

# ALGUNAS IDEAS SOBRE LA CONSERVACION DE OBRAS DE RIEGO

POR EL ING. JORGE L. TAMAYO

DEL DEPARTAMENTO AGROLOGICO DE LA COMISION NACIONAL DE IRRIGACION

En el Departamento Agrológico de la Comisión Nacional de Irrigación, anteriormente llamado de Distritos de Riego, se ha pensado en la necesidad de formar un instructivo de operación que, en forma precisa, concentre la información más necesaria en relación con la administración de una obra de riego. Sobre todo, teniendo presente que la literatura al respecto generalmente aparece en idiomas extranjeros, es dispersa y poco frecuente.

Respecto a la información nacional, es tanto más difícil conocerla por el hecho de que en su mayor parte, se encuentra inédita, en el seno de archivos oficiales difíciles de consultar.

El instructivo constará de diversos capítulos, entre los que sobresalen lo relativo a Topografía, Proyectos Típicos, Hidrometría, Conservación, Distribución de Aguas, Legislación y Organización.

A continuación se dan a conocer algunas notas que se han reunido como material para el capítulo de conservación, esperando que los lectores conocedores se sirvan hacer comentarios que permitan mejorar la información.

## CONSERVACION

*Generalidades.*—Dentro de nuestras costumbres, no se había dado importancia a la conservación eficiente de las obras públicas, pero recientemente se ha

dejado sentir una fuerte corriente que con criterio económico, se ha preocupado por prolongar la vida de las obras y reducir al mínimo posible el costo de conservación, buscando al mismo tiempo, la eficiencia de los servicios.

Como antes se indicó, las ideas que se presentan se refieren a las obras de riego, no obstante ello, muchas de las apreciaciones son extensivas a los caminos, obras de provisión de aguas potables, etc., así como algunas construcciones de uso privado.

*Definición del término.*—En nuestro medio, ha existido cierta confusión en el uso de las palabras operación, conservación y mantenimiento.

Reservando el vocablo operación, a la distribución del agua, uso de estructuras y plan de aprovechamiento de los recursos hidrológicos; es de recomendarse el empleo de la voz conservación, para el proceso de mantenimiento y cuidado de las obras, a fin de darles una larga vida útil que permita operación eficiente.

Es tanto más recomendable el uso de esa palabra, por el hecho de que su etimología (del latín *conservare*: de *cum*, con y *servare*, guardar) y la acepción que le da la Academia de la Lengua, coinciden con el concepto de su función. (*Mantener una cosa o cuidar de su permanencia.*)

*Necesidad de la conservación.*—Al terminar de construir una obra de riego, se convierte en un factor determinante de la economía regional y, a veces, de la nacional, que debe operarse continuamente procurando un servicio eficiente. Cualquier colapso que se presente por una operación inadecuada o por falta de conservación, tiene repercusiones tan graves que puede provocar la ruina de la zona o una peligrosa espera en su evolución económica.

Es por ello necesario, como base del servicio, que todas las partes de la obra se sostengan en buenas condiciones, pensando que sólo así es posible proporcionar una operación económica. Cuando se manejan obras con frecuentes interrupciones o con reparaciones continuadas, el desperdicio del agua y los gastos adicionales, pueden poner en peligro la administración o recargar exageradamente los gastos de los usuarios.

El tener todas las obras en buenas condiciones debe ser la constante aspiración de una buena administración, pues debe pensarse que se tiene el compromiso de dar los servicios con oportunidad. Cuando por descuido o causas accidentales no se puede proporcionar el agua oportunamente, el usuario sufre perjuicios que a veces son irreparables y, si la interrupción es causada por un accidente, pueden provocar daños también cuantiosos.

Una administración conciente no debe reparar en los gastos justificados y tener como preocupación constante, el que todas las obras se encuentren en buen estado y se hayan previsto las probables contingencias, dejando únicamente el riesgo de un caso fortuito.

*Alcance de la conservación.*—Para lograr que las obras de riego tengan una eficiente y larga vida, es necesario realizar constantemente trabajos encaminados a reparar, substituir y mejorar algunas partes de las obras.

Las palabras reparar, substituir y mejorar fueron usadas en el sentido que a continuación se define:

*Reparación.*—En el curso de la operación, es frecuente que se presenten desperfectos de poca monta causados por defectos de construcción, por incorrecto funcionamiento o por causas accidentales; la corrección de estos desperfectos recibe el nombre de reparación.

Una eficiente operación exige que se reparen inmediatamente los desperfectos, porque además de garantizar el funcionamiento, si se abandonan, aumentan de importancia, de costo y aún pueden hacer peligrar las obras de que se trate.

Es de recomendarse se lleve un registro cuidadoso de cada una de las partes en que pueden descomponerse las obras, llevando nota del monto y frecuencia de las reparaciones, para conocer la bondad del diseño y construcción, así como su funcionamiento económico, por no ser conveniente hacer erogaciones adicionales indefinidamente. Cuando las reparaciones se hacen frecuentemente, en determinada estructura, debe estudiarse la conveniencia económica de su mejoramiento y aun substitución.

*Substitución.*—Cuando por diversas causas es necesario construir una estructura o elemento de las obras para ocupar el lugar de otra, conservando el diseño, capacidad y aun dimensiones, se dice que se ha hecho una substitución. Esta se realiza cuando por defecto de construcción, es necesario demoler la existente y construir otra.

*Mejoramiento.*—El incesante progreso de la técnica, la evolución de la comarca, la ampliación de los servicios, el mejoramiento en el conocimiento del terreno, etcétera, hacen con frecuencia que algunas partes de las obras se conviertan en absolutas. Puede darse el caso que con modificaciones o adiciones pequeñas, se adapten las partes anticuadas; pero en algunos otros, se hace necesario construir obras

de diseño, capacidad y funcionamiento diferentes. Tal caso se presenta en la relocalización de trazo de canales, adición de obras de toma, de drenes, desfogues, etcétera.

*Encargado de la conservación.*—Es práctica frecuente que la conservación y operación se realice por una misma organización; pero es necesario señalar la conveniencia de que en substitución y mejoramientos de importancia, se vuelva a la organización usada en la construcción, existiendo residencia y superintendencia especializadas, independientemente del organismo de operación y conservación.

En las zonas de riego continuo, las cuadrillas de operación lo son también de conservación de toda índole. Cuando se hace riego por temporadas, en los casos de avenidas, es usual que el personal de operación sólo haga la distribución y vigilancia, dejando que cuadrillas temporales realicen las reparaciones urgentes y en la estación de secas, la cuadrilla permanente se dedique en su totalidad a la conservación.

#### DAÑOS POR FRACASO DE LA CONSERVACION

Las obras mediante una conservación adecuada, deben funcionar de tal suerte que los usuarios no sufran daño en sus intereses. Cuando se presenta algún accidente que impide el funcionamiento del sistema de riego o parte de él, puede atribuirse a falta de conservación o a causas accidentales.

Las consecuencias de ello pueden dividirse en directas y accesorias.

*Daños directos.*—A causa del accidente que se presente, ocurre generalmente que el canal o línea de comunicación, se inutiliza y no presta servicios, perjudicando a los usuarios por falta de agua, de comunicación, etcétera; a esto se le llama daño directo, por derivarse del fracaso en la conservación de una parte de

las obras, la cual queda afectada. Si el caso se presenta en el vaso o en la primera parte del canal principal, resultan víctimas de él todos los usuarios, siendo general; pero si ocurre en otra parte de las obras, el perjuicio directo puede ser parcial.

Como ejemplo típico cabe mencionarse lo ocurrido en la ciénega de Chapala en octubre de 1935, al romperse los bordes que desecaron esa parte de la laguna. Al entrar el agua violentamente amplió los boquetes e inutilizó totalmente las obras, siendo éste el perjuicio directo que en tal caso fué general.

Es muy interesante fijar el alcance de él, pues el terreno desmerece e indudablemente que para lograr que se corrijan los daños (cuando esto es posible), será necesario hacer nuevas erogaciones y conviene precisar si deben ser cubiertos por los usuarios o por el Estado.

En el caso particular de la ciénega de Chapala, la rotura de los bordos hacía que las tierras perdieran por completo todo su valor agrícola, mientras no fueran rehechos.

En casos de inundación, el arrastre a los depósitos puede inutilizar las tierras haciéndoles perder definitivamente su valor o simplemente depreciándolo, pero es fácil precisar el monto del perjuicio.

*Daño indirecto. Inundación temporal.*—Como consecuencia de un accidente en obras hidráulicas, (1) generalmente se presenta una inundación a las tierras vecinas, la que cubre áreas más o menos mayores, según las condiciones topográficas que se presentan y los volúmenes escapados.

Los cultivos que se están haciendo pueden ser afectados reduciendo su rendimiento y aun haciéndolo nulo. En este caso, también es posible valuar con precisión el monto del daño sufrido.

(1) Puede presentarse la inundación por mala operación u otra causa, no siendo necesario el fracaso de una parte de las obras.

## ASPECTO LEGAL DE LA CONSERVACION

Sobre este tema hay mucho que decir, pues en México no se ha establecido legislación especial y el uso tampoco ha establecido precedentes que puedan servir de norma.

Parece conveniente precisar la idea de que únicamente en los Distritos de Riego, donde los usuarios pagan cuotas de obras y de conservación, la Administración del mismo es responsable de los daños que puedan sufrir los dueños de tierras, dentro de ciertas limitaciones. Por supuesto que, si el Estado ha hecho erogaciones, la Administración es responsable ante el Gobierno, o ante quien haya proporcionado los recursos necesarios, del empleo adecuado de los fondos, pero no ante los usuarios perjudicados.

La responsabilidad se extiende hasta los límites que previamente la Administración se fije, al construir las obras, cuyo valor y conservación paga el usuario y de los que está informado con anterioridad. A este respecto debe indicarse que el peligro de un accidente no puede evitarse por completo y que la Administración sólo puede garantizar que dentro de ciertos límites, no se presentará ningún fracaso. No es posible dar una garantía absoluta, tanto por la imposibilidad de lograrlo, como por el hecho de que si se construyeran las obras con esas ideas, resultarían de costos elevadísimos, tal vez mayores al monto de los daños materiales que se puedan presentar en caso de accidente.

Es de recomendarse que se establezca la costumbre de señalar los valores de gasto en el río, de precipitación pluvial, etcétera, hasta los cuales se garantiza la protección. Sin alcanzar ese valor, la administración es responsable de cualquier falla de las obras y debe cubrir indemnizaciones; arriba de él, no tiene obligación de ello.

Como casos típicos pueden señalarse

los desperfectos sufridos en la Ciénega de Chapala y en la región Lagunera.

En la ciénega, los beneficiados no han pagado cuota alguna; no obstante ello, se quejan de los perjuicios que sufren en los casos de rotura de los bordos. Pues bien, los bordos tienen una limitación económica en su altura y alcanzando ese valor no debe elevarse, quedando expuestos que, al presentarse una creciente extraordinaria, sean afectados. Estableciendo el sistema de pago de cuotas, los usuarios tendrían derecho a reclamar indemnización cuando se presente una avenida menor de cierto valor (previamente fijado) en los ríos Lerma y Duero.

En la región Lagunera hay sitios bien conocidos como la curva de Marreros, Los Anillos, donde ocurren daños de consideración tan luego se presentan en San Fernando gastos mayores de 1000 m<sup>3</sup>/s. Al establecerse en dicha Comarca el sistema de pagos, la Administración sería responsable de los accidentes que se presenten con gastos inferiores a dicho gasto y quedaría libre de ello, con valores superiores a 1000 m<sup>3</sup>/s., suponiendo que se tomara ese valor como límite.

En la misma Comarca, terminada la presa de El Palmito, sólo puede esperarse crecientes incontrolables de los afluentes del tramo El Palmito-San Fernando o extraordinarias en el sitio de la presa con una frecuencia de 1,000 años. En esta condición el usuario quedará más protegido, las crecientes de gran gasto casi eliminadas, pero como las obras de defensa y el cauce del río en la zona baja sólo permiten el paso de 500 m<sup>3</sup>/s., la Administración no podrá garantizar contra riesgos de inundaciones, sino para valores inferiores a 1000 m<sup>3</sup>/s.

## CLASIFICACION DE LA CONSERVACION

Para el análisis de los problemas que se presentan en la conservación, se les divide en los siguientes grupos:

- Conservación de canales.
- Conservación de estructuras.
- Caminos.
- Fijación de suelos.
- Reforestación y conservación de bosques.
- Conservación de obras de drenaje.
- Conservación de obras en los ríos.

## CONSERVACION DE CANALES

Ya sea que se hayan construido en roca o en tierra, presentan multitud de problemas que conviene estudiar detalladamente.

Es importante señalar que debe procurarse a toda costa que la circulación del agua no se interrumpa en la temporada de riegos por causa de fracaso de las obras y que, aparte del daño directo que esto produce, la suspensión del servicio causa daños de incalculable valor, lo que se debe evitar.

*Canales nuevos.*—Al iniciarse el uso de un canal nuevo, cualquiera que sea su dimensión, es conveniente tomar precauciones, a la vez que observar cuidadosamente el funcionamiento para poder corregir oportunamente las deficiencias o desperfectos que se presenten.

Si el canal es en terraplén o se forma con bordos, las precauciones tienen que extremarse. No deberá hacérsele trabajar a toda su capacidad, sino paulatinamente se le darán tirantes cada vez mayores, hasta alcanzar el máximo. Al principio es conveniente darle un tercio del tirante y cuando se considere que los bordos se han mojado lo suficiente y no se observa alteración alguna, se les irá aumentando por escalones para llegar a la capacidad máxima. Si la demanda no lo obliga, es de recomendarse se alcance la mayor capacidad al cabo de un año, cuando menos.

Si el canal se ha hecho en roca o en tierra, (pero en tajo), no es necesario tomar grandes precauciones iniciales y es posible dar el gasto para que fué construido al poco tiempo.

En los canales viejos que no se operan continuamente, como sucede con los que derivan avenidas, al reanudar el servicio hay que seguir una práctica similar, pero de menor duración, evitando dar el gasto máximo de golpe.

Una vez que el canal está en operación, es importante dividirlo en tramos característicos, haciendo aforos a la entrada y salida de los mismos para conocer el valor de la filtración en esa parte y proceder a tomar las medidas necesarias. Después de que se ha verificado su funcionamiento, se abandonará esta práctica.

Cuando el Distrito de Riego está en formación, es preferible darle a los canales gastos bajos continuos que permiten una absorción lenta en las paredes y una consolidación del material.

No obstante que el trazo y proyecto del canal se hayan estudiado cuidadosamente, al iniciar su operación se encuentran que algunos taludes son fuertes, que existen manchones de material permeable, que algunos tramos del terreno no soportan las velocidades que se dan al canal, etc. Es por ello necesaria una observación cuidadosa y corrección inmediata de los defectos observados, teniendo presente que en ese momento el gasto es menor y que si se omiten esos arreglos, posteriormente puede presentarse un accidente haciendo que las reparaciones sean más costosas, caucen daños a los cultivos y aún obligan a interrumpir el servicio.

*Derrumbes.*—Al hacer el reconocimiento para la localización de un canal, no es posible hacer una selección rigurosa y numerosos tramos se construyen en materiales que ofrecen poca seguridad o permiten abundante filtración.

El primer caso puede presentarse en canales excavados en tierra, cuando se ha dado un talud que el material seco soporta, pero tan luego se satura de agua toma otro más bajo, derrumbándose sobre el canal y reduciendo su sección. Si la lon-

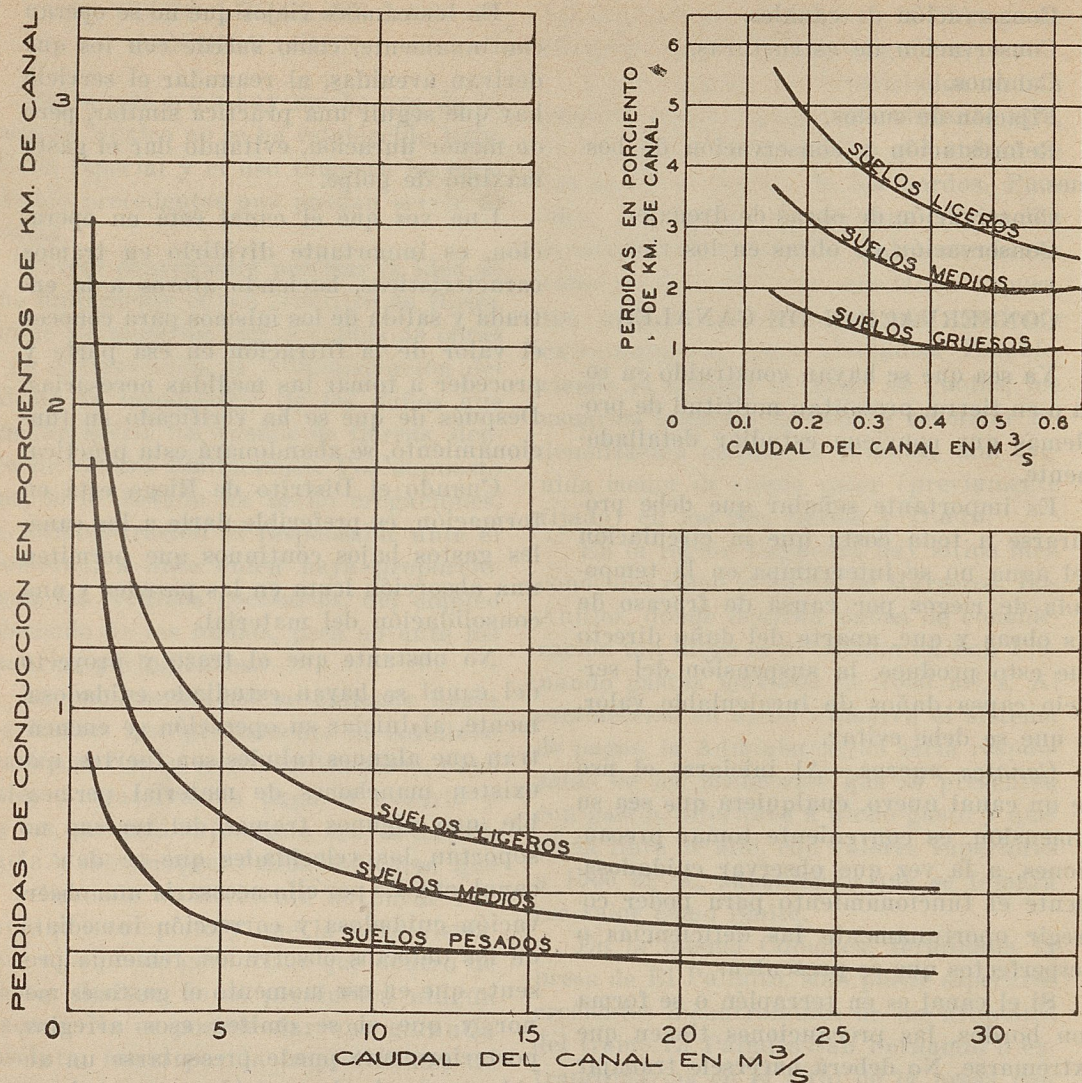


FIGURA 1

PERDIDAS DE CONDUCCION PROMEDIO EN CANALES DE SECCION TIPICA, CON VELOCIDADES MEDIAS DE 0.65 M/S, EXPRESADAS EN PORCIENTO DEL CAUDAL POR KILOMETRO DE CANAL -

gitud en que esto se presenta es de importancia, la única solución posible es investigar el talud adecuado y rectificar la sección a fin de darle una más estable. El tratar de obligar a que el terreno tome el talud primeramente adoptado, es inútil y sólo origina gastos.

En caso de que los derrumbes se presenten en longitudes reducidas (hasta de 50 m.) no es conveniente intentar modificaciones de la sección y será necesario

recurrir a muros de sostenimiento que den estabilidad en la sección.

En otras ocasiones, ya se trate de tierra o material rocoso, la construcción del canal en ladera, puede cortar estratos diferenciados con solución de continuidad, originando que el material resbale sobre el canal y lo obstruya. También puede resbalar hacia la ladera, inutilizando el canal.

Si el desperfecto es poco frecuente y de corta longitud, bastará con limpiar el

canal y colocar muros de sostenimiento que eviten tales deslizamientos. Es de recomendarse también, una inspección cuidadosa a fin de tomar las precauciones necesarias (que probablemente serán muros de sostenimiento), a fin de evitar suspensiones en el servicio.

El estudio sistemático de las condiciones económicas del funcionamiento indicará cuando los desperfectos sean frecuentes y de cuantía, la modificación del trazo del canal (si esto es posible) o la sustitución del mismo por tubos, los que no serán afectados por derrumbes o deslizamientos.

*Pérdidas por conducción.*—Al circular el agua por los canales de distribución, sufre mermas más o menos grandes, que no es posible evitar, pero que hay que procurar se reduzcan.

Las pérdidas pueden originarse por defectos de distribución o por filtraciones y evaporación. Las primeras son ajenas a este artículo, por lo que no las trataremos y sólo se estudiarán las originadas por las causas físicas ya citadas.

Ante la dificultad de separar la influencia de la filtración y de la evaporación, se acostumbra englobar sus efectos con el nombre genérico de pérdidas por conducción.

La evaporación del agua guarda relación con el área expuesta y el coeficiente de evaporación observado en la zona. Diversos autores consideran que el valor de esta pérdida es muy reducida y Carpenter (2) experimentalmente, logró determinar que en el caso más desfavorable, no excede a 15% de las pérdidas totales de conducción.

Las filtraciones se deben al hecho de que el agua atraviesa el fondo o los bordes del canal aflorando en los terrenos vecinos o infiltrándose.

Para el estudio de las pérdidas de conducción, la División de Drenajes del Comité de Riego de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles, ha propuesto una

unidad que parece se ha generalizado y consiste en la lámina perdida en 24 horas, expresada en metros, por metro cuadrado de perímetro mojado, al almacenar agua en un canal, impidiendo su circulación.

Algunos autores emplean la misma unidad pero expresada en metros cúbicos por metro cuadrado de pérdida en 24 horas, que tiene un valor numérico coincidente.

Las pérdidas totales de conducción se expresan en por ciento de la capacidad del canal ya referidas a toda su longitud o a un kilómetro del mismo.

S. T. Harding (3) presenta una interesante gráfica que se reproduce en este estudio (Fig. 1), con la que es posible determinar los valores promedios de pérdidas de conducción observadas probablemente en los Estados Unidos, para los suelos ligeros, medios y gruesos clasificados como sigue y que se pueden considerar como las pérdidas mínimas:

Suelo ligero. Pérdida de conducción de  $0.457 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$ .

Suelo medio. Pérdida de conducción de  $0.305 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$ .

Suelo pesado. Pérdida de conducción de  $0.152 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$ .

Se han hecho comparaciones de valores observados con los que resultan de la gráfica, concordando. Por ello puede servir como guía y se recomienda que se determine en cada canal la pérdida por unidad de perímetro y por día, para entrar a la gráfica y tener un coeficiente de comparación con los resultados de los aforos.

A continuación se reproducen las tablas que el Ing. Pablo Bistrain presentó en su artículo "Pérdidas por conducción en el canal principal y en los laterales del Distrito de Riego de Delicias, Chih.", publicado en la Revista "Ingeniería", Vol. XIII, número 8, agosto de 1939, página 274 y que concuerdan con la gráfica del Ing. Harding.

(2) Losses from Canal from Filtración or Seepage Bull N° 48, Fort Collins Colorado.

(3) Operation and Maintenance of Irrigation Systems. Pág. 14.

**TABLA 1**  
**PERDIDAS PROBABLES POR FILTRACIONES EN CANALES**  
**DE DIVERSOS MATERIALES**

Pérdidas en metro por metros cuadrados de perímetro mojado en 24 horas	
Grava y arena gruesa . . . . .	0.43 a 0.61 o más.
Suelo arenoso. . . . .	0.22 a 0.43
Migajón arenoso. . . . .	0.31 a 0.38
Migajón. . . . .	0.18 a 0.31
Migajón arcilloso. . . . .	0.12 a 0.18
Arcilla. . . . .	0.08 a 0.12
Revest. de concreto. . . . .	0.08 o menos.

Tabla tomada del informe del Comité de Irrigación, División de Drenajes de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles. Transaction 1939, página 1439

**TABLA 2**  
**PERDIDAS POR DIA PARA DISTINTAS CLASES DE SUELO EN CANALES**  
**DEL RECLAMATION SERVICE, U. S. A., EN MTS/M<sup>2</sup> DIA,**  
**DE PERIMETRO MOJADO**

Clase de material	Núm. de Obsers.	Máximo	Mínimo	Medio
Grava y arena . . . . .	2	1.10	0.44	0.77
Grava. . . . .	38	2.15	0.07	0.52
Grava y roca. . . . .	9	0.87	0.27	0.47
Arena. . . . .	5	0.55	0.25	0.39
Roca. . . . .	18	0.53	0.12	0.38
Arena y guijos. . . . .	7	0.26	0.19	0.22
Migajón arenoso. . . . .	60	1.13	0.03	0.31
Migajón. . . . .	5	0.44	0.26	0.33
Arena y cenizas volcánicas. . . . .	21	0.51	0.07	0.27
Grava y cenizas volcánicas. . . . .	5	0.47	0.12	0.27
Cenizas volcánicas. . . . .	3	0.35	0.17	0.25
Arcilla. . . . .	4	0.34	0.22	0.28
Arcilla y grava. . . . .	18	0.41	0.05	0.24
Arcilla y arena. . . . .	12	0.44	0.15	0.25
Adobe. . . . .	9	0.28	0.14	0.20
Hard pan. <sup>1</sup> y guijo. . . . .	2	0.34	0.07	0.21
Arcilla y pizarra. . . . .	7	0.31	0.09	0.18
Cenizas volcánicas, arcilla y hard pan. . . . .	4	0.23	0.14	0.18
Conglomerado y migajón arenoso. . . . .	2	0.14	0.12	0.13
Caliche. . . . .	2	0.15	0.12	0.13
Arcilla. . . . .	12	0.23	0.03	0.10
Migajón arcilloso. . . . .	12	0.34	0.02	0.09
Barro y migajón arenoso. . . . .	11	0.23	0.04	0.09
Concreto. . . . .	9	0.33	0.02	0.10
Promedio general. . . . .	277	0.50	0.13	0.26

1.—Capa endurecida, generalmente caliza. En México se le llama técnicamente Saxeum.

**TABLA 3**  
**PERDIDAS EN DISTINTOS PROYECTOS DEL RECLAMATION SERVICE, U. S. A.**

Proyecto	Caracter predominante de los suelos	Pérdidas en Canal Princ. y red Dist.	Desperdicis	Utilizado en riego
Belle Fourche. . . . .	Pesado	33%	15%	52%
Boise. . . . .	Ligero	38	2	70
Carlsbad. . . . .	Mediano	48	6	46
Grand Valley. . . . .	Pesado	43	22	35
Huntley. . . . .	Pesado	36	30	34
& Ing. Hill. . . . .	Muy ligero	—	—	53
Klamath. . . . .	Mediano	39	9	52

Proyecto	Caracter predominante de los suelos	Pérdidas en Canal Princ. y red Dist.	Desperdicios	Utilizado en riego
Lower Yellowstone.. . . . .	Pesado	44	21	35
Milk River. . . . .	Pesado	36	19	45
Minidoka South. . . . .	-----	39	3	58
Side Pumping:				
División. . . . .	Mediano	41	14	45
New Lands. . . . .	Mediano	43	8	49
North Platte. . . . .	Mediano	3	—	—
Okanogan. . . . .	Ligero	29	—	71
Orland. . . . .	Ligero	27	9	64
Río Grande. . . . .	Mediano	32	39	29
Shosbone:				
Frannie División. . . . .	Pesado	42	21	37
Graland División. . . . .	Mediano	38	7	55
Sun River:				
Forth Shaw División. . . . .	Pesado	36	26	38
Green Fields División. . . . .	Mediano	31	22	47
Umatilla. . . . .	Ligero	32	18	50
Uncompahgre. . . . .	Mediano	13	10	77
Yakima:				
Sunnyside División. . . . .	Mediano	23	7	70
Tieton División. . . . .	Ligero	24	2	74
Yuma. . . . .	Mediano	14	58	28

En la tabla anterior se anotan las pérdidas en tanto por ciento observadas en distintos Proyectos del Reclamation Service, U. S. A.; estas corresponden a un promedio de 15 años de observación.

En el Distrito de Riego del río Conchos se observaron las pérdidas en relación con los materiales, formándose la siguiente tabla con datos que aparecen en el artículo citado.

**TABLA 4**  
PERDIDA EN M/M<sup>2</sup> DE PERIMETRO MOJADO POR DIA

Caliche. . . . .	0.06
Caliche. . . . .	0.08
Arena arcillosa. . . . .	0.11
Arena arcillosa. . . . .	0.15
Arcillo-arenoso. . . . .	0.16
Arcilloso. . . . .	0.18
Arenoso. . . . .	0.22
Conglomerado gravoso. . . . .	0.27
Grava, arcilla y arena. . . . .	0.32
Grava arcillosa. . . . .	0.35

Las pérdidas totales de conducción en los Distritos de Riego mexicanos han sido las siguientes:

**TABLA 5**  
(Datos preliminares sujetos a rectificación)

	Año	% Pérdida total	Capacidad Canal Princ.	Long. canal	% Pérdida por Km. de canal
Dist. de Riego del Río Tula. . . . .	1938	27.22	General de la red de distribución.		
	1939	29.80	General de la red de distribución.		
Dist. de Riego del Río Mante:					
Canal Este. . . . .	1939	21.4	11m <sup>3</sup> /s	18	1.89
Canal Oeste. . . . .	1939	26.5	11m <sup>3</sup> /s	38.2	0.69

	Año	% Pérdida total	Capacidad Canal Princ.	Long. canal	% Pérdida por Km. de canal
Dist. de Riego de Don Martín:					
De Presa a L. Salinillas.....	1939	12.3	63m <sup>3</sup> /s	30	0.41
De Salinillas a S. Villanueva....	1939	18.2	De 63 a 26	22	0.82
Dist. de Riego del Río Conchos.....	1938	50.08	General de la red de distribución.		
Dist. de Riego de Palestina.....	1938	37.77	General de la red de distribución.		
	1939	47.75	General de la red de distribución.		
Dist. de Riego Valle de Juárez.....	1938	43.5	General de la red de distribución.		
	1939	35.8	General de la red de distribución.		
Dist. de Riego del Río Culiacán....	1938	26.8	General de la red de distribución		
	1939	12.3	36	13	0.94
Dist. de Riego de El Rodeo.....	1938	13.8	General de los canales principales.		
Canal Perritos. . . . .	1939	12.1	6.0	6.5	1.86
Canal Principal. . . . .	1939	0.6	6.0	10.0	0.06
Dist. de Riego del Río Tijuana.....	1939	1.71		14	0.122 (1)

Cuando las pérdidas sean tan reducidas que no se aparten de los valores generalmente aceptados y el volumen faltante no sea elevado, bastará con construir drenes paralelos al canal que devuelvan las aguas y eviten se enfanguen las tierras vecinas.

Según que la conducción esté localizada en roca o en tierra, así presenta peculiaridades especiales.

Si el canal ha sido excavado en roca, pueden existir fisuras, planos de estratificación, grietas, etc., por las que se fugue el agua. La inspección de esta circunstancia debe orientarse teniendo presente el volumen de agua que se pierde y la posibilidad de que las vías se amplíen.

Diversos procedimientos se han intentado, destacándose el resane de las grietas con arcilla o mortero. Si las pérdidas son de consideración o se nota una tendencia a la ampliación de las fugas, las cuales pondrán en peligro la estabilidad del canal, lo más recomendable es el revestimiento con mortero hasta lograr una completa impermeabilización.

Cuando el canal se ha excavado en tierra, ya sea en tajo o con bordes, es frecuente que se presenten filtraciones de consideración las que, además de significar pérdidas, pueden provocar un exceso de humedad en las vecindades y aun el

ensalitramiento de terrenos de labor. El caso extremo ocurre cuando el material atravesado es arena, grava o substancia que puede disolverse como el yeso o algunas sales solubles, lo que más adelante se analizará.

Cuando se trate de arena y grava, es conveniente aplicarle un recubrimiento de arcilla, taponando los extremos del tramo y llenando el depósito con aguas cargadas de arcilla. Un autor señala el hecho de que en el Colorado fué posible dar un recubrimiento de arcilla con 8 pulgadas de espesor. (2)

Si el material es un migajón arcillo-arenoso permeable, en que la filtración sea de menor cuantía, puede darse la misma recomendación, pero tal vez no sea necesario suspender el servicio, sino bastará con procurar que el agua circule con una baja velocidad y que a la entrada del tramo se le agregue arcilla y se favorezca su disolución por medio de batidores.

Es frecuente encontrar el caso de terrenos permeables y poco estables, los que al presentarse la "tubificación" se producen derrumbes de importancia, particularmente en las borderías. En estos casos, la solución más recomendable es un recu-

(1) Canales revestidos con gunite.  
(2) Harding. Operation and Maintenance of Irrigation Systems.

brimiento integral. Los más frecuentemente empleados son el de ladrillo y el de "gunita".

En el primero, usado en la Laguna para revestir los canales Santa Clara y Egipto, se empleó ladrillo aplicado en dos capas de espesor de 0.07 m. cada una, cuatrasteando las juntas, siendo recibido y junteado con mortero de cemento, obteniéndose los siguientes costos directos:

Canal Santa Clara 10 895 m<sup>2</sup> \$ 2.08/m<sup>2</sup> en 1938.

Canal Egipto 2 100 m<sup>2</sup> \$ 1.77/m<sup>2</sup> en 1938.

(No se incluye la limpia del canal.)

La gunita es un recubrimiento superficial de mortero formado de una mezcla íntima de cemento Portland y arena húmeda a la que, posteriormente se le agrega agua y se aplica a las superficies por impermeabilizar, por medio de aire comprimido.

Este material se puede aplicar sobre diferentes superficies, sin tomar en cuenta su forma e inclinación.

Tiene numerosos usos y en obras hidráulicas se le emplea para la reparación de las superficies de las cortinas, de las estructuras y para el recubrimiento de canales y túneles.

Es conveniente tener presente que este material sólo es un recubrimiento y que la estabilidad de la estructura depende exclusivamente de la solidez de la construcción en que se apoye.

El material por recubrirse debe ser limpiado perfectamente de polvo, lodo, grasa, aceite, escamas y materiales sueltos. La superficie deberá ser humedecida perfectamente, siendo rociada a intervalos para mantener esa humedad durante 6 horas, cuidando de quitar todo exceso de agua antes de aplicar la gunita.

Al producirse el impacto de aplicación, una fuerte proporción de la gunita cae, dándosele a este material de desecho el nombre de rebote. En algunas ocasio-

nes el rebote llega a ser el 30% del material empleado.

El Bureau Reclamation encontró en la presa Arrow-rocks, que la mezcla óptima en el momento de ser descargada por el chiflón era de 1:4.5 (por peso), la que colocada daba proporciones de 1:2.2 a 1:3.8. Esto sucede porque el rebote está formado en su mayor parte por arena con poco cemento.

La razón agua-cemento de la gunita fresca ya aplicada alcanza valores de 0.57 para superficies inclinadas y de 0.54 para superficies voladas.

También recomienda el empleo de tierra diatomácea en un porcentaje de 3% del peso del cemento, lo que da la plasticidad a la mezcla. Para mayores detalles de la aplicación de este material debe verse el Capítulo VIII del Manual de Concreto del Bureau Reclamation publicado en la Revista "Irrigación en México", de noviembre y diciembre de 1939.

En nuestro país ha sido usado con muy buen éxito para impermeabilizar el canal principal del Distrito de Riego del río Tijuana, trabajo ejecutado en los años de 1935 y 1936.

*Pérdidas en materiales solubles.*—En ocasiones, el canal está obligado a cruzar zonas con estratos permeables, los cuales al recibir la humedad se diluyen, ofreciendo camino fácil para que el agua se escape; también puede presentarse el caso de que se formen cavernas de más o menos extensión, las que en un momento dado se derrumban, perjudicando la estabilidad de los bordes y de las estructuras. En el Distrito de Riego de Carlsbad de Nuevo México, esta circunstancia ha creado problemas de importancia, dando origen a numerosas filtraciones en zonas de terreno calcáreo y aun al asentamiento de amplias superficies. Los taludes se destruyen con frecuencia y se pierden grandes volúmenes por filtraciones, haciendo necesario que en algunos sitios, se le pusiera un revestimiento de concreto de

19 200 metros de longitud con espesor de 6 centímetros en proporción de 1:2:3, colocado por secciones de 15.25 metros, dejando juntas para la expansión. Como los drenes se caían, fué necesario que parte del terreno de riego se drenara con tubos.

No obstante estas precauciones, en el año de 1926 sólo pudo usarse el 43.4% del agua que se recogía de las presas y el resto se perdió por evaporación y filtración al llegar al canal principal.

En el Distrito de Riego de Don Martín, gran parte del subsuelo está compuesto de yeso, ya sea solo, mezclado con caliche o caliche exclusivamente. Como estos materiales son sumamente permeables, se comenzaron a formar cavernas al iniciarse la operación.

Particularmente, en el lateral Camarón, se encontró que este problema se agudizaba, llegándose al caso de que algunas estructuras se asentaron por efecto de la dilución del yeso o el derrumbe de cavernas.

Después de varios estudios, se encontró que era necesario establecer un revestimiento que impidiera la filtración y los derrumbes, lo que sólo se pudo lograr siguiendo el procedimiento empleado con anterioridad en Carlsbad, o sea construir losas de concreto de 6 centímetros de espesor, en las condiciones antes detalladas.

Como los bordes se construyeron con materiales yesosos, se observa también en ellos procesos semejantes. En los casos en que las fugas y derrumbes constituyen accidentes aislados, se han evitado colocando dentellones de arcilla que le han dado impermeabilidad al borde.

*Sobre carga de canales.*—Cuando existe una operación acertada, no es de esperarse se presente el caso de dar paso en un canal a gastos mayores a su capacidad, pero al presentarse algún desperfecto en las obras de control, en las tomas que sirve, etcétera, pueden hacer que el caudal aumente por causas imprevis-

tas. Esto se logra evitar con la existencia del borde libre.

En los Estados Unidos (1), se acostumbra en los canales de grandes dimensiones, dar un bordo de 0.90 m.; con capacidad de 3 m<sup>3</sup>/s. a 1.5 m<sup>3</sup>/s., 0.60 m. de borde y para capacidades menores, 0.25 m. y en lo general, esta práctica se ha seguido en México. Por supuesto que estos valores se refieren a canales de operación normal, sin grandes problemas.

Derrumbes de importancia que reduzcan la sección o el cierre repentino de tomas que se sirven, pueden hacer que elevándose el tirante el agua brinque el borde y socavando abra un boquete o produzca una caída. Para evitar lo primero, debe mantenerse una vigilancia continua en todo el canal y particularmente en los puntos débiles, para reducir inmediatamente el gasto a un valor que no lo ponga en peligro.

Los llamados golpes de compuerta, los que se producen al cerrar repentinamente una toma, detrás de un levantador sin abrir otra nueva o disminuir previamente el tirante debe evitarse, pues son causas de que el agua brinque y produzca desperfectos en el borde.

En algunos casos, la topografía obliga al canal a recoger los escurrimientos pluviales de pequeñas áreas que quedan cerradas por dicho conducto. Al presentarse una lluvia, si el canal va a toda su capacidad, toma un tirante peligroso que no pudo preverse al diseñarse.

Inmediatamente hay que proponer se construyan obras, las cuales pueden consistir en algunos casos en una alcantarilla que dé paso a las aguas de lluvia sin entrar al canal, uniendo previamente a las de varias pequeñas cuencas, para construir un solo cruzamiento.

En otras ocasiones, la topografía, el deseo de usar esas aguas, la sección del canal o el elevado valor del escurrimiento, no permiten el cruce por alcantarilla o

(1) Harding. Operation and Maintenance of Irrigation Systems.

puede canal y es preferible darles entrada al canal, proveyéndolo de un borde libre mayor y de obras limitadoras que impidan tirantes peligrosos.

Esta última solución tiene el grave inconveniente de que, en el sitio de entrada, se depositan azolves que a veces alcanzan valor de consideración, lo que no puede ser evitado. Periódicamente es necesario retirar esos depósitos.

En el Distrito de Riego del Conchos, el canal principal que tiene algunos tramos en ladera, recibe del lado izquierdo numerosas aportaciones pluviales que al presentarse una lluvia generalizada, alcanzan volúmenes de importancia. Para proteger el canal, se le reforzó aumentando el bordo libre, pero no era posible ampliar las estructuras, por lo que, antes de cada una de ellas, se estableció un sifón limitador o un desfogue que tira sobre la derecha los excedentes a la capacidad de la estructura, dispositivos que han dado buen resultado.

Se han estado usando en los desfogues compuertas radiales de funcionamiento automático, por medio de un dispositivo especial operado por un flotador.

*Protección a la erosión.*—Al proyectar un canal se considera que el agua circulará con una velocidad que el terreno podrá soportar. Ya en operación, es frecuente encontrar que el material sea menos estable o que, por efecto de las estructuras o desigual consistencia del terreno, se presenten cambios de velocidad que erosionen. Además, en los cambios de dirección, en las curvas correspondientes, se desarrollan velocidades mayores en la parte exterior y de bajo valor en la interior. También el oleaje puede producir erosiones de importancia.

Los efectos de la erosión pueden ser controlados usando recubrimientos de concreto, grava o roca tirada. También han dado buen resultado las enramadas fijadas con alambre.

El recubrimiento del concreto, de alto costo, sólo es recomendable cuando, ade-

más de la erosión, se presenten filtraciones. Exclusivamente para defensa de la socavación es muy costoso y su empleo no se justifica.

Cuando las velocidades son reducidas, la protección de grava puede ser suficiente, pero si son de mayores valores, roca tirada y aun roca acomodada, es necesario emplear. En el Distrito de Riego del río Conchos revestimientos de grava han dado costos directos de \$ 1.61/m<sup>3</sup>, que suponiendo se hagan de 0.50 de espesor, tendrían un costo de \$ 0.80/m<sup>2</sup>.

En la región Lagunera, se han obtenido costos directos de \$ 2.36 m<sup>2</sup>. a... 4.46/m<sup>2</sup>. en los años de 1937 a 1940 para superficies protegidas con roca tirada, de la dimensión conocida como piedra brava, de un espesor de 0.50 m., un costo medio de \$ 2.00/m<sup>3</sup>. En el Distrito de Riego del río Conchos un costo medio directo de \$ 3.85 en obras anteriores a 1940.

En la Laguna se siguió el sistema de colocar plantillas de concreto o mampostería, para estabilizar la sección. No dió resultados satisfactorios en general, pero en el canal Sacramento, de trazo en tangente, estabilizó la pendiente, permitió se rellenaran algunos huecos, suspendiéndose la erosión.

Para zampeados con juntas de mortero de cemento, en la misma comarca se han obtenido costos de \$ 4.23/m<sup>2</sup> a \$ 7.92/m<sup>2</sup> y de \$ 16.00/m<sup>2</sup> como valor medio en el Distrito del Valle de Juárez y \$ 4.25 en el Distrito de Riego del río Conchos. Todos estos valores obtenidos en los últimos cuatro años.

Si el ataque se presenta cuando el canal está en servicio, bastará proteger con enramadas o roca tirada, pero tan luego se pueda retirar el agua, debe hacerse una inspección cuidadosa y buscar la solución definitiva.

En general, se necesita aumentar el talud en los sitios que se recubrieron con materiales sueltos, para evitar que el material resbale, y aun es recomendable cu-

brirlos con tela de alambre o alambres apoyados en estacas bien fijadas.

En pequeños canales se han empleado con buen éxito en los Estados Unidos, el plantar pequeños sauces cuyas raíces dan consistencia al terreno.

*Azolve.*—Es frecuente observar que en tramos más o menos grandes siempre se presenta el problema de la sedimentación de los arrastres. Esto puede ser originado porque el agua empleada lleva abundantes materias en suspensión por entrada de corrientes al canal o debido a cambios de velocidades que lo facilitan.

Es necesario evitarlo o corregirlo según el caso, porque la sección útil del canal se reduce y se modifican las pendientes hidráulicas alterando el funcionamiento del mismo, en condiciones desfavorables.

Cuando se trata de aguas que llevan arrastres, no es posible evitar que se depositen en los canales y lo único que se ha intentado, es procurar que la sedimentación se haga en sitios especiales, cajas de depósito a las que se llega por tramos de canal con velocidad decreciente. Este procedimiento se ha seguido en los Estados Unidos en el canal llamado "Todo Americano" y en el canal de Río Grande (Río Bravo), pero es de reciente aplicación.

En la generalidad de los canales, que derivan aguas de los ríos, se presenta el problema, cuya solución se reduce a la extracción de los depósitos. Pueden presentarse dos casos: que los canales estén sujetos a operación constante o que tengan algunos meses en que el servicio se suspenda.

Cuando ocurre lo primero, el único procedimiento que se puede seguir es el de extraer los depósitos por medio de una draga de succión, esto se hace en el Gran Canal del Desagüe, pero dá un costo unitario muy elevado.

En caso de tener durante algún tiempo el canal en seco, la extracción de los

depósitos se facilita usando los procedimientos siguientes:

Si el canal es de muy reducida capacidad puede limpiarse a mano por medio de pala; para una dimensión mayor puede hacerse a pala, con escropa o por fresno y por procedimientos mecánicos.

A pala, sólo es recomendable en los sitios en que la mano de obra es barata, pues en lo general, resulta de un elevado costo unitario.

Procedimiento más eficiente es el empleo de la escropa y el fresno, si bien requiere cierta habilidad en su manejo que, desgraciadamente, no se ha generalizado. Esta forma es aplicable cuando los colonos y vecinos emplean la escropa y poseen mulada, de manera que pueden tomar destajos. Si la Administración quiere directamente ejecutar el trabajo, el mantenimiento del ganado con frecuentes tiempos desocupados lo hace incosteable.

Se inicia el trabajo preparando una rampa de ascenso y descenso al borde, formando circuitos de 40 a 50 m. de longitud máxima y extrayendo el azolve que se lleva al exterior del borde. En la región Lagunera se acostumbra dar este trabajo a destajo, pagándose de \$ 0.23 a \$ 0.45/m<sup>3</sup> con un costo medio de \$ 0.36/m<sup>3</sup> por concepto de erogación directa.

Cuando el volumen es de consideración o la red de canales muy amplios, es preferible el empleo de maquinaria, principalmente si la temporada de riego es corta y, por lo tanto, es posible tener la maquinaria en servicio el mayor tiempo del año. Pueden emplearse dragas cuando se trabaje desde el borde o palas mecánicas cuando sea posible que los vehículos y la maquinaria penetren al canal y éste sea tan ancho, que la pluma de la draga no alcance. La de uso más generalizado es la draga. En la región Lagunera recientemente se inició su empleo con mediano éxito, pues se han obtenido costos comparables a los encontrados con escropa.

También se usa la draga llamada de rosario, la que para desazolve tiene una aplicación inadecuada y que más adelante se verá con detalle su correcto empleo.

Es muy interesante tener presente que en la generalidad de los casos, el azolve se deposita fundamentalmente en el fondo del canal con un ligero desván en su enlace con los taludes. Por una selección gravimétrica, el material del fondo es arena en su mayor parte y limo en los taludes, formando lo que se conoce con el nombre de cachete, el cual impermeabiliza el borde y por ello debe conservarse a toda costa.

Al hacer un desazolve hay que extraer la arena y depósitos del fondo, colocándolos en el talud exterior del borde, mejorando así su estabilidad y condiciones de impermeabilidad. Como el cachete en lo general, es de reducido espesor, conviene conservarlo y únicamente en los casos en que reduzca fuertemente la sección, podrá tocarse.

*Plantas acuáticas.*—Es frecuente que en los canales donde circula agua limpia, transparente, aparezca una abundante flora acuática que causa daños de importancia al reducir la sección útil del canal y por ende su capacidad.

En los Estados Unidos de Norteamérica, en los Distritos de Riego del Reclamation Service, llamados Salt River, Phoenix, Arizona, Mundoka, Idaho, se les ha presentado un intenso desarrollo de yerbas acuáticas que en 1916 redujeron la capacidad de sus canales en un 50%. Esto también se observó en el Sistema de Riego de Alberta, Canadá, donde se presentó una reducción de 80%. El ingeniero F. Scobey, considera que una reducción hasta del 75% en la capacidad del canal, es de esperarse como consecuencia de esta plaga.

Las yerbas acuáticas que se presentan pueden clasificarse en tres grupos:

1º Las que flotan libremente en el agua.

2º Las que unidas al fondo del canal tienen partes que flotan en el agua.

3º Las que se yerguen sobre el nivel del agua teniendo sumergida únicamente su parte inferior.

Generalmente, se presentan ejemplares de dos o tres grupos, pero la principal dificultad para combatir esta plaga consiste en la imposibilidad de suspender el servicio para hacer la limpia, por los daños que esto causa a los usuarios.

Los procedimientos más frecuentemente empleados pueden clasificarse en cuatro grupos: mecánicos, químicos, físicos y diversos.

#### *Combate contra plantas acuáticas.*

*Procedimientos mecánicos.*—Fueron iniciados en los proyectos del Reclamation Service, con el uso de hoces y guadañas manejadas por hombres. También apareció el arrastre de rastrillos, el uso de rastras de picas y de discos ordinarios, si bien con resultados negativos. Parece que se tuvo mejor éxito operando las sierras submarinas Siemens.

Como resultado de estas experiencias se ha llegado al convencimiento de que los dispositivos más eficaces consisten en el arrastre de cadenas y de discos debidamente acondicionados, siendo tirados por troncos de mulas o tractores colocados simultáneamente en cada uno de los bordes del canal.

El diseño de la rastra de discos que aparece en el grabado de la figura 2, tiene la ventaja de que permite variar el ángulo de corte y, además, se mueve con facilidad dentro del fondo del canal. El diseño de la figura 2, se obtuvo en el Distrito de Riego del río Conchos, por el ingeniero Pablo Bistráin, observándose que su aplicación no causa daños en el fondo y taludes del canal. Es de recomendarse se empleen rastras de discos por tractores marca John Deere, Modelo Z, acondicionados de acuerdo con el diseño de la figura.

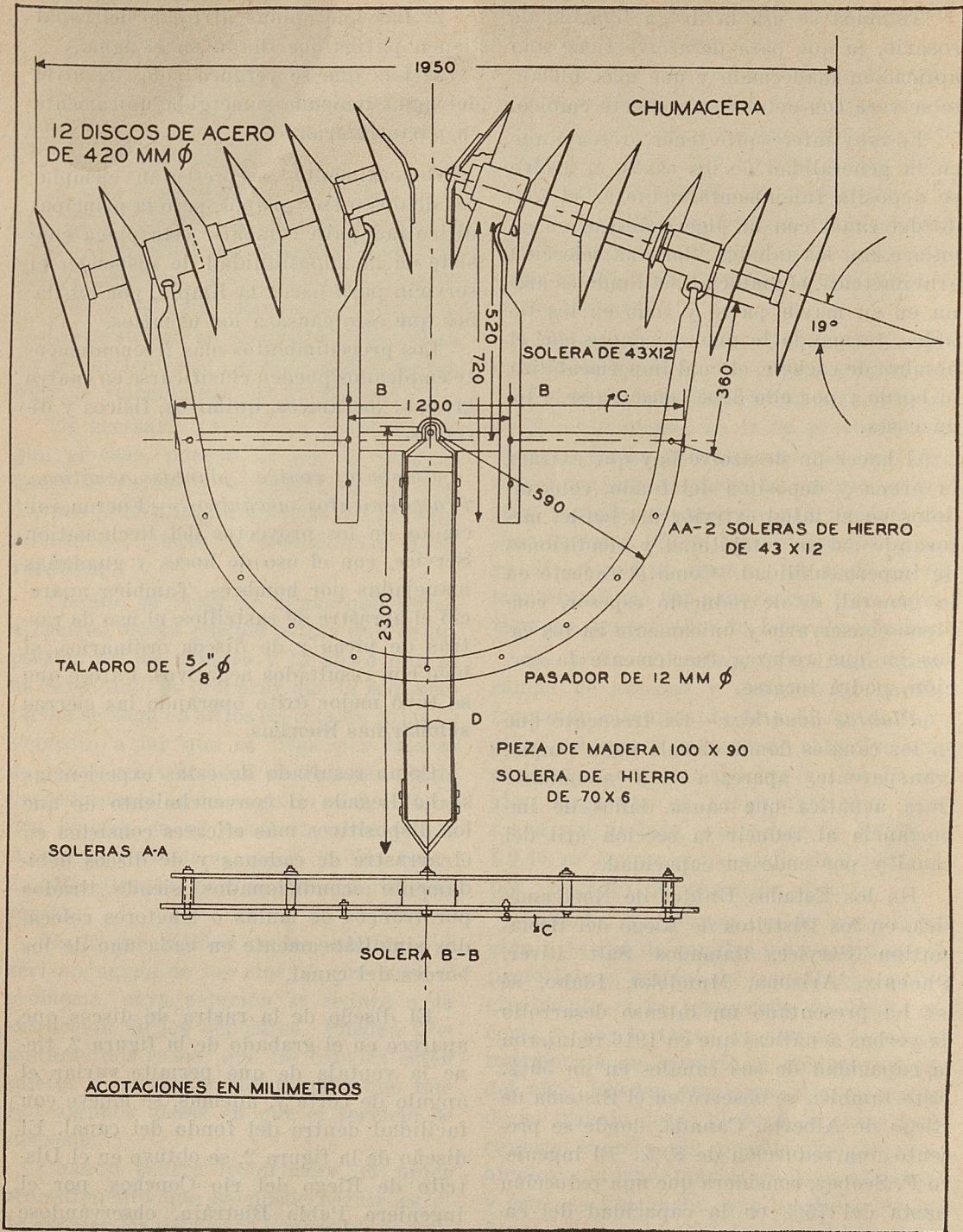


FIGURA 2

También es conveniente el uso de cadenas arrastradas por el fondo del canal tiradas por tractores o mulas. El avance se debe hacer en sentido contrario a la dirección de la corriente, porque de este modo, las plantas cortadas son arrastradas por la corriente y es posible extraerlas en lugar donde no estorben, por hombres provistos de horquillas y colocadas en los bordes del canal sobre balsas y en algunas de las estructuras.

Cuando el canal está en corte, no es posible usar el procedimiento anterior, por lo que, en el Distrito de Riego del Conchos, se recurrió en tales casos, al empleo de cuchillas de 4 metros de longitud, provistas de dientes y manejadas por peones colocados sobre balsas y chalanes.

La cadena empleada fué la de eslabón recortado de  $1\frac{1}{8}$  de pulgada de diámetro, con 16 kilogramos de peso por metro.

El canal del Sistema de Riego del río Conchos, que es de 42 metros cúbicos por segundo de capacidad y tiene una plantilla de 13 m. a la entrada y 8 m. al final con taludes de 1.5:1.

Las limpieas realizadas por medio de cadenas permitieron mantener el canal con una reducción de 35% de su capacidad de abril a mayo y un 45% de junio a agosto, con un costo promedio de \$ 22.67 por kilómetro si se empleaban mulas y \$ 16.65 por kilómetro cuando se emplearon tractores, habiendo hecho un paso de cadenas cada 15 días. (Costos obtenidos en 1937 y 1938.)

No siempre es posible recomendar el empleo de tractores porque, en ocasiones, las condiciones del borde obligan al uso de troncos de mulas. Aproximadamente se tiene un rendimiento de 2 kilómetros de limpia en turno de 8 horas ocupando mulas y 5 kilómetros para la misma jornada empleando tractores.

Si se utiliza el arrastre de discos y cadenas deberá emplearse preferentemen-

te el de cadenas por más barato; únicamente en las temporadas de intensificación del desarrollo debe recurrirse a los dicos.

*Plantas acuáticas. Procedimientos químicos.*—En algunos casos se presentan algas o plantas muy pequeñas que no son afectadas por las rastras, lo que hace necesario el empleo de procedimientos químicos. Cuando se trata de organismos que no obstruyen el canal, no hay necesidad de atacarlos y solamente en los casos en que al agua se le da aplicación municipal, se necesita combatirlos.

Las sustancias frecuentemente usadas son el sulfato de cobre, el cloruro compuesto de zinc, sales de potasio, de sodio, de amonio y aun ácidos orgánicos. Si bien estos últimos dan costos muy elevados.

Indudablemente que para usos municipales, deben darse porcentajes reducidos que no sean perjudiciales a los vecinos, sin tener muy en cuenta el aspecto económico. En cambio, en sus aplicaciones para agua de riego, se necesita que sea una sustancia barata y que no cause daño a las siembras. El sulfato de cobre ha sido usado en concentraciones de 1 : 1 000 000; pero algunos otros autores sólo recomiendan llegar hasta concentraciones de 1 a 10 000.

En el Distrito de Riego de Columbia se substituyeron los procedimientos mecánicos de limpia, por la utilización del sulfato de cobre con resultados económicos favorables, sobre todo, aplicándolo cuando las yerbas acuáticas están ya desarrolladas.

*Plantas acuáticas. Procedimientos fisiológicos.*—Dentro de esta clasificación pueden considerarse todos aquellos procedimientos que traten de poner obstáculos a la vida normal de las plantas acuáticas.

El más sencillo consiste en retirar el agua del canal y mantenerlo varios días seco, sobre todo, si la insolación es intensa.

Como las plantas necesitan luz para fijar el carbono por medio de la clorofila, es conveniente enturbiar el agua. Se han usado la arcilla pulverizada, la bentonita y el carbón mineral finamente pulverizado. El doctor Lewis, de Canadá, ha hecho estudios detallados recomendando preferentemente el empleo del lignito en concentraciones de 150 partes de carbón por un millón de partes de agua y estima que es más económico que el empleo del sulfato de cobre.

*Plantas acuáticas. Procedimientos varios.*—Se ha recurrido al uso de la dinamita provocando explosiones en el seno de los grupos de plantas acuáticas. Tiene el inconveniente de que ocasiona daños a la sección del canal, por lo que se necesita operar con grandes precauciones. Parece que es procedimiento poco extendido.

También el recubrimiento por medio de asfaltos ha sido recomendado, pero tiene en su contra el ser muy costoso y que es posible se desarrolle una flora que puede extenderse sobre la superficie recubierta.

*Plantas acuáticas. Caso del Distrito de Riego del río Conchos.*—Se presentó esta plaga desde que se inició la operación por tener sus aguas claras. La reducción de la capacidad del canal llegó a alcanzar 36% para el mes de mayo y 65% para el mes de agosto. Habiendo sido diseñado con un coeficiente de rugosidad de 0.0255 se encontró que el coeficiente real promedio era de 0.131 como efecto de la existencia de las plantas acuáticas.

Inmediatamente se tomaron las precauciones necesarias, tratando de contrarrestar el efecto de la plaga, sin suspender el servicio.

Se emplearon las rastras de discos, las de cadenas, logrando atacar con buen éxito. Como se logró mayor efectividad fué pasando primero las cadenas y a continuación las rastras de discos. En el año de 1937 el problema tomó características

peligrosas, por lo que se hicieron cuidadosos estudios encontrándose que en algunos tramos en corte no era posible pasar las rastras.

En pequeño se ensayó el enturbiar el agua con arcilla, pero la abundancia de sales en las aguas reducía la capacidad de disolución, sin embargo, se notaba que las plantas sufrían por efecto de esto.

En el año de 1938, se siguió el procedimiento de implantar la rotación de riego, lo que permitió tener siempre algunos laterales en seco para atacar por insolación las plantas acuáticas y en el canal principal a base de rastras de discos y cadenas se atacó la plaga. Este procedimiento tiene el inconveniente de limitar los cultivos, pues sólo pueden ejecutarse los que se acoplan a la rotación.

Posteriormente, se modificó este criterio continuando con la rotación en los laterales y suspendiendo el servicio por algunos días en el canal principal, lo que obliga a perder volúmenes de consideración, pues se deja pasar agua del río Conchos sin utilización.

Para mayores detalles, pueden verse los artículos del ingeniero Pablo Bistráin en la Revista "Ingeniería", en los años de 1937, 1938 y 1940.

*Vegetación de los bordes de los canales.*—En algunos canales donde las condiciones del clima son favorables, es frecuente que en los terrenos rápidamente aparezca vegetación, ya sean yerbas, o arbustos, cubriendo los taludes y corona de los bordes, lo que tiene el inconveniente de que reduce la sección útil del canal e impide el libre tránsito sobre los bordes, a la vez que se dificulta su vigilancia. Con frecuencia, se hacen plantaciones de carrizo queriendo fijar el terreno, pero numerosas autoridades consideran que es una práctica viciosa y que es preferible usar otro procedimiento y dejar el borde descubierto.

— Cuando la vegetación adquiere desarrollo dentro del canal, no sólo reduce

la sección sino que detiene todas las materias que el agua arrastra, aumenta el coeficiente de rugosidad y modifica la pendiente provocando con esto el azolve.

Por todas estas circunstancias, para poder tener el canal en buen servicio, es necesario sostener un ataque sistemático que impida el desarrollo de la vegetación. Diversos procedimientos se han intentado consistiendo fundamentalmente en la limpia para desenraizar la vegetación y la extracción de los depósitos que se hayan formado. Además, se han usado limpias hechas a pala y ejecutadas con máquina. Las primeras sólo son recomendables en los canales de capacidad restringida y, sobre todo, cuya longitud total sea reducida.

Entre el equipo mecánico más usado sobresale la draga "Ruth", que consiste fundamentalmente de un elemento de ataque formado por canchales en rosario, suspendidos de un mástil telescópico y del elemento de traslación constituido por un tractor. La casa productora fabrica equipos para todas dimensiones.

El ingeniero Adrew Weiss, considera que el empleo de esta draga es siempre acertado en canales con plantillas hasta de 3 a 4 m. y para dimensiones mayores, debe estudiarse detenidamente el caso.

En el Distrito de Riego del Río Mante después de haber ensayado la limpia con pala manejada por hombres, pala mecánica y draga, se adoptó el empleo de la draga Ruth. En el informe del Banco Nacional de Crédito Agrícola, S. A., que tienen en fideicomiso el Distrito, se lee en el correspondiente a 1937, página 89 lo que sigue:

"Para la conservación de los canales ha sido adquirida una draga "Ruth" modelo H-V de 42' de extensión, y otra modelo H-V de 60' de extensión. El trabajo de estas máquinas ha sido en general bastante satisfactorio, pues se ha obtenido un promedio de 300 metros diarios de limpia y desazolve, con un costo de \$ 140.00 el

kilómetro. Estas máquinas han venido a resolver en gran parte el problema de la distribución de aguas, ya que debido a la vegetación acuática que crece en abundancia en los canales, se sufría una reducción hasta de un 55% del gasto que podría derivarse, ocasionando con frecuencia reparaciones costosas de los bordos, debido a que el agua saltaba sobre ellos deslavándolos. Estas reparaciones se hacían con escrepas, a contrato, y el precio más económico que pudo conseguirse fué de \$ 0.80 el metro cúbico".

"Con las dragas "Ruth" se ha evitado esto, pues debido a la rapidez de su trabajo y al desenraice que hacen, los canales quedan en condiciones de servicio mucho más tiempo y la lámina de agua siempre ha estado un poco más alta que la proyectada; pero sin llegar a rebasar las coronas de los bordos".

Para tener éxito en el empleo de esta máquina es indispensable seleccionar el equipo más aproximado a las condiciones, porque si se elige alguno de capacidad mayor los costos de operación se elevan rápidamente. Deberá tenerse presente la longitud total de los canales con dimensiones semejantes, el programa de trabajo, la frecuencia de la limpia, etcétera, para poder determinar con precisión el tiempo en que el equipo esté trabajando. Sólo es de recomendarse el empleo de las dragas "Ruth", cuando es posible tener en operación el equipo durante unos 300 días por año, es decir, todos los días útiles.

Habiendo elegido equipos de esta calidad, para tener buen éxito es necesario que el operador sea diestro, que se tenga refacciones, lubricantes y combustibles oportunos y se mantenga una cuidadosa inspección del equipo.

*Roedores.*—En algunas regiones se encuentran muy desarrollados diversos tipos de animales roedores que buscan las raíces de las plantas, inutilizándolas con frecuencia. Independientemente del daño directo que causan a la producción agrícola

la, son perjudiciales para la buena conservación de las obras por la circunstancia de que fabrican sus moradas abriendo cuevas y túneles en el terreno, en los bordes de los canales, en el fondo de los mismos y en general en las terracerías.

Estos animales labran conductos que atraviesan los bordes; en otros casos varios de ellos se encuentran bastante cerca y las partes del terreno que los separan no son lo suficiente para evitar que se desarrollen fuertes velocidades de filtración, por lo que a la larga se conectan formando una vía que, por efecto de la carga del agua en el canal, se acrecientan y causan derrumbes.

Se han empleado numerosos procedimientos, tales como recubrimientos rígidos de los canales, diques inatacables por los mismos, campañas contra los roedores, etcétera.

En Estados Unidos y en Canadá son numerosas las especies que causan estos daños, sobresaliendo el castor. En México, afortunadamente, sólo aparece la tuza.

En diversos Distritos de Riego se presenta este problema sin llegar a tomar proporciones alarmantes, pero en la Región Lagunera, por la circunstancia de que los canales están en operación cuando más tres meses del año, esta plaga se ha desarrollado, siendo tal vez la causa principal de los frecuentes derrumbes.

Se ha usado el revestimiento inatacable con doble capa de ladrillo junteada con cemento, que ya se detalló anteriormente. Además, se ha recomendado sin que hasta la fecha se haya experimentado, el poner un dique rígido inatacable para los dientes de los roedores. Se recomendó abrir una zanja central a lo largo del eje del borde del menor ancho posible, rellenándola de una mezcla de tierra arcillo-arenosa con cemento, en la proporción de un saco de cemento por metro cúbico.

En esa misma región se ha experimentado el poner en la parte central láminas de zinc, pero los agricultores dicen que

no dan resultado. Como no se recuerda el hecho de que hayan sido perforadas por los roedores, el fracaso más bien debe atribuirse a la incorrecta colocación de las láminas.

*Cercado de canales.*—Es costumbre muy generalizada principalmente en los Estados Unidos, hacer que numerosas obras se encuentren protegidas por cercados con el objeto de asegurar un funcionamiento correcto y la mejor conservación de las mismas.

Así, los ferrocarriles, las carreteras, los canales, drenes, se encuentran debidamente cercados, impidiendo que el ganado llegue a ellos y, en algunos casos, el obstáculo se establece pensando impedir el cruce del hombre.

Desgraciadamente en nuestro país, no se sigue tan buena práctica, no obstante que existe el concepto legal de derecho de paso y derecho de vía. Particularmente en las obras hidráulicas, estas zonas tienen gran importancia porque es necesario hacer préstamos, depositar azolves, tener despejado el terreno para poder observar el funcionamiento del canal, así como tener una vía de fácil tránsito para la inspección de las obras.

En numerosos Distritos de Riego se ha observado que las zonas de protección que se consideran dentro del derecho de vía, son invadidas por los propietarios de los terrenos vecinos, haciendo plantaciones en ellos, arando la tierra, etc., operaciones que con frecuencia pueden causar daño a los canales. Ya se dijo anteriormente que es muy conveniente que canales, bordes y zonas de protección estén libres de vegetación para poder inspeccionarlos.

Además, se han encontrado también casos en que siendo necesario hacer préstamos o depositar azolves, los campesinos que han sembrado en el derecho de vía y han pretendido exigir se les pague indemnización por los daños que se les causan.

En el campo es común que los animales domésticos carezcan de abrevaderos espe-

ciales y bajen a los canales, provocando a veces pequeños derrumbes que, si bien son de poca monta, en los casos aislados, llegan a adquirir características de importancia cuando el paso de animales es frecuente y éstos abundantes.

Los daños que causan los animales sueltos, provocan también situaciones molestas entre los usuarios, porque al cercar sus terrenos omiten cerrarlos en las zonas del canal y las bestias pasan de un terreno a otro tomando como vía el canal.

En nuestro medio se considera como una erogación innecesaria establecer las cercas de los canales, pero la economía

que se logra en la conservación, el mejor estado en que se sostienen las obras, y sobre todo la eliminación de motivos de fricción entre la Administración y los usuarios, así como entre los usuarios entre sí, son motivos suficientes para recomendar que cuando menos los canales principales sean cercados.

Las cercas pueden ser alambradas, sostenidas por postecillos de madera, de concreto, de tubo de fierro estructural, según la importancia de la obra y los materiales de la región.

*(Continuará.)*

