

21121
32



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLÁN"

METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD
DE UNA PRESA DE ALMACENAMIENTO PARA RIEGO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTA
BENITO PADRÓN GARCÍA

ASESOR: ING. JOSÉ DE JESÚS ÁVILA PRIETO



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

SANTA CRUZ ACATLAN, ESTADO DE MÉXICO NOVIEMBRE 2003.

A



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PAGINACIÓN DISCONTINUA

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todos los alumnos de ingeniería con el objeto de que aprecien como se configuran las áreas de la ingeniería civil en las grandes obras, y de igual manera a toda persona que se interese en conocer como se elige el sitio más conveniente para proyectar una presa de almacenamiento con propósitos de riego.

Me he permitido anotar unas aportaciones de los pensamientos del Ingeniero Hardy Cross; quien además de haber sido un excelente ingeniero fue un gran pensador que apporto grandes descubrimientos para la ingeniería.

"La finalidad de la educación, es preparar hombres íntegros -no solo ingenieros- para la vida plena".

"La ingeniería no es solo ciencia matemática, sino sentido de proporción y estética, pues se trata de un arte y no de meros conocimientos".

"No obstante la ciencia y cuanto de ella se deriva: el hombre es la medida de todas las cosas".

Frases tomadas del libro "Los Ingenieros y las torres de marfil" del propio autor Hardy Cross.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PROLOGO

El motivo que me inspiró a investigar sobre la metodología del presente trabajo, fue el ver cómo en las grandes obras de Ingeniería como son las presas de almacenamiento para riego se requiere de la mayoría, si no es que de todos los conocimientos en las áreas de la ingeniería civil, y como interactúan dichos conocimientos con otras áreas multidisciplinarias.

También el ver la necesidad que tiene nuestro país (históricamente agrícola) de captar el agua, en las zonas que cuentan con buena tierra para cultivar y que demandan del agua para generar trabajos y con ello el no tener que importar alimentos que aquí se producen, pero que al no contar con solvencia económica y la falta de agua hacen que la gente no siembre sus tierras.

Por estas razones he intentado mostrar los principales requisitos que la C.N.A exige en sus análisis de factibilidad de proyectos que están a su cargo; aunque por la complejidad de estas obras la metodología es muy extensa, pero está ordenada en la manera en la que actualmente se aplica. Cabe mencionar que los estudios de factibilidad se han venido mejorando a lo largo de los años, esto lo apreciaremos en el capítulo 1 de Antecedentes.

Para mayor apoyo respecto a la metodología presentada coloco un glosario de términos al final del trabajo, de igual manera un apéndice, y la bibliografía a la cual en algunos temas, cuadros, gráficas, tablas y figuras se le hace referencia.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todos los profesores de la Universidad Nacional Autónoma de México, que siempre están dispuestos a contribuir en la enseñanza de la Ingeniería dejando muy en alto la motivación en los alumnos.

Una manera de agradecer a la Universidad Nacional Autónoma de México, será el ejercer la profesión de Ingeniero Civil, con pleno conocimiento y ética profesional, como servidor público que busca beneficiar a la mayoría, en cualquier sitio y bajo cualquier circunstancia.

En especial les agradezco a mis padres Esperanza García y Benito Padrón Salazar, y a mis hermanos que siempre me apoyaron moral y económicamente.

Un Ingeniero que no me podía faltar, que desde que lo conozco siempre ha buscado enseñar lo mejor posible la Ingeniería lo es sin duda el Ingeniero José de Jesús Ávila Prieto, asesor de la presente tesis, empresario, buen profesor y buen amigo.

De igual manera agradezco al ing., Mario Andrés Terres Trejo y al ing. Arquitecto Ramón Plascencia Pomar que laboran en la Subdirección de Edificios Públicos en la delegación Gustavo A. Madero por el Apoyo recibido para la edición e impresión de la tesis.

Por último agradezco al ing. Síliceo Ramírez profesor de la ENEP por su apoyo, orientación y motivaciones incondicionales; de igual manera agradezco al ing. Carlos Torrero encargado de los Estudios y Proyectos en la CNA, quien contribuyó orientándome para realizar el esquema preliminar.

TEMA: METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UNA PRESA DE ALMACENAMIENTO PARA RIEGO.

OBJETIVO: PROPONER UNA METODOLOGÍA QUE PERMITA CONOCER LA FACTIBILIDAD PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO EJECUTIVO DE UNA PRESA DE ALMACENAMIENTO PARA RIEGO, INCLUYENDO ASPECTOS ECONÓMICOS, POLÍTICOS Y SOCIALES.

INDICE

	pagina
INTRODUCCIÓN.....	1
1. - ANTECEDENTES.....	3
Dirección de irrigación 1921-1923.....	3
Creación de la Comisión Nacional de Irrigación en 1926, (C.N.I).....	3
El 1° de diciembre de 1927 se crea la S.R.H.....	4
Creación de la C.N.A. (1989).....	6
La planeación.....	9
2.- CONSIDERACIONES PRELIMINARES DEL SITIO.....	10
Recopilación, análisis e integración de la información disponible.....	12
2.1 Orografía.....	14
2.2 Geomorfología.....	14
2.3 Hidrografía.....	14
2.3.1 Tipos y calidad del agua.....	16
2.3.2 Cantidades de agua.....	17
2.4 Topografía.....	17
2.5 Uso actual del suelo y del agua (infraestructura y producción actual del agro).....	20
2.6 Tipos de suelo.....	22
2.6.1 Tipos de cultivos que pueden crecer en la zona.....	23
3. - ESTUDIOS BÁSICOS.....	24
3.1 Estudios agronómicos.....	24
3.2 Aspectos socioeconómicos.....	25
Tenencia de la tierra y afectaciones.....	27
3.3 Estudios topográficos.....	29
Localización y trazo del eje de apoyo de la cortina.....	32
3.3.1 Boquilla.....	33
3.3.2 Vaso.....	33
3.3.3 Bancos de materiales.....	33
3.4 Áreas potencialmente útiles para la agricultura.....	34
3.5 Estudio geológico.....	34
3.6 Estudio hidrológico.....	40
Tránsito de avenidas.....	44
Obra de desvío.....	47
Capacidad de la obra de toma.....	48
Remanso.....	50
Obras de excedencias.....	51
4. - EL ANTEPROYECTO.....	53
4.1 Análisis de alternativas.....	53
4.2 Ingeniería del anteproyecto.....	57
Consideraciones de estabilidad.....	58
Obra de toma.....	61
Obras de desvío.....	62
El programa general de construcción.....	64

pagina

4.2.1 Zona de riego.....	67
Sistema de conducción.....	69
Estructuras menores en canales.....	69
4.3 Análisis de obras complementarias.....	74
4.4 Impacto ambiental.....	75
4.5 Factibilidad técnica y social.....	77
Organización para la producción.....	78
5. - FACTIBILIDAD ECONÓMICA.....	79
5.1 Costos y beneficios.....	79
Costo mínimo.....	80
5.2 Antepresupuesto.....	82
5.3 Financiamiento de la obra.....	83
Análisis financiero.....	83
Resultados económicos.....	84
Análisis de sensibilidad.....	86
5.4 Formulación del informe de factibilidad.....	86
6. - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	88
ANEXOS.....	90
BIBLIOGRAFÍA.....	93

INTRODUCCIÓN

En México existen diversas zonas en las que el tipo de suelo podría favorecer al desarrollo agrícola intensivo, pero que tienen como limitante la carencia de agua superficial que las favorezcan.

El desarrollo y aprovechamiento de los recursos hidráulicos exige la planeación, concepción, diseño, construcción y operación de las obras hidráulicas para almacenar, derivar, controlar, regular, conducir, distribuir, utilizar y eliminar el agua.

El proyecto se enfrenta a condiciones físicas únicas, por ello los diseños estandarizados o tipo, que lleven a soluciones simples de manual o de instructivo, rara vez suelen ser utilizados; consecuentemente las condiciones especiales de cada proyecto deben tomarse en cuenta y las dificultades particulares deberán resolverse mediante la aplicación integrada del conocimiento fundamental de la ingeniería civil y otras disciplinas.

Son seis los elementos que constituyen un aprovechamiento hidráulico:

1. Área de Captación o Cuenca Hidrográfica
2. Presa de almacenamiento: localizada en un sitio previamente escogido, la cual consta en general de:
 - Vaso
 - Cortina
 - Obra de Toma
 - Obra de Excedencias.
3. Presa Derivadora: con ayuda de la presa, se deriva el escurrimiento del río hacia el sistema de conducción.
4. Sistema de Conducción: formado por conductos abiertos o cerrados y sus estructuras.
5. Sistema de Distribución: formado por canales para riego por gravedad, tuberías a gravedad o a presión, según sean las necesidades.
6. Sistema de Drenaje: estructuras diseñadas especialmente para la eliminación de volúmenes sobrantes.

Después de determinar la necesidad de una presa, se realizan los estudios de factibilidad y los reconocimientos para obtener los datos necesarios que determinan los costos y los beneficios de la obra. En esta etapa se hace la selección preliminar del tipo de presa que mejor se adapta para hacer los estudios definitivos. Se hace un proyecto concreto y se utilizan procedimientos abreviados para estimar su costo inicial y sus beneficios. Después se hace una investigación más detallada cuando se aprueban los estudios preliminares. Con lo que se determina el objeto, magnitud, planos disponibles, beneficios, y costos que apoyen la construcción.

Generalmente, la información analizada en esta etapa preliminar para las presas pequeñas es suficiente para detallar las especificaciones de contrato. El tamaño del proyecto en fin no necesariamente determina la necesidad de más estudios.

Para tomar la decisión de factibilidad de un proyecto de almacenamiento se realizan estudios previos de carácter social, económico y técnico para conocer toda clase de datos relacionados con el proyecto para una mejor planeación del proyecto.

Cada uno de estos estudios tiene y adquiere mayor importancia según su área de influencia dentro de la planeación del aprovechamiento, atendiendo a las circunstancias de este. Dichos estudios los dividiremos en dos partes o grupos; estos son los estudios preliminares y los estudios definitivos.

Los primeros estudios comprenden:

- a. Visitas de inspección.
- b. Estudios socio-económicos.
- c. Estudios técnicos.
- d. Anteproyecto y conclusiones.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Conseguiremos con estos estudios conocer la factibilidad técnica y constructiva de un proyecto y nos conducen a un anteproyecto con su respectivo antepresupuesto. Con lo anterior se determina si se debe continuar con los estudios definitivos o no, se pueden realizar evaluaciones y comparaciones para finalmente tomar alguna decisión.

El estudio de factibilidad o viabilidad de un proyecto de inversión queda integrado por varios estudios específicos: el estudio de mercado, el estudio técnico y la evaluación económica y financiera del proyecto. El objetivo de esta etapa es evaluar la conveniencia de realizar el proyecto, y en su desarrollo tiene particular importancia el análisis de los costos y beneficios asociados al proyecto. Del correcto análisis de estos factores, dependerá el éxito futuro de cualquier inversión.

Cuando nos encontramos en la etapa de planeación, que es la fase en la que tomamos las decisiones más importantes acerca de la conveniencia de proseguir con un prospecto de inversión, es cuando el margen de error en las estimaciones es mayor.

Los proyectos de inversión son las unidades mínimas de actividad a través de las cuales se pueden integrar programas y materializar planes, ya que son el instrumento mediante el cual la sociedad intenta lograr su desarrollo económico.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1 ANTECEDENTES

Desde épocas prehispánicas los agricultores han procurado combatir la gran aridez del territorio nacional, construyendo, o luchando por que se construyan, obras de irrigación.

Angel Palerm y Eric Wolf (Revista Interamericana de Ciencias Sociales) han localizado el considerable número de 382 obras de irrigación prehispánicas en la parte media y sur de México, que corresponde a lo que hoy se conoce como Mesoamérica.

DIRECCIÓN DE IRRIGACIÓN 1921-1923

Antes de 1921, las obras de regadío que se ejecutaron fueron prácticamente realizadas por la Iniciativa Privada, no teniendo el Estado más intervención con muy raras excepciones, que otorgar la concesión requerida para el uso de las aguas, cuando las que se trataba de usar para riego eran de propiedad federal.

En 1921 fue creada la Dirección de Irrigación, dependiente de la Secretaría de Agricultura y Fomento. Sus actividades principales fueron de carácter preparatorio:

1. Organización del sector hidrológico: antes de la Dirección de Irrigación las estaciones climatológicas que funcionaban en el país estaban destinadas únicamente a la obtención de un conocimiento de la climatología del territorio nacional, pero sin una finalidad inmediata (pluviométricas y termopluviométricas en su mayor parte).

Por no contar con estaciones hidrométricas, más que en algunas corrientes más importantes como los ríos Lerma, Nazas, Bravo del Norte, Santiago, Toluotlan, etc. la Dirección de Irrigación estableció un servicio hidrológico: instalo un gran número de estaciones pluviométricas y termopluviométricas, así como las más importantes estaciones de evaporación, organizando al mismo tiempo un servicio hidrométrico en las corrientes con futuros aprovechamientos para riego o desarrollo de energía eléctrica.

2. Estudio general de grandes proyectos (el Valle de Juárez, Yuriria y Tuxtepec).

3. Operación de Obras de Riego.

4. Construcción.

Apartir de 1926 al crearse la Comisión Nacional de Irrigación (C.N.I) ha venido aumentando notablemente el número de estaciones climatológicas instaladas en el país. En 1967 ya funcionaban 2940, de las cuales 1778 eran de Secretaría de Recursos Hidráulicos(S.R.H).

Aún cuando las áreas que reciben lluvias ciclónicas al ocurrir estas sufren casi siempre pérdidas cuantiosas, estas pérdidas se compensan en la mayoría de los casos, con las magnificas cosechas que pueden obtenerse en los dos o tres años subsecuentes, sobre todo, si las aguas de las avenidas que originan son interceptadas por las presas de almacenamiento que México ha venido construyendo desde 1926.

En 1967 la S.R.H ha dividido al país en 25 regiones hidrológicas.

En 1944 la comisión Nacional de irrigación contaba un número aceptable de datos de lluvias, temperaturas, etc., para realizar los primeros estudios sobre las necesidades de riego en México. Para 1958 la Secretaría de Recursos Hidráulicos realiza nuevos estudios con mayor acopio de datos (sobre irrigación en México). Se reclasificó la República anotando en un mapa del país los valores de evapotranspiración anual, uso consuntivo, que varía de 60 a 180 cm. En otro mapa se dibujaren las curvas de isopletas de demandas netas de riego para lo cual se calculó la cantidad total de agua que requieren los vegetales (uso consuntivo) en el mayor número de lugares que se pudo, por el método de Tonrthwaire; a esta cantidad se le restó la lamina de agua de la parte de las lluvias que pueden aprovechar los vegetales según la oportunidad e intensidad de las precipitaciones; la diferencia es la demanda neta de riego. Se unieron con curvas los puntos de igual demanda.

Con los datos de lluvias, temperaturas, evaporaciones, etc., aportados por las 3000 estaciones climatológicas ya existentes.

Fue hasta 1947 en que ya se contaba con datos de observaciones de aguas superficiales y subterráneas por varios años en bastantes ríos, cuando se hizo una primera estimación, que fue completada con datos hasta 1966.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Desde 1927 se han venido estudiando y haciendo la cartografía y clasificación de los suelos de todos los proyectos de riego localizados en diversas regiones del país, primero por la C.N.I. y después por la S.R.H., pudiéndose presentar el dato relativo a la superficie estudiada y el resumen de las principales características de los suelos.

Los estudios agrológicos efectuados hasta el año de 1966 con fines de riego, abarcan una superficie de 12 millones de hectáreas; en ellos se establece el orden preferencial en el que deben ser regados los suelos y las limitaciones para su utilización para riego. Se establece que la superficie máxima laborable en México que da dentro del límite de los 30 millones de hectáreas.

En 1941 la C.N.I. ordenó se hiciera un estudio sobre el desarrollo histórico de los aprovechamientos hidráulicos en el país.

En 1932, se propone y es aprobado por la C.N.I., que serán los ingenieros mexicanos, que se habían venido especializando en irrigación, los que se encarguen de hacer los estudios, los diseños y la dirección de las obras, mientras que los ingenieros extranjeros sean quienes supervisen esos trabajos hasta el final de su contrato (un año después).

Se crea un nuevo Departamento de Ingeniería en oficinas de Estudios, de Proyectos y de Construcción el sexenio de 1935-1940, se inicia la construcción de *obras de pequeña irrigación* que sin interrupción, sé continuo hasta ahora. Efectivamente, antes de este sexenio, se pensaba que el Gobierno Federal debía limitar su actividad constructiva a aquellas obras de irrigación que por su gran magnitud, y por lo tanto por su elevado costo, quedaban fuera del alcance de la iniciativa privada.

La política de irrigación, por lo que respecta a obras, queda definida en términos de que la C.N.I. ejecutara grandes obras para aprovechar el agua de los grandes ríos de México, y pequeñas obras de riego para aprovechar reducidas corrientes con el fin de beneficiar a pequeños núcleos campesinos.

Las bases para el Programa hidráulico del sexenio 1941-1946 entre otras fueron las siguientes:

- 6° No iniciar ninguna obra, hasta tener terminados totalmente los estudios hidrológicos, agrológicos, agro-económicos, etc., que demostraran su factibilidad.
- 8° Finalmente, y como algo muy importante, la Comisión debía emprender una labor sistemática de estudios hidrológicos, agrológicos, agro-económicos, etc., con el fin de preparar el proyecto del plan nacional de irrigación que sirviera de base y guía para el trabajo en lo futuro

El 1° de diciembre de 1927 se crea la S.R.H. y las comisiones semiautónomas de desarrollo regional, por cuencas de ríos.

Entre otras funciones tiene las siguientes:

1. La realización del inventario de todos los recursos hidráulicos, tanto superficiales como del subsuelo.
2. La formulación de un inventario de los suelos del país.
3. El aprovechamiento del agua en riego.
4. El drenaje de terrenos con fines de riego o de salubridad.
5. La defensa contra inundaciones.
6. La creación y mejoramiento de vías fluviales de navegación.
7. La expedición de concesiones de aprovechamiento del agua por particulares.
La realización d un estudio integral sobre el mejor aprovechamiento del agua en todos los fines antes mencionados, con el objeto de elegir técnicamente el sistema que mayores beneficios rindieran a la Nación procurando que cada una de las obras sirviera para varios fines, en la proporción que más sirviera al país.

La S.R.H. debía concentrar su atención principalmente a la irrigación inmediata de nuevas superficies como la obra indispensable básica para incrementar la producción agrícola de México.

NORMAS DE TRABAJO DE LA S.R.H.

1° Se decidió que las obras que se construyeran permitieran el aprovechamiento total de cada corriente hasta donde técnica y económicamente esto fuera factible.



2° mediante proyectos con coeficientes de seguridad más altos, y con una inspección rigurosa al trabajo de los contratistas que los realizaban, se harían obras de calidad inmejorables.

3° no se permitiría ninguna improvisación en el estudio, en el diseño y en la construcción de una obra. La programación correcta de los estudios, de los proyectos y de las obras, obligaba a que cada uno de estos capítulos se le destinara el tiempo necesario para su realización.

En 1944 el río Papaloapan se desbordó; pero no fue sino hasta 1947 en que la recién creada S.R.H. dicto un acuerdo en el que se creaba un *desarrollo integral por cuencas*, formándose las *Comisiones de los ríos Papaloapan, Tepalcatepec* (que posteriormente se amplió y se llamo Balsas), Fuerte y Grijalva.

Estudios de 1965-1970: para remediar el gran problema de carencia de estudios con que se enfrento la S.R.H. en el pasado, se han realizado estudios, algunos de iniciación inmediata y otros a largo plazo, utilizando para estas labores no solo la capacidad de trabajo de la Secretaría, sino también de los servicios de empresas privadas de ingeniería, dedicadas a estudios de campo y a proyectos hidráulicos. También se debe agregar la participación de las escuelas de ingeniería, que han canalizado el servicio social a esta actividad en las distintas actividades.

Los planes hidráulicos se orientan a que las aguas que se generan en las mayores altitudes del país se utilicen en la satisfacción de necesidades de la población que vive en ellas, para ser aprovechadas cerca de su origen.

La elaboración de planes hidráulicos regionales y nacionales, de demanda, como es natural estudios más amplios para en conocimiento de los recursos hidráulicos que se pretendan aprovechar en conjunto, sino de los topográficos, geológicos, agrológicos y otros de muy diversa naturaleza, para lograr la evaluación de los proyectos de inversión. Para los primeros, cada año se instalan nuevas estaciones y para los segundos se ha iniciado el inventario nacional.

Entre los planes regionales por su importancia se pueden mencionar los siguientes:

- a) Plan Hidráulico del Noroeste
- b) Plan Hidráulico del Centro
- c) Plan Hidráulico del Golfo

PLAN NACIONAL DE PEQUEÑA IRRIGACIÓN: Este plan esta enfocado principalmente, hacia las entidades que por sus condiciones naturales no pueden contar con grandes áreas regadas, ya sea por escasez de agua, de tierras o de ambas.

También se inicia con la rehabilitación de obras de riego.

PLAN DE MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA: El plan para el mejoramiento en el uso del agua en la parcela que se ha iniciado con decisión, es llamado "Plan de Mejoramiento Parcelario" Respecto a las pérdidas en conducción, la S.R.H. encontró que existe aproximadamente un 50% de agua sin utilizar en los distritos de riego por este concepto.

POLÍTICA DE RIEGO, por su importancia mencionaremos dos puntos:

1. Incluir las obras que produzcan los máximos beneficios económicos y sociales.
2. Reglamentar el uso del agua para evitar la contaminación de aguas superficiales y subterráneas.
3. Intensificar los estudios básicos para la planeación del aprovechamiento de los volúmenes de agua aún disponibles, elaborando un programa nacional a largo plazo.

Para fines de 1966, además de varias obras en construcción existían 2 543 302 hectáreas de riego, debidas a numerosas obras de grande y pequeña irrigación.

La República mexicana esta dividida en cuencas hidrológicas y distritos de riego. Cada distrito de riego cuenta con una Gerencia General la cual proporciona la información existente de las estaciones hidrológicas a su cargo, por medio de la Dirección de Hidrología.

Los estudios hidrológicos, geológicos, agronómicos y demás han sufrido cambios sustanciales, un ejemplo lo es el caso del Proyecto Las Garzas", en el Distrito de Riego del río Ajuchitan, Gro. Elaborado en 1967 por la Comisión del Balsas en el cual una vez realizado el presupuesto del estudio hidrológico (el cual tubo un costo de \$270 000) en el que aparece una nota al final que dice lo siguiente:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Este costo total incluye todas las erogaciones necesarias como sueldos, prestaciones, consultoría, equipo, impuestos, intereses, todos los gastos indirectos y administración, así como sus honorarios y utilidades; cabe hacer notar que en dicho estudio de factibilidad no se descifran estos conceptos.

En marzo de 1972 la S.R.H. más específicamente área de Grande Irrigación y Control de Ríos por medio la Dirección de Estudios Específicos forman "El Plan Hidráulico del Noroeste y el Plan de Acción Inmediata (PAI). El Programa de Acción Inmediata consistió en aprovechar en forma conjunta las corrientes de los ríos, Sinaloa, Fuerte, Mayo y Yaqui, utilizando las presas de almacenamiento y derivación ya en operación en los últimos tres ríos y construyendo una de almacenamiento y una de derivación en el Río Sinaloa, así como un sistema de canales para transferencia de agua entre cuencas.

En dicho programa el balance establecido entre la oferta de agua de la región y su demanda para todos los fines en los próximos años, es negativo, por lo que se estudiaron muchas alternativas de utilización de esos recursos con objeto de determinar su factibilidad, técnica hidrológica, económica y social, para optimizar el aprovechamiento del agua en la región contemplando por un lado la satisfacción de las demandas más urgentes y por otro la productividad económica que se puede lograr. Dichas alternativas, contemplan, la mayor extensión de hectáreas con posibilidad de utilizarlas para riego.

El 1° de Febrero de 1989 por Decreto Presidencial se instaló la Comisión Nacional del Agua (C.N.A), en la que se integran todas las facultades del Ejecutivo Federal, relacionadas con el manejo del agua, se da un paso fundamental para llevar adelante una política integral del agua.

En el artículo 1° del decreto se lee "Se crea la Comisión Nacional del Agua como órgano administrativo descentralizado de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

El contar con una autoridad única del agua permitirá ampliar esquemas de descentralización y fortalecer mecanismos de concertación.

Las principales funciones de C.N.A. son las siguientes:

Proponer la política del agua, coordinar y ejecutar en su caso los programas en la materia

Medir el agua y regular sus usos

Cuidar la conservación de su calidad

Definir los usos alternativos, y otorgar las concesiones o asignaciones correspondientes

Planear, construir y operar las obras hidráulicas que competen al Gobierno Federal

Encauzar y controlar los ríos, y garantizar la seguridad de la infraestructura hidráulica construida y en operación

Establecer la normatividad y otorgar apoyo técnico a los sectores usuarios

Y coordinar el sistema financiero del agua

C.N.A. está integrándose en torno a cuatro áreas fundamentales:

La de infraestructura hidroagrícola, encargada del desarrollo, mantenimiento y operación de las obras para apoyar la producción de alimentos.

La de abastecimiento de agua a poblaciones e industrias, que responde a la necesidad de elevar los niveles generales de bienestar social y de crecimiento económico.

La de administración del agua, que comprende el control de la cantidad y calidad del líquido, y su aprovechamiento eficiente por parte de los usuarios.

La de planeación y finanzas, para intervenir, conforme a la ley, en la captación y aplicación de los ingresos originados por la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, y por la prestación de los servicios. Sustentan estas acciones las recientes reformas a la Ley Federal de Derechos, con las cuales la

Comisión tendrá una mayor intervención en el cobro de los derechos relativos al agua; además, los ingresos que se recauden podrán canalizarse en forma creciente hasta el desarrollo de los programas de la Comisión.

Parte integral de esta Comisión es el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua que, ligado estrechamente a los problemas hidráulicos prioritarios, dará mayor impulso a la investigación, capacitación y adecuación de tecnologías para apoyar un desarrollo sostenido del sector y una preparación adecuada de los responsables del manejo del agua y de los usuarios del recurso.

Se esta integrando una estructura orgánica para el manejo del recurso por regiones hidrológicas (37 en la actualidad), que proporcione las bases para la concertación con las entidades federativas que comparten los mismos recursos, asimismo, se contempla establecer unidades administrativas en el ámbito estatal, para recoger y canalizar eficazmente las demandas locales y resolver los problemas específicos en cada entidad federativa.

El programa de trabajo de 1989, contempla lo siguiente:

Hacer expedita la administración del agua, con objeto de que el nuevo organismo se signifique por un mínimo de tramites burocráticos en su operación.

Promover nuevos esquemas para el financiamiento de los proyectos hidráulicos que permitan la participación de todos los sectores de la sociedad, incluyendo la inversión privada y la recaudación por concepto de derechos y servicios.

Dar mayor énfasis a la conservación de las obras y uso pleno de la infraestructura ya constituida, con la participación de los usuarios.

Dirigir la inversión a la terminación de proyectos en proceso y a la ejecución de obras pequeñas y medianas de rápida maduración y claro beneficio económico y social.

Impulsar con decisión el uso eficiente del agua y su reutilización.

Concertar con las autoridades locales y los usuarios el aprovechamiento de las acciones correspondientes.

Una de las principales causas por el gran deterioro que han sufrido los distritos de riego en México, en su infraestructura y en su productividad, por el área cosechada cada vez menor, como por los bajos rendimientos de los cultivos fue la disminución de los recursos financieros necesarios aplicados a los planes y programas de desarrollo agrícola.

Con la implementación de las acciones de que consta un proyecto de construcción o rehabilitación de una zona de riego podrán obtenerse entre otros los siguientes resultados generales:

- Lograr una participación más activa de los productores en la operación y conservación de la infraestructura hidráulica.
- Elevar los rendimientos de los cultivos mediante el mejoramiento de las técnicas de riego y el grado de cultura agrícola de los productores.
- Elevar la eficiencia tanto de conducción como en el ámbito parcelario para rescatar de ser posible un volumen de agua adicional que permita incrementar la superficie de segundos cultivos.
- Mejoramiento de las superficies que se encuentren degradadas por problemas como la salinidad.
- Establecer el sistema de entrega de agua por dotación volumétrica.

Actualmente contamos con los métodos, técnicas, procedimientos constructivos, materiales, obra de mano y equipos cada vez más sofisticados, con los cuales podemos realizar obras de ingeniería en poco tiempo y con un menor esfuerzo, tanto físico como intelectual; sin embargo, también es cierto que dichos adelantos han sido graduales, a través de la historia de la humanidad y tienen su origen en los conocimientos que el hombre ha

adquirido conforme ha sentido la necesidad de solucionar los problemas que le impiden la subsistencia, seguridad y su desarrollo armonioso con la naturaleza.

Con los adelantos científicos, se formaron leyes generales y se pudieron interpretar y extrapolar resultados, logrando con ello que la tecnología de presas sufriera un cambio cualitativo a partir de la mitad del siglo 19. Se comenzó a dar forma y dimensiones a las presas sobre bases físicas y mecánicas y cálculos racionales, iniciando el periodo de las grandes presas modernas. El hombre siguió teniendo fracasos en su lucha por mejorar, aprendiendo de ellos, pero con la ayuda de la ciencia pudo detectar y analizar los orígenes de los errores y en fin, progresar.

Así, en un siglo, el desarrollo de las presas ha sido incomparablemente mayor al de los 40 siglos anteriores. Las fallas de las presas en esta etapa eran infrecuentes, en relación con las etapas anteriores por la razón de que en esta etapa se construyen en forma más científica y no se descuida ningún aspecto. Ahora las presas son más altas y con tendencias a contener mayores volúmenes de agua, por lo que los factores de seguridad son mucho mayores en comparativa con los utilizados en épocas anteriores.

A partir del siglo 20 y hasta la actualidad, el hombre sigue mejorando sustantivamente las técnicas y los métodos constructivos de las presas. Entre los adelantos más representativos tenemos los siguientes:

1. - Nuevas perspectivas en sismología.
2. - Perfeccionamiento en el tratamiento de las cimentaciones.
3. - Progreso en la mecánica de los suelos.
4. - Avance para el análisis computarizado.
5. - Adelantos para el análisis de estabilidad de taludes de los terraplenes.
6. - Utilización de membranas sintéticas.
7. - Métodos para el refuerzo del corazón de la cortina.
8. -Avance en la construcción de la cimentación.
9. -Avances en el control de la construcción de terraplenes y diques.
10. -Innovación aplicada a la ingeniería de rocas.
11. -Avances en la tecnología de concreto para presas
12. -Técnicas probadas en análisis para la hidrología e hidráulica
13. -Refinamientos en instrumentaciones.

En la actualidad los objetivos del proyecto, los propósitos y su magnitud, determinan lo que debe investigarse respecto a las presas.

El uso para el cual se diseña una presa influye en la selección del emplazamiento de la misma y de su tamaño; además del objetivo a que se destine.

Las experiencias acumuladas de los ingenieros en dicho campo, son indispensables para la construcción de nuevas obras de almacenamiento.

Es muy importante que para el estudio del proyecto de una presa de almacenamiento se considere como un todo, antes de establecer definitivamente los requisitos de diseño correspondiente a cada elemento constitutivo de la presa.

Cada objeto al que se destina y cada incremento en su tamaño o alcance, debe justificar su inclusión en el proyecto con alguna medida de viabilidad o justificación, que generalmente se relacionan a los beneficios que producen, la necesidad que remedian, o la inversión que se puede recuperar.

LA PLANEACIÓN es indispensable, pues con ella conoceremos la viabilidad de una presa, pero con la ayuda de estudios que nos orientan tanto técnica como económicamente en nuestro análisis y conclusiones, sin olvidar nuestro sentido común y experiencias obtenidas en obras similares.

En esta planeación, encontraremos respuestas como las siguientes:

- Nuestro proyecto da una solución a las necesidades planeadas al inicio; es decir, satisface las necesidades demandadas.
- También, corresponde al fin que persigue convenientemente.
- Los beneficios que proporcionará dicho proyecto, justifican su costo.

Las conclusiones están en función directa con la precisión de los estudios.

Desde los primeros estudios se debe considerar el valor estético, sin olvidar que la mayor atención, estará en la seguridad, economía y funcionamiento estructural.

Los proyectos, son generalmente injustificados cuando los estudios tienen un porcentaje considerable, en relación con el costo del proyecto construido.

La investigación debe programarse y ejecutarse, de manera que la bondad del proyecto se determine lo más pronto y con el menor costo posible. Los proyectos más complejos como son aquellos que se construyen en lugares muy inaccesibles o que tengan malas condiciones para desplantar la cimentación, o existan fracturas y fallas a lo largo del vaso, requieren de levantamientos y estudios adicionales.

En la planeación, se considerarán los programas de largo alcance que pueden haberse adoptado para la vecindad, considerando que el beneficio en nuestro proyecto, no dañe obras de captación aguas abajo.

Los ingenieros, deben realizar acumulación de información de la zona en cuestión y zonas circunvecinas en dependencias gubernamentales federales, estatales, municipales, bibliotecas, y tener contacto y relación con funcionarios y con los encargados de la planeación estatal y municipal, en las que puede obtener las siguientes herramientas o fuentes:

- Planos topográficos
- Levantamientos planimétricos
- Fotografías aéreas
- Mapas de sistemas de transporte
- Triangulaciones y bancos de nivel
- Geología
- Suelos
- Datos climatológicos
- Datos de aforos de corrientes
- Sedimentación
- Calidad del agua
- Datos sobre irrigación y drenaje
- Boletines hidrometeorológicos
- Informes sobre vasos y proyectos e informes especiales
- Consultoría
- Proyectos y especificaciones, Normas, Reglamentos, etc.

Algunos puntos importantes que debemos considerar en los estudios son los siguientes:

La cantidad de sondeos que se hagan, estará en función del tamaño de la cortina y del área del vaso; porque a mayor dimensión de la cortina y mayor volumen almacenado se requiere de un factor de seguridad mayor.

En el momento de realizarse los reconocimientos de campo será necesario realizar un programa de actividades para las investigaciones.

La topografía debe de levantarse, en las entradas de los vasos donde los deltas de los sedimentos o los niveles del remanso sean importantes, realizándose cada vez con más precisión y detalle para realizar el proyecto final. Tan pronto como un proyecto parece viable, se toman providencias de acuerdo con las leyes de aguas del Estado, para obtener una concesión sobre el uso del agua.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2 CONSIDERACIONES PRELIMINARES DEL SITIO

Iniciaremos este capítulo haciéndonos una pregunta ¿Cómo se decide el sitio en el que se proyectará una presa?

Para poder contestarla se necesitará realizar *LOS ESTUDIOS PRELIMINARES* que constan de: visitas de inspección, estudios socioeconómicos, estudios técnicos, realizar un anteproyecto y por último una conclusión en la que se indicará la conveniencia o inconveniencia de realizar el proyecto.

Visitas de inspección: Reconocimiento al lugar del proyecto; inspección ocular del sitio por personal con conocimiento y práctica en estos menesteres, en el que recopilarán datos que ayuden a tener una idea global del proyecto y que sirvan de base para la formulación de anteproyectos.

Estas personas sabrán visualizar el problema y tomar la decisión sobre la factibilidad constructiva del aprovechamiento y ordenar la continuación o suspensión de los demás estudios.

El ingeniero responsable de la inspección designado es conveniente que sea asesorado por personas conocedoras de la región y técnicos que intervienen en la etapa de estudio detallado del proyecto, como: economistas, sociólogos, agrónomos, tipógrafos, geólogos, hidrólogos, estructuristas, hidráulicos, arquitectos, entre otros.

Estudios socioeconómicos: El objetivo que se persigue con la obra de riego es mejorar la producción agropecuaria de la región y contribuir al mejoramiento socioeconómico de la comunidad existente dentro del área de influencia del proyecto. Con estos estudios se conoce el alcance de esos objetivos y la forma de asegurar el máximo de aprovechamiento de la inversión a que da lugar la futura obra de riego.

También se investigan y determinan algunos factores, como: el tipo de obras más adecuadas, la manera más conveniente de recuperar la inversión, la forma de solucionar los problemas económicos postconstructivos, 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.

Estudios técnicos: los estudios técnicos preliminares se obtienen, con una serie de datos que son indispensables para la formulación de uno o varios anteproyectos; determinando las características más notables del proyecto definitivo.

Dichos estudios se clasifican como sigue:

- Topográficos.
- Geológicos.
- Hidrológicos.
- Agrológicos.
- Geotécnicos (mecánica de suelos).

Varios de los datos determinados en esta etapa, son obtenidos con procedimientos poco aproximados pero suficientes para el caso; otros empleando y recurriendo a métodos más precisos, de tal manera que se pueden considerar como definitivos para el diseño del proyecto. Los estudios definitivos, no son sino la afinación, detalle y ampliación de estos preliminares.

Anteproyecto y conclusiones: al elaborar en el gabinete varios anteproyectos basándose en los datos obtenidos del campo; se estará en posibilidades de discutir las ventajas y desventajas de cada uno de ellos, desde los puntos de vista de funcionamiento, eficiencia, costo, problemas de carácter constructivo, etc., y una vez hecho esto, se contará con elementos de juicio suficiente para tomar preferencia hacia alguna alternativa.

Basándose en todos los estudios preliminares, se deberá señalar la conveniencia o inconveniencia del aprovechamiento, las características de la obra hidráulica; así como las recomendaciones que se juzguen necesarias para la buena planeación de la obra de riego.

Si el diagnóstico es favorable para la realización del proyecto, generalmente se continúan de inmediato los estudios definitivos; en otras ocasiones se difiere el sistema de riego por cuestiones económicas y algunas otras por motivos de carácter legal; como por ejemplo los relativos a tenencia de la tierra.

Se recomienda la suspensión temporal de los estudios en tanto no se solucionen los problemas de esa u otra índole que pudieran afectar la realización de la obra.



Los datos que se deben recabar básicamente se observa en el ejemplo de la presa derivadora de "Bocana del Tecolote", Municipio de Cópala, Guerrero que se encuentra en el **Apéndice "A"** en el que se muestra un ejemplo de los estudios técnicos y socioeconómicos de la etapa de reconocimiento.

Con esta guía se facilita el trabajo al personal técnico que realiza los estudios, a fin de sistematizar la información y conocer en forma general las características fisiográficas y socioeconómicas que privan en la localidad en que se ha solicitado o detectado un posible aprovechamiento para riego y que constituyen una primera etapa de los estudios técnicos y socioeconómicos que se realizarán.

Para iniciar los trabajos es indispensable que el proyectista realice una visita de reconocimiento a la zona de trabajo, acompañado del personal técnico designado por la dependencia.

Dicho reconocimiento físico tiene la finalidad de obtener una visión más amplia del proyecto y poder estimar las diversas actividades a desarrollar y programar adecuadamente los frentes de trabajo.

Se deberán realizar una serie de visitas de inspección a campo, en la zona de influencia del proyecto con el fin de verificar la actualidad de la información recopilada y de la que el propio estudio vaya resultando.

Se determinará la localización geográfica y política especificando: coordenadas, ubicación municipal, límites, colindancias y distancias con los principales centros poblacionales.

Al realizar algunas suposiciones de ingeniería se puede reducir la magnitud del programa de exploración y de pruebas de la presa.

Por la gran complejidad de los proyectos para presas, es recomendable dividir la investigación en tres etapas básicas; planeando y realizando una investigación que nos permita determinar en forma rápida y económica si el proyecto es factible.

1ª. ETAPA DE RECONOCIMIENTO: se basa en datos aproximados con cálculos aproximados, y es la base de decisiones para proseguir con investigaciones mas detalladas.

En esta etapa se dispone, generalmente, de datos básicos en forma de mapas, fotografías aéreas, datos de aforos, informes geológicos, censos estadísticos, campos de cultivo, estadísticas de mercado, consumos, informes de investigaciones previas, etc. Toda esta información la debe valorar el proyectista, complementándola con datos adicionales, aproximados, hasta concebir un plan básico factible que utilice los recursos disponibles para satisfacer las necesidades. Este plan básico puede entonces compararse de una forma aproximada con variantes que cumplan los fines deseados, aumentando o disminuyendo paulatinamente el propósito y la escala.

Por criterio o con un estudio rápido se podrán eliminar muchas soluciones, de forma que se obtenga un plan final aproximado en el que se incluyan los fines, emplazamientos aproximados, alturas de las presas, capacidades de los embalses, aliviaderos, desagües, canales, y otros elementos. Este plan se perfeccionara en las siguientes etapas.

En las figuras 2-a, 2-b y 2-c se muestran datos relevantes para proyectar presas en la República Mexicana, más adelante se mencionarán algunas de las dependencias y lugares en los que se puede obtener mayor información por Estados y/o Municipios.

2ª. ETAPA DE VIABILIDAD: se determina el objeto, magnitud, plan y características esenciales, y los costos y beneficios aproximados con exactitud suficiente para apoyar la autorización del proyecto o apoyar su construcción. El carácter y magnitud de los reconocimientos, investigaciones y estudios, para esta fase, deben determinarse con criterio y experiencia y un conocimiento amplio de sus componentes, adquirido durante la fase anterior.

3ª. ETAPA FINAL: completa la etapa de viabilidad del proyecto manera que se pueden prepara los planos y detalles finales, después de haber obtenido la aprobación y sea recomendable la construcción.

La mayoría de los proyectos pequeños no necesitan de la tercera fase; los proyectos de mayor dificultad e importancia requieren a menudo de extensas investigaciones y datos de campo adicionales.

Sin embargo la magnitud del proyecto, no es el único criterio para establecer la necesidad de estudios mas detallados, sino que depende de la complejidad del emplazamiento, de las condiciones de cimentación y, a menudo de los factores hidrológicos.

PRINCIPALES RASGOS FISIOGRAFICOS DE MEXICO

Mapa No. 4

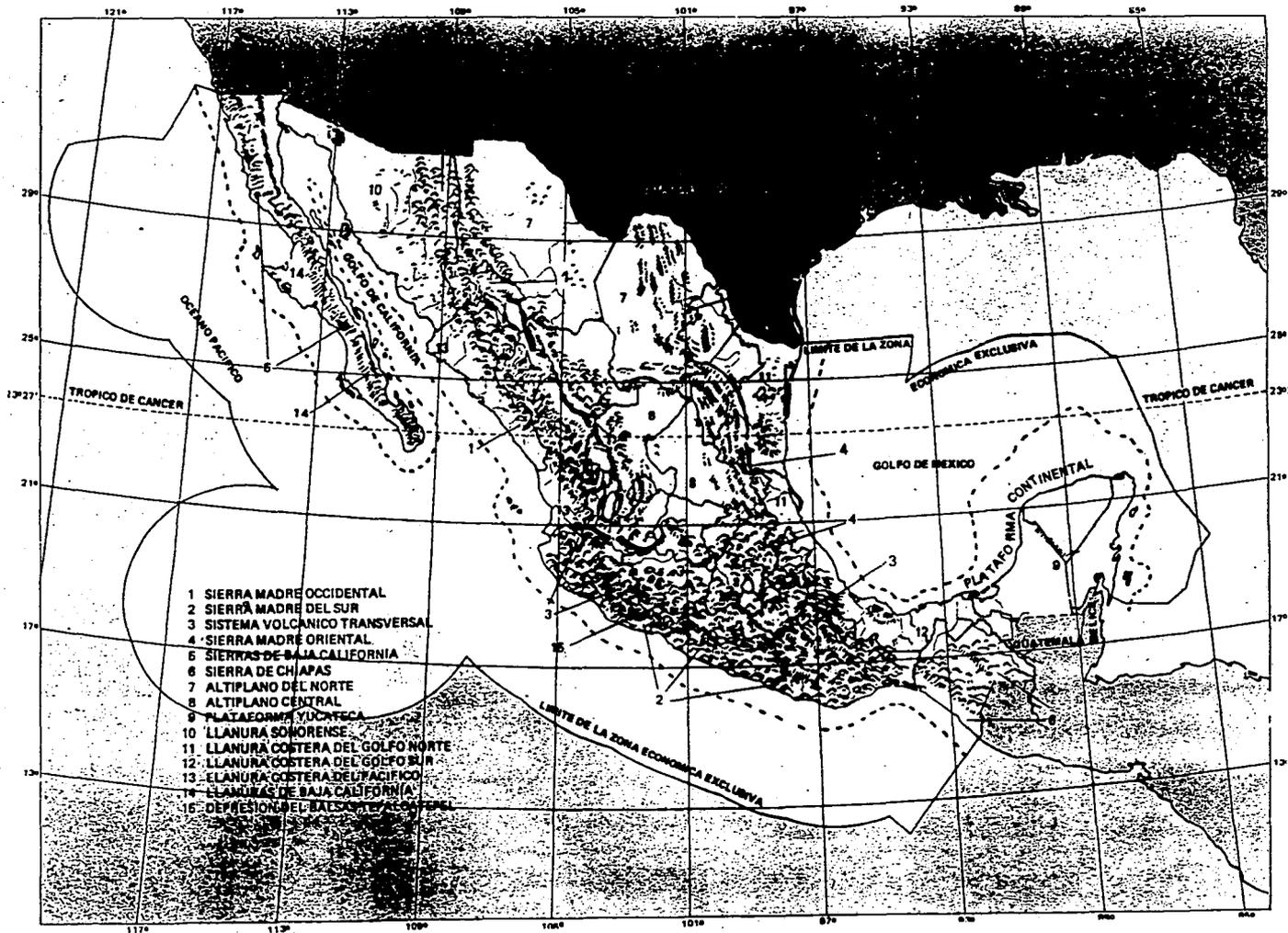


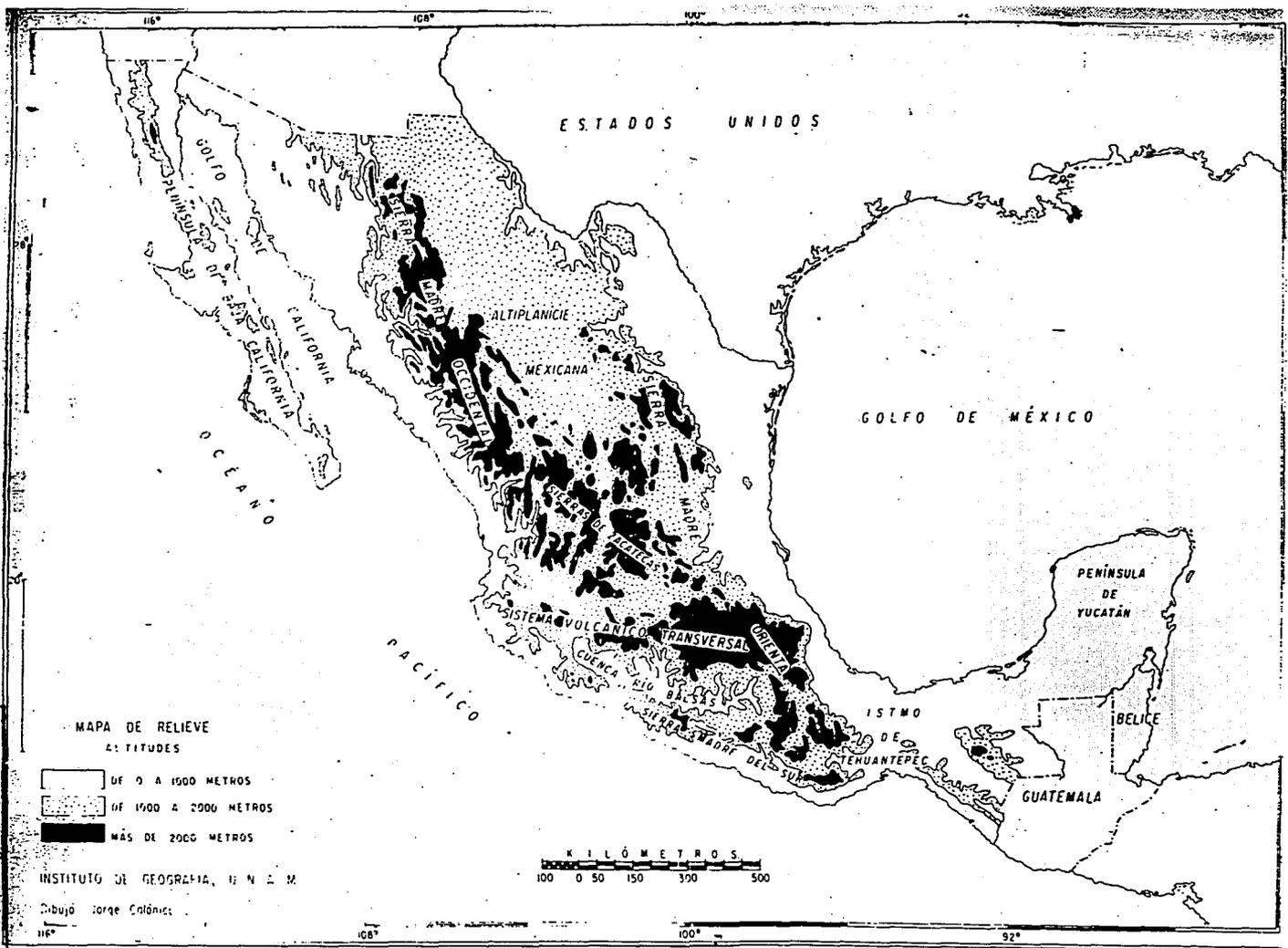
Figura 2-a Fuente Bibliográfica: Anuario estadístico de México 1990

11 A

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

11 B

FALTA DE ORIGEN



MAPA DE RELIEVE
 ALTITUDES

- DE 0 A 1500 METROS
- ▨ DE 1500 A 2000 METROS
- MÁS DE 2000 METROS

INSTITUTO DE GEOGRAFIA, I N E M.
 Dibujo Jorge Calónes

Figura 2-b Mapa de relieve.
 Fuente Bibliográfica: Geografía Agraria de México 1992

11 c

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

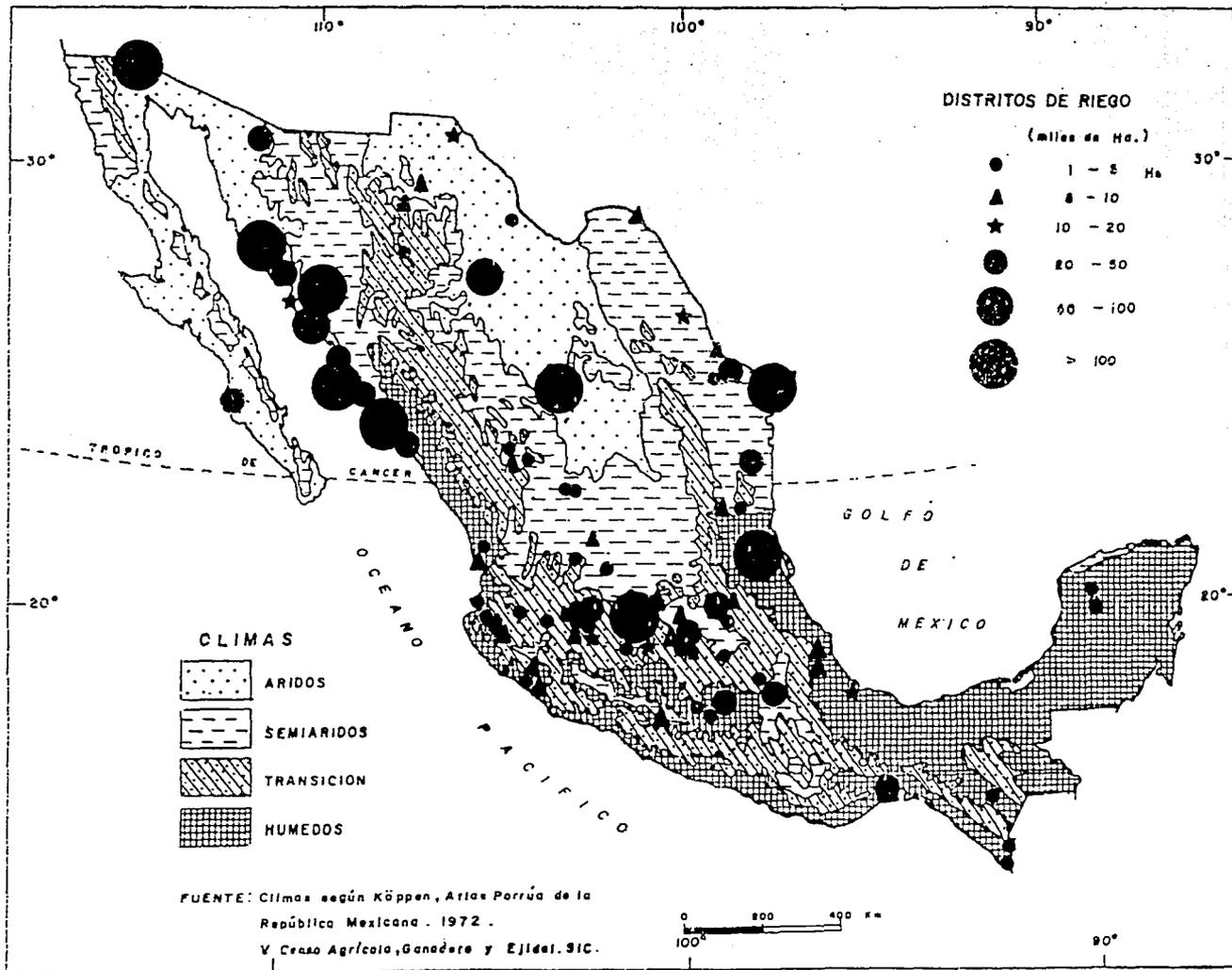


Figura 2-c Distritos de riego.
Fuente bibliográfica: Geografía Agraria de México 1992

RELACIONES CON OTROS PROYECTOS

Debe estudiarse toda la zona que será beneficiada con el proyecto, para determinar si existe interferencia con otros proyectos de la misma naturaleza, en cuanto al empleo de tierras o recursos hidráulicos.

Debe determinarse cuidadosamente la probable demanda actual de los servicios que puede prestar el proyecto, así como una estimación razonable de la futura demanda.

Cuando un proyecto interfiere con otros ya existentes o previstos, es conveniente plantearle el asunto a las autoridades competentes, en especial cuando se prevean futuros aprovechamientos para el bien de la región o nación.

Recopilación, análisis e integración de la información disponible

Sitios de interés para recopilar información disponible son la Comisión Nacional del Agua (CNA), Comisión Federal de Electricidad (CFE), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) entre otros; además la recopilación, selección y ordenamiento de la información se puede obtener de:

- Estudios anteriores (CNA (antes de 1989 llamada Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) y CFE).
- Informes técnicos de dependencia nacionales (CNA, CFE, SAGARPA (Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural y Pesca), SARH, INEGI, ETC.)
- Informes técnicos de organismos internacionales.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL).

El Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS) contiene información hidrométrica de 1527 estaciones de todo el país en periodos variables desde 1902, además existen otros sistemas de información climatológica como son los Centros Regionales de Información y Consulta (CRIC) dependientes de la CNA, los cuales contienen información de 6000 estaciones; sin olvidar a la Comisión Internacional de Límites de Agua (CILA) también de CNA.

Cuando alguna información no sea otorgada por la dependencia, la empresa proyectista será quien por su cuenta se encargue de obtenerla y presentarla al residente de supervisión para su reconocimiento.

Entiéndase por dependencia a la CNA, y/o la CFE., o ambas; las facultadas para realizar los estudios, proyectos y construcción de presas en México. La empresa proyectista será la encargada de realizarle las investigaciones a la dependencia; a su vez el residente de supervisión es designado por la dependencia y tiene como finalidad comprobar e indicar en su caso que los trabajos de la contratista se realicen de acuerdo a los requerimientos de calidad.

La adquisición o elaboración de la información no otorgada por la dependencia será con cargo al proyectista En caso de dudas o aclaraciones de la información recabada, el contratista consultara al residente de supervisión designado por la dependencia.

Lectura e interpretación de cartas y mapas.

Para la interpretación y lectura de los mapas, existen varios métodos, entre ellos se presentan los siguientes:

1. Confrontación de dos o más mapas.
2. Superposición de mapas.
3. Método comparativo de perfiles:
 1. Método de confrontación de dos o más mapas: la confrontación siempre se realiza a simple vista. En una interpretación es importante que se desarrolle el sentido de la observación; un ejemplo de su aplicación puede ser la confrontación de un mapa de uso de suelo y uno de isóneas (isoyetas, cantidad de precipitación) para encontrar una lógica en la distribución de humedad y la presencia del cultivo, esto es, si los cultivos aprovechan dicha humedad.

2. **Método de superposición de mapas:** en este método es requisito el poseer mapas de la misma escala, para que exista una comparación correcta. En la interpretación se seleccionan los elementos que deben ser comparados, elaborando un nuevo mapa con dichos elementos para su interpretación aislada y así poder obtener mejores resultados en su análisis. Ejemplo: se tienen dos mapas, uno que indica por puntos la superficie sembrada de maíz y el otro presenta las isoyetas indicando la cantidad de precipitación promedio anual. En la preparación de este mapa con los elementos citados, se aclaran hasta cierto punto las relaciones entre ellos.
3. **Método comparativo de perfiles:** en este método los requerimientos son mayores, ya que se debe contar con mapas de la misma escala, pero con temática diferente (suelos, vegetación, uso del suelo, geología, etc.) para que su comparación se efectúe sin problemas.
Para su realización es necesario tomar una zona de interés particular y además que presente datos y características significativas. Se toman perfiles de cuatro o cinco cartas temáticas diferentes, pero el perfil debe coincidir en todos los casos siguiendo la misma línea recta entre los mismos puntos terminales. Cada perfil se coloca uno debajo del otro para facilitar la observación total de las características que coinciden o no en los perfiles.

Análisis de lectura e interpretación de cartas y mapas.

Para ello se debe establecer un método que permita una mejor comprensión; se recomienda seguir los siguientes puntos: ubicación de puntos, perfiles, análisis de las pendientes, zonificación y puntos indicando los extremos en alturas máximas y mínimas. Se sugiere además establecer en campo la relación carta-paisaje (manejo). Posteriormente, se pasa al análisis de la carta o mapa para determinar si existe una zonificación física y humana localizada en ella, esto permite establecer una regionalización, la cual proporciona una discrepancia entre los diferentes paisajes para que más adelante se examinen las condiciones del terreno previamente reconocido. Hay que observar y relacionar características del paisaje natural y las relaciones que poseen con el medio que los rodea o que forma parte del mismo.

Una interpretación significa deducir del mapa la información que no se encuentra explícitamente en el mismo; se deben considerar los siguientes puntos:

- Examinar la existencia de diferentes regiones y sub-regiones en el mapa.
- Inferir información que no se encuentra en el mapa (experiencia).
- Estudiar las relaciones entre fenómenos tales como: físicos, entre físicos y humanos, y entre diferentes elementos humanos.
- Desprender cuales son los problemas del área.

Una buena interpretación esta basada en el grado de dominio del intérprete, pero aún un principiante debe intentar dar una adecuada interpretación, de acuerdo a los conocimientos y la poca experiencia que posea.

Una interpretación representa una apreciación de la realidad de la zona; de esta manera se pueden deducir las características del hábitat, usos del suelo y facilita también las posibles soluciones, directrices que se establecen en el reacomodo del espacio geográfico analizado e interpretado.

Fotointerpretación.

Con el uso de la fotografía aérea han aparecido dos técnicas: fotogrametría y fotointerpretación, esta última se emplea para obtener información mediante la fotoidentificación, fotolectura, fotoanálisis y fotointerpretación propiamente dicho. Cada una de ellas es importante para efectuar la interpretación del material fotográfico. La fotoidentificación auxilia al técnico para determinar el área requerida ya sea por sus rasgos físicos o humanos, e identificando todo aquello que le es familiar permitiendo esbozar el primer intento del área en estudio.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La fotolectura es una etapa en la cual se plantea lo que existe en el área y se calculan las posiciones geográficas, así como las modificaciones realizadas por el hombre.

En el fotoanálisis existe ya un examen más exhaustivo de las fotografías aéreas, esto es, consiste en separar las fotografías según sus características y rasgos peculiares; implica también una fotolectura más detallada y se establece mejor la relación entre las fotografías y el conjunto que representan.

La fotointerpretación es considerada como técnica, ciencia y arte. Incluye todas las características de la fotoidentificación, la fotolectura y el fotoanálisis - todo lo anterior se considera como un proceso de identificación y análisis- implica una deducción logística de las fotografías aéreas; esto se logra valiéndose en todo momento del estereoscopio, que permite analizar cuidadosamente los elementos que constituyen, y en los cuales se basan, los patrones que rigen la fotointerpretación (tono, textura, sombra, red hidrológica), lo que permite una evaluación deductiva e inductiva de los elementos antes mencionados. Se adhiere a todo lo anterior un factor muy importante, que es el conocimiento y la experiencia del fotointérprete.

Evidentemente, no debe confundirse la fotointerpretación con la fotoidentificación, fotolectura y fotoanálisis; ya que la fotointerpretación es un grado más avanzado o estado final de las conclusiones obtenidas a partir del examen de las fotografías aéreas, las cuales son empleadas e interpretadas de acuerdo a un determinado estudio, ya sea este geológico, geomorfológico, geográfico, edafológico, forestal, etc. La correlación con lo obtenido con la investigación de campo, es una etapa complementaria y necesaria del trabajo de fotointerpretación.

2.1 Orografía

Se deben describir las condiciones generales en cuanto a relieves en la zona de estudio y mencionar algunas particularidades como planicies, valles, cordilleras, depresiones, etc.

Configuración de las zonas en que se ubica el cauce, alturas, pendientes; también la fisiografía (topo formas) indicando las subprovincias y discontinuidades como son: subprovincias de pie de sierra, brechas, mesetas, cañones, llanuras costeras y deltas entre otros.

2.2 Geomorfología

Será necesaria una descripción general de la columna estratigráfica que existe en la región, debiendo ser una síntesis de las principales formaciones geológicas reconocidas formalmente aceptadas, de las más antiguas a las más recientes; tal información constituida de una o varias unidades *litológicas*, deberán describirse sus propiedades mineralógicas, variaciones horizontales y verticales, y sus relaciones con otras; así como las características más sobresalientes, sistemas de fallas y fracturas, discordancias, y pliegues, etc.

Se señalarán las estaciones climatológicas localizadas en la zona de estudio o cercana a ella, describiendo los aspectos relativos a: precipitación, evaporación y evapotranspiración medias anuales; temperatura máxima, media y mínima; perturbaciones climáticas más frecuentes. Así mismo, se describirá someramente la clasificación climática de la zona.

2.3 Hidrografía

De todos los factores que pueden conducir al análisis de los rasgos naturales que registran las fotografías aéreas, son la ubicación de ríos y arroyos los de mayor importancia o, posiblemente el mas importante de todos.

"Con excepción de las formas terrestres, la configuración del drenaje superficial es, probablemente, la mas segura guía de las condiciones del terreno, de que dispone el interprete fotográfico.

La simple consideración de la configuración del drenaje, permite verificar valiosas observaciones, desde cualquier punto de vista; ya sean el geográfico, geológico, **edafológico**, etc., por lo que es imperativo el estudiar la red hidrográfica, como paso previo para entrar en los estudios específicos, muchas de cuyas conclusiones ya quedan predeterminadas por aquel. En las fotografías aéreas lo que se observa son los efectos y no los fenómenos que los producen, se necesita considerar al "drenaje" como la herramienta que esculpe o causa, y a la "erosión", inmovilizada en su imagen fotográfica como producto esculpido, o efecto.

El drenaje esta determinado y condicionado por los factores físicos naturales, entre los que destacan el clima, la vegetación, el suelo y las rocas, y entre estas últimas, por los derivados de su composición química o mineralógica y de su textura física, su estructura geológica, su tectonia o grado de fracturamiento, su posición topográfica, etc.

Si bien las condiciones de drenaje y las naturales del terreno se pueden verificar, sobre el terreno mismo y por medio de planos topográficos convencionales que contengan un determinado grado de detalle y exactitud. Pero solo utilizando fotografías aéreas verticales como se puede llegar al objetivo deseado, ya que mediante el empleo separado y conjunto de todas las claves analíticas en el examen de las imágenes fotográficas es como resulta posible identificar todos y cada uno de los datos. Pero su valor se acentúa por la posibilidad, de permitir el registro de rasgos que no pueden percibirse ni aun caminando sobre ellos y que, en consecuencia, ni figuran, ni podrían figurar en los correspondientes mapas, ni tampoco existen de hecho para cualquier otro método de exploración superficial.

Las ventajas de utilizar fotografías aéreas son muchas, las que mas destacan son; el ángulo de observación que permite, la gran amplitud de campo que encierra; ambas cosas favorecen al análisis megascópico del drenaje; y por último, reproduce los rasgos naturales realmente, tal como son, en todos sus detalles, sin convencionalismos ni interpretaciones subjetivas.

La Hidrología es el estudio del agua, su formación, circulación y distribución, sus propiedades químicas y físicas, incluyendo su relación con seres vivos.

Descripción general de los afluentes (ríos o arroyos más importantes) a la cuenca hidrográfica, área de la cuenca, origen y termino de los afluentes, su longitud (en km) y dirección.

Censar los aprovechamientos de aguas superficiales aguas arriba de la presa en estudio.

Indicar el largo y ancho (forma) de la cuenca. Si una cuenca es muy grande se puede dividir en subcuencas de cuerpos de aguas superficiales (las que pueden ser artificiales o naturales; como son las presas, lagos y lagunas) indicando por zonas los nombres y el área en km².

De igual manera la cuenca que forma solo el río principal, el área de esta y el porcentaje que implica del total de la cuenca hidrográfica, indicando los escurrimientos medios anuales en m³ y porcentaje de los escurrimientos en función de los totales de la cuenca hidrográfica.

Esto mismo se realiza para la zona de riego, indicando el Distrito de Riego al que pertenece; para cada corriente indicar el kilometraje a partir de la presa y el área de la cuenca que drena en km².

Un Estado puede contener varias *cuencas hidrológicas* (en los planos su símbolo es una letra mayúscula A, B, C, D, E....) y de igual manera en ocasiones una cuenca hidrológica a más de una *Región Hidrológica* (ejemplo RH3 SINALOA) y dentro de dicha cuenca hidrológica se contienen a varios *Distritos de Riego* (ejemplo DR74), los que a su vez pertenecen en ocasiones (según su extensión) a varias cuencas hidrológicas y a varios Estados.

2.3.1 Tipos y calidad del agua

El proyectista valorará la calidad del agua y determinará sus características. A su vez comprenderá una descripción de los índices demográficos y principales actividades socioeconómicas enfocadas al uso del agua y del suelo.

Se recopilará la información básica existente, analizará, sintetizará y evaluará en áreas colindadas a la presa, así como hacer una descripción general de las condiciones que presenta el agua a través del tiempo mencionado las principales causas que afecten su calidad. Esto con el objetivo de:

- Determinar las interrelaciones entre diferentes parámetros de calidad.
- Comparar los parámetros entre diferentes situaciones o alternativas.
- Obtener valores índices.
- Analizar tendencias a través del tiempo.
- Efectuar proyecciones de valores a futuro.

La calidad del agua debe ser tal que no sea perjudicial para las cosechas o los suelos en que va a ser utilizada. Si el sistema de distribución será a gravedad, el embalse deberá estar lo suficientemente alto sobre el área a regar, con el fin de tener la carga necesaria para otorgar el servicio.

Se relacionará la repercusión o efecto de las fuentes de contaminación en el cuerpo del receptor en cuanto a cantidad y calidad.

La información procesada indicará de la mejor manera, el comportamiento de los diferentes factores que influyan sobre la calidad y cantidad de los recursos.

Se hará un reconocimiento del área de estudio a fin de determinar la precisión y cobertura del proyecto, localizando los cuerpos de agua que tengan relación directa o indirecta con el cuerpo receptor en estudio.

Se ubicarán las fuentes de contaminación actuales y potenciales, de cualquier origen.

Para la evaluación de la calidad del agua de riego, se seleccionan sitios estratégicos de muestreo, en los que se realizan análisis físico-químico del agua para definir su clasificación según el diagrama de clasificación de las aguas para riego de D.W Thorne, que es la utilizada por la oficina de ingeniería de Riego y Drenaje de la C.N.A antes S.A.R.H (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos).

Teniendo especial cuidado con aguas que contengan más del 50 por ciento de Sodio Posible (P.S.P), pues existe el riesgo del desplazamiento del calcio y del magnesio por el sodio, aumentando considerablemente este último, produciendo la floculación del suelo.

Este tipo de agua puede ser usado para todos los cultivos, excepto en suelos que estén afectados por acumulaciones peligrosas de sodio, en cuyo caso requerirá mejoradores el suelo.

Las aguas cuya clasificación abreviada en el reporte físico-químico sea C/2b, 2c están condicionados por los contenidos de cloruros y sodio con el P.S.P por lo que producen efectos de toxicidad en frutales, por lo que se recomienda no utilizarla en frutales sensibles a este ion.

En caso de que aumenten los valores de 10 a 15% el por ciento de sodio intercambiable del suelo será necesaria la aplicación de manejo de suelos ensalitrados y medidas correctivas.

Para las aguas cuya clasificación abreviada es C/2B, 2C están condicionadas por el factor crítico de sodio medido con el Carbonato de Sodio Residual (C.R.S) y el P.S.P, existe la posibilidad de formación de carbonatos de sodio, y si existe un aumento mayor de 10 a 15% será necesaria la aplicación de mejoradores de suelo.

Las aguas cuya clasificación abreviada sean C/3b, 2c y C/1b, 1c significa que son: no recomendados por sus altos contenidos de cloruros y condicionados por el contenido de sales medidas con la C.E (Conductividad Eléctrica), S.E (Salinidad Efectiva) y S.P (Salinidad Potencial).

Este tipo de agua no debe de utilizarse para los frutales por contener niveles de cloruros tóxicos.

Para otros tipos de cultivos que toleren esos niveles de cloruros, primeramente, se deberá proveer al suelo un sistema eficiente de drenaje para evacuar los excedentes de siembra y cultivos, aumento de la frecuencia de los riegos. Para asegurar su efectividad deberá lograrse que el agua pase a través del perfil del suelo y que las aguas de drenaje sean desalojadas de la zona considerada, mediante el sistema del drenaje.

2.3.2 Cantidades de agua

En México el 80% de la población se asienta en donde se encuentra solo el 20% de los recursos hidráulicos. Al inicio de este capítulo observamos un plano de los distritos de riego de la República Mexicana (fig. 2-c); en se notan las zonas climáticas clasificadas como sigue:

CLIMA	PRECIPITACIÓN (EN UNA FORMA GENERAL)	RIEGO
Aridos	< 400 mm/año	Necesario
Semiáridas	Entre 400 y 700 mm/año	Conveniente
Transición o semihúmedos	Entre 700 y 1000 mm/año	Opcional
Húmedos	> 1000 mm/año	Innecesario

Fuente bibliográfica: Geografía Agraria de México Consuelo Soto Mora UNAM-CONACYT, México 1992

Estos datos se analizarán tomando los registros de los últimos diez años previos a la realización del estudio o en su defecto la información disponible.

La precipitación anual se distribuye en dos períodos (húmedo y seco); para obtener la precipitación media anual se promedian ambas.

Se involucrarán las obras actuales y los proyectos a futuro, con la finalidad de determinar el comportamiento del embalse en tiempo y espacio.

La distribución del agua en el Territorio Nacional no es equitativa, debido a su situación geográfica. Las zonas agrícolas del norte y centro de la república con naturaleza árida y semiárida abarcan el 50% del territorio nacional; son castigadas con sequías que pueden durar varios años, lo que afecta la producción regional y nacional de alimentos.

Cuando cae el agua lo hace con una intensidad que favorece el escurrimiento y no su infiltración.

Los volúmenes que se pueden concesionar o asignar por derivaciones, requieren de evaluaciones en cada punto de la corriente, considerando el aporte aguas arriba y las demandas y los volúmenes comprometidos aguas abajo en un momento o época en particular.

Las características del escurrimiento son determinantes en la dificultad, o facilidad, para las derivaciones.

Los problemas de derivación en una corriente radican más en los gastos instantáneos que en el volumen promedio escurrido.

En estos casos, aunque se tengan volúmenes promedio de escurrimientos significativos en un periodo anual o mensual, no son aprovechables totalmente por medio de derivadoras debido a la naturaleza del escurrimiento instantáneo; esto es común en corrientes de zonas áridas que poseen gastos reducidos pero picos considerables solo durante tormentas **convectivas**, de gran intensidad y corta duración. Similar comportamiento se tiene en cuencas donde se ha alterado la cubierta vegetal (suelos erosionados).

2.4 Topografía

Este estudio tiene por objeto describir las particularidades de relieve que tiene la superficie en estudio.

Posición de la boquilla

Esta se ubica en función de los resultados en los estudios cuidadosos y sistemáticos, en los estudios preliminares se determinan dos factores principales que son la topografía del lugar y las características del subsuelo para la cimentación.

En estos se basa la primera selección del tipo de presa, sin embargo la elección final estará controlada en general por los costos de la construcción, si se toman en cuenta otros factores del emplazamiento.

Para efectos de estudios preliminares se determina el área y la forma de la cuenca recurriendo a los atlas de la República Mexicana y si se juzga necesario se ratifica o se rectifica posteriormente con un levantamiento topográfico. En general se considera necesario un levantamiento topográfico tratándose de cuencas pequeñas cuya extensión es difícil determinar en los mapas con la requerida aproximación.

Se describirán en el caso de existir los levantamientos topográficos, aerofotogramétricos, batimétricos, o planimétricos en la Gerencia de Programación e Inversiones de la C.N.A, tanto de los cuerpos de agua, como para la zona de riego. Describiendo fecha de realización, escala, equidistancia entre curvas de nivel y batimétricos, áreas de inundación, etcétera.

Indicando además si existen mesetas, valles, tipo de relieve en %, planicies, pendientes predominantes, los tipos de terrenos que más prevalecen, drenaje superficial haciendo el indicativo en el caso de existir la presencia de acumulamientos de agua que pudieran afectar a los cultivos.

Finalmente se notifica si existen problemas topográficos que puedan afectar el desarrollo de las obras del proyecto.

Para proyectar será necesario contar con los siguientes datos:

- a) Plano de la topografía del tramo del río elegido para la derivación, como mínimo de 200 m a una escala 1: 200.
- b) Perfil del eje propuesto para la obra y otras secciones del cauce localizadas en el mismo tramo del río, a escalas convenientes.
- c) Perfil longitudinal del cauce del río, en un tramo de un kilómetro, con el objeto de conocer con mayor aproximación la pendiente geométrica del cauce y de ambas márgenes del fondo del cauce.

Los datos anteriores sirven, en primer lugar para referenciar los estudios geológicos a que haya lugar, de acuerdo con la magnitud y tipo de la obra que se pretenda construir; percatar al proyectista de las condiciones físicas de los sitios en donde se ubicaran las estructuras a fin de seleccionar el mejor lugar para el diseño, de acuerdo con las condiciones existentes y la obra más adecuada al caso. Además, muchos de estos datos, se emplean en otros estudios como en el hidrológico al determinar la avenida máxima. Los datos referenciados son indispensables para referenciar la construcción de la obra.

TABLA 2.4.1 Métodos de levantamiento topográfico en presas

Método	Conveniencia
Fotogrametría	Rápido, barato y muy común para cubrir varias áreas de cualquier terreno donde el suelo puede observarse. El control básico con métodos terrestres y algún control adicional con fotografías.
GPS (Sistema de Posicionamiento Global).	Utiliza las señales de radio de un conjunto de satélites repartidos en todo el mundo que transmiten continuamente en dos frecuencias portadoras de banda L. Estas proporcionan información codificada, como efemérides predichas de satélite, identificación de satélite y datos de tiempo. Cada satélite proporciona intensas señales de radio que pueden compararse con las mismas señales que llegan a otras posiciones de la tierra para la determinación de posiciones relativas. Para obtener mediciones muy precisas, el topógrafo deberá tener dos o más receptores observando simultáneamente los satélites GPS. Cuando observan cuatro satélites simultáneamente, es posible determinar el tiempo y el posicionamiento tridimensional de un receptor terrestre. De hecho los satélites sirven como puntos de control y las posiciones terrestres se determinan por intersección distancia-distancia. En comparación con el posicionamiento Doppler por satélite, el GPS ofrece una mayor precisión y un menor tiempo de operación y procesamiento.

GPS de Cinemática
de Tiempo Real
(RTK)

Permite a un topógrafo determinar la posición de un vértice y establecerlo sin tener que hacer los movimientos tradicionales en él con los instrumentos y procedimientos convencionales de topografía y sin tener que procesar después los datos. Este sistema comprende por lo general dos o más receptores GPS, tres o más radio módems, un inicializador de placa fija, un colector manual de datos y una computadora portátil. Un receptor ocupa un punto de control y transmite un mensaje de corrección o un registro de correcciones compactas a uno o más receptores móviles. Estos procesan la información para generar una posición exacta relativa al punto de control.

Fuente bibliográfica: Manual del Ingeniero Civil. Frederick S. Merritt, Lofting and Ricketts; tomo I, 1999.

Tratándose de una derivación por gravedad, la elevación topográfica del sitio con relación al principio de los canales de la zona de riego deberá ser tal que el desnivel que se tenga sea suficiente como para absorber la pendiente del canal de conducción y las pérdidas de carga que se pueden tener a lo largo de ella debido a las estructuras de cruce, como son: sifones, puentes canal, etc.

En caso de derivar el agua hacia una planta de bombeo, lo cual sucede cuando la fuente de abastecimiento esta a una elevación baja, en relación a la superficie que se va a regar; esta condición se considerará al fijar la elevación de la descarga de bombas.

Los datos básicos que se deben considerar en la cuenca hidrográfica son:

- Área y forma de la cuenca, pendiente predominante, configuración general.
- Corrientes principales.
- Cobertura en porcentaje: tipos de vegetación, área cultivada, erosión, etc.
- Geología predominante en las zonas de la cuenca.
- Obras hidráulicas construidas y en proyecto aguas arriba y aguas abajo de la futura obra de riego; vías de comunicación y poblaciones principales.

Generalmente el área y las características de la cuenca se determinan localizando el parte-aguas, en una carta geográfica del INEGI 1: 50,000.

El tramo del río en el que se ubique la derivación deberá ser recto, con cauce definido, sin peligro de derrumbes y pendientes mas o menos uniformes. Es recomendable que las laderas del cauce sean lo suficientemente altas para evitar inundaciones de los terrenos ribereños aguas abajo de la presa, debido al fenómeno de **romanso** que se presenta con el funcionamiento de la obra; si esto no es posible se deberá prever la construcción de diques de protección o muros aguas arriba de la cortina.

Para realizar la exploración se requiere de un levantamiento topográfico preciso de cada boquilla que pueda elegirse dentro de la zona general. La escala de los planos debe ser lo suficiente grande para proyectar la distribución general. Con la exploración se determina fundamentalmente si la boquilla es utilizable o no. Realizadas las exploraciones se realizan croquis de tanteo de la posición de la presa y detalles de la obra. Se determinan los detalles físicos de la boquilla, para realizar el croquis de la presa y determinar su posición de los materiales y la planta de trabajo durante la construcción. La existencia de las carreteras es otro de los factores determinantes para la selección de la presa.

Con frecuencia la topografía determina el tipo de presa. Por ejemplo una cañada angosta en forma de "V" puede imponer una presa en forma de arco. La topografía indica la característica de la superficie del valle y la relación de las curvas de nivel o los diferentes requisitos de la estructura. El estado de alteración de la roca superficial se incluye en este estudio.

En los estudios de localización se debe elegir la que le permite dar la mejor posición a la presa. Un croquis preciso de la presa y de la forma en que se adapten los detalles topográficos del valle es a menudo suficiente para las estimaciones iniciales del costo. Las localizaciones tentativas de otros elementos de la presa deben incluirse en este croquis, ya que algunos de ellos como el vertedor de demasías pueden influir en el tipo y localización de la presa.

Los levantamientos topográficos se pueden realizar por medio de la **fotogrametría** que se complementa con el trazado de las curvas de nivel.

Los levantamientos deberán correlacionarse con la exploración del lugar (tanto en la cuenca como en la zona de riego) para asegurarse de la precisión. Los planos topográficos dan solamente el perfil de la superficie en el lugar. Son necesarios análisis adicionales tanto geológicos como de cimentación para determinar finalmente la factibilidad de la presa.

2.5 Uso actual del suelo y del agua

El sector agrícola es el mayor consumidor de agua en la mayoría de los países, utiliza más del 80% del agua extraída. Desde 1950 hasta la actualidad, el área regada en el mundo se ha triplicado, es decir es de aproximadamente 275 millones de hectáreas para producción agrícola. Actualmente, casi la mitad del alimento que se consume en el planeta se produce en solo 18% de las tierras regadas.

En una escala global, aproximadamente 70% del total del agua consumida se utiliza para la irrigación y crecimiento de los cultivos. La utilización del agua esta muy influenciada por la importancia en la economía nacional de la irrigación requerida para la agricultura. Los países subdesarrollados son básicamente agrícolas, y utilizan entre el 80 y 90% de los recursos hidráulicos desarrollados.

Indudablemente se requiere mejorar el manejo de la práctica de la irrigación para reducir las pérdidas por infiltración, optimizar la distribución del agua durante el riego y controlar la cantidad y el tiempo de su aplicación, para los cultivos como actualmente se estudia en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Como resultado de la salinización de los suelos, anualmente se pierden entre 200,000 y 300,000 hectáreas de terrenos cosechables a escala mundial.

Antes de 1900 existían más de 1000 presas construidas a escala mundial, según reporte del Registro Mundial de Presas (1984); sin embargo, se genero un enorme crecimiento en la construcción de presas a partir de la mitad del presente siglo.

A la fecha, están construidas más de 100,000 presa en todo el mundo y se consideran grandes presas a más de 36,000 de ellas, sin considerar las construidas en China. El número de presas construidas en los últimos 35 años supera 85% del total.

Más del 78% de estas presas (36,327) tienen una altura de entre 15 y 30 m con menos de 0.1% (26 presas) que exceden los 200 m de altura.

En México el 80% de la población se asienta en donde se encuentra solo el 20% de los recursos hidráulicos. La transferencia de los *distritos de riego* se apoya sobre bases organizativas y legales que dan seguridad en el usufructo del agua y del suelo.

México cuenta con 21 millones de hectáreas con uso agrícola; de ellas 6.2 millones son de riego y las restantes son de temporal. En los distritos de riego se concentran el 54% (3.3 millones de hectáreas). El 50% de la producción agrícola nacional proviene de sistemas de riego.

El volumen de agua utilizada por el sector agrícola asciende a 60 mil millones de m³/año, esto es el 83% del total nacional extraído.

El *sector agropecuario* representa el 7% del Producto Interno Bruto (PIB) y de él dependen alrededor de 30 millones de personas.

La irrigación es la infraestructura mediante la cual se hace el suministro de agua a las tierras de cultivo. México ocupa el sexto lugar en el mundo por su infraestructura de riego; todo ello para regar 6.2 millones de hectáreas; de las cuales 2.6 millones de hectáreas están a cargo de la CNA., mientras que las restantes son regadas por unidades de riego principalmente (ver en el capítulo 2 los mapas 2-a, 2-b y 2-c).

En el estiaje de cada ciclo anual es cuando se presenta la mayor demanda del recurso; se recomienda determinar sus límites temporales para calcular los volúmenes derivables.

En época lluviosa, habrá que pensar en derivaciones y derivaciones con almacenamientos asociados, para retener el excedente del escurrimiento. Para ambos casos es indispensable respetar el caudal ambiental y los volúmenes comprometidos (figuras 3.6.5, 3.6.6, 4.2.1.1 y 4.2.1.2).

Indicar la extensión de la superficie bajo riego durante los últimos cinco ciclos agrícolas, el tipo de riego existente (pozos o gravedad) y el porcentaje que representan sus aportaciones del total, de igual manera indicar los tipos de cultivos en función de los ciclos agrícolas; concluir anotando si han existido mejoras o deficiencias en las cosechas y cuales conviene seguir sembrando.

A continuación un ejemplo tomado del estudio de factibilidad para el proyecto de la zona de riego 011 del Alto Río Lerma Gto.

USO ACTUAL DEL SUELO Y DEL AGUA

USOS	SUPERFICIE (HAS.)	%
Agrícola de riego	112,772	93.68
Matorral	2,245	1.86
Pecuario	2,198	1.83
Urbano	2,537	2.11
Industrial	232	0.52
total	120,384	100

FUENTE: Jefatura del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma.

INFRAESTRUCTURA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA ACTUAL

Se deben indicar todas aquellas instalaciones utilizadas en producción, conservación y transformación de los productos agrícolas (bodegas, almacenes, centros de acopio y silos con su respectiva capacidad, centros de investigación, etc.)

Así mismo, aquellas instalaciones destinadas a la prestación de los servicios asistenciales y educativos para los habitantes de la región; describiendo los principales servicios con los que cuenta la población tanto en número como en cantidad; así mismo, las condiciones actuales en las que se encuentran las redes de agua potable, alcantarillado, energía eléctrica, etc., incluyendo además lo relativo a vías y medios de comunicación.

OBRAS DE CABEZA: indicar los tipos de almacenamientos superficiales (presa, pozos, lagos, lagunas), capacidades, alturas (dimensiones).

Indicar las unidades de riego o módulos en los que se configura la zona de riego a beneficiar, indicando el tipo de abastecimiento actual para cada uno.

Redes de conducción, distribución y drenaje en la zona de riego (en el caso de existir), se indican el tipo, la longitud, tipo de revestimiento y kilometraje total para cada unidad de riego.

Red de caminos y obras complementarias, se cuantifican las cantidades y tipos de caminos dentro del área de influencia de la obra de captación (en este caso presa, sus estructuras y la zona de riego), número de edificios arrendados, casetas para canaeros, etc.

Se cuantifican el número y tipo de estructuras tanto de operación (represas, tomas laterales, tomas granja, sifones, etc.) como complementarias (puentes, alcantarillas, entradas de agua, etc.)

Algunos puntos de suma importancia que se deben considerar son los siguientes:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Porcentaje de suelo para agricultura de temporal y de riego.
- Producción en hectáreas y porcentaje de la producción total de frijol, maíz, maíz-frijol.
- Porcentaje del suelo no apto para la agricultura.
- Se indicará además si la tenencia de la tierra por irrigar es de pequeña propiedad, la cual se ampara en escrituras públicas o privadas, o en su caso indicar el tipo de propiedad al que pertenecen.
- Indicar el número de propietarios y su tipo, y el número de hectáreas que se afectarán con el proyecto.
- Indicar para cada comunidad el número de lotes y el de familias.
- Calcular el número de hectáreas promedio por familia checando si será necesario o factible el aumento o disminución de hectárea de riego.

2.5.1 Tipos de suelos

Descripción general del tipo de suelo en cuanto a origen y su modo de formación, que puede ser por intemperización, desintegración, arrastre, depósito de rocas, etc. su edad de maduración y algunas otras características como: texturas o pedregosidad, manto freático, si son suelos ondulados o planos, con drenaje superficial lento o rápido, etc.

Con la realización de este estudio se busca:

- Obtener una información sobre la calidad, superficie y distribución de los suelos, con el objeto de determinar si se justifica la construcción o modernización del proyecto de riego.
- Generar información para una correcta operación de la unidad de riego existente, optimizando el uso del agua.
- Definir hasta que punto es conveniente la realización de estudios a mayor detalle.
- Definir las practicas de manejo de suelos mas apropiados para mantener o bien para incrementar la productividad.

En las zonas áridas de la República Mexicana existen grandes limitaciones para poder realizar una agricultura provechosa.

Las llanuras son potencialmente aptas para la agricultura, siempre y cuando no estén afectadas por las sales; y se cuente con suficiente agua para riego, lo que en la mayoría de los casos no sucede. Las obstrucciones y la poca profundidad del suelo en lomeríos y llanos con **caliche** o roca someros, no son aptos para el cultivo.

Las altas concentraciones de sales presentes en estos suelos, determinan la presencia de **vegetación halófila** como elemento predominante del paisaje (saladillo y matorrales desérticos **rosotófilos**).

Los suelos sin posibilidad de uso agrícola son aquellos que tienen las siguientes características:

- Pendiente excesiva de más del 20%.
- Obstrucciones en más del 70% de su superficie.
- Profundidad muy baja, entre 10 y 35 cm.
- Cobertura baja de vegetación por la acción de las sales que contienen.

Las siguientes zonas del país no son aptas para uso agrícola:

- Sierra plegada.
- Sierra plegada con lomeríos.
- Sierra escarpada.
- Sierra escarpada con lomeríos.

Por ser adversas las condiciones del terreno para la agricultura de temporal, ésta sólo se lleva a cabo, con muchas restricciones, ya que los rendimientos son muy bajos, y no todos los años se producen cosechas. Además muchos suelos son poco profundos o bien con moderadas presencias de concentraciones de sales y sodio y problemas leves de erosión. La labranza se realiza en su mayoría con tracción animal, sin uso de

fertilizantes y pesticidas. Las cosechas de ciclo anual que se cosechan son: maíz, frijol, trigo y calabaza destinados al autoconsumo principalmente (cuadro 2.5.1.1).

Sequía: Técnicamente es el fenómeno con escasas lluvias durante el verano, que es donde se concentra la mayor parte de las precipitaciones.

Tradicionalmente, de Noviembre a Mayo se tiene un periodo de estiaje (23% de la lluvia anual), mientras que de Junio a Octubre cae el 77% restante.

2.5.2 Tipos de cultivos que pueden crecer en la zona

Se indicarán para todos los cultivos los rendimientos alcanzados en los últimos cinco años, y el promedio, así como los rendimientos máximos y mínimos observados, estableciendo con claridad la diferencia de rendimientos de aquellos **cultivos** que se siembre en el ciclo primavera-verano, otoño-invierno y principalmente **perennes**, y los rendimientos alcanzados en el año de análisis tanto para riego, temporal y humedad.

Inventario, estado físico y operación de la infraestructura hidráulica

Por medio de los trabajos de campo se realizará un censo de la infraestructura existente, por medio de cuestionarios tipo, a través de los cuales se captará información de los usuarios y autoridades involucradas.

Se desarrollaran y se presentaran en forma cualitativa y cuantitativa el total de obras existentes. Este apartado se deberá profundizar en análisis tanto de causa como de efecto en los diferentes tipos de infraestructura que inciden directa o indirectamente en la producción y productividad.

CUADRO No. 2.5.1.1

CLASES AGRÍCOLAS DE SUELOS PARA FINES DE RIEGO, United States Department of the Interiors
Bureau of Reclamación (U.S.B.R.)

CARACTERÍSTICAS	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
TEXTURA	De migajón arenoso a migajón arcilloso desmesurable	De arena migajosa o arcilla muy permeable	De arena migajosa o arcilla muy permeable
PROFUNDIDAD A LA ARENA O GRAVA	Más de 36" (91.44 cm) de migajón arenoso fino fácilmente manejable o más pesado, o 42" (106.68 cm) de migajón arenoso	Más de 24" (60.96 cm) de migajón arenoso fino fácilmente manejable o más pesado, o de 30" (76.2 cm) a 36" (91.44 cm) de migajón arenoso	Más de 18" (45.72 cm) de migajón arenoso fino fácilmente manejable o más pesado, o 24" (60.96 cm) a 30" (76.2 cm) de suelo más ligero
PROFUNDIDAD A LAS PIZARRAS O SUELO INTEMPERIZADO	Más de 60" (152.4 cm) o 54" (137.16 cm) con 6" (15.24 cm) de grava sobre material impermeable o migajón arenoso en todo el perfil	Más de 42" (106.68 cm) a 36" (91.44 cm) con 6" (15.24 cm) de grava sobre material impermeable o arena migajosa en todo el perfil	Más de 48" (121.42 cm) o 42" (106.68 cm) con 6" (15.24 cm) de grava sobre material impermeable o migajón arenoso en todo el perfil
PROFUNDIDAD A LA ZONA PERMEABLE DEL CALCÁREO	18" (45.72 cm) con 60" (152.4 cm) penetrables	14" (35.56 cm) con 48" (121.42 cm) penetrables	10" con 36" (91.44 cm) penetrables
ALCALINIDAD EN EQUILIBRIO	Para toda clase de suelos, puede ser generalmente menos del 15% de sodio intercambiable, pero este valor puede ser más alto o más bajo, dependiendo esto de el tipo del materiales de arcilla.		
SALINIDAD EN EQUILIBRIO	Conductividad eléctrica del extracto de saturación menor de 4 mili homs por cm.	Conductividad eléctrica del extracto de saturación menor de 8 mili homs por cm.	Conductividad eléctrica del extracto de saturación menor de 12 mili homs por cm.
PENDIENTES	Pendientes suaves hasta del 4% en áreas grandes en el mismo plano	Pendientes suaves hasta del 8% en áreas grandes en el mismo plano, o pendientes más escabrosas menores del 4% en el gradiente general	Pendientes suaves hasta del 12% en áreas grandes en el mismo plano, o pendientes más escabrosas menores del 8% en el gradiente general
TERRENO SUPERFICIAL	Necesita poco enrasamiento y no nivelación pesada	Nivelación moderada necesaria, pero en cantidades que hayan sido factibles en áreas comparables	Nivelación pesada y cara necesaria en machones, pero en cantidades que hayan sido factibles en áreas regadas comparables
CUBIERTA (ROCAS Y VEGETACIÓN)	Insuficiente para afectar la productividad o el costo de la limpia es pequeño	Suficiente para reducir la productividad e inferior con las labores de cultivo, limpias y desmontes posibles con costo moderado	Necesita limpias y desmontes caros, pero factibles
DRENAJE	No se prevé que necesite drenaje	Algún drenaje previsto, pero con costo razonable	Es necesario un drenaje considerable que se considera caro, pero factible
DESCRIPCIÓN	Ninguna o poca limitación para el riego, son productivos. Producen cosechas de altos rendimientos en la mayor parte de cultivos adaptados climáticamente	Ligeras a moderadas limitaciones para riego, moderadamente productivos, requieren mejor manejo para obtener altos rendimientos de cultivos adaptados climáticamente	Moderadas a severas limitaciones para riego, su productividad es restringida para la mayoría de los cultivos adaptados climáticamente, o bien requieren de un manejo de alto nivel en la obtención de cosechas de moderados a altos rendimientos
DESCRIPCIÓN	CLASE 4 Muy severas limitaciones para riego, son adecuados a unos cuantos cultivos adaptados climáticamente, que pueden crecer o producir bajo un nivel muy alto de manejo	CLASE 5 Las limitaciones impiden su uso bajo riego, requieren un estudio especial o bien trabajos de mejoramiento para determinar su clasificación definitiva	CLASE 6 No son irrigables

Fuente bibliográfica: Morales Jiménez Elizabeth; planeación analítica.....Huejonapan, Pue. 1995.

23-A

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3 ESTUDIOS BASICOS

3.1 Estudio agronómico

El detalle de estos estudios dependerá de la magnitud de la obra y de la capacidad agrícola del área, pues en ocasiones la bondad de los terrenos salta a la vista y en estos casos el estudio no es tan minucioso. Estos estudios son realizados por ingenieros agrónomos.

Se tiene que indicar si alguna dependencia ya realizó algunos estudios previamente y las fechas en que se realizaron.

En proyectos de riego este estudio ocupa un sitio primordial, pues con los resultados que arroja el proyectista tendrá las herramientas para diseñar, construir y operar los sistemas de riego; y obtener datos como son:

- Clasificación de los suelos agrícolas.
- Planos del suelo.
- Superficie y distribución de suelo factible de beneficiar.
- Tipos de cultivos recomendables.
- Coeficiente de riego.
- Necesidades de nivelación de las tierras (pedregosidad).
- Calidad del agua.
- Métodos de riego recomendable según los tipos de suelos, indicando sus características (Si debe ser por surcos, longitud de este, su pendiente, etc.)
- Necesidad de agua para cultivo.
- Láminas de riego para cada tipo de suelo.
- Planteamiento del trazo de la red de distribución de agua.
- Medidas para evitar la salinización y sodicidad de los suelos.
- Necesidades de drenaje agrícola.
- Capacidad de uso de los suelos.
- Medidas para controlar la erosión.
- Manejo adecuado que debe dársele a los suelos (fertilización).
- Determinar el valor de la tierra (avalúo de los terrenos agrícolas).
- Lotificación recomendada.
- Atributos positivos y negativos que influyan en la fertilidad del suelo.

Se realizarán análisis fisicoquímicos de los suelos para obtener los porcentajes de sus componentes.

Agrológico semidetallado

Se realiza conociendo previamente las áreas definidas como atractivas para un proyecto de riego, su finalidad es obtener información más precisa sobre calidad, superficie y distribución de los suelos con objeto de determinar si se realiza el proyecto de riego.

Se obtienen características generales, físicas, químicas y biológicas, con lo cual se realiza un plano de series de suelos y otro de clasificación agrícola (indicando superficies en has, y el porcentaje que representan del total), con las clases adoptadas.

A nivel semidetallado permitirá describir los **aspectos edafológicos**, así como definir recorridos de campo para definir problemas de drenaje natural y salinidad de manera que se precisen las áreas necesarias a estudiar con mayor detalle.

En este caso se realizará el estudio a nivel semidetallado, apegándose a las normas que ha elaborado la dependencia para este propósito.

Se utiliza en anteproyectos; calcula las necesidades de agua de los cultivos propuestos, tomando en cuenta la capacidad de uso de los suelos, también determina el manejo que se les debe dar a los suelos debido a la producción agrícola que se pretende obtener, datos importantes a obtener lo son:

- Profundidad del suelo cultivable
- Tipos de arcilla y sus porcentajes
- Si existen grietas indica la profundidad y abertura
- Porcentaje de materia orgánica
- Porcentaje de la capacidad en el *intercambio catiónico*
- Textura, color...
- pH (*alcalinidad*)
- Si es permeable, medianamente o nula
- Si sobreyacen rocas y de que tipo son.

En las partes cercanas a las cañadas, se recomienda se siembren cultivos tupidos para evitar en parte la erosión hídrica, para cultivos de maíz y frijol el surcado deberá realizarse al contorno y para cultivos tupidos en fajas.

Debido a las necesidades de tierra para sembrar la profundidad actual del suelo arable para sembrar es de poco menos de 30 cm. (maíz y frijol), estos suelos en un futuro pueden tener problemas de erosión, se recomienda por lo tanto utilizarlos como pastizales.

Para elaborar el programa de cultivos a producir en la zona de riego, se debe basar en la potencialidad, espesor de los suelos, clima, mercado de productos consumo de la región, los productores indicarán el periodo de desarrollo de cada cultivo.

En la cuadro 3.6.3 del capítulo tres se observa un ejemplo de plan de cultivo.

De acuerdo a los cultivos que se propongan como los más adecuados, se requiere conocer su uso consuntivo de cada uno, esto es la cantidad de agua requerida por una planta para crecer, se desarrolle y produzca económicamente; los factores que lo determinan son, los tipos de clima, cultivo, suelo y agua.

Un dato importante es que a mayor profundidad del suelo es menor la pérdida de agua por evapotranspiración, lo que favorece en gran medida al cultivo.

3.2 Aspectos socioeconómicos

El objetivo que se persigue con la obra de riego es mejorar la producción agropecuaria de la región y contribuir al mejoramiento socioeconómico de la comunidad rural. Con estos estudios se conoce el alcance de esos objetivos y la forma de asegurar el máximo de aprovechamiento de la inversión a que dará lugar la futura obra de riego.

En el *estudio de mercado* se definen las características de la demanda y la oferta del bien o servicio que se vaya a producir o proporcionar mediante el proyecto; en términos de mercadotecnia suele denominarse como la caracterización del nicho del mercado del proyecto. Se analizan metódicamente los precios vigentes en el mercado, y estudia la competencia interna y externa, incluyendo el comportamiento de bienes o servicios complementarios y suntuosos (grandes, costosos, magníficos).

"crecimiento económico" tiene el significado de un incremento en la producción de un país, en tanto "desarrollo económico" tiene el significado de crecimiento económico aunado a cambios significativos en el sistema económico, el político y el social. Podemos decir que crecimiento económico significa "más" (bienes y servicios), mientras que desarrollo económico significa "mejor" (calidad de vida), al más no le interesa a quienes beneficia, al mejor le interesa la equidad social.

TABLA.3.2.1 COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA AGRICULTURA CAMPESINA Y LA AGRICULTURA COMERCIAL

CONCEPTO	AGRIC. CAMPESINA	AGRIC. COMERCIAL
1. Objeto de la producción.	Reproducción de los productores y de la unidad de producción.	Maximizar la tasa de ganancia y la acumulación de capital.
2. Origen de la fuerza de trabajo.	Fundamentalmente familiar y en ocasiones intercambio recíproco con otras unidades; excepcionalmente asalariados en cantidades marginales.	Asalariada.
3. Compromiso laboral del jefe con la mano de obra.	Absoluto.	Inexistente, salvo por obligación legal.
4. Carácter de las tierras de labor.	Temporal.	Riego.
5. Tenencia de la tierra.	Minifundio.	No posee directamente la tierra, sino que la controla a través de insumos, créditos, etc.
6. Tipo de productos.	De autosuficiencia; maíz y frijol.	Producción especializada de productos frescos para exportación o para la elaboración de alimentos balanceados para animales.
7. Comercialización.	Dominado por intermediarios.	Control del proceso de comercialización
8. Tecnología.	Alta intensidad de mano de obra, baja densidad de "capital" y de insumos comprados por jornadas de trabajo.	Mayor densidad de capital por activo y mayor proporción de insumos comprados en el valor del producto final.
9. Mecanización.	Primitiva: arados.	Moderna: tractores, cosechadoras, etcétera.
10. Destino del producto y origen de los insumos.	Parcialmente mercantil.	Mercantil.
11. Componentes del ingreso o producto neto.	Producto o ingreso familiar indivisible y realizado parcialmente en especie.	Salario, renta y ganancias exclusivamente pecunarias.

Fuente: CEPAL. Economía campesina y agricultura empresarial, siglo XXI Editores. México, 1982.

Fuente bibliográfica: Geografía Agraria de México Consuelo Soto Mora UNAM-CONACYT, México 1992

También se investigan y determinan algunos factores, como: el tipo de obras mas adecuadas, la manera más conveniente de recuperar la inversión, la forma de solucionar los problemas económicos postconstructivos,

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.

Se describirá lo relativo a estructura poblacional, estructura ocupacional, niveles de bienestar social, estructura económica y niveles de gasto-ingreso; así como la problemática de tipo social que pudiera existir para el desarrollo del proyecto, elaborando para ello los cuestionarios a fin de realizar las encuestas necesarias. Para este caso se apoyará en la normatividad que ha elaborado la dependencia para tal fin.

Conforme al proceso y hasta la situación actual en el deterioro de las condiciones naturales, señalar los factores de orden social que lo han propiciado, tales como falta de orientación y mal manejo en el aprovechamiento de los recursos suelo-agua, disminución en los niveles de ingreso de los productores por patrones de cultivo tradicionales, derivado de esto, rentismo y abandono parcelario, así como períodos de desocupación, migraciones, etc.

Datos muy importantes los podemos obtener de *censos nacionales de población y vivienda* de unas cuatro décadas anteriores y los actualizados.

Dentro del área del proyecto se estimará numéricamente y en porcentaje lo siguiente:

- Población total actual, número de familias, número promedio de miembros por familia.
- Calcular la Tasa de Crecimiento Anual (TCA) por cada localidad.
- Indicar el tipo al que pertenece la zona en cuestión (urbana, rural, industrial, etc.) Sabemos que para poblaciones con menos de 2500 habitantes y poca infraestructura son consideradas netamente rurales. Las poblaciones con más de 2500 habitantes son consideradas urbanas.
- Todos los datos referentes a la Población Económicamente Activa (PEA), número, edad promedio, porcentaje del total y el porcentaje de estos como fuerza de trabajo (ingresos por rangos); tanto en la zona de proyecto como en la de estudio.
- Especificar el número y el porcentaje de las personas pertenecientes a una rama de actividad (agropecuaria, extractivas y de transformación, servicios, etc.).
- Movimientos migratorios de la población, hacia donde se dirigen y a que se dedican, duración de su estancia (que puede suceder por, falta de empleos permanentes remunerativos, falta de tierras cultivables durante todo el año, falta de infraestructura hidráulica básica).
- Indicar los aspectos de educación, cuántos y en donde estudian, en dónde estudian, porcentaje de analfabetismo.
- En salud, el número de clínicas, número de consultorios particulares y centros de salud.

Las presas derivadoras son de distinta naturaleza, desde las construcciones complejas para que grandes volúmenes de agua sean derivados a distritos de riego; en las que existe una compleja organización de usuarios requerida por la *Ley de Aguas Nacionales (LAN)*, hasta pequeñas, del orden de pocos l/s (no más de 1000), de tipo artesanal, para irrigar pequeñas superficies, para abrevadero, o usos menores en localidades rurales.

En estas últimas en ocasiones la organización de los usuarios es compleja, pero generalmente de más fácil manejo social, en estas son frecuentes los conflictos en pequeñas comunidades cuando el agua es escasa, o bien, por la extracción indiscriminada en pequeñas corrientes que origina problemas con los usuarios aguas abajo.

Tenencia de la tierra y afectaciones

Se indicará la superficie física que será beneficiada conforme al anteproyecto de la sobreelevación de la presa de almacenamiento, señalando el número de beneficiados (padrón de usuarios conforme al tipo de propiedad y superficie usufructuada). Así mismo, se tendrán que desarrollar los aspectos más representativos en cuanto al régimen de propiedad, formas de explotación, situación legal y problemática.

Con base en el levantamiento del vaso y boquilla, se cuantificará en hectáreas la superficie que resultará afectada con la sobreelevación del almacenamiento.

Para elaborar el mapeo de uso de suelo se deberá utilizar el levantamiento topográfico de la zona de riego. La delimitación de los diferentes usos del suelo en los mapas, debe considerar fundamentalmente el uso agrícola

de riego, uso agrícola de temporal, diferenciando en ambos casos a las áreas con cultivos perennes y anuales; se deben delimitar las áreas con uso pecuario, con uso forestal y otros usos específicos (urbano, industrial, recreación, etc.).

En la siguiente tabla se enuncian los resultados de las afectaciones del proyecto Juan de Dios, Puebla:

CONCEPTO	SUPERFICIE
Temporal cultivable	9-18-00
Cerril (agostadero)	51-35-20
Urbana (fundo legal)	0-70-40
Cauces	12-22-50
	TOTAL = 73-43-10

Fuente bibliográfica: Estudio de factibilidad del proyecto Juan de Dios, Pue. SARH 1987.

A pesar que se destinan grandes extensiones de tierra a la agricultura, con importantes porcentajes de fuerza de trabajo; se le utiliza con muy bajos niveles de productividad, lo que repercute en el cuadro general de desarrollo económico del país.

La mayoría de los agricultores, tanto minifundistas como ejidatarios, siguen cultivando las tierras con técnicas tradicionales, y no tienen la oportunidad de emprender otros cultivos más redituables porque no tienen acceso al crédito, ni poseen los conocimientos técnicos adecuados, ni pueden competir con el control monopólico de la comercialización. Con el crecimiento del sector agropecuario, por un lado se alienta la producción comercial y, por el otro, se mantiene estancado el sector más numeroso del agro mexicano.

El resultado de este sistema ha sido la disminución previsible, por los sectores afectados, de la oferta comercial de productos primarios y el aumento constante de las importaciones de éstos para satisfacer las demandas más apremiantes de la población.

Las limitaciones económicas son grandes ya que en muchos casos los arrendatarios no tienen garantía para realizar las inversiones fijas necesarias con el propósito de incrementar la productividad de la tierra.

La mayoría de las empresas agroindustriales transnacionales establecidas en México se concentran en los sectores productores de bienes para la exportación o para el mercado nacional de ingresos medios o altos. Estas empresas han controlado los más variados sectores sociales, aún los más deprimidos, a los que han acostumbrado a consumir productos de alto grado de industrialización, pero de bajo valor nutricional; los mal llamados "chatarra".

La agricultura desempeña una función básica en el desarrollo de una economía dada, y cuando se desajusta el sector agrícola y el resto de la economía, y hay que transferir abundantes recursos de la agricultura para dirigirlos a otros sectores, aparece una serie de problemas críticos que provocan graves consecuencias de subproducción que afectan de manera drástica a los grupos de población más desposeídos.

Una dispersión extrema de la población determina una ocupación incompleta y discontinua de la tierra, por lo tanto, menor rendimiento de la actividad agrícola.

En 1970 aun predominaban las entidades de las que la Población Económicamente Activa (PEA) se ocupaba en actividades primarias, sobre todo en los estados de Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Hidalgo y Zacatecas, actualmente es marcado el descenso que, al respecto, se observa en los estados del norte de país y en la mayoría de los del centro.

Existe una enorme proporción de campesinos cuyos ingresos los mantienen en un nivel de subempleo, condición predominante en el agro y mucho más grave en la agricultura que en las demás actividades económicas; la mancha del subempleo y del desempleo en el agro se ha extendido como un cáncer y ocupa la mayor parte del país.

La dinámica del desarrollo capitalista en la agricultura se ha hecho sentir, pues el proceso favorece la acumulación del capital en manos de quienes ya lo poseían. Algo similar sucede con la concentración de la tecnología, de las mejores tierras, así como con las mayores facilidades para el acceso al crédito e insumos en general.

El minifundio es dominante en el país y representa el 69% de las unidades de producción privadas. Las regiones Centro-Este y Sur son las que presentan los valores más altos.

La productividad de las tierras de cultivo es básica en el análisis de la producción agrícola, debiéndose considerar los rendimientos medios ya que estos son una consecuencia de las condiciones del entorno y de las relaciones de producción. No existe un patrón fijo de comportamiento de los rendimientos medios agrícolas. Estos contrastes en la productividad no son más que el resultado de los desequilibrios tanto del medio físico como de diferencias en la tenencia de la tierra, en su calidad, y de la posibilidad de acceso al crédito y a los insumos.

En la producción para el mercado no participan de igual manera todos los productores. Existen parcelas de productores capitalistas, en donde predomina el trabajo asalariado, que cuentan con suficientes recursos monetarios, elevada tecnificación, bajos costos de producción, elevados ingresos y mayor productividad. En contraposición, las parcelas campesinas -cuyos recursos económicos, tecnificación, y volúmenes de producción son reducidos- presentan gran "inversión" de trabajo personal, generando ingresos que escasamente permiten la subsistencia de los campesinos que tienen que realizar otras actividades para complementar sus ingresos.

3.3 Estudios topográficos

Se selecciona uno o varios tipos de presas, aunque para la selección definitiva se conjugan estas investigaciones con otras entre sí.

- Se demuestra la posibilidad de riego en la zona, indicando su pendiente media.
- Elegir el método para regar.
- Estimar el número y clase de estructuras de control necesarias para el agua.
- Determinar si requiere nivelación el terreno.

TOPOGRAFÍA CATASTRAL DE LA ZONA DE RIEGO

El levantamiento topográfico de la zona de riego, tiene por objetivo obtener cartografía básica, suficientemente precisa y a escala adecuada donde se ubiquen los aspectos fisiográficos así como la infraestructura existente. La información servirá de apoyo para los estudios hidrológico, agrológico, tenencia de la tierra, uso actual del suelo, ingeniería de proyecto, etc.

Datos relativos a la zona de riego:

- Plano topográfico en el que se indiquen los caminos, poblaciones, arroyos, etc.
- Plano catastral; señalando el tipo de tenencia de la tierra existente: en el pequeño vaso que se forme eventualmente por la captación, en la conducción muerta y en la zona de riego.
- Topografía que cubre la zona de riego, y que permita determinar la longitud aproximada del canal principal, canales secundarios y drenes.
- Liga topográfica en planta y nivel para estimar el desnivel entre la zona de riego y el sitio seleccionado para la captación.

En el área de la zona de riego se realizarán los siguientes trabajos:

- Control horizontal.
- Control vertical.
- Informe final.

Control horizontal: Es la base para situar en planta los puntos de control del levantamiento topográfico, consiste en un sistema de poligonales cerradas, trazadas con tránsito de 6" de aproximación y con distanciómetro electrónico, utilizando el método de conservación de azimutes.

De ser posible se aprovechará al máximo los trazos realizados con anterioridad para los caminos y veredas; se realizará de ser posible la apertura de brechas y/o picaduras.

Deberá utilizarse el **sistema de coordenadas Universa Transversal de Mercator (UTM)** ligando el levantamiento a dos vértices geodésicos.

Para la medición de ángulos se realizarán tres lecturas como mínimo, midiendo en cada una la posición directa e inversa, el promedio de ellas será el ángulo medido, siempre y cuando los promedios entre series no difieran en 10".

Para la medición de las distancias se efectuarán las lecturas atrás y adelante, su promedio será la distancia media, siempre y cuando no exceda la precisión del equipo.

La precisión requerida para el cierre de las poligonales deberá regirse por las siguientes expresiones:

$$TL = 1:20,000$$

$$TA = 10''(N) ^{1/2}$$

Donde:

TL = Tolerancia Lineal

TA = Tolerancia Angular

N = Número de vértices

El error obtenido será menor que la tolerancia especificada y se compensará entre los puntos de inflexión de la poligonal.

En todos los casos se dejarán trompos con tachuelas en cada estación de instrumentos, además de los **trompos** ordinarios colocados cada 100 m para uso posterior en el control vertical.

Control vertical: Consiste en establecer una serie de bancos de nivel, convenientemente distribuidos para servir de puntos de apoyo en la nivelación del sistema de poligonales.

Para establecer el control vertical de este levantamiento, se nivelarán los vértices de las poligonales y estaciones donde se requiera ampliar la información, tomando en consideración si el terreno es plano, ondulado o escarpado.

Con base en el banco de nivel de origen, se determinará la elevación de los vértices y radiaciones del sistema de poligonales, a través de una nivelación diferencial empleando nivel fijo o automático, la cual se comprobará con el método de ida y vuelta en tramos no mayores de 500 metros. El desnivel obtenido será el promedio de las lecturas atrás y adelante.

La tolerancia para la nivelación será:

$$T = 5 \text{ mm} [(K) ^{1/2}]$$

Donde:

T = Tolerancia.

K = Numero de kilómetros recorridos en la nivelación.

El error obtenido deberá ser menor de la tolerancia especificada, siendo este el caso, se compensará la elevación del banco de nivel respectivo y se proseguirá con la elevación compensada; esta operación se repetirá para ubicar todos y cada uno de los bancos de nivel.

Configuración topográfica: para el caso de secciones transversales, se abrirán brechas ligeras (picaduras) en cada una de las secciones que así lo ameriten.

Las cotas secundarias o puntos de relleno para la configuración deberán localizarse de tal manera que la separación entre puntos de control representados en el dibujo no exceda de 2 cm a la escala del levantamiento, con lo cual permite diferenciar fácilmente la topografía.

El proceso del levantamiento comprenderá como complemento indispensable, el levantamiento catastral y uso del suelo e infraestructura, incluyendo centros de población, vías de comunicación, áreas bajo riego por gravedad o bombeo, áreas de temporal, pastizales, áreas forestales, toda clase de construcciones o explotaciones, etc.

La configuración se hará con curvas de nivel a cada metro y en las partes más accidentadas la equidistancia puede aumentar a 5 m.

Monumentación y referencias

Sé monumentarán puntos de inflexión de las poligonales con mojoneas de concreto debidamente ancladas al terreno, de tal manera que permitan relocalizar los trazos, procurando que estas queden ubicadas en sitios inamovibles. Sé monumentarán como mínimo dos vértices consecutivos en cada km; asimismo, a lo largo de las poligonales de apoyo se establecerán estratégicamente bancos de nivel a cada 500 m con mojoneas de concreto, procurando que estas se localicen en sitios inamovibles.

Los monumentos o mojoneas se fabricarán con concreto y una varilla al centro de ½" en forma piramidal truncada con base mayor de 0.30 X 0.30 m y base menor de 0.15 X 0.15 m con altura de 0.70 m y contendrán una placa metálica en la base superior con la inscripción de sus coordenadas X, Y y Z, debiendo sobresalir lo suficiente para su fácil localización.

De cada monumento y banco de nivel se tomarán dos fotografías, una específica y otro general, así mismo se elaborará un croquis de localización complementándose con la descripción del mismo incluyendo las coordenadas X, Y y Z con estos datos se formará un álbum que contenga toda la información antes citada.

Las libretas de campo solo deben emplearse para el trabajo que sean clasificadas, sin darles absolutamente otro uso e invariablemente deberá elaborarse un índice explicando detalladamente el contenido.

Dibujo de planos

Se elaborarán los planos topográficos a escala 1:5000 o la que se fije de común acuerdo entre la dependencia (CNA, CFE, y/o ambas), adoptando los formatos establecidos por ésta.

La configuración topográfica debe complementarse con el catastro y **toponimia** en la cuál se rotularán los nombres de poblados de acuerdo a la categoría de los mismos, dándoles importancia a las ciudades; la misma regla se aplicará en la rotulación de ríos, arroyos, cuerpos de agua, caminos, etc.; así mismo se indicarán los destinos de carreteras y terrecerías.

Cuando el trabajo este contenido en más de un plano deberá quedar debidamente alineados y en ningún caso se aceptarán traslapes, debiéndose elaborar un índice de distribución de los planos y su croquis de conjunto.

Invariablemente deberá formarse un plano de conjunto de la zona de inundación a escala 1:10000, en el que aparecerá una tabla indicando las coordenadas y elevaciones de cada uno de los vértices de las poligonales de apoyo, además se incluirán los cuadros y gráficas de elevaciones, áreas y capacidades de los canales.

Se presentará además un plano de conjunto a escala adecuada donde se encuentre dibujado el control vertical y horizontal, gráficas de áreas-capacidades de los canales, así como la monumentación establecida.

Todos los planos topográficos deberán ser digitalizados mediante la utilización del programa Autocad 10 o posterior.

El proyectista realizará la memoria descriptiva de los trabajos realizados para lo cual deberá elaborar como mínimo los siguientes capítulos:

- Objetivo, descripción y desarrollo del estudio.
- Equipo utilizado, características y precisión del mismo.
- Trabajos de campo.
 - Control horizontal y vertical.
 - Configuración topográfica.
- Trabajos de gabinete.
 - Control horizontal y vertical.
 - Configuración.
 - Digitalización.
- Planos de detalles de conjunto y plano general con dibujo de control vertical, horizontal y monumentación.

Localización y trazo del eje de apoyo de la cortina

- 1.) LOCALIZACIÓN.- El contratista procederá a localizar el eje de apoyo de la cortina como un auxilio para el trazo definitivo. La localización consiste en ir marcando en el terreno, los puntos de control, puntos de interés y la línea a seguir, de acuerdo a las condiciones existentes en los diferentes frentes de trabajo, se usará nivel de mano, cinta y estatal por no requerir mayor precisión; sin embargo la línea de localización deberá servir siempre de base para realizar el trazo.
- 2.) TRAZO.- Se entenderá por trazo del eje de apoyo de la cortina, el establecimiento en campo de la poligonal que apoyándose en los puntos de control y señalamientos fijados en la localización sea aprobada por el ingeniero supervisor, esto se hará con el uso de cinta de acero y tránsito de 20" de aproximación estacando con tachuela o pintando estaciones a cada 5 m.
Así mismo, se situarán los vértices de los P.I (puntos de inflexión), en trompos con tachuelas quedando referenciados de acuerdo con lo especificado en el concepto correspondiente.
Los datos del trazo se registrarán en libretas de campo con el objeto de cotejar la exactitud del levantamiento y obtener las coordenadas.
Las libretas de campo, planillas de cálculo y dibujo del plano definitivo, deberán actualizarse diariamente con fines de certificación y actualización en el avance de los trabajos, cuando el residente de supervisión lo estime conveniente.
Una vez realizados los trabajos motivo del presente contrato, las libretas de campo, planillas de cálculo y dibujo del plano de apoyo deberán entregarse a la dependencia a través del residente de supervisión.

Nivelación del eje de apoyo de la cortina

Es la determinación de las cotas de los puntos establecidos en el trazo a cada 5 m, así como puntos intermedios que se consideren de interés. Para obtener las cotas anteriormente citadas se partirá de puntos fijos, notables e inamovibles denominados monumentos.
Para llevar un mejor control en la nivelación del trazo y tener puntos de referencia, se deberá establecer un banco de nivel, ubicándose este en la margen de la cortina. Este banco de nivel conviene establecerlo como punto fijo e inamovible, se construirá de concreto: se deberá utilizar, haciendo las lecturas en este con aproximación de 1 mm aceptándose errores máximos o tolerancias, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$T_n = 10(N)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

T_n = Tolerancia admisible en mm.

N = Distancia recorrida con la nivelación en km.

Estos trabajos deberán registrarse en la libreta electrónica con el objeto de realizar primeramente el cálculo del perfil y posteriormente elaborar el dibujo de los mismos contados sus detalles, a escala 1:50 vertical y horizontal, indicando las cotas del terreno natural, invariablemente a cada metro.
Las libretas de campo y dibujos con el perfil del eje de apoyo, deberán actualizarse diariamente con fines de certificación y evaluación en el avance de los trabajos.

Secciones transversales de la cortina

Se entenderá por secciones transversales del eje de apoyo, a los perfiles de la cortina proyectada normales al eje, obtenida a cada 5 m, siguiendo el cadenamiento o también en puntos intermedios especiales. Para obtener las secciones transversales, se parte con base en los trabajos obtenidos para trazo y nivelación del eje en cuestión.

Las secciones tendrán un ancho que abarquen la cortina más 50 m a cada lado a partir del pie del talud, con un total de aproximadamente 100 m adicionales.

Para estos trabajos se utilizará distanciómetro o estación total haciendo las lecturas en este, con aproximación de 1 mm.

Todos estos trabajos deberán registrarse en sus libretas electrónicas, con objeto de realizar primeramente el cálculo de las secciones transversales y posteriormente, elaborar el dibujo a tinta de las mismas con todos sus detalles, a escala 1:50 vertical y 1: 50 horizontal.

Se entenderá por referenciación de P. I., en trazos definitivos, a la ubicación sobre el terreno de puntos alineados sobre entre sí, en dos direcciones como mínimo, cuya intersección permita la localización y la ubicación correctas del P.I en cuestión. La distancia entre los dos puntos no será necesariamente constante, ya que estará condicionada a las características del terreno, debiéndose colocar dichos puntos sobre monumentos de concreto, pudiéndose sustituir en casos excepcionales por puntos inamovibles y fijos.

En la longitud de cada línea de referencia deberán colocarse sobre ella, como mínimo, dos puntos sobre los monumentos respectivos.

Estos trabajos deberán registrarse en libretas de campo, donde aparecerá para cada referencia un croquis detallado que permita ubicar fácilmente sobre la línea de trazo el P.I. correspondiente.

Apoyándose en los datos registrados en las libretas de campo, el contratista elaborará el dibujo de todas y cada una de las referencias a tinta y sobre hojas de papel tipo albanene tamaño carta.

3.3.1 Boquilla

Planta y perfil topográfico de la boquilla

El proyectista deberá elaborar el dibujo de los planos que se obtengan como resultado de los trabajos topográficos de la boquilla, complementando con el plano topográfico.

Se aconseja que la boquilla sea estrecha y amplia, para un buen almacenamiento; por lo que se analizan y seleccionan aquellos sitios que tienen características geológicas más favorables para la cimentación y su empotramiento.

Se trata de evitar el desplante sobre terrenos poco resistentes.

3.3.2 Vaso

Se obtienen también datos importantes del vaso como su forma, con ayuda de las curvas de nivel a cada metro, longitud del vaso desde el eje de la boquilla hasta la cola, y el área inundada en hectáreas.

3.3.3 Banco de materiales

Estudios superficiales en conjunto con sondeos y pruebas de permeabilidad, indican los tipos de materiales para la cortina.

En el caso de la localización preliminar de los bancos de roca el proyectista establecerá el tipo de roca, fracturamiento observado en la visita de reconocimiento, recabando muestras de roca representativas de los sitios para determinar en laboratorio, peso volumétrico seco, saturado y absorción.

El contratista propondrá a la dependencia los bancos que deben estudiarse como definitivos, indicando los criterios que utilizó para su ubicación.

Los bancos estudiados, el proyectista los presentará en un plano preliminar de localización, indicando los volúmenes aproximados, nombre, régimen de propiedad, distancia a la boquilla, tipo de material de acuerdo a los análisis de laboratorio. Adicionalmente, se elaborará una tabla que incluya: nombre del banco, profundidad de cada sondeo, nivel freático y estratigrafía de los sondeos, incluyendo para cada estrato de suelo su clasificación de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

De acuerdo a la disponibilidad de materiales se definirá el tipo de sección de la sobreelevación de la cortina.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.4 Áreas potencialmente útiles para la agricultura

Las interrelaciones de los elementos del clima, tales como la temperatura, la radiación solar, la precipitación, etc., junto con las diversas clases de suelo, son decisivos en el tipo de cultivo, si bien en la medida que la agricultura se tecnifica se debilita esta dependencia.

Menos de la mitad del territorio nacional cuenta con temporal eficiente, mientras que el restante tiene la necesidad de riego para sus siembras y cubrir sus necesidades.

En el Bajío Mexicano existe una gran cantidad de estructuras hidráulicas ideales y construidas desde tiempos novo-hispanos. En esta zona el agua no es del todo abundante, pero el manejo cuidadoso del recurso ha permitido aprovechar la fertilidad de los terrenos que la conforman.

En general excepto en las *zonas áridas y semiáridas* de la República Mexicana, no se aprovechan adecuadamente el suelo y el agua disponibles, por la falta de obras de captación, regulación y distribución de los escurrimientos superficiales.

3.5 Estudio geológico

El objetivo de este estudio es determinar la naturaleza de los depósitos subyacentes en el lugar de la investigación.

Se determinan los tipos de suelo y roca que probablemente se encontrarán y seleccionan los mejores métodos para la exploración del subsuelo antes de comenzar las perforaciones, las tomas de muestras o los ensayos en obra.

También se sabrá si se requieren estudios de mecánica de suelos en afloraciones de lutitas y areniscas, con el fin de conocer sus propiedades físicas, para adecuar las estructuras a las condiciones del terreno.

Este estudio nos indicará las zonas de fractura o de falla, con alta permeabilidad, si se requiere una pantalla impermeable u otro tratamiento como inyecciones a presión.

Siempre es necesario este estudio, pero el detalle y rigurosidad de este dependerá del tipo y magnitud de obra.

En las obras de derivación, la rigurosidad de estos estudios queda definida en la etapa de estudios preliminares y principalmente con las visitas de inspección que se efectúan, mediante la observación ocular a los sitios probables para la construcción. Por razones económicas es recomendable tratar de encontrar un sitio donde se tenga en el lecho material firme y resistente, así como laderas y causes no erosionables ni deslavables.

Investigaciones geológicas y cimentación

Las condiciones geológicas y de cimentación determinan los factores que intervienen para soportar el peso de la presa.

Los materiales de cimentación limitan el tipo de presa en gran parte, aunque estas limitaciones pueden compensarse en el proyecto.

La exploración inicial puede consistir en realizar unos cuantos sondeos extrayendo muestras cilíndricas en lugares elegidos provisionalmente. Su análisis en relación con la geología de la zona, a menudo incluye ciertos lugares como los factibles, especialmente cuando aumenta la altura de la presa. Una vez que se ha restringido un número de localizaciones posible, deberán considerarse investigaciones geológicas más detalladas.

Se realizan pruebas de permeabilidad a lo largo del eje de la boquilla y ambas márgenes del cauce, deberán definirse con precisión todas las fallas geológicas, contactos, zonas permeables, fisuras y otros detalles subterráneos. La profundidad necesaria probable de la excavación en todos los puntos deberá deducirse del estudio de las muestras cilíndricas obtenidas.

En las presas pequeñas no es necesario realizar sondeos muy profundos. Sin embargo, al aumentar la altura de la presa y los requisitos de seguridad, deberá aumentarse la profundidad y su número. Si los materiales de la

cimentación son blandos, deberán realizarse las investigaciones completas para determinar su profundidad, permeabilidad y capacidad de carga. No siempre es necesario ni posible desplantar una presa en roca sólida.

Las diferentes cimentaciones encontradas en la construcción de presas son (1) en roca sólida, (2) en grava, (3) en limo o arena fina, (4) en arcilla, (5) materiales heterogéneos. Las presas pequeñas en cimentaciones blandas, casos (2) al (5), presentan algunos problemas de proyecto adicionales, como asentamiento, evitar la tubificación, permeabilidad excesiva, y protección de la cimentación por erosión bajo el pie de la presa de aguas abajo. Estas condiciones son mucho más difíciles que cuando se desplanta una presa sobre roca. Los mismos problemas existen también para las presas de tierra.

A menudo, un buen geólogo puede determinar un corte geológico, se dispone de algunos sondeos que le sirvan de base para su estudio geológico. Sin embargo los planos y especificaciones no deberán hacer referencia a los conceptos geológicos generales. Solo las gráficas de los sondeos deberán incluirse para permitir realizar estimaciones al contratista. Sin embargo, el conocimiento geológico de las formaciones subyacentes constituye un auxiliar valioso para evaluar la seguridad de la presa.

Un estudio de mecánica de suelos minucioso se presentaría por ejemplo: cuando se tienen presas derivadoras con cortinas altas o que cubiquen una cantidad considerable de materiales pétreos, o bien que dadas las condiciones físicas y geológicas de una boquilla, la solución para cerrar el cauce y controlar el paso de la avenida, sea construir una cortina vertedora corta y un dique de tierra. En este caso será muy conveniente conocer en detalle las características físicas y mecánicas de los materiales que se emplean en la cortina rígida y flexible y además las condiciones de cimentación de ambas.

Las obras de toma se deben desplantar en terrenos firmes, estables e impermeables.

En la zona de riego el proyectista deberá contar con información estratigráfica de los suelos de dicha superficie, para estimar y cuantificar volúmenes de excavación de las estructuras de riego como: canales, ramales, caídas, rápidas, etc. con el fin de programar la utilización de maquinaria y equipos necesarios (ver subcapítulo 4.2.1).

Una anécdota sobre ingeniería de presas sucedió a principios de los años 70 cuando se realizaron los estudios de prefactibilidad y factibilidad para la presa hidroeléctrica "Agua Prieta" (aunque en aquel tiempo el proyecto original tenía el nombre de "El Caballito"), al no contar con los recursos suficientes en ese momento no se pudo realizar. A fines de la década de los 70 se retoma el proyecto pero en el sitio del vaso de regulación existían grandes regiones pobladas por lo que se desvió el cauce del río para otra zona donde se pudiera alojar el vaso; pero eso no es todo, pues estudios geológicos y geotécnicos probaron luego que las condiciones de Agua Prieta no eran las más convenientes para su construcción. La roca existente: basalto, no garantizaba la estanqueidad del embalse aun inyectándolo con lechada. Entonces se hizo un replanteo llegando el año 1983 al esquema actual con el mismo nombre.

Para la ingeniería este proyecto ha sido un verdadero reto, pues las condiciones geológicas y geotécnicas han sido muy difíciles. Tanto los túneles como la tubería, y la misma central tuvieron que ser estudiados muy cuidadosamente. Las soluciones han sido el producto de grandes esfuerzos por parte de todos los ingenieros que participaron en los proyectos y en las obras.

Antes de la construcción de la presa y durante la etapa de los estudios será necesario conocer las propiedades hidráulicas de los materiales que conforman la boquilla donde se colocara la presa.

En algunos casos dichas propiedades pueden obtenerse en el laboratorio por pruebas realizadas a muestras inalteradas cuando sea posible. Sin embargo, algunas pruebas de campo son; para conocer el coeficiente de permeabilidad de los suelos y/o rocas de la boquilla y vaso (laderas de la presa y en toda el área que cubrirá el vaso) para determinar las pérdidas por infiltración en el vaso o para conocer el grado de absorción de las laderas y así proponer el tratamiento adecuado (ver tabla 3.5.1).

El tipo de la prueba de permeabilidad depende de; tipo de material, localización del Nivel de Aguas Freáticas (NAF), homogeneidad de los estratos del suelo.

La selección del tipo de la prueba es por tanto un problema que requiere de un análisis cuidadoso.

El geólogo por sí solo no sabe, ni se compromete a indicar hasta donde existe la falla en el caso de existir. El tratamiento de esta depende de la envolvente de falla de la presa y de la capacidad de la maquinaria para su tratamiento.

El estudio de mecánica de suelos será más amplio y más estricto a medida que la magnitud física de la obra lo requiera; en general el informe geológico contiene los siguientes datos:

- a) Corte geológico de los sitios propuestos para la derivación, según los ejes probables.
- b) Descripción de los materiales en los sitios seleccionados principalmente en cauce y laderas.
- c) Espesor de los estratos y estimación de la capacidad de carga de los materiales, etc.
- d) Granulometría y contaminación de los acarreos en los que se apoyarán las estructuras, a fin de estimar un coeficiente de filtración.
- e) Permeabilidad de la cimentación.
- f) Taludes de corte recomendable.
- g) Angulo de reposo de los materiales de excavación.
- h) Conclusiones y recomendaciones del ingeniero geólogo encargado del estudio.

El Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) cuenta con los registros de estudios realizados en la República Mexicana:

- *Prueba de Penetración Estándar*: Consta de perforación en el suelo y tomar muestras en seco (ATM 1586).
- *Sondeo Rotatorio*: Cuando la resistencia a la penetración excede a los 100 golpes. Se aplica en materiales duros y nos indica si el rechazo es una lente dura, un boleo asentado sobre material blando o una roca sana.

TABLA 3.5.1 Clasificación geológica de los depósitos de suelo

Clasificación	Modo de formación
Eolianos	
Duna	Deposición por el viento (en costas y desiertos)
Loess	Depositados durante los periodos glaciales
Aluviales	
Aluvio	Depositados por ríos y corrientes
Lacustrino	Aguas lacustres, incluyendo lagos glaciales
Planicie de inundación	Aguas de inundación
Coluviales	
Coluvio	Movimiento de suelo pendiente abajo
Talo	Movimiento pendiente debajo de escombros de roca
Glaciales	
Morrena del terreno	Depositados y consolidados por los glaciares
Morrena terminal	Arrastradas y transportadas en el frente de hielo
Deslaves	Agua de deshielo de los glaciares
Marinos	
Playa o barra	Deposición por olas
Estuarino	Deposición en estuarios de ríos
Lagunal	Deposición en lagunas
Ciénega salina	Deposición por mareas en zonas protegidas
Residuales	
Suelo residual	Alteración completa por la intemperización en sitios
Saprolito	Alteración y disolución incompletas pero intensas
Laterita	Alteración compleja en un medio ambiente tropical
Roca descompuesta	Alteración avanzada dentro de la roca madre

Fuente bibliográfica: Manual del Ingeniero Civil. Frederick S. Merritt, Lofting and Ricketts; tomo I, 1999.

Perforaciones de exploración

En el suelo las perforaciones profundas (de más de 30 m) se realizan casi siempre con las técnicas de perforación rotatoria, que consisten en hacer circular repetidas veces un fluido denso en la perforación para mantener su estabilidad. La perforación con barrenas, con barrenas de tallo hueco para facilitar la obtención de muestras se utiliza mucho y es un método económico para perforaciones de profundidad baja o intermedia. La mayor parte de las perforaciones se montan en camiones y tienen la capacidad de extraer los núcleos de la roca.

En la perforación por percusión, por lo general se hinca un cilindro metálico para profundizar en la perforación. Con frecuencia, se utiliza agua circulante o cucharones de extracción para remover el suelo del cilindro. Este método se emplea en lugares de acceso difícil, donde se requiere equipo portátil relativamente ligero. A menudo se incluye una perforadora rotatoria diseñada para obtener muestras de roca (ver registro geológico de un sondeo en la fig. 3.5.3).

Las investigaciones especiales que se realizan para identificar los peligros de la disolución de las rocas incluyen los reconocimientos geológicos, la interpretación de las fotografías aéreas y los estudios geofísicos (resistividad, microgravedad y otros).

Los vacíos del subsuelo generados por este proceso varían desde juntas abiertas, hasta cavernas enormes. Estos sistemas han ocasionado fallas catastróficas y asentamientos dañinos en las estructuras, como resultado de la pérdida de terreno o el hundimiento de la superficie.

Para disminuir estos peligros se debe presentar una especial atención a:

1. Drenar el sitio con el objeto de que sea mínima la infiltración del agua superficial cerca de las estructuras.
2. Limitar las excavaciones para que sea máximo el espesor del suelo de apoyo.
3. Diseñar sistemas de cimentación continuos que acomoden una pérdida parcial de apoyo bajo el sistema.
4. Utilizar sistemas de cimentación profunda enclavadas en roca y diseñados únicamente para la resistencia de adherencia del anclaje.

Durante la construcción es prudente realizar sondeos de prueba de los materiales de apoyo en formaciones susceptibles a la disolución. Con frecuencia estas pruebas consisten en sondas que registran en forma continua la resistencia a la penetración en el estrato de apoyo y la velocidad de la perforación de percusión en la roca. De esta forma se identifican las zonas peligrosas que se pueden mejorar si se excava y sustituye el material o se inyectan morteros de liga in situ (ver fig. 3.5.4).

La cimentación de la cortina es una parte vital de la estructura por lo que se le debe dar una atención especial; se presentan dos casos típicos de cimentación:

- Cuando aflore la roca o bien se encuentre a poca profundidad en el cauce y las laderas; la limpia deberá llevarse hasta encontrar roca en toda el área de la cimentación comprendida dentro de las trazas de la cortina vertedora, para lo cual deberán retirarse todos los materiales indeseables, tales como los que contengan un alto contenido de material orgánico, escombros o productos de derrumbes de laderas, roca intemperizada y acarreo fluviales.
- Que se encuentre cubierta la roca del lecho del río por una capa potente de relleno aluvial: será necesario descubrir únicamente las formaciones de gravas y arenas limpias sobre las cuales se desplantará la cortina eliminando los materiales de mala calidad que puedan producir asentamientos u otros tipos de fallas.

Dependiendo directamente del tipo de material de cimentación es evidente la utilización de los materiales que formen la cortina: por ejemplo en una cimentación de roca se podrán utilizar mampostería, concreto o enrocamiento, mientras que en material de acarreo del río solo se podrá utilizar enrocamiento, a estas últimas se les conoce como de *sección flotante*.

El estudio geológico será proporcionado por la dependencia al contratista, si la dependencia no cuenta con ellos el contratista los realizara y dichos gastos los incluirá en los precios unitarios de los conceptos en que intervengan. Se realizan con la finalidad de que se incluya en el documento central un resumen de los aspectos geológicos más relevantes, como son: geología regional, y geología del vaso y boquilla describiendo detalladamente los afloramientos, contactos geológicos y características *litológicas*

Se deberán anexar planos de la geología de boquilla, geología de vaso, **C.I.R, R.Q.D** y perfil de variaciones de permeabilidad.

En la tabla No.3.5.2 se nota el tratamiento de las cimentaciones permeables.

Una vez realizado el estudio geológico superficial, además de las perforaciones con recuperación de muestras y pruebas de permeabilidad, se considera el sitio más favorable para la construcción de las obras.

EXPLORACIÓN SUBTERRÁNEA - RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN Y GRÁFICA								
ESTRUCTURA <u>Presa pequeña</u>		ELEVACIÓN DEL TERRENO <u>5022.20</u>		NÚMERO DEL AGUJERO <u>PR 4</u>				
PROYECTO <u>Ejemplo</u>		ELEVACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO <u>5010.0</u>		LOCALIZACIÓN <u>Cimentación</u>				
ESTADO <u>New México</u>		FECHA EN QUE SE MIDIO EL NIVEL FREÁTICO <u>4-29-55</u>		COORDENADAS N. <u>62, 500</u> E. <u>122, 520</u>				
SOBRESTANTE <u>J. Simón</u>		PESO DEL MARTILLO <u>140 lb.</u>		PROFUNDIDAD TOTAL DEL AGUJERO <u>15.9 FT</u>				
AGUJERO REGISTRADO POR <u>K.R. Clark</u>		ALTURA DE CAIDA <u>30 in.</u>		FECHA EN QUE SE EMPEZO <u>4-28-55</u> TERMINADO <u>4-28-55</u>				
NOTAS Tipo y tamaño del agujero Tipo de broca o cuchara Pérdida del agua de perforación	No. de golpes	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	PROF.	RESISTENCIA DE PENETRACIÓN (golpes por pie)				
				Actual	Extrapolado			
				10	20	30	40	50
Ademe NX Muestreador de cilindro seccional estándar de 2" de diámetro exterior de 30" de largo.		0.5-1.5' LIMO ARENOSO. Trazas de arcilla, seco, calizo. Ligeramente plástico. Predomina el material que pasa por la criba No. 200 (ML)		o				
	3							
		2-3.1' ARCILLA LIMOSA. Arcilla, arena, grava y limo, húmeda, caliza. De plasticidad media. Predomina el material que pasa por la criba No. 200 (CL)	5					
	7							
		3.6-4.6' ARCILLA LIMOSA. Arcilla, limo algo de arena húmeda, caliza. De plasticidad media. Predomina el material que pasa por la criba No. 200 (CL)	10					
	8							
		5.1-6.2' ARCILLA LIMOSA CON GRAVA. Arcilla limo, arena y grava húmeda caliza. De plasticidad media. Predomina el material que pasa por la criba No. 200 (CL)	15					
	17							
		6.7-7.7' ARCILLA LIMOSA. Arcilla, limo y arena húmeda, caliza. De plasticidad media. Predomina el material que pasa por la criba No. 200 (CL)	20					
	9							
	8.2-9.7' LIMO ARCILLOSO. Algo de arena húmeda, caliza. De plasticidad baja. Predomina el material que pasa por la criba No. 200 (CL)	25						
7								
	9.7-10.7' El material recogido es probablemente de derrumbes. Nivel freático de 11 a 12'							
	11.2-12.2' ARENA FINA LIMOSA. Algo de arcilla, orgánica, mojada caliza. Ligeramente plástica. Predomina el material del No. 100 y más fino (SM)	30						
4								
	12.7-13.7' ARENA FINA LIMOSA. Algo de arcilla, ligeramente orgánica, mojada caliza. Ligeramente plástica. Predomina el material del No. 100 y más fino (SM)	35						
7								
	14.2-15.3' No se recogió material	40						
14								
	15.8-16.9' ARENA FINA. Algo de limo y pequeña cantidad de grava mojada caliza. No plástica. Predomina el material del No. 50 al 200. (SP)	45						
5								

FIG. 3.5.4 Ejemplo de determinación de resistencia a la penetración y registro con la prueba de penetración estándar.
Fuente bibliográfica: Diseño de presas pequeñas. U.S. Department of the Interior Bureau of reclamation; 1978.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.6 Estudio hidrológico

Este estudio tiene como principal objetivo, analizar la disponibilidad hidrológica de las corrientes portadoras hacia el almacenamiento, así como su dimensionamiento para el óptimo aprovechamiento de los recursos y poder determinar la magnitud de la presa mediante el análisis de información cartográfica, climatológica, hidrométrica, agrológica, uso actual del suelo y topográfica.

Proporciona datos sobre la disponibilidad de los recursos hidráulicos en una zona determinada. Las más importantes son:

- Aportación de la corriente en el vaso.
- Cantidad de sedimentos que se depositarán en el vaso.
- Cálculo de la avenida máxima probable (en los ríos para un determinado periodo de ocurrencia).
- La cantidad de agua requerida en el proyecto.

En México se cuenta con aproximadamente 3000 pluviómetros y 400 pluviógrafos, los cuales son registrados principalmente por la C.F.E., C.N.A., y la Comisión Internacional de Límites de Aguas (CILA).

Por medio del pluviómetro y el pluviógrafo se pueden obtener los datos de precipitación, mediante la altura de la lámina que cayo sobre el suelo, suponiendo que el agua no se infiltra, evapora o escurre.

Una estación climatológica es aquella en la que se realizan mediciones de precipitación, evaporación, temperatura y viento. Cuenta con un termómetro, pluviómetro, evaporímetro, veleta.

Una estación pluviográfica es una estación climatológica que cuenta además con un pluviógrafo. Son de gran importancia para la realización del mapa de isoyetas (líneas de igual precipitación) de intensidad, pues de ellos se obtienen las intensidades que son la base para su elaboración.

En México están mal distribuidas las estaciones pluviográficas y existen pocas. A lo largo y ancho del territorio nacional se cuenta con aproximadamente 2000 estaciones pluviográficas teniendo problemas algunos estados, pues solo cuentan con dos o tres estaciones. Por lo que para evaluar la intensidad de lluvia se recurre a métodos indirectos. Otro inconveniente es que tienen en promedio un periodo de observación de entre 15 y 20 años.

En la figura 3.6.1 apreciamos un ejemplo de un informe hidrometeorológico realizado en el año de 1970 por la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SARH), la que cambio de nombre por la CNA en el año de 1989.

11-020.1.02

SECRETARÍA DE RECURSOS HIDRAULICOS
JEFATURA DE IRRIGACIÓN Y CONTROL DE RÍOS
DIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA

DESCRIPCIÓN DE LA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA

1.-	<u>NOMBRE DE LA ESTACIÓN:</u>	SAN GERONIMITO	
2.-	<u>CLAVE</u>	19-300-000-000-00-000-H-150-12-00	
3.-	<u>CARACTERÍSTICAS GEOGRAFICAS:</u>		
3.1	<u>HIDROGRAFÍA:</u>	<u>NOMBRE:</u>	<u>No. DE CLASIFICACIÓN</u>
3.1.1	COLECTOR GENERAL:	Río San Jeronimito	300
3.1.2	AFLUENTE:		000
3.1.3	SUBAFLUENTE:		000
3.1.4	ESTACIÓN	San Jeronimito	350
	<u>CORRIENTE:</u>	RIO SAN GERONIMITO	

Tabla No. 3.5.2 TRATAMIENTO DE LAS CIMENTACIONES PERMEABLES

Caso No.	Espesor del estrato superior impermeable	Profundidad de la cimentación permeable	Estratificada u homogénea	Medios de controlar las filtraciones	Requisitos adicionales (además del despalme)
Caso 1. La cimentación permeable queda expuesta	Ninguno	Poco profunda	Cualquiera	Dentellón de tierra	Dren de talón. Puede ser necesario filtro del lado de aguas abajo. Pueden ser necesarias inyecciones.
	Ninguno	Intermedia	Cualquiera	Alagulas de dentellones hechos con los materiales naturales y cemento	Dren de talón. Es necesario un núcleo grande. Dentellón de tierra. Puede ser necesario filtro del lado de aguas abajo.
	Ninguno	Intermedia o profunda	Estratificada	Dentellón parcial de tierra	Igual que el anterior, excepto que no es necesario el dentellón de tierra.
	Ninguno	Profunda	Cualquiera	Colchón horizontal de drenaje	Dren de talón. Es necesario un núcleo grande. Dentellón de tierra. Puede ser necesario un colchón de drenaje aguas arriba, para disminuir las pérdidas por filtración.
Caso 2. La cimentación permeable está expuesta por un estrato impermeable, que puede variar de espesor, de unos cuantos pies (metros) a una profundidad considerable		menor de tres pies (un metro)	Varías profundidades	Tratase como si correspondiera a la cimentación del caso 1.
		Más de tres pies (un metro), menor que la carga del vaso	De poco profundo a intermedia	Tratase como si correspondiera a la cimentación del caso 1.
	Más de tres pies (un metro), menor que la carga del vaso	Profunda	homogenea		Zanja de drenaje o pozos de drenaje. Dentellón de tierra.
	Más de tres pies (un metro), menor que la carga del vaso	Profunda	Estratificada		Zanja de drenaje o pozos de drenaje. Dentellón de tierra, Dren de talón.
	Mayor que la carga del vaso		No requiere ningún tratamiento como las cimentaciones permeables.

Fuente bibliográfica: USDBR; diseño de presas pequeñas, 1978.

Está formado por dos corrientes principales que son: el río San Jeronimit propiamente dicho y el río el río Petatlán. Ambos nacen a unos 2400 s.n.m., cerca de las crestas de la Sierra Madre del Sur y corren casi paralelo con rumbo al Suroeste, para luego converger gradualmente hasta que confluyen y forman una sola corriente, 3 Km. antes de su desembocadura.

- 3.2 **ÁREA DRENADA:** 713 km²
- 3.3 **COORDENADAS:** Long. W. G. 101° 20' 30"
Lat. N. 17° 33' 30"
- 3.4 **UBICACIÓN:** Se encuentra situada en el Estado de Guerrero, municipio de Petatlán, y se halla instalado sobre el puente de la carretera Acapulco - Zihuatanejo.
- 3.5 **ACCESO:** Se llega a la estación por la carretera Acapulco - Zihuatanejo encontrándose esta, aproximadamente, a la altura del kilómetro 209, en el puente de dicha carretera sobre la corriente.
4. - **OBJETO DE SU INSTALACIÓN:** Conocer el régimen de escurrimientos del río para futuras obras de aprovechamiento de sus aguas.
5. - **CARACTERÍSTICAS DEL CAUCE, ESTRUCTURAS, APARATOS Y OBSERVACIONES:**
- 5.1 **CONDICIONES DEL TRAMO:** Se encuentra localizada en un tramo recto de unos 1000 m de longitud.
- 5.2 **SECCIÓN DE AFOROS:** Los márgenes y el fondo están constituidos por una mezcla de arena y grava
- 5.3 **ESCALA:** Se toman lecturas de escala diariamente a las 6, 12 y 18 horas. En la temporada de estiaje y cada dos horas durante las avenidas. La escala es vertical y se encuentra instalada en la margen izquierda, adosada al puente donde se hacen los aforos. La constituye un tramo de madera de 1 m, otro de cemento de 1,90 m y otro más de este mismo material de 5,10 m. La capacidad de esta escala es de 6.20 m. La cota arbitraria del caro de la escala es de 89.39 m. Se comenzó a utilizar la anterior el día 3 de Abril de 1960, pero el 19 de junio de 1962 se cambió 20 m aguas arriba, quedando el caro de la escala 0.60 m por debajo del de la otra. Del 2 al 20 de junio y de 16 al 31 de agosto de 1963 no se hicieron observaciones.
- 5.4 **ESTRUCTURA PARA AFOROS:** La estructura de aforos la constituye el propio puente de la carretera Acapulco - Zihuatanejo sobre la corriente, el cual tiene una longitud total de 181 m y esta dividida en siete claros. Esta estructura comenzó a usarse el 3 de Abril de 1960.
- 5.5 **AFOROS:** Se practican por el procedimiento de sección y velocidad, midiéndose esta última con la ayuda de un molinete hidráulico. En la temporada de agua bajas se afora vadeando en secciones variables. Se iniciaron el 3 de Abril de 1960 por vadeo y a partir del 24 de julio de 1964 se comenzó a usar el puente para tirantes mayores. Las observaciones se suspendieron de junio de 1960 y de junio a octubre de 1961, por la imposibilidad de aforar vadeando; De junio a diciembre de 1962 por falta de molinete y de febrero a mayo y en septiembre de 1963 por falta de personal.
- 5.6 **REGISTRO GRÁFICO DE NIVELES:** Para esto se utilizaba un limnógrafo instalado en el margen izquierdo, adosado a la pilastra del propio puente. El pozo del limnógrafo lo constituía un tubo ARMCO el cual tenía comunicación directa con la corriente. Este limnógrafo fue instalado el 20 de enero de 1967 y fue arrastrado por la corriente el 26 de septiembre del mismo año.
- 5.7 **SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN:** No se efectúa en este tipo de observaciones.

6

GASTOS EXTREMOS EN EL PERIODO DE OBSERVACIONES:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6.1	GASTO MÁXIMO:	No ha sido posible determinarlo por falta de aforos altos. Se presento el 2 de septiembre de 1967 y alcanzo una lectura de escala de 6.5 m que es l máxima observada en el periodo de observaciones. El gasto máxim estimado durante esa misma creciente fue de 1400 m ³ /s.	
6.2	GASTO MÁXIMO AFORADO:	400 m ³ /s	Observado el 25 de Sep. de 1967. Lectura de la escala media: 3.74 m Velocidad media: 1.35 m/s
6.3	GASTO MINIMO:	0.00 m ³ /s	Correspondió a una lectura de escala de 0.34 se observó el 17 de abril al 9 de jun. de 1961.
7	<u>CALCULO HIDROMÉTRICO:</u>	En época de lluvias se hace el cálculo mediante curvas de gastos y en estiaj por interpolación lineal de aforo a aforo. Además se dispuso de lecturas de l escala. Los valores de junio a octubre de los años de 1960 a 1963, deben d tomarse con reserva, por no contarse con suficientes aforos para definir lo gastos correspondientes a lecturas de escala superiores a 1.80 m. Se utiliz una computadora electrónica CDC.3100 de la S.R.H.	
8	<u>ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA EN EL SITIO:</u>	Se encuentra a 100 m de la estación, sobre la margen izquierda, y consta aparatos y periodos de observación que se anotan:	
		Pluviómetro:	Jul. de 1961 a la fecha.
		Termómetro:	Jul. de 1961 a la fecha.
		Evaporímetro:	Jul. de 1961 a la fecha.

Fig. 3.6.1 Ejemplo de un informe hidrometeorológico.

Fuente bibliográfica: Presas de derivación. SARH 1981.

En el estudio hidrológico se determinan las características fisiográficas de la cuenca (área, longitud y pendiente en el cauce principal), hasta determinar el gasto de diseño; es todo un proceso que se debe realizar con la mejor calidad posible.

Con un buen estudio hidrológico y un diseño adecuado se pueden realizar obras hidráulicas de excelente calidad.

Con los datos de precipitaciones de las estaciones hidrométricas sobre el área de influencia del proyecto, se construye el *Polígono de Thiessen* para calcular la precipitación media en el centro de la cuenca. Se unen con líneas rectas, las estaciones próximas, formando con estos triángulos cuyos vértices serán las estaciones, enseguida se trazan las mediatrices de cada lado de los triángulos. Los cuales se unirán en un punto formando los llamados polígonos; a cada estación le corresponde un polígono que será el área de influencia de la estación pluviográfica.

Un periodo de retorno (T_r) para diseñar una obra, siendo la vida de diseño constante, es función directa del riesgo que se tenga durante su vida de operación, de que se presente un evento mayor al de diseño.

Para cuantificar la probabilidad de ocurrencia o riesgo que se presenta en una obra hidráulica un evento mayor al de diseño, se deben considerar:

- Costo de la obra
- Datos que pueden tenerse al presentarse la falla
- Costo de mantenimiento
- Inconvenientes y perjuicios en caso de falla
- Riesgos de vidas humanas

Es necesario conocer las características hidrométricas de la estación que nos proporcione los datos, esto es, el promedio de los valores registrados, los valores máximos y mínimos para cada día, así como el valor de una desviación estándar y por debajo de la media.

Puede hacerse una gráfica tiempo (años, meses, días) contra gasto (m³/s) con los datos anteriores para poder identificar los días en que se presentarían picos o excedentes que pueden ser de interés, tanto en relación con el promedio, como una desviación estándar por arriba de este.

De esta forma se pueden calcular los hidrográmas mensuales, semestrales y anuales para observar la diferencia entre años con escurrimientos pobres y con abundantes, así como un análisis diario para identificar los días en los que se presentaron excedentes.

Régimen de la corriente: El conocimiento del régimen de la corriente servirá para determinar en primer lugar, el gasto convenientemente aprovechable de la fuente, sin deficiencias en el riego o con las mínimas aceptables y además para diseñar adecuadamente, desde el punto de vista hidráulico, las estructuras que constituirán la obra derivadora para su correcto funcionamiento.

Por la falta de datos no es muy común calcular estos T_r por medio de ecuaciones por lo que se eligen con criterios preestablecidos.

En hidrología los periodos de diseño de una obra son mucho mayores que los T_r registrados o años de registro de la estación pluviográfica considerada, por lo que se extrapolan datos a partir del periodo de registro.

Las curvas de Intensidad -Duración- Período de retorno (I-D- T_r), relacionan la intensidad de la precipitación con el intervalo de tiempo que dura y con el periodo promedio que transcurre entre dos precipitaciones de igual o mayor intensidad que la considerada.

Una vez determinado el *programa de cultivo* con el cual obtendremos la demanda neta, dependemos en primer término de los escurrimientos almacenados en la presa y las estructuras secundarias que rigen su buen funcionamiento.

La hidrología está regida por funciones probabilísticas, con las cuales se obtienen periodos de retorno aleatorios de posible frecuencia de algunos eventos como es el de una avenida máxima y una avenida extraordinaria, para determinado lapso de tiempo.

Se procede a obtener lo siguiente:

- Una vez conocidas las hectáreas factibles de ser utilizadas como cultivables, se establecerá un programa de extracción de agua embalsada, en función de las necesidades de los cultivos, para conocer el número de hectáreas beneficiadas.
- Conocer el volumen de azolves y poder conocer la elevación de la obra de toma.
- Determinar la avenida máxima para diseñar la obra de excedencias, así como su longitud y carga hidráulica para proteger la obra de captación.

Para lograr lo anterior se requieren tener datos fidedignos de varias estaciones pluviométricas que tengan mayor influencia sobre el área de estudio; dichas estaciones se pueden obtener por medio de polígonos de Thiessen.

Para el cálculo de la precipitación en el centro de gravedad de la cuenca, se parte con la construcción del *triángulo de isoyetas*; y se utilizan estaciones climatológicas que tengan datos completos y continuos.

También se obtiene el dato completo de la evaporación efectiva promedio, obteniéndola de un evaporímetro.

Para calcular la evaporación promedio mensual se consideran datos de tres o cuatro décadas anteriores; a la evaporación efectiva se le resta la corregida si es que existe esta última, esto con el fin de simular el funcionamiento del vaso.

Se procede a calcular el *coeficiente de escurrimiento natural del suelo*, que depende del área de la cuenca, su fisiografía y su cubierta vegetal respecto al tipo de suelo.

Para obtener el escurrimiento neto se toma como base el escurrimiento natural, el área de la cuenca y la precipitación de esta. Obteniéndose en forma indirecta los escurrimientos medios, mensuales y anuales que sirven para proponerlos como parámetros en el cálculo de la capacidad total de la presa a estudiar.

Para calcular la *demanda anual de agua* se proponen dos o tres alternativas de conducciones con diferentes eficiencias de riego, pudiendo ser con infraestructura y aplicación convencional (conducción y distribución de canales a cielo abierto revestidos; con poca eficiencia), tubería de pvc o algún otro tipo.

Las eficiencias de conducción, distribución y aplicación se obtienen directamente de los productores o de los distribuidores de los materiales y equipos (técnicos) o de pruebas directas al suelo.

La demanda anual será aquella que convenga más en cuanto a eficiencia, costo y que además proporcione laminas brutas menores, en comparación a otras eficiencias más bajas (fig. 3.6.2).

Existen varios métodos para obtener el *volumen de azolves*, algunos de los cuales son:

- La Fórmula Universal de Pérdidas de Suelo (FUPS), por Walter H.W y Dwigth D. Smith en 1958.
- De otros datos fidedignos de casos similares.
- De programas de software aplicado a hidrología.

Lo importante es sacar una conclusión fiable que depende de la experiencia del ingeniero.

Tránsito de avenidas

El tránsito de avenidas en un vaso es una técnica que nos permite conocer el hidrograma de salida de una presa dadas las características de la obra de excedencias a partir del hidrograma de entradas. Normalmente esta técnica se emplea para:

- Conocer la evolución de los niveles a partir de uno inicial para confirmar si la regla de operación seleccionada es adecuada, de manera que al presentarse la avenida no exista el riesgo.
- Dimensionar la obra de excedencias durante la etapa de estudios y proyecto.
- Fijar la altura de la cortina, y dimensionar las obras de desvío y altura de las ataguías.

De manera general, es una técnica que permite conocer el cambio de forma y el desplazamiento en el tiempo del hidrograma de entradas al vaso de una presa.

De los resultados del estudio hidrológico se obtendrá el volumen útil del embalse y los datos mínimos de las fuentes aportadoras, para determinar el área de recarga y el gasto que puede pasar en la zona determinada en función del área de escurrimiento.

Se considerarán los valores de temperatura media para determinar constantes aplicables a modelos matemáticos.

Los resultados de los gastos de diseño deben ser aceptables para llevar a cabo un buen diseño, ya que del gasto depende la seguridad de la obra, así como su costo, ya que si el gasto de diseño se adopta con un valor pequeño la obra estará en gran riesgo, y por el contrario si el gasto se elige con un valor alto el costo de la obra se incrementará y además dicha obra será inservible.

El método para la obtención del gasto de diseño utilizando las isoyetas es el más usado en el país debido a su gran sencillez y a que los resultados son bastante aceptables para el diseño de las obras hidráulicas, sin el temor de diseñar con gastos fuera de la realidad que puedan ocasionar tragedias. Se observa que el utilizar varios métodos es bueno ya que cada método respaldará a otro en cuanto a los resultados obtenidos.

Este análisis nos ayuda a prevenir las inundaciones aguas abajo de la estación de control (vertedor). Por medio de la simulación analítica del vaso obtenemos:

- Las fluctuaciones en el nivel del agua del vaso por efecto de las aportaciones, extracciones, evaporaciones y derrames que se realizan por la obra de excedencias.
- Las deficiencias del vaso cuando este no puede satisfacer las demandas.

Para esto se requiere conocer lo siguiente:

- Curva elevaciones - capacidades del vaso.
- Curva elevaciones - capacidad del vertedor.
- Hidrograma de escurrimientos que entran al vaso y que salen (por lo regular se calcula a través del método del hidrograma unitario triangular dadas las características de la cuenca).

Aunque existen varios métodos para calcular el tránsito de avenidas todos se rigen por los siguientes puntos:

- ❖ Los gastos que entran son iguales a los que salen más los que se almacenan en un determinado intervalo de tiempo establecido.
- ❖ Al conocer la elevación inicial del nivel del agua en el momento en el que empieza a llegar la avenida correspondiente al hidrograma de entrada, se conocen gastos y volúmenes de entrada al vaso.

- ❖ Se supone la siguiente elevación del agua, por lo que se determinaran gastos y volúmenes de salida del vaso, al establecer la igualdad con el punto dos, estaremos encontrando dicha elevación. Este proceso es iterativo, por lo que se utiliza un programa de cómputo.
- ❖ Al establecer los respectivos gastos de salida de acuerdo a su intervalo de tiempo en que se presentan, se dibuja el correspondiente hidrográma de salida, el cual rige el diseño de la obra de excedencias, las políticas de operación, además de fijar el Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias (NAME).

El vaso funciona de la siguiente manera:

Con la diferencia entre escurrimiento y demanda se obtiene un *cambio en el almacenamiento*, el que se modifica por el factor lluvia menos evaporación obtenido en función del área promedio correspondiente al almacenamiento promedio y con lo que se obtiene el almacenamiento final, se observa mes a mes y año tras año y al final del periodo la cantidad de agua que falta para satisfacer la demanda establecida o bien la cantidad de agua que se derrama. Por medio del cálculo y comparación de los porcentajes de déficit de derrames y evaporación se comparan con los límites fijados (permisibles) si el vaso funciona correctamente.

Si alguna de las condiciones impuestas no se cumplen quiere decir que las extracciones escogidas deben ser disminuidas o aumentadas y observar el comportamiento del vaso. Este proceso se repite las veces que sea necesario hasta llegar a la extracción máxima que cumpla con las restricciones de deficiencias permisibles, cubriendo las necesidades de riego y siendo óptima.

Se analizarán los principales parámetros para simular el funcionamiento del aprovechamiento en estudio, tales como el escurrimiento hasta el sitio del proyecto y demandas solicitadas para el riego a las comunidades aledañas, pérdidas de evaporación características topográficas, etc., así como la determinación de la *avenida máxima probable* para periodos de retorno de 50, 100, 500, 1000 y 10000 años para la presa de almacenamiento.

El análisis de la simulación del funcionamiento del vaso para la presa de almacenamiento, se realiza con información mensual.

En el caso de existir varias fuentes de abastecimiento la simulación deberá realizarse de tal forma que se contemple el funcionamiento completamente con todos sus factores (superficial y/o subterránea) y se indicará la política de operación más recomendable, mediante métodos estadísticos se determinará la manera de satisfacer las demandas propuestas.

Una vez definidas las principales características del aprovechamiento para su funcionamiento normal, se realiza el análisis de los *eventos máximos extraordinarios*, utilizando métodos probabilísticos e hidrológicos. Para conocer el impacto de los eventos extraordinarios se realiza la simulación del tránsito de estos por el vaso considerando *vertedor libre*. La elección de la longitud y tipo del vertedor dependerá del grado de regulación deseado y de las restricciones físicas, sociales y económicas que se presenten. A manera de resumen, se presentarán en forma tabular las principales características del aprovechamiento, beneficios esperados, conclusiones y recomendaciones.

Todos los *procedimientos, estimaciones, criterios, etc.*, deberán apegarse a las normas y especificaciones que para el efecto ha emitido la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (que apartir de 1989 es llamada CNA) y se tomará como base el índice siguiente:

- Introducción
 - Antecedentes
 - Propósito y objetivo del estudio
- Situación actual
 - Localización política y geográfica
 - Características de la infraestructura existente
- Condiciones naturales de la cuenca
 - Hidrografía
 - Fisiografía

- Orografía
 - Geología
- Información disponible
- Climatología
 - Hidrométrica
 - Agrícola
 - Topográfica
 - General
- Estudios hidrometeorológicos
- Climatología de la cuenca en estudio
 - Climatología en la zona de proyecto
 - Cálculo y ampliación de datos
 - Datos climatológicos
 - Datos hidrométricos
 - Cálculo de la evaporación neta
 - Análisis de capacidad de azolves.
 - Registros de sólidos en suspensión
 - Transportación de información de sólidos
 - Estimación para diferentes criterios y metodologías
- Régimen de escurrimientos
- Escurrimientos aforados
 - Escurrimientos inferidos a partir de lluvias de las características fisiográficas de la cuenca
 - Escurrimientos mensuales
- Régimen de las demandas
- Para riego
 - Programa de cultivos
 - Usos consuntivos
 - Lluvia efectiva
 - Lámina neta
 - Eficiencia de riego
 - Volúmenes brutos
 - Superficie beneficiada (ver cuadros 3.6.2 a 3.6.4)
- Simulación del funcionamiento analítico del modelo
- Funcionamiento por aprovechamiento directo
 - Funcionamiento de vaso
 - Características del vaso
 - Capacidad inicial de simulación
 - Política deficitaria
 - Interpretación de resultados
 - Selección de la alternativa más conveniente
 - Gasto normal de obras de toma
- Estudio de avenidas
- Avenidas máximas observadas
 - Cálculo de la avenida máxima probable
 - Métodos estadísticos
 - Métodos hidrológicos
 - Métodos empíricos
 - Forma de la avenida
- Tránsito de la avenida
- Por vertedor de cresta libre

- Por el cauce
 - Control de avenidas
 - Selección de la alternativa más adecuada e interpretación de resultados
 - Estimación del bordo libre
- Conclusiones y recomendaciones
 - De las demandas
 - De la simulación del funcionamiento
 - Del tránsito de la avenida máxima probable
 - Datos de diseño

De acuerdo a la regionalización con que cuenta la C.N.A. se ubicará la cuenca y determinará a que *región hidrológica* pertenece. Con base a la *cartografía* existente se indicará en un plano la hidrografía existente, estaciones hidrométricas, climatológicas, obras de infraestructura hidráulicas, vías de comunicación, etc. Se indicarán los principales parámetros estadísticos disponibles de la información, tal como la precipitación media de la cuenca, escurrimientos medios, máximos y mínimos, avenidas máximas observadas, volumen generado, etc. Pero en especial se indicará el tipo de drenaje natural con que cuenta la cuenca en estudio.

Los estudios de hidrología son necesarios para determinar los volúmenes de agua que hay que desviar durante la construcción, la frecuencia con que habrá que utilizar los vertedores de demasías, en combinación con desfuegos para determinar las descargas máximas en presas derivadoras. Los estudios hidrológicos son complejos; sin embargo pueden utilizarse procedimientos simplificados para pequeñas presas, o para proyectos en ríos pequeños o arroyos, si se hacen algunas estimaciones para asegurar su seguridad estructural.

Para fijar la **avenida de diseño** se recomienda, aplicar por lo menos dos procedimientos a fin de comparar los resultados y además juzgar otros factores con los cuales se pueda normar el criterio para adoptar en definitiva la avenida de proyecto. Los métodos más usados son: el *método de las curvas envolventes*; y el *método de la sección y pendiente*. No obstante cuando se puedan aplicar otros métodos, es recomendable utilizarlos, a fin de decidir con mayor base la avenida de proyecto.

La dirección de hidrología de la Secretaría de Recursos Hidráulicos (S.R.H) ha construido las curvas envolventes de gastos máximos en algunas zonas de la República Mexicana, basándose en la fórmula general que expresa el gasto en una cuenca y en experiencias de los investigadores William P. Creager y Robert C. Lowry.

Estas curvas en cualquier punto estarán indicando el gasto máximo instantáneo que se puede tener de acuerdo con el área de la cuenca. La envolvente local es una curva paralela a la envolvente regional trazada por el punto que corresponde a esa estación cercana al aprovechamiento.

OBRA DE DESVÍO: El método para desviar el escurrimiento de un río durante la construcción de la cortina depende del tipo de la misma, del tipo de la obra de excedencias, el tipo de la toma, del flujo probable y del espacio disponible en la zona de construcción.

Cuando se trata de cortinas de concreto, de gravedad y de arco, ya sean vertedoras o no vertedoras, haya suficiente espacio para el equipo de construcción, con frecuencia es conveniente hacer colados de bloques y dejar pasar el flujo entre ellos, sin que tenga gran influencia el gasto máximo que brinque sobre la estructura.

El gasto de desvío puede corresponder a variaciones muy amplias en el período de retorno, variando entre 10 y 100 años, siendo posiblemente un intervalo de 25 años el comúnmente usado.

Para presas pequeñas que pueden ser construidas en una sola estación, solamente se considerarán las avenidas que puedan presentarse en un período de cinco años.

Cada corriente natural tiene sus propias características que definen los criterios que deben emplearse para analizar las dimensiones y el número de conductos que deben emplearse para manejar las aguas de la corriente durante el tiempo necesario que dure la construcción.

La probabilidad de que el gasto de diseño sea igualado o superado, cuando menos una vez durante los primeros cinco años, tiempo durante el cual normalmente dura en servicio una obra de desvío, es de 10%, esta probabilidad en hidrología se llama "riesgo".

El riesgo para obras de desvío varía desde 29% en obras pequeñas o de poca importancia, hasta 9.6% para obras hidráulicas de gran magnitud, aun en casos excepcionales es del 5%.

El problema de soporte de la excavación puede presentar en algún momento peligro. La sección de portal es la que permite un apuntalamiento fácil de la bóveda, mas espacio para los equipos de construcción, una hidráulica satisfactoria y al mismo tiempo no presenta problemas especiales en el cierre.

Para proteger el sitio de las obras, una manera es construir una atagüa de altura suficiente que impida el paso del agua a la zona de operaciones; para determinar su altura, se calcula el gasto de diseño basándose en datos hidrológicos de la zona y considerar además lo siguiente:

- Utilizar el gasto de proyecto el que resulte para un periodo de retorno de 20 a 25 años.
- Si existe o existen presas reguladoras aguas arriba, considerar que los gastos de las cuencas serán los mismos para nuestro diseño.

Contar con los registros de gastos medios mensuales de los ríos portadores durante un gran periodo de años (30 a 40), es indispensable.

Con estos datos se puede conocer el comportamiento del río y poder hacer una planeación adecuada de las etapas de construcción.

El tamaño de la estructura influye en la selección del tipo de desvío, pues para una presa pequeña, en la que el tiempo de construcción sea menor que el periodo de secas, el desvío será distinto que para una estructura relativamente grande en la que el tiempo de construcción sea mayor a uno o varios periodos consecutivos, comprendiendo secas y lluvias. En este último caso habrá que desviar el escurrimiento total, tanto de secas como de lluvias, de varios periodos; o escoger un periodo abundante que se considere típico, valuando los gastos máximos probables.

CAPACIDAD DE LA OBRA DE TOMA aprovechando corrientes Intermitentes

En ocasiones se tiene la necesidad de construir una obra de derivación con el objeto de aprovechar el agua de las avenidas, que son de poca magnitud a eventuales. Únicamente sirven para proporcionar riegos de auxilio mediante el entarquinamiento o inundación de las áreas de cultivo. Generalmente se ubican en las zonas de las torrenteras o de las corrientes intermitentes.

Este tipo de aprovechamiento no es recomendable, dada la poca seguridad y la eficiencia que ofrece en el riego y solo es aceptable en casos muy especiales. Es preferible buscar la posibilidad de un pequeño almacenamiento u otra derivación, aun en sitios lejanos a la zona de riego.

Deberá pensarse en que la capacidad de la obra de toma dependerá principalmente de los siguientes factores:

- Magnitud y duración de las avenidas.
- Superficie que se pretende regar.
- Clase de cultivos.
- Lámina de riego que se desea proporcionar.
- Magnitud del canal de conducción.
- Pérdidas de agua en la conducción.

Los casos que suelen presentarse son dos:

En uno, se conoce la superficie de riego y el problema es determinar el gasto que es necesario derivar, de acuerdo con el hidrográma más o menos abundante.

En el segundo caso, se conoce el hidrográma y de acuerdo con él; la cuestión es determinar que superficie se puede regar.

En ambos casos, un estudio de costos en el que se considere la magnitud de la derivadora, canal de conducción y la superficie regada, será un indicador para definir las características de la derivación (ver cuadros 3.6.2.a 3.6.4).

USOS CONSUNTIVOS
SERIE: VERTISOL

MES	TEMP. °C	P	F	P efectiva	CULTIVO MAIZ (P-V)						CULTIVO FRIJOL (P-V)									
					Kc.	U.C.	U.C. ajustado	U.C. requerido	lámina de riego	lámina bruta	Kc.	U.C.	U.C. ajustado	U.C. requerido	lámina de riego	lámina bruta				
ENERO	16.18	7.83	12.20	0.00																
FEBRERO	17.05	7.30	11.67	0.00																
MARZO	19.02	8.42	14.22	0.00																
ABRIL	20.86	8.50	15.07	0.52																
MAYO	21.09	9.09	16.22	3.99	0.30	4.66	5.87	1.66	12.00	20.00										
JUNIO	19.68	8.92	15.34	9.29	0.63	9.66	11.65	2.36	0.00	0.00	0.40	6.13	6.55	0.00	12.00	20.00				
JULIO	18.92	8.16	13.74	6.52	0.87	11.95	14.42	7.90	9.00	15.00	0.83	11.41	12.18	5.66	0.00	0.00	0.00			
AGOSTO	19.00	8.90	15.02	4.58	0.96	14.42	17.40	12.82	9.00	15.00	0.91	13.67	14.59	10.01	10.00	17.00				
SEPTIEMBRE	18.65	8.27	13.83	8.13	0.82	11.34	13.68	5.55	9.00	15.00	0.49	6.78	7.23	0.00	0.00	0.00				
OCTUBRE	17.93	8.21	13.46	1.09																
NOVIEMBRE	17.19	7.66	12.29	0.00																
DICIEMBRE	16.67	7.74	12.24	0.00																
EFICIENCIA DE RIEGO = 60%					SUMA						EFICIENCIA DE RIEGO = 60%						SUMA		22.00	37.00
MES	TEMP. °C	P	F	P efectiva	CULTIVO JITOMATE (P-V)						CULTIVO JITOMATE (O-I)									
					Kc.	U.C.	U.C. ajustado	U.C. requerido	lámina de riego	lámina bruta	Kc.	U.C.	U.C. ajustado	U.C. requerido	lámina de riego	lámina bruta				
ENERO	16.18	7.83	12.20	0.00																
FEBRERO	17.05	7.30	11.67	0.00	0.32	3.73	4.36	4.38	12.00	20.00										
MARZO	19.02	8.42	14.22	0.00	0.66	9.39	11.02	11.02	10.00	17.00										
ABRIL	20.86	8.50	15.07	0.52	0.92	13.67	10.26	15.79	9.00	15.00										
MAYO	21.09	9.09	16.22	3.99	0.93	18.06	17.71	13.72	9.00	15.00										
JUNIO	19.68	8.92	15.34	9.29	0.68	10.43	12.24	2.95	0.00	0.00										
JULIO	18.92	8.16	13.74	6.52																
AGOSTO	19	8.90	15.02	4.58							0.32	4.81	4.88	0.30	12.00	20.00				
SEPTIEMBRE	18.65	8.27	13.83	8.13							0.66	9.13	9.27	1.14	0.00	0.00				
OCTUBRE	17.93	8.21	13.46	1.09							0.92	12.38	12.57	11.48	10.00	17.00				
NOVIEMBRE	17.19	7.66	12.29	0.00							0.93	11.43	11.61	11.61	9.00	15.00				
DICIEMBRE	16.67	7.74	12.24	0.00							0.66	8.32	8.45	8.45	9.00	15.00				
EFICIENCIA DE RIEGO = 60%					SUMA						EFICIENCIA DE RIEGO = 60%						SUMA		40.00	67.00

DONDE:

P= Precipitación mensual (mm).

F= Factor de Uso Consuntivo (U.C), sólo para aquellas zonas que cuenten con registro de temperaturas mensuales.

Kc= Coeficiente de conducción

U.C= Uso consuntivo mensual (o evotranspiración)(mm).

Fuente bibliográfica: Morales Jiménez Elizabeth; planeación analítica.....Huejotapán, Pue. 1995.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

48A

48B

PLAN DE CULTIVOS

CUADRO No. 3.6.3

CULTIVO	1 ER. CICLO 2 DO. CICLO		MESES DEL AÑO											
	%	%	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MAÍZ	15													
FRIJOL	10													
JITOMATE	20													
CALABACITA	10													
TOMATE	40													
PEPINO	5													
TOMATE		20												
JITOMATE		15												
CALABACITA		5												
TOTAL %	100	40	5	40	40	40	40	55	60	80	95	80	55	20

Fuente bibliográfica: Morales Jimenez Elizabeth; planeación analítica.....Huejotapán, Pue. 1995.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VOLUMENES DE AGUA POR HECTÁREA EN MILES DE M³

CULTIVO	% ÁREA CULTIVADA		LAMINAS DE RIEGO EN CENTIMETROS											VOL. TOTAL POR HA.	
	P-V	O-I	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV		DIC
MAÍZ	15						20	0	15	15	15				6.5
FRIJOL	10							20	0	17	0				3.7
JITOMATE	20			20	17	15	15	0							6.7
CALABACITA	10							20	0	17					3.7
TOMATE	40								20	0	17	15			5.2
PEPINO	5							23	0	0					2.3
TOMATE		20		20	17	30	0								6.7
JITOMATE		15								20	0	17	15	15	6.7
CALABACITA		5	25									20	17	17	6.2
SUMA	100	40													47.7

VOLUMENES DE AGUA EN MILES DE M³ PARA UNA SUPERFICIE DE 100 HA

CULTIVO	%	CICLO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VOL. TOTAL
MAÍZ	15	P-V					30	0	23	22.5	22.5				98
FRIJOL	10	P-V						20	0	17	0				37
JITOMATE	20	P-V		40	34	30	30	0							134
CALABACITA	10	P-V						20	0	17					37
TOMATE	40	P-V							80	0	68	60			208
PEPINO	5	P-V						11.5	0	0					11.5
TOMATE	20	O-I		40	34	60	0								134
JITOMATE	15	O-I								30	0	25.5	22.5	23	101
CALABACITA	5	O-I	12.5										10	8.5	31
SUMA	140														791.5

DEMANDA ANUAL POR HECTÁREA = 7,905 m³ PARA UNA EFICIENCIA DE RIEGO DEL 60%

48c

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

En ocasiones otra forma de estimar la duración de la avenida es asignarle a criterio una velocidad a la corriente, considerando la pendiente del río y sus condiciones y, con la longitud de recorrido calcular el tiempo buscado, haciendo algún ajuste con criterio basado en la práctica.

También se presenta cuando disponiéndose de una corriente abundante, se tenga la inquietud de aprovecharla, conduciendo la derivación hasta un sitio fuera del cauce del río, que es favorable para una presa de almacenamiento y efectuar la extracción controlada.

El caudal de derivación para un proyecto de estas características puede resultar de magnitud considerable, influyendo claro esta, la capacidad del almacenamiento y del régimen de la corriente aprovechada, sobre todo si se trata de la captación de gastos intermitentes, como las avenidas. En este caso será cuestión de tomar muy en cuenta la magnitud, la duración y frecuencia de las mismas, y hacer un cálculo similar del volumen de agua aportado por las avenidas, como el caso de los riegos, aprovechando las aguas broncas para fijar el gasto de la bocatoma (fig. 3.6.5).

Calculo hidráulico de la toma: este cálculo comprende los siguientes puntos:

- a) Dimensiones del orificio y conducto.
- b) Determinación del gasto máximo que puede pasar por la compuerta.
- c) Determinación de la capacidad del mecanismo elevador.
- d) Diseño de la transición que une la salida de la toma con el canal de riego.

El gasto de diseño de la obra de toma es el máximo requerido en el mes de máxima demanda para satisfacer las necesidades en la zona de riego.

El gasto final comúnmente es adoptado por la Comisión Nacional del Agua en acuerdo con las organizaciones institucionales.

Capacidad de derivación, aguas debajo de una presa de almacenamiento

Con frecuencia el agua extraída de una presa de almacenamiento es conducida por el cause del río hasta un sitio cercano a la zona de riego y de ahí a los canales mediante una presa de derivación (fig. 3.6.6).

Este caso se presenta una vez que se halla estudiado, el costo de la construcción de un canal muerto y el de la presa de derivación y se concluye que esta última sea más conveniente por cuestiones económicas.

La capacidad de la toma para estas derivadoras, está normada por la obra de toma del almacenamiento de aguas arriba, o más bien por las demandas de la zona de riego.

AZOLVES, ACARREOS, PODER DESTRUCTIVO DE LA CORRIENTE

Aún cuando desde la elección del sitio para la derivadora, se procura siempre evitar la acumulación de azolves y acarreos de gran tamaño, así como la erosión debida a la velocidad de las crecientes; dentro del estudio hidrológico se incluyen estos conceptos, con el objeto de no perderlos de vista en el diseño de la obra derivadora, puesto que su evaluación se relaciona con los escurrimientos de la corriente.

La determinación de la cantidad de acarreos, tamaño y calidad de los mismos, no es tan rigurosa en estas obras 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 las estructuras de limpia o desarenadoras.

Por ejemplo en un canal desarenador, debido al tamaño de los acarreos, se puede anteponer al acceso de la toma, un vertedor para impedir el paso de esos materiales, evitando así la obstrucción de la bocatoma y consiguiendo además, la facilidad de remover dichos acarreos.

Las visitas al sitio de la derivación hará pensar en el poder destructivo de la corriente y tomar en cuenta lo observado, para dimensionar los muros de encauzamiento, dentellones, **atraque** en la ladera y desde luego la misma cortina.

ESTRUCTURAS DE LIMPIA: el daño de los azolves en las estructuras, se prevé tomando medidas ya sea para quitar la acumulación de material de tiempo en tiempo o evitar que durante un periodo razonable no llegue a sentirse el daño, por ejemplo, en las presas de almacenamiento, el umbral de la toma se localiza arriba del nivel

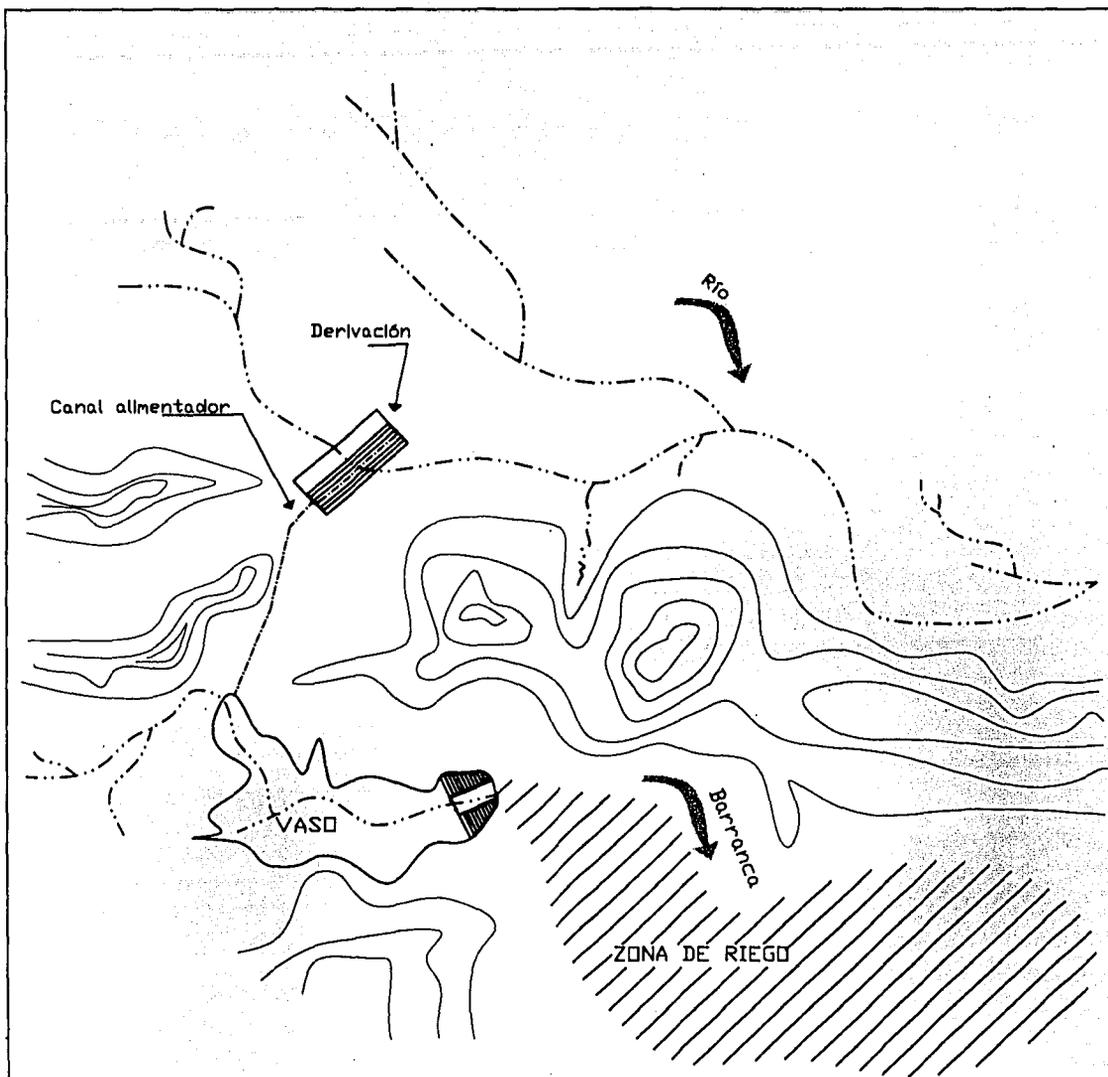


Fig. 3.6.5 Almacenamiento alimentado con otra cuenca.
 Fuente bibliográfica: Presas de derivación SAHR, 1981.

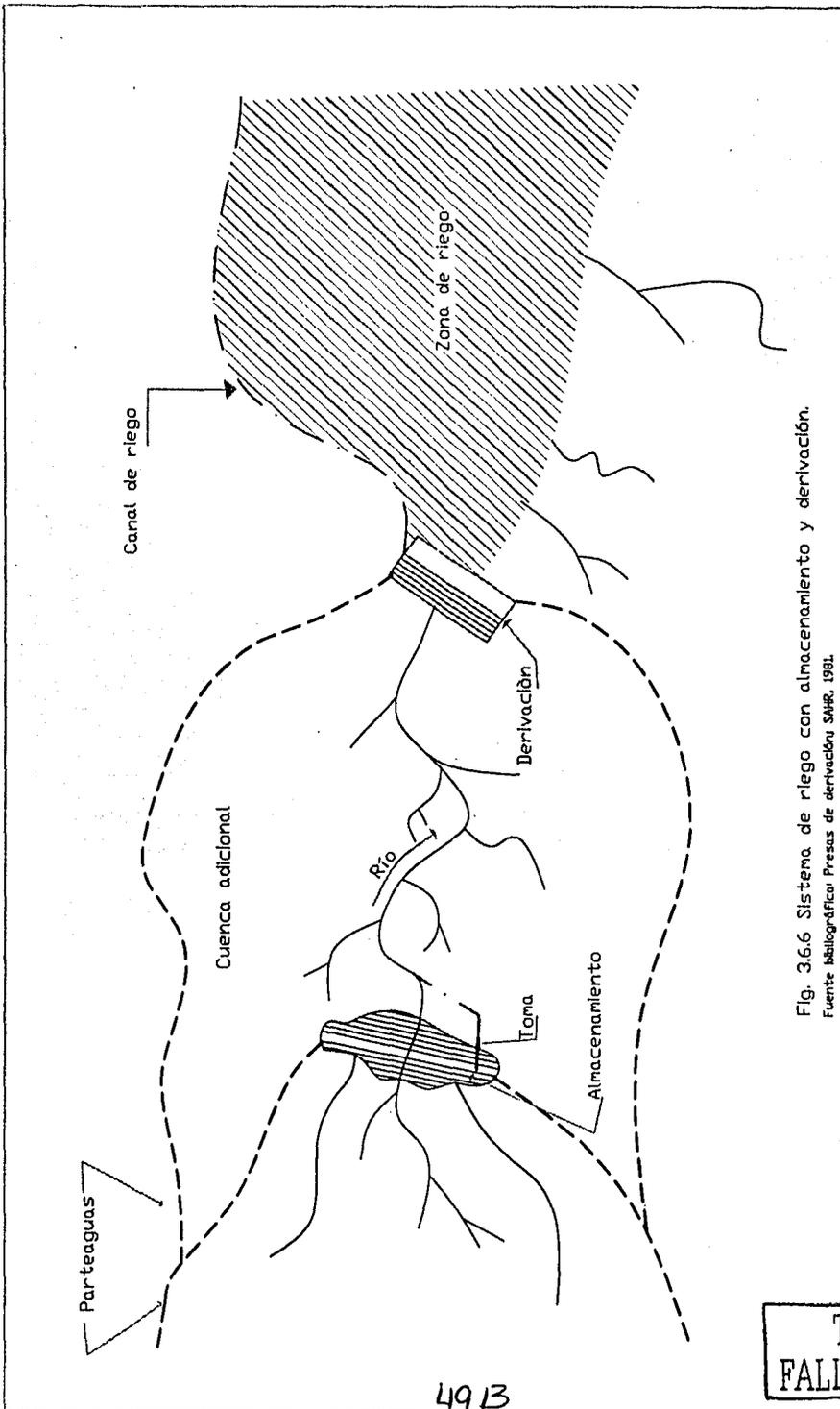
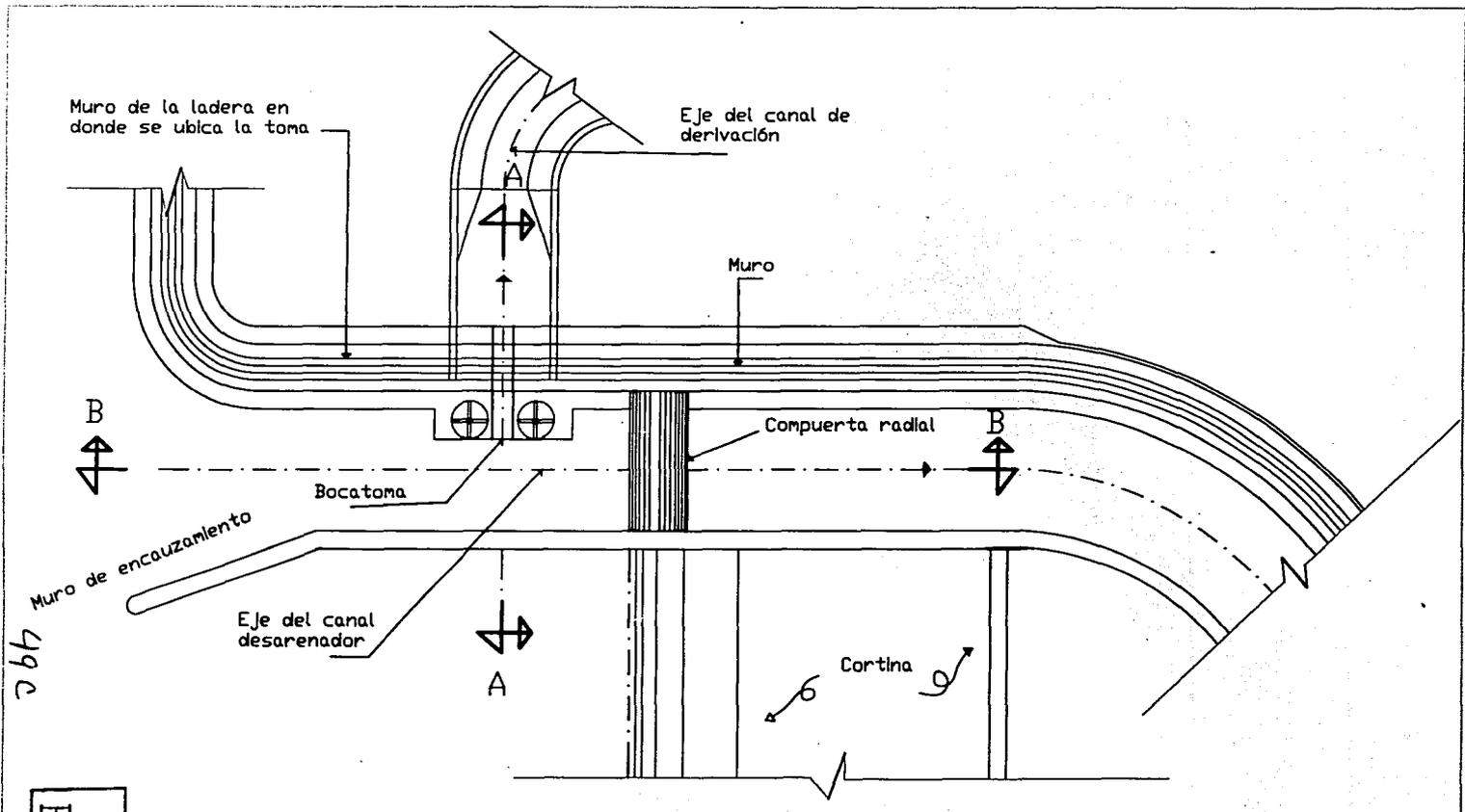


Fig. 3.6.6 Sistema de riego con almacenamiento y derivación.
Fuente Bibliográfico Presas de derivación S.A.H.R. 1981.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



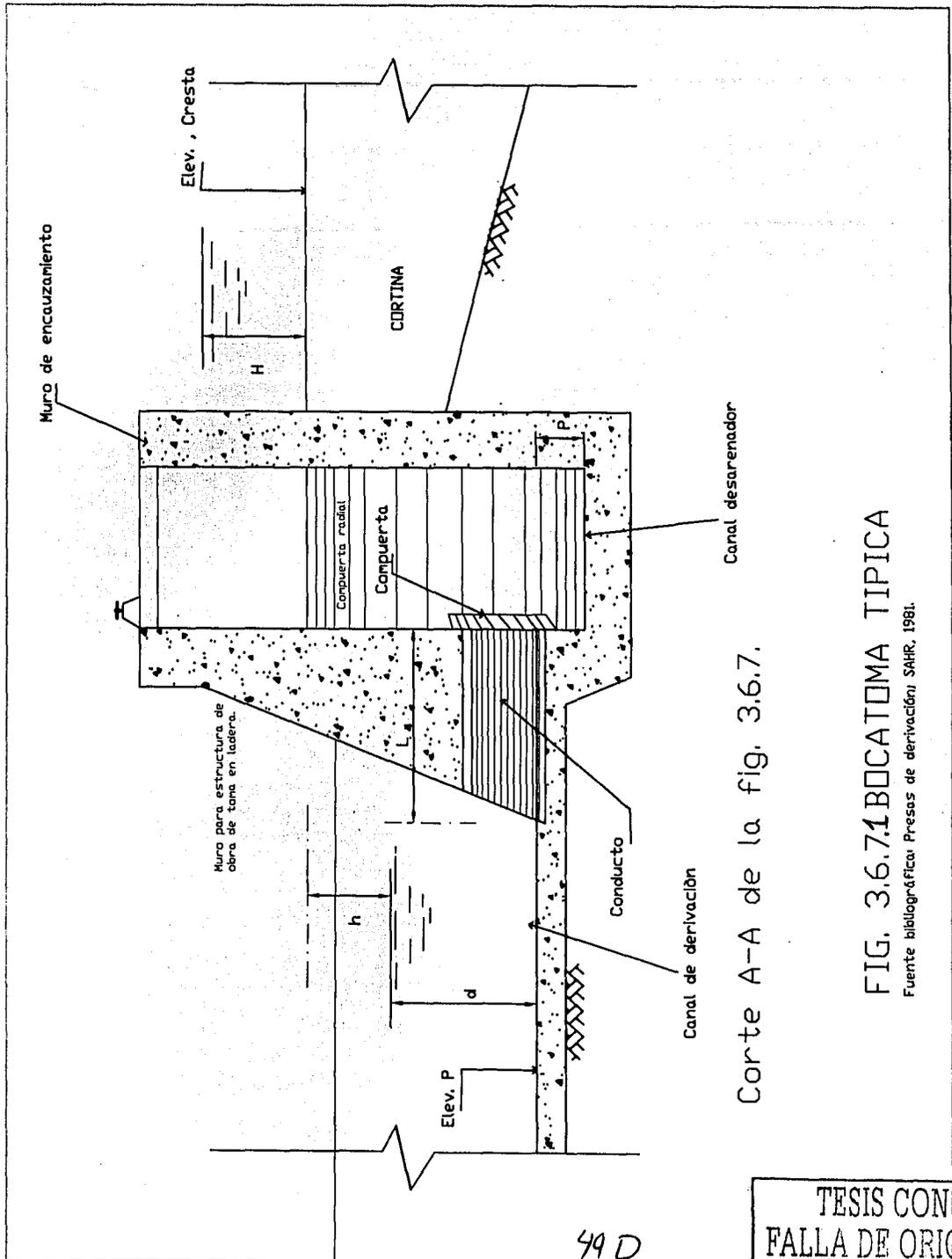
49c

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLANTA

Fig. 3.6.7 Elementos principales en presas derivadoras.

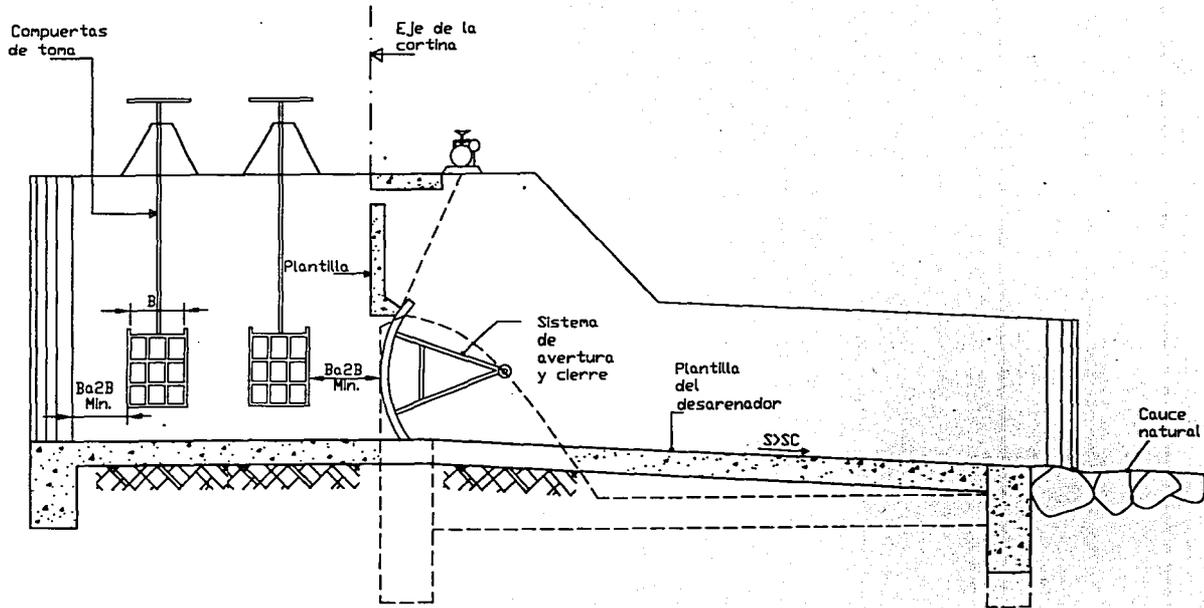
Fuente bibliográfica: Presas de derivación; SAHR, 1981.



Corte A-A de la fig. 3.6.7.

FIG. 3.6.7.1 BOCATOMA TIPICA

Fuente bibliográfica: Presas de derivación SAHR, 1981.



CORTE B-B DE LA FIG. 3.6.7.

FIG. 3.6.8 PERFIL LONGITUDINAL DE UN CANAL DESARENADOR

Fuente bibliográfica: Presas de derivación SAHR, 1981.

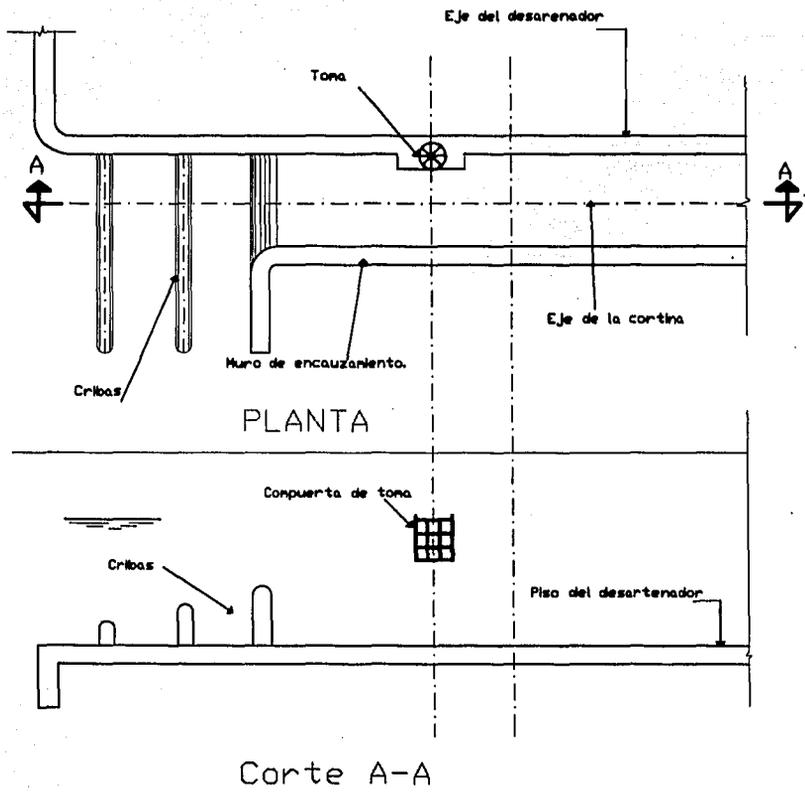


Fig. 3.6.9 Sistemas de crivas en la bocatomá
Fuente bibliográfica: Presas de derivación; SAHR, 1981.

que marca el límite del espacio, que se deja para los azolves durante cierto periodo, de esta manera se evita el taponamiento, u obstrucción de la toma.

En las presas de derivación, se construyen estructuras con el objeto de prever una limpieza periódica a la bocatoma. La estructura consiste fundamentalmente y en general, en un canal que se localiza frente a la toma; así este canal, llamado desarenador, queda formado por dos paredes verticales y paralelas, una que separa el cauce del río y el desarenador, y la otra al desarenador y la ladera en donde se localiza el canal de riego (figuras 3.6.7, 3.6.7.1 y 3.6.8).

El canal desarenador debe quedar de preferencia paralelo al eje del río y la toma se hará por uno de sus lados, en sentido perpendicular al escurrimiento que se tenga en el desarenador, tratando de evitar la entrada de azolves al canal.

En ocasiones, cuando los problemas de azolves son más serios y las características topográficas del cauce son propicias, se construyen desarenadores muy amplios para que el río desarene parcial o totalmente en toda la anchura de su cauce, mediante la abertura del sistema de control del paso del agua (fig. 3.6.8).

En otros casos además del desarenador se le provee a al bocatoma un sistema de cribas para impedir el paso de acarrees a la misma y propiciar su decantación ante la toma. Con esto se logra facilitar el desalojo de acarrees de tiempo en tiempo (fig. 3.6.9).

También se puede proyectar una estructura de limpia, a cuya toma se le antepone un vertedor, para evitar el paso de acarrees de tamaño grande y facilitar la limpieza periódica.

REMANSO: Es una sobre elevación en el nivel del agua generada por un obstáculo en el cauce del río y se prolonga disminuyendo hacia aguas arriba, hasta una distancia en la cual cesa el efecto del obstáculo interpuesto.

En el caso de una derivadora, muchas veces es necesario determinar la curva del remanso con el fin de prever la inundación de los terrenos ribereños. Es necesario esto sobre todo cuando las derivadoras se localizan en ríos de cauce mas o menos ancho y que no estén encajonados. Es frecuente observar este tipo de cauces, cerca de las costas o en las zonas de meandros.

En ocasiones el agua represada por la derivadora inunda terrenos agrícolas cuya área se necesita conocer, para efectos de indemnización, etc.

La curva de remanso ayuda a fijar la altura de los muros de encauzamiento y rectificaciones en los ríos si el caso lo amerita.

Uno de los procedimientos que se utiliza para calcular la curva de remanso es mediante la aplicación sucesiva del teorema de Bernoulli, a partir de la sección de control del dique vertedor hacia aguas arriba. Se verifica que el escurrimiento del río sea con régimen subcrítico, es decir que su pendiente sea menor que la crítica.

De manera general, la **obra de toma** se diseña para proporcionar como mínimo el gasto requerido en el mes de máxima demanda, de acuerdo con los cultivos, áreas y calendarios de riego.

Si:

Qt; Gasto en la obra de toma, en m³/seg.

Db; Demanda bruta de riego, en m.

Nh; Duración diaria de los riegos, medida en segundos.

Nd; Días de riego considerados en el mes.

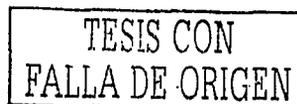
Por lo tanto: $Qt = Db/Nh \times Nd$; en m³/seg.

Cuando las láminas de riego no se afectaron de los coeficientes de conducción y aplicación, es decir se emplearon láminas netas:

$$Qt = Dn/Nh.Nd.Kc.Ka; \text{ en m}^3/\text{seg.}$$

Dn; Será la demanda neta de riego; Kc y Ka, el coeficiente de conducción y aplicación respectivamente, los cuales dependen de la pérdida de agua por ese concepto.

Para anteproyectos Kc = 0.80 y Ka = 0.75.



Luego:

$$Q_t = 1.66 D_n / N_h \cdot N_d$$

Coefficiente de riego: en estudios previos o anteproyectos, para determinar el gasto de derivación, se emplea el "Coeficiente de Riego". Este coeficiente es el número de litros por segundo que se le suministra o asigna a la superficie de una hectárea de cultivo, para satisfacer el riego en el periodo agrícola considerado.

$$C_r = Q_t / S_r$$

C_r = Coeficiente de riego para un mismo tipo de cultivo.
 Q_t = Gasto total requerido para la superficie a regar (l/s).
 S_r = Superficie a regar (has).

Si tenemos que regar una superficie de 350 has y para esto necesitamos un gasto de 430 l/s, su C_r será:
 $C_r = 430/350 = 1.22$ l/sXha.

Cuando se conoce el coeficiente de riego en una zona que guarda características semejantes con la que se esta estudiando, se puede obtener un valor aproximado del gasto de derivación.

El coeficiente de riego depende de factores como: tipos de 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 de riego.

Obras de excedencias

Las fórmulas son solo una guía para anteproyectos y cálculos preliminares. Las ecuaciones empíricas solo permiten estimar las descargas máximas. Sin embargo el proyectista esta más interesado en el volumen del escurrimiento asociado de descarga y la distribución del gasto en el tiempo. Con estos gastos el proyectista conoce las descargas máximas así como el total de las aportaciones de la cuenca al vaso. Estos datos constituyen la base para estimaciones seguras para las obras de irrigación y almacenamiento. Los estudios hidrológicos permiten elegir la capacidad correcta del vertedor de demasías para obtener la seguridad.

La importancia que las dimensiones del vertedor de demasías no puedan exagerarse, es que la falta de capacidad de los vertedores de demasías ha producido la falla de presas; esto adquiere la máxima importancia en presas de enrocamiento y en las de tierra. Las presas de concreto deben poder soportar rebosamientos moderados.

Los vertedores de demasías permiten expulsar el agua que no puede ser retenida en el espacio de almacenamiento del vaso. En la exploración preliminar del emplazamiento, el proyectista debe tomar en cuenta la posición y el tamaño del vertedor de demasías. Las condiciones del emplazamiento influyen considerablemente en la localización, en el tipo y en los componentes del vertedor. Los gastos de diseño que deben pasar por el vertedor sin poner en peligro la presa son igualmente importantes. Por tanto el estudio de las aportaciones de la corriente es igualmente importante como los estudios geológicos y de cimentación.

Diseño de la transición que une al conducto de la toma con el canal de riego.

Con la finalidad de disminuir las pérdidas por cambio de sección, evitar turbulencias, y en general tener un funcionamiento tranquilo y más correcto, entre el enlace de la toma y el canal de conducción, se recomienda diseñar una transición en este sitio, la cual no es mas que la disposición de las paredes de esta unión en forma tal, a fin de obtener un cambio gradual.

El caso más común que se presenta en nuestros proyectos es el de pasar de una sección rectangular (en la salida de la toma), a otra de sección trapecial que corresponde al canal de derivación. Con frecuencia las dimensiones de la plantilla también cambian.

En ocasiones, dada la magnitud del gasto, el conducto de la toma descarga directamente a la sección del canal, pues el hacer una transición motiva a introducir más a la ladera lo cual origina un aumento considerable en las excavaciones. Esto sucede con frecuencia cuando el canal se inicia más o menos normal (perpendicular) al eje de la toma; en estos casos la transición puede ubicarse un poco alejada de la salida (fig. 3.6.7y 3.6.7.1).

Por **súperalmacenamiento** se entiende el volumen retenido para regulación de avenidas expresado en millones de m³, es el volumen comprendido entre el NAMO y el NAME, es decir el Nivel de Aguas Máximas Ordinarias y el Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias respectivamente.

El *bordo libre* es la magnitud entre el NAME y la corona de la cortina, está en función de la marea provocada por el viento, oleaje, características del paramento mojado y de un coeficiente de seguridad.

El Instituto Mexicano de Tecnológica del Agua (IMTA) esta trabajando en el desarrollo de sistemas de información que evalúen la factibilidad de construir obras que permitan almacenar o transferir a otra cuenca los volúmenes extraordinarios que se presentan a lo largo del tiempo. Estos sistemas podrían ayudar a definir escurrimientos aprovechables por derivación en épocas de avenida, como en estiaje, así como la frecuencia y magnitud en que dichos excedentes se presentarán, siempre respetando los volúmenes comprometidos.

4 EL ANTEPROYECTO

Inicio este capítulo preguntando ¿si existen varias alternativas factibles para nuestro anteproyecto, cómo se decide cuál será la más conveniente?

El estudio técnico también deberá contemplar los riesgos asociados al proyecto, relacionados tanto con fenómenos naturales, como con otras contingencias de orden técnico, político o social, que pudieran presentarse durante la fase de construcción y operación del proyecto.

En algunos casos, llegado el momento final de la vida útil de un proyecto, se puede plantear la opción de rehabilitar o modernizar las instalaciones para continuar con el proceso constructivo y es aquí donde da inicio un nuevo proyecto de inversión. Es común para fines de evaluación, considerar que el valor de rescate de las instalaciones de un proyecto es equivalente al costo de los trabajos requeridos para el retiro de las mismas.

En todas las decisiones están implícitos dos elementos indispensables: los recursos disponibles y sus distintos usos -generalmente numerosos-. Nuestro empeño está enfocado en aprovechar de forma óptima los recursos disponibles, de manera que los beneficios derivados de sus diversos usos sean los máximos posibles, o que los costos asociados al aprovechamiento de esos recursos sean los mínimos posibles, y, en cualquier caso, tomando en cuenta las restricciones impuestas por los recursos y las necesidades que requieren ser satisfechas.

4.1 Análisis de alternativas

Evaluar un proyecto consiste en poder decir si parece bueno, malo o regular utilizar los recursos disponibles en un determinado sentido; es poner en blanco y negro sus ventajas y desventajas, para que aquel que toma las decisiones tenga elementos de juicio para escoger la mejor opción de una serie de alternativas formuladas.

En la figura 4.1.1 se muestra la historia de tres proyectos. El proyecto 1 reditúa la mayor ganancia pero presenta el mayor tiempo de recuperación y tiene un requerimiento de recursos financieros intermedio y más distribuido a lo largo del tiempo; el proyecto 2 presenta una ganancia intermedia, es el que requiere mayores recursos financieros pero se recupera la inversión en menor tiempo; el proyecto 3 es el que requiere menos recursos, proporciona las menores ganancias y su recuperación es intermedia. ¿Cuál es el mejor?

Cada prospecto representa ventajas y desventajas con respecto a los otros, por ejemplo, si existe una restricción financiera que solamente permite llevar a cabo el prospecto 3, entonces no hay que hacer evaluación alguna. Sin embargo, en el supuesto de no existir tal restricción la selección de alguno de ellos no es obvia.

El tipo de presa que se elige para un emplazamiento depende principalmente de las condiciones topográficas, geológicas, hidrológicas y climáticas. Cuando se puede utilizar más de un tipo, se preparan presupuestos económicos de las alternativas y la selección se basa en éstos. La seguridad y su funcionamiento son los requisitos principales, pero a menudo afectan las comparaciones económicas, el tiempo necesario para la construcción y los materiales.

Se analizarán y evaluarán las opciones técnicamente factibles, considerando diferentes alturas de sobreelevación, estableciendo las ventajas y desventajas de cada una de ellas, considerando el aprovechamiento óptimo de los recursos físicos y naturales, analizando detalladamente los resultados y recomendaciones de los estudios básicos, así como los otros parámetros, por ejemplo: las inversiones iniciales, la superficie beneficiada, número de habitantes beneficiados y los costos de operación y mantenimiento.

Para la programación agrícola, se formulan las alternativas de producción mediante la selección de cultivos factibles de adaptarse agroclimáticamente en la zona de riego; en cada alternativa del plan de cultivos se considera la superficie que de acuerdo a la situación actual del plan de riegos y condiciones del mercado, se cree factibles de realizarse.

Para la asignación de cultivos, áreas, rendimientos y aptitud de los suelos, se toman en cuenta los resultados del estudio agrológico semidetallado (ver subcapítulo 3.1 "Estudio agronómico").

Para cada una de las alternativas se cuantifica el volumen y el valor de producción, a fin de evaluarlas en cuanto a su generación económica; de esta manera, las expectativas de mercado de cada uno de los cultivos y

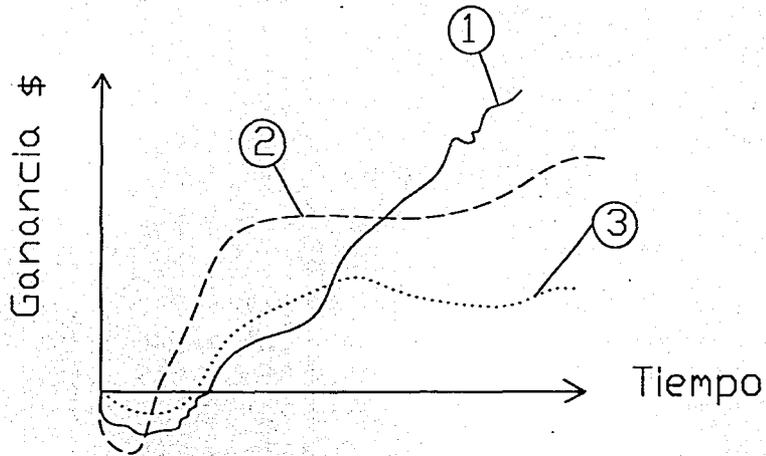


FIG. 4.1.1 HISTORIA DE TRES PROYECTOS

Fuente bibliográfica: Elementos para la evaluación de proyectos de Inversión
Bolívar Villagómez Héctor; UNAM, 2001.

la tendencia histórica de participación de cada subciclo en la ocupación de superficies, son la variable de decisión para seleccionar la alternativa más conveniente del desarrollo futuro de la zona de riego con proyecto.

A continuación se muestran dos cuadros de un estudio de factibilidad ya elaborado que nos muestra la manera para de proceder para evaluar la factibilidad de los proyectos:

CUADRO A

SUPERFICIE Ha	TASAS DE RENTABILIDAD FINANCIERA % CONDICIONES					
	GRAVEDAD	POZO	GRAVEDAD	POZO	GRAVEDAD	POZO
	A		B		C	
2.8	25.56	33.62	23.88	31.71	9.20	14.96
7	31.10	31.04	29.95	29.02	13.11	12.44
50	97.67		87.39		32.58	

FUENTE DOCUMENTAL: "Estudio de factibilidad para la rehabilitación del distrito de riego 011 alto Lerma Gto.", C.N.A.

CUADRO B

MODELOS DE FINCA Ha	ACCIONES A REALIZAR	TIPO DE RIEGO			
		GRAVEDAD		POZO	
		SIN PROYECTO	CON PROYECTO	SIN PROYECTO	CON PROYECTO
2.80	A	15.20	145.80	19.10	187.10
2.80	B	15.20	145.80	19.10	187.10
2.80	C	15.20	145.80	19.10	187.10
7	A	79.50	446.90	84.60	443.40
7	B	79.50	446.90	84.60	443.40
7	C	79.50	446.90	84.60	443.40
50	A			495.20	2,586.60
50	B			495.20	2,586.60
50	C			495.20	2,586.60

FUENTE DOCUMENTAL: "Estudio de factibilidad para la rehabilitación del distrito de riego 011 alto Lerma Gto.", C.N.A.

DONDE:

- A= Rescate de suelos y trazos de nivelación
- B= Trazos de riego y nivelación
- C= Rescate de suelos, trazos de riego y nivelación

En el estudio hidrológico se realizan diferentes tránsitos de la avenida máxima probable a través del vaso, para diferentes tipos y capacidades de la obra de excedencias. Se estudian varias alternativas de vertedores de cresta libre y varias de vertedores con compuertas.

Para el tránsito de la avenida máxima probable del vertedor con compuertas, se parte del supuesto de que al presentarse la avenida, las compuertas se van abriendo poco a poco de manera que el nivel en el vaso se mantenga constante; hasta que las compuertas queden totalmente abiertas y el vertedor trabaje como vertedor de cresta fija.

Para determinar la capacidad óptima del vertedor se transita la avenida por el vaso suponiendo este lleno hasta la capacidad útil, debido a que parte de la avenida transitada será almacenada temporalmente en el vaso entre el NAMO y el NAME (súperalmacenamiento o capacidad de retenidas Cr.)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Se transita la avenida máxima probable y se tabulan (como se muestra en la siguiente planilla) los resultados considerando dos niveles iniciales en el vaso, por ejemplo si se requiere almacenar 128, 000, 000 m³ tendremos:

- a) Nivel inicial 343.80 (capacidad del vaso 90,000,000 m³)
- b) Nivel inicial 348.00 (capacidad del vaso 128,000,000 m³)

VERTEDOR	LONGITUD EFECTIVA	ELEVACIÓN DE LA CRESTA	GASTO MÁXIMO	ELEVACIÓN MÁXIMA
35 compuertas de 4x4 20 compuertas de 4x4 14 compuertas de 4x4 13 compuertas de 6x6 10 compuertas de 6x6 8 compuertas de 6x6 7 compuertas de 8x8 5 compuertas de 8x8 4 compuertas de 8x8 5 compuertas de 10x10 4 compuertas de 10x10 3 compuertas de 10x10 cresta libre cresta libre cresta libre				

FUENTE DOCUMENTAL: "Estudio de factibilidad para la rehabilitación del distrito de riego 011 alto Lerma Gto.", C.N.A.

ESTA TABLA SE REALIZA PARA a) e b).

Finalmente se elige la mejor alternativa al realizar la comparativa en el costo, considerando el costo del vertedor + costo de la cortina + costo del dique, como se muestra en la siguiente planilla:

Alternativa	Nivel de la corona	Costo (\$) Del vertedor	Costo (\$) cortina	Costo (\$) dique	Costo total (\$)	Longitud del Del vertedor
A1						
A2						
A3						
B1						
B2						
B3						
C1						
C2						
C3						
D1						
D2						
D3						
E2						
E3						

FUENTE DOCUMENTAL: "Estudio de factibilidad para la rehabilitación del distrito de riego 011 alto Lerma Gto.", C.N.A.

La selección de la avenida de diseño tiene implicaciones técnicas, económicas y sociales, por lo que de la combinación más ventajosa podrá determinarse la avenida de diseño.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Por ejemplo, si incrementamos la magnitud de la avenida de diseño, disminuye la probabilidad de ocurrencia y por lo tanto el riesgo, pero la capacidad del vertedor aumentará y el costo del mismo.

La capacidad del vertedor podrá ser menor que el gasto máximo de la avenida que entra al vaso seleccionándose finalmente a la mejor combinación capacidad de retenidas y capacidad de la obra de excedencias, que se traduce en la selección de la mejor combinación de la capacidad del vertedor - altura de la cortina.

En el planteamiento de las obras se deberá considerar los métodos de riego más modernos en los sistemas de distribución y drenaje, control y medición de agua, tanto en las redes principales como en las secundarias.

Normalmente el eje de la presa tiende a ser recto y perpendicular a la corriente, pero debido a la topografía o geología del cauce, se puede optar por construir presas con ejes curvos o mixtos (fig. 4.1.2).

Cuando en gabinete se inicia el proyecto de una derivadora se tiene en mente el tipo de material a emplear en la cortina, finalmente lo que ayudará en la decisión definitiva, será el hecho de realizar varios anteproyectos para comparar sus costos, considerando además y fundamentalmente la seguridad estructural y el funcionamiento hidráulico en todos los casos. Para seleccionar el tipo de materiales a emplear se considera lo siguiente:

1. Materiales del lugar
2. Perfil geológico del cauce
3. Altura de la cortina
4. Carga del vertedor
5. Costos

Los materiales de la región combinados con la geografía del cauce, son decisivos para seleccionar el tipo de cortina, porque influyen en la economía de la misma.

Las presas de tierra son de tipo gravedad y se construyen con tierra o roca, tomando medidas especiales para los vertedores de demasías y el control de las filtraciones.

Las presas de gravedad, de concreto, dependen de su propio peso para su estabilidad estructural. Las presas pueden ser rectas o curvas, transmitiendo la carga del agua, a través de la presa, al material de cimentación. Generalmente, las presas de gravedad tienen un ancho en la base de 0.7 a 0.9 la altura de las mismas. La roca sólida constituye el material de cimentación más favorable.

Las presas de arco se adaptan bien para usarse en cañones angostos con forma de "V" o de "U". Las paredes del cañón deben ser de roca adecuada para soportar la carga del agua transmitida a los costados del cañón por el efecto de arco (fig. 4.1.2).

En general, la relación de la longitud (en la corona) a la altura debe ser menor de 5. Casi siempre la anchura de la base de las presas de arco modernas es de 0.1 a 0.3 de la profundidad del agua embalsada.

Las presas de contrafuertes se adaptan a todos los emplazamientos. En los vertedores de demasías se usan lozas de recubrimiento y de protección semejantes a las de los vertedores de demasías de las presas de gravedad; controlan el gasto compuertas deslizantes inclinadas o compuertas ligeras para poca carga.

Si la cimentación es resistente y no erosionable, se diseñará un cimacio vertedor de material rígido como concreto o mampostería, el que requiere en su pie una estructura disipadora de energía. Si la cimentación está constituida por materiales sueltos como el aluvión se recomienda construir un dique vertedor de materiales flexibles, tales como enrocamiento; un tipo común que se construye es la presa tipo "indio".

La presa derivadora tipo "indio" está constituida principalmente por una membrana impermeable construida de concreto simple o mampostería (muro transversal al cauce), respaldada aguas arriba por material suave compactado que sirve para aumentar la longitud del paso de filtración. Su estabilidad se consigue principalmente con enrocamiento acomodado o semiacomodado en el paramento aguas abajo; protegido con una cuadrícula de trabes paralelas y transversales, cuyo peralte es de 50 a 100 cm.

El desplante del enrocamiento se hace mediante un filtro de grava o rezaga de unos 50 cm de espesor, que descarga a una trinchera de enrocamiento localizada al final del paramento de aguas debajo de la presa, cuyo objeto es resguardarla del efecto de la socavación que pueda presentarse en el sitio.

El diseño de estas presas se realiza basándose en datos empíricos y prácticos, dado que en la mayoría de los casos no siempre es posible realizar estudios de geotecnia necesarios para un diseño estricto. Existe la posibilidad de que las presas de este tipo que se han construido tengan coeficientes de seguridad muy favorables.

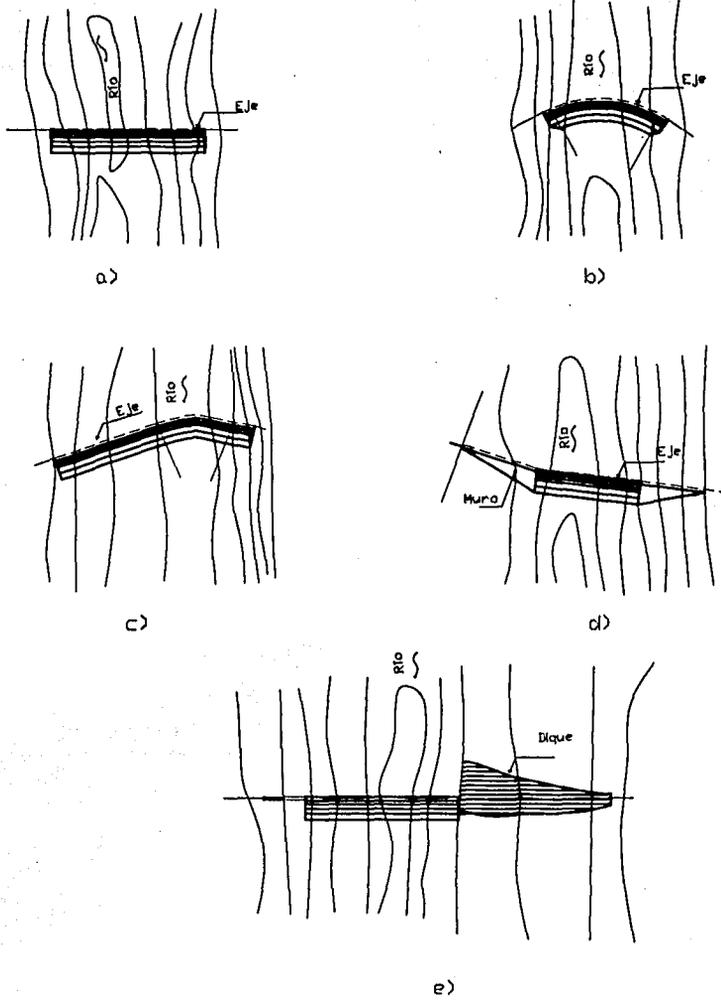


Fig. 4.1.2 Algunas disposiciones de ejes de cortinas derivadoras, en planta.
Fuente bibliográfica: Presas de derivación, SAHR, 1981.

TABLA 4.1.3 TALUDES RECOMENDADOS PARA LOS RELLENOS ESTABILIZADORES EN PRESAS CONSTRUIDAS SOBRE CIMENTACIONES SATURADAS DE LIMO Y ARCILLA

Consistencia	Número promedio de golpes por pie ¹ (30.48 cm) a una profundidad de la cimentación igual a la altura de la presa.	Grupo de suelo ²	Taludes para las diferentes alturas de la presa				
			50 pies (15.24 m)	40 pies (12.19 m)	30 pies (9.14 m)	20 pies (6.10 m)	10 pies (3.05 m)
Blanda.....	Menor de 4.....	Pruebas y análisis de materiales requeridos.					
Mediana.....	De 4 a 10.....	SM	4 1/2:1	4:1	3:1	3:1	3:1
		SC	6:1	5:1	4:1	3:1	3:1
		ML	6:1	5:1	4:1	3:1	3:1
		CL	6 1/2:1	5:1	4:1	3:1	3:1
		MH	7:1	5 1/2:1	4 1/2:1	3 1/2:1	3:1
		CH	13:1	10:1	7:1	4:1	3:1
Firme.....	De 11 a 20.....	SM	4:1	3 1/2:1	3:1	3:1	3:1
		SC	5 1/2:1	4 1/2:1	3 1/2:1	3:1	3:1
		ML	5 1/2:1	4 1/2:1	3 1/2:1	3:1	3:1
		CL	6:1	4 1/2:1	3 1/2:1	3:1	3:1
		MH	6 1/2:1	5:1	4:1	3:1	3:1
		CH	11:1	9:1	6:1	3:1	3:1
Dura.....	Más de 20	SM	3 1/2:1	3:1	3:1	3:1	3:1
		SC	5:1	4:1	3:1	3:1	3:1
		ML	5:1	4:1	3 1/2:1	3:1	3:1
		CL	5:1	4:1	3:1	3:1	3:1
		MH	5 1/2:1	4:1	3:1	3:1	3:1
		CH	10:1	8:1	3 1/2:1	3:1	3:1

¹ Pruebas estándar de penetración.

² Sistema de Clasificación Unificado de Suelos (SUCS).

Nota: Los rellenos estabilizadores no son necesarios cuando los taludes del terraplén que deben usarse conforme a las tablas 4.1.4 y 4.1.5 sean iguales o más tendidos que el talud que se da en la tabla anterior.

Fuente bibliográfica: USDBR; diseño de presas pequeñas, 1978.

TABLA 4.1.4 TALUDES RECOMENDADOS PARA PRESAS PEQUEÑAS DE TIERRA HOMOGÉNEAS SOBRE CIMENTACIONES ESTABLES

Caso	Tipo	Propósito	Sujetas a desembalces rápidos ¹	Clasificación de los suelos ²	Talud de aguas arriba	Talud de aguas abajo
A	Homogénea u homogénea modificada	Regulación o almacenamiento	No	GW, GP, SW, SP..... GC, GM, SC, SM..... CL, ML..... CH, MH.....	Permeable no adecuado 2 1/2:1 3:1 3 1/2:1	 2:1 2 1/2:1 2 1/2:1
B	Homogénea modificada	Almacenamiento	Si.....	GW, GP, SW, SP..... GC, GM, SC, SM..... CL, ML..... CH, MH.....	Permeable no adecuado 3:1 3 1/2:1 4:1	 2:1 2 1/2:1 2 1/2:1

¹ Velocidades de desembalce de 6 pulgadas (15.24 cm) por día o más después de períodos prolongados de almacenamiento a niveles elevados en el vaso.

² Los suelos OL y OH no se recomiendan para las porciones mayores de las presas de tierra homogéneas. Los suelos Pt son inadecuados; según la clasificación SUCS.

Fuente bibliográfica: USDBR; diseño de presas pequeñas, 1978.

TABLA 4.1.5 TALUDES RECOMENDADOS PARA PRESAS PEQUEÑAS DE TIERRA DE SECCIÓN COMPUESTA EN CIMENTACIONES ESTABLES

Caso	Tipo	Propósito	Sujetas a desembalces rápidos ²	Clasificación del material del exterior	Clasificación del material del núcleo ³	Talud de aguas arriba	Talud de aguas abajo
A	Compuesta con el núcleo "mínimo" ¹	Cualquiera	No crítico ⁴	No es crítico; relleno de roca, GW, GP, SW (gravoso) o SP (gravoso)	No es crítico, GC, GM, SC, SM, CL, ML, CH o MH.	2:1	2:1
B	Compuesta con el núcleo "mínimo" ¹	Regulación o almacenamiento.	No.....	No es crítico; relleno de roca, GW, GP, SW (gravoso) o SP (gravoso)	GC, GM..... SC, SM..... CL, ML..... CH, MH.....	2:1 2 1/4:1 2 1/2:1 3:1	2:1 2 1/4:1 2 1/2:1 3:1
C	Compuesta con el núcleo "mínimo" ¹	Almacenamiento.	Si.....	No es crítico; relleno de roca, GW, GP, SW (gravoso) o SP (gravoso)	GC, GM..... SC, SM..... CL, ML..... CH, MH.....	2 1/2:1 2 1/2:1 3:1 3 1/2:1	2:1 2 1/4:1 2 1/2:1 3:1

¹ En la fug. 120 de la fuente bibliográfica que se indica se muestran los tamaños máximos y mínimos* de los núcleos.

² Los desembalces "rápidos" son los de 6" (15.24 cm) por día o mayores después de almacenamientos prolongados a altos niveles en el vaso.

³ Los suelos OL y OH no se recomiendan para las porciones mayores de los núcleos de las presas de tierra. Los suelos Pt son inadecuados.

⁴ El desembalce rápido no afectará el talud de aguas arriba de un terraplén compuesto que tenga una cubierta permeable grande del lado de aguas arriba.

Fuente bibliográfica: USDBR; diseño de presas pequeñas, 1978.

56 D

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El rango de la altura de las presas construidas aplicando estas experiencias, con funcionamiento satisfactorio, varía de uno a cinco metros.

Se recomiendan taludes muy tendidos en el paramento de aguas debajo de 10:1 hasta 15:1 y el de aguas arriba de 3:1 a 8:1, dependiendo de las características del material a emplear y de los criterios de proyecto basándose en observaciones de otras presas (ver tablas 4.1.3, 4.1.4 y 4.1.5).

En México se construyen presas derivadoras principalmente de tierra y enrocamiento, por ser de bajo costo y rápida su construcción.

La mayoría de las ocasiones el uso de éstas es para derivar corrientes torrenciales, por lo que es común que sufran daños durante su funcionamiento, pero aún así, la reparación parcial o total resulta económica y técnicamente viable.

La altura de la cortina en ocasiones es una limitante para el empleo de presas "tipo indio", debido a que los taludes que se obtienen con cargas hidráulicas grandes dan por resultado volúmenes de materiales considerables que hacen preferir a las cortinas rígidas y además se obtienen pasos de filtración largos y la posibilidad de filtraciones no tolerables.

En la mayoría de los casos, nuestras cortinas son de cresta fija (sin compuertas); es decir sin control.

ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

Los datos que se conozcan servirán para ayudar al proyectista a decidir el empleo de materiales para realizar el proyecto, e intervienen fundamentalmente en el aspecto económico de la derivación ya que se conocen factores que influyen en la determinación de precios unitarios de los conceptos de obra y también en la elaboración de los programas y procedimientos de construcción. En la memoria descriptiva deberá incluirse este aspecto mediante un informe que contenga los siguientes conceptos:

1. Existencia de materiales locales y regionales para la construcción con abundancia y calidad.
2. Épocas del año recomendables para trabajar.
3. Mano de obra especializada.
4. Salario mínimo.
5. Caminos de acceso; existentes, necesarios, etc.
6. Maquinaria y equipo (existente, costo, etc.), realizando un análisis de la conveniencia de comprarlos o rentarlos.
7. Distancia de los distribuidores.
8. Investigar si se cuenta con energía eléctrica o se requerirá de planta eléctrica.
9. Otros datos particulares a considerar en el aspecto económico de la obra.

4.2 Ingeniería del anteproyecto

Deberá incluir el dimensionamiento hidráulico de las obras de toma y excedencias, las estructuras, el canal o línea de tubería principal, la red de distribución, con base a la alternativa seleccionada, el sistema de caminos y la propia red de drenaje.

Apoyados en los estudios básicos realizados y en las conclusiones obtenidas para el dimensionamiento, se proyectarán las instalaciones, sistemas de riego, sistemas de abastecimiento y obras complementarias. La geometría de las estructuras se determinará garantizando su estabilidad mediante análisis de orden conservador y comparaciones con obras ya construidas o proyectadas con más detalle.

El caudal debe ser el adecuado para conseguir un riego productivo (considerando un periodo de escasez tolerable) a un costo razonablemente económico por unidad de área, tanto se refiere a inversión de capital como a gastos de explotación, mantenimiento y reparación.

Para el cálculo y elaboración de los planos que conforman los anteproyectos de la sobre elevación de la presa de almacenamiento y zona de riego se apegarán a las normas de diseño establecidas por la dependencia para este tipo de proyectos.

CORTINA

Cuando estén disponibles los materiales y las características de la roca de cimentación lo permitan, se diseñará una estructura en la cortina con núcleo impermeable.

En el anteproyecto se considerará la necesidad de remover el aluvión del río en la correspondencia con el núcleo impermeable, formando un tajo abierto; esto requiere que se eliminen las filtraciones a través de los aluviones.

El esquema más adecuado empleado en estos proyectos, es el construir una pequeña **ataguía** de roca, impermeabilizada con un delantal de arcilla o material limoso a volteo y, atrás de esta primera protección construir un **diafragma de tipo ICOS**, pero plástico; un ejemplo de su aplicación lo notamos en la cortina de la presa "el infiernillo" (aunque en ella el diafragma sea de concreto). Al diafragma plástico será conectado un núcleo de arcilla respaldada por grava y roca formando así una ataguía con cota de su corona al amparo de la cual se podrán ejecutar excavaciones para el núcleo impermeable, los trabajos de consolidación de la roca, la cortina de inyección y sucesivamente poner en obra los distintos materiales de la cortina.

Fuerzas que actúan en una cortina vertedora:

- 1) Peso propio
- 2) Presión hidrostática
- 3) Subpresión
- 4) Empuje de sedimentos o azolves
- 5) Fuerzas sísmicas
- 6) Peso del agua sobre el paramento de aguas abajo
- 7) Presión negativa entre el manto de agua y el paramento de aguas abajo
- 8) Rozamiento del agua con el paramento de descarga
- 9) Choque de olas y cuerpos flotantes
- 10) Reacción del terreno.

Para aumentar la longitud de filtración en las cortinas se emplean dentellones, ya sean de concreto o de arcilla, delantales y tapetes de arcilla compactada o mampostería.

Con un sistema de lloraderos se consigue teóricamente cortar el recorrido de filtración hasta el término de la longitud, calculada como necesaria.

CONSIDERACIONES DE ESTABILIDAD

El análisis de estabilidad de una cortina rígida de presa derivadora, de poca altura, se concreta al cálculo de un muro de retención considerando las fuerzas que se han descrito anteriormente y verificando que se cumplan los tres requisitos fundamentales de estabilidad.

- **Volteamiento:** teóricamente se evita, pasando la resultante dentro del tercio medio de la base; o bien que el cociente de dividir la suma de los momentos de las fuerzas verticales (MFV) entre la suma de los momentos de las fuerzas horizontales (MFH) sea mayor o igual al coeficiente de seguridad que se adopte, generalmente este coeficiente es de 1.5.
- **Deslizamiento:** se evitará esta falla cuando el coeficiente de fricción de los materiales en contacto, sea mayor que el coeficiente de dividir las fuerzas horizontales entre las verticales que actúan en la estructura, y despreciando la resistencia al esfuerzo cortante de los materiales en el plano de deslizamiento.
- **Esfuerzo de los materiales:** se puede presentar una falla en los materiales cuando los esfuerzos a que estén trabajando, sean mayores que los especificados como admisibles para ellos.

Por lo tanto, esta falla se evitará verificando que en cualquier sección de la estructura, se tengan esfuerzos menores que los permisibles particularmente, en el plano de desplante de la estructura, se deberán tener esfuerzos de compresión solamente, ya que el terreno no admite tensiones. Esto se consigue haciendo que la resultante de las cargas como ya se menciono pase por el tercio medio de la base de sustentación.

OBRAS DE CONTROL

El funcionamiento del equipo necesario para lograr el control de una presa debe establecerse precisamente, dependiendo de la magnitud de la obra, pudiendo ser una simple relación de operaciones manuales, hasta el control de equipo mucho más complejo por medio de sistemas computarizados.

En las presas derivadoras se requiere de un control estricto de los sistemas de compuertas, ya que estas son la parte de la obra que regula el funcionamiento de la misma.

OBRAS DE EXCEDENCIA

Constituyen una parte importante para la regulación y el control de la descarga de las avenidas, siendo esencial un desarrollo de alta calidad que garantice la seguridad no tan solo de la presa sino también de su entorno social y económico.

El gasto no útil en las avenidas sobrepasa por el vertedor de la presa, para que las obras hidráulicas no sufran daños, o se presenten inundaciones en las zonas aledañas a la presa, a las poblaciones ribereñas, o bien, para cubrir los volúmenes comprometidos aguas abajo.

Elevación de la cresta vertedora: puesto que la presa derivadora sirve para aumentar el tirante de agua de la fuente de aprovechamiento para derivar un determinado gasto, la elevación de la cresta vertedora dependerá de las necesidades de carga hidráulica que se requiera para operar la bocatoma.

Como se puede observar en la fig. 4.2.1, la elevación "C" de la cresta vertedora es igual a la elevación correspondiente a la plantilla del canal en su inicio (elevación P) más el tirante (d) del mismo canal, mas la carga hidráulica (h) del orificio de la toma, es decir:

$$\text{Elev. C} = \text{Elev. P} + d + h$$

La elevación de la plantilla del canal principal es dato que de antemano se cuenta con el, al iniciar un diseño. Esta elevación se fija fundamentalmente considerando la elevación de la zona de los terrenos que se van a regar y de la carga que se va a perder, entre dicha zona y el sitio de derivación. En esta carga se deberá tener presente el desnivel que se pierde por la pendiente del canal y las cargas que se necesitan para el funcionamiento de las estructuras que se requieran en el trayecto de la conducción atendiendo a la topografía, geología, etc. del trazo como son caídas, sifones, puentes canal, y demás estructuras.

Así que generalizando, se puede escribir lo siguiente:

$$\text{Elev. P} = \text{Elev. Z.R.} + \Delta c + \sum h$$

Siendo:

Elev. Z.R. = Elevación de la zona de riego o de la rasante del canal en el inicio de la zona de riego.

Δc = Desnivel que requiere el canal, según la pendiente o pendientes y la longitud o longitudes de los mismos tramos del canal.

$\sum h$ = Suma de las energías necesarias para el funcionamiento de las **estructuras de arte** en general del proyecto.

Es claro que para definir la elevación "P", habrá necesidad de efectuar previamente la planeación de la zona de riego y el trazo del canal principal o canal muerto, que ligue la toma con la superficie beneficiada.

Selección del tipo de **estructura terminal disipadora de energía**: siendo necesario disipar la energía del escurrimiento antes de efectuar la descarga al río, debe seleccionarse el tipo de estructura terminal y su posición respecto a la cresta del cimacio, considerando el efecto del nivel del agua en el río en la zona de descarga de la obra de excedencias. Este efecto se puede determinar comparando, en el rango de operación de la obra de excedencias, los tirantes del río en la zona de descarga con los tirantes conjugados mayores obtenidos para un salto hidráulico formado en un *tanque amortiguador hipotético* de sección rectangular de ancho igual al canal de descarga y colocado a la elevación del lecho del río en la zona de descarga.

Estructuras deflectoras: cuando el sitio en el cual se pretende construir la derivadora es favorable en cuanto a impermeabilidad y resistencia, la descarga del agua es controlada, mediante estructuras deflectoras construidas al pie de la cortina. El objetivo de estas estructuras es alejar de la estructura el agua de descarga, hasta un sitio en el que sus efectos, como la erosión y la socavación, ya no sean peligrosos para la estabilidad de la cortina. Los tipos empleados con más frecuencia son los llamados trampolín sumergido y salto de ski.

Como resultado de dicha comparación se pueden tener cuatro casos fundamentales, y de acuerdo al "caso" se selecciona el tipo de estructura terminal más eficiente: un tanque amortiguador y/o una cubeta disipadora de energía (para mayor información consultar la referencia bibliográfica "Manual de diseño de obras civiles"). La selección final de la estructura terminal debe considerar aspectos constructivos y económicos.

Tanque Amortiguador: disipa la energía cinética del flujo supercrítico al pie de la rápida de descarga.

Para alojar el salto hidráulico, se ubican generalmente en el extremo inferior de rápidas y caídas, su longitud es aproximadamente igual al del salto hidráulico, que se define como la distancia medida entre la sección de inicio y la inmediatamente agua abajo en donde finaliza la zona de turbulencia.

El tipo de *tanque amortiguador* se selecciona en función de las condiciones del flujo a la entrada del mismo: de la velocidad y del Número de Froude.

El Tanque Amortiguador USBR tipo III debe colocarse de tal forma que se obtenga un ahogamiento del 5% del tirante conjugado mayor teórico ($0.05 d_2$), con la finalidad de que el salto hidráulico se mantenga dentro del tanque.

Las dimensiones del tanque se obtienen en función de d_1 , d_2 , y del número de Froude F_1 (fig. 4.2.2).

Dimensiones de los *dientes de la rápida*: el ancho y separación recomendados para estos dientes puede modificarse un poco para eliminar dientes fraccionarios. La separación recomendada de la pared debe respetarse para reducir la difusión y mantener presiones aceptables.

Dimensiones de los *dientes del umbral terminal*: el ancho y separación para estos dientes puede reducirse, en el caso de tanques angostos que implican pocos dientes, suponiendo que esta reducción se haga proporcionalmente.

Cubeta disipadora de energía: el criterio de diseño esta encaminado a seleccionar el radio mínimo de la cubeta, para el cual el rango de operación de esta estructura sea el óptimo.

Se recomienda que la elevación del labio (nariz) respecto al fondo de la cubeta sea $0.2R$ (radio de curvatura de la cubeta), y el ángulo de salida de 16 grados.

Canal Principal: la obra de toma alimentará al canal principal, que comúnmente será de sección trapecial y se encontrará alojado en excavación con revestimiento de concreto. Según las condiciones del terreno se determinará un talud, con el cual se calcularán las características hidráulicas y geométricas en condiciones normales del canal.

Tirante del canal de conducción: el tirante normal del canal de conducción se adopta considerando la topografía y la geología en donde se ubique; por ejemplo no será la misma sección de un canal alojado en roca que la de otro en tierra y además revestido.

El canal alojado en roca podrá tener sus paredes menos inclinadas y velocidad más fuerte, en cambio el otro, el talud de sus paredes será más tendido, su pendiente será más suave, etc., y por lo tanto sus tirantes en uno y otro caso variaran.

Por otro lado para los canales alojados en roca se procura disminuir los volúmenes de excavación reduciendo la sección y localizándola en balcón.

Es frecuente que para fijar el tirante del canal cerca de la bocatoma, además de lo anterior, se combine con las dimensiones de las compuertas de extracción, procurando que los orificios de dichas compuertas funcionen ahogados.

OBRA DE TOMA

Para la extracción del gasto necesario para la zona de riego se requiere de una obra de toma que controle la derivación del caudal del río hacia el canal. Dicha estructura, además de controlar el gasto que entra al canal debe de contar con un sistema de compuertas, que según las necesidades impidan o permitan el paso del agua con el gasto requerido. Las dimensiones de la obra de toma deberán ser especificadas en función del gasto que habrá que extraerse del río.

Las obras de toma se clasifican según descarguen a un río, canal abierto o a un conducto cerrado, (a presión totalmente o en parte) o en flujo a superficie libre en toda su longitud; también se clasifica de acuerdo a su operación hidráulica, con respecto a que tenga o no compuertas o válvulas. Se le colocan rejillas a la entrada de la estructura, evitando así el paso de sólidos de gran tamaño indeseables a la conducción. Deberá contar también con la posibilidad de colocar agujas (compuertas) para obstruir el flujo, de ser necesario, para dar mantenimiento a las compuertas o por alguna otra razón (ver Figuras 3.6.7 y 3.6.8).

Por medio de cálculos hidráulicos se obtiene la propuesta geométrica y el diseño de la obra de toma. En el diseño de estos elementos y de todas las estructuras se revisará para las condiciones más desfavorables. Para estructuras de concreto reforzado:

- Por flexión ACI 318-89.
- Por cortante ACI.
- Por temperatura.

Se trata de revisar los espesores de concreto y calcular el acero de refuerzo de las secciones que forman las estructuras de compuertas de la obra de toma; como pueden ser losas, muros de retención, pilas, etc.

Según el Reglamento del Instituto Americano del Concreto (ACI) el espaciamiento entre varillas es de un diámetro, pero no menor a 2.5 cm.

Para el diseño de la losa de plantilla del canal, se considerarán las condiciones más desfavorables cuando está vació.

La carga actuante se calcula como la reacción del terreno a las cargas transmitidas por medio de la losa.

El agua que se infiltra por los poros o espacios libres ejerce un empuje vertical de abajo hacia arriba, con una intensidad que depende de la carga hidrostática y grado de permeabilidad del terreno en que se apoya la estructura; en rocas sanas se puede considerar que no existen filtraciones, pero si la roca tiene grietas, a mayor número y dimensiones de estas, mayores filtraciones habrá y mayor intensidad tendrá el empuje mencionado.

Es de gran importancia construir drenes adecuados a lo largo de los muros de retención laterales para evitar acumulación de agua en el relleno que provoque empujes hidrostáticos adicionales que lo puedan llevar a la falla.

Una vez obtenido el momento flexionante máximo actuante en el muro de contención, se procede a diseñar el armado del acero de refuerzo.

La *sección económica* resulta al encontrar la altura a la que se puede cortar la mitad del refuerzo por flexión, esto es, la altura a la que se encuentra actuando la mitad del momento flexionante máximo.

Para proteger la bocatoma contra la entrada de sedimentos, se debe de proyectar una estructura de limpia, que al mantener velocidades bajas del agua a la entrada de la toma se permita la precipitación de los materiales en suspensión, para su posterior remoción hidráulica al paso de la corriente. Con el fin de tener un volumen de almacenamiento para los sedimentos, la plantilla de la estructura de limpia debe estar a un nivel inferior al de la obra de toma.

"El área total de las compuertas hasta el nivel de la cresta debe ser el doble de la sección de las compuertas de la toma; y la capacidad dos veces el gasto de la toma como mínimo"; según el texto "zonas de riego" de la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH).

Se procede a definir el número y la geometría de las compuertas necesaria para la estructura de limpia, que comúnmente serán las mismas utilizadas en la obra de toma.

OBRA DE TRANSICION: es la encargada de mantener el régimen del flujo y entregarlo al canal principal en sus condiciones normalizadas.

Transición: Estructura que permite lograr cambios en el flujo, tanto en dirección, pendiente, sección transversal o elevación de la plantilla del canal, su función es lograr la modificación gradual del escurrimiento, con el fin de reducir los efectos de pérdidas excesivas de energía, **ondas cruzadas** y otras tribulaciones, así como proporcionar seguridad a la conducción.

Para el desarrollo de los trabajos de cualquier obra, es necesario y de suma importancia formar un plan de construcción, debiéndose trazar lo mejor posible tomando en cuenta las condiciones existentes en el sitio de trabajo, procedimiento probable de construcción y tiempo de duración de las obras.

La operación de personal, maquinaria y la colocación de los materiales, requiere el mantener seca la zona durante la construcción; el primer problema por lo tanto, es el control del río, es decir manejarlo según lo permita su caudal.

OBRAS DE DESVÍO: se proyectan para proteger el sitio de las obras durante el tiempo que dure la construcción, una manera es construir una **atagüa** de altura suficiente que impida el paso del agua a la zona de operaciones y poder hacer una planeación adecuada de las etapas de construcción.

Se distinguen dos épocas del año, la de estiaje y la de avenidas, es necesario ajustar el programa de trabajo a las condiciones del río.

Con el objeto de poder determinar el conjunto y las dimensiones de las estructuras que formen la mejor solución para el desvío se consideran los siguientes factores:

- a) Aspectos hidrológicos.
- b) Condiciones del sitio: topográficos, geológicos, materiales de construcción.
- c) Tipo de cortina por construir: de concreto o materiales graduados; vertedora o no vertedora.
- d) Características y localización del resto de las estructuras hidráulicas que forman la presa, como obra de toma, obra de excedencias, obras de control, etc.
- e) La probable secuencia de las actividades constructivas.

El flujo desviado puede pasar a través de túneles localizados en las laderas. La magnitud del escurrimiento por desviar determina la capacidad de los conductos o la altura de las atagüas y la capacidad de los túneles cuando operen bajo la carga creada por las atagüas. La atagüa de aguas arriba puede crear almacenamiento temporal, el cual puede utilizarse para reducir la capacidad de descarga de los túneles.

El criterio hidrológico para la selección del *gasto de desvío* no puede ser considerado independientemente del tipo de cortina, el programa de construcción, y aspectos económicos del esquema de desvío; dependiendo de la magnitud del proyecto y las pérdidas económicas que se tengan por el desbordamiento de las atagüas y daños en las obras permanentes. El *período de retorno modificado* es aproximadamente igual al intervalo seleccionado dividido entre el número de años del período constructivo; ó sea, el período de retorno de, digamos, 25 años de la avenida de diseño puede reducirse a valores del orden de ocho años. En tales condiciones, debe seleccionarse una avenida con un período de retorno no mayor.

En boquillas muy angostas es obligado que el conducto o los conductos para desvío sean túneles localizados en las laderas, como elementos de control para cierre.

En boquillas amplias, es práctica común efectuar un desvío en dos etapas constructivas: una primera etapa desviando el escurrimiento en conducto abierto en una de las laderas y una segunda etapa en conducto cerrado en la misma u otra ladera, o a través de la cortina para el cierre de la boquilla.

Para el dimensionamiento de los conductos y atagüas se realiza un análisis tipo económico, para determinar las dimensiones más adecuadas de la obra de desvío.

62-A

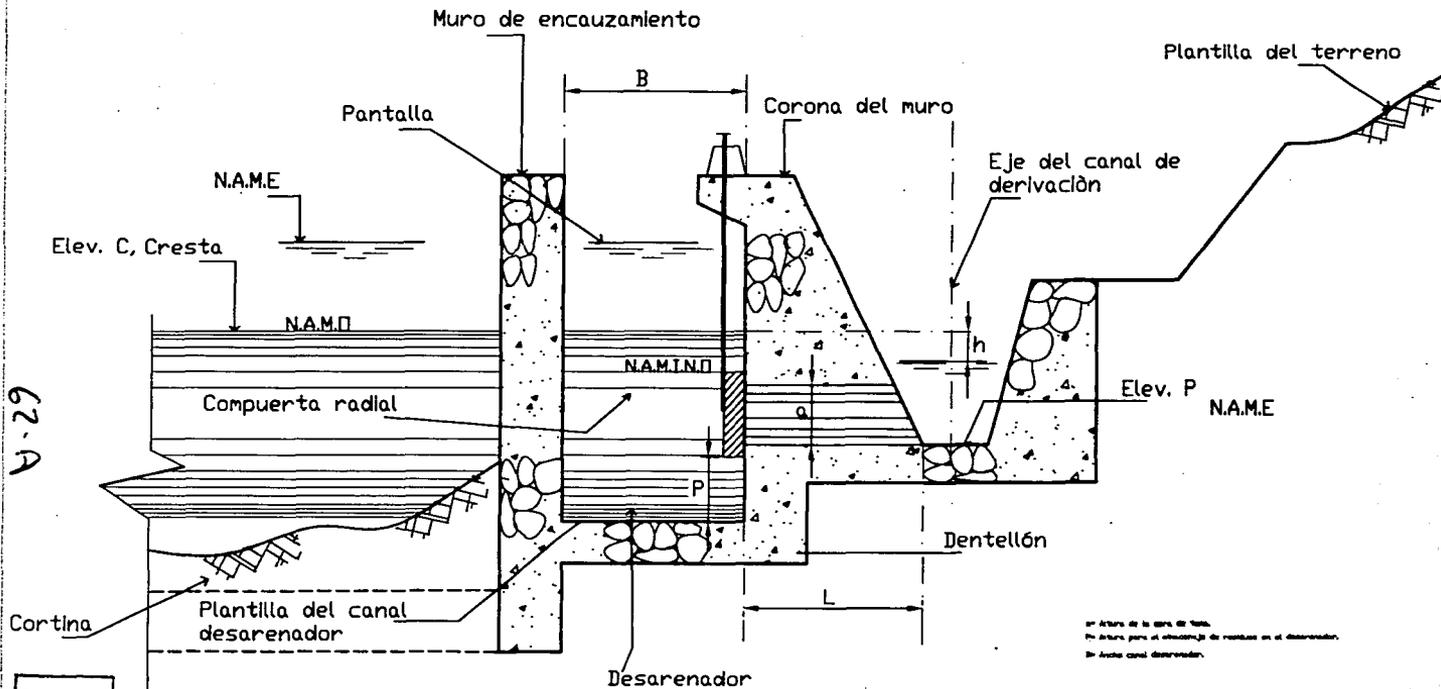


FIG. 4.2.1 DISPOSICIÓN TÍPICA DE UNA DERIVACIÓN

Fuente bibliográfica: Presas de derivación SAHR, 1981.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

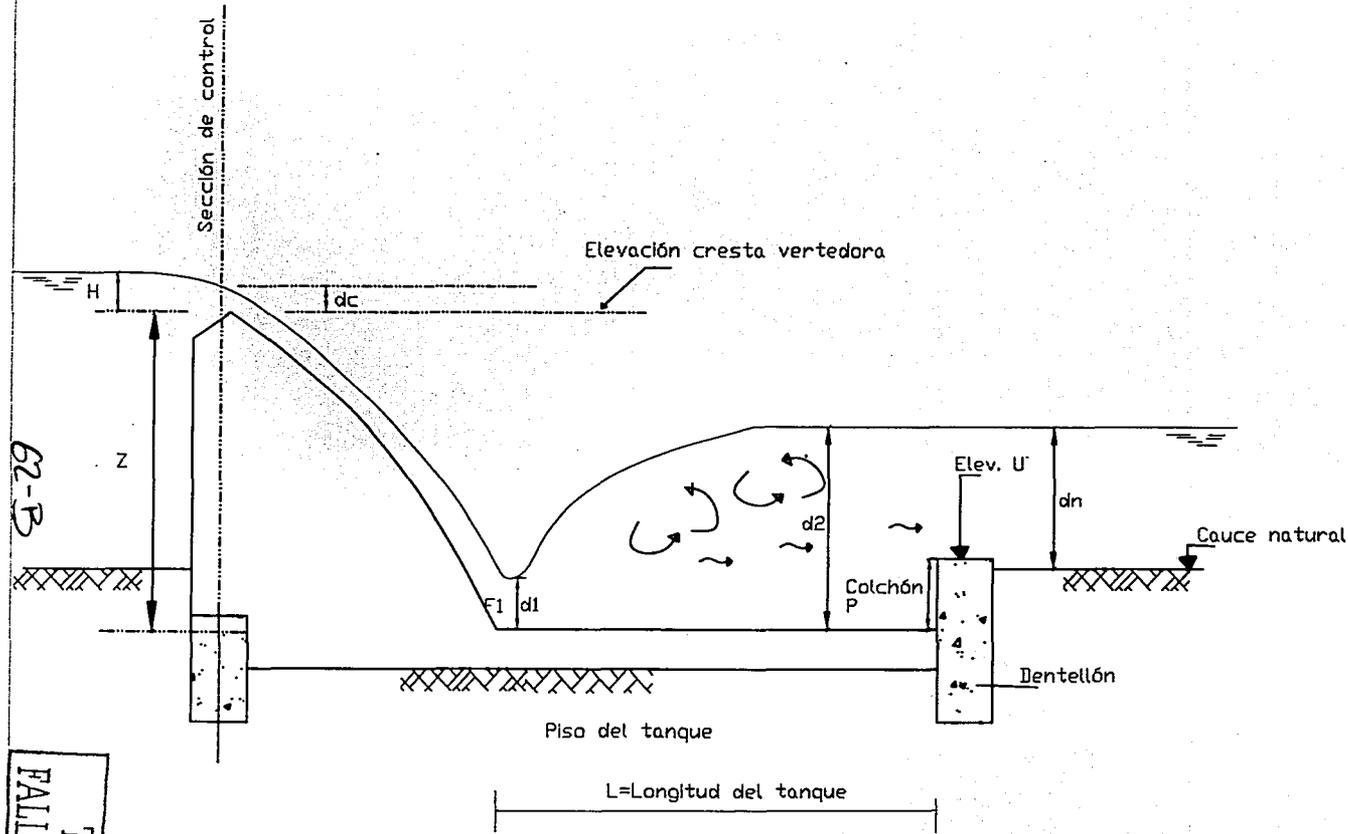


FIG. 4.2.2 HIDRAULICA DE LA CORTINA.

Fuente bibliográfica: Presas de derivación SAHR, 1981.

B2-B

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A continuación un ejemplo de obra de desvío:

1.- **Construcción de él ataguía y las obras fuera del cauce del río:** comenzar los trabajos en la época de estiaje próxima, ya que él río tiene un caudal mínimo que permite efectuarlos:

- a) Excavación del terreno para el desplante de la obra de toma y transición de la salida.- si la ubicación de la toma y transición lo permiten, al estar separados del cauce del río por la zona en la que se construirá la estructura de limpia, permite comenzar las excavaciones mientras se construye el ataguía.
- b) Construcción de rampas y caminos de acceso.- al estar fuera del cauce del río no requieren de ataguía de protección para su construcción.
- c) Construcción de ataguía.- se buscará que con el material producto de las excavaciones en las operaciones antes mencionadas y con el material del o los bancos de préstamo necesario(s), se lleve a cabo la construcción de la **ataguía**.

2.- **Construcción de las estructuras y de los tajos de entrada y salida:** una vez construida la ataguía se prosigue con las siguientes operaciones cronológicamente, previendo el bombeo de achique indispensable:

- I. Excavación del terreno hasta el desplante de la estructura de limpia y construcción de las siguientes estructuras:
- II. Dentellones de la obra de toma y estructuras de limpia.
- III. Cimentaciones y losa de plantilla de ambas estructuras.
- IV. Muros y pilas en la obra de toma y estructura de limpia.
- V. Tajos de entrada y salida.
- VI. Muros del canal de entrada y salida.

Al presentarse nuevamente las avenidas, se tendrá un avance considerable en la construcción de las estructuras de limpia y la obra de toma estará concluida, además con la protección de la ataguía, los trabajos pendientes, como la colocación de compuertas en ambas estructuras podrán llevarse a cabo sin la interferencia del río.

3.- **Demolición de la ataguía:** una vez concluidas las obras, se procede a demoler el ataguía, para lo cual se debe esperar la época de estiaje para retirar el material. Mientras tanto será posible avanzar en la construcción de la conducción sin riesgo de la presencia de agua en las obras.

En otras ocasiones es probable que el flujo, pueda pasar a través del hueco que se deja en la estructura; al igual que en cortinas de machones, el desvío se puede hacer entre ellos, y posteriormente a través de un hueco en la cubierta. El desvío por medio de túneles construidos en las laderas de los cañones puede tener alguna ventaja en cortinas de concreto, y su uso es casi obligado en cortinas de tierra y materiales graduados.

Para cortinas de tierra y materiales graduados con mucha frecuencia hay necesidad de hacer el desvío en dos etapas: una primera en tajo o canal y, una segunda, en túneles. Los túneles de desviación se pueden usar con ventajas en las descargas de vertedores con canal lateral y en obras de toma y control, por lo que en la planeación general se debe tener en cuenta esa posibilidad.

El método o sistema a utilizar para desviar las avenidas durante la construcción, depende de la magnitud de éstas, de las características físicas del emplazamiento, la naturaleza de las obras complementarias, tales como **aliviaderos**, tuberías forzadas, desagües de fondo, del sistema de construcción y el plan de obra establecido. El objetivo es elegir el sistema óptimo teniendo en cuenta la posibilidad de realización, costo y riesgos.

El costo del desvío por lo general es mayor en cortinas de tierra y materiales graduados que en cortinas de concreto debido a la gran amplitud de la base. Sin embargo, las diferencias en costo de diferentes desvíos no son de gran importancia en la selección del tipo de cortina, salvo en el caso de que se tenga un río permanente y muy caudaloso.

Taponamiento de túneles: un aspecto que puede ser crítico para el programa de ejecución, es el cierre | los túneles de desvío con taponés de concreto. Por varias razones, el lapso disponible para la ejecución es corto y cuando el diámetro de los túneles excede de 10 m, el colado de este elemento estructural se convierte en un trabajo mayor. No tan solo es importante el tiempo, sino que ajustándose a especificaciones normalmente

aceptadas (longitud = 2 a 2.5 de diámetro), el volumen de los taponos resulta elevado y de costo no despreciable.

Canal provisional de desviación: cuando no sea económico construir un túnel o un conducto, lo suficientemente grande para el caudal de avenida de proyecto, se puede utilizar para el desvío un canal provisional, que atraviesa la presa por medio de una abertura, mientras se construye el resto del dique; esto se aplica tanto para presas grandes como pequeñas.

Este método es idóneo para emplazamientos de gran anchura y, por supuesto, no es utilizable en cañones estrechos.

Antes de desviar la corriente es necesario terminar la preparación de la cimentación de la presa en donde se va a dejar el canal provisional.

Las pendientes en taludes de lados del canal no tendrán una pendiente mayor de 4:1 para facilitar su relleno al final del período de construcción y para disminuir el peligro de fisuración del terraplén debido a asentamientos diferenciales.

La pendiente del fondo del canal provisional debe ser la misma a la del cauce original del río para así reducir al mínimo la erosión. El ancho de la abertura dependerá de la magnitud del caudal a desviar, de un análisis sobre la capacidad del equipo de terraplenado y del tiempo disponible.

La desviación del caudal a través de la abertura de la presa, se mantiene, hasta que se haya avanzado lo suficiente en la terminación del terraplén e instalaciones complementarias, de modo que el agua pueda evacuarse con garantías por el aliviadero parcial o totalmente terminado. En este momento se puede realizar el cierre del canal de desvío. Para disminuir el riesgo de la elevación de la superficie del agua en el embalse con el peligro de que rebose por el dique colocado en la sección de cierre, se debe elegir un período, para la construcción, en el que no sea muy común que se presenten grandes avenidas.

La maquinaria y el equipo deben movilizarse de modo que el hueco se rellene lo más rápido posible, hasta llegar a una cota que permita la evacuación de una avenida, si se presenta, a través del aliviadero. El rendimiento en la construcción de esta parte del terraplén debe ser tal que el hueco pueda cerrarse más rápidamente de lo que el nivel del agua suba en el embalse.

Frecuentemente el canal para la desviación se dispone en la parte en la que la presa tendrá la máxima altura, por ello, debe extremarse el cuidado con el fin de obtener las densidades requeridas y así evitar los asentamientos excesivos en el terraplén. Hay que presentar especial atención a la unión entre el material acabado de poner y el que ya estaba colocado.

Los costos más representativos para obras de desvío son, excavación en túnel, revestimientos de túneles, acero de refuerzo, marcos metálicos para ademe, otros conceptos como anclaje, concreto lanzado, malla de alambre, etc.

El programa general de construcción de una obra, aplicando el método de la ruta crítica considera los siguientes puntos:

- a) Diagrama de actividades y cálculo de la red de flujo que forma dicho programa: el diagrama de actividades es una representación gráfica del desarrollo planeado de la construcción de la obra, de acuerdo con una secuencia lógica de ejecución de las actividades que componen el proyecto en cuestión.
- b) Diagramas de barras: representación gráfica general del desarrollo planeado de la construcción de la obra. Se utiliza básicamente utilizando los principales conceptos de trabajo que componen el proyecto por ejecutar. Las barras indicadas en el calendario de ejecución de cada concepto, muestran el tiempo durante el cual han de realizarse los trabajos.

Secuencia para la ruta crítica:

- Entender la obra.
- Conocer el procedimiento constructivo.

- Enlistar las actividades.
- Presentar gráficamente su interacción (diagrama de flechas o nodos).
- Cálculo numérico.
- Diagrama de barras en calendario de ejecución.

En las tablas 4.2.3, 4.2.4 y 4.2.5 se hacen notar los cambios en cuanto a eficiencia y rendimiento, tanto de la mano de obra, como del equipo, según las condiciones de trabajo.

Tabla 4.2.3 Eficiencia de riego en diferentes climas.

Clima	Eficiencia %
Desértico	65
Caliente y seco	70
Moderado	75
Húmedo o frío	80

Fuente bibliográfica: Manual de diseño de zonas de riego pequeñas. C.N.A, I.M.T.A.

Tabla 4.2.4 Factores de rendimiento de mano de obra (para pequeñas zonas de riego)

(1) Termino de la clasificación	(2) Eficiencia de labor	(3) Producción de rendimiento	(4) Incremento en horas de labor necesarias	(5) Factor comparativ de labor	(6) Factor		(7)
					de productividad	de rendimiento de trabajo	
	%	%	%		%		
			(3)/(2)	1+(4)	1-(5)/1.43		1-(6)
Máximo	100	0	0	1	+30		0.70
Poco usual	95	5	5.26	1.05	+26.5		0.73
Superior	90	10	11.10	1.11	+22.5		0.77
Excelente	85	15	17.70	1.17	+18		0.82
Muy bueno	80	20	25	1.25	+13		0.87
Bueno	75	25	33.30	1.33	+7		0.93
Promedio	70	30	43	1.43	0		1
Regular	65	35	54	1.54	-7.7		1.07
Pobre	60	40	66.7	1.66	-16		1.16
Inferior	55	45	82	1.82	-27		1.27
Deficiente	50	50	100	2	-40		1.40

Fuente: Arteaga (1985).

Fuente bibliográfica: Manual de diseño de zonas de riego pequeñas. C.N.A, I.M.T.A.

NOTA: El (6) factor de productividad de la tabla anterior su obtención en la fuente original se indica como (5)/1.43, pero en realidad para obtener esos valores de la columna (6) debe ser 1-(5)/1.4333; en donde el valor 1.4333 es el promedio de la columna (5).

FACTOR DE CORRECCIÓN DE ZONA

- A. Factor por altura; para trabajos realizados hasta 3 m sobre el nivel del piso natural no sufren FAC. reducción alguna. Pero para alturas mayores, el rendimiento de la mano de obra se reduce en un 3% por cada metro adicional.
- B. Factor de congestionamiento; sólo se presenta cuando el espacio para trabajar entre hombre y equipo es muy reducido. Se tendrá que estudiar para cada obra en particular cuanto se pueda efectuar, de lo contrario su valor será igual a la unidad.

FACTORES DE CORRECCIÓN POR CONDICIONES DE OBRA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- A. Factor de corrección laboral; depende del tipo de trabajo y de la habilidad calificada de los operadores empleados. FAC.
- a) Mano de obra especializada, se califica para el trabajo de que se trate. 1.0
 - b) Mano de obra nacional o extranjera no especializada para el trabajo, pero en proceso de entrenamiento por parte de la residencia o el contratista según corresponda. 0.84 o menor
 - c) Trabajos manuales realizados en espacios muy caliente. 0.90
 - d) Trabajos realizados en tiempos extraordinarios a la jornada legal o en turnos nocturnos. 0.95
 - e) Trabajo realizado con condiciones limitativas impuestas por directrices dictadas para la protección del personal. 0.95
 - f) Trabajos delicados en los que se tengan interferencias sistemáticas derivadas de la necesidad de una muy estricta inspección y supervisión. 0.95
- B. Factor de distribución; este factor se presenta cuando no se distribuye adecuadamente el material y las herramientas entre los operarios. Generalmente se presupone que las cuadrillas de operarios estarán dotados de toda la herramienta y dispositivos auxiliares necesarios y suficientes; además se cree que los materiales que emplearán en sus trabajos se encontrarán oportunamente colocados en zonas de reducidos diámetros, estratégicamente ubicadas al alcance de la cuadrilla, con la finalidad de no afectar los rendimientos de la misma. Por las pérdidas del tiempo en el acarreo de materiales u objetos diversos; sin embargo, esto no sucede siempre. Con el fin de mantener el factor correcto de distribución, es necesario, establecer una distancia igual o menor de 15 m para colocar los materiales de diario consumo. Cuando los acarreos son mayores debe de considerarse ya un sobre acarreo.

Por otra parte, cuando se utiliza maquinaria que opere en forma eficiente se necesita el apoyo de una organización técnica administrativa y de intendencia. Dicha organización influye de manera determinante en la disponibilidad práctica o efectiva del equipo de construcción.

Tabla 4.2.5 Factores de rendimiento de trabajo en maquinaria

Condiciones de la obra		Coeficiente de administración de la empresa			
		Excelente	Bueno	Regular	Malo
Excelentes	1.00	0.84	0.81	0.76	0.70
Buenas	0.95	0.78	0.75	0.71	0.65
Regulares	0.85	0.72	0.69	0.65	0.60
Malas	0.75	0.63	0.59	0.57	0.52

Fuente: Arteaga (1985).

Fuente bibliográfica: Manual de diseño de zonas de riego pequeñas. C.N.A, I.M.T.A.

4.2.1 Zona de riego

Es la porción de terreno que es abastecida por una obra de captación con fines de riego, constituida por canales y estructuras que conducen el agua con el máximo de eficiencia y costo mínimo desde la fuente hasta los puntos de aprovechamiento.

Una *pequeña zona de riego* es abastecida por medio de un canal principal por el cual circula un gasto menor o igual a 2.8 m³/s.

Los distritos de riego varían en su tamaño desde unas cuantas hectáreas hasta más de 100,000. Pueden comprender una pequeña presa derivadora y una red de canales y sus estructuras, o puede constar de una presa de almacenamiento y estructuras hidráulicas de gran envergadura, según sea el caso.

El conocimiento actual de la relación que existe entre los suelos, la humedad y los cultivos permite que los sistemas de riego se diseñen para aplicar el agua en los volúmenes y proporciones que convengan a la capacidad de absorción de las tierras, obteniéndose así el máximo aprovechamiento del líquido y evitándose perjuicios a los suelos. Obviamente el conocimiento de estos factores será útil solo si la medición del agua se lleva a cabo con un grado razonable de exactitud.

Los experimentos y evaluaciones realizadas sobre los sistemas de riego empleados normalmente se utilizan con frecuencia para determinar índices de absorción de los suelos, magnitudes apropiadas de las corrientes, longitudes máximas de recorrido en surcos y bordos, así como otros factores que influyen en el empleo provechoso del agua. Para llevar a cabo estas pruebas y evaluaciones, es indispensable contar con elementos o dispositivos precisos para el aforado.

La necesidad creciente de utilizar toda el agua disponible, aún en algunas regiones húmedas, y el aumento en el costo para desarrollar nuevos recursos hidráulicos hacen imperativo que el agua sea aprovechada económicamente y sin desperdicio; esto no puede lograrse si no se utilizan sistemas de medición.

A continuación se indican los sistemas y las obras que constituyen una zona de riego:

Sistema de conducción

- Tramo muerto
- Canal principal

Sistema de distribución

- Canal principal
- Canales laterales
- Canales sublaterales
- Ramales
- Subrramales
- **Regaderas**
- Estructuras menores en canales

Sistema de drenaje

- Dren principal
- Drenes colectores o interceptores
- Drenes secundarios o de alivio
- Drenes parcelarios

Sistemas de caminos

- Principales
- Secundarios
- De enlace
- De acceso a las obras

Obras complementarias

- Edificios para administración
- Casas para canaleros
- Estación de aforo y meteorología
- Sistema de Intercomunicaciones

- Centro electrónico de procesamiento

Es de vital importancia contar con una computadora de capacidad suficientemente considerable en la cual podamos insertar programas aplicados que nos faciliten las labores complejas y o muy repetitivas.

Se justifica el uso de una computadora de gran capacidad que contenga varios paquetes de software de aplicación cuando:

- Se realicen procesos altamente repetitivos
- Se necesite una gran precisión en los resultados
- Cuando varias personas necesiten hacer uso de la misma información
- Cuando se realicen operaciones muy complejas

Algunos de los programas útiles en el diseño de los elementos en una zona de riego, son los siguientes:

CROPWAT calcula las necesidades de agua de los cultivos, textura de los suelos, y **etapas fenológicas** de los cultivos, además, necesidades de riego, gastos de proyecto, etc., a partir de informaciones sobre clima y los cultivos. Además, el programa permite la preparación de planes de riego para diferentes condiciones de operación y el cálculo de abastecimiento de agua de un área de riego para varios planes de cultivo.

El procedimiento para calcular las necesidades de agua de los cultivos y las necesidades de riego se basan principalmente en los métodos presentados en los Estudios de Riego y Drenaje de la FAO No. 24, *Las necesidades de agua de los cultivos* y No. 33, *Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos*.

Este programa sirve de apoyo a los ingenieros en el cálculo del diseño y manejo de los sistemas de riego. Además permite la elaboración de recomendaciones para mejorar el riego en la parcela, la planificación de la programación del riego en distintas condiciones de abastecimiento de agua en cada ciclo y proporciona elementos para el diseño de la red de canales.

SINIVET permite obtener, a partir de datos de levantamiento topográfico, pendientes del plano proyecto, cotas del plano proyecto, alturas de corte y relleno, volúmenes de corte por hectárea, costo de la nivelación por hectárea, etc., todo esto en forma tabular o en planos. Con este programa se pueden generar planos topográficos del terreno original, planos topográficos del plano proyecto, y planos de cortes y rellenos de un terreno a nivel (Sánchez y Hernández, 1992).

SINIVET en su versión 2.0 tiene la facilidad de poder interactuar con **SURFER** lo que permite que el usuario pueda generar planos de una calidad altamente profesional y tenga a su alcance interfaces para un mayor número de dispositivos de impresión, además de todas las ventajas que ofrece dicho *software*.

SINIVET es un programa de aplicación agrícola y con derechos reservados a favor del Departamento de Irrigación de la Universidad Autónoma de Chapingo.

RIGRAV sirve en el diseño del riego por gravedad (surcos y **melgas**); para utilizar el programa se requiere conocer el coeficiente de rugosidad y la pendiente longitudinal, así como la función de infiltración. Sin embargo, el modelo es poco sensible a los errores de su selección.

Los parámetros de la función de infiltración de Green y Ampt (1911) pueden estimarse a partir de la información de textura del suelo, siguiendo la metodología presentada en el inciso 1.1 de la referencia bibliográfica (M-1), "Caracterización mínima del suelo con fines de riego" del manual para diseño de zonas de riego pequeñas editado por la CNA, IMTA, entre otros.

El programa **RIGRAV** se puede utilizar directamente para obtener el gasto de riego unitario que garantiza una eficiencia del requerimiento de riego de 1, y una eficiencia de aplicación de 0.9. A esta manera se le llama diseño directo.

Las técnicas europeas indican la posibilidad de emplear presas de concreto preesforzadas.

En zonas áridas, donde la evaporación excede a la precipitación, es factible realizar la recarga de acuíferos, lo cual debe merecer, indudablemente, gran atención por parte de la profesión.

Un sistema de calendarización del riego debe considerar los últimos avances teóricos y tecnológicos para definir la oportunidad, cantidad y evaluación del riego en tiempo real. El éxito de la transferencia de un sistema de calendarización del riego a nivel distrital radica en la disponibilidad de un método para estimar el contenido

de humedad del suelo. El uso de redes agrometeorológicas con consultas en tiempo real y como parte de un sistema integral para la calendarización del riego, es una alternativa viable para grandes zonas de riego como ha sido probada en el norte de Sinaloa.

Es frecuente que los canales principales y laterales requieran de bocatomas para riego directo de algunos lotes.

La localización de los canales del sistema de conducción están condicionados a:

- Condiciones topográficas del terreno.
- La distribución de las tierras, y sus tipos de tenencia existente.
- La localización y características de la infraestructura de riego existente.
- El agrupamiento de las áreas de suelos aptas para el riego.

En algunos casos se adopta la topografía del terreno, en otros se sigue la cuadrícula y donde hay lotes de propiedad privada se hacen los quiebres respetando los linderos, si es permitido por la topografía.

Canal principal: tiene su origen en una planta de bombeo, una toma directa o en la toma de una presa de almacenamiento o una de derivación; consta de un tramo de conducción (muerto) y uno de distribución. Abastece a toda el área regable tratando de dominar la mayoría de tierra regable; al trazarlo se evitará realizar terraplenes lo menos posible.

Tramo muerto: se emplea cuando la zona de riego se ubica a distancia de la captación, abarca desde la fuente hasta la primer toma para abastecer a la zona regable, por lo regular tiene forma uniforme en toda su longitud. Su ruta es por donde hay mayor seguridad, recorrido mínimo y máxima economía.

Tramo distribuidor: inicia al extremo del tramo muerto, su capacidad inicial es igual al del extremo inferior del tramo muerto y se va reduciendo paulatinamente por tramos bien definidos.

Sistema de distribución de las aguas: su origen es en el canal distribuidor del canal principal, constituido por una red de canales y estructuras distribuidoras del agua a la zona regable, y de esta a los cultivos, consta de canales principales, laterales, sublaterales, ramales, subramales, regaderas y estructuras menores (fig. 4.2.1.1).

Para que pueda funcionar correctamente la red de distribución se requiere la construcción de una serie de estructuras hidráulicas que se clasifican de acuerdo a su propósito y las alternativas a elegir se basan en un estudio hidráulico y económico.

Estructuras aforadoras: se utilizan cuando se necesitan conocer los volúmenes que se descargan por la obra de toma, según su funcionamiento se clasifican en tres grandes grupos:

- Estructuras que funcionan a régimen crítico: todo tipo de vertedores colocados sobre la estructura.
- Estructuras que funcionan por medio de un resorte: funcionan reduciendo la sección transversal de la corriente, aumentando la velocidad del agua presentándose el régimen crítico. Ejemplos de estas estructuras lo son, el medidor Ventury, y el medidor Parshall.
- Estructuras que funcionan como orificios: son estructuras aforadoras que trabajan a carga constante.

Estructuras Menores en Canales

- 1) Operación
- 2) Cruce
- 3) Protección
- 4) Comunicación

- 1) *Estructuras de operación y control:* son estructuras que se requieren para controlar y manejar la distribución correctamente del agua de riego, y son las siguientes:

- a) *Bocatoma (descargas laterales):* dota de riego directamente a los lotes (solo canal principal).
- b) *Represa:* eleva el nivel del agua a los canales, cuando en estos existe un gasto menor al de diseño, y las tomas funcionan a su capacidad máxima o para reparaciones.

Es una estructura que se proyecta y construye con el fin, de controlar los caudales, así como de mantener o elevar los niveles del agua, necesarios para facilitar su derivación a otros canales o bien, a las tomas que quedan localizadas aguas arriba de la represa.

- c) *Toma para canal*: abastece del canal principal a los laterales, de estos a los sublaterales, de estos a los ramales y en ocasiones de estos últimos a los subrramales.
- 2) *Estructuras de cruce y conducción*: salvan las intersecciones de los canales, con el drenaje natural del área, constituido generalmente por ríos, arroyos, *talwegs*, y depresiones, así como para cruzar canales o drenes del propio sistema, carreteras o vías de ferrocarril, y otros obstáculos que se interponen a lo largo del recorrido; dichas estructuras pueden ser:
- a) *Sifón*: para cruzar una depresión amplia y profunda. Conducto cerrado que trabaja a presión, se proyecta según el gasto al que se someterá (fig. 4.2.1.2).
 - b) *Puente canal*: para salvar cualquier depresión de poca anchura y profundidad, con un gasto menor de 3 m³/s; formado por un puente y un conducto, por el cual escurre el agua como un canal por gravedad.
 - c) *Dique*: estructura que se construye paralela al eje longitudinal del canal, con el fin de salvar un bajo, de tal forma que el agua retenida en el vaso formado, alcance la altura del tirante en el canal.
 - d) *Puente*: para salvar un curso de agua, una depresión del terreno o una vía de comunicación.
 - e) *Alcantarillas*: conductos cerrados que trabajan a presión, sirven para salvar un curso de agua. Se emplean para cruzar un camino carretero o un ferrocarril.
 - f) *Transiciones*: se emplea para aumentar o disminuir la sección del canal principal.
- 3) *Estructuras de protección*: básicamente protegen a los canales de los daños posibles que producen los escurrimientos, de los propios canales como de cuencas adyacentes y son los siguientes tipos:
- a) *Caídas y rápidas*: unen dos tramos de canal, situados a diferente nivel. Las caídas son estructuras verticales y las rápidas son estructuras inclinadas. Sirven para conducir el agua de una elevación superior a otra inferior, disipando el exceso de energía y protegiendo el tramo de terreno a lo largo del cual se localizan; sus elementos son:
 - Entrada
 - Canal de la rápida
 - La trayectoria
 - Tanque amortiguador
 - Salida.
 - b) *Desagües*: se clasifican en dos: los *desagües parciales o de excedencias*, con el fin de dar salida a las aguas sobrantes a los canales naturales o bien al drenaje del sistema de riego; son indispensables en el canal de conducción. Los *desagües totales* descargan en un momento dado, un tramo de canal o totalmente, tirando automáticamente toda el agua a un dren o a un cauce natural, se construyen en el remate de los canales. Son indispensables en canales de conducción, se emplean para dar salida a las aguas sobrantes, por un mal funcionamiento de las compuertas de toma o por obstrucciones en el canal por alguna razón. Los tipos más comúnmente utilizados son:
 - Vertedores de cresta fija y de cresta móvil
 - Compuertas
 - Vertedores de sifón.
 - c) *Lavaderos o entradas de agua*: se utilizan cuando se permite que una corriente de agua con un gasto menor a 3 m³/s. entre por un canal sin que afecte los revestimientos, ni se afecte la sección hidráulica por los sedimentos.
 - d) *Pasos superiores e inferiores*: no permiten que el agua se incorpore a los canales.
 - e) *Cunetas y contra cunetas*: con estas se interceptan los escurrimientos de los arroyos o de las laderas que cruzan un canal. Su objetivo es encauzarlos hacia algún accidente topográfico que facilite la construcción de un sifón o de un puente canal para dar paso a las aguas broncas.

- f) *Vertedores laterales*
- g) *Entradas de agua al canal.*

4) *Estructuras de comunicación:* restablecen las condiciones de viabilidad previas a la construcción de los canales.

- a) *Puentes*
- b) *Vado:* salva un curso de agua, con un gasto pequeño de conducción.

Los puentes o algunas veces **vados** se construyen en las cruces con canales, drenes, corrientes, etc.

DIQUES: para un dique de tierra, se debe hacer el análisis de la combinación de los siguientes casos:

Talud

- Aguas arriba
- Aguas abajo

Materiales

- Condiciones iniciales (recién construido)
- Condiciones finales (materiales ya consolidados)

Filtraciones

- Sin filtraciones
- Con flujo establecido

Llenado

- Vaso totalmente vacío
- Embalse hasta el Nivel de Aguas Máximas Ordinarias (NAMO)
- Embalse hasta el Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias (NAME)

Sismo

- Considerando el sismo
- Sin considerar el sismo

Vaciado

- Rápido.

Factores que determinan el tipo del revestimiento en canales:

- Infiltración (pérdidas).
- Costos anuales de conservación (mantenimiento).
- Velocidad media baja en el canal.
- Estudio de materiales para desplantar el canal (cimentación).
- Adquisición rápida del material para revestir.
- Clima.
- Estudio de las condiciones de trabajo probables bajo las cuales trabajará el canal, considerando factores de vida útil.
- Ventajas y desventajas por el uso de otros revestimientos.

Resultados por el uso de revestimientos:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Mejoramiento en las características hidráulicas en comparación a los canales de tierra sin revestir.
- Se evita la ruptura de bordos y fugas de agua.
- Estabiliza la sección del canal.
- Permite mayores pendientes.
- Reduce el número y tamaño de las estructuras.
- Ahorro de agua.
- Restauración de tierras empantanadas y ensalitradas, y su rehuso para la agricultura.
- Costo del drenaje menor.
- Operación y mantenimiento con costos menores.

Los materiales más comunes para revestir los canales son:

- Concreto
- **Gunita**
- Suelo-Cemento
- Ladrillo
- Arcilla impermeable
- Lámina de asfalto
- Membranas asfálticas
- Tierras compactadas
- Mamposterías
- Concreto asfáltico, etc.

Los conductos pueden ser:

- Canal abierto sin revestir
- Canal abierto revestido
- Conducto cerrado que trabaje a gravedad
- Conducto cerrado que trabaje a presión.

Sistema de drenaje: serie de conductos abiertos para eliminar las acumulaciones pluviales o excedentes del riego, abatiendo el nivel freático de suelos afectados, dando salida a las aguas lo más rápido posible en una forma eficiente fuera de la zona de riego.

Cuando el sistema de riego es pequeño normalmente basta el drenaje natural; pero cuando es grande se utiliza una red artificial o la combinación de ambas.

Drenaje artificial: se divide en superficial y subterráneo; el primero formado por canales abiertos que pueden ser drenes principales, colectores primarios, colectores secundarios y drenes parcelarios; dentro de los drenes subterráneos existen por medio de tubos los **drenes topo** y el drenaje por bombeo. En las pequeñas zonas de riego estos sistemas se reducen a dren principal, colector primario y ocasionalmente, drenes parcelarios, dependiendo de factores como:

- Área que drenan y su forma del área.
- Localización.
- Configuración del terreno.
- Función que desempeñan.

Con un buen drenaje un terreno se convierte en potencialmente productivo; un drenaje adecuado mejora la estructura del suelo, aumenta y hace permanente su productividad.

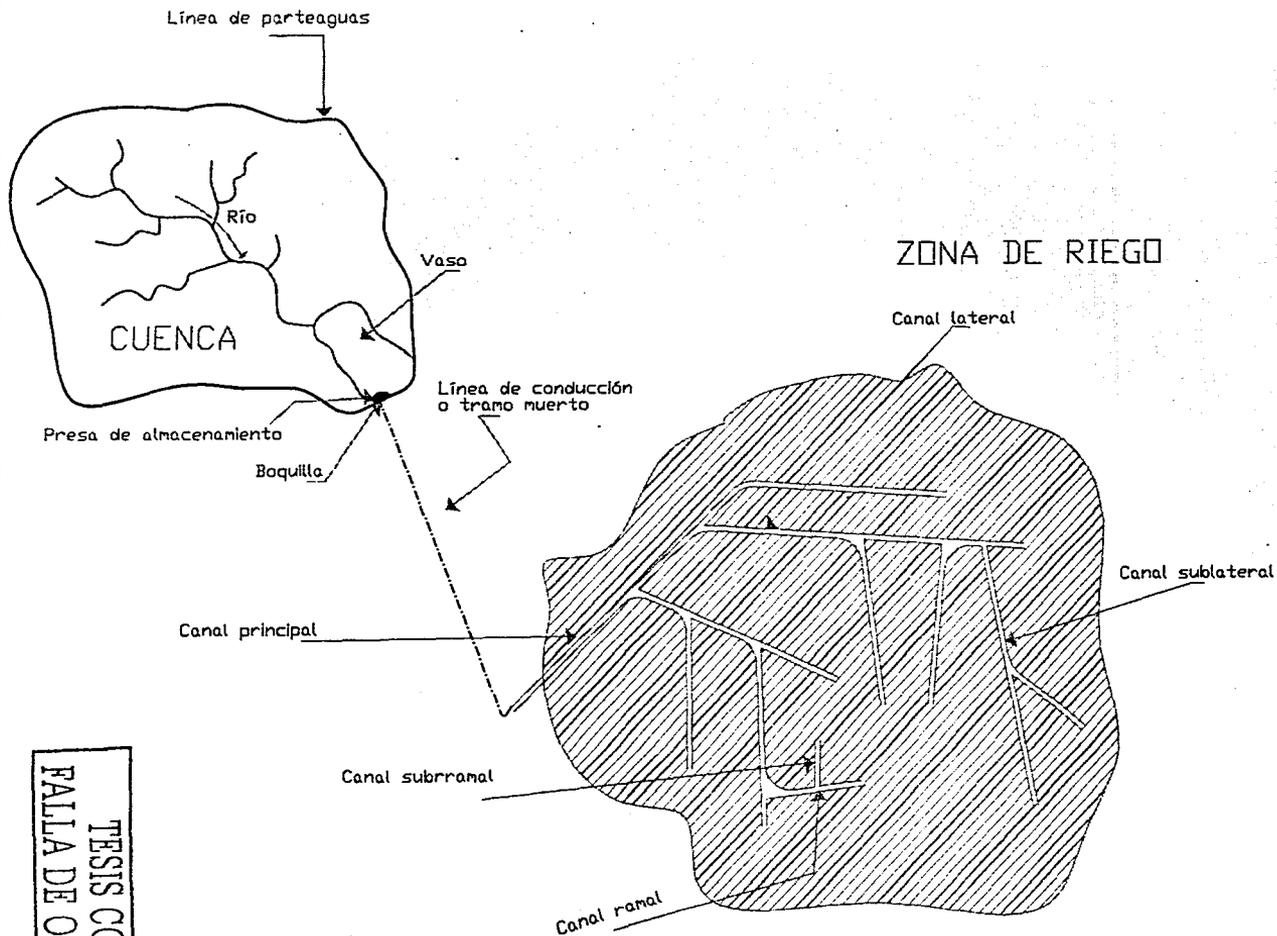
El drenaje es el elemento más importante del saneamiento de los suelos alcalinos y salinos, saturados de agua.

Sistema de Caminos: conjunto de vías necesarias para la operación y conservación del sistema de riego, así como para dar servicio a lotes y parcelas, facilitando la entrada y salida de insumos y productos de las cosechas. Por lo general se construyen en los bordos de los canales.

Los caminos se clasifican en:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

72A



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FIG. 4.2.1.1 APROVECHAMIENTO SUPERFICIAL.
Fuente bibliográfica: Presas de derivación SAG, 1981.

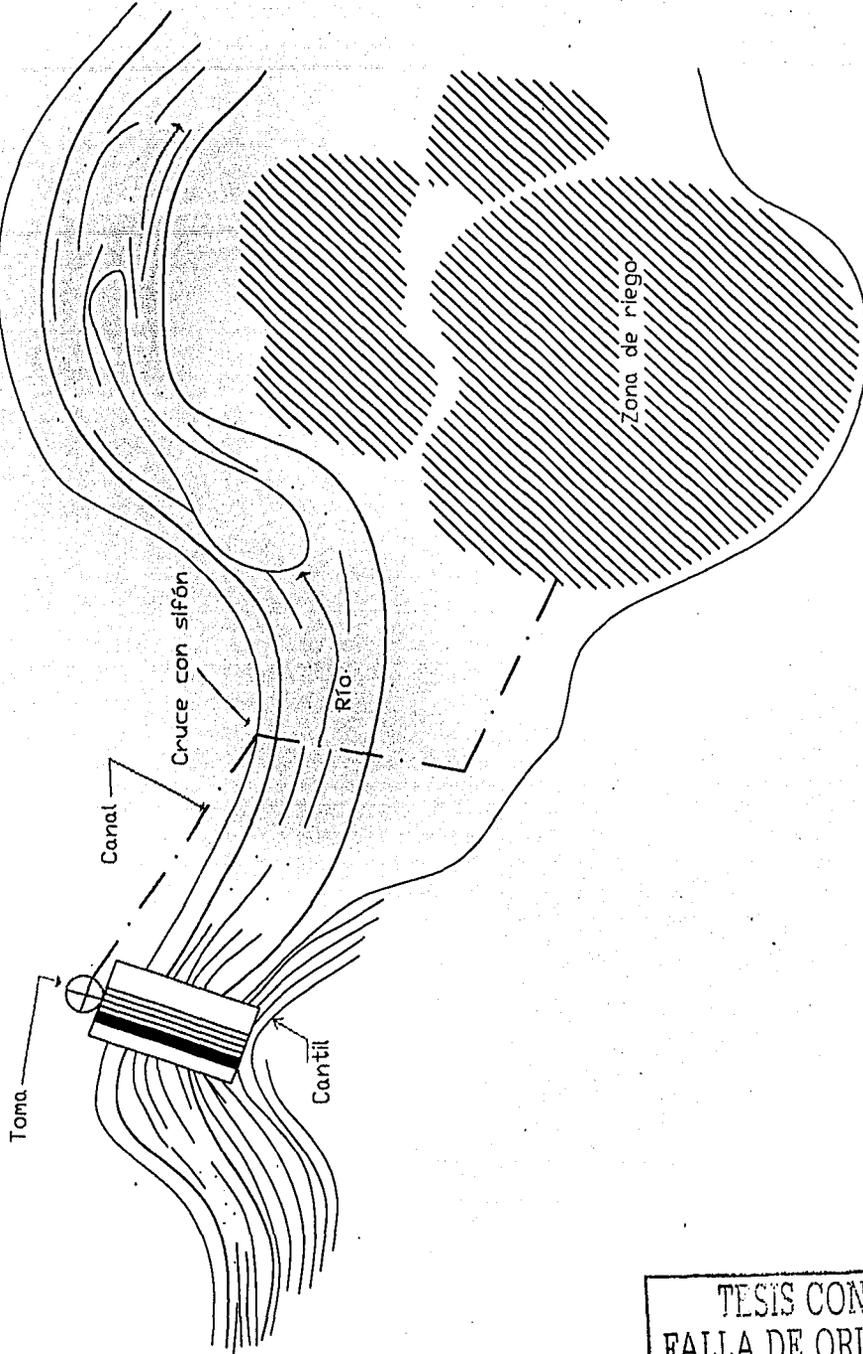


Fig. 4.2.1.2 Toma en la margen izquierda y zona de riego en margen derecha.
Fuente bibliográfica: Presas de derivación SARR, 1981.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Principales: con dos fajas de circulación revestidas, a lo largo de la corona del canal principal o en la forma más conveniente para la vialidad de la zona.
- Secundarios: constituidos por una faja de circulación conformada, a lo largo de la corona de los canales distribuidores.
- De enlace: con una o dos fajas de circulación revestidas, ligan a los caminos principales o secundarios, para formar circuitos.
- De acceso a las obras: comunican las *obras de cabeza* (*presas, pozos, lagos, lagunas*) como las de almacenamiento y las de derivación, las cuales por lo general se ubican fuera de la red.
- *Caminos de servicio*: intercomunica la zona de riego conectándola con el sistema vial más cercano de la región, para establecer contacto entre centros poblados, puntos de embarque y regiones de producción; constituido por una red de caminos que se alojan a lo largo de los caminos principales y distribuidores o bien se enlazan con estos formando circuitos cerrados.

Las *obras de defensa* contra inundaciones consisten generalmente de la rectificación y encauzamiento de las corrientes para aumentar la capacidad del cause o en bordes marginales de contención para proteger los terrenos de riego contra inundaciones.

Las plantas de bombeo son necesarias en donde los terrenos de cultivo a regar, se encuentran a desnivel superior que el de la captación. Según el fin que se persigue, una planta de bombeo puede integrarse de todas o de algunas de las siguientes partes integrantes:

- Captación u obra de toma.
- Conductos de alimentación.
- Tanque de sedimentación (amortiguador).
- Obra de succión o carcamo.
- Equipo de bombeo.
- Medidor de gastos.
- Tubería de descarga.
- Caseta de controles o de operación.
- Sub-estación eléctrica.
- Almacenamiento de combustible.
- Casa habitación del operador.

No es recomendable utilizar una sola unidad para satisfacer el servicio, aún teniendo el menor costo de adquisición y requerirse una estructura menos complicada; esto debido a que si no se dispone de otra unidad de igual capacidad de emergencia, el servicio tendría que suspenderse por una avería, inspección u otra razón, además, como la demanda es variable en los distintos meses del año trabajaría, con baja eficiencia.

En la **distribución por tubería** se utilizan conductos enterrados que se colocan adyacentes a los caminos y se pueden instalar siguiendo el perfil del terreno cuesta arriba y cuesta abajo si se conserva la tubería por debajo del **gradiente hidráulico**.

La carga de presión debe ser suficiente para entregar el gasto que se necesita en las parcelas, tomando en cuenta las pérdidas por fricción a lo largo de la tubería hasta el punto de entrega.

Se han formulado criterios de diseño para sistemas individuales abiertos o de baja presión y para sistemas individuales cerrados o de alta presión; cualquiera de ellos se puede utilizar siempre respaldado por el ingeniero analista, ya sea por gravedad o por bombeo.

En los sistemas abiertos, se utilizan tuberías de baja presión que unidas a cajas distribuidoras y **pozos de registro**, localizadas a intervalos regulares a lo largo de las tuberías, proporcionan riego directo a cada lote por medio de **tomas granjas** adosadas a las cajas distribuidoras.

Normalmente los sistemas de alta presión operan con una carga que corresponde a la elevación de la superficie del agua en la entrada a la red de distribución, o con carga creada por bombeo. Toda la tubería se diseña para resistir las presiones debidas al nivel estático en la entrada, más una presión adicional por el golpe de ariete causado por los cierres de válvulas.

En general el sistema cerrado es más fácil de operar y requiere menos operadores que el sistema abierto o de baja presión.

4.3 Obras complementarias

En las presas derivadoras, las obras complementarias que podemos mencionar para el rango de nuestros proyectos, son generalmente los muros de encauzamiento y obras de seguridad en el canal principal, zamepados en las descargas y revestimiento en las laderas (figuras 3.6.7, 3.6.7.1, 3.6.9, 4.2.1).

Obra de seguridad en el canal principal:

- limitador de gastos sin pantalla
- limitador de gasto con pantalla

Aun cuando se deba tener un control y vigilancia en la operación de las derivadoras, no se descarta la posibilidad de que estando abiertas las compuertas de la obra de toma se presente una o varias avenidas en el río. Esto ocasiona que por las compuertas entre un gasto mayor que el gasto normal de derivación, debido a que la carga hidráulica sobre el orificio aumenta, al aumentar el tirante de agua en el río.

Prever este gasto es importante, ya que el canal de riego se diseña para la capacidad de derivación normal en la toma y un caudal mayor ocasionaría su derrame y posible deterioro al rebasar el bordo libre que se le asigna a cada canal, por otro lado, económicamente no sería conveniente darle al canal principal una capacidad igual a la del gasto máximo porque resultaría de dimensiones relativamente grandes e innecesarias.

Por lo anterior se acostumbra proyectar una estructura que limite el gasto en el canal, evitando con ello las posibilidades de daños y perjuicios, aguas debajo de este limitador. Desde luego antes del limitador de gasto, el canal deberá tener la conductividad del gasto máximo y por esto conviene localizar el limitador lo más cerca posible de la bocatoma.

Como la construcción de un limitador pudiera provocar un fenómeno de remanso que afecte a la bocatoma, es recomendable prever o evitar este efecto en el diseño localizando adecuadamente estas estructuras.

El desfogue de un limitador de gasto se efectúa en el mismo río del aprovechamiento y a veces en un arroyo tal vez aledaño y es recomendable en cualquier caso, guiar la descarga con cuidado para no ocasionar erosiones o socavaciones, pues de suceder esto se estará desvirtuando el objetivo del limitador ya que se tendrían perjuicios en el canal o en la zona de la estructura limitadora; de ser así se puede considerar la proyección de estructuras deflectoras.

Otras obras complementarias se construyen para administrar y operar las obras básicas dentro de la zona de riego y son las siguientes:

- 1) *Edificio para administración:* aloja la administración de las obras, incluye actividades que desarrollan una agricultura tecnificada, su tamaño y lo que contenga depende de la magnitud de la zona. Ubicada en una población cercana que cuenta con todos los servicios. Controla la contaduría, agencia de compras y el almacén.
- 2) *Casa para operadores:* se construye a lo largo de los canales principales e inmediaciones de las derivaciones de los canales laterales, los desfuegos, cruzamientos importantes, y en puntos clave que requieren atención y vigilancia constante.
- 3) *Estación de aforo y meteorología:* cuenta con estructuras necesarias para realizar completamente la hidrometría, tanto del sistema de distribución, como del drenaje en general, para determinar reparaciones o adaptaciones al sistema y optimizar su funcionamiento. Tanto en el canal principal como en los distribuidores, debe contar con estructuras aforadoras, localizadas convenientemente para medir gastos en los puntos clave. Para operar el sistema y la dotación a los usuarios, así como registrar pérdidas por conducción y distribución no es común construir estas obras sobre los canales.
- 4) *Sistema de intercomunicación:* la zona debe de proveerse de una red de intercomunicación telefónica que cuente con una central en la oficina de administración, la cual se extienda a las casas de los

operadores e incluya equipos móviles en los vehículos del personal encargado de la operación, para comunicar constantemente a todo el sistema.

- 5) *Centro electrónico de procesamiento*: la administración del sistema se integra, por un centro electrónico, encargado del procesamiento de la más amplia y variada información que se genera dentro de la zona de riego como, padrón de usuarios, operación coordinada de las obras, evolución de los suelos como resultado del riego, variación de los niveles freáticos y de los diferentes grados de productividad; según las condiciones topográficas y climatológicas, así como la textura de los suelos de cada porción de la zona.

4.4 Impacto ambiental

El estudio de evaluación del impacto ambiental de la obra hidráulica tiene como objetivo mitigar los efectos no deseados en las fases previas, durante y posterior a la construcción, ya que la filosofía ambiental es preventiva no correctiva.

El estudio de evaluación del impacto ambiental de la obra hidráulica tiene como objetivo mitigar los efectos no deseados en las fases previas, durante y posterior a la construcción, ya que la filosofía ambiental es preventiva no correctiva.

En cumplimiento con la *legislación ambiental vigente*, la Comisión Nacional del Agua (C.N.A) promueve la realización de los estudios de impacto ambiental de aquellas obras de infraestructura hidráulica que por sus características, pueden ser generadoras de impactos ambientales.

El nivel de detalle que han de presentar estos estudios, está en función de varios factores, como son el tipo y la magnitud de la obra, así como su ubicación geográfica, ya que de ello dependerán los impactos potenciales que pudieran causarse en los aspectos físicos, biológico, social y económico, así como los derivados por la competencia del uso del suelo y del recurso hídrico, entre otros aspectos.

Para identificar y evaluar con un alto grado de confiabilidad los impactos que se esperan para la ejecución y operación de los proyectos, la legislación vigente en materia de impacto ambiental, ha determinado (apartir de mayo 2000) dos modalidades de manifestación (regional o particular), antes del 2000 eran tres (general, intermedia y específica); basados en el nivel de detalle que se requiera considerando un proyecto determinado.

Así mismo, el Reglamento de la *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente* en materia de evaluación de Impacto Ambiental establece que aquellas obras que a juicio del proponente no causen desequilibrios al ambiente, ni rebasen los límites permisibles, podrán solicitar la autorización en materia de impacto ambiental, mediante la presentación de un informe preventivo.

El impacto ambiental de las obras hidráulicas se incluyó por primera vez en 1975 en el *plan nacional hidráulico*; para mantener un gasto de garantía actualmente conocido como *caudal ambiental, ecológico o de conservación*.

Existe la necesidad de garantizar cierta cantidad de agua como reserva para la conservación ecológica de las cuencas.

De acuerdo al *método de Tennant* para el cálculo del caudal de reserva ecológico, identificado en el proyecto "Guía de aplicación de los métodos de cálculo de caudales de reserva ecológica en México" 1999 realizado por la C.N.A y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (I.M.T.A), recomendándose que se debe reservar al menos el 10% del caudal medio anual en cada corriente. Sin embargo en cada caso de solicitud de aprovechamiento de aguas superficiales, se debe elaborar un estudio específico para establecer los requerimientos hídricos mínimos para la conservación de los ecosistemas de la zona en cuestión.

En cuanto a la contaminación de las corrientes, suelo y aire los mayores problemas están asociados al uso de agroquímicos y en menor grado a la desaparición de las especies de flora y fauna, pues estas emigran a zonas cercanas.

Actualmente se requieren estudios que muestren qué tanto son afectados los ecosistemas al desbalancearlos a causa de las extracciones que se le realice al río, así como el daño que puedan ocasionar las obras durante su construcción, operación y mantenimiento.

En las presas derivadoras el nivel de alteración ecológica puede no ser tan drástico como en una presa de almacenamiento.

Objetivo: sustentar la no presencia de impactos ambientales significativos en el ambiente, derivados de la ejecución del proyecto, así como mostrar que con la operación del mismo no habrán de rebasarse los límites o condiciones establecidas para preservar el entorno.

Alcances: descripción y presentación de las obras y acciones que comprende el proyecto, en sus etapas de: construcción, operación y mantenimiento de las obras proyectadas.

Se requieren señalar los requerimientos de: superficie, materiales y recursos que se habrán de utilizar, como mano de obra, maquinaria y equipo, así como los demás insumos que se requiera para la construcción del proyecto.

Para el logro de lo anterior, es menester cumplir con lo siguiente:

1. *Datos generales*

- Nombre de la empresa u organismo solicitante
- Domicilio para oír y recibir notificaciones

1. *Ubicación y descripción general del proyecto*

- Nombre del proyecto
- Ubicación
- Objetivos
- Justificación
- Naturaleza del proyecto
 - Descripción general del proyecto
 - Capacidad (para almacenar, bombear y/o conducir)
 - Superficie beneficiada
 - Usuarios beneficiados
 - Inversión requerida
 - Vida útil del proyecto
 - Programa del trabajo
 - Obras para la preparación del sitio
 - Obras y servicios de apoyo
 - Requerimientos de mano de obra
- Superficie requerida para la obra (de las obras básicas como de las complementarias en su caso, la de los bancos de materiales, incluyendo el área a inundar, a incorporar al riego, o que será ocupada por las obras de infraestructura)
- Uso actual del suelo
- Tenencia de la tierra
- Normas y regulaciones sobre el uso del suelo
- Vías de acceso

Requerimientos del proceso constructivo y operativo del proyecto:

- Maquinaria y equipo
- Recursos naturales del área que serán aprovechados
- Requerimientos y fuentes de suministros de energía eléctrica
- Requerimientos de agua
- Generación de residuos

2. *Conclusiones.*

En esta parte se deberá hacer y presentar un análisis global del proyecto, para sustentar los criterios que muestren que no habrá afectaciones potenciales al ambiente, con la ejecución de las obras planteadas.

PRODUCTO A ENTREGAR

El estudio, con los resultados obtenidos, será presentado en una memoria final que incluya como anexos, los planos, figuras, tablas, fotografías, video grabaciones y además apoyos ilustrativos, tendiente esto a dar una visión clara y objetiva del entorno estudiado y del trabajo realizado, incluyendo las conclusiones y recomendaciones finales. La memoria final debe entregarse con un resumen ejecutivo al principio de cada copia.

4.5 Factibilidad técnica y social

Apoyos institucionales y de organización

Mediante el análisis de los elementos que aportan los estudios agrológicos, agroclimatológico, hidrológico y uso actual principalmente, en lo que se refiere a los factores y recursos para la producción; deberá formularse el programa de desarrollo agrícola considerando para ello la mejor alternativa con los cultivos de arraigo en los productores y posibilidades de desarrollo económico, para lo cual se debe calcular la utilidad por hectárea de cada uno de ellos basándose en los cálculos de costo de producción, precios de las cosechas y rendimientos esperados.

En forma adicional se definirán los jornales requeridos, equipo agrícola e insumos principales, créditos e infraestructura de apoyo para la implementación del proyecto, además de incluir en este apartado la **topología** de los productores y los modelos de finca o parcela.

Será necesario describir las relaciones interinstitucionales en los procesos productivos, analizando las características en cuanto a cobertura y servicios de cada institución; respecto a la organización se deberá describir el estado actual y grado de desarrollo ligado a las actividades productivas, desde la estructura ejidal y pequeños propietarios, hasta organizaciones más complejas como asociaciones ejidales o rurales de interés colectivo.

Considerando los resultados del inventario de la infraestructura productiva, de servicios de apoyo e hidráulica, reseñar los problemas y causas en el manejo y uso de las instalaciones y su repercusión en la producción. De acuerdo con los análisis estadísticos y conforme a la descripción de las labores culturales que imperan en el área de proyecto, será necesario señalar los problemas que inciden en la producción, tales como rendimientos agrícolas, insumos aplicados, intensidad de uso de suelo, además de problemas derivados en cuanto a la rentabilidad de cultivos, canales de comercialización, etc.

Bajo las características que prevalezcan en cuanto a apoyos institucionales y de organización, deberán señalarse los principales problemas en cuanto a la cobertura y oportunidad con que se otorgan los servicios, interrelacionando estos factores, con las características que prevalezcan en la organización de los usuarios, diagnosticando si la organización actual es un factor que impide o bien propicia el desarrollo de estos servicios. Referente al pronóstico que pudiera prevalecer en la zona al no efectuarse el proyecto, se analizarán los factores cuya influencia haya sido decisiva en los procesos productivos en relación con el deterioro que éstos mismos experimenten a través del tiempo; además la descapitalización de los productores al no existir estímulos de inversión, referenciando estos conceptos al deterioro que sufrirían en los niveles de ingreso y bienestar al no llevarse a cabo el proyecto.

Organización para la producción

En términos generales el aspecto organización se puede subdividir en los siguientes grandes apartados: para la operación, conservación y aspectos productivos.



Asistencia técnica

Considerando los resultados de los diferentes apartados ligados a los procesos productivos institucionales y de organización, deberá describirse las actividades para desarrollar las modalidades de asistencia técnica y transferencia de tecnología para aspectos productivos y para el uso eficiente del suelo, agua e infraestructura. Lo relativo a la investigación agrícola aplicada a los aspectos agronómicos, riego y drenaje en función de la relación agua-suelo-planta, fertilidad de suelos y salinidad, así como lo relativo al manejo post-cosecha.

Comercialización

Deberán señalarse las acciones que permitan un adecuado manejo de los productos agropecuarios en función de las características especiales para los productos perecederos, además se señalarán los tiempos probables para la venta de estos productos. Por otra parte se mencionarán los agentes mínimos indispensables para colocar el producto de las parcelas a los mercados potenciales, incluyendo como una alternativa a los propios productores; siempre y cuando resulte viable para ellos.

Aspectos Institucionales

Como medida de apoyo a la estructura productiva y en función de la organización para la producción, deberán señalarse las instituciones que deben intervenir durante el desarrollo y puesta en operación de la zona beneficiada, indicando la cobertura y los tiempos en que deben proporcionar los servicios.

En síntesis en México, la comercialización de los productos agrícolas se encuentra completamente desorganizada y es anárquica, realizándose mediante diversos mecanismos en los que raramente interviene el productor.

Por otro lado, el estado interviene directamente en la comercialización de los productos del agro creando un "monopolio oficial" que determina el precio de los productos sin tener en cuenta al productor; por el contrario, "castiga" el pago de las mercancías por diversas causas. Los trámites de compraventa de las cosechas son tardados, dando lugar a que los productores deban esperar varios días, y hasta semanas, para recibir el pago de su producción (ver tabla 3.2.1).

La comercialización de la producción exige un transporte extensivo y eficiente, lo que crea utilidad de espacio porque el valor de un producto aumenta con el traslado de una región de excedentes a otra de escasez. El almacenamiento produce utilidad de tiempo, lo que es necesario para retener los abastos durante largos periodos a fin de asegurar una disponibilidad constante en los centros de distribución.

El ajuste se interfiere por la acción especulativa de los intermediarios y acaparadores quienes tienen determinado control sobre la oferta.

Los grandes comerciantes captan la producción de los agricultores capitalistas, y los medianos y pequeños comerciantes adquieren principalmente la producción de los campesinos.

Los beneficios generales derivados de un proyecto de desarrollo agropecuario puede comprender los beneficios sociales, una mejor distribución de los ingresos, la reducción del desempleo, un mejor nivel de nutrición y niveles de vida más altos; deberá describirse cada uno de estos aspectos, y cuando sea posible, cuantificarse. Todos los requisitos legales de las dependencias locales, estatales, federales o de la propiedad deben determinarse con anticipación y ceñirse a ellos. En muchos casos la presa solo podrá ser construida con las limitaciones establecidas por estas dependencias de control.

5 FACTIBILIDAD ECONÓMICA

Definiremos una evaluación económica como aquella en que se miden los costos y los beneficios de una propuesta, es decir, se evalúan los méritos de un proyecto y, en ocasiones, incluye la interrelación entre el proyecto y el sistema económico en el que se desarrolla.

El análisis financiero se ocupa de evaluar el proyecto tomando en cuenta el origen y las condiciones en que se obtienen los recursos financieros para materializar una propuesta y la factibilidad de pagar esos recursos con los beneficios que genera el proyecto y otras fuentes de ingreso. Puede ocurrir que una propuesta de inversión sea atractiva desde el punto de vista económico, pero que no sea factible conseguir los recursos financieros necesarios para ponerla en práctica.

La evaluación económica de un proyecto puede considerar dentro de sus costos lo correspondiente a su financiamiento, pero un análisis estrictamente financiero no puede tomar en cuenta aspectos que se incluyen en algunas evaluaciones económicas, como los beneficios debido a la mejor distribución del ingreso entre la población o la mejoría en las condiciones de salud pública, pues además de que no son fácilmente cuantificables, no constituyen una fuente de ingresos directa al proyecto para el pago de los créditos contraídos.

En lo relativo a la evaluación económica se deberán mencionar los criterios adoptados para el análisis de los precios de cuenta, tanto de los costos como de los beneficios, con los cuales se presentarán los flujos respectivos durante el horizonte de planeación analizado; es importante resaltar que dentro de este apartado deberán de describirse los procedimientos técnicos utilizados para efectuar la conversión de precios de mercado a precios de cuenta, indicando por otra parte la afectación que se lleva a cabo en los costos unitarios de producción para fines de evaluación, como es el caso de los intereses, las *cuotas* del agua y el porcentaje de aporte de mano de obra del propio productor.

La alternativa más económica es factor decisivo para su localización; esta puede comprender un sitio alejado al centro de consumo del agua, presentando una longitud de conducción larga y un dique de poca altura, o la localización de un sitio cercano con una conducción corta y un dique de mayor altura.

5.1 Costos y beneficios

Flujo de costos y beneficio

La relación beneficio/costo (B/C) es el cociente que resulta de dividir los beneficios actualizados a una fecha establecida (utilizando la tasa de oportunidad) entre los costos actualizados a esa misma fecha y con la misma tasa de descuento. Es una medida de la rentabilidad de un proyecto que indica cuanto reditúa cada unidad monetaria invertida en él. Si B/C es mayor que la unidad el proyecto es rentable, pues por cada unidad invertida se recupera una cantidad mayor; por el contrario, si B/C es menor que la unidad, quiere decir que el proyecto no es rentable. Si B/C es igual a la unidad, el proyecto no proporciona ganancias ni implica pérdidas.

$B/C = \text{Beneficios actualizados} / \text{Costos actualizados}$.

La evaluación económica, además de tratar los factores relacionados con el comportamiento de los costos y beneficios que se esperan obtener, debe revisar la interrelación entre el proyecto y lo que lo rodea, contemplando la evaluación de los impactos económicos y ambientales, incluidos los efectos sobre los recursos naturales y la sociedad, en toda la nación, región o microregión.

La evaluación de anteproyectos de inversión consiste en comparar, mediante una balanza, todas las ventajas o beneficios que proporciona una determinada propuesta de solución, contra todos los costos o desventajas que implica el aprovechamiento de los recursos que demanda esa propuesta. Para cada propuesta se registra hacia

PROGRAMA DE INVERSIONES

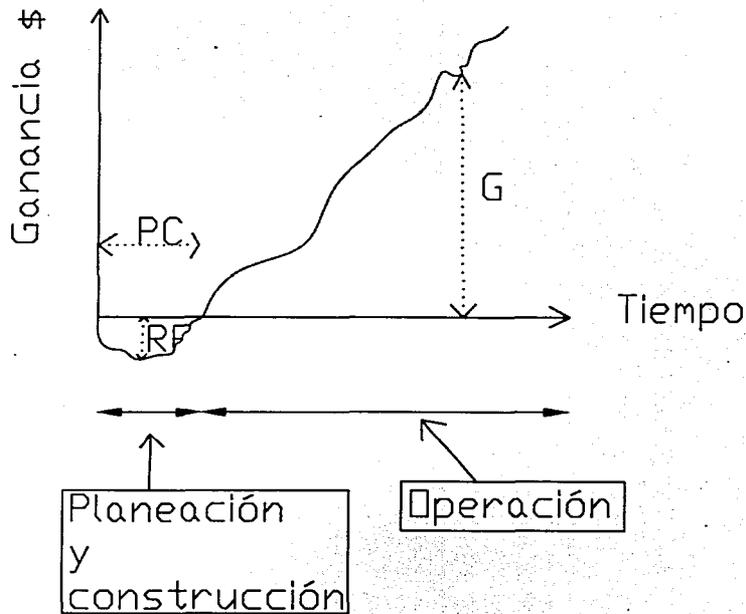
CUADRO No.5.1.1

CONCEPTO	IMPORTE (N\$)	AÑO 1 (N\$)	AÑO 2 (N\$)	AÑO 3 (N\$)
1.-OBRAS BASICAS	30,164,707	4,403,089	13,943,047	11,818,571
PRESA DE ALMACENAMIENTO	22,015,443	4,403,089	11,007,722	6,604,633
PLANTA DE BOMBEO (OBRA CIVIL)	1,672,435			1,672,435
ZONA DE RIEGO	5,870,651		2,935,326	2,935,326
EQUIPO ELECTR. Y LINEA ELECTRICA.	606,178			606,178
2.-TRABAJOS PREAGRICOLAS	72,000			72,000
3.-INDEMNIZACIONES	623,050	623,050		
4.-OBRAS COMPLEMENTARIAS	480,000	480,000		
RESIDENCIA	50,000	50,000		
CAMINOS DE ACCESO	430,000	430,000		
SUMA TOTAL	31,339,757	5,506,139	13,943,047	11,890,571
INGENIERIA Y ADMINISTRACIÓN (10%)	3133975.7	550613.9	1394304.7	1189057.1
IMPREVISTOS (15%)	4700963.55	825920.85	2091457.05	1783585.65
I.V.A (15%)	4700963.55	825920.85	2091457.05	1783585.65
TOTAL	43,875,660	7,708,595	19,520,266	16,646,799

Fuente bibliografica: Planeación Análitica del Proyecto de la Zona de Riego en Huejotepic, Pue.
Morales Jiménez Elizabeth, campus ACATLAN; 1995.

79A

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



DONDE:

PC= Tiempo requerido para recuperar la inversión (período de cancelación).

G= Ganancia neta (\$).

RF= Recursos financieros (\$).

FIG. 5.1.2 HISTORIA DE UN PROYECTO EN FUNCIÓN DE LA GANANCIA QUE PRODUCE

Fuente bibliográfica: Elementos para la evaluación de proyectos de inversión
Bolívar Villagómez Héctor; UNAM, 2001.

que lado se inclina el fiel de la balanza y repitiendo este ejercicio para todas las propuestas planteadas, se selecciona aquella cuyo saldo sea más favorable.

Para que la balanza mida correctamente, es necesario que el fiel sea adecuado y que no omitamos ningún elemento en uno u otro lado de la balanza, para ello es indispensable una metodología que permita comparar sobre una base común y justa los proyectos de inversión que evaluamos.

Dichas evaluaciones son útiles para quien realiza proyectos del mismo tipo de manera continua, se puede obtener información de proyectos ejecutados anteriormente, derivando de ese análisis conclusiones acerca de las experiencias ganadas y así mejorar las condiciones en que se realicen proyectos a futuro.

En muchas ocasiones los elementos intangibles se convierten en los factores clave para la toma de decisiones; por ejemplo, cuando prevalece el criterio de equidad social en la evaluación final de un proyecto.

Si bien los beneficios son muy importantes, la evaluación de un proyecto de inversión debe contemplar todas sus ventajas y desventajas y por ello debe incluir todos sus costos, que constituyen el contrapeso de los beneficios y sin los cuales el proyecto no será factible.

La preocupación con los costos es no omitir, o subestimar alguno, independientemente de que aparezca o no en forma explícita.

En la figura 5.1.2 la ganancia es negativa durante las etapas de planeación y construcción, pues en ellas solo se hacen gastos, el proyecto no reporta ingresos. En general, cuando se inicia la operación se obtienen ingresos y se recupera la inversión. Si el proyecto es bueno seguirá produciendo ingresos y se obtendrá una ganancia neta G . la ordenada RF representa el total de recursos financieros que se requieren para materializar el proyecto y la abscisa ***PC (periodo de cancelación)*** representa el tiempo total para la recuperación de la inversión, se le conoce como periodo de recuperación o cancelación. De aquí la importancia de la planeación y de las etapas posteriores.

Los costos y beneficios de un proyecto se dan a lo largo del tiempo y dado que no es lo mismo un peso de hoy que uno de hace dos años o un peso dentro de dos, no es posible comparar simplemente los costos y los beneficios sin tomar en cuenta el valor del dinero en el tiempo.

Las inversiones mal realizadas o de mala calidad, comprometen nuestra eficiencia en el uso de nuestros recursos y anulan el desarrollo de otro campo o área.

A continuación el análisis de **costo mínimo** de una tubería con bombeo; incluye el costo de la instalación, operación y mantenimiento del equipo de bombeo; En el sistema de bombeo ocurre que:

a) Si el tubo es de diámetro muy pequeño se dificultará el flujo, pues se incrementarán las pérdidas de fricción y entonces se requerirá una bomba con una potencia relativamente mayor; el costo de la tubería y su instalación será relativamente bajo, pues es de diámetro pequeño, pero el costo de la bomba, su instalación y operación será relativamente elevado, pues es de gran potencia.

b) Si se elige un tubo de gran diámetro, las fuerzas que se oponen al movimiento del flujo serán pequeñas, la bomba, su instalación y operación será relativamente menos costosas, pero el costo de la tubería y su instalación será relativamente mayor.

El problema consiste en encontrar la combinación de potencia de la bomba y diámetro de la tubería que haga que los costos de inversión, operación y mantenimiento sean mínimos.

La variable común con la que las componentes de costo varían en sentido contrario o inverso es el diámetro de la tubería; y las variables de costo son el costo de la tubería y del bombeo, incluidos en este último la instalación del equipo y su operación. Después, es necesario encontrar el diámetro de la tubería que haga mínimo el costo total.

Para un sistema de bombeo se ha encontrado que el costo de la tubería en función del diámetro está definido por la expresión: $C. \text{ tubería} = 314.16D$ (D en pulgadas y C en pesos) y que el valor presente (para una Tasa Máxima de Recuperación de 10%) del costo de la instalación, operación y mantenimiento del equipo de bombeo está dado por la expresión: $C. \text{ bombeo} = 60,000/D^2$ (D en pulgadas y C en pesos). Se desea encontrar el diámetro económico, esto es el diámetro que haga mínimo el costo total.

La solución analítica se obtiene mediante el cálculo diferencial según lo siguiente:

$$CT(D) = C. \text{ tubería} + C. \text{ bombeo} = 314.16D + 60,000/D^2$$

$$CT'(D) = 314.16 - 120,000/D = 0$$

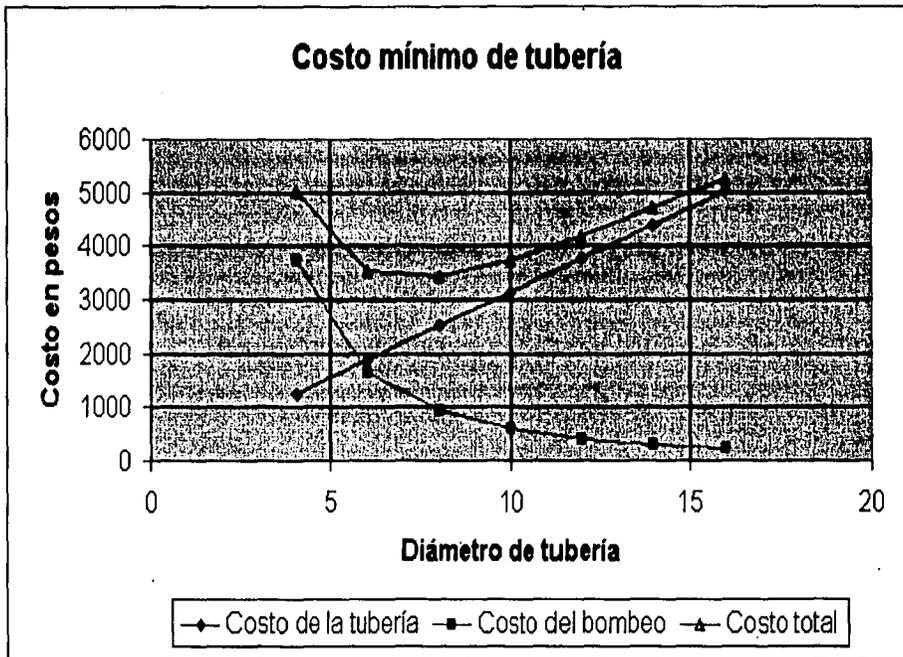
De donde el diámetro económico es de 7.25"

Fig. 5.1.3 Ejemplo de costo mínimo, gráfica y analíticamente.

Costo mínimo de tubería

Diámetro de la tubería en pulgadas	Costo de la tubería (\$)	Costo del bombeo (\$)	Costo total (\$)
4	1257	3750	5007
6	1885	1667	3552
8	2513	938	3451
10	3142	600	3742
12	3770	417	4187
14	4398	306	4704
16	5027	234	5261

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Fuente bibliográfica: Elementos para la evaluación de proyectos de inversión. Héctor Bolívar Villagómez, 2001

5.2 Antepresupuesto

Una vez determinados los requerimientos para obras básicas (cortina, vertedor, obras de toma, zona de riego, tratamiento de la cimentación, etc.); obras complementarias, trabajos preagrícolas, operación y mantenimiento, etc., se proceden a describir las características del antepresupuesto, el cual deberá especificar costos de materiales de construcción y acarreo, costo de la supervisión de las obras y mano de obra necesaria durante el tiempo de construcción, así como el costo de instalaciones y adaptaciones adicionales, imprevistos, etc. Lo anterior deberá estar conforme al catálogo, autorizado por la dependencia.

Se elaborará un resumen del presupuesto donde se contemplen los conceptos que intervienen en el mismo, indicando la fecha a que corresponden los precios unitarios utilizados para su elaboración y la fuente de la que se obtuvieron.

En función del *programa de inversiones*, se deberán elaborar los requerimientos del capital conforme las necesidades de avance de los trabajos de construcción, también indicando al final la fecha a que corresponden los precios unitarios utilizados para su elaboración; dicho programa se traducirá en un diagrama de Gantt que definirá el *cronograma* de las obras (cuadro 5.1.1).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5.1 Financiamiento de la obra

Un proyecto es de carácter social si el precio o al menos una parte, será pagado por la comunidad a través de impuestos o subsidios.

En la planeación o planificación de una nación se encuentran relacionados otros elementos de la planeación cuyos objetivos son más amplios. Estos elementos son: programa, plan de inversión y sistema económico.

El *sistema económico* se define como el marco de referencia para la "formulación de planes" (nacional, estatal o municipal) los cuales a su vez derivan en la "instrumentación" de programas regionales o sectoriales, que se "concretan" mediante los resultados obtenidos a través de los proyectos de inversión.

El estudio o **análisis financiero** se ocupa de analizar las posibles fuentes de los recursos para realizar el proyecto y la forma en que se aplicarán dentro del mismo esto es, se analiza el origen y destino del financiamiento. También se revisa la capacidad de pago del proyecto y se estudia la relación del proyecto y los recursos disponibles, con la capacidad de pago y las condiciones financieras del individuo, empresa o institución que realiza el proyecto de inversión.

Precio de cuenta: para evaluar las consecuencias indirectas del proyecto debe hacerse una comparación entre la situación creada por la realización del proyecto contra la situación que prevalecería si no se llevara a cabo. Una manera de hacerlo es mediante el uso de los precios de cuenta (precios contables, precios fantasma o precios sombra).

El precio de sombra se utiliza para referirse a las distorsiones que se presentan en los precios de mercado, de bienes y servicios, en lo que respecta a los precios de mercado reales y a su valor económico real.

El uso de los precios de cuenta se fundamenta en la existencia de

... diversos precios de mercado en especial los relativos a los "factores de producción" (capital, trabajo, divisas) que a menudo divergen del "valor intrínseco o precios de cuenta" que prevalecerían si: a) si el programa de inversión se llevase realmente a cabo y b) si existiese equilibrio en los mercados antes mencionados.

Para la aplicación de los precios de cuenta se utilizan las *razones de precios de cuenta* (RPC) las que se calculan para cada tipo de bien o servicio y que son los factores por los que se debe multiplicar el precio de mercado para obtener el precio de cuenta; de acuerdo con esto, para un determinado bien o servicio se tiene que:

$$\text{Razón de precio de cuenta (RPC)} = \frac{\text{Precio de cuenta}}{\text{Precio de mercado}}$$

El precio constante de un bien es su precio referido a un momento definido en el tiempo. Cuando se sospecha que un bien está sobrevaluado o subvaluado al valor estimado, que se supone real, se le conoce como *precio sombra* del bien o servicio.

El precio corriente (precio de mercado) de un bien es el precio del bien en el momento en el que se adquiere o se vende, es lo que efectivamente pagamos por el bien.

El precio corriente de un bien incluye a la inflación experimentada a lo largo del tiempo en cualquier momento y el precio constante de un bien solamente incluye la inflación acumulada hasta el momento de referencia.

Entendamos por inflación al proceso en el que los precios de los bienes y servicios sufren un incremento generalizado y sostenido a lo largo del tiempo.

En los proyectos de inversión en general, se utilizan precios constantes referidos al momento en el que se realiza la evaluación. Esta simplificación se hace en virtud de que es prácticamente imposible prever el futuro, es decir, estimar la inflación futura para un determinado comportamiento económico.

Debemos tomar en cuenta que la inflación afectará tanto a los beneficios como a los costos.

Entre las excepciones se encuentran aquellos proyectos en que la mayor parte de los costos se dan en la inversión inicial durante el periodo de construcción, tal es el caso de una presa en la que la inversión inicial es elevada y los costos de operación y mantenimiento durante su vida útil son casi nulos; para estos casos se recomienda realizar un análisis de sensibilidad que permita visualizar el impacto de la inflación en la evaluación del proyecto.

Cuando en el análisis de un proyecto se utilizan precios históricos, para realizar la evaluación resulta necesario corregir esos valores incrementando (infracionando) o deflactando los precios de acuerdo con la inflación observada, desplazando las cantidades hasta el momento de referencia o base común, utilizando el criterio del interés compuesto.

El Estado al tener la obligación de velar por el bien común ha elaborado a lo largo del tiempo un cuerpo jurídico para regular la distribución del agua, fungiendo como árbitro entre los individuos y comunidades que la utilizan para consumo agrícola.

La Ley de Aguas Nacionales (LAN), marca los elementos para concesionar el agua que se quiera derivar de una corriente, surgiendo a su vez un *Registro Público de Derechos de Agua (REPA)*.

Consideraciones para el análisis financiero

Para estructurar la viabilidad financiera del proyecto será necesario demostrar que existen las condiciones de un mecanismo potencial para el incremento de la producción esperada, el cual resulte atractivo para estimular la participación de los productores; así mismo, se tendrán que presentar modelos de finca representativos por módulo, conformados a través de estratos de superficie, número de productores y cultivos de mayor densidad en cuanto a superficie programada así como a las restricciones que presenten las series de suelos dentro de las fincas tipo.

Resultados financieros

Con la finalidad de conocer las fuentes de los recursos y el uso de los mismos, deberán describirse los procedimientos para agrupar los conceptos que conforman por un lado los recursos monetarios otorgados a través de los préstamos a corto plazo para **avío agrícola** y la venta de los productos agrícolas principalmente; por otra parte señalar los egresos agrupados por usos, resaltando entre otros los costos de producción, amortización e interés del crédito, cuotas por operación y mantenimiento, así como de la recuperación de la inversión señalándose los criterios adoptados para el manejo de cada uno de los conceptos anteriores. Finalmente se presentarán los resultados obtenidos a través del Valor Presente Neto (**VPN**) y Tasa Interna de Rendimiento (**TIR**); para definir la capacidad de pago de los productos conforme a los modelos analizados.

Resultados económicos

Con los análisis a precios de mercado y a precios de cuenta, se deberán describir los resultados de los indicadores contenidos a través de la evaluación económica, para cada módulo y a nivel distrito de riego, tales como **valor presente neto**, **tasa interna de rendimiento** y relación beneficio-costos. Es importante resaltar que dentro de este análisis deberán mencionarse los cambios que experimenten los indicadores con los dos tipos de precios utilizados, señalando también las causas que provoquen esas diferencias.

En la figura 5.14 podemos observar un resumen de la *evaluación en los flujos financieros y económicos* para un proyecto de riego.

CASO DE ESTUDIO: Se trata de un proyecto agrícola en el que se propone dotar con un sistema de riego a una superficie que ahora se explota aprovechando solamente el agua de lluvia (temporal). Tanto en la explotación existente como en la de proyecto, con un sistema de riego, se cultivará arroz.

Para efectuar esta evaluación se realizan dos análisis:

- a) La empresa sin proyecto, esto es sin el sistema de riego.
- b) La empresa con el proyecto, es decir dotándola con un sistema de riego.

Las características de las dos opciones y sus diferencias son las siguientes:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- ✓ En la situación original la zona agrícola de temporal permite explotar 2,000 has, sembrándolas una vez por año (superficie cosechada) y obteniendo un rendimiento de 3.5 ton de arroz por ha.
- ✓ Cuando se cuente con la infraestructura de riego, la superficie en explotación será de las mismas 2,000 has, pero sembrándose dos veces al año, esto es cultivando hasta 4,000 has, y obteniendo un rendimiento de 4.5 ton de arroz por ha. Sin embargo, la utilización de la superficie y la ganancia en rendimiento será gradual en tanto se construye la infraestructura y el proyecto madura.
- ✓ La producción con el sistema de temporal se mantiene constante y ascendente a 7,000 ton de arroz por año. La producción al contar con el sistema de riego se eleva de 3,500 ton, en el primer año, a 18,000 ton a partir del año 2004.
- ✓ En ambos casos se obtienen ingresos por tres conceptos: la venta del producto, el premio (subsidio) que se logra por sembrar una cierta superficie (denominado PROCAMPO) y el premio que se gana por la producción obtenida (ACERCA).
- ✓ En el caso de la explotación de temporal no se requiere consumo de energía eléctrica, mientras que en el caso del proyecto de riego si existe el consumo de energía eléctrica, pues sería necesario instalar y operar una planta de bombeo para lograr el suministro de agua a partir de un río cercano.
- ✓ El costo por cultivo (siembra) y cosecha es proporcional al volumen de producción en ambos casos.
- ✓ Los costos por mantenimiento y administración son mayores para el caso de contar con sistema de riego, pues es necesario mantener y operar mayor infraestructura.
- ✓ La depreciación y amortización son mayores para el caso del proyecto de riego, pues se cuenta con mayores activos. Los gastos financieros también son mayores para este caso, pues se recurre a contratar más créditos para cubrir el costo de construir la infraestructura nueva.
- ✓ Para el caso de temporal, las inversiones y reposiciones representan un monto relativamente pequeño en comparación con el proyecto de riego, pues prácticamente no se introducen mejoras a la infraestructura. En cambio, cuando se opta por dotar con un sistema de riego a la zona agrícola, se requieren inversiones importantes en canales, drenes, caminos, sistemas de control, en la planta de bombeo, etc., además, es necesario hacer provisiones para la reposición de equipos e infraestructura según se vaya agotando su vida útil.
- ✓ En ambos casos se debe amortizar (pagar) un crédito existente, pero para contar con el sistema de riego es necesario contratar nuevos créditos para cubrir las inversiones necesarias.
- ✓ La utilidad neta que se obtiene con el sistema actual se mantiene de manera más o menos uniforme; en cambio con el sistema con riego, la utilidad neta crece de manera importante, aunque en los primeros años se generan pérdidas, mientras el proyecto madura.
- ✓ En los dos casos se considera que hay una aportación inicial equivalente al valor de las tierras e infraestructura disponibles al comienzo (capital de riesgo)
- ✓ El flujo de caja es positivo en los dos casos, situación satisfactoria, pero con el sistema de riego el saldo crece de manera importante. Vale la pena comentar aquí que el rendimiento supuesto para el sistema con riego es conservador, pues en otros proyectos ha llegado hasta las seis o siete toneladas de arroz por hectárea.
- ✓ El comportamiento del balance proforma (antes del balance definitivo) es adecuado para las dos opciones pero es mejor para el caso del proyecto del riego, aunque en los primeros años es mejor el de temporal.

TABLA 5.14 FLUJOS FINANCIEROS Y ECONÓMICOS

EVALUACIÓN FINANCIERA														
Año	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2014	2015	2016	2017	2018	2019
CON PROYECTO														
Flujo (Miles de pesos)	-11,181	-987	913	1,114	971	1,507	2,311	2,346	3,550	3,588	4,194	5,099	5,277	5,306
Tasa interna de retorno	14.53%													
Valor presente neto	5,732 (Miles de pesos)													
SIN PROYECTO														
Flujo (Miles de pesos)	-10,778	1,195	1,208	1,218	1,228	1,239	1,249	1,260	1,515	1,512	1,513	1,514	1,515	1,516
Tasa interna de retorno	10.88%													
Valor presente neto	657 (Miles de pesos)													
DIFERENCIAL														
Flujo (Miles de pesos)	-403	2,182	-295	-104	-257	268	1,061	1,085	2,035	2,075	2,681	3,585	3,762	3,790
Tasa interna de retorno	21.45%													
Valor presente neto	5,076 (Miles de pesos)													
EVALUACIÓN ECONÓMICA														
Año	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2014	2015	2016	2017	2018	2019
CON PROYECTO														
Flujo (Miles de pesos)	-15,250	-7,116	1,022	5,065	6,059	7,053	8,047	6,244	8,047	6,244	8,047	8,047	8,047	8,047
Tasa interna de retorno	22.03%													
Valor presente neto	26,075 (Miles de pesos)													
Beneficios actualizados	145,005 (Miles de pesos)													
Costos actualizados	118,930 (Miles de pesos)													
Relación Beneficio/Costo	1.22													
SIN PROYECTO														
Flujo (Miles de pesos)	-8,306	2,094	2,094	2,094	2,094	2,094	2,094	2,094	2,094	2,094	2,094	2,094	2,094	2,094
Tasa interna de retorno	24.98%													
Valor presente neto	8,916 (Miles de pesos)													
Beneficios actualizados	68,488 (Miles de pesos)													
Costos actualizados	59,572 (Miles de pesos)													
Relación Beneficio/Costo	1.15													
DIFERENCIAL														
Flujo (Miles de pesos)	-6,944	-9,211	-1,073	2,971	3,965	4,959	5,953	4,150	5,953	4,150	5,953	5,953	5,953	5,953
Tasa interna de retorno	20.82%													
Valor presente neto	17,159 (Miles de pesos)													
Beneficios actualizados	76,517 (Miles de pesos)													
Costos actualizados	59,358 (Miles de pesos)													
Relación Beneficio/Costo	1.29													

85A

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la tabla 5.14 se presentan los flujos financieros y económicos que se obtienen con cada opción y el diferencial que corresponde a la aportación neta del proyecto.

La TIR (Tasa Interna de Retorno) con la que colabora el proyecto es de 21.45%, esto es casi el doble de la que se obtiene en la situación actual. La TIR de la empresa con el proyecto es más del 30% superior a la TIR sin el proyecto. La relación beneficio entre costo es solamente 6% mayor con el proyecto que sin el proyecto y el valor presente neto es muy superior con el proyecto.

De los resultados obtenidos se concluye que ambas alternativas representan condiciones financieras "aceptables" para un proyecto agrícola, sin embargo solamente se recomendaría proseguir con el proyecto si es muy pequeño el riesgo de que las condiciones previstas se modifiquen en contra del proyecto. Esto es, si los costos estimados, los rendimientos agrícolas supuestos, los precios de venta y los premios (subsídios), no puedan cambiar de manera adversa y significativa. Si, por ejemplo, desaparecieran los premios la empresa no sería aceptable ni en la condición actual ni con el proyecto.

Análisis de sensibilidad

Se mostrarán los análisis de sensibilidad, cuantificando la capacidad de reacción del proyecto ante los posibles cambios de ritmos en la construcción, desfasando el periodo constructivo en mas de dos años con respecto al original; manejar escenarios en donde los beneficios permanecen constantes y los costos aumentan o disminuyen y en donde los costos permanecen constantes y los beneficios se incrementan o bien disminuyen.

Tal vez la forma más objetiva de visualizar la variabilidad y la sensibilidad de las bondades y puntos débiles de un proyecto, para el que no se puede estimar cuantitativamente los riesgos, es efectuar lo que se conoce como análisis de sensibilidad.

El análisis de sensibilidad, consiste en estudiar qué tan sensibles son los parámetros de la evaluación (B/C, Valor Presente Neto (VPN), Período de Cancelación (PC), TIR) ante cambios de las variables del proyecto (beneficios, costo, tasa de oportunidad, vida útil del proyecto). Se identifican cuales son las variables para las que los parámetros de la evaluación son más sensibles y se determinan los límites en los que el proyecto deja de ser redituable.

El análisis de sensibilidad se efectúa eligiendo un intervalo de las variables del proyecto, por ejemplo del 70% al 130% de los valores originalmente estimados, y se calcula para diferentes valores de cada variable en el intervalo elegido, por ejemplo 5% o 10%, el valor del parámetro en el que se desea verificar la sensibilidad del proyecto, por ejemplo la relación B/C.

Así, por ejemplo, cuando se estudia el comportamiento B/C ante cambios de los costos, las otras variables permanecen constantes según se estimaron originalmente; después se verifica el comportamiento de B/C para cambios en los beneficios, permaneciendo las otras variables como en la evaluación original, es decir, en cada análisis se aplica el criterio de *ceteris paribus* (permaneciendo lo demás constante). Se comparan los resultados de B/C obtenidos cuando se hicieron variar los beneficios y se determina, para un cambio porcentual igual en costo y beneficios, cual es el cambio experimentado por B/C. Finalmente se busca cual es el valor extremo de los costos y beneficios en el que B/C deja de ser atractiva, esto es cuando B/C resulta menor que uno.

El intervalo en el que se analiza cada variable no tiene que ser el mismo para todos; su elaboración depende de qué tanto se espere que una variable cambie de valor. Escoger el intervalo es función de la experiencia particular en el tipo de actividades que se están evaluando.

5.2 Redacción del informe de factibilidad

Con los resultados de los estudios topográficos, socioeconómicos, tenencia de la tierra, uso actual del suelo y agua, geológico, agrológico, materiales, hidrológico, impacto ambiental, ingeniería del anteproyecto y la evaluación económica y financiera, se formulará y editará el *documento integral del estudio de factibilidad*.



Conforme a la interrelación de los diferentes apartados procesados, concluir y efectuar las recomendaciones más importantes del proyecto, que deberán formar parte del informe final.

El proyectista realizará la entrega definitiva de la documentación generada en el estudio de factibilidad, independientemente de las entregas parciales que tenga que hacer para soportar los avances y regresará la información que la dependencia le haya prestado para el correcto desarrollo de los trabajos, con el correspondiente documento de entrega.

El texto de la integración del informe final deberá complementarse con cuadros, gráficas, figuras, planos generales, etc.

Si el estudio de factibilidad demuestra la viabilidad técnica y económica del proyecto, se procederá a la elaboración de la segunda etapa que comprende el estudio definitivo de bancos de materiales y el proyecto ejecutivo de la sobre elevación de la presa de almacenamiento.

Esta etapa a veces se le considera como una fase independiente, ubicada entre la planeación y la construcción, y en algunas ocasiones se le sitúa como la parte inicial de la construcción.

En caso de que no resulte atractivo el proyecto, se suspenderán los trabajos correspondientes al desarrollo del proyecto ejecutivo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6 CONCLUSIONES

Actualmente existe la necesidad cada vez mayor de captar el agua para ocuparla en irrigación, y el construir presas requiere la inversión de grandes sumas de recursos económicos que en México son reducidos, lo que nos obliga a realizar estudios de factibilidad para saber en donde construir una presa y que nos resulte benéfico y se pueda recuperar la inversión con seguridad en el menor tiempo posible.

La visita previa al sitio con la ayuda de agrónomos, geólogos, topógrafos, hidrólogos, sociólogos, la propia comunidad, etc., es el punto de inicio para iniciar las decisiones de factibilidad, en esta etapa con la gran experiencia de estas personas, el ingeniero encargado del estudio de factibilidad, tendrá las herramientas suficientes para poder iniciar los trabajos decisivos de factibilidad. Con lo anterior propone la alternativa de solución; la necesidad de captar el agua y conducirla hasta una zona de riego, en la cantidad requerida, de una manera segura y económica. Esto se realiza con la ayuda de información obtenida por varias dependencias, entre ellas el INEGI, CNA, CFE, UNAM, e IMTA, entre otras.

Al realizar los estudios en donde es demandada la infraestructura hidráulica para desarrollos agrícola podemos obtener los siguientes resultados:

Con el estudio hidrológico conocemos el volumen de agua que podemos captar, además de su calidad y su cantidad, con el estudio agronómico sabremos si los suelos en la zona de estudio (posible zona de riego) son aptos para cultivar, conoceremos las hectáreas posibles de utilizar para riego, este estudio es de vital importancia después del hidrológico, pues en él se calcula el gasto requerido (volumen demanda) para cubrir las necesidades de irrigación de las parcelas a regar (que por cuestiones económicas y si el terreno lo permite será conducida a gravedad hasta donde sea posible), de su estudio detallado dependerá, el posterior diseño de las estructuras principales (cortina, obras auxiliares, canales, etc.)

Se procede a ubicar topográfica y geológicamente la cortina (presa) y sus estructuras (obra de excedencias, obra de toma, obra de desvío), además de la conducción y distribución hasta la zona de riego. En el caso de no existir se realizan los levantamientos topográficos en la zona del vaso, boquilla y lugares en que se alojarán las estructuras y canales, además de la zona de riego; se realiza el estudio geológico y el de mecánica de suelos (sondeos en estos mismos sitios), se calculan las áreas de inundaciones creadas por el vaso, posibles indemnizaciones y el impacto ambiental que generará esta obra (de aquí la importancia de estos estudios).

El gasto necesario para las parcelas durante todo el año no es el mismo por lo que las estructuras de aforo y control son de gran utilidad para poder suministrar el agua en la cantidad conveniente según el tipo de cultivo al que se destine. Por esta razón se estudian las condiciones óptimas entre el sistema suelo-planta-agua que proporcione los mayores beneficios, esto en coordinación con un estudio económico del mercado que garantice que los productores puedan comercializar su producto en el mercado.

Se analizan varias alternativas en cuanto a economía, dimensiones y diseño de la presa, los planes de cultivos y las estructuras necesarias para una buena eficiencia de conducción y distribución; analizando los aspectos técnicos, sociales, políticos, económicos y ambientales.

En el anteproyecto, siempre por ser tan variadas las labores en estas grandes obras se tendrán varias posibles soluciones técnicas pero regirán las que se ajusten a los requerimientos deseados (seguridad, que sean funcionales y económicas, sin olvidar la estética). Pero para que la obra sea factible se requiere que los beneficios sean mayores a los costos requeridos para la misma por lo que se escogen las alternativas que contemplen más beneficios con menos costos.

Por los altos costos de inversión de estas obras se necesita del financiamiento económico del gobierno federal, estatal y/o municipal, según el tamaño y complejidad de la obra de captación, y de cuotas por el uso del agua por parte de los usuarios.

También se realiza un anteproyecto, además de un análisis financiero que incluya el desarrollo del proyecto y la comparativa al no realizarlo en un período de entre 20 a 30 años (aveces más o menos según las dimensiones del proyecto).

Finalmente se elabora el informe de factibilidad en el que se indica un resumen de los resultados del estudio, describiendo las ventajas y desventajas de continuar con los estudios del proyecto ejecutivo y con la selección de los bancos de materiales; es decir se indica si es factible o no la ejecución del proyecto y porque.

RECOMENDACIONES

Debido a la gran complejidad que implica todo el proceso para evaluar la factibilidad de un proyecto y el mismo desarrollo de los estudios resulta de gran utilidad contar con paquetes de computación (software) que faciliten los cálculos repetitivos, reduciéndole el tiempo, ahorrando dinero, esfuerzo y facilitando el procedimiento para calcular diversas aplicaciones. Es necesario actualizarse con cursos de diplomados o especializaciones en "Evaluación de Proyectos de Inversión" desde el punto de vista privado y social.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

APÉNDICE "A" Estudios previos técnicos y socioeconómicos, primera etapa.

SECRETARÍA DE RECURSOS HIDRÁULICOS
DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS HIDRÁULICAS
PARA EL DESARROLLO RURAL

1 ANTECEDEN VISITA DE INSPECCIÓN

1.1	PRESA DERIVADORA	"BOCANAS DEL TECOLOTE"	
	Coordenadas geográficas.-	L.N. <u>16°41'</u>	L.W. <u>98°55'</u>
1.2	Municipio:	<u>Copala</u>	Estado: <u>GUERRERO</u>
1.3	Obra solicitada:	<u>Presa derivadora</u>	
1.4	Solicitantes:	<u>Autoridades ejidales</u>	
1.5	Fecha y autoridad a quien se le hizo la solicitud:	<u>Se genero por medio de la actualización del inventario de aprovechamientos efectuado en 1972</u>	
1.6	Oficios de trámites anteriores:	<u>No hay</u>	
1.7	Fecha de visita de inspección:	<u>7 de Noviembre de 1973</u>	

2 VÍAS DE ACCESO AL SITIO DONDE SE SOLICITA LA OBRA.

2.1	<u>225</u>	km de carretera num.	<u>2 00</u>	de	<u>Chilpancingo</u>
	a	<u>Cópala</u>			
2.2	<u>6</u>	Km camino de terrecería de:	<u>Copala a Atlixco</u>		
2.3	<u>3</u>	Km de brecha de	<u>Atlixco</u>	a	<u>sitio de la boquilla</u>

3 ASPECTOS SOCIO-ECONÓMICOS

3.1	Números de jefes de familia	<u>1,000</u>	
3.2	Número de ejidatarios	<u>879</u>	
3.3	Numero de pequeños propietarios	<u>103</u>	
3.4	Numero de comuneros, colonos, etc.		
3.5	Número y nombre de los ejidos, colonias, comunidades, etc..	<u>Ejido Copala únicamente</u>	
3.5.1	Datos de la resolución presidencial para cada ejido, colonia, comunidad, etc. fecha 9 de Febrero de 1960.		<u>Dotación de</u>
3.5.2	Numero de ejidatarios, colonos, etc.	<u>879</u>	
3.5.3	Superficie total dotada:	<u>13,485-40</u>	Ha.
3.5.4	Superficie agrícola:	<u>8,500-00</u>	Ha.
3.5.5	Superficie agostadero:	<u>4,000-00</u>	Ha.
3.5.6	Superficie cerril:	<u>985- 00</u>	Ha.
3.6	Actividades de tipo económico en la comunidad:		
	Contribución a la ocupación total por:		
3.6.1	Agricultura	<u>80</u>	%
3.6.2	Ganadería	<u>20</u>	%
3.6.3	Minería		%
3.6.4	Silvicultura		%
3.6.5	Artesanías		%
3.6.6	Otras		%
	Actividades de tipo económico fuera de la comunidad.		
	Contribución a la ocupación total por:		
3.6.7	Actividad		%
3.6.8	Actividad		%
3.6.9	Actividad		%
3.7	Servicios con que cuenta la comunidad:		
3.7.1	Educación:	<u>Cuenta con una escuela primaria y una secundaria</u>	
3.7.2	Energía eléctrica:	<u>la proporciona la Comisión Federal de Electricidad por medio de la Presa "La Venta", hay servicio público y particular.</u>	
3.7.3	Agua potable:	<u>La proporciona la S.R.H. del Río Copala por medio de una planta de bombeo, tanque elevado de almacenamiento y tomas domiciliarias.</u>	

- 3.7.4 Otros (Almacenes CONASUPO, Seguro Social, Teléfonos, Telégrafos, Red vial, Líneas de Crédito, etc.)
Cuentan con almacenes Conasupo, Centro de Salud, Teléfono, Telégrafo, Correos. La carretera Acapulco- Pinotepa Nal., pasa junto a la probable zona de riego. Tienen crédito del Banco Nacional de Crédito Ejidal.
- 3.8 Si existe algún tipo de concentración en la propiedad de la tierra, de ganado de poder y (o) comercial, explicar: No se detecto concentración de ninguna clase en esta primer Visita.
- 3.9 Observaciones acerca del nivel de vida (Se deberá indicar los ingresos promedio, tipo de habitación, vestido, alimentación, salubridad, etc.) El ingreso promedio es del orden de los \$7,500.00 anuales. Las habitaciones tienen techo de teja, muros de adobe (en su mayoría) y de tabique y pisos de tierra. La ropa es de popelina y dacrón: usan huaraches. La alimentación a base de maíz, frijol, chile y carne dos veces a la semana.
Cuenta con un Centro de Salud y Médicos Particulares.
- 3.10 Cual es la disposición de los integrantes de la comunidad respecto a la probable construcción de la obra Los ejidatarios están muy interesados en la realización de la obra porque les permitirá mejorar sus condiciones de vida ya que la comercialización de los productos que obtendrían, la realizan principalmente en Acapulco, localizado a 120 Km. de Copala
- 3.11 Que limitaciones de tipo social existen para la construcción de la obra. (Se deberá explicar acerca de los conflictos que pudieran suscitar la oposición de grupos que se sienten afectados, conflictos en la tenencia de la tierra, etc.) Aparentemente no existe ninguna
- 3.12 ¿Cuales serán los grupos (ejidatarios, propietarios, colonos, etc.) que se beneficiaran directamente con la realización de la obra? Y ¿de cuantos jefes de familia se compone cada grupo? Se beneficiaran 897 ejidatarios del Ejido Copala, que están integrados por los poblados de Copala; El Carrizo, Campanillas, Atlixco, La Fortuna, Acoholillo, Los Graditos y Santa Rosa.

4 FUENTE DE ABASTECIMIENTO: Riú Copala

4.1 Cuenca

- 4.1.1 Aspectos topográficos (área, forma de la cuenca, pendientes, alturas predominantes, configuración general).
El área de la cuenca es de 440 km² aproximadamente; su forma es la de un paralelogramo coincidiendo en uno de los vértices del ángulo agudo el sitio de la boquilla. Las pendientes medias predominantes son de 20% en la cuenca alta (60% de la superficie de la cuenca), y varían del 10 al 6% en la parte baja. Las alturas predominantes sobre el nivel del mar varían de 150 a 500 m en la cuenca baja y en la alta de 600 a 1,500 m llegando hasta los 1,800 m en una zona pequeña. Su configuración en general es accidentada
- 4.1.2 Aspectos geológicos: En toda la cuenca predominan los afloramientos de esquistos y gneisses que forman parte de un complejo metamórfico de probable edad precámbrico, y ocasionalmente se observan afloramientos de granito
- 4.1.3 Aspectos de vegetación: (cobertura en %; tipos de vegetación natural y cultivada; distribución; regeneración, erosión (tipo y grado); azolves. (Recomendaciones sobre el control o manejo de la vegetación)).
En la cuenca alta a partir de la elevación 1,000 se tienen bosques de pino-encino poco disturbados y en la cuenca baja donde los terrenos son ondulados y algo accidentados la vegetación corresponde a la de selva baja caducifolia. En esta última zona, el 40% aproximadamente de la superficie se aprovecha para la agricultura y el 60% para el pastoreo.
- 4.1.4 Aspectos hidrológicos. No existe ninguna estación hidrométrica sobre el rió Copala a pesar de ser una corriente de importancia. El gasto mínimo en la época de estiaje se determino con las huellas sobre el cauce que indicaron los habitantes de la región, el cual resulto del orden de los 3 a 4 m³/seg, la precipitación media anual en la cuenca obtenida del plano de isoyetas de la Dirección de Hidrología en el periodo de 1931-70 fue de 1,600 mm para el centro de gravedad de la cuenca. La avenida máxima probable según la envolvente local de Creager es de 450 m³/seg.

4.2 Boquilla

- 4.2.1 Aspectos topográficos. Se inicia en la izquierda con un cantil de 6 m de altura aproximadamente, continuando inmediatamente el cauce del rió el cual es de sección rectangular con muchas irregularidades en su plantilla formada por la roca y tiene una longitud de 40 m aproximadamente. La margen derecha tiene 15% de pendiente en una longitud de 50 m aproximadamente continuando después un cerro de gran altura.
- 4.2.2 Aspectos geológicos. En la margen izquierda afloran granitos algo fracturados (zona acantilada). En toda la zona del cauce se presenta la misma roca pero mas sana y en forma masiva e irregular. En la margen derecha continúan aflorando los granitos, apareciendo mas fracturados que en la margen izquierda.

5 ZONA DE RIEGO

- 5.1 Aspectos topográficos. Se localiza distribuida en ambas márgenes del rió, iniciándose a 800 m aprox.

aguas abajo del eje de la boquilla, siendo ondulada su topografía en los primeros 4 km y haciéndose después más suave a medida que se acerca a la carretera que va a Acapulco. Se estima que en la margen izquierda se podría regar 1,200 ha y en la derecha 1,300 ha aproximadamente. Toda la superficie quedaría localizada aguas arriba de la mencionada carretera. En ambos márgenes se observaron arroyos (cinco en total) donde las estructuras de cruce para los canales principales serán de regular importancia

5.2 Aspectos geológicos y agronómicos.

5.2.1 Suelos (formación, color, textura, profundidad, drenaje, erosión y otras características, Índices de comportamiento bajo riego). Los suelos son limos arcilloso-arenosos de color café claro cuando están secos y de café oscuro cuando están mojados; son producto de la desintegración de las rocas graníticas; su textura es variable, siendo mas fina en las partes bajas; tienen poca profundidad de revestir la red de canales.

5.2.2 Uso actual:

Agricultura (cultivos principales, superficie, rendimientos, prácticas agrícolas, problemas principales).
Ganadería (pastos: superficie, tipo, capacidad de agostadero; raza de ganado, prácticas, problemas principales)
Explotación forestal.

Otras actividades (por ejemplo: recolección, leña, tule, fibras, resinas, pesca, etc.) Actualmente tienen 7,000 has. cultivadas de palma de coco que les da un rendimiento de 4.0 ton/ha.; siembran 1,500 ha de maíz de temporal con rendimiento de 1.5 ton/ha y aprovechan 4,000 ha para pastos. Ocupan maquinaria en un 30%; usan fertilizantes e insecticidas. Tienen 5,000 cabezas de ganado vacuno y 4,000 de ganado menor. En la probable zona de riego quedarían 800 ha de palma de coco y 1,700 ha de pastoreo de las superficies arriba mencionadas.

5.3 Aspectos climatológicos: Precipitación media anual, 1,600 mm en la estación Copala, localizada donde termina la probable zona de riego, se obtuvo para el periodo 1961-68, una temperatura mínima de 8° C., máxima de 39° C y media de 25° C. Una evaporación mínima de 1894 mm, máxima de 2070 mm y media 1982 mm. El clima prepón-delante en, la región según la clasificación del Dr. C.W. Thornwaite es semiseco, calido en invierno y primavera seca.

5.4 Que limitaciones de tipo técnico se tienen para la construcción de la zona de riego. La construcción del canal principal de la margen izquierda podría dificultarse en los primeros dos kilómetros por tener que alojarse en algunos tramos acantilados, así como la de dos estructuras de cruce de regular magnitud.

6 DATOS DE GABINETE PARA PRESA DERIVADORA.

6.1 Nombre de la corriente tributaria: Río Copala

6.2 Subcuenca y cuenca: Río Copala (clave)

6.3 Aprovechamientos que pueden ser afectados: Ninguno

6.4 Área aproximada de la cuenca: 440 km²

6.5 Precipitación media anual: 1,600 mm

6.6 Periodo en que se presentan los gastos menores Mes de Julio a mes de
Octubre

6.7 Gasto mínimo en estiaje 3 m³/seg.

6.8 Periodo en que se presentan los gastos mayores: Mes de Marzo a mes de Octubre

6.9 Gasto máximo 800 m³/seg.

6.10 Gasto medio que se presenta durante la mayor parte del año 6 m³/seg.
El gasto máximo y el gasto medio se determino en base a los afloros y a las superficies de las cuencas de los ríos Nexpa y Marquelia que están contiguos a la cuenca del río Copala.

6.11 Avenida máxima probable: 1,540 m³/seg. Según la curva envolvente local de Creager.

6.12 Área probable de la zona de riego: 2,500 ha.

6.13 Aplicación de los riegos:
d) De auxilio
e) Completo
f) Ciclos

6.14 Descripción de las características principales de las obras a realizarse: Cortina vertedora: materiales, dimensiones, taludes, etc. Cortina vertedora con vertedor Creager de 80 m de longitud y altura máxima de 5 m de mampostería o concreto.
Obra de toma: Localización, tipo probable, etc. Se construirá una en cada margen las cuales se operarán con compuertas deslizantes debiendo considerar que los desarenadores pueden ser reducidos en virtud de no apreciarse acarrees de consideración en el cauce.
Zona de riego: Localización, distancia a la boquilla, revestimiento, estructuras y recomendaciones generales en la red de distribución. Se inicia a 800 m aproximadamente aguas abajo del eje de la boquilla; los canales se revestirán de concreto simple, teniendo los principales una longitud total de 15 km aproximadamente. Se construirán todas las estructuras de cruce y de operación convenientes.

6.15	Estimación de volúmenes de obra:	300 m³3. Mampostería, 30,000 m³ de concreto simple y 25,000 m³ de excavaciones.
6.16	Estimación del costo de las obras:	\$ 15, 000,000.00
6.17	Conclusión final (favorable, posible o desfavorable)	Posible.

7 OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES (a cerca del sitio).
Técnica y económicamente la obra de riego se estima que resultaría atractiva dado que el costo por hectárea es de \$6,000.00 sin embargo, primero deberá realizarse el estudio socio-económico definitivo del ejido para determinar los ingresos reales actuales de los ejidatarios ya que poseen grandes superficies dedicadas a la agricultura de temporal en tierra de humedad localizadas principalmente aguas debajo de la carretera que conduce a Acapulco y a 8 Km. aguas debajo de la boquilla (7,000 ha de palma de coco y 1,500 ha de maíz) y regular cantidad de ganado mayor y menor. Lo anterior significa que aunque físicamente el proyecto es factible, sin embargo desde el punto de vista económico habrá que poner especial cuidado en la justificación de las necesidades de la obra, ya que los ingresos reportados parecen poco veraces y se estima que en total son relativamente altos, de acuerdo a las limitantes establecidas por las instituciones que financian estas obras. Se sigue analizando la posibilidad de colocar el eje de la cortina derivadora cercano a la caída señalada en el croquis anexo, con el objeto de eliminar el tanque amortiguador utilizando la excavación natural existente.

8 JERARQUIZACIÓN DE ESTUDIOS PROPUESTOS.
1. Socio-económicos,
2. Agrológicos,
3. Hidrológicos,
4. Topográficos.

9 ANEXOS:

Formuló

Revisó

Jefe de obras hidráulicas para
el desarrollo rural.

Lugar y fecha

Lugar y fecha

Vo. Bo.
Gerente general
en el estado

Lugar y fecha

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ALCANTARILLA: Por encima de un canal cortado en la ladera y paralelamente a el, conviene excavar una zanja de coronación que reciban los escurrimientos pluviales que no deben entrar al canal mismo. Cuando no es posible descargar estas zanjas o cauces naturales, el canal se atraviesa mediante un acueducto o un sifón, conviene desaguarlas cruzando el canal por encima, mediante canaletas o bien por debajo, mediante alcantarillas. Estas últimas son tuberías que se localizan transversalmente.

ALIVIADEROS: Dispositivos de seguridad destinados a evacuar del canal las aguas sobrantes, es por lo general un sencillo vertedor de superficie libre, con cresta orientada en el sentido largo del canal, ubicado en un sitio en donde éste pueda desaguar a un canal contiguo.

ATAGUIAS: Son muros o diques temporales que protegen a una excavación para evitar derrumbes de suelos y una de sus funciones más importantes es la de conservar el sitio casi seco. Las ataguías celulares son adecuadas para encerrar grandes áreas en aguas profundas. El ancho promedio de una ataguía celular de acero sobre roca debe ser 0.70 a 0.85 veces la altura del agua exterior.

ATRAQUES: Elemento resistente para soportar y transmitir al terreno las fuerzas producidas por los cambios de dirección, puntos muertos, reducción de secciones en tubería, etc. Su objetivo es evitar que, por efecto de los empujes producidos por la presión, la línea de la tubería se mueva y se afecten sus acoplamientos. También se aplica en muros de contención y obras para la estabilización de taludes.

AVÍO AGRÍCOLA: Prevención-apresto. Las compuertas avío y avis de gran talla poseen cables de levantamiento que sirven para hacer operaciones de control manual. El mecanismo de levantamiento se utiliza en caso de problemas de resonancia o durante la eliminación del control automático. Las avíos poseen una compuerta deslizante de seguridad para casos de emergencia que se instala aguas arriba de la avíos.

CALICHE: Tipo de suelo que contiene caliza en su totalidad (50 a 100% de carbonato de calcio).

CARTOGRAFÍA: Arte y técnica de representar la superficie terrestre en un plano o mapa. Conjunto o colección de mapas o planos de una región.

CATIONICO (INTERCAMBIO): Ion que va al electrodo negativo o cátodo por donde sale la corriente, ya en la electrolisis de líquidos, ya en la ionización de gases.

C.I.R y R.Q.D: Se basa en la recuperación modificada de testigos de la roca en un sondeo, que a su vez depende del número de fracturas y del grado de debilitamiento o alteración del macizo rocoso, según se puede observar por los testigos extraídos en el sondeo.

CONVECTIVAS (TORMENTAS): Cuando con tiempo en calma el aire próximo al suelo se calienta (por la radiación solar o por el calor del suelo), se vuelve más ligero, se levanta y se dilata. Como la temperatura de la atmósfera se reduce con la altura (1 °C cada 100 m aproximadamente) a cierto nivel se produce la condensación del vapor de agua y nacen nubes blancas y brillantes que parecen enormes bolas de algodón llamados "cúmulos". La condensación produce calor y este hace que la masa de aire siga su asenso, se enfríe más y crezca la condensación. Es posible entonces que a cierta altura el frío o bien la agitación turbulenta de la atmósfera sean tales que la lluvia se desencadene.

CRONOGRAMA: Representación gráfica de los trabajos por realizarse, en función del tiempo requerido para su ejecución.

DIAFRAGMA TIPO ICOS: Pantalla impermeable que se coloca al centro del delantal de una presa de tierra y enrocamiento (perpendicular al cauce), para proteger el área en la que se construirá la cortina; es de material plástico impermeable o de concreto.

DREN TOPO O TOPERO: Cilindro dispuesto en el borde inferior de una cuchilla y que se arrastra longitudinalmente sobre el terreno, formando un canal de drenaje natural.

EDAFOLÓGICO: Relativo a la naturaleza del suelo o que participa de ellas, influencia del suelo en las formas vegetativas.

ESTRUCTURAS DE ARTE: Estructuras que generan pérdidas de carga al ser colocadas y estar en uso (compuertas, válvulas, tomas, tanques amortiguadores, etc.)

ETAPAS FENOLÓGICAS: Etapas de desarrollo de las plantas.

FOTOGRAMETRÍA: Arte y ciencia de obtener mediciones confiables por medio de la fotografía (fotogrametría métrica) y evaluación cualitativa de datos gráficos (fotointerpretación). Incluye el uso de interpretación de fotografías terrestres de acercamientos, aéreas, verticales, oblicuas, y espaciales. Incluye también el uso de sensores remotos y radar de visión lateral.

GRADIENTE HIDRAULICO: Relación de la diferencia de presiones por ejemplo la presión barométrica entre dos puntos.

GUNITA: Se produce empujando con aire comprimido cemento y arena hacia una boquilla que los lanza, mezclados con agua y en forma de chorro, sobre la superficie que se quiere revestir.

HALÓFILA (VEGETACIÓN): Vegetación arbustiva o herbácea (no con gramíneas), desarrolladas sobre suelos con alto contenido de sales, en zona árida y semiáridas.

LITOLÓGICAS: Descripción del tipo de roca y modo en que se presenta en la naturaleza (vetas, diques, estratos, lentes, etc.) y el tamaño de su granulometría, color, constitución mineralógica.

MELGAS: Método de cultivo en parcelas de regadío, en la que los surcos son mucho más grandes y con mayor separación que los habituales con el fin de recibir mayor cantidad de agua.

MOLINO BATÁN: Maquina para golpear, desengrasar y escurrir los paños. Funciona por medio de la fuerza generada por una corriente de agua que activa a un rehilete compuesto de gruesos mazos de madera cuyos mangos giran sobre un eje.

ONDAS CRUZADAS: Nacen cuando en un canal de flujo supercrítico existe una contracción simétrica.

P.C (PERÍODO DE CANCELACIÓN): Es el tiempo necesario para que los ingresos o beneficios que proporciona un proyecto paguen la inversión realizada. Se prefieren en general los proyectos con PC menores, es decir con recuperación rápida.

PERENNES (CULTIVOS): Continuos, permanentes, incesantes, que no tienen intermisión; vivaz, dijese de la planta que vive más de dos años.

pH (ALCALINIDAD): Cantidad en porcentaje de álcali (sustancia corrosiva que se disuelve en agua) cáustico que contiene un suelo. PH o acidez, que comprende el rango entre 4 y 9 y nos indica el tipo de cultivo apto para ese suelo. Para disminuir el acidez de un suelo se le mezcla sulfato de amoníaco o de aluminio; para aumentar su acidez se le mezcla con cal.

POZAS DE REGISTRO: También llamado registro de inspección, es un recinto construido de concreto o mampostería para dar acceso a las tuberías y poder darles mantenimiento.

REGADERAS: Aditamento especial adaptable a las tuberías perforadas longitudinalmente para poder regar los cultivos.

REMANSO: Detención o suspensión de la corriente del agua o de otro líquido, por algún objeto que obstruye su paso.

ROSETÓFILO (MATORRAL): Vegetación de zonas áridas con dominancia de plantas con hojas en roseta, con o sin espinas.

SISTEMA DE COORDENADAS UNIVERSA TRANSVERSAL DE MERCATOR (UTM): Los rasgos geográficos indicados en las cartas topográficas y batimétricas poseen un nombre y muchos de ellos se utilizan como elementos de referencia en el terreno y pueden ser transformadas a coordenadas UTM (eje X "abscisa" y el eje Y "ordenada").

TALWEGS: Obstáculo que impide el circular por sus inmediaciones (depresión, desnivel brusco), y que se puede salvar por medio de un puente u otro elemento que lo libre.

T.I.R.(TASA INTERNA DE RETORNO): Es la tasa que reditúa una inversión, ya que iguala los costos actualizados con los beneficios actualizados de un proyecto. Si $TIR > TMAR$ el proyecto es rentable; donde $TMAR$ es la tasa máxima de rendimiento.

TOMAS GRANJA: Son estructuras que generalmente se construyen en los canales de la zona de distribución, hay ocasiones en que es necesario construirlas en el canal principal para proporcionar riego a algunos lotes (se les conoce como tomas directas y su función es proporcionar el riego en forma directa a las parcelas). Su localización no es recomendable en las curvas de los canales debido a que las velocidades que se generan por la fuerza centrífuga provoca la formación de vórtices que influyen en los gastos extraídos por las estructuras.

TOPOLOGÍA: Configuración en que se encuentra una organización.

TOPONIMIA: Estudio etimológico sobre el origen y significación de los nombres del lugar.

TROMPOS: También llamados estacas o fichas, y en ocasiones sustituidos con marcas de pintura sobre varillas o clavos; son guías para realizar el levantamiento topográfico en el control horizontal.

VADO: Parte baja de una carretera que permite el paso de una corriente de agua ó paraje de un río, con fondo firme, llano y poco profundo, por donde se puede pasar andando.

V.P.N (VALOR PRESENTE NETO): Es el valor actual de la ganancia que proporciona una inversión, si $VPN > 0$ el proyecto es rentable. Entre dos propuestas de inversión, sólo considerando este parámetro, se elegiría la de mayor VPN.

BIBLIOGRAFÍA

Advanced dam Engineering for design, Construction, and rehabilitation .	Robert B. Jansen. Consulting Civil Engineering Edit. Van Nostrand Reinhold. N.Y. 1988, 811p	A-1
Agricultura y ganadería	Santanilla, S.A de ediciones Primer edición, 1966; España 62p.	A-1'
Agua prieta. (Recursos Energéticos)	Ingeniería Civil Colegio de Ingenieros Civiles de México(CICM) No. 297, 51p. Enero 1994	A-2
Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos (E.U.M).	INEGI Edición 1990. 846p.	A-3
Anuario Estadístico del Estado de Chihuahua.	INEGI Gobierno del Estado de Chihuahua Edición 2000	A-4
Apuntes de obras hidráulicas I.	Ing. Bueno Contreras Alfredo Profesor de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales (ENEP) campus Acatlan Santa Cruz Acatlan, Estado de México 2000	A-5
Apuntes de Presas de almacenamiento y derivación.	Ing. Peña Bonilla Alejandro Profesor en ENEP campus Acatlan. Santa Cruz Acatlan, Estado de México 2001	A-6
Apuntes de Presas de tierra y enrocamiento.	Ing. Flores Núñez Jorge Consultor en geotecnia Profesor en ENEP campus Acatlan. Santa Cruz Acatlan, Estado de México 2001	A-7
Aspectos a cubrir en la formación y organización de empresas constructoras, en un contexto de certificación de calidad empresarial en México.	Segoviano Rivera Miguel Tesis profesional Licenciatura Facultad de Ingeniería UNAM. México DF, 2002. 370p.	A-8
Consideraciones acerca del futuro de las presas.	VECTOR de la ingeniería civil. Órgano oficial de la Federación de Colegios de Ingenieros Civiles de la	C-1

	Republica Mexicana, A.C.(FECIC) No. 32, Dic. 1999, 32p.	
Cuadernos Estadísticos Municipales del Estado de Chihuahua.	INEGI Gobierno del Estado de Chihuahua Edición 2000.	C-2
Dams and Public Safety.	U.S. Department of the interiors Bureau of reclamation. A. water Resources Technical Publication. 1983	D-1
Diccionario de datos de uso de suelo y vegetación	INEGI Vectorial 46p.	D-1'
Diccionario Científico y Tecnológico	Toc Callucott Edición Omega S.A. Barcelona, 1938 1739p.	D-1''
Diseño hidráulico de una Obra de Excedencias alojada en una presa tipo gravedad "Ejemplo de aplicación".	Ing. Carvajal Rodriguez Roberto Facultad de Ingeniería UNAM. México DF. 40p.	D-2
Diseño de presas pequeñas.	U.S. Department of the interior Bureau of reclamation. Compañía Editorial Continental S.A. Séptima impresión México D, F, 1978; 639p.	D-3
Enciclopedia de México.	Director José Rogelio Álvarez Tomo IV Ciudad de México 1996	E-1
Elementos de cartografía geológica	Gilberto Silva Romo Fac. de Ingeniería UNAM Primera adición 2002 292p.	E-1'
Elementos para la evaluación de proyectos de inversión.	Héctor Bolívar Villagómez Fac. de Ingeniería UNAM División ciencias de la tierra Primera adición 2001 516p.	E-2'
El desierto Mexicano	Andrade Antonio Editorial F.C.E. Colección testimonios del fondo Mex. 1974, 63p.	
Entrevista – cuestionario.	Ing. Ávila Prieto José de Jesús Profesor de hidráulica en ENEP campus Acatlan. Santa Cruz Acatlan, Estado de México 23 de Octubre 2002.	E-3

Entrevista – cuestionario.	Ing. Torrero Carlos C.N.A. Gerencia de estudios y proyectos 2001	E-4
"Estudio de Factibilidad para el proyecto de la presa Huites, sus zonas regables y el área de influencia que comprende los distritos de riego Valle del Fuerte, Guazave y El carrizo, Sinaloa y Sonora"	Subdirección General de Infraestructura Hidroagrícola, CNA. Tomos I, II Y III Agosto 1994.	E-4'
"Estudio de Factibilidad para la rehabilitación del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma, Gto. "	Subdirección General de Infraestructura Hidroagrícola, CNA. VOL 1.	E-4''
"Estudio de Factibilidad para la rehabilitación del Distrito de Riego Copatitzio- Tepalcatepec (Mich.) 1ª etapa". Memoria descriptiva.	Subdirección General de Infraestructura Hidroagrícola, CNA. Vol 1. Abril, 1991.	E-4A
"Estudio de Factibilidad para el proyecto Juan de Dios, Pue." Memoria Descriptiva.	SARH Octubre, 1978.	E-4B
"Estudio de Factibilidad para el proyecto Huejónapan, Pue."	CNA Nov., 1994.	E-4C
Estudio Hidrológico para el anteproyecto de dos presas para el control y aprovechamiento de las corrientes Manso y Puxmetacan, que confluyen en el río Papaloapan, Veracruz y Oaxaca.	Caballero Hernández Roberto Ramos Maldonado Antonio Tesis profesional licenciatura ENEP-ACATLAN, Edo. De México 1996, 217p.	E-5
Estructuras Complementarias en Obras de Toma para riego de Presas Derivadoras.	Hernández Herrera Héctor Tesis profesional Licenciatura Facultad de Ingeniería UNAM. México D.F., Marzo 2001 110p.	E-6
Fundamentos de Hidrología de Superficie	Aparicio Mijares Francisco Javier Editorial Limusa, 9ª reimpresión Mex. 2000; 303p.	E-7
Geografía Agraria de México.	Consuelo Soto Mora UNAM-CONACYT Instituto de Geografía México 1992 273p.	G-1
Grandes presas de México 50 años de irrigación por las grandes presas de México, 1926-1976.	Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) 1976	G-2
Hidráulica de los canales	Boris A. Bakhmeteff Aguilar editor Madrid, 1952 333 p.	H-1

Importancia de las Presas Derivadoras en el Sector Hidráulico del País .	Sánchez Cruz Rubén Tesis profesional Licenciatura Facultad de Ingeniería UNAM. México D, F., Marzo 2001,84p.	I-1
Índice guía general para el proyecto "Malpaso" para decidir la factibilidad de una presa.	C.N.A. Formato 110-2 31p.	I-2
Infraestructura Nacional.	UNAM UNIVERSUM museo de las ciencias Exposición 2002	I-3
Ingeniería de los Recursos Hidráulicos.	Lisley Ray E. y Franzini Joseph B. Compañía editorial continental, S.A. México 1979 Décima Impresión, 791p.	I-4
La Hidrografía factor analítico fundamental en la identificación de los rasgos naturales en fotografías aéreas.	UNAM Guerra Peña Felipe Tesis Doctoral Facultad de Filosofía y Letras 1964, 101p.	L-1
La Irrigación en México.	Adolfo Orive Alba Editorial Grijalbo, S.A. Primera edición México D, F. 1970,246p.	L-2
"La Jornada" Agricultura – Financiamiento.	Javier Usabiaga Arroyo, Secretario de SAGARPA 22 de Octubre 2002, pagina 42.	L-3
Manual de diseño de obras civiles Sección Hidrotecnia A 2.10 "Obras de Excedencia".	C.F.E. 1969	M-1
Manual de diseño de zonas de riego pequeñas.	C.N.A, I.M.T.A	M-1'
Manual del Ingeniero Civil.	Frederick S. Merritt, Lofting and Ricketts Tomo I. Cuarta edición 1999, 783p.	M-2
Manual del Ingeniero Civil.	Frederick S. Merritt, Lofting and Ricketts Tomo II Cuarta edición 1999, 758p.	M-3
Mecánica de rocas en la ingeniería práctica	Stagg-Zienkiewics Editorial Blume, Barcelona. 1ª. Edición 1970, 398p.	M-3'

Mediciones del agua de riego.	Manual Nacional de aguas, U.S.A. Tomo 5 1972	M-4
Metodología para el desarrollo de estudios geohidrológicos, aplicados al Valle de Guadalupe Victoria, Chihuahua.	Pérez González Carlos Tesis profesional Licenciatura Facultad de Ingeniería UNAM. México D.F., 2001, 62p	M-5
México hoy.	INEGI Edición 1999; 254p.	M-6
Obra de toma y transición en la Margen Derecha de la Presa Derivadora el Jileño Estado de Nayarit.	Carlos Campuzano Manuel Octavio Tesis profesional Licenciatura Facultad de Ingeniería UNAM. México D, F. 2001. 95p.	O-1
Obras de excedencia	Arreguín Cortes Felipe I. IMTA México, 2000 267p.	O-1'
Obras Hidráulicas	Torres Herrera Francisco Editorial Limusa, 2ª edición 1990; 294p.	O-2
Operación y Selección de Estructuras Hidráulicas en canales.	Rafael Espinoza Méndez CNA e IMTA 2ª. Edición, 2000 196p.	O-3
Pequeños Almacenamientos.	Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) Oficial mayor Ing. Fernando Castaños Patoni México 1976; 357p.	P-1
Perspectiva del Estado de Chihuahua 1991-1998.	INEGI México 1999.	P-2
Planeación Analítica del Proyecto de la Zona de Riego en Huejotepic, Pue.	Morales Jiménez Elizabeth Tesis profesional licenciatura ENEP-ACATLAN, Edo. De México 1995, 147p.	P-3
Presa Huítes.	Ingeniería civil No. 288 C.I.C.M. Abril 1993 47p.	P-4
Presas de derivación.	SARH Plan Nacional de Obras de Ingeniería Agrícola para el desarrollo rural 1981; 245p.	P-5

Presas derivadoras.	Facultad de Ingeniería UNAM. División de Ingeniería Civil, Topográfica y Geodesia Departamento de Ingeniería Hidráulica México D. F., 2001. Primera edición, 46p.	P-6
Presas de tierra y enrocamiento.	J. Marjal y Resendiz Núñez Daniel Editorial Limusa, S. A. México 1983 546p.	P-7
Presas pequeñas de concreto.	Dosel E. Hall Malrk Pórtland Cement Asociation Edit Limusa, 1er. Ed. 1978 63p.	P-8
Proyectos de presas pequeñas.	U.S. Department of the interiors Bureau of reclamation. Editorial Dosatt, Madrid España 1970 601p.	P-9
"Ríos encadenados." La historia de las presas en U.S.A	Cullen Allan H. Libros Mexicanos Unidos Traducción en México 1964 261p.	R-1
Síntesis geográfica del Estado de Coahuila.	INEGI Secretaria de Programación y Presupuesto(S.P.P) México; 163p.	S-1
"Temas generales." Mapas y cartas.	Aceves García Reynaldo Mauricio Colegio de Bachilleres Programa de actualización y formación de profesores. México 1980, 86p.	T-1
Tratado básico de presas.	Canovas del Castillo Eugenio Vallarino Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos Colección Señor, No.11 Madrid España 1991, 975p.	T-2
Tratado elemental de Hidráulica. (colección clásica del agua)	Dr. Enzo Levi Lattes IMTA 2ª. Edición 1996 303p.	T-3
Utilidad de las Isoyetas de Intensidad-Duración-Periodo de retorno para la realización de estudios hidrológicos.	Sánchez Navarro Martín Tesis profesional licenciatura ENEP-ACATLAN, Estado. de México 1996; 241p.	U-1

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DATOS DE ASESOR.

José de Jesús Ávila Prieto
Pimenteros No. 63
Cumbres de San Mateo
Naucalpan, 53210 Méx.

Tel. Casa 5348 4077

Oficina 5277 8824
5276 4316
5271 8938