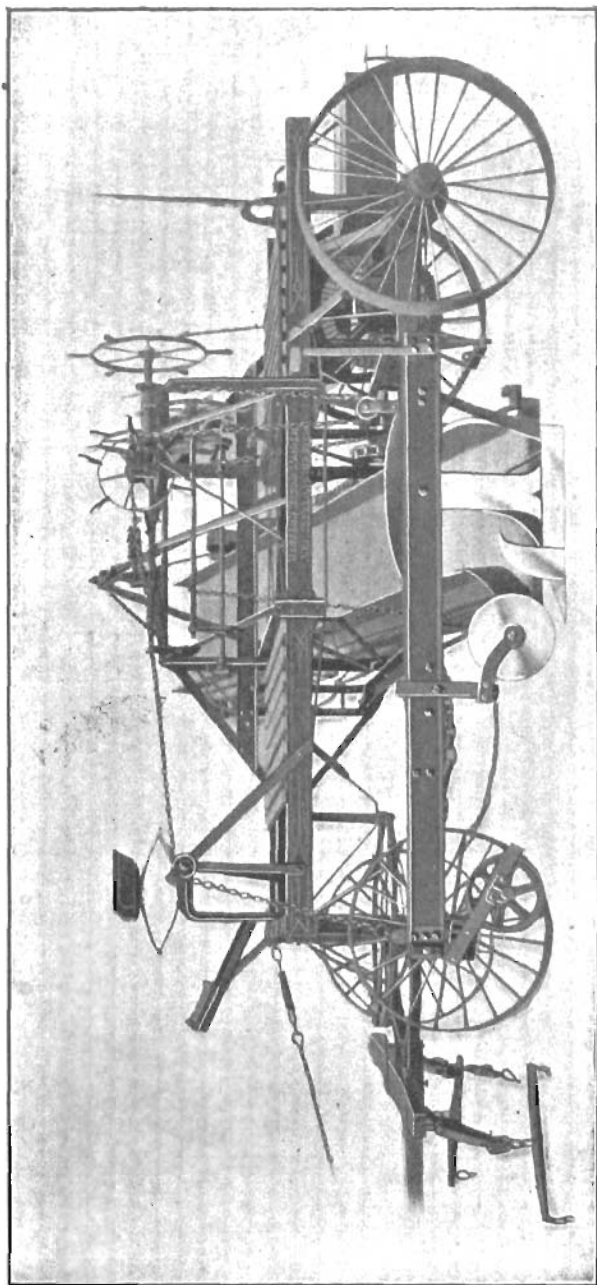
á 30 centímetros de profundidad, con anchura de unos 30 centímetros. Según Trautwine, un arado tirado por dos caballerías con su conductor y otro obrero para dirigir aquél, remueve, en diez horas de trabajo, de 150 á 230 metros cúbicos de tierra muy compacta, y de 300 á 450 de la tierra arcillosa corriente. Los grabados que se acompañan se refieren: el primero, á un arado



Arados para terrenos ordinarios y para terrenos muy duros de la Western Wheeled Scraper Company, Aurora, Illinois.

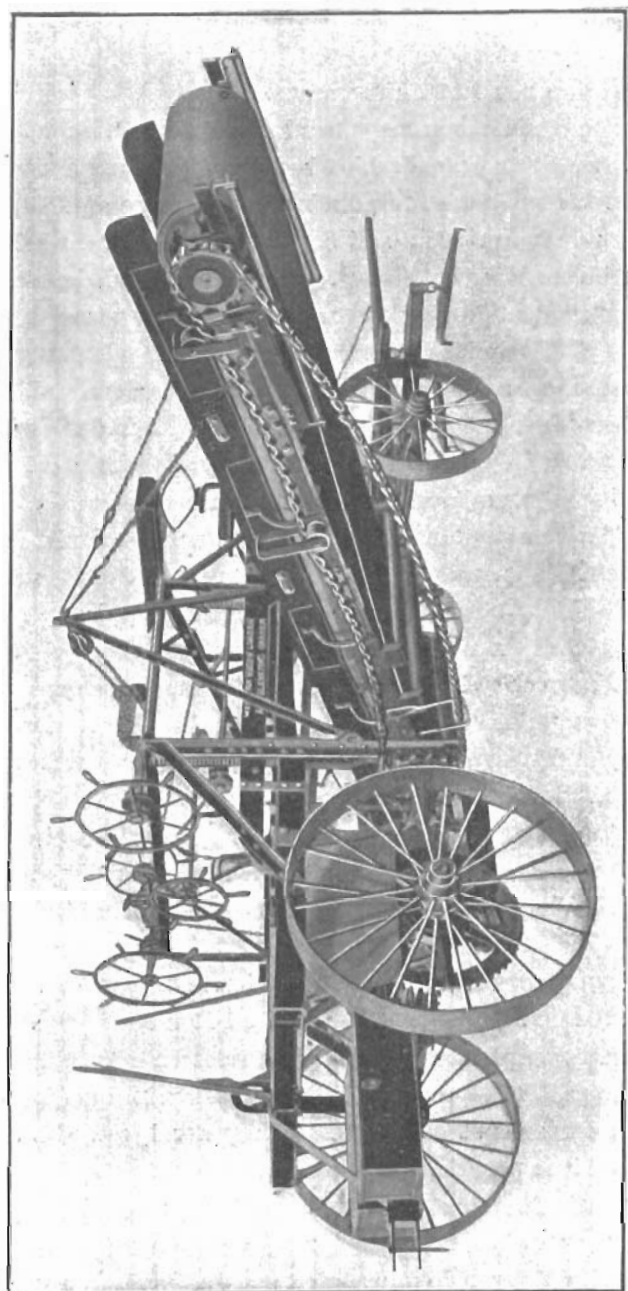
para terrenos compactos, y el segundo, á otro para terrenos muy duros. Requieren, según los tamaños, de 4 á 12 caballerías, y sus precios en fábrica varían de 125 á 275 pesetas.

*Máquina excavadora-cargadora.*—Al tratar de los métodos de construcción de las presas de tierra, hemos citado una máquina excavadora que vimos funcionar en Belle Fourche, conocida con el nombre de «elevating grader», que consiste en un arado combinado con una tela sin fin que eleva y transporta los productos excavados. Los grabados siguientes dan idea de los elementos principales de una de estas máquinas del tamaño



Vista lateral de la máquina excavadora-elevadora de la Western Scraper Company.—Lado del arado.





Vista lateral de la máquina excavadora-elevadora de la Western Scraper Company.—Lado del elevador.

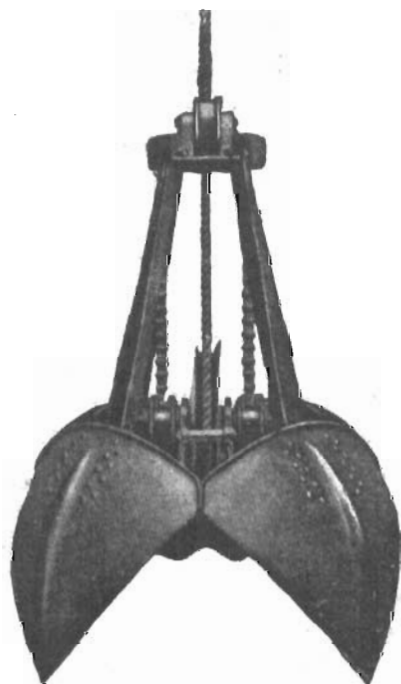
más usual, con elevador de 4,50 á 6,40 metros de longitud y peso total de unos 4.300 kilogramos.

Estas máquinas son muy usadas para construir acequias, pues pueden dejar el fondo bien igual y depositar directamente los productos excavados formando los cajeros de aquéllas, ó los caballeros de las márgenes, si hay productos sobrantes. Tienen también buena aplicación para casos, como el de la presa de Belle Fourche, en que hay que cargar carros que transportan los productos á distancias comprendidas entre 200 y 900 metros. El terreno, para que den buen resultado, ha de prestarse al empleo del arado, y, por consiguiente, es poco conveniente su uso en los de arena, gravilla y en los que contienen grandes cantos ó raícos.

Pueden moverse éstas máquinas con una de tracción de unos 25 caballos, pero es también frecuente el empleo de tiros de ganado, llevando, en general, ocho caballerías en dos filas delante de la máquina y otras cuatro detrás, que la empujan por medio de una pieza de madera, sobre la que actúan como si fuera la lanza de un coche al que estuvieran engachadas, cuyo extremo delantero empujase á otro vehículo, estando el posterior sujeto por un eje con sus ruedas al que van unidos los enganches de las cuatro caballerías. Requiérense dos conductores para el ganado, y un operario para el mecanismo, y cuando se mueven con máquina de vapor, el maquinista y dos obreros que dirijan el trabajo. Según los catálogos de los constructores, si se lleva bien la operación y el terreno permite el empleo de los arados corrientes, pueden excavarse y depositarse hasta 760 metros cúbicos por jornada de diez horas, ó cargar de 500 á 600 carros de 1,14 metros cúbicos; pero, según datos tomados en obras, deben reducirse aquellas cifras, habiéndose observado que cuando se cargan carros no puede contarse, en general, con más de 380 metros cúbicos por día.

El precio de estas máquinas es de unas 5.000 pesetas en fábrica, y entre las casas más conocidas que se dedican á su construcción figuran la que se cita en los grabados y la F. C. Austin Mfg. Co, Harvey, Illinois.

*Excavadoras de vapor.*—Otra máquina que permite practicar excavaciones profundas, cargando también los carros ó vagones, es la excavadora llamada «Orange peel», citada al hablar de los métodos de construcción con motivo de los empleados en la presa de Cold Springs. El útil, que es á la vez excavador y receptáculo de los productos excavados, consta de cuatro segmentos triangulares curvos, como expresa el grabado, y por disposiciones semejantes á las de las conocidas dragas Priestman, se hace bajar abierto, manteniéndose cerrado durante el período de elevación y transporte hasta el carro ó vagón en que se descarga su contenido.



Útil de la excavadora «Orange-peel» de The Hayward Company, Nueva York.

Para trabajos de alguna importancia el útil tiene una capacidad de 0,765 metros cúbicos, excavándose por jornada de diez horas, en terrenos flojos, unos 400 metros cúbicos de tierras.

Las excavadoras de vapor designadas en Norte-América con el nombre de «steam shovels», y también en Inglaterra con el de «navvies», citadas al ocuparnos de las presas de tierra, son máquinas hoy bien conocidas por su aplicación en las obras de importancia. El grabado de enfrente representa un tipo muy moderno de excavadora de esta clase en el momento de efectuar la excavación, y el que figura en la pág. 108 se refiere á la descarga sobre los vagones de la usada en la presa inferior de Deer Flat, que es de la casa The Vulcan Steam Shovel Company, de Toledo, Ohío, dedicada principalmente, así como la Steam Shovel Company, de Marion, Ohío, y otras, á la construcción de estas máquinas.

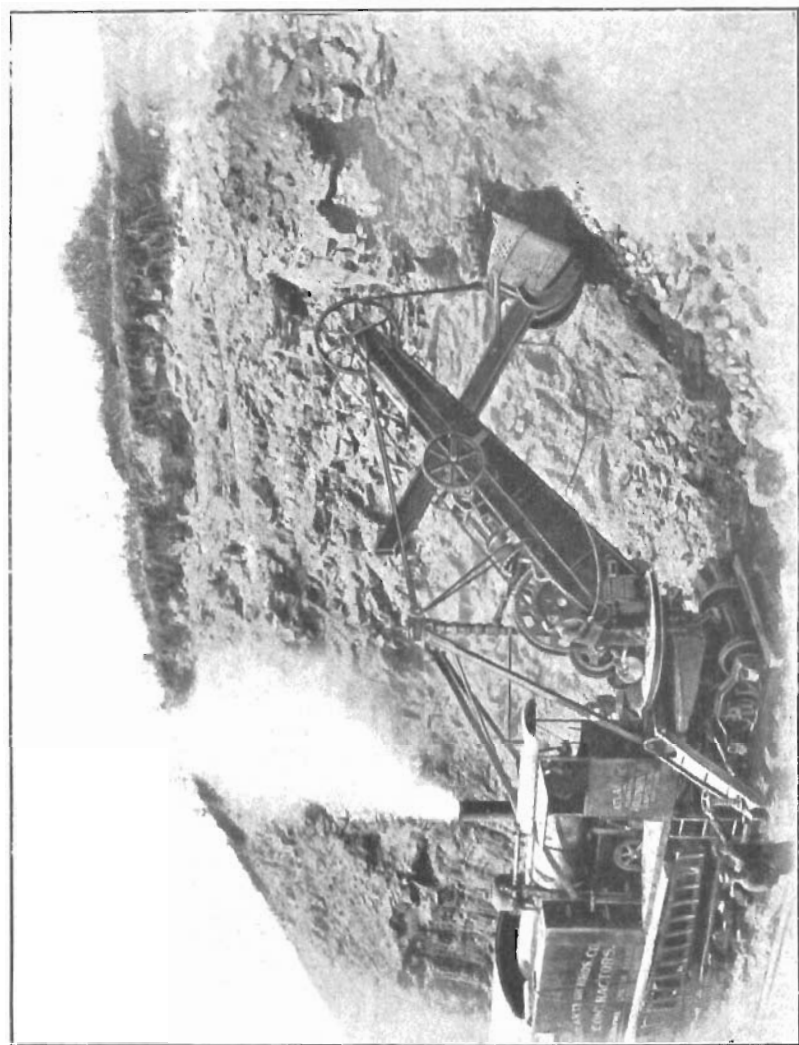
Se maniobran por dos operarios, el maquinista y el encargado de la excavación; el primero está enfrente de la caldera, como los de las locomotoras; el segundo al pie de la grúa, según expresa el fotograbado, y entre los dos tienen á su cargo las diversas operaciones, que deben efectuar del modo más concordante posible, dependiendo de su habilidad y constancia, por modo importante, la eficacia del trabajo y el rendimiento de la máquina.

Colocada la excavadora de modo que el brazo giratorio confronte el escarpe que ha de desmontarse, se efectúan sucesivamente, durante su trabajo, las operaciones siguientes:

- 1.º Descenso del útil hasta el pie del escarpe, lo que efectúa el maquinista desenrollando, en el torno correspondiente, la cadena de suspensión, con lo que gira el brazo transversal alrededor de su apoyo sobre el giratorio de la grúa.

- 2.º Hince del útil en el terreno, obtenida haciendo que el brazo transversal avance en virtud de la acción de un piñón sobre la cremallera que lleva en su cara inferior, hasta que los dientes del útil penetren bien en el terreno, en cuyo instante se detiene el movimiento por medio de un freno de pie manejado por el encargado de la excavación.

- 3.º Elevación del útil, haciendo girar al brazo transversal alrededor de su apoyo en el de la grúa, movimiento que se ob-



Excavadora de vapor de la Atlantic Equipment Company, Nueva York.



tiene arrollando la cadena de suspensión, durante el cual muerde con sus fuertes dientes el escarpe y se llena con los productos excavados. Esta operación se hace por el maquinista, y cuando la caja está ya llena, el encargado de la excavación, aflojando el pedal y moviendo la palanca correspondiente, hace retroceder al brazo transversal, que retira el útil del terreno.

4.º Rotación del brazo de la grúa alrededor del eje vertical para llevar el útil encima del vagón sobre el que ha de descargarse. Practicada dicha operación por el maquinista, suelta el otro operario el escape que actúa sobre el fondo de la caja, para que se abra y vierta los productos sobre el vagón.

5.º Rotación para llevar otra vez el brazo de la grúa a la posición que deja el útil enfrente del escape, volviéndose a cerrar automáticamente el fondo de aquél mientras se realiza este movimiento.

Ya hemos indicado al ocuparnos de los métodos de construcción de las presas de tierra, cuál es el coste de esta clase de máquinas y su capacidad para el trabajo, y únicamente añadiremos aquí, respecto á este último punto, que para su eficacia es de la mayor importancia reducir al mínimo el tiempo perdido en las maniobras con los trenes de tierras, siendo conveniente que los vagones sean de gran capacidad.

Hoy día se construyen también algunas de estas máquinas para utilizar el fluido eléctrico en vez del vapor.

**Transportes con arrobaderas, carros y vagones.** — Las arrobaderas ordinarias, llamadas «drag scrapers», de las que nos hemos ocupado ya en otro lugar, suelen tener una capacidad de 125 á 155 decímetros cúbicos; pero prácticamente transportan un volumen de tierras bastante menor, puesto que ordinariamente no pueden ir completamente llenas. Unas veces sirven para la excavación y el transporte, y otras sólo para esta última operación, que, en general, no debe efectuarse por este sistema cuando la distancia exceda de 60 metros. El borde con el que se ataca y el fondo que se lleva arrastrando por el terreno tienen

que ser muy resistentes; el primero suele reforzarse, según indican los grabados siguientes:



Arrobaderas ordinarias de la Western Wheeled Scraper Company.

Los precios, para los tamaños citados anteriormente, suelen ser, en fábrica, de 60 á 70 pesetas.

Para transportes comprendidos entre 40 y 180 metros se emplean frecuentemente en América arrobaderas montadas sobre ejes con ruedas llamadas «wheeled scrapers», en las que la caja va suspendida durante el recorrido desde el punto de extracción al del depósito de las tierras. Los tamaños usuales de aquéllas varían entre 255 y 340 decímetros cúbicos, construyéndose hasta de 450, y designándose con los números 1, 2 y 3 los modelos correspondientes. La caja puede bajar hasta el terreno, elevarse y girar alrededor del eje horizontal,



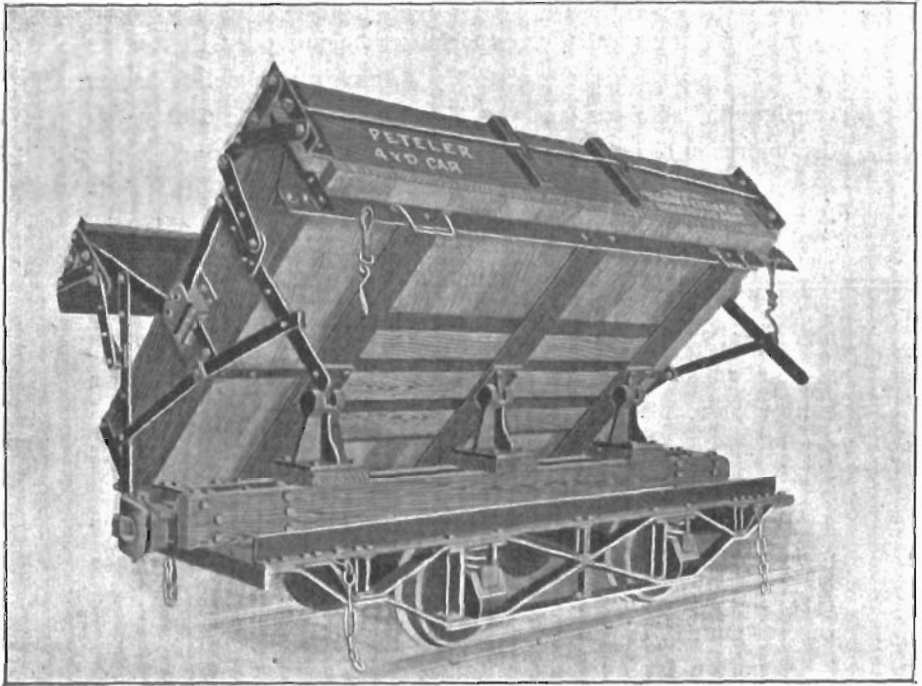
actuando el conductor sobre una palanca. Para estas operaciones basta un obrero y un tronco de ganado en los modelos pequeños, y dos obreros con otro tronco adicional, empleado sólo para ayudar durante la carga, en los tamaños grandes. El terreno debe ararse con surcos bastante profundos antes de emplear la arrobadera.

Para efectuar la carga, mientras que los caballos la llevan á lo largo del terreno, el conductor levanta la palanca, con lo que descende la caja, cuyo borde muerde las tierras bajo un ángulo pequeño, lo que permite que se llene con aquéllas, previamente excavadas con el arado. Nunca se llena por completo, y según datos hallados experimentalmente por Gillette, las cajas de los modelos núms. 1, 2 y 3, cuyos volúmenes hemos consignado, sólo cargan, por término medio, 155, 190 y 300 decímetros cúbicos, respectivamente, debido en gran parte á que queda un espacio en hueco hacia el fondo, que puede disminuirse empleando para formar la pared posterior de la caja una pieza móvil que sólo se coloca cuando se ha llenado. Hecha la carga, el conductor baja la palanca, con lo que levanta la caja, que se sujeta por un escape, quedando á unos 30 centímetros sobre el suelo. Cuando se llega al punto de descarga, basta levantar las manivelas para que la caja descienda, y apoyándose por su borde en el terreno, se la pueda hacer girar sobre su eje horizontal, de tal suerte, que vierta todo el contenido.

Los precios de los modelos núms. 1, 2 y 3 son, respectivamente, 225, 250 y 275 pesetas, según los catálogos de la casa Western Wheeled Scraper Company, con aumento de 25 á 30 pesetas cuando la pared posterior es movable.

Como en las obras no es frecuente disponer de caminos en que el terreno esté consolidado, suelen emplearse, como en España, los carros de dos ruedas más frecuentemente que los de cuatro, debiendo observar que en los trabajos de movimientos de tierras se prefieren, generalmente, las arrobaderas de ruedas á los volquetes que, de ordinario, se emplean en nuestras obras.

Para el transporte de los productos excavados por las excavadoras de vapor se forman trenes remolcados por locomotoras, compuestos de 8, 10 y á veces más vagones, de 2, 3 á 4 metros cúbicos de cabida, que vierten de costado, para ir así dejando los productos á lo largo del macizo de la presa. Como son tan conocidos, nos limitamos á reproducir un grabado del catálogo de una de las casas más acreditadas, que se refiere á un vagón de 3 metros cúbicos de capacidad y 3.180 kilogramos de peso, en el que se ve el mecanismo por medio



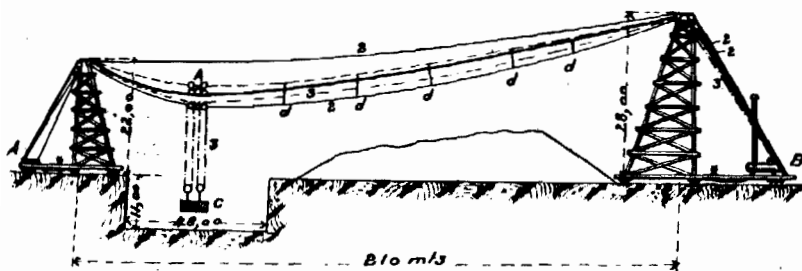
Vagon volquete de la Kilgore-Peteler Company, Minneapolis, Minnesota.

del cual se levanta el tablero cuando ha de verterse su contenido.

**Empleo de cables transportadores.**—Está muy generaliza-

do en la construcción de las obras de importancia, y singularmente de las presas; especialmente cuando éstas cierran estrechas gargantas en las que el transporte de los materiales exige salvar grandes desniveles en un corto trayecto, su adopción se considera imprescindible.

El esquema adjunto, referente á las obras de la construcción del canal principal para el saneamiento de Chicago, da idea de esta clase de instalaciones, que se denominan cables «Blondin». Como es sabido, consisten en un carretón *A* que por medio de un cable transportador sin fin 2, arrollado á un torno situado



Cable transportador para el canal de saneamiento de Chicago, de la Lidgerwood Manufacturing Company, Nueva York.

en *B*, se mueve á lo largo de otro cable de soporte indicado con trazo grueso, que se apoya en torres que pueden ser fijas ó, como indica el croquis, susceptibles de moverse sobre carriles á medida que avanza la obra, estando en ambos casos dicho cable de soporte sólidamente amarrado, bien al terreno, cuando las torres están fijas, ó bien á la plataforma móvil. Los materiales transportados *C* van suspendidos del carretón por medio de un polipasto que permite su elevación ó descenso, cuyo cable 3 se arrolla en un torno situado también en *B*. Con objeto de contrarrestar la acción de la gravedad sobre los largos tramos de los cables motores que quedan entre el carretón y el apoyo, se han adoptado varias disposiciones; la empleada por la casa Lidgerwood consiste en que, á medida que se traslada

el carretón hacia el sitio del trabajo, va dejando unas piezas *d* que llevan poleas, sobre las que insisten los cables 2 y 3.

Los tornos en los que se arrollan los cables se mueven por medio de máquinas de vapor ó motores eléctricos, de 12 á 75 caballos de fuerza, y van provistos de potentes frenos de fricción que permiten sostener la carga en cualquier punto.

Todas las operaciones que requiere el trabajo con cables están centralizadas en el maquinista, quien, mediante señales que recibe, de ordinario por conductores eléctricos, y con un poco de práctica, puede maniobrar con tal precisión, que sin dificultad llega á colocar directamente los sillares de una obra. El empleo de los cables en las obras públicas y en los trabajos de canteras ofrece la ventaja de poder mover y transportar bloques hasta de 15 toneladas, estando todos sus elementos fuera del alcance de las piedras lanzadas por los barrenos.

Como aplicación interesante de los cables Lidgerwood, citaremos la hecha en la presa inferior de Otay, que describimos entre las de escollera. La piedra procedía de una cantera situada aguas abajo en la garganta cerrada por la presa, y era transportada por un cable aéreo, de 290 metros de longitud, que admitía como carga máxima 10 toneladas. Las torres, en virtud del desnivel del terreno, tenían respectivamente 39,60 y 18,20 metros de altura; la máquina, 75 caballos, con cilindros de 0,30 por 0,48 metros, siendo los tambores de los tornos de 1,50 metros de diámetro; y el polipasto llevaba enganchada una caja que vertía los productos desde bastante altura sobre el macizo en construcción. El cable cruzaba la presa, formando un ángulo de 60 grados, á unos 18 metros sobre su coronación, y sirvió para arrojar la piedra al principio, hasta que se alcanzó la altura de 22,50 metros. Después se instaló un segundo Blondin en la dirección del eje de la presa, con torres móviles, que podían recorrer 4,50 metros á cada lado de dicho eje; se hallaba á unos 9 metros sobre aquella, y los materiales transportados por el primero se hacían pasar al segundo, por medio del cual se llevaban á cualquier punto de la obra.

En la presa nueva de Croton, el cable salvaba una distancia de 362 metros, con cargas de 10 toneladas, que llegaron á circular á la velocidad de 300 metros por minuto, merced al empleo de señales eléctricas para transmitir las órdenes desde la zona de los trabajos al maquinista encargado de los tornos.

En el grabado de la página 248 puede distinguirse parte de la instalación de cables en la presa de Roosevelt. Los dos más importantes, de 349 y 337 metros de luz, cruzan normalmente la garganta, por encima de la presa, y se destinan al transporte de la piedra, hormigón y mortero, aquélla desde las excavaciones practicadas en ambas laderas para los vertederos, y los últimos desde los molinos y hormigoneras. Un tercer cable, de 247 metros de longitud, establecido en la ladera Norte, en dirección normal á la de la presa, tiene por objeto suplementar á los otros en el transporte de piedra cuando no basten á suministrar toda la que requiera la obra, las canteras de los vertederos. Los tres cables, del sistema Lidgerwood, están calculados para cargas máximas de 15 toneladas, y son operados eléctricamente por una corriente continua de 500 voltios.

Además de estos cables Blondin, existen otros ordinarios en la presa de Roosevelt, movidos también eléctricamente, que conducen á las hormigoneras y molinos de mortero, el cemento, la arena y piedra machacada, desde la fábrica el primer material y, desde las trituradoras y machacadoras, los últimos.

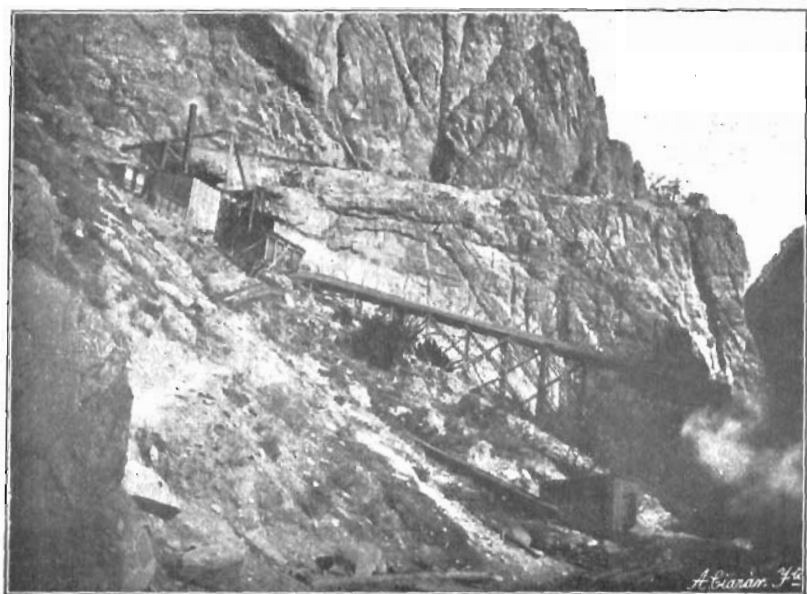
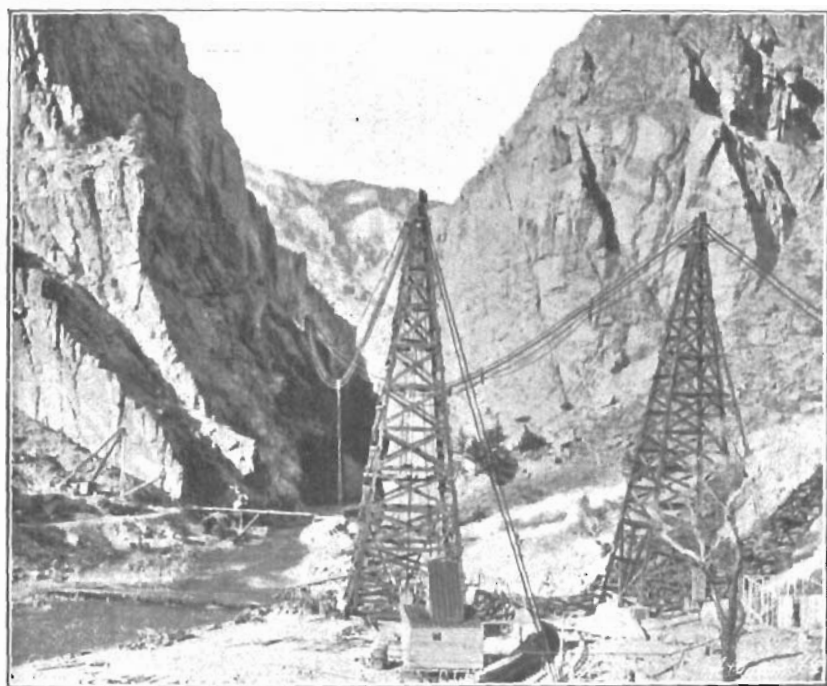
En la presa de Shoshone la disposición adoptada para la instalación de los cables, hecha también por Lidgerwood, difiere sustancialmente de la anterior. Según puede verse en las secciones y plano que se insertan en la página 90, así como en el adjunto fotograbado, la presa, situada á poca distancia y aguas abajo de la entrada de un estrecho y altísimo desfiladero, requiere la excavación en el fondo del cauce de unos 25.000 metros cúbicos de arena y gravas, y, sobre todo, bloques, muchos de tamaño considerable, así como el transporte de otros 8.000 metros cúbicos de productos del desmonte que ha

tenido que practicarse en las laderas para encajar en ellas los estribos de la presa. En estas condiciones, teniendo además en cuenta que convenía colocar las hormigoneras antes de la entrada del desfiladero, conforme se ve en el segundo de los fotografías adjuntos, por debajo de las excavaciones del vertedero de superficie, cuyos productos se habían de utilizar para producir piedra machacada y arena artificial, se ha creído que la solución más conveniente sería establecer dos cables á lo largo del desfiladero, partiendo de un castillete único, de 7,50 metros de altura, situado aguas abajo de la presa, aproximadamente á la altura de su coronación, y terminando en otros dos castilletes piramidales, de madera como el anterior, de 38 metros de altura, colocados á 27,50 metros de distancia uno de otro, al pie de la ladera derecha, antes del desfiladero. Uno de los cables tiene 388 metros de longitud y el otro 381, pudiendo llegar las cargas máximas á 6 y 10 toneladas. Con esta disposición los cables dominarán la presa, á la que cruzarán con una separación de 10,50 metros, pudiendo alcanzar todos los puntos de ella y de la excavación del cimiento, inclinando un poco el cable de suspensión de las cajas transportadoras.

Estas vierten automáticamente su carga antes de llegar á los castilletes finales de aguas arriba, en el paraje elegido para depósito de los productos excavados, los que se cargarán ulteriormente para transportarlos de nuevo á la presa, porque en una buena parte se utilizarán para incorporarlos, como bloques, al macizo de hormigón, donde, según se dijo, deben entrar en la proporción mínima del 25 por 100.

Los mismos cables servirán, también, para el transporte del hormigón que recogerán en la margen izquierda, á la entrada del desfiladero.

Al tiempo de nuestra visita todas estas instalaciones se hallaban ultimadas, practicados los rebajos en las laderas, y en curso de ejecución la gran excavación del cimiento, que se realizaba con toda facilidad, gracias á la desviación de la corriente por el túnel de fondo, sin que ofrecieran dificultad los agota-



Instalaciones en la presa de Shoshone.

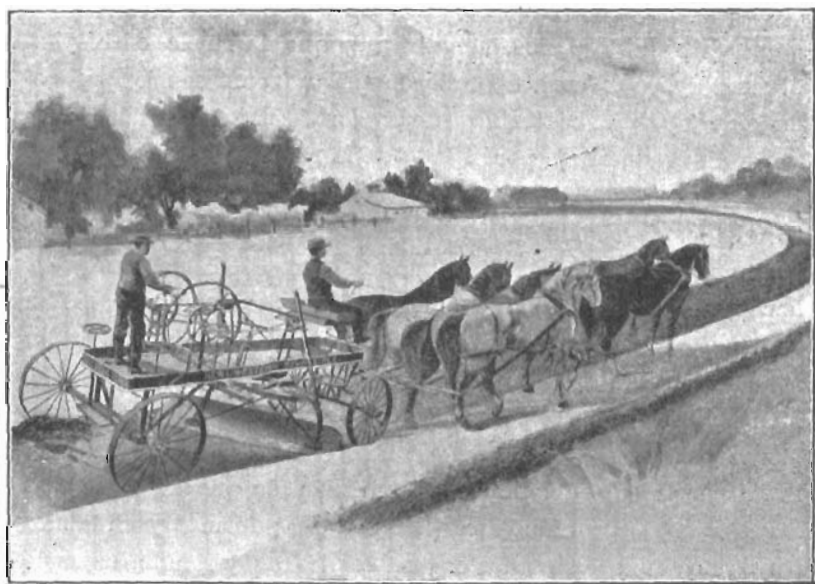




mientos que había que practicar para extraer el agua procedente de las filtraciones.

Los cables Blondin pueden alcanzar longitudes considerables. En la presa vertedero de Blewett Falls, sobre el río Yadkin (Carolina del Norte), se instalaron dos de 560 metros de luz, con carga máxima de cinco toneladas; en otra presa de igual clase, construída sobre el Hudson, se emplearon siete cables, todos para cargas máximas de seis toneladas, siendo la luz de los tres más largos de 366, 549 y 652 metros. Debe, sin embargo, advertirse que estas luces son excepcionales y que las de los cables Blondin no exceden, las más de las veces, de 300 metros.

**Consolidación de los macizos de las presas de tierra.**— Nada diremos de las cubas de riego, cilindros y rodillos compresores, que son próximamente iguales á los usados en nuestro país, y sólo describiremos la máquina llamada «reversible road



Reversible road machine de la Western Scraper Company.

machine», cuya principal aplicación, como su nombre indica, es preparar la caja de las carreteras para la colocación del afirmado, pero que vimos aplicada en la construcción de la presa inferior de Deer Flat para extender las tierras transportadas por los trenes (véase el fotograbado de la página 110), y que puede también utilizarse para excavar acequias de cualquier anchura con profundidades hasta de 75 centímetros.

Consiste en un armazón de acero, montado sobre cuatro ruedas, con un asiento para el conductor en la parte delantera y una plataforma detrás para el obrero que maniobra el aparato. El útil está formado por una lámina de acero, colocada como expresa la figura y suspendida del armazón, de tal suerte, que puede elevarse, bajarse y variar de inclinación.

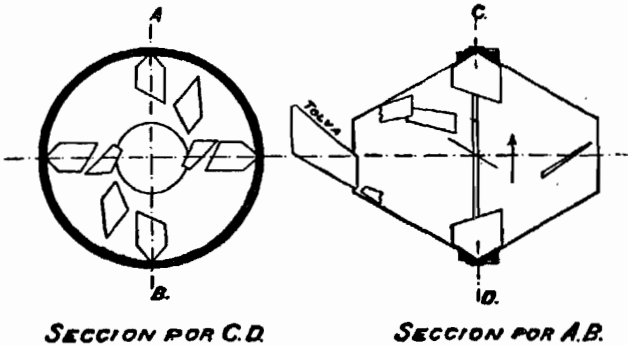
El grabado se refiere á la ejecución de una acequia, para lo cual se coloca la lámina de acero muy baja á fin de que excave. Las tierras removidas van á parar al extremo de la lámina, que se ve á la izquierda, constituyendo un reborde que forma el cajero de la acequia; el eje de las ruedas traseras puede alargarse por ambos lados, con el fin de que la rueda correspondiente vaya por fuera del reborde que se forma con los productos que deposita la lámina excavadora. En la figura se representa alargado el eje por el lado de la rueda izquierda.

**Medios de ejecución de las presas de fábrica.**—El transporte de la piedra para la mampostería, del mortero y del hormigón se hace casi exclusivamente por medio de cables transportadores, según se ha indicado precedentemente en los ejemplos presentados; el asiento de los mampuestos se efectúa, bien por medio de los mismos cables, lo que no es frecuente, bien con el auxilio de derricks, instalados casi siempre sobre la misma presa, subiendo con ella á medida que se levanta, ó á veces en las proximidades (laderas, plataformas y andamios contiguos, etc.), los cuales cogen las piedras, y aun las cajas de hormigón y mortero, de los puntos, situados á su alcance, en que los depositan los cables.

Las cajas con que se verifica el transporte, construídas de plancha de acero, son generalmente de gran capacidad, llegando en ocasiones á tener dos metros cúbicos, aunque rara vez exceden de uno y medio. De ordinario, sólo tienen tres paredes y el fondo; y cuando se destinan al transporte del ripio, suelen sustituirse por simples plaformas.

Como los cables de suspensión de la carga son, por lo regular, de gran longitud, basta con que se desvíen ligeramente de la vertical para que aquélla se pueda depositar en los diversos puntos de una faja de bastante anchura. Si la desviación no es grande, se obtiene directamente con el esfuerzo directo de los operarios; pero, cuando es preciso, se recurre para obtenerla á aparejos que casi siempre son movidos por una caballería en-ganchada al extremo libre de la cuerda.

Los hormigones y morteros se preparan, casi sin excepción, con hormigoneras de trabajo intermitente. Las más usadas tie-



Hormigonera de la T. L. Smith Company

nen la forma de dos conos unidos por su base, como expresan los esquemas adjuntos, provistos en su interior de hojas de palastro a, a', b, b'.. dispuestas helicoidalmente según dos superficies a, a, a.. a', a', a' en cada uno de los conos. Las bases C D están apoyadas por medio de rodillas en el resto del armazón, y llevan una parte dentada que transmite el movimiento gi-

ratorio alrededor del eje EF. Los materiales que han de constituir el hormigón se vierten por la tolva E, que no gira con los conos, imprimiendo en seguida á la caja un movimiento de rotación durante el cual se mezclan aquéllos, dándose, en general, de 10 á 20 vueltas. Cuando todavía está girando con la velocidad máxima, se hace bascular todo el armazón que rodea á la caja, vertiéndose entonces el hormigón ya fabricado.

Los expresados movimientos de rotación y báscula pueden efectuarse á brazo en máquinas muy pequeñas, pero generalmente se emplea un motor de gasolina para las medianas, ó de vapor, aplicable á todos los tamaños.

Los siguientes datos, tomados del catálogo de la casa T. L. Smith Company, Milwaukee, Wisconsin, pueden ser de interés, por más que tal vez sea prudente reducir las cifras que representan los resultados para tener en cuenta los contratiempos que ocurren en la práctica.

	N.º 0.	N.º 1.	N.º 2.	N.º 3.	N.º 4.
Volumen de carga. (Metros cúbicos.).....	0,170	0,255	0,380	0,450	0,595
Idem de hormigón, por hora. (Metros cúbicos.).....	4,960	7,640	11,460	13,750	17,570
Potencia de la máquina motriz. (Caballos de vapor.).....	3	6	8	10	15
Peso con máquina de gasolina. (Kilogramos.).....	1.405	2.270	3.360	4.715	»
Idem con máquina de vapor y su caldera. (Kilogramos.).....	1.640	2.270	3.175	4.760	»

La piedra machacada destinada á la fabricación de hormigones, se obtiene generalmente por medio de máquinas machacadoras de mandíbulas, desde las que se transporta con un elevador de cangilones á un cedazo metálico del tipo corriente, que consiste en un cilindro de palastro con orificios, de eje algo inclinado, formado por tres partes en el sentido longitudinal, cada una con orificios de un tamaño, quedando así clasificada

la piedra machacada, que cae en los tres compartimientos de una gran caja de madera.

La arena artificial se fabrica reduciendo primero la piedra de la cantera al tamaño de piedra machacada con machacadoras de mandíbulas y acabando la trituración con cilindros laminadores. Otras veces, sobre todo cuando se utilizan las gravas, sólo se recurre á las machacadoras, clasificándose los productos de suerte que los más finos sirvan para arena, y los restantes para piedra machacada. En el fotograbado de la lámina inserta frente á la página 224 se representa la instalación de un cilindro clasificador de la grava machacada, con depósitos inferiores, de donde pueden cargar los carros la piedra de distintos tamaños y la arena.

En las construcciones de fábrica de importancia nunca se omite la instalación de una conducción forzada de agua que suministre ésta para fabricar morteros y hormigones y permita el lavado á presión de los mampuestos y el riego de las fábricas después de su ejecución. En algunos casos se ha instalado además una conducción de vapor á presión, con objeto de utilizarla en invierno, haciendo posible la construcción de las fábricas con temperaturas muy bajas.

El uso de las cabrias llamadas derricks (véase la lámina siguiente) está extraordinariamente generalizado. Son casi siempre de madera, de dimensiones considerables, con pescante de mucho alcance y provistas de aparejos con cables de acero. Las hay que pueden girar alrededor del eje vertical, mientras que otras carecen de este movimiento. Un motor de vapor actúa sobre el torno colocado al pie, salvo en los casos en que se dispone de corriente eléctrica, en que se recurre á ésta para efectuar todos los movimientos. Donde además de los derricks existen cables, como ocurre casi siempre en las presas, con su auxilio se levantan y transportan los primeros con gran facilidad y rapidez.

Para depósito de los materiales y herramientas se han establecido del lado de aguas abajo de algunas presas de fábrica,

durante la construcción, plataformas de madera, aisladas ó corridas, que se apoyan en vigas horizontales, las que á su vez descansan por un extremo en el paramento y por el otro en pies derechos ó tornapuntas, que refieren también los esfuerzos al mismo paramento.

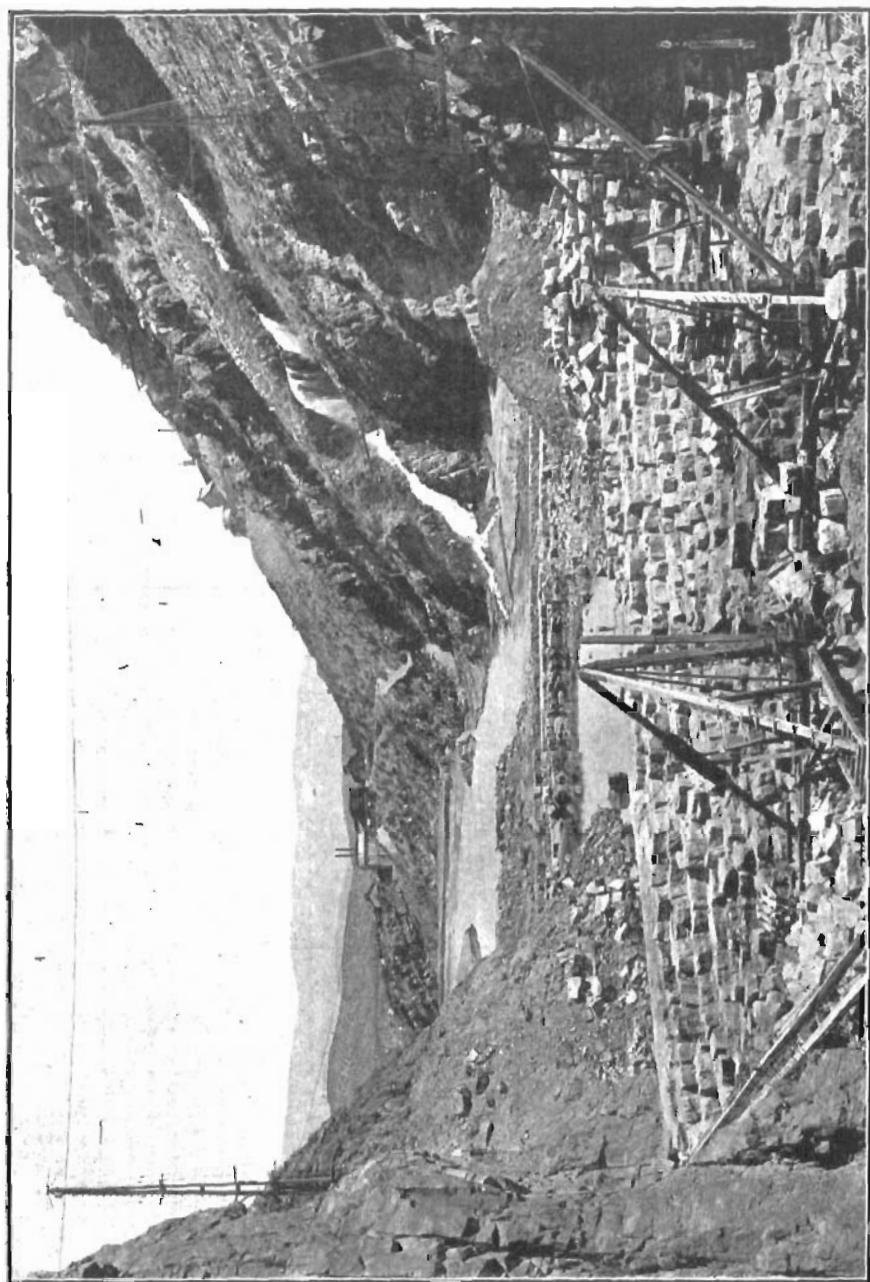
En resumen, lo característico en la construcción de las presas americanas está en el empleo sistemático de los cables transportadores, á más del de cabrias, hormigoneras, machacadoras, trituradoras, etc., que son de uso general en todas las obras importantes.

### COSTE DE LAS OBRAS

Será interesante, sin duda, dar á conocer el coste á que resultan las obras en los Estados Unidos, principalmente para formar alguna idea del resultado económico que ofrecen los procedimientos de construcción allí adoptados. Como es lógico suponer, aquel coste depende generalmente, ante todo, del de los jornales; y como éstos habían experimentado en los últimos años un aumento considerable, sobre todo en el Oeste, nos limitaremos á consignar aquí los precios medios unitarios correspondientes á las principales construcciones ejecutadas últimamente por el Servicio federal de obras de riego, pues los de obras de más antigua fecha habría que relacionarlos con los de los jornales á la sazón vigentes, dato este último difícil de obtener con alguna precisión.

Los precios que siguen son términos medios, deducidos de los de un número bastante considerable de contratatas; obsérvese que el sistema de proposiciones para las subastas, seguido por el Servicio federal, á que se ha hecho referencia oportunamente, conduce á la depuración individual de los precios, puesto que la licitación versa sobre cada uno de ellos.

Metro cúbico de desmónte en terreno excavable con arado movido por cuatro caballos, 1,17 pesetas.



Presa de Roosevelt.—Derricks para la colocación de la piedra.





Metro cúbico de desmante en terreno excavable con arado de seis caballos, 1,38 pesetas.

Metro cúbico de desmante en terreno excavable con arado de diez caballos, 2,30 pesetas.

Metro cúbico de desmante en terreno formado por bloques removible de menos de 0,75 metros cúbicos, no excavable con arado, pero sí con la arrobadera después de ser desmenuzado con explosivos, 3 pesetas.

Metro cúbico de desmante en roca que requiera barrenos y explosivos, 7,56 pesetas.

Metro cúbico de excavación en roca, debajo del agua, 21,30 pesetas.

Metro cúbico de empedrado, 2,30 pesetas.

Metro cuadrado de adoquinado, 5,54 pesetas.

Metro cúbico de adoquinado, 45,30 pesetas.

Metro cúbico de relleno de escollera, 6 pesetas.

Metro cúbico de hormigón homogéneo y armado (sin el cemento ni el acero), 58 pesetas.

Metro cúbico de hormigón con cantos grandes embebidos (sin el cemento), 32 pesetas.

Metro cúbico de mampostería ciclópea en la presa de Roosevelt (sin el cemento, arena y la mayor parte de la fuerza necesaria), 20,70 pesetas.

Kilogramo de acero para refuerzo de hormigón armado, 0,28 pesetas.

Kilogramo de compuertas metálicas corrientes (incluido marcos y guías), 0,70 pesetas.

Tonelada neta de cemento Portland artificial en los puntos de producción, 40 pesetas.

Tonelada neta del mismo cemento puesta en la estación del ferrocarril más inmediata á la obra, 61 pesetas (el coste del transporte desde la estación al pie de obra se incluye en el de las fábricas correspondientes).

Tonelada de carbón en las estaciones, unas 30 pesetas.

Tonelada de carbón al pie de obra, unas 45 pesetas.

Debe hacerse notar, como ya se supondrá, que los datos de que se ha partido para deducir los anteriores términos medios ofrecen diferencias bastante considerables, correspondientes á las variadas condiciones y circunstancias que concurren en las obras diseminadas en un territorio muy extenso.

Los jornales, al tiempo de nuestra visita, efecto de una gran demanda, estaban muy altos en toda la República. He aquí los que regían generalmente en el Oeste:

Peón bracero, 11,25 á 13,75 pesetas.

Capataz, 20 pesetas.

Barreneros, carreteros, albañiles, oficiales de distintas clases, etc., 15 á 20 pesetas.

Maquinistas, 30 pesetas.

Carro con dos buenas caballerías, 25 pesetas.

Los agentes y operarios no pagados á jornal cobraban las mensualidades siguientes:

Maquinista de excavadora de vapor, 750 á 1.000 pesetas.

Otros maquinistas y los fogoneros, 500 á 600 pesetas.

Sobrestante («Superintendent»), 625 pesetas.

Encargado de grúas ó cabrias, 575 pesetas.

Herrero, 500 pesetas.

Ayudante de herrero, 375 pesetas.

Estos jornales vienen á ser un 40 por 100 más altos que los que regían en el Este.

La jornada es de ocho horas de trabajo efectivo y, generalmente, intenso.

Los jornales en los años anteriores inmediatos al de 1907 no eran tan elevados; pero como las obras á que se refieren los precios anteriormente consignados han alcanzado en dicho año su máximo desarrollo, no será muy aventurado el admitir que los jornales medios efectivos pagados para realizarlas diferirán poco de los anteriores rebajados en un 15 por 100.

Esto supuesto, y teniendo en cuenta que al deducir todos los datos se ha admitido el dolar como equivalente á cinco pesetas oro, se puede llegar á la conclusión de que los jornales y los

sueldos mensuales resultan de cuatro á siete veces superiores á los vigentes actualmente en España, salvo para los carros y caballerías, en que son tan sólo unas tres veces más elevados.

En cuanto al carbón, si bien aparentemente tiene un precio parecido en el Oeste de los Estados Unidos y en España, hay que tener en cuenta que el primero está constituido, en general, por lignitos cuya potencia calorífica no llega á la tercera parte de las buenas hullas inglesas y aun asturianas, por lo que también será justo admitir que, en realidad, el precio del combustible resulta en los Estados Unidos cerca de tres veces superior al nuestro.

No son éstas las únicas desventajas del contratista del Oeste americano, que hay que tener en cuenta al comparar sus precios de ejecución con los nuestros: la falta general de poblaciones, aldeas y caseríos en que poder albergar los operarios, lo que implica la necesidad de establecer campamentos; el clima, aunque no lluvioso, riguroso en extremo por sus grandes fríos y calores; la carencia casi absoluta de vías de comunicación, salvo las férreas, ordinariamente alejadas de las obras; y, en en fin, la escasez frecuente de personal, que ocasiona irregularidades en la marcha de aquéllas, constituyen dificultades y deficiencias que representan, para ser vencidas y subsanadas, un aumento de coste en las diversas unidades de la obra.

Si bien no es posible deducir de los anteriores datos y consideraciones, consecuencias concretas representadas por cifras, cabe, á nuestro juicio, afirmar que, salvo para el hormigón, los precios americanos, relativamente á los nuestros, son más económicos, lo que justifica sobradamente el empleo sistemático é intenso que allí se hace de las máquinas. En cuanto al precio elevado á que resulta el hormigón, preciso será considerar para explicarlo que se trata, en general, de estructuras individualmente poco importantes y de espesores reducidos, de hormigón armado las más, en que el valor de los moldes representa una fracción importante del de la fábrica terminada; es posible también que el empleo de las hormigoneras, tratándose de pro-



ducirlo en cada punto en cantidades pequeñas, no ofrezca las mismas ventajas relativas que otras máquinas representan; pero preciso es admitir que su uso, prescrito por la mayor parte de los pliegos de condiciones facultativas, está bastante justificado, pues con él se obtienen fábricas de mejores condiciones que con el hormigón y el mortero hechos á brazo. Esto no obstante, acaso no sería aventurado admitir, al ver los precios á que resulta la mampostería ciclópea de varias presas, y, sobre todo, teniendo en cuenta el valor que debería asignarse á la mano de obra de la mampostería ordinaria, que en no pocos casos en que los espesores y las condiciones de los materiales disponibles lo consienten, el empleo de la mampostería resultaría más ventajoso que el del hormigón, con armaduras ó sin ellas, siendo posible también que haya sido en algunos casos excedido el límite en que convenía contener la aplicación de la última fábrica.

Presentaremos ahora, á continuación, los datos concretos relativos al coste de algunas presas de tierra, construídas por el Servicio federal de obras de riego, descritas en el lugar oportuno, cuidadosamente reunidos por Mr. A. P. Davis.

PRESA DE COLD SPRINGS

*Coste de la instalación y maquinaria para la ejecución del macizo.*

	Coste de adquisición. — Pesetas.	Depreciación que se le asigna. — Pesetas.
Una excavadora de vapor de 70 toneladas y útil de 1,80 metros cúbicos de capacidad.....	70.735	40.735
4 locomotoras de 16 toneladas.....	75.605	35.255
45 vagones volquetes.....	69.360	45.510
6.440 metros de vía de 0,76 metros, con carriles de 16 kilogramos.....	125.935	102.235
Andamiaje ó puente provisional, de 20 metros de altura, para arrojar las tierras..	51.315	46.315
Varios.....	»	1.350
<b>TOTALES.....</b>	<b>392.950</b>	<b>271.400</b>

El volumen del macizo será de 451.000 metros cúbicos, y, por tanto, la depreciación de la instalación y maquinaria representa 0,60 pesetas por metro cúbico.

*Precio á que resulta el metro cúbico de macizo.*

	En grava. Pesetas.	En tierra. Pesetas.
Desmante.....	0,230	0,625
Transporte.....	0,461	
Extensión y mezcla.....	0,579	0,247
Riego.....	0,072	0,072
Compresión.....	0,066	0,053
Gastos generales, capataces, ingenieros.....	0,385	0,276
Reparaciones.....	0,033	0,020
Instalación y maquinaria.....	0,600	0,243
<b>TOTALES.....</b>	<b>2,426</b>	<b>1,536</b>

Como en el macizo entran tres cuartas partes de grava y una de tierra, el precio medio del metro resultará igual á 2,20 pesetas, cubicado aquél en el terreno, mientras que llega á 2,57 pesetas medido el volumen en el propio macizo, á causa de la contracción que en éste sufre. Esta obra se ha ejecutado por administración, elevándose la proposición más baja recibida, al intentarse la subasta, á 2,68 pesetas el metro.

**PRESA SUPERIOR DE DEER FLAT**

*Precio á que resulta el metro cúbico de macizo.*

	Pesetas.
Desmante y carga.....	0,412
Transporte.....	0,543
Extensión.....	0,117
Riego.....	0,117
Compresión.....	0,085
Gastos generales, capataces, ingenieros, etc.....	0,268
Instalación y maquinaria.....	0,255
<b>TOTAL.....</b>	<b>1,797</b>

Esta obra se construye, también, por administración, pues las proposiciones que se presentaron en la subasta excedían el tipo del presupuesto. Aquéllas fijaban el precio del métró cúbico de macizo en 2,35 pesetas.

PRESA DE BELLE FOURCHE

*Coste de la instalación y maquinaria para la ejecución del macizo.*

	Coste de adquisición. Pesetas.	Depreciación que se le asigna. Pesetas.
2 excavadoras de vapor.....	115.980	98.980
6 locomotoras de 18 toneladas.....	107.310	76.560
66 vagones volquetes.....	83.280	70.980
2 «Graders».....	12.840	9.990
2 máquinas niveladoras.....	2.500	1.750
1 rodillo de 12 toneladas.....	7.900	6.400
4 máquinas de tracción, de 32 caballos de fuerza.....	49.695	34.945
Conducción de aguas.....	96.665	78.665
Puentes, barracas, etc.....	22.500	21.000
3.220 metros de vía con carril de 16 kilogramos.....	100.375	78.425
24 carros volquetes, modelo «Aurora», de 1,15 metros cúbicos.....	12.000	»
100 caballos y mulas, arados, arrobaderas, etc.....	60.000	»
<b>TOTALES.....</b>	<b>671.045</b>	<b>477.695</b>

*Precio á que resulta el metro cúbico de macizo ejecutado con las excavadoras de vapor y con las máquinas excavadoras-cargadoras (graders).*

	Excavadora. Pesetas.	«Grader.» Pesetas.
Desmonte y carga .....	0,438	0,353
Transporte (1,600 kilómetros, término medio).....	0,516	0,739
Extensión.....	0,660	0,098
Riego.....	0,098	0,085
Compresión .....	0,078	0,098
Gastos generales, capataces, ingenieros, etcétera.....	0,216	0,144
Instalación y maquinaria.....	0,595	0,222
<b>TOTALES.....</b>	<b>2,601</b>	<b>1,731</b>

El precio de adjudicación fué de 1,85 pesetas.

Debe advertirse que el valor de los carros volquetes, caballos, mulas, arados, arrobaderas, etc., se ha supuesto totalmente amortizado y figura en las partidas correspondientes al terraplén hecho con las «graders», que, como se ve, resulta un tercio más bajo que el ejecutado con las excavadoras de vapor, si bien el transporte era menor.

La cantidad de carbón consumido en la construcción de las presas de Cold Springs y superior de Deer Flat era de unos 6,5 kilogramos por metro cúbico de macizo.

El coste del metro cúbico de embalse es, como puede suponerse, muy **variable**. En general, resulta reducido, porque los parajes elegidos suelen ofrecer condiciones muy favorables, sobre todo en los grandes embalses, que son los verdaderamente económicos. Así, por ejemplo, se calcula que no llegará á medio céntimo en el pantano Roosevelt.

No es posible actualmente, por falta de datos definitivos, fijar con exactitud el coste medio á que resultarán las obras de riego comenzadas por el Gobierno de los Estados Unidos;

hasta fin de Junio de 1907 se han aprobado, para los 31 proyectos emprendidos, créditos por valor de unos 203 millones de pesetas. Y como el área regable correspondiente puede fijarse en unas 890.000 hectáreas, las obras, según esto, resultarán á 228 pesetas por hectárea. Es de creer que el coste definitivo, cuando se vayan construyendo las obras complementarias, cuya necesidad reclame la experiencia, resulte superior á estas primeras provisiones; y admitiendo un aumento grande, de un 40 por 100, por ejemplo, se llegaría á la cifra media de 320 pesetas por hectárea, que debe reputarse extremadamente reducida, pues no ha de olvidarse lo elevado de los precios unitarios y el que las obras comprenden toda la red secundaria de distribución hasta la entrada de las fincas, de superficie relativamente reducida, en que se dividen las zonas regables.

He aquí los costes probables para varias obras que se hallan ya casi terminadas ó muy avanzadas:

	Pesetas por hectárea.
Proyecto de Huntley .....	370
Id. de North Platte .....	407
Id. de Shoshone.....	556
Id. de Minidoka.....	272

Semejantes resultados, que hablan muy favorablemente respecto de las condiciones económicas en que realiza la empresa el Gobierno federal, confirman el hecho, comprobado también en otras partes, de que sólo las grandes obras de riego que suscitan, en cambio, por su misma magnitud, inconvenientes de otro orden, son susceptibles, generalmente hablando, de proporcionar aguas para riego á precios reducidos. Las pequeñas derivaciones, singularmente las más fáciles y económicas, se hallan realizadas; y las que pueden aún emprenderse de esta clase suelen conducir á costes, por unidad regable, con frecuencia prohibitivos.



No nos ha sido posible reunir datos sobre costes de obras construidas por empresas; los bien conocidos son demasiado antiguos para que en la actualidad puedan considerarse de interés, debiendo notarse que el aumento extraordinario que han tenido los jornales y el carácter de mayor permanencia y estabilidad de las obras que ahora se construyen conducen á un coste mayor que el de las antiguas, aparte de que éstas se establecieron, precisamente, donde por lo favorable de las condiciones podían resultar más económicas. Así, por ejemplo, el coste de los pantanos laterales formados en los valles de Cache la Poudre y Big Thompson, en el Colorado, á que en otra parte se hizo referencia, no llegó á tres céntimos de peseta por metro cúbico, sin incluir el de las acequias de alimentación ni el de las importantes mejoras que últimamente se han introducido en algunos; la prueba de que hoy no es posible construir en aquellas localidades embalses á precios parecidos, la ofrecen los que se pagan anualmente por el agua, que se acrean al del coste mismo de los pantanos, lo que demuestra también el beneficio que proporcionan tales obras, merced á las que es hoy rica y próspera una comarca que hace menos de cuarenta años estaba desierta y era completamente improductiva, porque la insuficiencia de las lluvias no permitía el cultivo ni casi el pastoreo.

#### OBSERVACIONES DIVERSAS

**Aterramiento de los pantanos.**—Aunque no ha dejado de estudiarse la cuestión de los depósitos que las corrientes alimentadoras acumulan en los embalses, puede afirmarse, no obstante, que hasta el presente bien poco se ha hecho en los Estados Unidos, en el terreno de la práctica, para prevenirlos ó expulsarlos. En gran parte de los pantanos, los aterramientos tienen escasisima importancia por tratarse de corrientes con pocos acarreos, debido á estar las cuencas cubiertas de vegetación, á existir agua arriba lagos en que se sedimentan aquéllas, á pre-

sentar el terreno pendientes reducidas, á proceder la alimentación principalmente de nieves, á la naturaleza mineralógica de los terrenos ó, finalmente, á la conjunción de varias de estas causas. En otros casos, la sedimentación existe, y anualmente se ve reducida la capacidad de los vasos; pero sólo en muy pocos puede considerarse alarmante el avance del aterramiento, permitiendo esperar un número de años, generalmente considerable, antes de que el peligro se presente realmente y reclame medidas enérgicas para ser conjurado.

Esto es, precisamente, lo que se ha hecho en muchos casos, aceptando este sistema como solución para afrontar, sin resolverlo, el problema de los aterramientos, confiando al porvenir la misión de encontrar un remedio definitivo, y contentándose por de pronto con dar satisfacción á las necesidades sentidas al presente, sin pretender llevar la previsión más allá de límites razonables. Confirma lo acertado de este procedimiento nuestro propio pantano de Níjar, tan desdichadamente concebido, que viene presentándose por algunos escritores, casi desde que se terminó, como ejemplo de la facilidad con que el aterramiento inutiliza esta clase de construcciones, cuando lo que en realidad ocurre es que si no son mayores los harto menguados servicios que dicho pantano presta, débese, en primer término, á la insuficiencia de la cuenca alimentadora, constituida por una rambla reducidísima que no guarda relación, por su área, con la capacidad del vaso; y, en segundo término, á la permeabilidad de éste, resultando, por tanto, que la inutilización no tiene por origen, hasta el presente al menos, el exceso de arrastres, sino la falta de agua, que de ordinario ni siquiera consigue formar embalse.

Uno de los pantanos que más temores ha llegado á inspirar á este respecto es el ya citado de Sweetwater, que se supuso quedaría inutilizado en pocos años por conducir muchos arrastres la corriente alimentadora; pero á pesar de que el embalse no se desagua, ni se emplea medio alguno especial de limpia, la experiencia ha demostrado que, siguiendo el aterramiento como

hasta el presente, la inutilización entera del pantano sería obra de unos trescientos años.

En los proyectos formulados por el Servicio federal de obras de riego, la cuestión ha sido tratada con arreglo á estos principios. El caso más importante que ha habido que estudiar es el del pantano Roosevelt, pues aunque el río Salt que lo alimenta, por excepción entre los de la región en que corre, conduce una proporción moderada de sedimentos, todavía éstos, según los cálculos hechos, se elevarán anualmente, por término medio, á 1.230.000 metros cúbicos. Dada la capacidad de este enorme embalse, igual á unos 1.600 millones de metros cúbicos, se requeriría el transcurso de cerca de trece siglos para ser rellenado por completo, en el supuesto de que por los desagües de fondo no se expulsara cantidad alguna de fango. Es de creer que mucho antes de que se llegase á verificar el completo aterramiento, cuando alcanzase á ser sensible la reducción, se habrían de arbitrar métodos eficaces de limpia.

Por de pronto, y en mucho tiempo, no han de ser éstos necesarios en realidad. Por otra parte, tratándose de un pantano que extiende la regularización de la corriente, no á un año, como sucede de ordinario, sino á un período de tiempo casi indefinido, no sería posible obtener la limpia por la corriente misma, dejándola fluir libremente durante ciertas épocas del año, estando el embalse vacío. Por este motivo se ha tomado el partido de combatir los aterramientos por medio de evacuaciones, tan frecuentes como sea posible, por el desagüe de fondo, que al efecto ha de ser maniobrado con cualquier carga de agua y que debe hacerse funcionar mientras se pueda, con preferencia al aliviadero de superficie.

Es seguro que con este sistema se obtendrá la expulsión de una cierta proporción de los sedimentos que la corriente vaya acumulando en el pantano, pues es sabido que en épocas de avenida suelen circular los arrastres por el fondo, saliendo en proporción mayor ó menor cuando se abren los desagües inferiores. Opinamos, empero, por nuestra parte, que en el pantano

Roosevelt esta proporción será harto reducida, pues la corriente, al tener que establecerse al través de una masa de agua de tan considerable longitud, ancho y altura, sufrirá una sedimentación potente, llegando á la entrada de la galería de evacuación tan sólo las partículas tenuísimas que no consigan posarse en el fondo del vaso. El hecho de que se hayan presentado ya aterramientos, agua arriba del punto en que se construye la presa, desde que se ha forzado á las aguas del río á pasar por dicha galería, á pesar de que el remanso es muy pequeño y de que las avenidas no dejarán de socavarlos y arrastrarlos, parece comprobar la exactitud de nuestra apreciación que, por lo demás, la experiencia confirma en otras partes.

**Dotaciones de agua para el riego.**—La cantidad de agua que requiere el riego de la unidad de superficie se determina en los Estados Unidos, bien por el volumen total suministrado durante la temporada de riego, ó bien por el caudal por segundo equivalente, teniendo en cuenta la duración de aquélla.

El primer medio, expresado también frecuentemente por la altura de agua que tendría el volumen referido extendido por igual sobre la superficie regada, es el generalmente preferido, y el que realmente debe tenerse en cuenta cuando se trate de aguas procedentes de embalses. Por el contrario, conviene referir las medidas á caudales por segundo cuando se empleen aguas de derivaciones directas de corrientes no regulables y, además, al establecer la capacidad de los canales y acequias. Es evidente que en este último caso lo que interesa conocer es el caudal máximo que reclama la zona regable en las épocas de mayor consumo.

En todos es en extremo variable la cantidad de agua que los riegos requieren, pues es sabido que depende de circunstancias diversas, variables á su vez según las condiciones locales y, dentro de una misma localidad, conforme á las meteorológicas de los años sucesivos. El volumen que el riego absorbe, medido á la entrada de los canales, es una función compleja dependien-

te de numerosos elementos, contándose entre los principales los siguientes: lluvias y modo de venir distribuidas, temperatura y evaporación, filtraciones en canales y acequias, permeabilidad del suelo y subsuelo de la zona regable, clase de cultivos y proporción en que se hallen distribuidos, grado de utilización del agua por los regantes, comprendiendo el desperdicio y las cantidades que se inviertan en cada cultivo según los abonos usados y la forma de practicar el riego, extensión de la zona regable, cantidad de agua que afluya á canales y acequias procedente de filtraciones de terrenos más altos, tiempo transcurrido desde el establecimiento del riego, etc. Se comprende, en vista de esto, que donde las condiciones varían tan ampliamente como en la zona árida de los Estados Unidos, han de variar también, entre límites muy extensos, los caudales que en el riego se consumen. De aforos practicados en 160 canales ó acequias diferentes, comprendiendo en algunos casos la medición diaria de los caudales derivados durante siete años, se deduce que el volumen ha oscilado entre 8.600 y 158.500 metros cúbicos, por año y hectárea regada. El término medio, referido á ésta, de los volúmenes derivados por dichos 160 canales y acequias, es igual á 37.500 metros cúbicos, cifra que, si bien debe considerarse muy elevada, ha de representar, con bastante aproximación, la media real en la región árida, donde, en general, los regantes suelen emplear cantidades excesivas y las pérdidas por filtraciones casi siempre son muy grandes.

Con todo, estas dotaciones son evidentemente exageradas, como lo prueba el hecho de que en el Sur de California, con clima caluroso y cultivos intensivos, pero en que el agua se paga á precios altísimos, el consumo, medido á la entrada de los canales, baja en algunos casos á 12.000 metros cúbicos por hectárea y año, pudiendo fijarse como término medio en 17.000, cifras relativamente reducidas si se tiene en cuenta que suelen ser muy largas las temporadas del riego, y que éste resulta generalmente suficiente.

El Servicio federal no ha podido reunir aún, en sus propias

obras, datos de algún valor sobre esta materia, pues sabido es que en los primeros años del riego los terrenos suelen requerir mucha más agua, y ésta se derrocha más que cuando aquél ha alcanzado su régimen normal. Suponemos que dicho Servicio debe considerar generalmente excesivas las dotaciones empleadas, por cuanto en los proyectos formulados ha partido de cifras bastante más reducidas que las indicadas anteriormente como términos medios. He aquí las que se refieren á varios proyectos terminados ó en construcción avanzada, así como las referentes á lluvia y temperatura de las zonas regables correspondientes.

PROYECTOS	TEMPERATURA EN GRADOS CENTÍGRADOS			Lluvia media.	Volumen anual por hectárea.
	Máxima.	Minima.	Media.	Centímetros.	Metros cúbicos.
Klamath.....	43	— 32	•	38	11.250
Belle Fourche....	43	— 34	•	33 á 46	15.000
Truckee-Carson..	38	— 11	9	10	18.750
Hondo.....	38	— 12	•	46	18.750
Shoshone.....	35	— 29	•	15 á 25	18.750
Umatilla.....	46	— 23	•	23	22.500
Carlsbad.....	38	— 18	•	33	21.000
Payette Boise...	40	— 13	14	37	22.500
Minidoka.....	36	— 10	7	38 á 48	30.000
Salt River.....	49	— 7	21	8 á 25	30.000
Yuma.....	48	— 5,5	23	•	41.250

Ha de tenerse en cuenta que en la zona regable del último proyecto, situada cerca del límite de California, Arizona y México, la evaporación es muy grande; y como la elevada temperatura que allí reina permite que los riegos se practiquen casi todo el año, se comprende que haya que asignar una dotación elevada. Algo parecido puede decirse del proyecto de Salt River.

En los siguientes casos la dotación se ha fijado referida al tiempo:

PROYECTOS	TEMPERATURA EN GRADOS CENTÍGRADOS			Lluvia media. Centímetros.	Litros por segundo y por hectárea.
	Máxima.	Mínima.	Media.		
Lower Yellowstone.	42	45	5	16 á 20	0,70
Uncompagre .....	37	21	9	15 á 50	0,90
North Platte .....	38	4	7	38	1,06

Los códigos de riego de varios estados fijan, según se dijo en otro lugar, un litro por segundo y hectárea regable como límite máximo derivable de las corrientes naturales con destino al riego.

Se han realizado en los Estados Unidos numerosos experimentos para determinar el volumen de agua que se invierte en cada clase de cultivos, principalmente con el objeto de deducir el caudal más económico en cada caso, teniendo en cuenta los gastos que representan el sistema de riego empleado y el valor del agua invertida, con relación al de los productos obtenidos. Como puede preverse, las cantidades á que se llega varían ampliamente, según las condiciones climatológicas, el sistema de riego y la permeabilidad y composición del terreno. He aquí los volúmenes de agua, máximos, mínimos y medios, aplicados á la hectárea de distintos cultivos, medidos á la entrada de las fincas correspondientes, deducidos de experimentos verificados en los Estados de Arizona, Idaho, Montana, Nevada, Utah, Washington y Wyoming:

CLASE DE CULTIVO	VOLUMEN DE AGUA		
	Máximo. Metros cúbicos.	Mínimo. Metros cúbicos.	Medio. Metros cúbicos.
Alfalfa.....	19.700	3.900	10.200
Cebada.....	5.900	2.600	3.200
Maíz.....	6.300	2.100	4.200
Avena.....	18.000	1.400	5.200

CLASE DE CULTIVO	VOLUMEN DE AGUA		
	Máximo.	Mínimo.	Medio.
	<i>Metros cúbicos.</i>	<i>Metros cúbicos.</i>	<i>Metros cúbicos.</i>
Arboles frutales .....	18.100	3.800	8.300
Patatas .....	24.500	6.000	11.800
Remolacha azucarera .....	7.500	5.400	6.500
Trigo .....	43.300	1.900	8.000

Estas cifras no pueden considerarse como representación de los consumos medios reales en la región árida, porque faltan estados, como los de Colorado, Arizona y California, donde, á pesar de sus climas calurosos, las dotaciones empleadas suelen ser más reducidas que las anteriores. En especial, la fijada para el trigo ha de considerarse enteramente excesiva, debido á la influencia de los datos correspondientes á Nevada, donde los volúmenes máximo, mínimo y medio se elevaban, respectivamente, á 43.300, 24.800 y 34.000 metros cúbicos. Descartando estas dotaciones como anormales, las correspondientes al trigo serían: máxima, 7.500 metros cúbicos, mínima, 1.900 metros cúbicos, y media, 5.600 metros cúbicos; cifras que indudablemente se acercarán á la realidad mucho más que las anteriores.

La duración de la temporada de riego es, según las localidades, bastante variable. Por término medio, salvo para Arizona, se aceptan las siguientes fechas:

CLASE DE CULTIVO	Duración de la temporada de riego.
Alfalfa.....	1 Abril á 22 Septiembre.
Cebada.....	12 Junio á 1 Agosto.
Maíz.....	24 Julio á 29 Julio.
Avena.....	22 Mayo á 20 Agosto.
Arboles frutales.....	15 Abril á 2 Septiembre.
Patatas.....	17 Mayo á 15 Septiembre.
Remolacha azucarera.....	13 Julio á 1 Septiembre.
Trigo.....	1 Abril á 26 Julio.



Las cifras anteriores sumadas á las que representan las pérdidas en la conducción y embalse sólo pueden dar una idea muy vaga de los consumos medios por hectárea regada que se necesita conocer para fijar la capacidad de los pantanos, y de los consumos máximos en la temporada para determinar la de los canales, porque, á parte las diferencias á que conducen las del clima, terreno, cultivo, sistema de riego, etc., existen las muy importantes que nacen de la proporción que en la zona regable podrán alcanzar los distintos cultivos, la cual no sólo varía de un año á otro por razones de carácter agronómico, sino que sufre cambios importantes según las mudables condiciones de los mercados.

**Pérdidas de agua en los canales.**—Creemos que el mejor medio que puede emplearse para determinar la capacidad de embalses y canales es la comparación con otros ya establecidos, introduciendo las correcciones convenientes. Una de las más importantes es, sin duda, la relativa á las inevitables pérdidas de agua que tienen lugar en los canales desde el punto de derivación hasta el de ingreso en las fincas, por lo cual consideramos útil consignar algunos datos relativos á este punto.

Depende, en primer término, la cuantía de aquellas pérdidas de que se hallen ó no revestidas las paredes de los canales, acequias y brazales; pues con buenos revestimientos se reducen á las que causa la evaporación que, en climas que no sean extremadamente calurosos y secos, rara vez exceden del medio por mil del caudal conducido, y á los escapes en los cierres que, con algún cuidado, representan también una fracción insignificante. En los canales sin revestir, las pérdidas por filtración dependen, ante todo, á igualdad de longitud, de la permeabilidad del terreno natural sobre que se asientan y, luego, de las que tengan lugar por las paredes y estructuras especiales, efecto del mayor ó menor esmero con que haya sido construido y sea conservado el canal. Algunos experimentadores americanos, con excelente acuerdo, refieren las pérdidas al gasto y á la

unidad de longitud; de los aforos verificados en 111 secciones, correspondientes á 70 canales ó acequias, resulta que las pérdidas totales, incluidas las que produce la evaporación y los escapes, varían entre 0,10 y 40 por 100 del caudal conducido por el canal ó acequia, para cada kilómetro de longitud. El término medio de la proporción de las pérdidas, correspondientes á los 111 aforos practicados, se eleva á 2,6 por 100 de los respectivos caudales, refiriéndola siempre la pérdida al kilómetro de longitud.

Aun esta última cifra debe, á nuestro entender, considerarse demasiado elevada para canales construídos y conservados con algún esmero; lo comprueba el hecho de que la pérdida media observada en 32 canales ó acequias de Montana, en condiciones regulares, no excedía del 11 por 1.000. Compruébalo también los mismos experimentos indicados, pues si se prescindiese de los datos correspondientes á tres, en que las pérdidas exceden del 28, 29 y 40 por 100, por ser enteramente anormales (en ninguno de los aforos restantes se encontraron superiores al 17 por 100), queda reducida la pérdida por kilómetro, por término medio, á 1,80 por 100.

A igualdad de las demás condiciones, deben de ser tanto más reducidas cuanto mayor sea el caudal, puesto que éste, en general, aumenta más rápidamente que la profundidad media del agua, con la que varía muy directamente la permeabilidad; los experimentos referidos, aunque no tan numerosos y variados que pueda admitirse que en los términos medios de ellos deducidos quedan eliminadas las influencias locales, parecen demostrar, sin embargo, aquella afirmación, según puede verse en el siguiente cuadro obtenido de los mismos, en el que también se ha prescindido de los tres casos antes referidos considerados anormales:

PÉRDIDAS DE AGUA EN LOS CANALES

	Número de experimentos.	Tanto por 100 del gasto, por kilómetro de canal.
Canales de menos de 750 litros de gasto por segundo.....	25	3,3
Canales de 750 á 1.500 litros de gasto por segundo.....	28	2,0
Canales de 1.500 á 3.000 litros de gasto por segundo.....	29	1,3
Canales de más de 3.000 litros de gasto por segundo.....	26	0,7

Estas cifras, modificadas prudencialmente según las condiciones de cada caso, servirán para apreciar las pérdidas medias con que aproximadamente podría contarse al establecer un canal; igualmente podrán servir para tener una idea de las que existan en un canal construído, cuando no puedan obtenerse datos fehacientes por mediciones directas. De esta suerte, al redactar los proyectos cabe fijar, con alguna aproximación, la capacidad de los embalses y de los canales, partiendo del consumo de agua, medido en los puntos de derivación de otros canales ya construídos, habidas en cuenta las circunstancias locales, en uno y otro caso, fijando para ambos la proporción de las pérdidas y eliminando así un factor que varía muy ampliamente con el caudal y, sobre todo, con el recorrido del agua.

**Prevención de pérdidas de agua.**—Donde las de riego no son abundantes, la necesidad de reducir las pérdidas de todas clases adquiere verdadera importancia, llegando un momento en que, utilizadas todas las disponibles, la extensión del regadío depende exclusivamente de su más útil empleo y, sobre todo, de la prevención de las pérdidas.

En la California del Sur las aguas han llegado ya á ser tan escasas para las necesidades sentidas, que se citan casos de pa-

garse caudales continuos á razón de más de 6.000 pesetas al año por un litro por segundo, con el que se consigue atender al riego hasta de 11 hectáreas de naranjales. Esto ha motivado la adopción de sistemas de riego que permiten la máxima utilización para el agua empleada y la implantación de medios que evitan las pérdidas durante la conducción por canales, acequias y brazales y la distribución en los campos.

El empleo de revestimientos en canales y acequias se ha extendido mucho en los últimos tiempos. Se constituyen:

1.º Con cantos rodados, tomados con mortero de cal hidráulica y rejuntados con mortero de cemento.

2.º Con cantos rodados ó piedras, colocados detrás de moldes ó tableros de madera, que sirven para contener el mortero de cemento que se introduce con fuerza para llenar los huecos que entre si dejan los cantos.

3.º Con hormigón de mortero de cemento de 7,5 á 15 centímetros de espesor. Generalmente se ha empleado hasta ahora el hormigón homogéneo, pero se está introduciendo el armado, usándose mucho para esto el metal «deployé».

4.º Con enlucidos de mortero de cemento de 13 á 25 milímetros de grueso.

5.º Con la aplicación de aceites pesados naturales que contienen de 60 á 80 por 100 de asfalto, empleando de 8 á 16 litros por metro cuadrado. Los 100 litros de esta clase de aceite, que es también la usada para las carreteras, cuestan, por término medio, 2,70 pesetas, resultando el precio de la protección del metro cuadrado con este material, según se deduce de algunos experimentos, de 6,60 á 7,90 pesetas.

6.º Revestimientos de arcilla, que suelen ser poco duraderos.

Se ha comprobado que el procedimiento más eficaz es el revestimiento de hormigón, si bien resulta el homogéneo, con 15 centímetros de espesor, unas seis veces más caro que el riego con aceite, que además de dar impermeabilidad á las paredes, impide también que se desarrolle la vegetación y, por lo

tanto, los ataques de topos, ardillas y otros animales que minan los cajeros, y hasta la solera, en busca de raíces.

Para los brazales se usan mucho las canales de hormigón, armado y homogéneo, que se colocan en el terreno con facilidad, y con las que se obtiene una impermeabilidad prácticamente completa.

Mejores resultados aún se obtienen con las cañerías, pues si están debidamente establecidas, evitan á la vez las pérdidas por filtración y por evaporación; su uso se ha hecho muy general en los distritos donde el agua alcanza precios más elevados, aplicándose, no sólo á los brazales que la llevan á distintos puntos de las fincas, convenientemente elegidos, sino también á la distribución dentro de éstas, suprimiendo las regueras.

De ordinario, las primeras cañerías están enterradas á la profundidad de unos 60 centímetros, terminando en ramales verticales que sobresalen del terreno, en los puntos más altos de éste, donde se hacen las tomas. Desde ellas hasta el paraje mismo en que se riega se emplean cañerías superficiales, móviles, que se transportan de unos puntos á otros.

Las cañerías que van enterradas son de mortero de cemento ó de barro cocido, barnizado interiormente; las superficiales son, generalmente, mixtas, teniendo unas partes de hierro galvanizado y otras de lona, que con aceite de linaza cocido, ó con otras preparaciones, suele hacerse impermeable, por más que es también frecuente emplearlas sin preparación alguna.

La distribución desde las acequias, por un sistema de cañerías, representa un gasto de primer establecimiento elevado, que se compensa, donde el agua es cara, por la economía que en el consumo de ésta se obtiene, pues se evitan las pérdidas por evaporación y filtraciones, y las muy frecuentes que ocasionan los agujeros abiertos por topos y ardillas. Además, no se inutiliza terreno para regueras y brazales, el cultivo y el empleo de máquinas es más cómodo y se evita, en buena parte, la introducción con el agua del riego de semillas extrañas, que casi siempre son perjudiciales.



## RESÚMENES Y CONCLUSIONES

---

### DESARROLLO DEL RIEGO EN LOS ESTADOS UNIDOS

La superficie regada en el año de 1907, según los datos contenidos en el informe anual del Secretario de Agricultura, se elevaba á 4.450.000 hectáreas, calculándose en 875 millones de pesetas el valor de la cosecha correspondiente. Sólo recordando que hace medio siglo, y aun menos, los riegos carecían por completo de importancia en los Estados Unidos, podrá comprenderse la extraordinaria rapidez, sin precedente en parte alguna, según creemos, con que en aquel país se han propagado.

Y si se reflexiona que en la región árida todas las condiciones y circunstancias naturales, sociales y económicas, han sido generalmente adversas, acaso sin más excepción que la abundancia de tierras baldías aptas para recibirlo ventajosamente, no podrá menos de admitirse la suprema eficacia de aquel poderoso medio de cultivo para trocar en terrenos productivos los desolados campos que la insuficiencia de las lluvias condena naturalmente á la esterilidad, ó á una producción hartamente menguada é incierta con los precarios cultivos de secano. Y donde, por ventura, han sido propicias las condiciones naturales, como en California, la implantación del riego ha probado ser un éxito muy grande, pues ha introducido en el país un instrumento perdurable y potente de creación de riqueza, á ningún otro comparable: se ha podido reconocer no pocas veces, que, tanto

ó más productivo que aplicar el agua al lavado de las tierras para extraer el oro de su seno, resulta emplearla en fecundarlas con el riego, pues por tal medio devuelven pródigamente remunerada, y por tiempo indefinido, la labor del cultivador.

Fuera de la minería, que ha creado la riqueza y ha hecho posible la vida de varias comarcas, el éxito de la labor colonizadora, en la mayor parte del Oeste, débese al riego en primer término. Y aun cuando se prevé que lo limitado de los recursos hidrológicos no ha de permitir su ampliación indefinida, es fácil también predecir que, con mayor ó menor continuidad, no se detendrá la marcha progresiva que desde su introducción viene siguiendo. A ello contribuirá la invasión constante que el riego realiza en la región semiárida, y aun en la húmeda, y que ha de crecer á medida que sea más conocido y mejor apreciadas sus ventajas.

Por de pronto, el avance en estos últimos años ha sido considerable. Sólo en el actual de 1908, según el informe aludido, quedará en disposición de recibir el riego una superficie adicional de 2.025.000 hectáreas, con lo que se elevará la total regable á 6.475.000 hectáreas, si bien es muy posible que el aumento no sea tan rápido en la realmente regada.

Se calcula que en los cinco años subsiguientes á la promulgación de la ley de 17 de Junio de 1902 se han invertido en nuevas obras de riego más de 400 millones de pesetas, sin contar lo que representa la preparación de las tierras, que podrá elevarse á otro tanto.

#### LA ACCIÓN DEL GOBIERNO FEDERAL EN MATERIA DE RIEGOS

La constitución política del país y los antecedentes históricos de la Unión, han limitado, hasta hace poco tiempo, la intervención del Gobierno nacional, en cuanto á obras públicas se refiere, casi exclusivamente á las construcciones destinadas á facilitar la navegación en ríos y puertos, al alumbrado y abali-



zamiento de costas y á las concesiones y franquicias que el establecimiento de algunas líneas férreas ha requerido. Pero cuando se ha presentado la necesidad, el poder legislativo no ha dudado en extender el cometido del Gobierno, encomendándole, entre otros, la construcción de obras de riego en los términos fijados por la ley de 17 de Junio de 1902.

Respondió ésta, en efecto, á la necesidad de hacer posible la extensión, á nuevas zonas de la región árida, del riego, requerido como condición ineludible de la colonización: una vez que quedó utilizada, por completo, el agua disponible, allí donde esta empresa podía llevarse á cabo, con esfuerzos y capitales moderados, por los regantes mismos, se vió que en la mayor parte de los casos eran inhábiles las compañías particulares para acometer con éxito las de mayor importancia, lo que no es infrecuente cuando se trata de obras públicas, pues aun las más útiles y convenientes á la comunidad no es raro que constituyan negocios desastrosos. De aquí que el pueblo y los estadistas americanos, convencidos, al fin, de que la colonización de las tierras áridas sólo con el riego era realizable, elevaron á la categoría de función propia del Estado nacional el establecimiento de las obras que se requiriesen para poner el agua al alcance del colono, haciendo posible la vida independiente de éste en el hogar mismo que había de crear y sostener con su trabajo.

Con ello se pretende restar brazos, en muchas ocasiones forzosamente ociosos, á los congestionados centros urbanos, y constituir, con los obreros más emprendedores y los inmigrantes más aptos, una clase selecta de ciudadanos vigorosos, que gozará de las ventajas que sólo la vida del campo proporciona, y dependerá únicamente del producto inmediato de su propio trabajo, que no verá indebidamente mermado.

Al realizar esta empresa, el Tesoro federal no reporta ventaja alguna; por esto se exige que los gastos que reclama sean pagados íntegramente por los terratenientes que con ella han de beneficiarse. Y para que las obras que se lleven á cabo resulten verdaderamente productivas, se ha reconocido necesario

que, de entre las practicables, sean elegidas para su realización aquellas que mayor utilidad puedan rendir.

Se espera, no sin fundamento, que de los beneficios de la extensión del riego participará todo el país, puesto que se traducirá en un mayor consumo de la maquinaria y productos manufacturados del Este, en una ampliación del mercado para los tejidos de algodón que produce el Sur, en la posibilidad de emprender ó continuar explotaciones mineras en la propia región árida, que hoy no permite la falta de recursos locales, en mayor actividad en la industria de los transportes, en una palabra, en la extensión y robustecimiento de los elementos que integran y fomentan la riqueza de un país.

Es aún pronto para poder decir si los principios y propósitos enumerados, encarnados en la ley federal de riegos, han sido desarrollados con acierto y están en camino de convertir estas esperanzas halagüeñas en realidades positivas; todo induce á creer, sin embargo, que el principal é inmediato objetivo de la ley se verificará sin grandes dificultades; que los riegos existentes se verán prontamente perfeccionados y extendidos, y que, en muchas partes, á la desolación del desierto ó á los escasos ranchos esparcidos en las sabanas del Oeste americano, sustituirán, en las zonas regadas, numerosos y prósperos hogares, donde el regante gozará vida sana y disfrutará de la mayor independencia.

#### EL RIEGO EN LOS ESTADOS UNIDOS Y EN ESPAÑA

Las cifras que aparecen á continuación, aun cuando no pueden considerarse más que aproximadas, darán alguna idea de la extensión del riego, en fin del año de 1908, relacionada con la superficie y población de cada país.

	Unidades.	Estados Unidos.	España.
Superficie total del país.....	Kms. cuadrados.	7.785.000 *	505.000
Población total apreciada.....	Millones de habitantes.....	90	20
Habitantes por kilómetro cuadrado.....	Número.....	11	39
Superficie de la región árida..	Kms. cuadrados.	3.000.000	400.000
Superficie regable.....	Hectáreas.....	6.400.000	1.200.000
Relación entre la superficie regable y la total del país.....	»	0,008	0,026
Relación entre la superficie regable y la de la región árida.	»	0,021	0,027
Superficie regable por cada 100 habitantes.....	Hectáreas.....	7	6
Valor de la cosecha de regadío, por hectárea.....	Pesetas.....	200	550

Se verá, por el anterior cuadro, que á pesar de que en los Estados Unidos la parte árida, es decir, de lluvias medias anuales inferiores á 51 centímetros, comprende sólo dos quintos de su superficie, al paso que en España abarca tres cuartos, nada menos, la fracción del territorio dispuesta para el riego en uno y otro país dista mucho de guardar la misma relación. Igualmente revelan las cifras anteriores que la superficie regable, relacionada con la de la población, es ya mayor en los Estados Unidos que en España, no obstante la gran antigüedad de nuestros regadíos comparada con la de los de la república americana. Mientras ésta podrá disponer en fin de 1908 de una superficie preparada para el riego á razón de 35 áreas por familia, nosotros sólo podemos ofrecer 30 á cada una de las que constituyen la población de España.

En cambio, el valor medio de la producción por hectárea \*\*,

\* No se incluye el territorio de Alaska, de 1.553.000 kilómetros cuadrados, que se halla poco menos que despoblado.

\*\* Las cifras que sobre valores figuran en el cuadro están expresadas para ambos países en pesetas supuestas equivalentes, cada una, á un quinto de dolar.

Aun teniendo en cuenta que el regadío tiene en muchas partes de la Unión escasa intensidad todavía, efecto principalmente del poco tiempo que lleva establecido, de la abundancia de tierras regables baratas y de la escasez de po-

que acusa en nuestros cultivos mucha mayor intensidad, viene á compensar la mayor extensión relativa á que ha llegado ya la superficie regable de los Estados Unidos.

Pero es de prever que, merced á las obras emprendidas y aun á las que no dejarán de iniciarse prontamente, unido á los progresos que sin cesar experimenta el cultivo y al crecimiento en la población, aumentando la intensidad y rendimientos de aquél, acabarán por dar á sus riegos completa superioridad sobre los nuestros, si por nuestra parte no conseguimos mejorar aún más los procedimientos culturales, transformar en permanentes gran parte de los riegos eventuales que existen en muchas zonas y, sobre todo, extender á otras nuevas sus beneficios, perseverando en una política que antes que nación alguna de Europa fué seguida por España, y que hoy es ya adoptada resueltamente por todos los países de lluvias irregulares ó insuficientes, que por tal medio elevan la agricultura al grado de una verdadera industria científica.

#### APLICACIÓN Á ESPAÑA DE LOS MÉTODOS Y SOLUCIONES EMPLEADOS EN LOS ESTADOS UNIDOS

**Observaciones preliminares.**—Las condiciones de uno y otro país son, por muchos conceptos, tan distintas, que difícilmente serán, por completo y con ventaja, aplicables á uno los sistemas, procedimientos y soluciones que se adopten en el otro con éxito. Esto no obstante, es de observar que allí donde las necesidades y los medios disponibles guardan alguna analogía, los métodos y, sobre todo, las soluciones empleadas no presentan en realidad muy radicales diferencias. En todo caso, hay

blación, y que en otras los fríos extremados restringen mucho la producción, consideramos muy reducida la cifra de 200 pesetas por hectárea que hemos obtenido del informe citado del Ministro de Agricultura (la cifra exacta es 197 pesetas), y que es casi reproducción de la que se deduce del censo de 1900. Puede también explicar, en parte, tan notable diferencia, la que existe en el valor de los productos en ambos países, pues el de los de España vendrá á ser un tercio superior al de los Estados Unidos, como término medio.

detalles y resultados que importa conocer, y procedimientos y soluciones que conviene tener en cuenta, aun cuando no deban ser imitados por completo, pues de unos y otros cabe, casi siempre, obtener indicaciones utilizables.

Debe observarse, también, que no todo lo que en materia de riegos se hace en los Estados Unidos tiene carácter de novedad, como es fácil presumir; por el contrario, la exposición que en este trabajo se ha hecho revela que la mayor parte de las soluciones y métodos empleados son conocidos y seguidos hace tiempo en España y en otras partes; pero lo favorable de los resultados allí obtenidos, en algunos casos, justifica el que sobre ellos se llame especialmente la atención.

Las precedentes observaciones demuestran la conveniencia de señalar, en forma compendiada, aquellos puntos de esta Memoria relativos á los métodos y soluciones seguidos y á las tendencias que se manifiestan en los Estados Unidos, al emprender el Gobierno nacional la ampliación y mejora de sus riegos, y que, á nuestro juicio, merecen ser tenidos en cuenta en España al realizar empresa análoga.

A este efecto dividiremos la materia en los tres grupos siguientes:

Obras.

Organización y procedimientos administrativos.

Aspecto social y económico de la empresa.

**Obras.**—Los puntos más salientes, relativos á los tipos de obras adoptados y á los procedimientos de ejecución seguidos, son los siguientes:

Elección de presas de tierra, con preferencia á las de fábrica, donde las condiciones, desde el punto de vista económico, se estiman favorables, aun con materiales que en Europa no se reputarían adecuados y alturas de embalse considerables.

Construcción de presas de tierra por procedimiento hidráulico, cuando por tal medio se puede construir económicamente el macizo ó lo requiere la seguridad de la obra.

Empleo de presas mixtas de escollera y tierra, que ofrecen en muchos casos, dentro de las debidas garantías de seguridad, la solución más económica.

Empleo de la arrobadera como medio de transporte ó de transporte y excavación para pequeñas distancias; empleo de los arados, excavadoras-elevadoras, excavadoras de vapor, etc., para efectuar excavaciones; y, finalmente, empleo de tipos perfeccionados de estos útiles y máquinas de excavación, carga y transporte.

Empleo de cables Blondin para transportes de masas importantes de materiales cuando los puntos de procedencia y de destino no se hallan muy distantes y son casi invariables, como ocurre generalmente al construir las grandes presas de fábrica y de escollera.

Algunos perfeccionamientos introducidos en los aparatos de maniobra de las compuertas y la disposición adoptada en la presa de Roosevelt para obtener la impermeabilidad en las del sistema Stoney.

Elección de las mamposterías ciclópeas, con proporción reducida de los huecos que ha de ocupar el mortero, para las presas de fábrica, sobre todo cuando la cantera que ha de utilizarse permite obtener con facilidad bloques de gran tamaño y relativamente regulares.

Empleo del hormigón con grandes cantos embebidos en la masa para la construcción de macizos importantes, singularmente en los casos en que se dispone de cemento barato y las ventajas obtenidas compensan el inconveniente de la reducción de densidad, que ofrece aquella fábrica, comparada con la mampostería ordinaria ó ciclópea.

Adopción de las bóvedas para constituir presas de embalse en gargantas muy estrechas.

Pantanos laterales situados en vaguadas secundarias á aquélla por donde corren las aguas de alimentación, ó en depresiones, más ó menos acentuadas, que á veces se encuentran en los terrenos llanos ó entrellanos, cuando esta solución no re-

sulta más costosa que la de los embalses en el valle principal, ó cuando el exceso de coste viene compensado con la ventaja que representa la reducción en el volumen anual de aterramientos probables.

La disposición general de varias presas de derivación y los medios ideados en algunas para reducir la proporción de arrastres en las aguas derivadas.

Varias disposiciones de detalle, tales como las que se encuentran en algunos saltos de canales para amortiguar los efectos de la caída del agua, la de turbinas y bombas en un mismo eje, empleada en un salto del canal de Huntley, la agrupación en una misma estructura, cuando á ello se presta el terreno, de las tomas de acequias, pasos superiores y saltos de un canal, etc.

El empleo de arenas artificiales obtenidas por la trituración de rocas duras, cuando resulta más económico que el de las arenas naturales.

La atención que empieza á prestarse á los efectos que producen las variaciones de temperatura sobre las grandes estructuras de fábrica.

**Organización y procedimientos administrativos.**—Refiérese este grupo de observaciones, principalmente, á la organización y procedimientos adoptados por la Administración federal para llevar á cabo las disposiciones de la ley de 17 de Junio de 1902. Los puntos que merecen tenerse en cuenta son los siguientes:

La organización del Servicio federal de obras de riego, fundada en la especialidad de las funciones del personal, con la elasticidad suficiente para adaptar aquél á las necesidades de cada momento, aun á costa de lo que pudiera llamarse la uniformidad y rigidez de la distribución.

El carácter esencialmente técnico que se ha imprimido á todo el Servicio, sustrayéndolo á formulismos y rutinas burocráticos que lo entorpecerían y esterilizarían.

Los proyectos estudiados por etapas y perfeccionamientos sucesivos, y además por partes, cuando es posible. Adopción de programas á que ha de someterse la redacción de aquéllos, fijados por comisiones consultivas especiales nombradas al efecto.

Informes de las comisiones, previo examen del terreno en la mayor parte de los casos.

Intervención en las comisiones de los autores de los proyectos ó Ingenieros Jefes y, cuando es preciso, de ingenieros especialistas.

Amplia publicidad de los trabajos y gestión del Servicio federal de obras de riego, incluyendo las Conferencias que de tiempo en tiempo se celebran.

La ejecución de los proyectos más importantes por partes, cuando es posible, y por perfeccionamientos sucesivos, dentro siempre del criterio de reducir los gastos iniciales en armonía con una bien entendida economía.

La aceptación del concurso de los futuros regantes, en forma de trabajo, durante la construcción, como medio de pago del canon que ha de exigirse por el riego, según se ha hecho últimamente en algunos casos.

La forma de licitación en las subastas que se celebran para contratar la ejecución de las obras, que versa sobre los principales precios unitarios que al efecto se señalan.

El suministro del cemento á los contratistas, por parte de la Administración, en las obras importantes ó delicadas.

La redacción de los proyectos en que entran obras de hormigón armado, en forma análoga y por los mismos procedimientos que se emplean para la generalidad de los demás.

**Aspecto social y económico de la empresa.**—Desde el punto de vista de los intereses sociales y económicos á que el acometimiento de una gran empresa afecta, son dignos de llamar la atención en la de extender los riegos en los Estados Unidos, los siguientes puntos:



Las disposiciones que tienden á conseguir que los regantes vivan en las fincas que cultivan.

La tendencia á crear fincas pequeñas cultivadas por sus propietarios y á favorecer al pequeño regante, convirtiéndolo en terrateniente. De cuantas medidas se han adoptado en los Estados Unidos sobre estas materias, acaso sean éstas las que envuelven mayor trascendencia social.

La constitución de un fondo especial destinado á la construcción de las obras de riego que ha de ejecutar el Gobierno nacional, nutrido con recursos propios, procedentes, unos, de la venta de terrenos y, otros, del canon que han de pagar los regantes á título de restitución del capital adelantado para construir las obras.

El criterio de la utilidad que se presume han de reportar éstas, como base de la elección de las que deben emprenderse.

La fijación integral de los derechos relativos de los usuarios de una misma corriente de aguas, en virtud de los títulos de cada uno.

La inspección activa y eficaz del poder público en la administración y aprovechamiento de las corrientes naturales de agua.

Las medidas de policía y el empleo de medios destinados á prevenir pérdidas inútiles y á obtener del agua el máximo rendimiento posible, compatible con un prudente respeto á todos los derechos adquiridos y consolidados por un uso razonable y beneficioso.

La cooperación activa que las empresas ferroviarias prestan á las de implantación de nuevos riegos.

La colaboración social con que las Cámaras de comercio, la Banca, la Prensa y otras entidades contribuyen al logro del mismo fin.

El cometido social, al par que técnico y económico, confiado á los ingenieros del Servicio de obras de riego, á fin de que contribuyan, por todos los medios de que dispongan, á vencer las dificultades de muy diversa índole que suelen ofrecerse en la implantación de aquel medio perfeccionado de cultivo.



# ÍNDICE

---

	<u>Páginas</u>
<b>La región árida en los Estados Unidos:</b>	
<i>Topografía y clima</i> .....	7
<i>Recursos hidrológicos</i> .....	13
<i>Colonización</i> .....	17
<i>Legislación sobre aguas públicas</i> .....	19
<i>Condiciones sociales y económicas</i> .....	27
<i>Producciones y cultivos</i> .....	32
<b>El riego en los Estados Unidos:</b>	
<i>Indicaciones históricas</i> .....	35
<i>Ley de 17 de Junio de 1902</i> .....	40
<i>Situación actual</i> .....	45
<b>Servicio federal de obras de riego:</b>	
<i>Organización</i> .....	49
<i>Condiciones vigentes en los contratos</i> .....	59
<b>Las obras de riego:</b>	
<i>Caracteres distintivos</i> .....	69
<i>Soluciones generales adoptadas</i> .....	74
<i>Planta y perfiles de presas de fábrica</i> .....	77
<i>Presas de tierra:</i>	
Caracteres de las modernas presas de tierra.....	92
Presas sin pantalla impermeable.....	94
Presas con pantalla.....	100
Revestimiento del talud interior.....	102
Métodos de construcción.....	104
Comparación entre los tipos de presas de tierra.....	109

*Presas de escollera:*

Clasificación.....	111
Presas de escollera con uno ó varios muros transversales.....	111
Presas con el paramento de aguas arriba impermeable.....	115
Examen crítico de este sistema de presas.....	117
<i>Presas mixtas</i> .....	118

*Procedimiento hidráulico para la construcción de maci-  
zos de tierra:*

Primeras aplicaciones.....	124
Descripción del procedimiento.....	126
Excavación de los materiales.....	126
Transporte de los productos excavados.....	130
Depósito de los materiales.....	135
Perfiles adoptados para varias presas.....	140
Presas mixtas de tierra y escollera.....	143
Presas de tierra con pantalla de fábrica en su interior.....	145
Construcción de la presa de Silver Lake, en Los Angeles.....	146
Datos relativos al coste de varias obras.....	150
Resumen crítico sobre el procedimiento hidráulico de construc- ción de macizos.....	151

<i>Presas de derivación</i> .....	155
-----------------------------------	-----

*Aliviaderos y desagües de los pantanos:*

Aliviaderos de superficie.....	168
Desagües de fondo y tomas de agua.....	173
Compuertas.....	185

*Disposiciones más interesantes empleadas en los canales:*

Canales.....	203
Salto.....	205
Sifones.....	211

*Fábricas:*

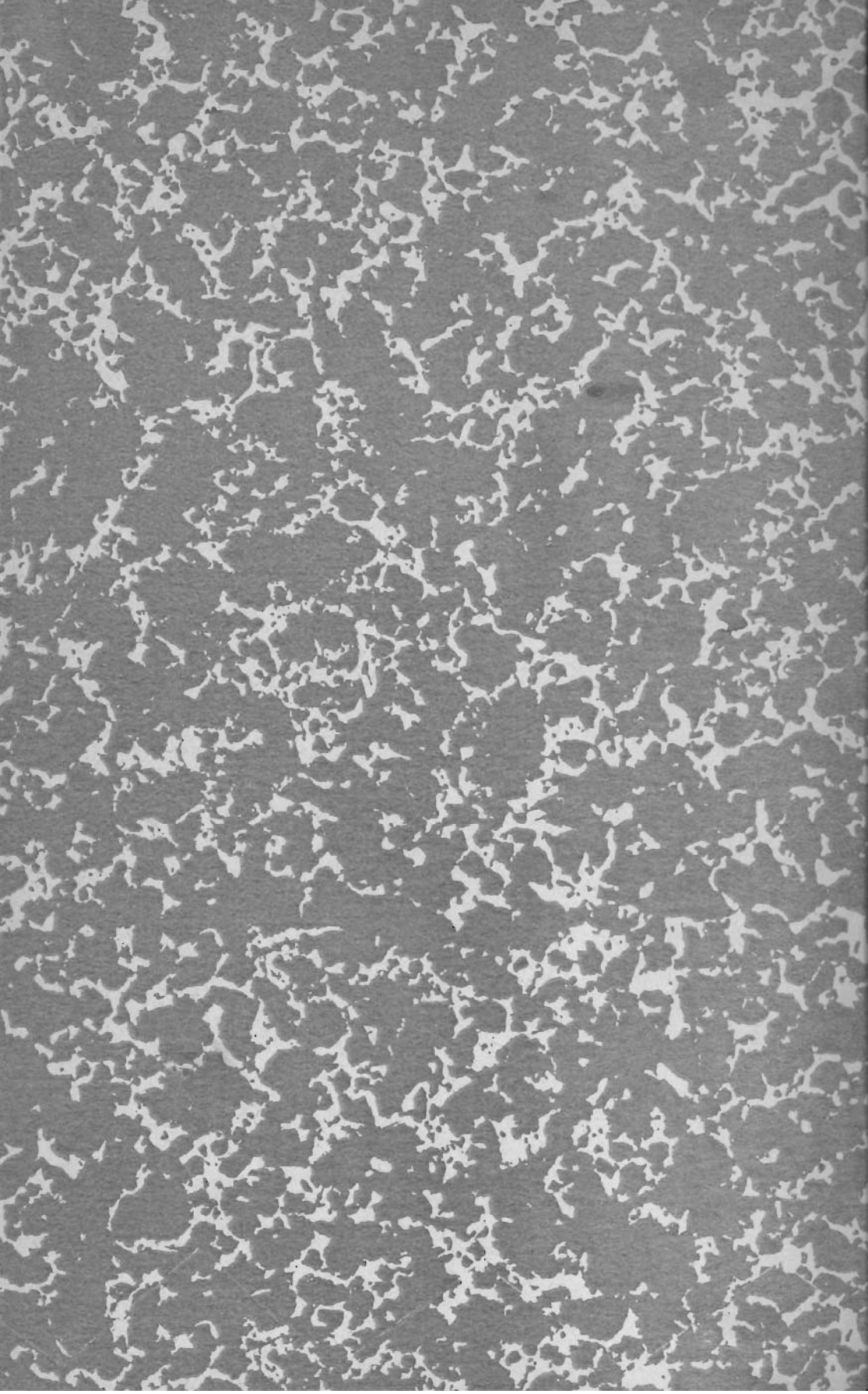
Hormigón.....	216
Mampostería.....	219

*Procedimientos y medios auxiliares de construcción:*

Indicaciones preliminares.....	225
--------------------------------	-----

	<u>Páginas</u>
Métodos de excavación:	
Perforadoras.....	226
Arados.....	228
Máquina excavadora-cargadora.....	229
Excavadoras de vapor.....	233
Transportes con arrobaderas, carros y vagones.....	235
Empleo de cables transportadores.....	238
Consolidación de los macizos de las presas de tierra.....	243
Medios de ejecución de las presas de fábrica.....	244
<i>Coste de las obras.....</i>	<i>248</i>
<i>Observaciones diversas:</i>	
Aterramiento de los pantanos.....	257
Dotaciones de agua para el riego.....	260
Pérdidas de agua en los canales.....	265
Prevención de pérdidas de agua.....	267
<b>Resúmenes y conclusiones:</b>	
<i>Desarrollo del riego en los Estados Unidos.....</i>	<i>271</i>
<i>La acción del Gobierno federal en materia de riegos.....</i>	<i>272</i>
<i>El riego en los Estados Unidos y en España.....</i>	<i>274</i>
<i>Aplicación á España de los métodos y soluciones emplea-</i> <i>dos en los Estados Unidos:</i>	
Observaciones preliminares.....	276
Obras.....	277
Organización y procedimientos administrativos.....	279
Aspecto social y económico de la empresa.....	280







60984 81800





1054151  
DR-1431