

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL DISEÑO
DE SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO
(presas de almacenamiento)

CASO PRACTICO

SANTIAGO SIFUENTES SUAREZ

1981

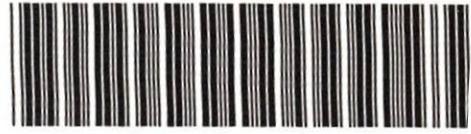
T

MC558

.M5

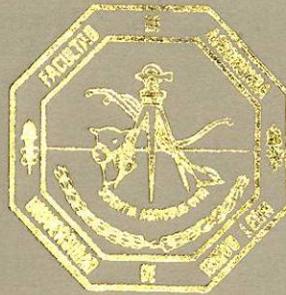
85

C.1



1080063115

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL DISEÑO
DE SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO
(presas de almacenamiento)

CASO PRACTICO (OPCION V)
PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

POR:

SANTIAGO SIFUENTES SUAREZ

MONTERREY, N. L.

FEBRERO DE 1981

T
TC 558
MS
S 5

040.627
FA 2
1981



F. Fed ID



A MIS PADRES.

SR. SANTIAGO SIFUENTES GONZALEZ
SRA. SELVIA SUAREZ DE SIFUENTES.

CON CARINO Y GRATITUD, A SUS ESFUERZOS Y SACRIFICIOS
QUE HICIERON POSIBLE LA CULMINACION DE MI CARRERA.

A MIS HERMANOS CON CARINO

JUAN M. SIFUENTES
MA. GUADALUPE S. DE ROQUE
MA. LAURA S. VDA. DE GONZALEZ
MA. SILVIA S. DE PENA.

A MI ASESOR.

ING. JUAN F. PISSANI.

CON SUMO AGRADECIMIENTO POR SUS ATENCIONES Y
AYUDA PRESTADA PARA LA REALIZACION DE ESTE -
TRABAJO.

A MIS MAESTROS:

CON RESPETO Y ETERNO
AGRADECIMIENTO.

A MIS COMPANEROS
Y AMIGOS.

A MI NOVIA:

MA. DEL ROSARIO GALINDO MARTINEZ

POR SU AMOR, ESTIMULO Y COMPRENSION

Í N D I C E

	PAGINA
INTRODUCCION	1
1 ESTUDIOS PRELIMINARES	
1.1 VISITA DE INSPECCION	3
1.2 ESTUDIOS TECNICOS PRELIMINARES	
1.2.1 TOPOGRAFICOS	4
1.2.2 GEOLOGICOS	7
1.2.3 AGROLOGICOS	8
1.2.4 HIDROLOGICOS	9
1.2.5 SOCIO-ECONOMICO	12
2 ESTUDIOS TECNICOS DEFINITIVOS	
2.1 SOCIO-ECONOMICO	13
2.2 TOPOGRAFICOS	14
2.3 GEOLOGICOS	17
2.4 AGROLOGICOS	19
2.5 HIDROLOGICOS	23
3 MECANICA DE SUELOS	33
3.1 ESTUDIOS DE BANCO DE PRESTAMO	34
3.2 MUESTREO DEL MATERIAL IMPERMEABLE	36
3.3 CUBICACION	37
3.4 ESTUDIOS DE LABORATORIO	37

3.5 PROPIEDADES MECANICAS	39
3.6 ESTUDIOS DE CIMENTACION	41
3.7 DISEÑO	46
3.8 REVISION POR TUBIFICACION	52
3.9 PERMEABILIDAD DE VASOS	54
4 PROYECTO	56
4.1 PROYECTO DEL VERTEDOR DE EXCEDENCIAS	56
4.2 PROYECTO DE LA CORTINA	60
4.3 PROYECTO DE LA OBRA DE TOMA	62
4.4 PROYECTO DE LA ZONA DE RIEGO	65
5 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR UNA EVA LUACION TECNICA, ECONOMICA Y SOCIAL DE LOS PROYECTOS DE OBRA DE RIEGO..	71

I N T R O D U C C I O N

Para la construcción de presas de almacenamientos ya sea pequeña ó grande debe tener las instalaciones necesarias para obtener el máximo aprovechamiento de los recursos hidráulicos explotados, en muchos casos el proyecto tendrá un objeto do--ble ó múltiple por esta razón las investigaciones pueden abarcar un gran número de materias de las cuales algunas ó todas influirán en la selección del emplazamiento de la presa, en el tamaño de la misma y en los objetos a que se destine, por lo que todo el proyecto debe considerarse como una unidad para su estudio.

Cada objeto al que se destina y cada incremento en su tamaño ó alcance, debe justificar su inclusión en el proyecto con alguna medida propia de viabilidad o de justificación. -- Al estudiar la viabilidad de las presas y vasos deben siempre tomarse en cuenta las posibles objeciones con respecto a la salud pública y a los prejuicios que se puedan producir y se debe hacer los esfuerzos necesarios para evitarlos. Como ejemplo podemos citar: el fondo de una presa o vaso que queda expuesta cuando se vacía, no solamente es poca atractiva sino que también puede dificultar el acceso del agua ó también -- cuando el agua dulce queda estancada y se mantiene a un nivel

constante, constituye un lugar ideal para el desarrollo de mosquitos, creando molestias y facilitando la transmisión de algunas enfermedades como la malaria etc. También la -- acumulación de sedimentos que quedarán detenidos en los vasos puede reducir su utilidad, hasta que pueda quedar anulu da por completo su capacidad.

1.- ESTUDIOS PRELIMINARES.

1.1 VISITA DE INSPECCION

Si consideramos el número de sitios que se requieren estudiar en forma preliminar, así como la escasa e irregular disponibilidad de los recursos agua-suelo, se hace indispensable que en cada sitio de estudio se efectue un análisis preliminar que muestre la factibilidad técnica y económica de manera rápida y expedita, permitiendo obtener una visión de conjunto de lo más realista posible del proyecto suponiéndolo construido y operando.

La selección de los proyectos factibles solo se puede realizar si se sistematiza la metodología para recabar la información indispensable que permita conocer en forma general las características fisiográficas y socio-económicas -- que privan en la localidad.

El objetivo que se debe cumplir al efectuar una visita de inspección preliminar, consiste en detectar los recursos físicos del sitio y características socio-económicas, recorriéndolo tanto en la zona del proyecto como en su zona de influencia a efecto de recabar información que permita determinar su factibilidad.

Es importante señalar que el ingeniero encargado de llevar a cabo la visita de inspección deberá tener conciencia, preparación y experiencia tal que le permita formular un diagnóstico de la factibilidad del sitio. Además se investigaron y determinaron ciertos factores que permitan definir algunas cuestiones que plantea un proyecto tales como el tipo de obra adecuada desde un punto de vista tal que sea el más conveniente de recuperar la inversión, la forma de solucionar los problemas post-constructivos sobre todo en lo que se refiere a la operación y conservación de la obra, lo cual influirá de manera decisiva en el éxito del aprovechamiento.

1.2 ESTUDIOS TECNICOS PRELIMINARES.

Los estudios técnicos preliminares comprenden principalmente la obtención de una serie de datos que son básicos e indispensables para la formulación de uno o varios anteproyectos, mediante los cuales se determinarán las características generales y más notables del proyecto definitivo.

1.2.1 TOPOGRAFICOS.

1.2.1 A) Levantamiento de cuencas. Puede aceptarse en principio que el área de la cuenca obtenida de una carta geográfica necesitándose contar con datos de referencia to-

mados del campo para su localización en carta, cuando no sea posible definir la cuenca en la carta geográfica, se procederá al levantamiento topográfico respectivo.

Al hacerse el levantamiento de una cuenca se determinarán los siguientes datos:

- * Forma de la cuenca y su área correspondiente.
- * Coeficiente de escurrimiento aproximado de acuerdo con -- las características de vegetación, topografía, geología -- etc.

1.2.1 B) Levantamiento de vasos. Si el vaso es pequeño, -- este levantamiento se puede llevar a cabo por medio de una -- poligonal a lo largo del cauce empleando brújula, cinta de -- acero y nivel de mano. Apoyandose en esta poligonal se efec- -- tuarán secciones transversales espaciadas de acuerdo a la to- -- pografía del terreno.

En vasos medianos y grandes se recomienda llevar una -- poligonal con estadio, siguiendo aproximadamente la curva de embalse probable, cerrandola en la boquilla y tomando a uno y otro lado de la poligonal varios puntos de configuración. Ligando a la poligonal anterior se llevará otra por el cauce de la corriente tomándose también los puntos de configura- -- ción que se estimen necesarios. Además se deben tomar la in- -- formación siguiente: Nombre de la corriente por aprovechar,

de que río es afluente, características del cauce principal, régimen de la corriente época de lluvias y de estiaje y avenidas máximas poder destructivo tipo y tamaño de acarneos -- huellas dejadas (a la altura de la boquilla).

1.2.1 C) Levantamiento de boquilla. Estos levantamientos se efectuarán por medio de secciones transversales al cauce utilizando brújula, nivel de mano y cinta de acero. El número de seccionales transversales dependerá de la topografía. Cuando las boquillas tengan líneas a nivel rectas y paralelas, bastarán 2 ó 3 secciones; se anotarán las características generales de la boquilla.

1.2.1 D) Levantamiento de zona de riego. Para los estudios preliminares no es necesario efectuar el levantamiento de la zona de riego bastará investigar si existen tierras -- que satisfagan, la necesidad del proyecto o estimar la superficie de riego disponible lo que puede hacerse durante la visita de inspección, complementariamente se hará un recorrido por la zona de riego para conocer en forma aproximada las -- longitudes del canal muerto y del principal, y tener idea -- del límite de la zona regable.

De cada uno de los levantamientos topográficos preliminares se elaboraran sus planos respectivos a escala adecuada y conteniendo los datos necesarios que ayuden al propósi-

to de dichos estudios.

1.2.2 GEOLOGICOS

El objeto de estos estudios es evitar gastos innecesarios que representan la ejecución de estudios definitivos en aquellos aprovechamientos que pueden ser desechados en la inspección geológica preliminar o en la visita de inspección. Este estudio se debe hacer tanto en el vaso como en la boquilla.

1.2.2 A) Geología de la boquilla. Se deberá obtener la información geológica de carácter general de aquel o aquellos sitios propuestos a fin de seleccionar uno en el que posteriormente se hará el levantamiento a detalle. Los datos a recabar en el estrechamiento deben ser de tipo geomorfológico, geológico, estructural y estratigráfico general.

Se deberán efectuar algunos pozos a cielo abierto que serán necesarios para interpretar de una manera franca la geología de la boquilla.

1.2.2 B) Geología del vaso. Se llevará a cabo un reconocimiento del mismo para determinar sus características geológicas principales, debiéndose recabar la información necesaria sobre la posición estructural y estratigráfica de - -

aquellas zonas de clara infiltración, manantiales y de otros factores que puedan influir para desechar el sitio propuesto. En caso de existencia de manantiales además de determinar su control geológico, se tomará una muestra de agua para su análisis químico; se aforará y tomará su temperatura. Se tratará de conocer si el agua proviene de un acuífero superficial o subterráneo y si es susceptible de afectar al almacenamiento al invertirse su flujo con la carga de embalse.

1.2.3 AGROLOGICOS.

Estos estudios tienen por objeto determinar si existen terrenos irrigables en la zona propuesta, que ameriten ser estudiados a detalle; estas investigaciones se llevan a cabo simultáneamente con los otros estudios preliminares que se están desarrollando.

Los temas principales que deben desarrollarse con mayor amplitud son: necesidad de riego, calidad, cantidad y situación de los núcleos regables, climatología de la región, - - agricultura, coeficiente de riego y condiciones especiales - del proyecto que deberán ser tratadas o pueden presentar problemas de otro tipo que también son de importancia como son:

-Que el clima de la región impida o dificulte el desarrollo de la agricultura ya sea por heladas, altitud, vientos hurac

canados ó por características malsanas para el desarrollo agrícola.

- Que los suelos sean fuertemente alcalinos en cuyo caso -- habrá que estudiar la clase de sales, su distribución en el perfil, oscilaciones de la capa freática, permeabilidad y posibilidad de abonar esos suelos.
- Que los suelos no sean francamente agrícolas o regables -- porque sus clases dominantes sean de 3a. ó 4a. clase en -- cuyo caso deberá estudiarse con cuidado la posibilidad de utilización de los de 3a. y el porcentaje útil de los suelos de 4a. clase así como las características que pueda -- tener su riego.
- Las plagas y enfermedades que puedan ser causa constante de pérdidas de cosecha.

1.2.4 HIDROLOGICOS.

Los propósitos de estos estudios consisten en obtener en forma simplemente aproximada los siguientes elementos pa
ra fines de anteproyecto.

- Capacidad total probable de un almacenamiento en función de la disponibilidad hidrológica.
- Gasto de la avenida máxima probable del anteproyecto

Con apoyo en el mismo criterio se puede considerar que el vaso funcionará con una eficiencia media de 0.80 luego, la capacidad útil [C.U.] se puede considerar como:

$$C.U. = \frac{\text{Vol. Aprov.}}{\text{Efic. (e)}} = \frac{\text{Vol. Aprov.}}{0.80} = 1.25 \text{ Vol. Aprov.}$$

ó también

$$C.U. = \frac{0.70 \text{ V.E.}}{0.80} = 0.875 \text{ V.E.}$$

La capacidad de azolves en igual forma la podemos considerar en promedio como.

$$\text{Cap. de Azolves} = 0.037 \text{ V.E.}$$

- * Avenida máxima esta se va a obtener con los estudios hidrológicos definitivos.
- * La superficie de riego.- suponiendo que cada hectárea de tierra requiere aproximadamente 7,000 m³ de agua tratándose de diferentes cultivos y en el caso de monocultivos son necesarios un promedio de 8,000 m³ de agua de aquí que al dividir el volumen aprovechable entre un valor medio de 7,500 m³/ha. se llega a obtener la superficie de riego probable.

Con apoyo en el mismo criterio se puede considerar que el vaso funcionará con una eficiencia media de 0.80 luego, - la capacidad útil [C.U.] se puede considerar como:

$$C.U. = \frac{\text{Vol. Aprov.}}{\text{Efic. (e)}} = \frac{\text{Vol. Aprov.}}{0.80} = 1.25 \text{ Vol. Aprov.}$$

ó también

$$C.U. = \frac{0.70 \text{ V.E.}}{0.80} = 0.875 \text{ V.E.}$$

La capacidad de azolves en igual forma la podemos considerar en promedio como.

$$\text{Cap. de Azolves} = 0.037 \text{ V.E.}$$

- * Avenida máxima esta se va a obtener con los estudios hidrológicos definitivos.
- * La superficie de riego.- suponiendo que cada hectárea de tierra requiere aproximadamente 7,000 m³ de agua tratándose de diferentes cultivos y en el caso de monocultivos - son necesarios un promedio de 8,000 m³ de agua de aquí que al dividir el volumen aprovechable entre un valor medio de 7,500 m³/ha. se llega a obtener la superficie de riego -- probable.

1.2.5 SOCIO ECONOMICOS.

El aspecto técnico ó el socio-económico en su etapa preliminar puede justificar, limitar o diferir la ejecución de una obra, por lo que no sería razonable asignar subsecuentes recursos en proyectos que no podrán realizarse, de igual forma que por la geología, topografía, agrología, etc., una obra no es factible, puede no serlo por aspectos sociales o económicos, como conflictos por tenencia de la tierra, costos ó beneficios inadecuados comercialización crédito etc.

Los estudios socio-económicos nos dan una idea de las condiciones y características que privan en la localidad que probablemente sea la que se beneficie con el proyecto, también hay que ver los problemas socio-económicos actuales y los que probablemente se pudieran suscitar con la ejecución de la obra con especial atención a la actividad agrícola, níveles de vida y bienestar de los posibles beneficiados elementos con los cuales en principio se puede detectar la factibilidad económica de la obra.



2 ESTUDIOS TECNICOS DEFINITIVOS.

2.1 SOCIO-ECONOMICO.

El estudio socio-económico a través del cual se analiza la realidad social y económica existente en las comunidades a las que se tiene proyectado beneficiar con obras de riego, tiene una importancia fundamental, para determinar, cual es el tipo de obra que debe ejecutarse desde el punto de vista técnico, económico y social.

Un aspecto aún más importante es que nos proporciona el conocimiento de las causas que frenan ó propician los beneficios propuestos conocimiento que nos permitirá atacar aquellos que se exigen como barreras al desarrollo e impulsar -- las que lo propician igualmente el estudio socio-económico - definitivo encauza por los canales adecuados las labores de promoción a realizar, indispensables para el óptimo aprovechamiento de las obras de riego para el desarrollo rural.

Su elaboración se basará en los siguientes indicadores de los que se investigará su situación actual.

- Vías de comunicación
- Conocimientos Agrícolas
- Conocimientos Pecuarios
- Educación
- Nivel de desarrollo socio-económico del municipio.

2.2 TOPOGRAFICOS.

Los estudios topográficos que deberán llevarse a cabo - y que estarán destinados a la planeación y desarrollo del -- proyecto son:

-
- A) Cuenca de captación.
- B) Vaso de almacenamiento
- C) Boquillas
- D) Zonas de riego.

2.2.1 El levantamiento topográfico de una cuenca de captación se hace generalmente para determinar su área y la forma de concentración de los escurrimientos, a fin de utilizar es tos datos en la solución de problemas hidrológicos.

Al hacer el levantamiento de una cuenca deben obtenerse los datos siguientes.

- * Area y forma de la cuenca.
- * Forma de concentración de los escurrimientos.
- * Cubierta vegetal (Zonas forestales, áreas cultivadas etc)
- * Geología superficial (Características generales de cada zona de la cuenca).
- * Existencia dentro de la cuenca de obras hidráulicas, centros urbanos, vías de comunicación, etc.

Los datos anteriores nos serán de mucha utilidad principalmente para estimar el coeficiente de escurrimiento.

El levantamiento de una cuenca de captación, presenta 2 etapas principales.

- a) La identificación del parte-aguas.
- b) El levantamiento de la cuenca.

a*) Para identificar el parte-aguas, se hará un recorrido por el mismo y se irán dejando señales en puntos adecuados, los cuales posteriormente se localizarán al realizar el levantamiento. Es de recomendarse que este trabajo se efectue con cuidado, pues pequeñas equivocaciones traen consigo errores que se hacen notar en estudios posteriores.

b*) Tomando en cuenta que las superficies de las cuencas en este tipo de aprovechamiento son pequeñas, para cuencas cuya superficie sea hasta de 100 km^2 se deberá realizar el levantamiento topográfico, o sea no se determinará la superficie ayudándose de una carta geográfica, ya que por su poca extensión es difícil precisarla con la aproximación que requiere.

2.2 2 Vaso de almacenamiento. El levantamiento topográfico

de un vaso de almacenamiento tiene por objeto determinar su plano topográfico el cual nos será de utilidad para:

- * Para conocer su capacidad a diferentes elevaciones.
- * Para conocer las áreas de embalse a diferentes elevaciones para poder estimar las pérdidas por evaporación y la capacidad de efectos regularizadores.
- * De apoyo a los estudios geológicos que se realicen posteriormente.
- * Para determinar las áreas y distribuciones de las propiedades que pueden ser inundadas y poder valuar las indemnizaciones correspondientes.

2.2.3 El levantamiento topográfico de las boquillas se hace para los siguientes propósitos.

- * Contar con un apoyo para las exploraciones geológicas.
- * Disponer de un plano topográfico detallado para el diseño de la cortina y obras auxiliares.
- * Establecer puntos de apoyo que serán utilizados para control de líneas y niveles durante la construcción.

El levantamiento de la boquilla constará de 2 partes.

- 1.- Establecimiento de puntos de control y apoyo.
- 2.- Configuración del terreno y levantamiento de detalle.

posteriormente se elaborará un plano en el cual deberán ir los principales detalles del terreno tales como ríos, arroyos, veredas centros de población etc.

2.3 GEOLOGICOS.

Los estudios geológicos para este tipo de aprovechamiento revisten gran importancia en virtud de que pequeñas infiltraciones pueden originar contratiempos ó el fracaso de la obra sobre todo en almacenamientos pequeños.

Se levantará un plano de la geología superficial de la zona de la presa en proyecto, abarcando boquilla y vaso, en el que deban aparecer las condiciones generales de estructura geológica y secuencia estratigráfica. Como complemento al plano indicado y siempre que sea posible, se debe hacer la clasificación y la medición de los sistemas de fracturamiento de los afloramientos de las rocas que constituyen la boquilla con el fin de correlacionar su geometría y su intensidad con la estabilidad de los cortes y obras de excavación que puedan requerir los diseños de la obra.

2.3.1 Geología de la boquilla. Se hará el levantamiento detallado para relacionar la geología local con las diferentes partes estructurales de la obra hidráulica, cortina vertedor y obra de toma.

Se pondrá especial atención a la zona de cimentación de la cortina en lo que se refiere a la permeabilidad y la resistencia de la roca o suelo que en ella existan.

2.3.2 Geología del vaso. Es preciso levantar con todo detalle las estructuras geológicas como roquedades en rocas solubles, fracturas y fallas abiertas, cuerpos permeables, etc. así como la capa superficial impermeable que cubre a las rocas, para relacionarlas con la cota de embalsamiento, para de esta manera prever la posibilidad de la ejecución de tratamientos locales económicamente factibles, como de inyectado, tendido de arcilla protegido con rezaga, en alguna ó algunas zonas del vaso, que presenten características permeables de consecuencias desfavorables para el correcto funcionamiento del vaso.

2.3.3 Pruebas de Permeabilidad. Con objeto de verificar el grado de permeabilidad de los materiales que constituyen el vaso o la boquilla es deseable efectuar pruebas de permeabilidad de campo. La prueba de campo consiste en excavar un cubo de 30cm. de lado por ejemplo se llena con agua varias veces hasta saturar el terreno una vez cumplido este requisito, se vuelve a llenar; por el tiempo que tarda en ser absorbida esta agua que se juzga sobre la permeabilidad del material. El control de las pruebas se hace midiendo cada hora, el abatimiento que presenta el espejo del agua. Se estima -

que un terreno es poco permeable si el agua tarda entre 25 y 30 horas en infiltrarse totalmente.

2.4 AGROLOGICOS.

Los estudios agrológicos forman parte muy importante de los estudios técnicos básicos, indispensables para la correcta planeación de los proyectos de riego.

Actualmente en el país los estudios se jerarquizan en el siguiente orden:

- 1.- Reconocimiento
- 2.- Semidetallado
- 3.- Detallado
- 4.- Especial.

Ya que para el caso de pequeños almacenamientos se consideran fundamentales, ya que permiten determinar algunos aspectos importantes entre los que se encuentran.

- 1.- Clasificación de suelos en series, tipos y fases.
- 2.- Clasificación de suelos para su uso agrícola bajo riego.
- 3.- Programa de cultivos en base a la relación suelo-agua - planta-clima.
- 4.- Necesidades de nivelación de tierras.

- 5.- Calidad del agua de riego
- 6.- Métodos de riego para los diferentes tipos de suelo.
- 7.- Láminas de riego para cada tipo de suelo.
- 8.- Necesidades globales para cada cultivo.
- 9.- Bases para el trazo de la red de distribución de agua.
- 10.- Medidas para evitar la salinización de los suelos.
- 11.- Necesidades de drenaje agrícola.
- 12.- Capacidad de uso de los suelos.
- 13.- Medidas para controlar la erosión
- 14.- Manejo que debe darse a los suelos.
- 15.- Determinación del valor de la tierra.

2.4.1 Estudio Agrológico de Reconocimiento. Tiene como finalidad conocer en forma general las características de los suelos, su extensión y localización; así como la distribución de aquellos que pueden aprovecharse para la agricultura de riego.

La utilidad de un estudio de esta naturaleza nos sirve para que los datos obtenidos sean prácticamente un inventario general de suelos, el cual sirve como guía para la selección de áreas que deberán estudiarse con mayor detalle para el establecimiento de una agricultura de riego. Los datos que se reporten de este estudio se refieren a las características generales de los suelos las cuales son fáciles de identificar en el campo, tales como áreas erosionadas de inundación, pe-

dregosas, salinas, de topografía difícil etc.

El método más apropiado para llevar a cabo este estudio es la fotointerpretación llevando siempre a cabo verificaciones de campo.

2.4.2 Estudio agrológico semidetallado. Este estudio se realiza en áreas previamente reconocidas como interesantes para un proyecto de riego. Su finalidad es la de obtener una información más precisa sobre la calidad, superficie y distribución de los suelos, con objeto de determinar si se justifica la realización del proyecto de irrigación. Lo anterior nos sirve como base para el anteproyecto de una obra de irrigación, ya que permite calcular las necesidades globales de agua de acuerdo a los cultivos que se pretenden establecer, tomando en cuenta la capacidad de uso de los suelos. Por otra parte determina el manejo que se debe dar a los suelos y la producción agrícola que se pretende obtener.

La información que se obtiene en este estudio se refiere a las características generales físicas, químicas y biológicas de los suelos.

El método principal de llevarlo a cabo es el de fotointerpretación con verificaciones de campo y el levantamiento directo ambos con análisis de laboratorio.

2.4.3 Estudio Agrológico detallado. La finalidad de este estudio es determinar con la mayor precisión posible las características generales físicas, químicas, biológicas e hidrodinámicas de los suelos, de tal manera que se pueda planear con base en esta información una agricultura bajo riego debidamente tecnificada. Esto nos sirve de base para el diseño definitivo de un proyecto de irrigación, el cual incluye el cálculo de canales y sistemas secundarios de distribución así como el sistema de drenaje agrícola necesario.

Además sirve para determinar la capacidad de uso y manejo de suelos, lo cual es muy importante en las fases de construcción, operación y conservación de los sistemas de riego. Este tipo de estudio es el que reporta mayor número de datos sobre las propiedades de los suelos.

2.4.4 Estudios Agrológicos especiales. Durante la planeación de un proyecto o bien durante el desarrollo de un distrito de riego ya en operación, se puede presentar la necesidad de efectuar estudios agrológicos especiales para obtener la solución más apropiada de problema específico de suelos.

De acuerdo a la VI reunión de presidentes de agrología celebrada en México D. F. en 1972 se consideran estudios especiales:

- Salinidad y/o Sodicidad

- Velocidades de infiltración

- Drenaje Agrícola
- Valorización de tierras
- Contaminación
- Fertilidad
- Nivelación de tierras.
- Biología de suelos
- Grandes grupos de suelos
- Climatología agrícola
- Minerología de suelos.

Las características de estos estudios son muy diversas y dependen del aspecto específico a que se refieran. La información que reportan proporciona las soluciones adecuadas a los problemas específicos de suelos que se presenten en el área de estudio.

Estos estudios deberán efectuarse con la oportunidad necesaria para lo cual se les deben destinar medios económicos suficientes para su realización en el menor tiempo posible.

2.5 HIDROLOGICOS

El estudio hidrológico para un almacenamiento tiene por objeto determinar dentro de límites económicos la capacidad que resulte más adecuada de acuerdo con las características hidrológicas de la corriente, por aprovechar la disponibilidad de tierras, también nos permite fijar las características hidráulicas de las obras de toma y de excedencias.

Teniendo como base los resultados del estudio hidroló-

gico para un aprovechamiento por almacenamiento, es decir, - habiendo determinado la superficie por beneficiar y las capacidades más convenientes de azolve, útil y total de la presa, así como de las obras de toma y excedencias, se procede a -- efectuar el diseño de la cortina y sus estructuras de toma y excedencias, previamente elegido el tipo de presa más adecuado con las características geológicas y topográficas de la boquilla.

2.5.1 Régimen de la corriente. Al conocer el régimen de la corriente nos ayudará en primer lugar para determinar el gasto aprovechable sin deficiencias en el riego o con los mínimos aceptables, el conocimiento del régimen de la corriente de un río no puede hacerse sino en virtud de la determinación de los gastos hidráulicos escurridos por él durante el período de tiempo mayor posible.

Se puede conocer el régimen de una corriente en forma directa cuando se tienen datos de aforo de varios años el estudio hidrológico se simplifica y los resultados obtenidos - en el análisis son más verídicos.

Cuando no se tienen antecedentes sobre el régimen de -- una corriente se puede obtener en forma indirecta la cual es solo aproximada deduciendo los gastos en función de los 3 -- factores analíticos que los producen que son: las lluvias, - el área de la cuenca y el coeficiente de escurrimiento que -

hay que aplicar, para determinar en forma aproximada.

Considerando la variación del caudal de las corrientes, se ha convenido clasificarlas en:

- a) Corrientes con régimen permanente.
- b) Corrientes con régimen no permanente o intermitentes.

Las primeras se caracterizan por tener en cualquier época del año un gasto más o menos constante y apreciable, de tal suerte que es factible aprovechar, en cambio en las segundas únicamente en temporada de lluvias se tienen escurrimientos, llegando a ser nulos o casi nulos en época de estiaje o de sequía.

En cualquier caso, para determinar el área de riego, será necesario relacionar el régimen de la corriente o de aportaciones con las demandas de riego. Como las demandas dependen principalmente de la superficie factible de regar y de los cultivos, se acostumbra efectuar varias alternativas de calendarios de riegos, variando cultivos y superficies, correspondientes con la idea de obtener la máxima eficiencia del aprovechamiento en cuanto al área regada y volumen de agua aprovechando.

2.5.2 Avenida máxima del proyecto. En los proyectos de obras hidráulicas, aprovechando corriente superficiales es

importante conocer el valor de la avenida máxima, ya que las experiencias indican que un gran porcentaje de los fracasos en las obras hidráulicas, se ha debido a la subestimación de la magnitud de la avenida máxima de la corriente que es posible esperar y por lo tanto a la deficiente capacidad de las obras de excedencias para dar paso a dicha avenida.

Se da el nombre de avenida a un aumento más o menos rápido del gasto de una corriente, ocasionado por una tormenta o sucesión de tormentas ocurridas en su cuenca de captación.

La magnitud de la avenida depende de muchos factores - siendo los principales.

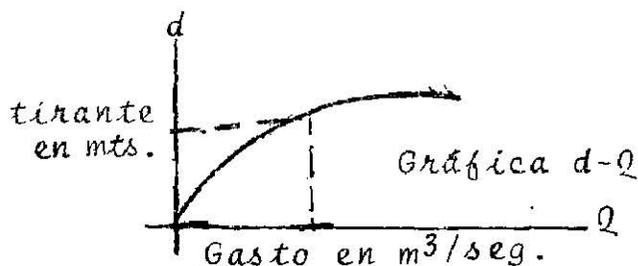
- Intensidad y duración de las tormentas
- Localización y amplitud de las tormentas en la cuenca de captación.
- Trayectoria de la tormenta.
- Area y forma de la cuenca de captación.
- Topografía de la cuenca, la pendiente de ella y de las corrientes principales.
- Geología de la cuenca.
- Vegetación de la cuenca
- Estado de saturación de la cuenca.

Se tienen establecidos varios procedimientos para deterer.

minar el gasto máximo de una avenida, pero no siempre es posible aplicarlos, debido a que algunas requieren de muchos datos, que también muchas veces no es posible reunir y otros no encajan dentro de determinado tipo de problemas, algunos de los métodos usados con más frecuencia son: el método de las curvas envolventes; y el método de la sección y la pendiente, este último es muy práctico por su facilidad de aplicación, así como por la obtención de datos y además que los resultados que se han obtenido han sido satisfactorios.

No obstante cuando sea posible aplicar otros métodos será conveniente y recomendable utilizarlos a fin de obtener con mayor base la avenida del proyecto.

2.5.3 Curvas tirantes. Gasto de la corriente. Se construye en un sistema de ejes cartesianos, anotando como ordenadas los tirantes en el río, en el sitio de aprovechamiento y como abscisas el gasto correspondiente.



Cuando no se tienen datos de aforo, que es lo más común en proyectos pequeños esta curva se puede construir en -

forma aproximada con el método de la sección y la pendiente.

Mediante esta curva se puede conocer rápidamente el gasto para un valor dado del tirante lo cual es útil durante el desarrollo del cálculo hidráulico de una derivadora por ejemplo, para fijar los niveles de descarga del vertedor, elevación del canal de la obra de toma a fin de protegerlo en una posible inundación etc.

En ocasiones la curva de gastos también ayuda a normar el criterio sobre la magnitud de la avenida máxima, ya que - algunas veces al observarla se ve que el valor del tirante - correspondiente a ese gasto máximo es mucho más alto que las huellas observadas en el cauce de las avenidas más grandes - de que se tengan noticias, y en algunos casos, el tirante -- llega a ser más alto que la altura total de la barranca del arroyo, lo cual hace suponer un posible desbordamiento, es entonces cuando se siente la inquietud de disminuir el valor de la avenida máxima ya calculada. Solo después de meditar todos los puntos anteriores podrá aceptarse una reducción - del valor de la avenida.

2.5.4 Capacidad de la obra de toma. Esta se diseñará para proporcionar como mínimo el gasto requerido, en el mes de - máxima demanda, de acuerdo con los cultivos, áreas y calendario de riego.

Si consideramos que:

Q_t : Es el gasto en la obra de toma

D_b : La demanda bruta de riego en mts.

N_h : La duración diaria de los riegos, medida en seg.

N_d : Los días de riego considerados en el mes.

Entonces el valor del gasto [Q_t] nos será dado con la expresión siguiente.

$$Q_t = \frac{D_b}{N_h \cdot N_d} = m^3/\text{seg.}$$

En ocasiones cuando en la determinación de las demandas las láminas de riego, no se afecten los coeficientes de conducción y aplicación, es decir se emplearon láminas netas, - el Q_t debe corregirse de acuerdo a la expresión siguiente.

$$Q_t = \frac{D_n}{N_h \cdot N_d \cdot K_c \cdot K_a} = m^3/\text{seg.}$$

Donde D_n es la demanda neta de riego y K_c y K_a el coeficiente de conducción y aplicación respectivamente, los cuales dependen de las pérdidas de agua por esos conceptos.

2.5.4.1 Coeficiente de riego. En estudios previos o ante-

proyectos, para determinar el gasto de derivación se emplea el término " coeficiente de riego " esto es el número de litros por segundo que se le suministra o asigna a una hectárea de cultivo para satisfacer el riego en el período agrícola.

El cual se puede calcular de acuerdo a la expresión siguiente.

$$C_r = \frac{Q_t}{S_r} = \text{lts/seg/Ha.}$$

C_r . Coeficiente de riego.

Q_t . Gasto en la obra de toma
(lts/seg.).

S_r Superficie de riego.

Como el coeficiente de riego depende de muchos factores tales como cultivo, clima, clase de suelo, extensión de la zona de riego, forma de aplicación del riego etc., en la adopción de este coeficiente, deberá tomarse muy en cuenta la semejanza del proyecto de riego en cuestión con la obra de donde proviene el coeficiente elegido.

2.5.5 Azolves, acarreos, poder destructivo de las crecientes. Para la elección del sitio, de derivación se busca siempre que haya la menor acumulación de azolves y acarreos de gran tamaño. así como la erosión debida a la velocidad de las crecientes dentro del estudio hidrológico se ha creído -

conveniente incluir estos conceptos, con el objeto de no perderlos de vista en el diseño de la obra puesto que la evaluación de estos elementos se relacionan con los escurrimientos de la corriente.

Desde luego la determinación de la cantidad de acarreo tamaño y calidad de los mismos, no es tan riguroso y probablemente mediante una visita de inspección del proyectista, al sitio del aprovechamiento será suficiente para percatarse de sus características y considerarlas en el diseño de estructuras de limpia o de desarenadores.

2.5.6 Remanso. Cuando a una corriente se le antepone algún obstáculo, se provoca el fenómeno llamado remanso, que no es otra cosa más que la sobre elevación del nivel del agua que empieza en el obstáculo y se prolonga disminuyendo aguas arriba hasta que pierde su efecto.

Por ejemplo en el caso de una derivadora, muchas veces es necesario determinar la curva del remanso con el fin de prever la inundación de terrenos siberreños, sobre todo cuando las derivadoras se localizan en ríos de cauce más o menos ancho y que no estén encajonados. También la curva de remanso ayuda a fijar la altura de los muros de encauzamiento y de retificaciones en los ríos si el caso lo amerita.

Aunque existen varios métodos para determinar la curva

de remanso y que entre paréntesis es un fenómeno muy complejo, motivo de investigación y que hasta ahora no se cuenta con un método preciso para la solución de este problema.

3 MECANICA DE SUELOS.

Mediante los procedimientos que ha establecido la mecánica de suelos se determinan las características físicas y mecánicas de los materiales que se emplearan en la construcción así como de los que se tengan en el sitio donde se cimentarán las estructuras a fin de que el diseño de las mismas estén de acuerdo con la clase y tipo de los materiales.

El estudio de mecánica de suelos será más amplio y más estricto a medida que la magnitud física de la obra lo requiera pero en general será necesario conocer los siguientes conceptos.

- a) Descripción desde el punto de vista de la mecánica de suelos de los materiales existentes en el cauce y laderas de la corriente.
- b) Granulometría
- c) Estimación de la capacidad de carga.
- d) Taludes de corte recomendables.
- e) Angulo de reposo de los materiales de excavación
- f) Permeabilidad de la cimentación.

Dentro de la mecánica de suelos de presas de almacenamiento lo correspondiente al diseño de sus cortinas las cuales por sus características estructurales y según los mate--

riales conocidos y disponibles se dividen en 2 grupos: Cortinas de tipo rígido y cortinas de tipo flexible.

A las flexibles se les denominan así por la capacidad de absorber ciertas deformaciones sin poner en peligro la estructura. En cuanto a las rígidas no tienen esta característica salvo por casos especiales en la cual algunas de las partes de la cortina se independizan de las otras por medio de juntas, o bien por una combinación ó por un cambio de sección rígida o flexible.

También es conveniente enumerar algunas de las características a que queda sujeta la elección más apropiada de una cortina según las condiciones de campo, como son aspectos geológicos disponibilidad de materiales, topografía, aspectos sociales y fenómenos naturales sobre todo si el proyecto se tiene planeado en una región sísmica, o zona muy lluviosa.

3.1. ESTUDIOS DE BANCOS DE PRESTAMO. El estudio de las zonas de donde se obtendrán los materiales para la construcción de la cortina, comprende los aspectos siguientes. Localización, muestreo y cubicación.

3.1.1 Localización. Los bancos de material impremeable deberán localizarse preferentemente aguas abajo del eje, a la menor distancia posible pero sin explotar una franja de un

ancho mínimo 3 veces la altura de la cortina a partir de la traza del talud, con objeto de mantener el nivel del terreno natural en las zonas cercanas a la cortina que impida una de sestabilidad de la misma, a la vez de que funciona dicha franja como tapete para incremento del paso de filtración.

Las zonas para explotación del material impremeable podrán fijarse dentro del vaso siempre y cuando no sea afectado por inundación durante la construcción y la capa de suelo -- tenga una dimensión aceptable, con objeto de mantener intoca ble un espesor de arcilla de 1.0 mts., esta precaución resul ta conveniente dado que por la magnitud de este tipo de -- obras, difícilmente es posible llevar a cabo un completo estudio de los vasos que comprueben eficazmente su impermeabilidad.

Los bancos de grava y arena de los cauces constituyen un excelente material de construcción siempre y cuando no -- contengan más del 10% de peso en suelo fino, este material -- puede utilizarse en respaldos estabilizadores, en filtros de pie bajo los taludes de aguas abajo de las cortinas o bien -- como material de transición.

Además se localizarán los bancos de roca que se usarán para la chapa protectora de enrocamiento en ambos taludes de la cortina ó bien para estabilización.

3.2 MUESTREO DEL MATERIAL IMPERMEABLE. Deberán delimitarse las áreas de los diferentes tipos de materiales impermeables así como los volúmenes disponibles, con el objeto de hacer una selección de las muestras representativas que servirán para efectuar los ensayos de laboratorio necesarios para obtener los valores de las propiedades mecánicas que intervendrán en el diseño.

De cada uno de los bancos de material impermeable con posibilidades de explotación, se extraera una muestra de -- 35,000 m³ del total de volumen pre-estimado para el cuerpo de la cortina, siempre y cuando los pozos de exploración para la cubicación muestren homogeneidad.

Para la obtención de muestras integrales se cavarán pozos a cielo abierto, con pico y pala con dimensiones mínimas de 1.50 m X 2.00 m. y hasta la profundidad que se considere suficiente para cubrir las necesidades de explotación o de acuerdo con el material existente. En caso de encontrar formaciones en capas gruesas (superiores a 50 cm) -- con distinta textura, granulometría aparente o coloración, se muestreará el pozo parcialmente según cada capa.

Al conocer la humedad natural de los bancos preve la necesidad de dar riego al material que se tenderá a ser compactado; la humedad óptima de compactación podrá darse al material en el sitio mismo de su colocación o bien propor--

cionarsela al banco, siendo este último procedimiento más -
desable por ser el modo de obtener compactaciones más unífor-
mes. Por otra parte si las humedades naturales del banco -
son muy superiores a la óptima requerida, se deben tomar pre-
videncias para disminuirlas por medio de drenes construídos
previamente a la explotación.

Además se indicarán todos aquellos pozos desechados por
contaminación ó algún otro factor negativo.

3.3 CUBICACION. Para la cubicación de los bancos de presta-
mo de material impermeable o de grava y arena, se procede a
ejecutar una serie de pozos distribuídos según una cuadrícu-
la o de acuerdo a un trazo longitudinal según el caso, con -
espaciamientos de 75 a 100 mts. y en número suficiente para
poder estimar la superficie y profundidad que se requiere pa-
ra obtener el volúmen necesario. En el caso de bancos de ro-
ca la cubicación se hace en forma estimativa.

3.4 ESTUDIOS DE LABORATORIO. Estos estudios de laboratorio
sobre la mecánica de suelos son muy necesarios para determi-
nar las características del proyecto de la cortina de un al-
macenamiento, en el entendido que dichos estudios deberán su-
jetarse a las normas establecidas.

3.4.1 Clasificación de los suelos. Es conveniente antes de

entrar en los problemas de diseño de la cortina, clasificar el tipo de suelo que se usará en su construcción, con objeto de estudiar los diversos factores que afectan a sus propiedades mecánicas y ordenarlos en grupos de características conforme a una convención establecida por ejemplo alguna de dichas convenciones puede ser " Sistema Unificado de Clasificación de Suelos "

3.4.2 Prueba de compactación Proctor. En general es conveniente compactar un suelo para incrementar su resistencia al esfuerzo cortante, reducir su compresibilidad y hacerlo más impermeable. El acomodo de las partículas de un suelo que se va a tratar de mejorar mediante un proceso de compactación, no solo depende de las características del dispositivo que se va a usar para compactarlo, sino fundamentalmente de la humedad que tenga el material.

La prueba Proctor nos determinará las condiciones óptimas de compactación de un suelo en el laboratorio para que posteriormente se correlacionen estos resultados a los que se obtengan en el campo en el proceso constructivo y con el equipo que se tenga fijado previamente.

3.4.3 Densidad. La densidad (gravedad específica) se define como la relación entre el peso seco de los sólidos de un suelo u el peso del volumen de agua que se desalojan. -

La densidad generalmente no es un índice importante en el comportamiento de suelos pero es necesaria para determinar otras propiedades. En la mayoría de los suelos la densidad oscila entre 2.4 y 2.8 .

3.5 PROPIEDADES MECANICAS. Para determinar las propiedades mecánicas de los suelos existen 2 criterios:

1^o Cuando se trata de pequeños almacenamientos con sección homogénea de suelo arcilloso y con una carga hidráulica menor de 15 mts. y una capacidad menor de 3,000,000 m³ para el caso de pequeños almacenamientos las propiedades mecánicas de los suelos se pueden llevar a cabo mediante el análisis de estabilidad en base a una prueba triaxial rápida no drenada; sin embargo en los laboratorios regionales normalmente no se cuenta con el equipo apropiado como lo serían unas cámaras triaxiales. Además tratándose de suelos cohesivos, los valores obtenidos para el ángulo de fricción interna mediante la prueba mencionada, son pequeños ó nulos, o bien si llegan a ser de consideración más de 10° la altura de la presa es tan baja que su intervención en la resistencia también es de poca importancia. Por lo tanto es conveniente no hacerlos intervenir en el análisis de taludes, lo que asegura una mayor estabilidad, en caso de necesitarse.

Los especímenes de prueba remoldeados que se usarán pa-

ra la prueba serán elaborados con suelo pasado por la malla No. 4 con una compactación entre 90% cuando se trata de arcillas francas y no menor de 93% para materiales limosos ó arenas limosas ó arcillosas, en ambos casos se tratarán con grados de saturación entre el 92% y 96% no considerándose saturaciones mayores; debido a las pocas probabilidades de que los materiales de las cortinas de pequeños almacenamientos se saturen totalmente, tanto por su impermeabilidad, como las condiciones de funcionamiento de los vasos los cuales solo una parte del año están llenos.

El porcentaje de compactación de los especímenes, se fijará de acuerdo con la compactación (relación entre el peso volumétrico seco y el óptimo determinado en la prueba de proctor) que se puede alcanzar en el terraplen con el equipo de construcción usado, trabajando en condiciones normales y tomando en cuenta los resultados obtenidos en el laboratorio de acuerdo con la calidad del material disponible.

2º Para el estudio de mecánica de suelos en almacenamientos medianos con una carga hidráulica mayor de 15 m. y una capacidad mayor de 3,000,000 de m³. En este caso se utilizarán los procedimientos convencionales remoldeando especímenes para 95% de compactación y 100% de saturación y determinando principalmente las propiedades mecánicas para 2 condiciones:

Finales [funcionamiento perenne de la cortina].

Iniciales [al término de la cortina].

3.6 ESTUDIO DE LA CIMENTACION. La cimentación de una estructura puede clasificarse a grandes rasgos según los tipos siguientes:

A.- Cimentación rígida: rocas, conglomerados fuertemente cimentados, areniscas muy consolidadas, tobas duras (tepetate), etc.

Este tipo de cimentaciones no presenta ningún problema en cuanto a resistencia para la construcción de pequeñas cortinas de tierra. Los problemas principales pueden estar relacionados con las filtraciones a través de juntas porosas, fisuras, grietas y a lo largo de planos de fallas.

B.- Cimentación flexible: suelos aluviales o residuos de grano fino a base de limos y/o arcillas, tobas suaves, o bien alteraciones de roca por intemperización con espesores de consideración etc.

C.- Cimentación de acarreo grueso: Cantos rodados con gravas y arena. En general las cimentaciones de grava y arena son permeables, no así para las rígidas y flexibles cuya permeabilidad dependerá de su fracturamiento u oquedad.

Existen cimentaciones compuestas de varios tipos de suelos que provienen de distintos orígenes y que se encuentran estratificados en capas de arcilla limo, arena fina que pueden constar de formaciones lenticulares de un mismo material sin regularidad de secuencia, variación de extensión y espesor.

Uno de los graves problemas que habrá que tomar en cuenta es el fenómeno de tubificación, esto es, debido al flujo a través de una cimentación permeable, se producen fuerzas de filtración como resultado de la fricción entre el agua filtrada y las paredes de los poros del suelo por el cual fluye, estas fuerzas son las que llegan a ocasionar las fallas por tubificación.

Las cimentaciones relativamente impermeables o las permeables pero con una trinchera adecuada, no son susceptibles de tubificarse por la resistencia que el suelo impermeable ofrece al flujo del agua que hace que se disipe la carga que se tiene en el vaso antes de alcanzar el agua las trazas del talud de la cortina. Puesto que el fenómeno de la tubificación se inicia con el arrastre del material en el lado de aguas abajo por la velocidad de salida del agua filtrada, todas las medidas para evitar este fenómeno se concretan a controlar el arrastre del material mediante el empleo de filtros, constituidos por materiales permeables bien graduados cuya granulome-

tría esta acondicionada a la del material que se preten
de proteger.

De acuerdo con lo antes mencionado se comprende que los
principales requisitos que deben cumplir una cimenta-
ción para una cortina de tierra son:

- 1º Que pueda prestar apoyo estable para la cortina, ya que esta descansará en formaciones geológicas que erán esta
bles antes de la construcción pero que al ponerse en --
servicio la obra estarán sujetas a condiciones diferen-
tes debido principalmente a cargas adicionales que se --
le imponen y a los efectos de saturación, factores que
pueden originar problemas de estabilidad.
- 2º Que sea lo suficientemente impermeable para eliminar to
da posibilidad de filtración con objeto de que se cum-
pla con la finalidad de la obra y a la vez evitar posi-
bles acciones erosivas
- 3º Que la deformabilidad cuando se trate de cimentaciones
suaves (arcillas y/o limos sea de una magnitud tal --
que no signifiquen un peligro potencial para la estruc-
tura.

Para satisfacer los requisitos básicos anteriormente --
descritos se deberá tomar muy en cuenta lo siguiente.

- a) Resistencia al esfuerzo cortante. Los taludes de la --

cortina deben ser estables, tanto durante el proceso de construcción como durante el período de operación de la presa. Para satisfacer esta condición en lo que respecta a la cimentación, la cortina deberá diseñarse tomando en cuenta la resistencia al esfuerzo cortante de los materiales en que se cimentará en las condiciones más desfavorables.

- b) Permeabilidad. Debe tratarse de evitar las filtraciones por completo en este tipo de almacenamientos, tomando en cuenta independientemente de la carga una filtración de 1 lto/seg. reduce el almacenamiento, 31,500 m³/año - aprox. Si esto no es posible por razones económicas, deberán reducirse al mínimo en relación con la capacidad de almacenamiento con objeto de que no se nulifiquen o disminuirán los beneficios de la obra. Aún en este último caso será necesario tener la seguridad de la estabilidad de la cortina para lo cual deberá preverse en el diseño los dispositivos necesarios para evitar posibles fallas por tubificación que puedan poner en peligro la obra.
- c) Compresibilidad. En general todas las cortinas de tierra sufren deformaciones durante ó posteriormente a la construcción por virtud de las características de los materiales que la forman, tales como las arcillas que entran dentro de la categoría plástica, o bien los enroca

mientos o gravas y arenas de los respaldos estabilizados, los cuales experimentan reacomodo ya sea por peso propio o por los mismos movimientos del núcleo impermeable de arcilla, como por el llenado y vaciado de los vasos o bien por agentes telúricos como el sismo.

Sin embargo y aunque los movimientos diferenciales pueden ser absorbidos por las características anteriormente señaladas, deformaciones de gran magnitud principalmente por causa de cimentación pueden provocar agrietamientos en el cuerpo de la misma, siendo más peligrosos cuando se originan en sentido transversal al eje de la cortina.

En resumen se hace hincapié en que si las propiedades mecánicas de una cimentación son adecuadas para el diseño de una cortina, el estudio de la deformabilidad de aquella puede cambiar totalmente la geometría de la estructura. Además es importante mencionar que en general resulta más económico colocar banquetas estabilizadoras o tender taludes que remover cimentaciones con espesores mayores de 2 mts. siempre y cuando estas cimentaciones tengan condiciones de apoyo aceptables.

El conocimiento de los 3 requisitos básicos descritos con anterioridad, implica el contar con testigos lo mayormente fieles de la cimentación con que se cuente y llevarlos al laboratorio para sujetarlos a la sollicitación de carga y presión hidrostática con las que funcionarán en su momento más crítico.

3.7 DISEÑO.

3.7.1 Para llevar a cabo el diseño de las cortinas en pequeños almacenamientos los subdividiremos en la forma siguiente:

a) Cuando se trate de una sección homogénea de arcillas se podrá utilizar el abaco de Taylor, en el cual solo es aplicable la cohesión y siempre y cuando se trate de cimentaciones de suelo rígido, de acarreo grueso o bien suelo flexible o semi-rígido en donde se tenga conocimiento que las propiedades mecánicas son iguales o superiores a las de la cortina. En caso contrario se procederá a hacer un análisis de estabilidad partiendo de taludes 2:1 a base de círculos (según el criterio de Fellenius) que poseen por esta cimentación flexible hasta encontrar los factores de seguridad y cuyas propiedades mecánicas se determinarán en pruebas de laboratorio con muestras inalteradas.

En el diseño propio de la cortina no se considerará la presión hidrostática ni la fuerza de filtración, y el factor de seguridad mínimo aceptable será de 1:30 el cual será incrementado en un 15% cuando se trate de zona sísmica.

Si la cortina se apoyará en una cimentación flexible, aceptable en cuanto a sus propiedades mecánicas y de

deformación, el elemento impermeable consistirá en prolongar dentro de esta cimentación un núcleo de la misma arcilla de la cortina con taludes 0.25:1 hasta alcanzar la formación impermeable.

Cuando se apoye la cortina sobre material de acarreo -- (grava y arena), el elemento impermeable que interceptará la formación filtrante consistirá de una trinchera sencilla con ancho mínimo de 4 m. en su apoyo al alcanzar el suelo o roca impermeable.

- b) Si por condiciones de economía y de disponibilidad de materiales se cuenta con suficiente material de acarreo -- (grava y arena) o bien espuma volcánica (tezontle), se diseñará de preferencia una sección con un corazón esbelto de arcilla y respaldos estabilizadores de material de acarreo ó tezontle, cuyo diseño será en base a un análisis de estabilidad por medio de círculos de falla y tomando en cuenta para el material impermeable las propiedades mecánicas obtenidas en el laboratorio.

Si la cimentación sobre la que se apoyará la cortina consiste en un material suave (limo y/o arcilla), o semirígido y es aceptado en cuanto a sus propiedades mecánicas y de deformación el mismo núcleo impermeable esbelto diseñado se prolongará integralmente, hasta alcanzar la formación impermeable.

En forma general puede afirmarse que siguiendo los línea

mientos de construcción, este tipo de cortinas es confia
blemente estable con la casi seguridad de que será la --
sección definitiva que se construya, siempre y cuando el
núcleo lo formen arcillas con valores normales de cohesión
(mayores de 2 ton/m^2) y la cimentación sea aceptada --
tanto de resistencia como de deformación.

c) Cuando se trate de respaldos estabilizadores a base de ro
ca por razones de economía casi siempre al núcleo imper--
meable se le darán los taludes más amplios posibles que --
soporten, de acuerdo a las propiedades mecánicas obteni--
das en el laboratorio y mediante un análisis de estabili--
dad por medio de círculos de falla semejantes al efectua--
do para una sección de materiales graduados.

Para la impermeabilidad de la propia cimentación se trata--
rá según lo descrito en el caso b).

3.7.2 Medianos almacenamientos. En general puede adoptarse
en el diseño de sus estructuras el mismo criterio que el des--
crito para los pequeños almacenamientos, sin embargo como se
dijo al principio, una sección homogénea de arcilla difícil--
mente es estable a alturas de más de 15 mts. máxima que en --
estas condiciones la fuerza de filtración sería de tal magni--
tud que implica el que la sección quede sujeta al análisis --
de estabilidad convencional que se sigue para grandes presas.

3.7.3 Condiciones generales para el análisis de estabilidad de taludes.

3.7.3.1 Talud aguas arriba.

CONDICIONES INICIALES.

a) Agua al nivel de la toma. El peso volumétrico del material impermeable se toma un promedio de la rápida indrenada; el material permeable se considera con peso volumétrico seco del nivel de la toma hacia arriba y sumergido - - abajo de este.

Además debe tomarse en cuenta la componente tangencial de la presión hidrostática que actúa en el parámetro mojado del corazón impermeable.

b) Llenado rápido. En cuanto a consideraciones del peso volumétrico de los materiales son los mismos que en el inciso (a). El nivel del agua se considera en la cresta -- vertedora; tomándose en cuenta la presión hidrostática en la misma forma del caso anterior.

c) Llenado lento. Se considera establecida la red de filtración hasta el nivel de la cresta vertedora libre, cuando -- hay compuertas.

El material impermeable quedará saturado y sumergido, abajo de la línea de saturación, actuarán las fuerzas de filtración en vez del empuje hidrostático, los permeables -

quedarán sumergidas hasta el nivel del agua en el vaso -- que se haya considerado y secos arriba de este.

- d) Temblor con agua al nivel de la toma. Las consideraciones en cuanto a pesos volumétricos de los materiales y la presión hidrostática son los mismos que en la condición (a)

CONDICIONES FINALES.

- e) Vaciado rápido. El nivel del agua se considera en la obra de toma y hay que tener en cuenta la red de flujo a vaciado rápido; los pesos volumétricos tanto del material permeable como del impermeable se considerarán sumergidos del nivel de la obra de toma y de la línea de saturación -- hacia abajo respectivamente, y arriba de estos el material permeable se considera con peso volumétrico seco y el impermeable con peso volumétrico húmedo como en (a). Con la red de flujo a vaciado rápido se calculan las fuerzas de filtración.

- f) Llenado lento. Se considera el agua al nivel de la cresta vertedora y hay que tener en cuenta la red de flujo, -- los materiales tanto permeables como impermeables se considerarán con pesos volumétricos sumergidos abajo del nivel del agua en el vaso y de la línea de saturación respectivamente y hay que tomar en cuenta las fuerzas de filtración.

g) Temblor con agua al nivel de la toma. Cuando se tenga duda de que una cortina después de muchos años de construida en los que el material impermeable adquiriera las condiciones finales y que por alguna razón el agua en el vaso no sobrepase el nivel de la obra de toma, pero esta localizada en una zona sísmica, debe efectuarse este análisis considerando para el material impermeable peso volumétrico húmedo como en (a) arriba de una línea horizontal al nivel de la obra de toma, abajo de este nivel debe considerarse el material sumergido; en cuanto a los materiales permeables se considerarán pesos volumétricos secos arriba de la obra de toma y sumergidos abajo.

3.7.4 Talud aguas abajo.

CONDICIONES INICIALES.

h) Agua al nivel de la obra de toma. Las consideraciones para el material impermeable son las mismas que para el caso (a).

i) Temblor y llenado rápido. Se consideran pesos y propiedades de materiales igual que en (b).

CONDICIONES FINALES.

j) Llenado lento. Deben hacerse las mismas consideraciones que para el caso (f).

k) Temblor con llenado lento y fuerza de filtración. El peso volumétrico del material impermeable se considera sumergido abajo de la línea de saturación y húmedo como en (a) arriba de esta; el material permeable se considera sumergido abajo del nivel del agua en el vaso como en -- (c) y seco arriba de este. Hay que tomar en cuenta las fuerzas de filtración que se valorizan con la red de flujo.

3.8 REVISIÓN POR TUBIFICACION.

Es necesario la revisión de este tipo de falla que puede producirse en los terraplenes, o sea aquella que por virtud de la presión del agua dentro de una red de flujo produce erosión progresiva del suelo de un terraplen, iniciada en una filtración concentrada en el talud de aguas abajo y encausada hacia el talud de aguas arriba, la cual ocasiona conductos huecos dentro de los cuales se ha disgregado y arrasado el suelo pudiendo atravesar toda la sección de la cortina; en otras ocasiones puede resultar un verdadero -- derrumbamiento del talud saturado de aguas abajo, progrediendo a su vez hacia aguas arriba.

La causa principal de esta tubificación obedece a materiales poco plásticos o bien mal compactados, siendo más

delicada su acción en núcleos de arcilla esbeltos, pero cuya medida preventiva se logrará mediante filtros bien graduados.

Después de haber trazado la red de flujo bajo cualesquiera línea equipotencial y de corriente, se deberá cumplir con la siguiente expresión tomando en cuenta el desprendimiento de una partícula unitaria y analizando aquellos cuadros de frontera en las longitudes de estos sean completos a la salida:

$$Fst = \frac{2c}{Ct \cdot i} > 3$$

Fst: Factor de seguridad a tubificación.

c: Cohesión del material impermeable en ton/m²

Ct: Componente tangencial del peso de una partícula de material con volumen unitario en ton.

i: Gradiente hidráulico = $\frac{\Delta h}{Lc}$

$$\Delta h = \frac{H}{nc}$$

H= Carga total hidráulica en mts.

nc= Número de caídas.

Lc= Longitud total del cuadro de frontera analizado, en mts.

En la medida en que el F_{st} resulte superior a 3 bastará con la colocación de un material de transición y solo en caso de que F_{st} sea inferior se diseñará un filtro especial.

3.9 PERMEABILIDAD DE VASOS.

Se ha observado que en una boquilla puede darse un tratamiento adecuado para impermeabilizar la cimentación sobre la que se apoyará la cortina involucrandose el costo del tratamiento que por lo general se encuentra dentro de los límites económicos de un proyecto. No así cuando se trata del vaso, porque cuando el dictamen geológico nos dice que es permeable esto implica que el proyecto sea nulificado.

Sin embargo esta implicación queda sujeta al área permeable al gasto de infiltración y la capacidad del almacenamiento. Un balance de estos tres conceptos, nos dirá si es factible algún tratamiento al vaso.

Por lo dicho anteriormente en lo que a estudios de vaso se refiere es de particular interés conocer la impermeabilidad del mismo. Una de las pruebas que se pueden efectuar en el campo para conocer la impermeabilidad de un suelo consiste en hacer pozos cúbicos de absorción de 30 cms. por lado los cuales se operarán en el espesor de suelo de que en general están cubiertos los vasos y cuya dimensión -

varía de 0.10 m hasta 4.00 m. ó más, en zonas donde afloran formaciones tobáceas o conglomeráticas uniformes; etc., ó bien que estas infrayacen a suelos arcillosos de escaso espesor y cuya impermeabilidad sea dudosa. En este caso resulta más representativo efectuar pozos a cielo abierto de $2 \times 1 \text{ m}^2$ de área y 1 ó 2 m de profundidad.

Para la interpretación de los resultados obtenidos se ha deducido como límite un volúmen de infiltración de $2 \text{ lt/m}^2\text{-hr.}$ medido este gasto sobre las caras mojadas del pozo y debiendo hacer las mediciones después de haber llenado los pozos 3 ó 4 veces para saturar el terreno circundante; este valor de $2 \text{ lt/m}^2\text{-hr.}$ implica que se considera un manto impermeable si el agua tarda más de 30 horas en perderse por infiltración.

4 PROYECTO.

En los temas tratados con anterioridad se han expuesto los trabajos que deberán llevarse a cabo para el estudio de un almacenamiento. Los resultados de todos y cada uno de ellos serán los que nos marquen el camino a seguir en la elaboración de un proyecto.

El proyecto general de un almacenamiento lo dividiremos de la siguiente manera.

- 1.- Proyecto de vertedor de excedencia
- 2.- Proyecto de la cortina.
- 3.- Proyecto de la obra de toma.
- 4.- Proyecto de la zona de riego.

4.1 PROYECTO DEL VERTEDOR DE EXCEDENCIAS. El vertedor de excedencias o de demasías, es la estructura que tiene por objeto proteger a la cortina y a otras partes de la obra de las aguas que excedan al almacenamiento normal.

Las razones principales que se deberán tomar en cuenta para escoger el tipo de vertedor adecuado de acuerdo al proyecto son:

- * Facilidad de diseño
- * Buen funcionamiento hidráulico.

- * Facilidad de construcción
- * Economía.

NOTA: Por cuestiones de estudio consideremos un vertedor de cresta libre con perfil Creager y de descarga directa.

Los conceptos que intervendrán en el proyecto del vertedor y que se estudiarán son:

- a) Gasto máximo del proyecto y características hidráulicas del vertedor.
- b) Cimacio
- c) Colchon amortiguador.
- d) Canales de acceso y descarga.

4.1 a) Datos aportados por el estudio hidrológico.

Q' = Gasto máximo de avenida regional

Q = Gasto máximo de la avenida observada determinado por el método de sección y pendiente.

El gasto máximo de proyecto será el que se acepte al comparar Q y Q' y al que denominaremos Q

Las características hidráulicas del vertedor se deter

minarán a partir de la expresión siguiente.

Q = Gasto máximo del proyecto

C = Coeficiente de descarga.

L = Longitud de la cresta ver
tedora.

$Q = CLH^{3/2}$ donde:

H = Carga sobre la cresta ver
tedora.

4.1 b) Cimacio. El vertedor fundamentalmente es un labio horizontal colocado a la elevación que debe tener el almacenamiento normal que permita el paso de las aguas excedentes de un modo adecuado para que se protejan la presa y la boquilla. Tendrán longitud adecuada y carga definida para permitir el paso de la avenida máxima regularizada que puede presentarse y que se determina durante el estudio hidrológico. Si se facilita el escurrimiento del agua dándole al perfil del vertedor o cimacio un diseño adecuado, se mejora el coeficiente de descarga y por consiguiente la eficiencia del vertedor.

4.1 c) Colchon amortiguador. Este es un dispositivo aguas abajo de la sección vertedora que tiene por objeto el disipar la mayor cantidad de energía posible, que trae consigo el agua al caer por el cimacio, para protección del verte-

dor. Sus dimensiones se obtienen en base a la determinación de su longitud y su profundidad.

4.1 d) Canales de acceso y descarga. Canal de acceso. El canal de acceso es un corte que tiene por objeto hacer que el agua llegue con dirección normal al eje del cimacio, proporcionando con esto un mejor funcionamiento hidráulico del vertedor, ya que se evitan turbulencias y zonas del vertedor sin flujo uniforme.

Canal de descarga. El canal de descarga que sigue al deflector, tiene como finalidad desalojar el agua de una manera eficaz y conducirla hacia algún sitio lejano a la cortina para protegerla de erosiones.

Si el vertedor de excedencias lo cimentamos en un material permeable, tendremos por ese lugar una fuga permanente del almacenamiento hasta que el nivel del agua del interior, llegue a la elevación del terreno impermeable. Es por lo tanto aconsejable, localizar siempre los vertedores en material resistente e impermeable de preferencia en roca en cuyo caso se tendrá una descarga adecuada.

Habrá de llevarse el agua hasta el cauce natural del río sin que se originen perjuicios, por lo que si el terreno es de buena calidad se podrá terminar dejando que el agua se derrame sobre las laderas, pero encauzandola lo que

sea necesario, para evitar el ataque a la estructura de la cortina.

Si el material es de mala calidad, será necesario proteger el canal de descarga con mampostería o concreto hasta más adelante terminando con su salto de esquí libre con un trampolín ahogado o con un tanque amortiguador adecuado, -- según sea el caso

4.2 PROYECTO DE LA CORTINA.

4.2 a) Corona de la cortina. Para determinar el ancho que debe darse a la corona de la cortina en un almacenamiento -- se acostumbra el uso de formas empíricas; pero actualmente en base a la experiencia tenida en las obras construidas, se ha llegado a la conclusión que el ancho mínimo conveniente es de 4.00 m por razones de facilidad de construcción, estabilidad y economía. Este será el ancho que se considere para cortinas de 5 m.

La corona debe llevar una protección contra la lluvia el viento o el desgaste por tránsito cuando la corona se use como camino. La protección usual consiste en colocar una capa de 25 cm. de espesor de roca pequeña seleccionada, de grava y arena de tezontle o de cualquier material friccionante existente en la región. Se drenará la corona --

mediante un bombeo de 2% hacia aguas arriba o hacia ambos lados a partir del eje de la cortina. Se deberá proporcionar una sobreelevación a lo largo de la corona para asegurarse que el bordo libre no será disminuido si llegasen a presentarse asentamientos diferenciales en la cortina o en su cimentación.

4.2 b) Bordo libre. Se le define como a la diferencia que existe entre las elevaciones de las aguas máximas extraordinarias y la correspondiente a la corona de la cortina.

El bordo libre tiene por objeto evitar el desbordamiento del agua por máximo oleaje, que puede coincidir con la avenida máxima, además sirve para proporcionar un factor de seguridad contra asentamientos de la cortina mayores que los previstos.

Conviene hacer hincapie en que un vertedor de cresta larga requiera menor carga y por consiguiente menor altura de cortina. Es decir se abarata la cortina, en cambio se dificultará más el acomodo del vertedor en la boquilla y se hará más cara esta estructura. Probablemente se complique el proyecto del vertedor, o requiera un tipo de estructura más complejo y elaborado.

En cambio, con un vertedor de cresta corta, en general

se simplifica el proyecto del vertedor, es más fácil localizarlo en las laderas, el diseño será más sencillo y su costo será menor, pero requerirá mayor carga y obligará a subir la elevación de la cortina incrementando su costo. Para lo cual se harán los anteproyectos necesarios para definir cual es la combinación en eficiencia y seguridad sea más económica.

4.3 PROYECTO DE LA OBRA DE TOMA.

El diseño de la obra se adoptará para pequeños almacenamientos en base a la siguiente fórmula.

$$Q = a.C.\sqrt{2gh}$$

donde:

Q = Gasto en m^3/seg .

a = Area del tubo en m^2

C = Coeficiente que incluye las pérdidas de carga.

de entrada, salida y fricción a lo largo del tubo

h = Diferencia de niveles de agua del almacenamiento mínimo en el vaso y a la salida de la tubería de toma.

De acuerdo con el diseño indicado, se tienen las siguientes pérdidas de carga:

L_r = Pérdida por rejilla

L_e = Pérdida por entrada

L_t = Pérdida por fricción en la tubería

L_v = Pérdida por válvula.

L_c = Pérdida por codo

L_s = Pérdida por salida

En lo que respecta a las pérdidas de carga por el paso del agua por la válvula y por el codo, se ha transformado en su equivalente a longitud de tubería.

La velocidad aconsejable para el paso del agua por la rejilla es de 60 cm/seg. para evitar que los azolves entren a la toma y que se incrementen las pérdidas de carga.

Fijando el valor de la velocidad, el área neta de la rejilla incluyendo el área de las barras se recomienda que sea:

$$A' = 1.25 A.$$

Lo anterior se aplica a rejillas cuyo plano esta dis-

puesto perpendicularmente al escurrimiento. Para otras - - condiciones habrá que considerarse el área correspondiente.

La toma deberá tener capacidad para proporcionar el gasto normal con carga correspondiente al almacenamiento mínimo determinado mediante la siguiente expresión.

$$A_m = C_a + 0.1 C_u$$

A_m = Almacenamiento mínimo para gasto normal

C_a = Capacidad de azolves

C_u = Capacidad útil.

El diámetro de la tubería se calcula en función de la carga correspondiente al almacenamiento mínimo y del gasto que se requiera para el servicio de riego, o el que se determine en el estudio hidrológico correspondiente, de acuerdo con las demandas de la zona de riego.

Con el objeto de evitar azolvamientos en la tubería se considerará una velocidad mínima de 1.50 m/seg. por lo anterior no deberán diseñarse obras de toma para una capacidad menor de 50 l.p.s. Como en la toma pueden extraerse por necesidad o por error de maniobra gastos de agua mayores a los que pueden conducirse por los canales, conviene cons--

truir en la primera parte del canal de conducción un limitador de gasto y desfogue total, por medio del cual se puedan tirar gastos sobrantes, permitiendo que pase a los canales un caudal que no los haga peligrar, o bien cerrarlo totalmente según sea la necesidad.

4.4. PROYECTO DE LA ZONA DE RIEGO.

Para eleborar el proyecto de la zona de riego deberá de tenerse información básica como:

a) Estudios topográficos. Toda topografía para planeación general de zonas de riego se levantará con curvas de nivel, con equidistancia de 1 mt. en una superficie mayor a la superficie del proyecto.

Los planos se formarán a escala 1:5000 para superficies mayores de 250 Ha. y a escala 1:2000 para superficies menores. En el primer caso siempre se hará un plano de conjunto en escala 1:10000 a 1:20000 dependiendo de la magnitud. Se deberá anotar en estos planos que la planeación que en ellos aparece, previa confortación en el campo, se rá definitiva para la construcción de los canales principales, laterales y secundarios en los que no se tenga ninguna duda respecto a su localización.

b). Estudios Agrológicos. Se deberá disponer de estudios - agrológicos detallados que contengan.

1.- Planos de clasificación de suelos a las mismas escalas que los planos topográficos, que permitan seleccionar las mayores áreas a beneficiar.

2.- Planos de series y tipos de suelos, recomendación general de cultivos y láminas de riego que permitirán orientar el diseño y localización de los canales de riego.

c) Régimen de tenencia. Se requiere contar con la información del régimen de tenencia de la tierra, que deberá -- aparecer en el plano topográfico que sirva de base para la planeación general en el que deben diferenciar los tipos de tenencia que son:

* Ejidal

* Comunal

* Pequeña propiedad.

4.4.1 RECOMENDACIONES PARA TRAZO, LONGITUDES Y PENDIENTES DE SURCOS Y AMELGAS.

Surcos. Para proyectos de pequeños almacenamientos se definirán las longitudes de los surcos en base a la pendien

te, lámina media calculada por aplicar y la textura aunque nunca deben exceder de 200 nts.

Amelgas. La Pendiente transversal de las amelgas deberá ser menor de 2% ya que de otra manera la aplicación del riego se dificulta, el ancho de la amelga oscila entre 10 y 15 m. siendo por lo regular múltiplos del ancho del equipo agrícola que usan. En cuanto a longitud se recomienda que no sea mayor de 150 m.

La aplicación del agua al nivel del surco y amelga se recomienda se haga por medio de sifones.

Regaderas. Estas son las últimas ramificaciones de la red de distribución que permiten aplicar directamente el agua al surco o amelga y su construcción corresponde a las labores agrícolas, debiendo preverse las tomas necesarias para su alimentación. Las regaderas generalmente serán de construcción temporal y sin revestimiento excepto cuando se justifique lo contrario.

Canales de conducción. Son aquellos que llevan agua hasta la estructura de distribución, para alimentar las regaderas correspondientes. La localización de los canales de conducción debe ser tal que permita terraplenar lo menos posible pero tomando en cuenta que en los sitios donde se requiera alimentar una toma de granja, el desnivel entre la

superficie libre del agua en el canal y el punto más alto del terreno por regar será de 40 cm., o el que requiera la estructura que se proyecte.

La capacidad de los canales de conducción deberá ser calculada en cada caso, en función de las demandas y tiempo de riego. Canales de conducción con pantallas fijas. Las pantallas tienen por objeto llevar el agua en un régimen tranquilo con límite superior de velocidad de 2 m/seg., Las pantallas permiten un control en la velocidad del agua y se utilizan en canales revestidos.

Pantallas móviles. Son aquellas que sirven para elevar el tirante del agua a voluntad en cada toma para su mejor operación.

Estructuras de operación. Son las que permiten la derivación, medición y distribución del agua como son las represas, tomas para canales, tomas de granja, mediadores de gasto y partidores de gasto.

Tomas de granja. Este tipo de tomas pueden alimentar una regadera o un canal de riego.

Represas. Estas se construirán en los canales de conducción y pueden servir a una o varias tomas según su localización.

Drenaje. Para proceder al diseño del drenaje deben tomarse en cuenta los siguientes factores.

a) Precipitación máxima. Para obtener la precipitación máxima se recurre a los datos de una ó varias estaciones climatológicas de preferencia las más cercanas a la zona de consideración, para poder cuantificar con mayor exactitud la precipitación de ese lugar. Los datos que se requieren para diseñar el drenaje son los de lluvias máximas registradas en 24 hs. ya que así podremos cuantificar el volúmen máximo llovido en un lugar durante las 24 hs.

b) Tiempo de desague. El tiempo de desague es el tiempo que el proyectista debe fijar para drenar la zona inundada. Los criterios a seguir para fijar el tiempo de desague dependerá de los siguientes factores.

* Cultivos considerados

* Cuantificación de las posibles pérdidas.

* Tipo de suelos.

c) Capacidad de absorción del suelo y altura del nivel freático. Deberán estudiarse estos 2 aspectos para saber cantidad del agua llovida podrá ser retenida por el suelo (capacidad de campo). Se estudiará también el tipo

y cantidad de vegetación existente en el lugar y las corrientes subterráneas que puedan aflorar en la zona que nos interesa, para así obtener un coeficiente de escurrimiento global que afecte el gasto unitario.

5 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR UNA EVALUACIÓN, TÉCNICA, ECONÓMICA Y SOCIAL DE LOS PROYECTOS DE OBRAS DE RIEGO.

Evaluar un proyecto implica hacer una revisión cuidadosa de los aspectos sociales, técnicos, económicos y financieros para decidir si conviene realizar la inversión y que probabilidades tiene esta de éxito.

5.1 Una revisión cuidadosa de los aspectos sociales del proyecto que deben corresponder a los objetivos delineados en el plan general por cuanto al estrato social que se beneficiará con la inversión.

Algunos de los objetivos de tipo social es que este tipo de obras deben efectuarse en:

- * Donde exista la mayor concentración de población rural*
- * Con las condiciones económicas más precarias.*
- * Donde existan condiciones para explotación del recurso suelo-agua.*

Para cumplir con este objetivo, en el informe del proyecto se indicará:

- * Localización del proyecto en el mapa de niveles de --*

desarrollo municipal y la prioridad del estado respecto a la distribución de la inversión a nivel nacional.

- * Perfil socio-económico de la comunidad rural.
- * Número de jefes de familias beneficiadas, tenencia actual de la tierra y modificaciones que deben hacerse a la estructura de tenencia de la tierra.

- * Demografía
- * Alimentación
- * Salubridad
- * Fuerza de trabajo
- * Desocupación
- * Ingresos anuales por actividad agrícola.

Para obtener esta información es necesario realizar una verificación social en la comunidad rural donde habita la población que se espera beneficiar con el proyecto, mediante una muestra representativa elegida al azar entre los futuros usuarios.

5.2 Después de haber hecho una revisión de los aspectos sociales, se debe efectuar una revisión cuidadosa de los aspectos técnicos es decir, analizar detenidamente los estudios básicos siguientes:

- * Hidrología ó Geohidrología, según el caso
- * Geología
- * Agrología
- * Proyecto de las estructuras principales y zona de riego
- * Presupuesto
- * Período de ejecución.

El objetivo principal que se persigue con esta revisión es tener la certeza de que las posibilidades de realizar el proyecto de riego son reales, pues cualquiera de los estudios básicos que no esten ejecutados, hacen que el proyecto pierda prioridad al compararsele con otros.

5.3 Una vez realizadas las fases anteriores que demuestren que se cumple con los objetivos sociales y que existe la posibilidad social de aprovechar los recursos suelo-agua, se efectuará la evaluación económica del proyecto.

Los métodos que actualmente se utilizan para evaluar los proyectos son por demás contravertidos; entre los más conocidos estan: Relación beneficio-costos, Tasa interna de retorno y valor actualizado neto. A pesar de lo polemico del tema son los métodos que hasta ahora estan a nuestro alcance y el objetivo fundamental de utilizarlos es precisar mejores a los organismos que toman las decisiones la razón por la cual se debe tomar cierta operación.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 1977. Manual para proyectos de pequeñas obras hidráulicas para riego y abrevadero. Instructivo de Gabinete. Chapingo, - México.
- 2.- Maisal, Raul J. y Resendiz Nuñez, Daniel. 1975. Presas de tierra y enrocamiento. Editorial Limusa. México.
- 3.- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1975. Pequeños almacenamientos. Dirección General de Obras Hidráulicas para el Desarrollo Rural. México.
- 4.- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1975. Presas de derivación Plan Nacional de obras hidráulicas para el desarrollo rural Subsecretaría de Construcción. México.
- 5.- U.S. Department of the interior. 1966. Diseño de presas - pequeñas. Cía. Editorial Continental. México.

