



7
2ej

Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE ZONAS DE
RIEGO POR GRAVEDAD

TESIS

Que para obtener el título de :

INGENIERO CIVIL

P r e s e n t a :

SERGIO ANDRES CRUZ LOZADA

1986



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 está 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.



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN
COORDINACION DEL PROGRAMA DE INGENIERIA

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

CI/126/1986.

SR. SERGIO ANDRES CRUZ LOZADA
Alumno de la carrera de Ingeniería
Civil.
P r e s e n t e.

De acuerdo a su solicitud presentada con fecha 5 de diciembre de 1983, me complace notificarle que esta Coordinación tuvo a bien asignarle el siguiente tema de tesis: "Diseño y Construcción de Zonas de Riego por Gravedad", el cual se desarrollará como sigue:

- Introducción.
- I.- Generalidades.
- II.- Estudios Previos al Diseño y Construcción.
- III.- Diseño de la Zona de Riego.
- IV.- Construcción de la Zona de Riego.
- V.- Operación y Mantenimiento.
- Conclusiones.
- Bibliografía.

Asimismo fue designado como Asesor de Tesis el señor Ing. Manuel Menocal, profesor de esta Escuela.

Ruego a usted tomar nota que en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito básico para sustentar examen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado. Esta comunicación deberá imprimirse en el interior de la tesis.

A t e n t a m e n t e,
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Acatlán, Edo. de Méx., a 22 de julio de 1986.


ING. HERMENEGILDO ARCOS SERRANO
Coordinador del Programa de
Ingeniería.

I N D I C E

PAG

CAPITULO		GENERALIDADES	PAG
I		I.1.- La agricultura en México.....	1
		I.1.1.- Sus recursos.....	1
		I.1.2.- El panorama actual.....	19
		I.2.- Sistemas de riego utilizados actualmente... 24	24
		I.2.1.- Riego por goteo.....	25
		I.2.2.- Riego por aspersión.....	26
		I.2.3.- Riego por gravedad.....	27
		I.3.- Elementos que componen a una zona de riego por gravedad.....	29
		I.3.1.- Sistema de canales.....	29
		I.3.2.- Sistema de estructuras.....	30
		I.3.3.- Sistema de drenaje.....	33
		I.3.4.- Sistema de caminos.....	34
II		ESTUDIOS PREVIOS AL DISEÑO Y CONSTRUCCION	
		II.1.- Tipo de estudios, su nivel y utilidad.....	36
		II.2.- Estudios topográficos.....	40
		II.3.- Estudios agrológicos.....	46
		II.3.1.- Conceptos agrológicos.....	46
		II.3.2.- Unidades de clasificación de sue- los.....	47
		II.3.3.- Estudio de perfiles de suelos....	48
		II.3.4.- Analisis para la fertilización... 48	48
		II.3.5.- Calidad del agua.....	48
		II.3.6.- Uso consuntivo.....	49
		II.4.- Estudios hidrológicos.....	52
		II.4.1.- La cuenca.....	53
		II.4.2.- Estudio de los componentes del -- ciclo hidrológico.....	55
		II.4.3.- Determinación de gastos máximos..	59

II.5.- Estudios geológicos y de mecánica de suelos.	62
II.5.1.- Exploración y muestreo de suelos...	62
II.5.2.- Clasificación e identificación de - suelos.....	68
II.5.3.- Pruebas de laboratorio más comunes.	69
II.6.- Estudios de factibilidad económica.....	76
II.6.1.- Relación beneficio/costo.....	76
II.6.2.- Tasa de rendimiento interno.....	77

CAPITULO III DISEÑO DE LA ZONA DE RIEGO

III.1.- Planeación y aspectos generales de proyecto en zonas de riego.....	80
III.2.- Diseño hidráulico de canales y de algunas - estructuras del sistema de distribución....	88
III.3.- Lineamientos básicos para el diseño de dre- najes.....	105
III.4.- Normas generales de diseño de caminos en -- zonas de riego.....	107

CAPITULO IV CONSTRUCCION DE LA ZONA DE RIEGO

IV.1.- Planeación y programación....	113
IV.2.- Pasos preliminares.....	115
IV.3.- Terracerías.....	116
IV.3.1.- Desmonte.....	116
IV.3.2.- Despalme.....	120
IV.3.3.- Excavaciones.....	121
IV.3.4.- Afinamiento de terracerías.....	133
IV.3.5.- Bombeo del N.A.F.	135
IV.4.- Revestimiento de canales.....	136
IV.4.1.- Producción del material de revesti- miento.....	138
IV.4.2.- Acarreo del concreto.....	139
IV.4.3.- Colocación del revestimiento.....	140
IV.5.- Construcción de estructuras.....	146
IV.6.- Construcción del drenaje.....	157
IV.7.- Construcción de caminos.....	158

CAPITULO	V	OPERACION Y MANTENIMIENTO	
		V.1.- Operación	
		V.1.1.- Los planes de riego.....	161
		V.1.2.- Hidrometría de operación.....	164
		V.1.3.- Métodos de distribución de aguas...	164
		V.2.- Mantenimiento	
		V.2.1.- Deshierbes y control de malezas....	168
		V.2.2.- Desasolve de canales y drenes.....	172
		V.2.3.- Conservación de las estructuras de la red de distribución.....	173
		V.2.4.- Conservación de caminos.....	174
		CONCLUSIONES	175
		BIBLIOGRAFIA	176

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

I

El sector primario de la producción, representa un problema estructural, fundamental para el proceso de consolidación de la economía nacional.

El problema agrícola se viene arrastrando desde varios decenios atras, sin embargo no puede decirse que se encuentre en proceso de recuperación, desarrollo o consolidación, aunque el gobierno sexenalmente implemente programas y proyectos, así como lineamientos y políticas de acción en beneficio de la producción agrícola, de su población y el desarrollo de la infraestructura de el mismo sector.

Lo anterior se puede apreciar debido a las características que presenta el sector; existe cierto desarrollo, pero los alcances de este son muy limitados. Esta limitación propicia que en el sector no haya consolidación, la cual nos puede dar la seguridad de que la agricultura seguiría creciendo y mejorando a la par de las exigencias económicas; en función de su infraestructura, su población y sus recursos.

Puede hablarse de dos tendencias de la agricultura; la primera de ellas se caracteriza por un periodo de auge.

Por un largo tiempo (1940-1965) la producción agrícola mantuvo un alto ritmo de crecimiento (1), superior al de la población, propiciando el desarrollo de toda la economía, proporcionando alimentos, materias primas, divisas y ocupación a los agricultores.

(1)..... la reforma agraria hizo posible el cultivo de nuevas tierras y el ensanchamiento del mercado interno, en un principio se entregaron los terrenos de las antiguas haciendas y se abrieron diversas regiones al riego, donde se conjugaban las ventajas de poseer en forma segura el agua y suelos de buena calidad, México era un país netamente agrícola, esto permitió tener una época de auge....." Bassols Batalla A. "Recursos naturales de México".

Lo excedentes generados por la agricultura fueron utilizados para cubrir las necesidades de una industrialización creciente (el desarrollo agrícola de esa época cubría de gran manera las demandas económicas del país y de ciertas regiones del extranjero).

La otra característica opuesta a la anterior se inició en 1966, con un período de lento decrecimiento de la agricultura y finalmente se re-vertió la tendencia inicial de país exportador en importador de alimentos.

Al principio, los incrementos en la producción fueron posibles - gracias al uso extensivo de la frontera agrícola, a partir de 1940 las tendencias del crecimiento de tierras abiertas al riego fueron muy notables - pero dos decenios adelante y en forma gradual, la agricultura se enfrentó a rendimientos decrecientes.

Se redujo la posibilidad de aumentar la producción de manera significativa (en función del incremento desmesurado de la población no agrícola principalmente, que año tras año demanda mayor producción de alimentos).

Los costos de operación e inversión de la infraestructura hidráulica aumentaban paulatinamente.

Lo anterior propició el agotamiento de las posibilidades en la expansión de la frontera agrícola.

Ahora, la adopción de proyectos para la elevación de la productividad de la tierra significaba costos muy altos.

La política de precios de garantía y las acciones de fomento a la agricultura fueron insuficientes y los indicadores de nuestra economía se modificaron en contra de la agricultura.

Año tras año, el sector público disminuía los porcentajes de inversión a la agricultura y los incrementaba al sector industrial, pensando en este último como un polo de desarrollo. Actualmente se sigue la misma tendencia.

Los diferenciales antes mencionados provocaron el estancamiento de la producción y el rezago del bienestar de amplios grupos de población en el campo y el desempleo permanente de su fuerza de trabajo.

En México existe una gran planta productiva industrial que en el sexenio pasado (76-82) creció de gran manera, esto, gracias a que el país recibe cuantiosas inversiones de origen extranjero; no así el sector agrícola, el cual recibe directamente sólo el 0.1% de las inversiones extranjeras (2) por lo que el gobierno mexicano financia la mayor parte de sus obras de irrigación mediante préstamos del BID y del BIRF.

El estado, para mejorar las condiciones de vida del campesino, ampliar la frontera agrícola, mejorar los índices de producción de alimentos, cuenta con la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH)

Dicha secretaria se encarga de aumentar y mejorar la infraestructura agrícola, creando Zonas de Riego y drenaje, así como la obtención de semilla mejorada, etc, además de la operación de todas las instalaciones, lo anterior se realiza en función de un factor determinante para su creación, el capital.

Las obras de riego no generan recuperaciones monetarias altas ni a corto plazo; pero estas determinan efectos indirectos tanto sociales como económicos en forma casi ilimitada, pudiendo permitir que la población beneficiada eleve su nivel de vida, obtenga educación, servicios de salud, comunicaciones, empleo seguro y permanente y pagos adecuados de los productos cultivados.

Pero, actualmente solo una tercera parte de la población agrícola trabaja en áreas de riego (3) las otras laboran en tierras de temporal.

(2)..... Leopoldo Solís "La Realidad Económica Mexicana"

(3)..... Alva Oribe Adolfo "La Irrigación en México"

La agricultura de temporal posee características diferentes, más bien opuestas a las de la agricultura con riego; los apoyos a la producción son insuficientes, el campesino solamente la mitad del año puede trabajar en forma segura, los suelos muy trabajados y sin laboreo van perdiendo sus propiedades agrícolas, se erosionan.

En el aspecto socioeconómico, se le determina a esta como una clase marginada, subempleada, y en la situación actual, con pocas posibilidades de desarrollo.

En base a lo anterior, se establece la necesidad de incorporar las tierras temporales al riego, se obtendrán grandes beneficios socioeconómicos para su población y el sector agrícola dejará de ser un lastre para el desarrollo económico y se convertirá en un apoyo.

Los objetivos que persigue el presente trabajo son :

Conocimiento de los estudios previos al diseño de una Zona de Riego por Gravedad.

Recopilación de los parámetros básicos para implementar el proyecto de la misma.

La descripción de los procedimientos de construcción más usuales sus actividades y la maquinaria alternativa usada en el proceso.

Mención de los lineamientos básicos de operación en las Zonas de Riego.

Descripción de el mantenimiento que se le da a cada una de las partes integrantes de las Zonas de Riego.

Para cumplir con estos objetivos se desarrollará el trabajo de la manera siguiente :

En el primer capítulo, se plantea la problemática agrícola así como los recursos que tiene el país para superarla, se describen las técnicas de riego usadas en el país y los elementos que componen a una Zona de Riego por Gravedad.

En el capítulo dos, se explican todos los estudios que son necesarios para determinar la factibilidad de realización de una Zona de Riego y básicamente la forma de conocer técnicamente el medio físico y social; en este se mencionan los conceptos elementales y la forma en que se realizan dichos estudios.

En el capítulo tres, se describen los lineamientos generales para implementar el proyecto .

En el cuarto, se desarrolla el procedimiento constructivo generalizado para las Zonas de Riego por Gravedad, mediante la explicación de sus actividades y la maquinaria y el equipo más usuales.

El capítulo quinto, consta de dos partes; la operación y el mantenimiento. En este se describen los lineamientos básicos establecidos por la SARH.

Un sistema de riego tiene tres elementos básicos :

- 1.- La captación o fuente de abastecimiento; pudiendo ser una presa, un río superficial o una fuente subterránea.
- 2.- El sistema de conducción; es el que se encarga de llevar el agua de la fuente a la Zona de Riego.
- 3.- El sistema de distribución; es el que proporciona el agua en todos los puntos de la Zona de Riego, se encuentra dentro de la zona misma.

A el último de ellos se delimita el tema del presente trabajo.

CAPITULO I

GENERALIDADES

I.1.- LA AGRICULTURA EN MEXICO.

I.1.1.- Sus Recursos.(4)

En el proceso de producción de alimentos intervienen varios factores que en mayor o menor intensidad inciden ya sea favorable o desfavorablemente en la obtención de los productos, estos son :

1.- Factores Naturales :

- a.- El suelo y el agua.
- b.- Clima (lluvias, huracanes, granizo, sequías, exceso de humedad, heladas).
- c.- Semillas, plagas, enfermedades, maleza.

2.- Factores Tecnológicos :

- a.- Técnicas de riego, labores agrícolas.
- b.- Infraestructura agrícola, mecanización.
- c.- Aplicación de fertilizantes, combate de plagas, uso de semilla mejorada.
- d.- Industrialización agrícola, sistemas de almacenaje y distribución

3.- Factores Económicos :

- a.- Inversiones para proyectos de infraestructura.
- b.- Financiamiento externo.
- c.- Crédito a campesinos.
- d.- Demanda de productos y la calidad de estos.
- e.- Exportaciones e importaciones.

(4)..... Los datos manejados en el punto son de "Mexico, formación de regiones económicas" y "Recursos naturales de Mexico", Bassols Batalla.

4.- Factor Humano :

- a.- Mano de obra, campesinos.
- b.- Capacitación.
- c.- Operación y mantenimiento adecuado.
- d.- Políticas de acción.

A continuación, se describirán en forma cualitativa los recursos que tiene el país para hacer frente a los problemas agrícolas.

1.- Clima, Agua y Suelo.

En nuestro país, el principal factor físico limitante para el desarrollo agrícola es la aridez que predomina a través de casi todo el territorio, en la figura I.1, puede apreciarse que se encuentra en más del 60 % de la superficie; solamente la región del sur y sureste presentan condiciones excesivas de humedad.

Las lluvias están irregularmente distribuidas durante los meses del año, más del 65 % de las lluvias anuales caen en solo cuatro meses, de Junio a Octubre; la ausencia de precipitación coincide muy frecuentemente con la máxima demanda de humedad de los cultivos, lo que acentúa las condiciones de aridez de muchas regiones.

En la zona norte del país, las lluvias son poco intensas, mientras que en la zona central las lluvias son moderadas; hay una faja del sur que abarca los estados de Chiapas, Oaxaca, Tabasco y Veracruz, donde se registran las lluvias con mayor altura de precipitación y por consiguiente existen mayores recursos hidrológicos; esto puede apreciarse en la figura I.2.

Independientemente de lo anterior, el régimen pluvial se caracteriza por un período seco de Noviembre a Mayo y otro de Junio a Octubre con lluvias.

Un aspecto muy importante de marcar, es el de que los ciclones tropicales del caribe (traen consigo grandes cantidades de lluvia) que afectan a todo el sureste del país, hacen que esta región sea la más rica en recursos hidráulicos.

Tomando en cuenta la orografía, su forma y extensión, el país presenta condiciones muy desfavorables para la existencia dominante de ríos caudalosos; determina ríos con cuencas de captación reducida, corto recorrido y pendiente fuerte. (fig. I.3)

Sólo hay unas cuantas excepciones; los ríos Pánuco, Papaloapan, -- Coatzacoalcos, Grijalva y Usumasinta que desagüan al Golfo de México y el de Lerma-Santiago y Balsas al pacífico.

Para el estudio de las aguas que escurren superficialmente en México, la SARH, inicialmente dividió al país en 25 regiones hidrológicas (fig. I.4); actualmente se encuentra dividido en 37 regiones (fig. I.5).

Estos estudios por regiones nos determinan la suma de todos los escurrimientos medios anuales de el potencial hidrológico nacional, siendo este de 355 mil millones de metros cúbicos (fig. I.6); también existen 30 mil millones de metros cúbicos de agua subterránea utilizable en nuestro territorio.

Apreciando la gráfica de Lorenz, (fig. I.7) se muestra la desigual distribución del agua en el territorio.

En un 10 % del área del país se produce el 50 % del escurrimiento total.

El enorme contraste es determinante, mientras que en un 90 % de la superficie hay escasez de recursos (corrientes) en el otro 10 % restante -- abundan, propiciando problemas por el exceso de agua.

Según estudios realizados por la SARH, se considera que con el volumen medio anual podrían regarse 30 millones de hectáreas.

Pero las limitaciones físicas hacen que se reduzca a 12 millones de hectáreas.

Actualmente, en el país se siembran alrededor de 20 millones de hectáreas para la producción agrícola, de estas, cerca de 7 millones son de riego, representan el 30 % del total, el otro 70 % se siembra en zonas de temporal.

Actualmente, la producción de las Zonas de Riego tiene gran importancia pues cuentan con un alto índice de productividad y calidad de sus cultivos; los rendimientos, Ha./año, son mucho mayores que los de una zona temporalera, en la tabla de la fig. I.8, se puede apreciar que en promedio, el rendimiento económico por hectárea de una Zona de Riego, es mayor en un 250 % con respecto a la producción temporalera.

2.- Su Población y La Infraestructura de Distribución.

Otro recurso importante para el desarrollo agrícola es su población esta, dentro de los cultivos con riego, es la más privilegiada, no así la de las zonas temporaleras, estos últimos siembran la tierra en forma manual, esperando la temporada de lluvias pudiendo suceder que estas no ocurran en su oportunidad y el campesino pierda tiempo, inversión, trabajo y la voluntad de trabajar el campo; procurando sembrar para el autoconsumo, buscar empleo en otro sector de la producción o cambiar el uso del suelo, por ejemplo utilizarlo como pasto como alimento del ganado.

Lo anterior trae como consecuencia la disminución paulatina de la población rural; o por lo menos que dicha población en el futuro no tenga capacidad para producir los alimentos que se demandarán en ese entonces; no creará con los índices de demanda, agravando más, la problemática actual en cuestión de alimentos.

La población campesina se estima en 26 millones de habitantes (dedicados a la agricultura, ganadería, silvicultura, etc.).

De no aumentarse la infraestructura agrícola del país dicha población no crecerá en forma proporcional a la población urbana.

Para el año 2000, la población demandante de alimentos crecerá en un 50% aproximadamente; mientras que la población rural crecerá apenas un 30% (fig. I.9).

Se le debe dar importancia vital a los sistemas de transporte dentro de la agricultura.

Para el proceso de comercialización y distribución de los productos el país cuenta con una amplia red de caminos, de especificaciones medias (fig. I.10), y de ferrocarriles (fig. I.11), los cuales día con día aumentan la comunicación en lugares apartados.

Además, se cuenta con una infraestructura portuaria adecuada para realizar actividades comerciales de Cabotaje y Gran Cabotaje en los puertos graneros y agrícolas, estos son los que cuentan con una infraestructura de instalaciones apropiadas tanto para el almacenamiento como para el manejo de los granos, frutos y legumbres.

Tal es el caso de el puerto de San Carlos en B.C. sur, Guaymas en Sonora, así como el puerto de Veracruz; son totalmente mecanizados, de modo que permiten el transbordo de alimentos en grandes cantidades y con altas eficiencias, en general casi todos los puertos comerciales del país cuentan con instalaciones de almacenaje y transbordo de productos agrícolas, (fig. I.12).

La facilidad de distribución de los productos hacen que el encarecimiento de los productos sea menor.

Aún cuando los rendimientos mayores en las tierras de riego se deba principalmente a que se le suministra el agua a los cultivos oportunamente, también son importantes los siguientes recursos que ayudan en forma determinante a los altos índices de productividad en las Zonas de Riego :

- a.- Suministro oportuno de crédito.
- b.- Aplicación de semillas mejoradas y fertilizantes.
- c.- Suministro de tecnología : la mecanización agrícola del país se ha implementado principalmente en las zonas de riego, dada la seguridad del agua, asegura la cosecha y justifica las inversiones en maquinaria agrícola.

- d.- Experimentación e investigación agrícola.
- e.- Asesoría técnica a los agricultores.

Fig. 1.1.- ARIDEZ RELATIVA EN MEXICO.

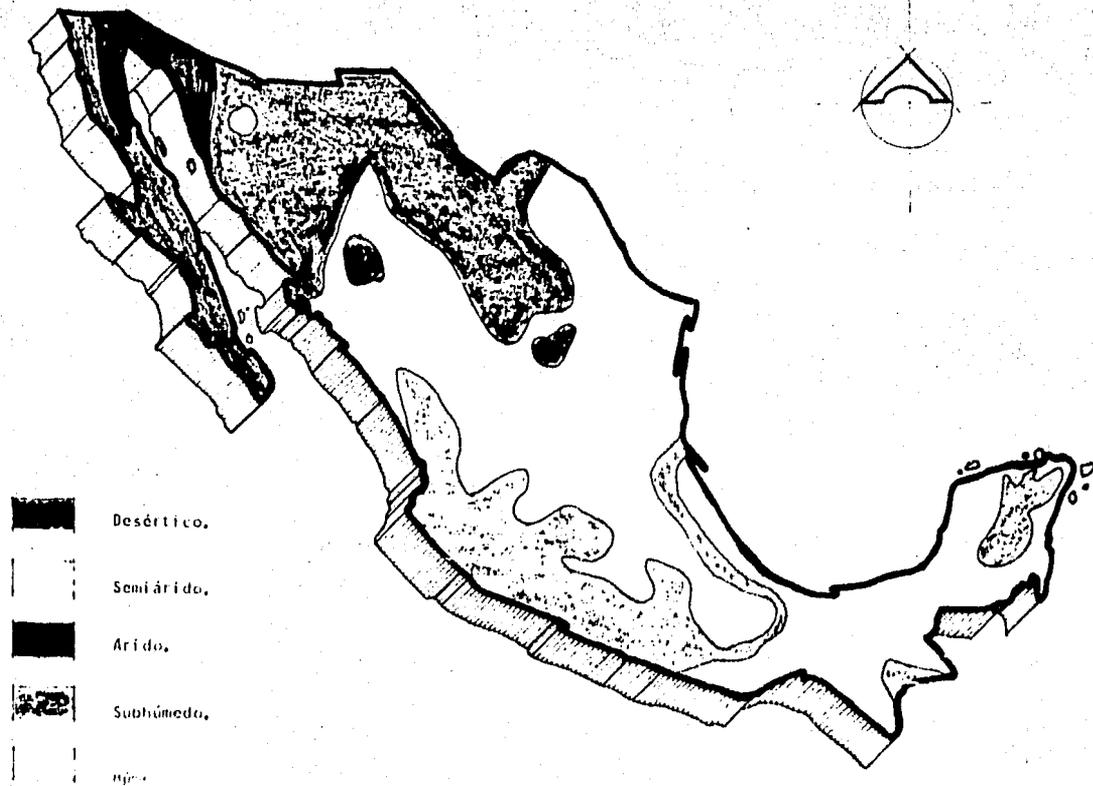


Fig. 1.2.- ALTURA DE PRECIPITACION MEDIA ANUAL DEL PAIS.

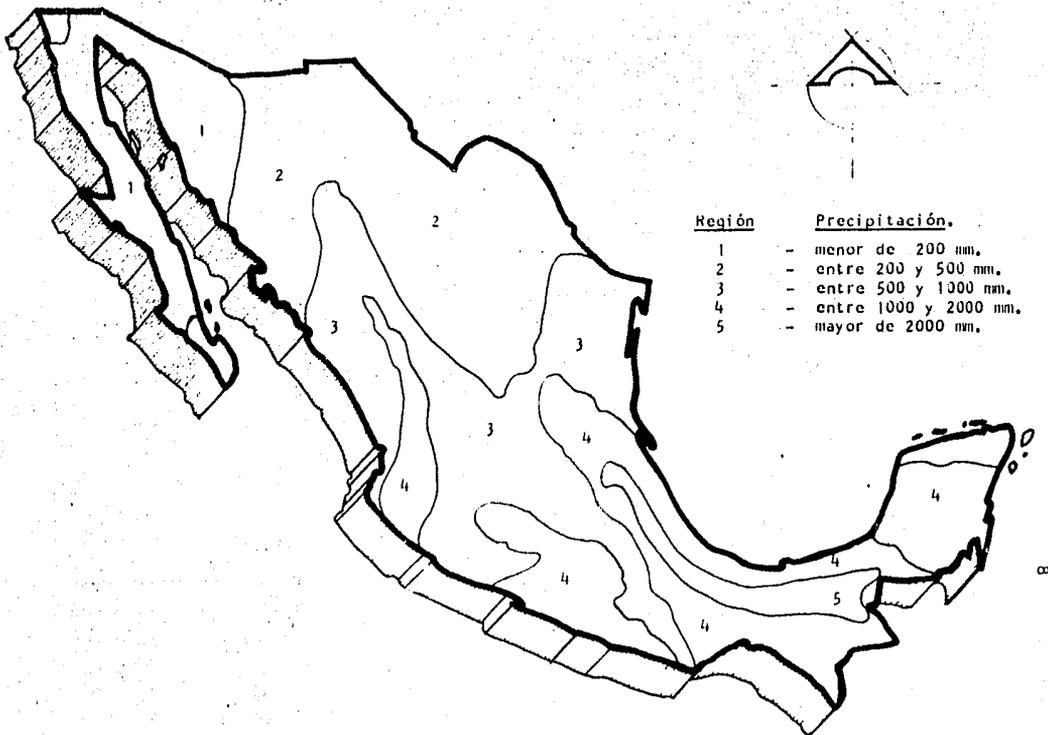


Fig. 1.3.- OROGRAFIA E HIDROGRAFIA DEL PAIS.

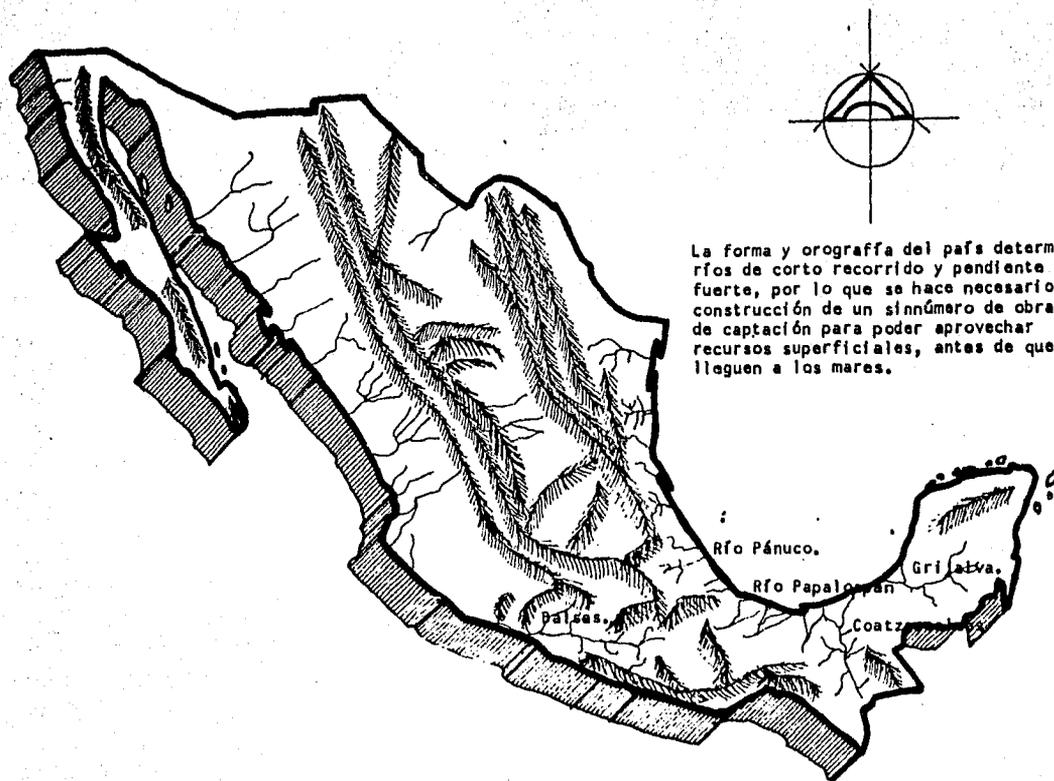


Fig. 1.4.- REGIONES HIDROLOGICAS INICIALES.

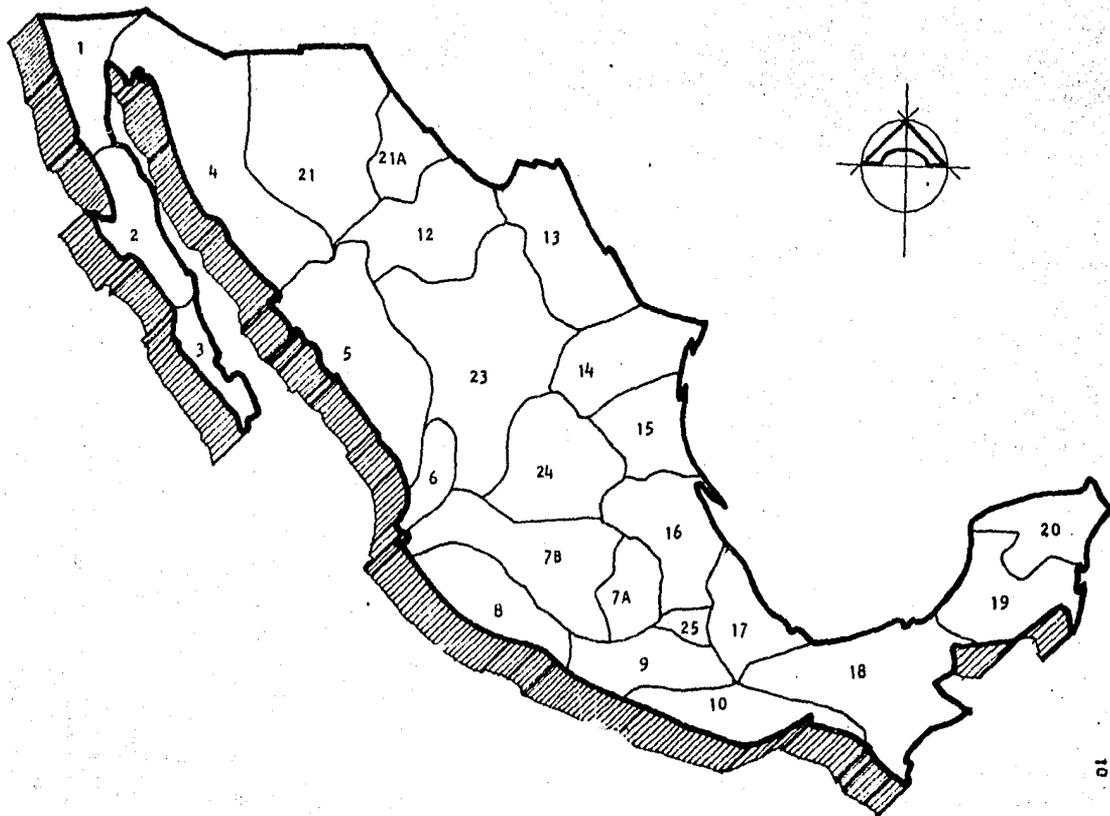
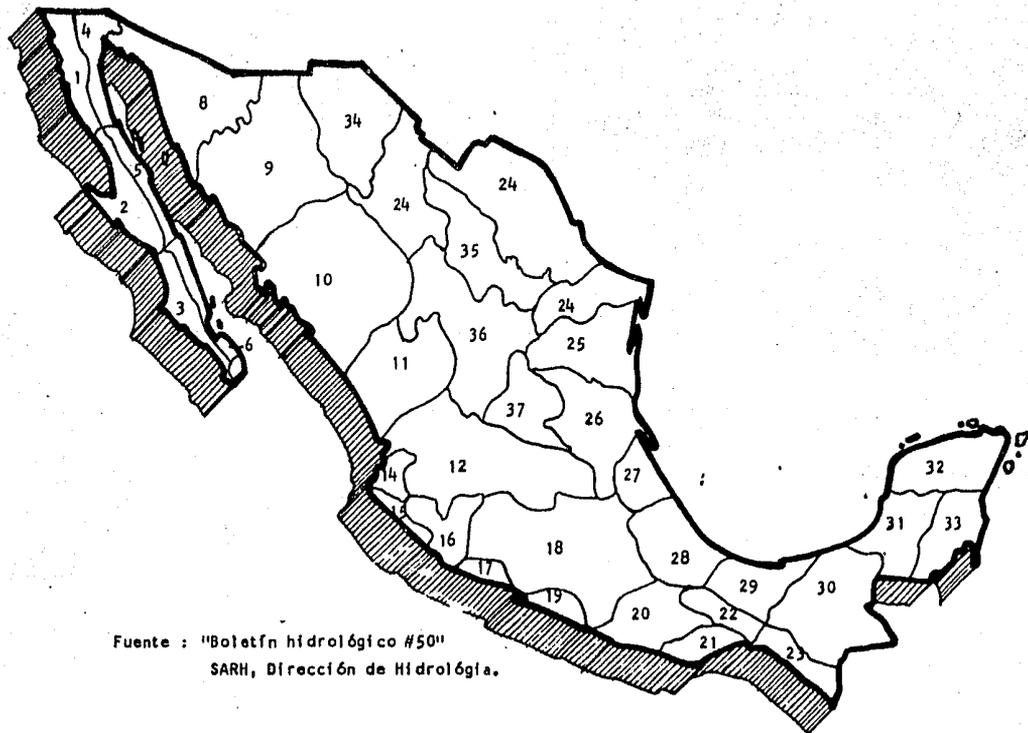


Fig. 5.- REGIONES HIDROLOGICAS ACTUALES.



Fuente : "Boletín hidrológico #50"
SARH, Dirección de Hidrología.

Fig I.6.- RECURSOS TOTALES DE AGUA SUPERFICIAL POR REGIONES.

<u>REGION</u>	<u>AREA (miles km²)</u>	<u>VOLUMEN ESCURRIDO (millones m³)</u>
01	65.50	312
02	73.70	262
03	5.30	1850
04	187.30	4258
05	128.00	22600
06	29.30	2642
07A	39.00	2561
08	88.70	9507
09	61.60	9489
10	117.90	16370
11	77.50	29700
12	10.90	17878
13	116.60	2196
14	81.60	1293
15	40.40	1291
16	50.00	4563
17	85.01	17300
18	36.110	28310
19	192.40	174967
20	35.10	5615
21	76.20	nulo
22	84.20	85€
23	58.80	escaso
24	86.50	escaso
25	15.20	675
<u>TOTALES :</u>	<u>1967.20</u>	<u>355936</u>

Fuente : SARH - DGA 1980.

Fig. 1.7.- GRAFICA TIPO LORENZ.

(relación, área-escurreimientos).

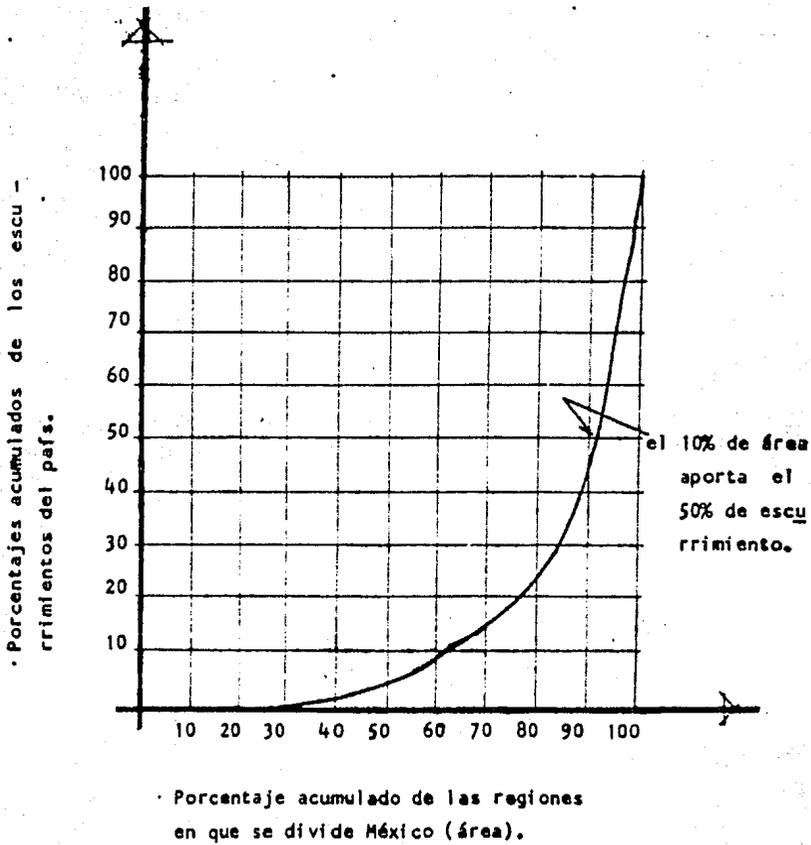


Fig. I.8.- SUPERFICIE SEMBRADA Y VALOR DE LAS COSECHAS EN 1980.

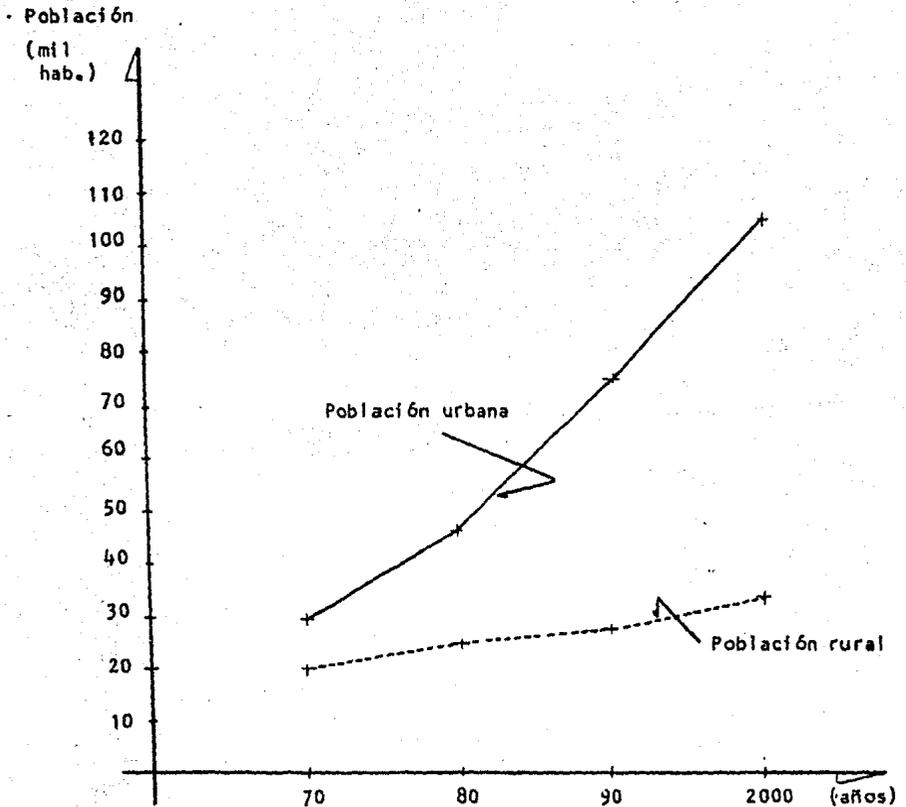
	· Superficie Sembrada (Has.)	· Valor de la Producción (miles de pesos)
· Riego	5 212 984	125 221 875
· Temporal	13 716 007	127 001 969
· Total	<u>18 928 991</u>	<u>252 223 844</u>

· El valor de las cosechas obtenido con riego, es sensiblemente igual al obtenido con temporal, aunque el primero con área mucho menor, es decir, los rendimientos en el primero son mucho mayores.

Fuente : Anuario Estadístico de la SARH-DGA 1980.

PROYECCION DE LA POBLACION URBANA Y RURAL DEL PAIS

Fig 1.9



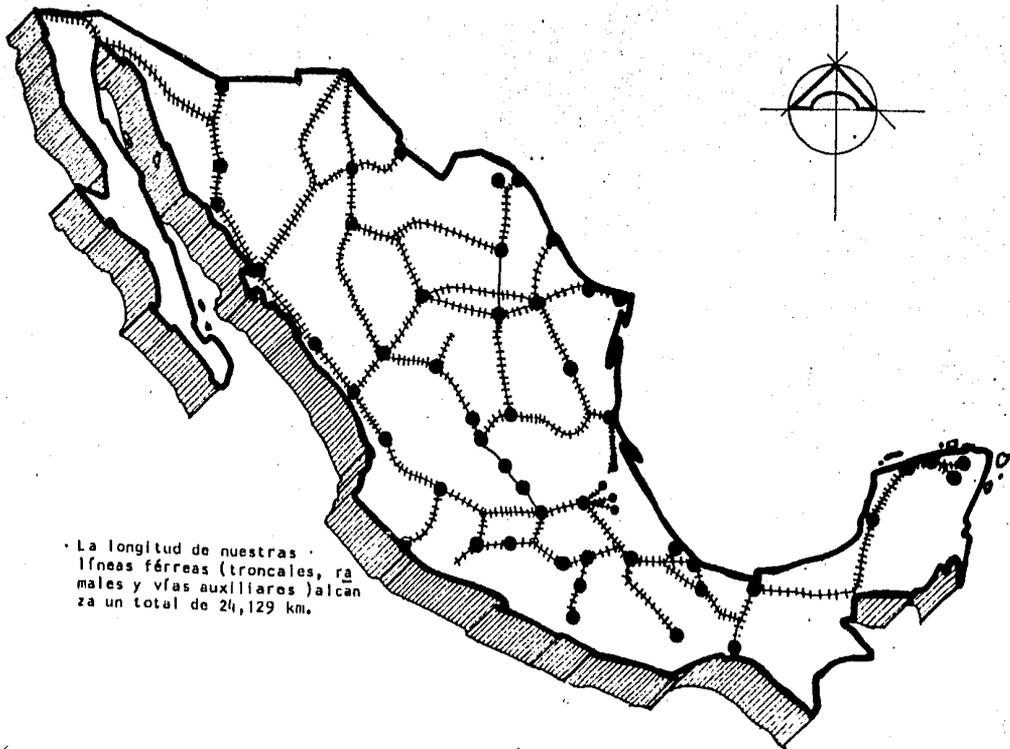
Fuente : Revista "Ingeniería Civil"
 Artículo: "Perspectivas de los apro-
 visionamientos hidráulicos en el año 2000 en -
 México" ; 1980 .

Fig. I.10.- INFRAESTRUCTURA DE CAMINOS EN MEXICO.



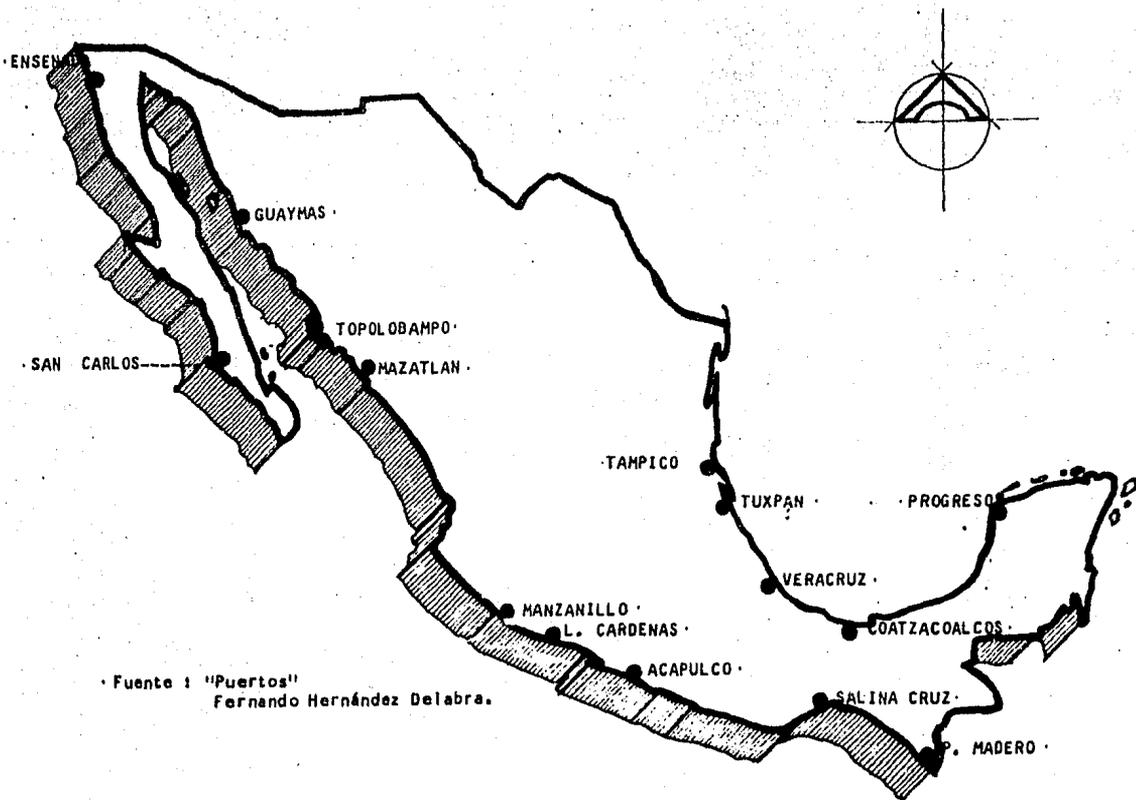
Fuente : "Ingeniería de Tránsito"
Rafael Caly Mayor.

Fig. 1.11.- INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA.



La longitud de nuestras líneas férreas (troncales, ramales y vías auxiliares) alcanza un total de 24,129 km.

Fig. 1.12.- PUERTOS COMERCIALES DE MEXICO.



Fuente: "Puertos"
Fernando Hernández Delabra.

I.1.2.- EL PANDRAMA ACTUAL (5).

A pesar de todos los atrasos característicos del sector, se han dado importantes avances en el aumento del nivel de vida de la población, se ha logrado modificar la estructura social y productiva del campo; llevando la infraestructura básica y los servicios públicos asistenciales a las zonas rurales, abatiendo el analfabetismo, la mortalidad, elevando los niveles de educación, empleo e ingreso y mejorando las comunicaciones en el medio rural.

Existe una extensa red de caminos que comunica la mayor parte de los asentamientos mayores de 500 habitantes, numerosas bodegas y almacenes (CONASUPO).

Sin embargo, a pesar de todos los esfuerzos realizados, la población rural se encuentra todavía lejos de alcanzar un nivel de vida satisfactorio.

- a.- La tasa de mortalidad infantil es casi 50% más alta que el promedio nacional.
- b.- Las principales causas de mortalidad son debidas a enfermedades infecto-contagiosas prevenibles y curables.
- c.- Uno de cada tres habitantes padece déficit nutricional, su dieta básica sigue siendo el maíz y el frijol.
- d.- Alrededor de las tres cuartas partes de la población mayor de 15 años no ha terminado su educación primaria.
- e.- Cerca de la mitad de las viviendas se encuentran en situación crítica pues además de estar en mal estado y sobrehabitadas carecen de energía eléctrica, agua potable y drenaje.
- f.- Alrededor de 7 millones de personas no tienen vías de comunicación terrestre permanente, principalmente en el sur del país.
- g.- Cerca de 2.8 millones deben emplearse como jornaleros para poder subsistir, completando de esa manera su bajo ingreso.

(5)..... "PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 83-86".

Estas manifestaciones de rezago del sector, tienen su origen en el proceso de deterioro que han sufrido el empleo y el ingreso los grandes grupos rurales.

Tomando como base el cultivo del maíz, la relación entre el ingreso por jornada y el salario mínimo pasó del 56% en 1965 a sólo un 30% en 1981.

Durante los últimos años se han concebido numerosos esfuerzos para promover la industrialización de la producción agrícola, creando plantas agroindustriales, es decir, llevar la industria al campo.

Constituyen una fuente de primera importancia para la diversificación de actividades del medio rural; pudiendo hacer más atractivo este sector para su población.

El transporte en el campo se encuentra desorganizado, con una gran dispersión de más de 30 mil permisionarios.

Por lo menos un 70% de ellos son acaparadores y comerciantes el 30% restante se compone de productores.

Lo mencionado más la carencia de infraestructura adecuada además de el equipo adecuado y suficiente, propicia la subordinación del productor directo al transportista intermediario, aumentando con esto los costos de transportación y aumentando en gran medida el precio de venta del producto.

Además de que no menos de el 50% de la red rural de caminos que cuenta con 70 mil kilómetros se encuentra en mal estado de conservación.

El desarrollo futuro del país dependerá en gran medida de los avances que se logran en el medio rural, haciendo evidente que ni los niveles de vida ni las actividades que realizan en este ámbito pueden continuar subordinados a otras prioridades; de aquí que se debe modificar en favor del medio rural el conjunto de relaciones económicas y mejorar en todos aspectos su situación actual.

El aspecto económico del sector tiene una misma tendencia; haciendo un breve análisis, representativo de el balance entre las importaciones y exportaciones del sector según la tabla de la fig. I.13; podemos apreciar que las importaciones rebasan en gran medida a lo exportado, ayudando a el desequilibrio desfavorable de la economía.

fig.I.13.- COMPARACION DE IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES DEL SECTOR AGRICOLA.

<u>AÑO</u>	<u>IMPORTACIONES</u> (-)	<u>EXPORTACIONES</u> (+)	<u>BALANCE</u>
80.	1871485	1424235	-447250
81.	2204140	1377567	- 826573
82.	926600	1096940	+ 170340
83.	1619015	1063355	- 555660

Fuente : "Informes anuales de el Banco de México"

Cifras en miles de Dls.

- (-) Déficit.
- (+) Superávit.

El balance de la agricultura, en los últimos sexenios tiene tendencias negativas, esto quiere decir :

- a.- El sector no tiene tendencias hacia la autosuficiencia; gran porcentaje de los alimentos que se consumen tienen que ser de importación.
- b.- Los lineamientos básicos de política económica no son los más adecuados.

Un elemento de juicio para definir el punto anterior, es el siguiente; como podemos observar en la tabla de la figura anterior, los años 80 y 81 muestran un desequilibrio del balance mucho mayor a los años posteriores; en los mismos años existía un proyecto llamado "Sistema Alimentario Mexicano" (SAM) para obtener la autosuficiencia alimentaria; este proyecto en gastos de operación gastaba cerca de 2.5 veces los gastos del proyecto de inversión (la infraestructura agrícola se supereditaba a los gastos administrativos y de implementación de los proyectos).

El año de 1982 el balance para la agricultura fue positivo; pero desafortunadamente no fue debido a una mejora; más bien se debió a la política económica de la sustitución de importaciones (en ese año el país no tuvo divisas para comprar alimentos).

Otro indicador económico de importancia vital es la tasa de crecimiento anual del Producto Interno Bruto (PIB).

Fig. I.14.- TASA DEL CRECIMIENTO EN EL PIB. (*)

<u>AÑO</u>	<u>1971-1976</u>	<u>1977-1980</u>	<u>1981</u>	<u>1982</u>	<u>1984</u>	<u>1985(**)</u>
PIBe	6.2	6.1	(+7.9)	(-0.2)	(0a2.5)	(5 a 6)
PIBsa	2.7	4.0	(+6.1)	(-0.4)	(0a2.0)	(3.5 a 4.5)

* a precios constantes de 1970.

** estimaciones del plan nacional de desarrollo 83-88.

e economía.

se subsector agrícola.

Fuente : "Plan nacional de desarrollo 83-88"

Podemos apreciar de la tabla anterior que el PIB del sector agrícola y el de la economía, especialmente en los últimos cinco años son muy contrastantes; en el año de 1981 se tuvo un repunte económico como en poco tiempo después de la reforma agraria; pero desafortunadamente al año siguiente se presentó un derrumbe; el PIB llegó aún a niveles más bajos del cero.

Debido a lo anterior, se ha marcado una característica económica fácilmente aceptable; hay desarrollo con pobreza de los sectores, no existe consolidación.

Los préstamos exteriores son los que provocan apariencias de auge en el PIB; esto quiere decir que lo importante en los índices de crecimiento, es el origen del capital con el que se realizan las inversiones y proyectos del sector.

I.2.- SISTEMAS DE RIEGO UTILIZADOS ACTUALMENTE.

Se ha definido al riego como la aplicación uniforme de el agua en la cantidad, forma y periodicidad más adecuada; a fin de que el cultivo al que se aplica produzca el mayor rendimiento, sin provocar desperdicios en el uso del agua y el suelo.

De acuerdo a diversas condiciones que se mencionan posteriormente existen varias formas de aplicar el agua al suelo, las cuales constituyen a los métodos de riego; básicamente existen tres :

- 1.- Riego por Goteo.
- 2.- Riego por Aspersión.
- 3.- Riego por Gravedad o Superficial.

La elección que se haga por aplicar uno u otro método dependerá - fundamentalmente de los siguientes factores :

- a.- propiedades agrícolas del suelo.
- b.- topografía del terreno y posibilidades de nivelación.
- c.- condiciones de salinidad y drenaje.
- d.- disponibilidad del agua.
- e.- necesidades de los cultivos.
- f.- costos de construcción.
- g.- clima.

La correcta aplicación del agua se define por la "eficiencia parcelaria"; esta es la relación entre el volumen de agua de riego utilizada - por la planta a nivel parcelario por el volumen que es entregada por la toma.

Es común expresar en México un porcentaje que varía entre un 40 y 60%.

1.2.1.- Riego Por Goteo.

El método consiste en conducir el agua por los lotes por medio de una red de tuberías y se aplica al cultivo por medio de válvulas especiales o "goteros".

El agua proporcionada requiere de una carga hidráulica que se puede suministrar con un equipo de bombeo o con un tanque elevado.

Este es recomendado en lugares donde hay escasez de agua, ya que el riego es muy localizado, pues sólo se aplica en la zona radicular del cultivo.

Un elemento que hay que considerar para la utilización de este método es que la calidad de agua a usar debe ser excelente pues la existencia de sedimentos y su acumulación en las tuberías puede obstruir la circulación del agua y en los goteros evitar el riego debido a su tapamiento.

Lo mencionado puede evitarse incluyendo en el sistema una planta que trate al agua para darle la calidad necesaria; otra solución es la de poner filtros en todo el sistema de distribución.

Una desventaja muy marcada es que la utilización de la maquinaria agrícola se restringe en cuanto a su operación ya que la tubería no permite su fácil utilización.

1.2.2.- Riego Por Aspersión.

Este método consiste en una red de tuberías para distribuir el agua por el terreno de riego hasta los rociadores y aspersores; con una velocidad y presión suficiente para regar uniformemente.

El riego por aspersión se usa en casi todos los tipos de terreno - este procedimiento puede ser la única manera satisfactoria de regar los suelos que tengan una velocidad de infiltración alta, fuertes pendientes y topografía irregular.

El agua no debe ser aplicada con mayor velocidad que aquella con la que el suelo pueda absorberla.

El equipo usado deberá ser capaz de surtir humedad al suelo en una cantidad por lo menos igual al consumo máximo del cultivo.

El principal cuidado que hay que tener es el viento, sus fluctuaciones de dirección e intensidad, el tamaño de las gotas y la velocidad de aplicación; ya que todo lo anterior contribuye a incrementar la eficiencia en el sistema.

Para considerar eficiente el sistema, las pérdidas de agua no deben ser mayores del 10 o 15% del gasto que fluye en las tuberías.

El agua debe aplicarse de tal manera que no cause daño a los cultivos, se recomienda aplicarlo en zonas de clima húmedo o templado.

El método no es muy usual en nuestro país, hay pocos distritos de riego que lo usan.

1.2.3.- Riego Por Gravedad.

Consiste básicamente en la distribución del agua por medio de una red de canales y sus estructuras hidráulicas, en todo el terreno de riego.

El riego de un terreno por un método de superficie se logra mediante una o más de las etapas siguientes : la corriente de avance inicial que sale hacia aguas abajo; el período de humedecimiento, cuando toda el agua es de corriente de infiltración; y la corriente de receso, después de que se corta el suministro de agua.

Es usado para suelos profundos y de preferencia con velocidad lenta moderada.

Conviene usarlo cuando es necesario conducir grandes volúmenes de agua; en suelos de gran profundidad radicular.

En los distritos de riego del país es el más usado para irrigar casi todo tipo de cultivo y todo tipo de suelo.

Casi una tercera parte del total de los terrenos agrícolas se riega con este método, produciendo con altos rendimientos, propiciando competitividad en el mercado internacional de alimentos.

El presente trabajo se enfoca directamente a este método de riego.



Fig. I.15.- Aspecto del riego por aspersión.

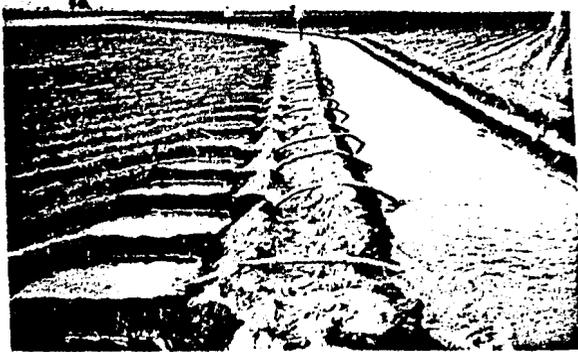


Fig. I.16.- Aspecto del riego por gravedad, en la Z. de R. del valle de Guaymas, Sonora.

1.3.- ELEMENTOS QUE COMPONEN A UNA ZONA DE RIEGO POR GRAVEDAD.

El sistema de distribución de un proyecto de riego, consta de las partes siguientes :

- 1.- Sistema de Canales.
- 2.- Sistema de Estructuras.
- 3.- Sistema de Drenaje.
- 4.- Sistema de Caminos.

Estos, se describen a continuación.

1.3.1.- Sistema de Canales :

Los canales que forman el sistema de distribución del agua de riego se clasifican de la siguiente manera; por su importancia y su función :

- a.- Canal Principal: conduce inicialmente el agua de la fuente - de abastecimiento, encabeza a todo el sistema, domina toda el área regable y abastece al sistema de canales laterales.
- b.- Laterales : son aquellos que dominan las divisiones principales del área regable y abastecen a los sublaterales.

c.- **Sublaterales** : son necesarios para ramificar a los laterales en dos o más canales a medida que se alejen de el principal y lleven el agua a las zonas que le son tributarias, sirve para abastecer a los ramales.

d.- **Ramales** : abastecen a las regaderas o en su caso a los subramales; los subramales también abastecen a las regaderas; son el último punto de conducción del sistema de distribución.

1.3.2.- Sistema de Estructuras :

Para el buen funcionamiento de la red de distribución, así como para la protección del mismo, se hace necesaria la construcción de estructuras hidráulicas que distribuidas convenientemente propicien la optimización en la aplicación del riego.

Estas se clasifican, por su función así :

1.- Estructuras de Operación.

Sirven para distribuir el agua através del sistema de canales - dichas estructuras son :

a.- **Represas** : son estructuras que se construyen con el fin de elevar el nivel del agua en un canal o a una toma que quede localizada aguas arriba de la represa - para poder alimentar a otro canal.

b.- **Tomas Para Canal** : tienen como función abastecer de un canal principal a otro secundario o lateral, son la transición entre canal y canal.

- c.- Tomas Granja : son las estructuras que sirven para entregar el agua a cada uno de los lotes en que se divide la Zona de Riego; son la transición entre el canal y la parcela.

2.- Estructuras de Cruce.

Es común que durante la construcción de un canal sea necesario - salvar obstáculos que se presenten a su paso como : ríos, arroyos barrancas, drenes, caminos, vías de ferrocarril y en general alguna depresión natural o artificial del terreno.

Así pues se hace necesario construir las estructuras de cruce necesarias para vencer los obstáculos mencionados; la elección de estas estructuras depende de las condiciones topográficas, hidráulicas y económicas; dichas estructuras se describen a continuación :

- a.- Alcantarillas : son conductos cerrados que trabajan a presión que sirven para continuar un curso de agua; hay alcantarillas circulares, rectangulares y en forma de herradura; la alcantarilla se construye bajo el obstáculo que cruza.
- b.- Puente - Canal : este tipo de estructuras es conveniente para salvar cualquier depresión en el trazado de un canal, es el conjunto formado por un puente y un conducto, por el cual escurre el agua por gravedad.
- c.- Sifón : el sifón se utiliza si el nivel de la superficie libre del agua es mayor que la rasante del cruzamiento y no se tiene el espacio libre suficiente para lograr el paso del vehículo.

3.- Estructuras de Protección.

Generalmente se construyen para la seguridad de los canales y en ocasiones para algunos drenes; su función es la de dar protección a los canales para evitar que estos sean erosionados por la velocidad que adquiere el agua en los tramos proyectados, desbordamientos, etc., por una inadecuada operación de los mismos.

Las estructuras de protección más usuales son :

a.- Rápidas y Caídas :

Sirven para conducir el agua de una elevación superior a otra inferior, disipando la energía y con esto, protegiendo el tramo en donde se localicen; deben hacerse estudios económicos para ver la alternativa más eficiente.

Los elementos hidráulicos de una rápida son : la entrada, el canal de la rápida, la trayectoria, el tanque amortiguador y la estructura de salida; una caída tiene los mismos elementos que una rápida, pero se consideran caídas a las estructuras que no tienen más de 4.50 mts. entre la superficie de agua superior y la inferior y cuya rápida tiene un talud no mayor de 3:1.

b.- Desagues Parciales y Totales :

Se hace necesario colocar desagues de excedencias o parciales en un canal de conducción, para dar salida a las aguas sobrantes que puedan presentarse por las siguientes razones :

Por un mal funcionamiento de las compuertas de la toma.

Por la entrada del agua de lluvia o de algún arroyo a el canal.

Por obstrucciones en el canal ocasionados por derrumbes o asoles que provocan la sobre-elevación del tirante del agua.

Los tipos más comúnmente usados para desagües parciales son los vertedores, las compuertas, etc.

El desagüe total tiene por objeto descargar todo el caudal del canal en el momento deseado por la siguiente razón :

Por un desperfecto en alguna de las estructuras del canal que deba ser reparada teniendo en seco el canal en el tramo averiado; por consiguiente, el desagüe debe estar localizado aguas arriba de dichas estructuras.

I.3.3.- Sistema de Drenaje.

En los sistemas de riego debe preverse una eficiente red de drenaje, para desalojar rápidamente el agua sobrante que se precipita durante la época de lluvias, los excedentes de riego o bien los desfuegos de los canales, los beneficios de este, pueden apreciarse cuando a consecuencia un terreno se convierte potencialmente productivo.

a.- Beneficios Del Drenaje :

- Facilita el arado y la siembra.
- Facilita la ventilación del suelo.
- Disminuye la erosión y el agrietamiento del suelo.
- Lava las sales en exceso.

b.- A falta del drenaje, puede suceder lo siguiente :

- Se afectan las condiciones de aireación del suelo.
- Presentación de enfermedades y pudrición de las raíces.
- Invasión de malas hierbas.
- Demoras en las labores de preparación y cultivo.

- Salinización del terreno.
- Demoras en la comunicación terrestre y peligro de inundaciones.

c.- Tipos De Drenaje :

Los sistemas de riego pueden tener dos tipos generales de drenajes : el natural y el artificial; cuando el sistema de riego tiene una extensión pequeña, normalmente basta con el drenaje natural, cuando es grande se usa una red artificial o una combinación de ambos.

1.3.4.- Sistema de Caminos.

Los distritos de riego nacionales tienen características sumamente variables; el solo hecho de que se encuentren distribuidos en todo el país hace que presenten condiciones diferentes ya sea de ecología, hidrología, de recursos, adelantos técnicos, sociales y comunicaciones.

Una región agrícola no puede prosperar si se encuentra mal comunicada; por tal motivo debe dedicarse una especial atención al establecimiento de una red caminera que permita el fácil acceso a las cosechas para transportarlas aún en los lugares más apartados; los caminos a construir en una Zona de Riego se clasifican así:

a.- Sistema general de caminos.

Tiene la finalidad de intercomunicar todos los centros de población, que se encuentran delimitados dentro de la zona, facilitando la explotación de los productos y permitiendo la salida hacia los mercados locales o hacia los centros de embarque (estaciones de FFCC, terminales, puertos).

Por esta, circulan la maquinaria, el equipo, los implementos y materiales con que se realizan las actividades agrícolas y las industriales derivadas de ellas mismas.

También circulan por esta red el personal y el equipo destinados a la vigilancia, distribución de las aguas y conservación de las obras; es el sistema central del distrito.

De su estado de conservación dependerá la eficiencia del mismo.

Una completa y bien conservada red de caminos permite realizar una circulación activa, reducir los costos de los productos; además de rapidez para ejecutar los trabajos de conservación.

Generalmente se encuentra formada por caminos de tierra y algunos tramos revestidos.

b.- Caminos sobre los bordos de los canales.

Tienen como finalidad el dar oportunamente la conservación del sistema de distribución, permite observar y vigilar todos sus elementos y así poder descubrir todos los desperfectos y agilizar el traslado del personal y el equipo correspondiente.

c.- Caminos de acceso a obras especiales y a dependencias.

Estos caminos son los que comunican a los lugares donde se encuentran localizadas las presas de almacenamiento, de derivación plantas de bombeo; en algunos casos, especialmente cuando tienen mucho tráfico por que comunican diversos centros de población, pueden llegar a pavimentarse o cuando menos a revestirse.

CAPITULO II

ESTUDIOS PREVIOS
AL
DISEÑO Y CONSTRUCCION

II.1.- TIPO DE ESTUDIOS, SU NIVEL Y UTILIDAD.

Antes de iniciar un proyecto o a la par de el, se deben recabar datos acerca del medio físico y social en el que va a operar; ya que el buen conocimiento del medio nos va a proporcionar la información necesaria para hacer del proyecto una obra funcional.

Los estudios a realizar se dividen en dos niveles : preliminares y definitivos.

Los primeros se realizan auxiliándose con datos ya obtenidos - por DETENAL o por otros proyectos cercanos.

Los estudios definitivos nos daran la factibilidad de la creación y ejecución del proyecto; estos son muy profundos y muy bien localizados.

En realidad lo que determina la profundidad de los estudios es la situación económica y la importancia de la obra.

La información y datos que debemos de obtener son básicamente los siguientes :

1.- Planos de localización (datos proporcionados)

a.- Muestran centros de población.

b.- Centros de producción, vías de comunicación, corrientes.

Sirven para :

- a.- Determinar la fuente de abastecimiento hidrológico.
- b.- Establecer la ruta de abastecimiento de materiales.
- c.- Integración de la zona a un plan regional.

2.- Planos topográficos (datos proporcionados)

- a.- Topografía de la zona.
- b.- Muestran zonas urbanas y vías de comunicación.
- c.- Redes telefónicas, telegráficas, eléctricas, gasoductos oleoductos.
- d.- Pozos profundos, corrientes superficiales.

Sirven para :

- a.- Delimitar la zona de riego, eliminando zonas que no se puedan regar.
- b.- Trazar la red de canales, estructuras, drenajes, caminos.
- c.- Delimitar cuencas hidrológicas.

3.- Planos agrológicos (datos proporcionados)

- a.- Clasificación de suelos y su localización, fertilidad.
- b.- Profundidad y variación del N.A.F.
- c.- Drenaje interno y calidad del agua de riego.
- d.- Erosión y salinidad.

Sirven para :

- a.- Localizar zonas aptas para el cultivo.
- b.- Tipos de cultivos a sembrar y necesidad del drenaje.
- c.- Determinación del uso consuntivo, coeficientes unitarios de riego y láminas para cada cultivo.

4.- Datos climatológicos (nos proporcionan)

- a.- Temperatura, precipitaciones, latitud, luminosidad solar.
- b.- Ciclos de secas y de lluvias .
- c.- Prescencia de heladas, nevadas, granizo, rocfo.

Sirven para :

- a.- Determinar los tipos de cultivos, fechas de siembra.
- b.- Coeficientes unitarios de riego.

5.- Datos hidrológicos (nos proporcionan)

- a.- Régimen de las corrientes.
- b.- Frecuencia y duración de las avenidas.
- c.- Extensión de la cuenca y sus características.
- d.- Volúmenes proporcionados de agua subterránea.

Sirven para :

- a.- Determinar la potencialidad de la fuente de abastecimiento.
- b.- Determinar la necesidad de construir una obra de captación.
- c.- Determinar los coeficientes de drenaje.

6.- Planos geológicos (datos proporcionados)

- a.- Estratigráfica y estructuración.
- b.- Fallas geológicas.
- c.- Grado de intemperismo y metamorfismo del suelo y las rocas.

Sirven para :

- a.- Localización preliminar del canal principal y sus estructuras.
- b.- Localización de bancos de material.
- c.- Determinación de tipo de maquinaria a utilizar.
- d.- Estimación preliminar de costos.

7.- Características físico-químicas de los suelos (datos proporcionados)

- a.- Permeabilidad, índices, propiedades mecánicas de los suelos.
- b.- Características de los materiales disponibles para la construcción.

Sirven para :

- a.- Determinar la necesidad de revestimientos.
- b.- Tipos de cimentación de las estructuras.
- c.- Porcentajes, técnicas, y equipo para compactación de los suelos.
- d.- Proporcionamientos y tipos de cemento.
- e.- Volúmenes de materiales disponibles en bancos.
- f.- Coeficientes de abundamiento.
- g.- Resistencia mecánica de los suelos.

8.- Estudios socioeconómicos (datos proporcionados)

- a.- Uso de la tierra, tenencia.
- b.- Tamaño de las parcelas, nivel de vida de la región.
- c.- Asociaciones sindicales, grado de madurez técnica.
- d.- Enfermedades propias de la región.

Sirven para :

- a.- Determinar las características socio-económicas de la región.

II.2.- ESTUDIOS TOPOGRAFICOS

Levantamiento de terrenos regables.

Objetivo : Tiene por objeto formar un plano topográfico, suficientemente preciso para proyectar los sistemas de distribución drenaje y caminos que constituirán un distrito de riego.

Para ejecutar el levantamiento debe contarse con un control; - dicho control consta de dos partes :

- a.- Control horizontal : puede consistir en una red de poligonales, una triangulación, un sistema de cuadrícula o la combinación de estos métodos que sirven para situar en planta las estaciones de control.
- b.- Control vertical : consiste en una serie de bancos de nivel, convenientemente distribuidos en el terreno, con estos se sitúa en elevación los puntos del terreno que servirán para hacer la configuración.

Dicho control proporciona el esqueleto para apoyo del levantamiento que posteriormente se rellena con los puntos de elevación del terreno conocidos, las curvas de nivel y los detalles en canales, caminos poblaciones, etc.

Cuadrícula rectangular :

El control más conveniente y adecuado para el levantamiento de terrenos de riego consiste en un sistema de cuadrícula rectangular - formado por líneas trazadas con tránsito y cinta, espaciadas un kilómetro en ambas direcciones y monumentando en los cruces, nivelando a continuación líneas y monumentos con nivel montado.

Las operaciones necesarias para establecer una cuadrícula rectangular se describen a continuación :

1.- Se formará un sistema de ejes coordenados, rectangulares - estableciendo :

- a.- Un origen o punto inicial.
- b.- Un meridiano principal que sea la meridiana astronómica que pase por el origen y se prolongue al norte y al sur de ese punto.
- c.- Una línea normal al meridiano principal que se extiende al este y al oeste del origen y que se designa con el nombre de paralelo base.

2.- Se dividirá el área por levantar, en cuadros principales - de 5 o 10 km por lado, estableciendo :

- a.- Líneas normales al meridiano principal, por los puntos múltiplos de 5 o 10 km tanto al este como al oeste de dicha línea, designándoles el nombre de paralelos.
- b.- Líneas normales al paralelo base, por los puntos múltiplos de 5 o 10 km, tanto al norte como al sur de dicha línea, designándolos como meridianos.

3.- Los cuadros principales se subdividirán en cuadros secundarios de un kilómetro por lado, estableciendo :

- a.- Líneas paralelas al meridiano principal que parten de cada km del paralelo base o de los paralelos guías de los cuadros llamados principales.

4.- Se monumentarán las esquinas de los cuadros principales y secundarios, estableciendo :

- a.- Monumentos mayores en las esquinas de los cuadros principales a cada 5 o 10 km.
- b.- Monumentos menores en las esquinas de los cuadros secundarios a cada km.

- 5.- Se nivelarán los monumentos establecidos antes refiriéndolos al nivel del mar, a fin de usarlos como bancos de nivel.

Gráficamente, se desarrolla lo anterior de la siguiente manera :

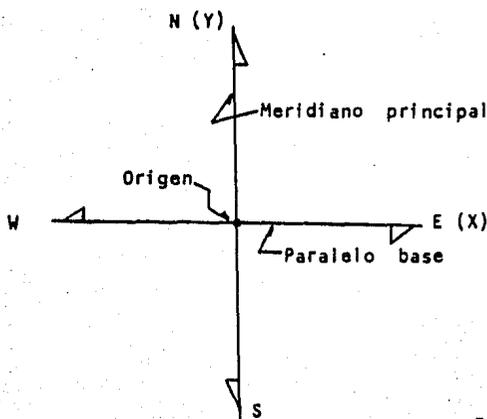
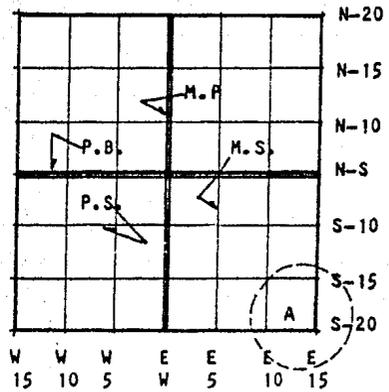


Fig. II.1

- Origen : Se seleccionará el punto de tal manera que sea prominente, de gran visibilidad, accesible, situado en la parte central de la Zona de Riego, deberá perpetuarse por medio de un monumento de concreto.
- Meridiano principal : Será necesario tomar un punto auxiliar, cualquiera, que este lejano, como un pararrayos, la cruz de una iglesia, para orientar una línea desde el origen hasta el punto encontrado, a partir de esa línea orientada se fijará la dirección del meridiano principal que se trazara sobre el terreno.
- Paralelo base : Una vez establecido el meridiano principal se elige un punto de este, se giran 90 grados, encontrando este punto, se alinea con el origen y se clava una estaca a 500 mts del origen y se verifican las medidas.

2.- Cuadrícula primaria :

Fig. II.2



3.- Cuadrícula Secundaria :

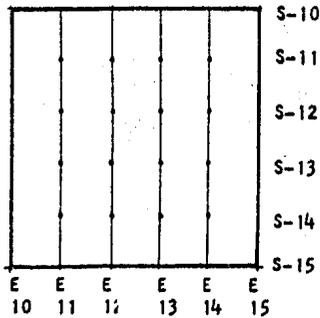


Fig. II.3

4.- Monumentación :

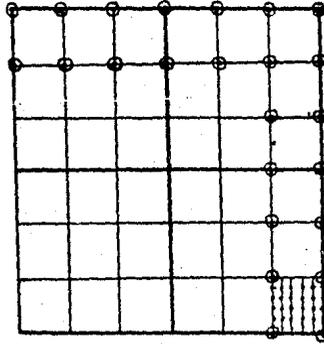


Fig 11.4

5.- Nivelación : control vertical del levantamiento.

En la mayor parte de los casos pasa cerca de los terrenos por levantar una vía de ferrocarril o una carretera por lo que es fácil encontrar puntos acotados, referidos al nivel del mar, que sirvan como punto de partida de las nivelaciones.

Los bancos de nivel de la cuadrícula serán precisamente los monumentos de concreto colocados en las esquinas de los cuadros de un kilómetro por lado.

La nivelación se hará por circuitos principales y secundarios que se podrán nivelar en cualquier sentido, pero en los circuitos principales debe adoptarse un solo sentido, el de las manecillas del reloj.

Una vez nivelado el circuito principal se pueden nivelar los circuitos secundarios, estos se completarán, nivelando únicamente los lados que corresponden a las brechas paralelas, trazadas a cada kilómetro; estos lados de 5 o 10 kilómetros de longitud se pueden nivelar en cualquier sentido, para facilitar el avance del trabajo.

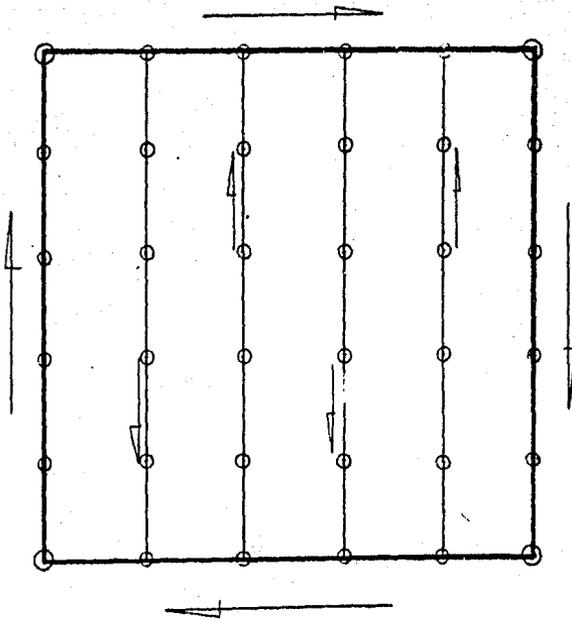


Fig 11.5 Sentido de la nivelación; estas deberán compensarse.

II.3.- ESTUDIOS AGROLOGICOS

II.3.1.- Conceptos Agrológicos :

El suelo forma un sistema de elementos nutritivos para la planta , un medio ambiente para las bacterias y un depósito de agua que aquella requiere para su desarrollo.

a.- Textura del Suelo :

Se refiere a la proporción relativa de los varios tamaños de grupos de partículas minerales en un suelo determinado.

Las clases de textura de un suelo se basan en diferentes combinaciones de arena, limo, arcilla; para ciertas determinaciones a veces se requiere una distinción más fina de las texturas.

Las definiciones generales de las clases de texturas obtenidas por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos Son :

Arena : es una materia suelta y de granos individuales, estos granos pueden verse y sentirse fácilmente.

Migajón Arenoso : es un suelo con alto porcentaje de arena pero con suficiente limo y arcilla para darle cierta consistencia.

Migajón : esta clase de suelo consiste en una mezcla relativamente igual de diversos grados de arena, limo, y arcilla, es blando al tacto y es ligeramente plástico.

Migajón Limoso : contiene una proporción moderada de arena fina y muy poca cantidad de arcilla, más de la mitad de las partículas son del tamaño del cieno o sedimento.

Migajón Arcilloso : este suelo es de textura fina, por lo general forma terrones o grumos al estar duro o seco , bien humedecido tiene consistencia plástica.

Arcilla : es de textura fina, generalmente forma terrones en estado seco; en estado húmedo se siente pegajoso.

b.- Estructura del Suelo :

Influye en el grado en que el aire y el agua penetran y se mueven en el suelo, la estructura se refiere a la clase de partículas agrupadas que predominan en el suelo; aunque en muchos tipos de estos, las clases de estructuras difieren en distintos horizontes.

Los suelos unigranulares y masivos no tienen estructura, en este tipo de suelo el agua se filtra rápidamente, en los masivos, con más lentitud.

Los más favorables para la captación de agua son los prismáticos ; los atronados y granulados, los laminados impiden la captación de agua, por que esta, no penetra fácilmente.

c.- Capa Cultivable del Terreno :

La condición física del suelo con relación al crecimiento de la planta y facilidades de labranza se conoce como "grado de profundidad del terreno de cultivo", se clasifica como buena, mediana y pobre, según la facilidad con que pueda trabajarse el terreno y su grado de captación de agua; los suelos blandos y amigajonados son fáciles de labrar, al estar secos absorben agua con rapidez.

Los terrenos pobres son por lo general suelos duros y difíciles de labrar, captan lentamente el agua y se apelmazan al mojarse.

II.3.2.- Unidades de Clasificación de Suelos :

En los planos de suelos se usan como unidades de estudio, la serie y tipo; es comparable o se asemeja a las costumbres locales de los agricultores, que clasifican las tierras en clases agrícolas de primera o segunda, pero además este plano se hace desde el punto de vista de sus posibilidades de riego y por este motivo se consideran de la primera a la cuarta.

Siendo la primera y segunda agrícolas, la tercera es defectuosa y la cuarta desechable para riego.

Para determinar la clasificación anterior, de el suelo debe considerarse lo siguiente :

- su topografía, su drenaje, grado de erosión, espesor de la capa

vegetal, su estructura, permeabilidad, etc.

II.3.3.- Estudios de Perfiles de Suelos :

Dentro de la Edafología, se considera que el suelo está en constante evolución o transformación y por consiguiente tiene edad en su formación se han establecido los siguientes grupos :

- a.- Suelos crudos o recientes : sin intemperización aparente.
- b.- Suelos inmaduros o jóvenes : -cierto grado de intemperización.
- c.- Suelos maduros : fuertemente intemperizados.

Los suelos más propicios para la agricultura son los mencionados en a y b.

II.3.4.- Análisis Para La Fertilización :

El análisis de datos para la determinación de la fertilización de el suelo nos indica sus deficiencias en cuanto a las substancias fertilizantes, pudiéndose obtener las formulas para la aplicación de los fertilizantes químicos comerciales y abonos mejorados que deban aplicarse al suelo.

II.3.5.- Calidad del Agua :

Es un factor importante en lo que se refiere al ensalitramiento de terrenos de riego.

Las aguas para fines de riego son clasificadas por el laboratorio mediante un análisis químico en el cual se determina la cantidad total de sales solubles que contiene, la cantidad de sales y cationes de sodio, por ser el elemento que perjudica en mayor grado a las plantas; de acuerdo a lo anterior, el agua para riego se clasifica así :

- De primera o excelente.
- De segunda o buena.
- De tercera o laborable.
- De cuarta o dudosa

- De quinta o inútil.

II.3.6.- Uso Consuntivo :

Se define como uso consuntivo a la cantidad de agua consumida sin posible recuperación, para que las plantas se desarrollen y maduren completamente, es el agua empleada por las mismas para transpirar o acumularla en sus tejidos, evaporarla a la atmósfera directamente desde el suelo y que no puede conservarse o recuperarse, así el uso consuntivo será la cantidad promedio de agua empleada por un cultivo entre riegos normales lo que nos da la siguiente condición :

Uso del agua por la planta = agua empleada en la construcción de tejidos(1%)
+ la evaporación(99%)

Factores que intervienen en el uso consuntivo :

- a.- Suelo : fertilidad, salinidad, estructura, profundidad del NAF
- b.- Cultivo : especie, variedad, ciclo vegetativo, etc.
- c.- Agua : calidad, disponibilidad, practicas de riego, etc.
- d.- Clima : temperatura, precipitación, viento, nubosidad.

El uso consuntivo varía en las regiones áridas respecto a las regiones húmedas, es más alto en las regiones áridas o secas.

Hay varios métodos para calcular la evapotranspiración de las plantas, la SARH utiliza varios métodos, de ellos el más usual es el siguiente :

II.3.6.a.- Método de Thornthwaite :

Buscando una expresión simple que empleara datos climatológicos accesibles, desarrollo una fórmula empírica basada en la latitud y la temperatura demostrando que esta última constituye un buen índice de energía en un lugar específico, dicha expresión es la siguiente :

$$E_t = 1.6 (10 T/I)^a$$

Donde :

E_t = evapotranspiración mensual (cm)

T = temperatura media mensual ($^{\circ}C$)

a = constante que depende del lugar y que depende del lugar y que es función de I .

I = índice de eficiencia anual de la temperatura.

$$a = 0.000000675I^3 - 0.0000771I^2 + 0.1792I + 0.49239$$

$$I = \sum_{i=1}^{12} i \quad i = (T/5)1.514$$

El valor obtenido de E_t , debe corregirse mediante factores que se determinan en función del fotoperiodo (horas-día de luz), mes y latitud de la estación; lo cual nos da la E_t definitiva es decir, el Uso Consuntivo mensual en cm.

Posteriormente a esto se busca las láminas de riego en función del Uso Consuntivo Mediante la siguiente expresión :

$LRN = J \times U.C.$ - la precipitación efectiva ; donde

J = factor de corrección.

Lo anterior se hace para cada cultivo; con lo que se hace una tabla para cada mes y para cada cultivo.

Después se analiza el área por sembrar en cada cultivo.

Las áreas obtenidas se indican en Has.; en base a estas se determinan los volúmenes de agua.

A continuación se eligen los volúmenes mensuales mayores para el mes de mayor demanda para cada cultivo.

Con los datos obtenidos hasta ahora se obtienen los coeficientes unitarios de riego para cada cultivo por medio de la siguiente expresión :

$$C.U.R = \frac{\text{Volumen mensual}}{\text{Área de cada cultivo} \times \text{seg. de riego al mes}} = (\text{lt/seg/Ha})$$

Formando una tabla donde indica el tipo de cultivo, el volumen

mensual, el area de cada cultivo, y con esto el CUR; con estos datos, el gasto se determina también en la misma tabla.

Ahora obtenemos la Lámina Neta del Distrito por medio de la siguiente expresión :

$$\text{L.N.D.} = \frac{\text{Volumen neto anual Total}}{\text{Superficie física total}} \quad (\text{mts})$$

Deben considerarse factores de eficiencia en función del revestimiento del sistema de conducción del agua.

II.4.- ESTUDIOS HIDROLOGICOS

Los principales objetivos de la hidrología al diseñar una obra de Ingeniería puede resumirse en dos grandes grupos :

- a.- Obtención de la avenida máxima, lo cual es necesario considerar al diseñar el drenaje en una Zona de Riego.
- b.- Conocimiento de la cantidad, frecuencia y naturaleza del transporte del agua sobre la superficie terrestre; esto servirá para el diseño de instalaciones de irrigación.

La S.A.M cuenta con amplia información de las características de las regiones hidrológicas del país, publicadas en los boletines hidrológicos por regiones.

Los estudios hidrológicos se realizan en el orden y forma siguientes :

- 1.- Estudio de las características de la cuenca.
- 2.- Estudio de los componentes del ciclo hidrológico.
- 3.- Determinación del gasto máximo.

Conceptos básicos :

El ciclo hidrológico es un término aplicable a la circulación general del agua; puede empezar con la evaporación del agua en los océanos, el vapor es transportado por las masas de aire en movimiento; el vapor se condensa formando nubes, estas ocasionan precipitación; una parte es retenida por la superficie, otra escurre sobre ella y otra restante penetra en el suelo.

El agua retenida es devuelta a la atmósfera por evaporación y por la transpiración de las plantas, la parte que escurre sobre la superficie es drenada por arroyos y ríos hasta el océano.

El agua que se infiltra satisface la humedad del suelo y abastece los depósitos subterráneos de donde puede fluir hacia la corriente de los ríos, o bien, descargar en los océanos.

II.4.1.- La Cuenca :

La cuenca de drenaje de una corriente, es el área que contribuye a el escurrimiento, esta limitada por su parteaguas, que distribuye el escurrimiento originado por la precipitación; el parteaguas esta limitado por los puntos de mayor nivel topográfico.

Deben analizarse los siguientes parámetros :

a.- Area de Una Cuenca : es el área en proyección horizontal encerrada por el parteaguas, generalmente se determina con planfmetro.

b.- Pendiente de Una Cuenca : existen varios criterios para evaluarla, entre ellos :

Alvord : para obtener la ecuación que proporciona la pendiente de la cuenca, se analiza primero la pendiente existente entre las curvas de nivel(D), la longitud total de las curvas de nivel(L) y la medición del área de la cuenca(A).

$$Sc = DL/A$$

c.- Elevación de Una Cuenca :

La variación en elevación de una cuenca así como su elevación media puede obtenerse fácilmente con el método de las intersecciones, que a continuación se describe :

El mapa topográfico de la cuenca se divide en cuadros de igual tamaño, considerando que por lo menos 100 intersecciones esten comprendidas - dentro de la cuenca, la elevación media de la cuenca se calcula como el promedio de las elevaciones de todas las intersecciones; muchas veces conviene calcular también la gráfica de distribución área-elevaciones; la curva resultante de esta se puede considerar como el perfil de la cuenca.

Los datos área, elevación se obtienen con planfmetro sobre el plano topográfico de la cuenca y valuando el área encerrada entre las curvas de nivel y el parteaguas de esta; la elevación media de la cuenca puede tomarse de la curva área-elevaciones, como la elevación correspondiente al 50% del área.

d.- Red de Drenaje :

La razón de su importancia se manifiesta en la eficiencia del sistema de drenaje, en el escurrimiento resultante de la precipitación; los parámetros a estudiar para su evaluación son los siguientes :

d.1.- Orden de Las Corrientes : es una clasificación que proporciona el grado de bifurcación de la cuenca.

El procedimiento más común es el de considerar de orden uno a las corrientes que no tienen ningún tributario, de orden dos a las que sólo tienen un tributario, etc. ; hay que medir la longitud de las corrientes, en general se mide a lo largo del eje del valle.

d.2.- Densidad de Corriente : se expresa como la relación entre el número de corrientes(N_s) y el área drenada(A) en kms².

$$D_s = N_s/A$$

nos proporciona una medida real de la eficiencia del drenaje.

d.3.- Densidad de Drenaje : esta cantidad proporciona una información más real que la anterior ya que se expresa como la longitud de corrientes(L), por unidad de área(A)

$$D_d = L/A$$

e.- Pendiente del Cauce :

Se puede representar llevando a una gráfica los valores de sus distancias horizontales, medidas sobre el cauce, contra sus cambios de elevaciones respectivas.

Hay varias formas de medirla, una de ellas es :

$$S = H/L$$

donde H = desnivel entre los extremos del tramo del cauce (mts).

L = longitud horizontal del tramo del cauce (mts).

S = pendiente del tramo de cauce.

11.4.2.- Estudio: de los componentes del ciclo hidrológico :

a.- Precipitación :

Es el agua que recibe la superficie terrestre en cualquier estado físico, proveniente de la atmósfera, puede ser por convección orográfica o ciclónica.

a.1.- Aparatos de medición : la precipitación se mide en términos de la altura de lámina de agua(mm).

Pluviómetro : consiste en un recipiente cilíndrico, la tapa del cilindro es un émbolo receptor, el cual se comunica con una probeta de sección circular - diez veces menor que la tapa.

Pluviógrafo : se lleva un registro de altura de lluvia con - tra tiempo; el recipiente es de forma cilíndrica y el embudo receptor está ligado a un sistema de flotadores que originan el movimiento de una aguja sobre un papel registrador, montado sobre un sistema de reloj; también podemos conocer la intensidad de precipitación(i) que se define como altura de precipitación entre el - tiempo que se origina.

a.2.- Análisis de los registros de lluvias :

Existen varias técnicas, dos de ellas son las siguientes :

Método Aritmético : se suma la altura de lluvia registrada - en cierto tiempo en cada una de las es - taciones localizadas dentro de la zona y se divide entre el número total de esta - ciones(Ne).

$$h_{Pm} = \sum hP/Ne$$

Método de Thiessen : se trazan triángulos que ligan las es - taciones más próximas entre sí, a con - tinuación se trazan líneas bisectoras perpendiculares a los lados de los tri - ángulos, los cuales forman una serie - de poligonales; cada una de ellas con - tiene un número de estaciones igual a uno; cada polígono es el área tributa - ria de cada estación, entonces la altu - ra de precipitación media es :

$$hP_m = \frac{\sum_{i=1}^n (hP_i)(A_i)}{A} = \frac{\sum_{i=1}^n (hP_i)(A_i)}{A}$$

donde :
 hP_i = altura de precipitación registrada en la estación i (mm)
 hP_m = altura de precipitación media en la zona de estudio.
 n = número de estaciones .
 A = área de la zona (km^2).
 A_i = área tributaria de la estación (km^2).

b.- Escurrimiento :

El escurrimiento es la parte de la precipitación drenada por las corrientes de las cuencas hasta su salida, el agua que fluye proviene de diversas fuentes y con base a ellas se considera el escurrimiento como superficial y subsuperficial o subterráneo.

El superficial proviene de la precipitación no infiltrada y que escurre sobre la superficie del suelo.

El subsuperficial se debe a la precipitación infiltrada en la superficie del suelo, pero que se mueve lateralmente sobre el horizonte superior del mismo.

Para analizar el escurrimiento total, se le puede considerar como compuesto por el directo (superficial) y el base (subterráneo), teniendo como finalidad distinguir la precipitación de cada escurrimiento.

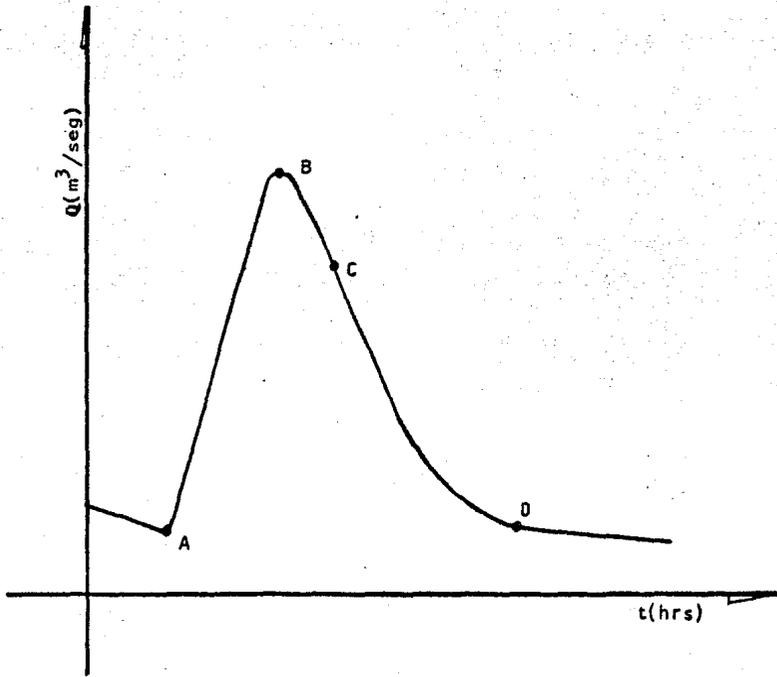
b.1.- Medición Gráfica del Escurrimiento :

Este se realiza mediante la elaboración de un Hidrograma como el que se presenta en la página siguiente; este es la representación gráfica de las variaciones de flujo, arregladas en orden cronológico.

En el hidrograma se advierte que a partir del punto A (punto de levantamiento) se inicia el escurrimiento directo, producto de una tormenta, alcanzando su gasto máximo en el punto B (punto de pico); el punto C es un punto de inflexión donde aproximadamente cesa el flujo por tierra. En el punto D finaliza el escurrimiento directo continuando el escurrimiento base.

El tramo C-D es la curva de vaciado del escurrimiento directo producido por la tormenta; el tiempo en que transcurre A y B se llama tiempo de pico y el tiempo entre los puntos A y D, tiempo base del hidrograma de la tormenta; el tiempo de retraso es aquel que transcurre desde el centro de ma

Fig II.6.- Hidrograma caracterfstico.



sa de la lluvia hasta el pico del hidrograma.

b.2.- Análisis de Hidrogramas :

El análisis de un hidrograma consiste en separar de los escurrimientos con base a las diversas fuentes de abastecimiento que los originan es tos son el base y el directo.

c.- Infiltración :

Es el proceso por el cual el agua penetra en los estratos de la su p^{er}ficie, en forma inicial y posteriormente a los del subsuelo, moviéndose hacia el manto de aguas freáticas; la cantidad máxima de agua que puede absorber un suelo en determinadas condiciones se llama capacidad de infiltración ; durante una tormenta solo se satisface la capacidad de infiltración mientras ocurre la lluvia en exceso; la capacidad de infiltración esta ligada a la intensidad de lluvia.

c.1.- Medición de La Infiltración :

Se usan los infiltrómetros, que sirven para medir la capacidad de infiltración en zonas cerradas, aplicando artificialmente el agua al suelo, a partir de los infiltrómetros es posible inferir la capacidad de infiltración de cualquier cuenca en forma cualitativa.

La capacidad de infiltración se mide básicamente como la cantidad necesaria de agua que hay que aplicar al suelo para mantener constante cier - to tirante.

d.- Evaporación y Transpiración :

La evaporación es el proceso por el cual las partículas de agua adquieren suficiente energía cinética debido a la radiación solar y pasan de el estado líquido al gaseoso; se mide con el evaporímetro; básicamente se realiza lo siguiente : a un cierto recipiente se le agrega cierta cantidad de agua y se le deja en proceso de evaporación por un día, se mide la variación de ni vel y con esto se determina un índice de evaporación de la región.

La transpiración es esencialmente igual a la evaporación, sólo que la su p^{er}ficie no es la del suelo sino la de las plantas.

Se acostumbra considerar a la transpiración junto con la evaporación y valuar lo que se llama la evapotranspiración o uso consuntivo; ya se menciona la forma de obtenerlo en este mismo capítulo.

e.- Agua Subterránea :

Es el agua que ocupa todos los vacíos dentro de un estrato geológico; comprende toda el agua que se encuentra por debajo del nivel freático, - la mayor cantidad de agua subterránea proviene o es aquella infiltrada a través de los diferentes estratos del suelo, el agua subterránea se mueve por efecto de la gravedad, aflora en la superficie alimentando a ríos y lagos.

La medición del contenido de agua en un suelo, sus redes de flujo son determinados en forma muy aceptable dentro de la Mecánica de Suelos.

II.4.3.- Determinación de Los Gastos Máximos :

En cuencas pequeñas los gastos máximos son causados generalmente - por lluvias de corta duración; la proporción de escurrimiento superficial en relación con la lluvia total depende de factores fisiográficos tales como la condición de humedad del suelo, tipo de superficie, de la vegetación y del - subsuelo.

El método más usual, en cuencas pequeñas, es el siguiente :

Método de Chow :

Permite conocer el $Q_{máx}$ para un determinado período de retorno.

El desarrollo del método es el siguiente :

El gasto de pico del escurrimiento directo de una cuenca puede calcularse como el producto de la lluvia en exceso por el gasto de pico de un - hidrograma unitario.

$$Q_m = q_m \times P_e \quad (1)$$

Q_m = gasto de pico del hidrograma del escurrimiento directo (m^3/seg)

P_e = precipitación en exceso para una duración, d , horas (cm).

q_m = gasto de pico del hidrograma unitario (m^3/seg) de escurrimiento directo para una duración de, d , horas de lluvia en exceso.

Considerando una lluvia en exceso igual a 1 cm. por, d , hrs. y un área drenada de A kms², el equilibrio del escurrimiento será igual a $2.78A/d$.

La relación del gasto de pico del hidrograma unitario q_m a $2.78A/d$ se define como un factor de reducción del pico (Z).

$$Z = \frac{q_m \times d}{2.78A} \quad (2)$$

entonces :

$$q_m = \frac{2.78A \times Z}{d} \quad (3)$$

sustituyendo (3) en (1) :

$$Q_m = \frac{2.78A \times Z \times P_e}{d} \quad (4)$$

El factor $2.78 \times P_e/d$, puede reemplazarse por el producto de dos factores X y Y ; X es el factor de escurrimiento expresado por :

$$X = P_e/d \quad (5)$$

Y es el factor climático, considerando que $P_e/P_e = P/P_b$, este factor se puede considerar por :

$$Y = (2.78)(P/P_b) \quad (6)$$

por lo tanto la ecuación (4) puede escribirse :

$$Q_m = AXYZ \quad (7)$$

si el gasto base en el tiempo de gasto pico es Q_b , entonces el de diseño es:

$$Q_d = Q_b + Q_m \quad (8)$$

Procedimiento de cálculo :

Para aplicar el método de CHOW se requieren los datos siguientes :

Datos Fisiográficos :

- a.- Area de la cuenca por estudiar.
- b.- Longitud del cauce principal.
- c.- Pendiente media del cauce principal.
- d.- Tipo del suelo de la cuenca.
- e.- Uso del suelo de la cuenca.

Datos Climatológicos :

- a.- Curva intensidad - duración - periodo de retorno, para la estación base de la zona de estudio.
- b.- Forma de ligar la estación base con la cuenca en estudio.

II.5.- ESTUDIOS GEOLOGICOS Y DE MECANICA DE SUELOS

Los objetivos y alcances de este tipo de estudios ya se mencionaron al principio de este capítulo; ahora se mencionará de manera general la forma en que se explora y se obtienen las muestras del suelo; como se clasifican e identifican y finalmente cuales son las pruebas que se hacen a los suelos para determinar sus características.

II.5.1.- Exploración y Muestreo de Suelos :

Resulta muy obvia la necesidad que se tiene de contar tanto en la etapa de proyecto como en la construcción de este, con datos firmes y seguros respecto al suelo con que se esta tratando.

En realidad es en el laboratorio de Mecánica de Suelos en donde el proyectista ha de obtener los datos definitivos para su proyecto; primero al realizar las pruebas de clasificación ubicará en forma correcta la naturaleza del problema que se le presente y de esta ubicación podrá decidir las pruebas más adecuadas que requiere su problema en particular, definiendo con lo anterior las características de deformación y resistencia a los esfuerzos en el suelo con el que haya que trabajar.

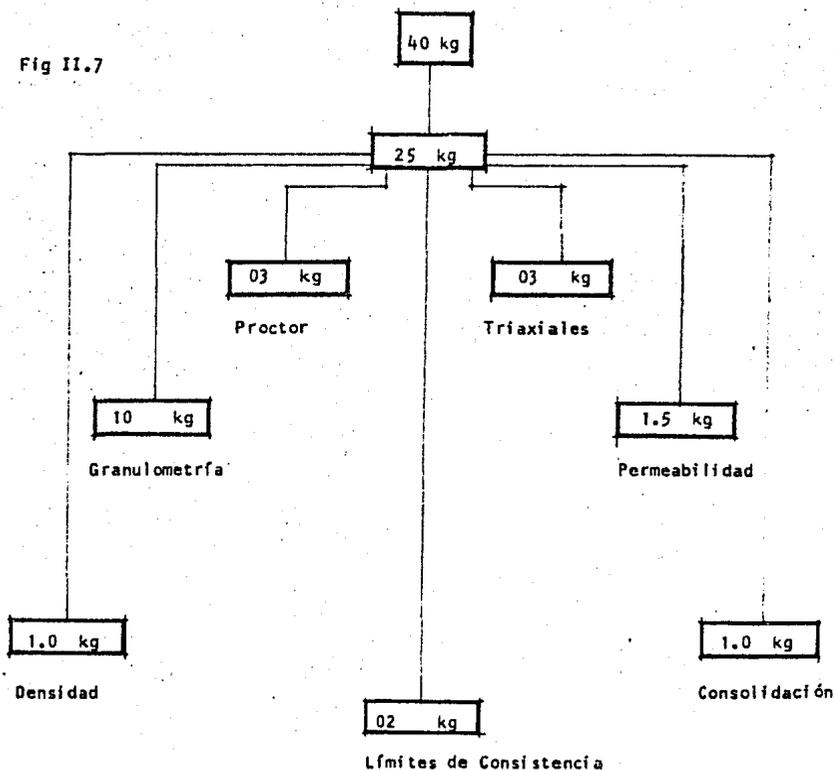
Resultan así estrechamente ligadas las dos importantes actividades el muestreo de suelos y la realización de las pruebas necesarias de el laboratorio.

El muestreo debe estar regido anticipadamente por los requerimientos impuestos a las muestras obtenidas por el programa de pruebas de laboratorio y a su vez el programa de pruebas debe estar definido en términos de la naturaleza de los problemas que suponga pueden resultar del suelo, el cual no puede conocerse previamente al correspondiente muestreo.

Importante es hacer realzar la ayuda prestada por la Geología, resulta imprescindible iniciar sin que el geólogo indique el tipo de sedimentos, la existencia de fallas, plegamientos, etc.

La cantidad de material que constituye una muestra debe ser suficiente para realizar todas las pruebas de laboratorio y aún repetir las incorrectas y aquellas cuyos resultados sean dudosos.

Fig II.7



Existen tres métodos de sondeo; el primero de ellos es el de la exploración con carácter preliminar; el segundo es el de sondeos definitivos; el tercero es el de los métodos geofísicos.

A).- Métodos de Exploración con Carácter Preliminar (sondeos exploratorios).

- Pozos a cielo abierto con muestreo alterado o inalterado
- Perforaciones con posteadora o barrenos helicoidales
- Métodos de lavado
- Métodos de penetración estándar
- Método de penetración cónica
- Perforaciones en boleos y gravas

B).- Métodos de Sondeos Definitivos.

- Pozos a cielo abierto con muestreo inalterado
- Métodos con tubo de pared delgada
- Métodos rotatorios para roca

C).- Métodos Geofísicos.

- Sísmicos
- De resistencia eléctrica
- Magnéticos y gravimétricos

Breve Descripción.

A.- Sondeos Exploratorios.

1.- Pozos a cielo abierto :

Consiste en excavar un pozo de dimensiones suficientes para que un técnico pueda directamente bajar y examinar los diferentes estratos de suelo en su estado natural, así como darse cuenta de las condiciones presisas referentes al agua contenida en el suelo; en ocasiones suele utilizarse además de madera o acero para estabilizar las paredes de la excavación.

En estos pozos se pueden tomar muestras alteradas e inalteradas; las muestras alteradas son simplemente porciones de suelo que se protegerán contra pérdidas de humedad introduciéndolas en frascos o bolsas emparafinadas. Las muestras inalteradas deberán tomarse con precaución, generalmente a base del laorado de la muestra en una oquedad que se practique en la pared del pozo, protegiendola contra pérdidas de humedad, envolviendola en una o más capas debidamente impermeabilizada con breá o parafina.

2.- Perforaciones con posteadora o barrenos helicoidales :

La muestra obtenida es completamente inalterada, suele mostrar características del contenido de agua; a los barrenos helicoidales se les hace girar, penetran en el suelo, después se le saca junto con este; más usada que los barrenos son las posteadoras, su principio de operación es el de hincado por giro.

3.- Método del Lavado :

Es un procedimiento económico y rápido para conocer aproximadamente la estratigrafía del subsuelo; las muestras obtenidas en el lavado son -- tan alteradas que no deben ser consideradas para realizar ninguna prueba de laboratorio.

La operación consiste en inyectar agua en la perforación, una vez que se ha hincado un ademe, la cual forma una suspensión con el suelo en el fondo del pozo y sale al exterior a través del espacio comprendido entre el ademe y la tubería de inyección, se recoge la suspensión en un recipiente en el cual se procede a analizar el sedimento.

4.- Método de Penetración Estandar :

Es el que rinde mejores resultados en la práctica y proporciona -- más útil información del subsuelo, en suelos puramente friccionantes permite conocer la compacidad, en suelos plásticos permite tener una idea tosca de la resistencia a la compresión simple, además proporciona muestras representativas, alteradas del suelo en estudio.

La prueba consiste en hacer penetrar al penetrómetro estandar con golpes dados por un martinete de 63 kgs y medio, que cae desde 76 cm. de altura; contando el número necesario de golpes para lograr una penetración de 30 cms.; en cada avance de 60 cms. debe retirarse el penetrómetro, removiendo el suelo en su interior el cual constituye a la muestra.

Se pueden hacer correlaciones dignas de confianza entre el número de golpes necesarios y la resistencia a la compresión simple.

5.- Método de Penetración Cónica :

Es similar al anterior; sólo que en este caso el penetrómetro es -- de punta cónica.

6.- Perforaciones con boleos y gravas :

En estos casos se hace necesario el empleo de herramientas más pesadas del tipo de barretones con taladro de acero duro, que se suspenden y dejan caer sobre el estrato en cuestión, manejandolos con cables.

8.- Sondeos Definitivos.

Son los métodos que tienen por objeto rendir muestras inalteradas de los suelos, apropiadas para las pruebas de compresibilidad, resistencia y muestras de roca que no puedan obtenerse con los procedimientos antes mencionados.

1.- Pozos a cielo abierto con muestreo inalterado :

Es el descrito en los métodos preeliminares, puede considerarse el mejor de todos.

2.- Muestreo con tubos de pared delgada :

En suelos cohesivos es muy usual; el grado de perturbación que produce el muestreador depende principalmente del procedimiento de hincado debe aplicarse la presión en forma continua, nunca a golpes ni ningún otro método dinámico.

Existen varios tipos de muestreadores de pared delgada como el de tubo shelby y el de pistón.

3.- Métodos rotatorios para rocas :

Cuando un gran bloque o estrato rocoso aparece en la perforación, se hace indispensable recurrir al empleo de máquinas perforadoras a rotación con broca de diamante o del tipo cáliz.

En las primeras, en el extremo de la tubería de perforación se va colocando un muestreador especial de "corazon", en cuyo extremo inferior se acciona una broca de diamante o acero duro que facilita la perforación.

En las segundas, las muestreadoras son de acero duro y la penetración se facilita por medio de municiones de acero que se echan a través de la tubería hueca hasta la perforación, actuando como abrasivo.

En ambos casos se debe inyectar agua fría de modo continuo a causa del calor desarrollado por la perforación.

C.- Métodos Geofísicos.

Se aplica fundamentalmente a cuestiones de Geología y Minería son muy rápidos, permiten tratar grandes áreas.

1.- Método sísmico :

Se funda en la diferente velocidad de propagación de las ondas vibratorias a través de los diferentes materiales.

Consiste en provocar una pequeña explosión en un punto determinado del área a explorar, posteriormente se sitúan las registradoras de ondas (geófonos) separados entre sí por 15 a 30 mts.

2.- Método de la resistividad eléctrica :

Se basa en el hecho de los suelos, dependiendo de su naturaleza presentan mayor o menor resistividad cuando una corriente les es inducida.

3.- Métodos magnéticos y Gravimétricos :

En el primero se usa un magnetómetro, que mide la componente vertical del campo magnético terrestre en la zona considerada, en varias estaciones próximas entre sí.

En los gravimétricos se mide la aceleración del campo gravitacional en diversos puntos de la zona; varía según la resistencia de la estrato; estos métodos son poco usuales.

II.5.2.- Clasificación e Identificación de Suelos :

Es evidente que un sistema de clasificación de suelos, debe estar basado en las propiedades mecánicas de los mismos, por ser estas lo fundamental para las aplicaciones ingenieriles; a la vez de ser cualitativo puesto - que si el sistema incluye relaciones cuantitativas y de detalle respecto a las propiedades mecánicas, resultaría excesivamente complicado y de engorrosa aplicación práctica; de hecho una de las mas importantes funciones de un sistema sería proporcionar la máxima información normativa, a partir de la - cual el técnico sepa en que dirección profundizar su investigación.

Una forma práctica de identificar los suelos nos la proporcionan - las dos láminas siguientes, ambas basadas en el S.U.C.S.(sistema unificado - de clasificación de suelos).

La primer lámina es de un procedimiento auxiliar dividido en tres - partes que a continuación se describen :

La primera consiste en una sección para identificación en campo de - suelos finos y gruesos, así como la diferenciación de los suelos orgánicos.-

La otra sección es para clasificar los suelos finos en laboratorio - mediante la carta de plasticidad, en función del LL(límite líquido y el lími - te plástico).

La tercera parte es un procedimiento para identificación de suelos - finos en campo mediante procedimientos manuales, haciendo pruebas de dilatan - cia, resistencia al estado seco, tenacidad; las que nos dan caracterfsticas - para identificar un suelo fino.

La segunda lámina es de un procedimiento auxiliar para identificar - un suelo dentro de un laboratorio, basandose en la tabla anterior.

Ambas láminas se muestran a continuación.

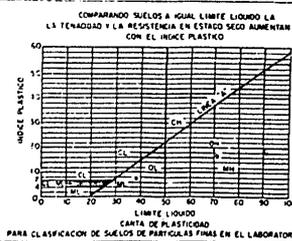
Fig II.8. SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS INCLUYENDO IDENTIFICACION Y DESCRIPCION

PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION EN EL CAMPO (Excluyendo las partículas mayores de 7.6 cm 13" y basadas en las fracciones en peso estimadas)		SIMBOLOS DEL GRUPO (a)	NOMBRES TÍPICOS	INFORMACION NECESARIA PARA LA DESCRIPCION DE LOS SUELOS	CRITERIO DE CLASIFICACION EN EL LABORATORIO	
SUELOS DE PARTICULAS GROSAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA EL TAMBIÉN Nº 200 (10) Y MENOS DEL 85% PASA EL Nº 100 (20)	ARENAS Y GRAVILLAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRAVIL PASA LA MALLA Nº 4 (4.75 mm) Y MENOS DEL 85% PASA LA MALLA Nº 10 (2.0 mm)	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, con poca o nada de limas	Para los suelos inalterados expuestos - entre mecenas sobre estrías frescas, compresión, compactación, condiciones de humedad y características de drenaje	Coeficiente de uniformidad (C _u) = $\frac{D_{60}}{D_{10}}$, Coeficiente de curvatura (C _c) = $\frac{D_{30}^2}{D_{10}D_{60}}$, sobre 1 y 3	
	ARENAS Y GRAVILLAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRAVIL PASA LA MALLA Nº 4 (4.75 mm) Y MENOS DEL 85% PASA LA MALLA Nº 10 (2.0 mm)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena, con poca o nada de limas		No satisfacen todos los requisitos de gradación para GW	
SUELOS DE PARTICULAS FINAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA EL TAMBIÉN Nº 200 (10) Y MENOS DEL 85% PASA EL Nº 100 (20)	ARENAS Y GRAVILLAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRAVIL PASA LA MALLA Nº 4 (4.75 mm) Y MENOS DEL 85% PASA LA MALLA Nº 10 (2.0 mm)	GM	Gravas limpias, mezclas de grava, arena y limas	Para los suelos inalterados expuestos - entre mecenas sobre estrías frescas, compresión, compactación, condiciones de humedad y características de drenaje	Límites de plasticidad abajo de los "líneas A" e Ig menor que 4	
	ARENAS Y GRAVILLAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRAVIL PASA LA MALLA Nº 4 (4.75 mm) Y MENOS DEL 85% PASA LA MALLA Nº 10 (2.0 mm)	GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla		Límites de plasticidad arriba de los "líneas A" con Ig mayor que 7	
SUELOS DE PARTICULAS FINAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA EL TAMBIÉN Nº 200 (10) Y MENOS DEL 85% PASA EL Nº 100 (20)	ARENAS Y GRAVILLAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRAVIL PASA LA MALLA Nº 4 (4.75 mm) Y MENOS DEL 85% PASA LA MALLA Nº 10 (2.0 mm)	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, con poca o nada de limas	EJEMPLO Arenas limpias con grava, como un 20% de grava en partículas duras, más de 0.6 a 1.9 cm en tamaño máximo, arena y limas en partículas indeseables, sobre 50%, - 25% de la masa en partículas de 0.075 mm en el estado seco, con un 10% de humedad en el lugar, arena arenosa, (1)	C _u $\frac{D_{60}}{D_{10}}$ mayor de 6, C _c $\frac{D_{30}^2}{D_{10}D_{60}}$, sobre 1 y 3	
	ARENAS Y GRAVILLAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRAVIL PASA LA MALLA Nº 4 (4.75 mm) Y MENOS DEL 85% PASA LA MALLA Nº 10 (2.0 mm)	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, con poca o nada de limas		No satisfacen todos los requisitos de gradación para SW	
SUELOS DE PARTICULAS FINAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA EL TAMBIÉN Nº 200 (10) Y MENOS DEL 85% PASA EL Nº 100 (20)	ARENAS Y GRAVILLAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRAVIL PASA LA MALLA Nº 4 (4.75 mm) Y MENOS DEL 85% PASA LA MALLA Nº 10 (2.0 mm)	SM	Arenas limpias, mezclas de arena y limas	EJEMPLO Limo arcilloso, café, ligeramente húmedo, partículas débiles de arena, sobre 10%, - 25% de la masa en partículas de 0.075 mm en el estado seco, con un 10% de humedad en el lugar, arena arenosa, (1)	Límites de plasticidad en el top de los "líneas A" e Ig mayor que 4	
	ARENAS Y GRAVILLAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRAVIL PASA LA MALLA Nº 4 (4.75 mm) Y MENOS DEL 85% PASA LA MALLA Nº 10 (2.0 mm)	SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla		Límites de plasticidad arriba de los "líneas A" con Ig mayor que 7	
PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION EN LA FRACCION QUE PASA LA MALLA Nº 40		RESISTENCIA EN ESTADO SECO (Fracción al tacto)	DILATANCIA (Consistencia en el top)	PLASTICIDAD (Consistencia en el top)	EQUIVALENCIA DE SIMBOLOS	
SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS	Nulo o ligero	Rápida a lenta	Nula	ML	S-Gra M-Lmo D-Suena orgánica W-Bon grado L-Bon compresión S-Arc C-Arclo y Turb P-Mal grado -B Mal compresión	
	Medio a alto	Nulo a muy lento	Medio	CL	Comparando SUELOS A IGUAL LIMITE LIQUIDO LA LA TENACIDAD Y LA RESISTENCIA EN ESTADO SECO AUMENTAN CON EL INDICE PLASTICO	
	Ligero a medio	Lento	Ligero	OL	EJEMPLO Limo arcilloso, café, ligeramente húmedo, partículas débiles de arena, sobre 10%, - 25% de la masa en partículas de 0.075 mm en el estado seco, con un 10% de humedad en el lugar, arena arenosa, (1)	
	Ligero a medio	Lento a nulo	Ligero a medio	OH	EJEMPLO Limo arcilloso, café, ligeramente húmedo, partículas débiles de arena, sobre 10%, - 25% de la masa en partículas de 0.075 mm en el estado seco, con un 10% de humedad en el lugar, arena arenosa, (1)	
Alto a muy alto	Nulo	Alto	CH	EJEMPLO Limo arcilloso, café, ligeramente húmedo, partículas débiles de arena, sobre 10%, - 25% de la masa en partículas de 0.075 mm en el estado seco, con un 10% de humedad en el lugar, arena arenosa, (1)		
Medio a alto	Nulo a muy lento	Ligero a medio	OH	EJEMPLO Limo arcilloso, café, ligeramente húmedo, partículas débiles de arena, sobre 10%, - 25% de la masa en partículas de 0.075 mm en el estado seco, con un 10% de humedad en el lugar, arena arenosa, (1)		

PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION EN SUELOS FINOS O FRACCIONES FINAS DE SUELO EN EL CAMPO
Este procedimiento se aplica cuando se requiere clasificar un suelo fino o fracción fina de un suelo en el campo. Se debe seguir el siguiente procedimiento:

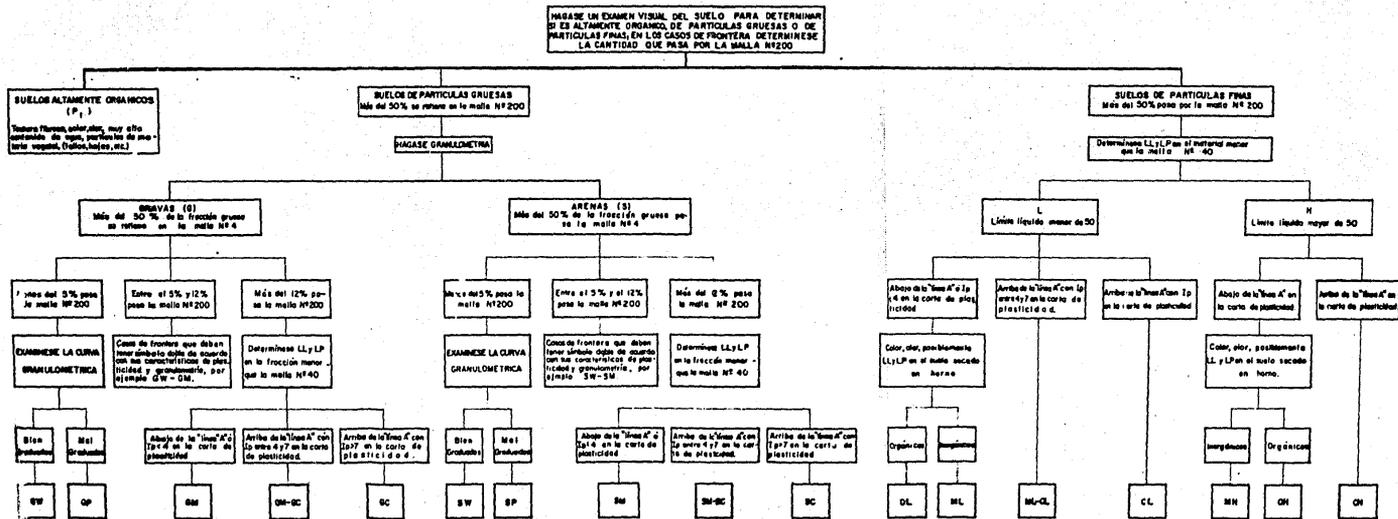
DILATANCIA
(Medida de rigidez)
Después de que el espécimen de suelo ha sido preparado, se prepara una pastilla de suelo húmeda aproximadamente que 10 mm, si es necesario, añadir suficiente agua para dejar el suelo suave pero no pegajoso.
Coloque la pastilla en la palma de la mano y aplique tensiones, comprimiendo ligeramente entre la otra mano varias veces. Una vez que el espécimen suena en la superficie de agua en la superficie de la palma, le será posible sujetarla con una mano y sujetarla con la otra. Con la palma de la mano sujeta entre los dedos el agua y el fondo de la palma de la mano, se puede ver el estado de la pastilla. Si la pastilla se rompe en pedruzcos, el suelo es de tipo arenoso. Si la pastilla se rompe en pedruzcos, el suelo es de tipo arenoso. Si la pastilla se rompe en pedruzcos, el suelo es de tipo arenoso. Si la pastilla se rompe en pedruzcos, el suelo es de tipo arenoso.

RESISTENCIA EN ESTADO SECO
(Medida de compresión)
Después de eliminar las partículas mayores que la malla No. 40, realice una pastilla de suelo húmeda con un contenido de humedad plástico igual al requerido. Coloque entre la palma de una mano y el dedo índice de la otra mano y aplique tensiones, comprimiendo ligeramente entre las manos varias veces. Una vez que el espécimen suena en la superficie de agua en la superficie de la palma, le será posible sujetarla con una mano y sujetarla con la otra. Con la palma de la mano sujeta entre los dedos el agua y el fondo de la palma de la mano, se puede ver el estado de la pastilla. Si la pastilla se rompe en pedruzcos, el suelo es de tipo arenoso. Si la pastilla se rompe en pedruzcos, el suelo es de tipo arenoso. Si la pastilla se rompe en pedruzcos, el suelo es de tipo arenoso. Si la pastilla se rompe en pedruzcos, el suelo es de tipo arenoso.



(1) Clasificaciones de frontera - Los suelos que poseen las características de dos grupos se designan con la combinación de los dos símbolos. Por ejemplo GM-GC, mezcla de grava y arena bien graduada y arcillosa.

Fig. 11.9.- PROCEDIMIENTO AUXILIAR PARA IDENTIFICACION DE SUELOS EN EL LABORATORIO S.U.C.S.



NOTA.- Los símbolos de las mallas son de la U.S. Standard

II.5.3.- Pruebas de Laboratorio Más Comunes :

Una vez que se ha identificado y clasificado un suelo, se pueden -visualizar los problemas que se puedan presentar al excavar, al rellena, al colocar una estructura superficial o subterránea y determinar las pruebas de laboratorio más convenientes para las condiciones de trabajo a que se va a someter a los suelos de la zona del proyecto.

Puede suceder que se va a cimentar una estructura, estabilizar un talud de un canal, etc.

Las pruebas de Mecánica de Suelos más comunes para realizar el proyecto y la construcción de los elementos de una zona de riego son las siguientes :

II.5.3.a.- Compactación de Suelos :

La compactación de un suelo es el mejoramiento artificial de sus propiedades mecánicas por medios mecánicos, es un proceso semejante al de la consolidación.

La importancia de la compactación de suelos estriba en el aumento de resistencia y disminución de la capacidad de deformación, aumentando el peso específico seco y disminuyendo los vacíos.

Las técnicas de compactación se aplican a cortes y terraplenes en canales y drenes, rellenos, cimentaciones superficiales, bordos, etc.

Las pruebas de compactación tienen el procedimiento siguiente :

- 1.- Seque al aire una muestra de unos 2.5 kg de peso y retirese de ella todo el material mayor que la malla # 4.
- 2.- Determinese la tara del molde proctor teniendo colocada su placa de base.
- 3.- Mézclase la muestra agregando un poco de agua para tenerla ligeramente húmeda, que aún se desmorone cuando se suelta después de presionarla con la mano.
- 4.- Se divide la muestra en el número requerido de porciones, una por cada capa que vaya a usarse, aproximadamente iguales que se pondrán en el cilindro compactando cada una con el número -

- de golpes requerido, con el correspondiente pisón.
- 5.- Cuidadosamente se quita la extensión del molde y enrase la parte superior del cilindro con la regla metálica.
 - 6.- Determine y registre el peso del cilindro con la placa de base y el suelo compactado.
 - 7.- Retírese el suelo del molde y obtengase el contenido de agua - de dos muestras representativas de unos 100 grs. una obtenida de un nivel cercano al fondo y otra cercana a la superficie.
 - 8.- Repítase el procedimiento anterior con un contenido de agua iigeramente mayor, y así sucesivamente, hasta que se hayan obtenido por lo menos dos puntos en la gráfica de compactación que se sitúen arriba de la humedad óptima.
 - 9.- Dibujense los resultados obtenidos en una gráfica que tenga como abscisas los contenidos de agua resultantes y como ordenadas los pesos específicos secos y de la masa.

El procedimiento anterior es aplicable a las pruebas Proctor y Proctor modificada.

Los métodos usados de compactación dependen del tipo de suelo con el que se este trabajando; los suelos friccionantes se compactan eficazmente con métodos vibratorios, los suelos plásticos se compactan con mecanismos de carga estática; entre los factores que influyen en la compactación obtenida pueden señalarse dos como las más importantes : el contenido de agua del suelo antes de iniciarse la compactación y la energía específica empleada en dicho proceso.

II.5.3.b.- Determinación del Coeficiente de Permeabilidad :

De las propiedades hidráulicas la que más interesa conocer es la - de la permeabilidad de los suelos, de esta se tiene que medir el coeficiente de permeabilidad (k) en cm/seg.

El coeficiente es un dato cuya determinación correcta es fundamental para la formación del criterio del proyectista y del constructor.

Hay varios procedimientos para medirlo entre ellos podemos mencionar :

1.- Permeámetro de Carga Constante :

Es el método más simple para determinar el coeficiente de permeabilidad de un suelo.

Una muestra de suelo de área transversal A y longitud L confinada en un tubo, se somete a una carga hidráulica (h), el agua fluye a través de la muestra, midiéndose la cantidad (cm^3), que pasa en el tiempo (t), aplicando la ley de Darcy :

$$V = kAt$$

El gradiente hidráulico (i) vale :

$$i = h/L$$

Y el coeficiente de permeabilidad :

$$k = VL/hAt$$

Se mide mediante el siguiente dispositivo :

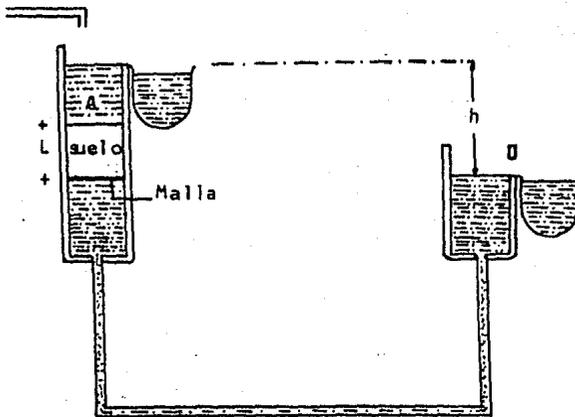


Fig. II.10.- Esquema del permeámetro de carga constante.

Los factores que influyen en la permeabilidad de un suelo son los que a continuación se describen :

- la relación de vacíos.
- la temperatura del agua y la existencia de agujeros y fisuras.
- la estructura y estratificación del suelo.

II.5.3.c.- Resistencia al Esfuerzo Cortante del Suelo :

Las más comunes son :

a.- Pruebas de Compresión Triaxial :

Teóricamente son pruebas en que se podrían variar a voluntad las presiones actuantes en tres direcciones ortogonales sobre un espécimen de suelo. En realidad y buscando sencillez en su realización los esfuerzos en dos direcciones son iguales.

Los especímenes son cilíndricos y se sujetan a presiones laterales mediante agua, de la cual se protege con membrana impermeable; para lograr el debido confinamiento la muestra se coloca en el interior de una cámara cilíndrica y están sujetos a presiones laterales (en la página siguiente se muestra el aparato mencionado); en las bases de la muestra se colocan placas porosas, cuya comunicación con una bureta exterior puede establecerse a voluntad con segmentos de tubo plástico (tubo Sarán). El agua de la cámara puede obtener cualquier presión deseada por la acción de un compresor comunicado con ella. La carga axial se transmite al espécimen por medio de un vástago de la cámara que se encuentra en la parte superior.

Las pruebas triaxiales pueden clasificarse en dos grandes grupos:

Pruebas de Extensión y de Compresión :

Las de Compresión son aquellas en las que la dimensión original axial del espécimen disminuye y las de extensión aquellas en las que dicha dimensión se hace aumentar durante la prueba.

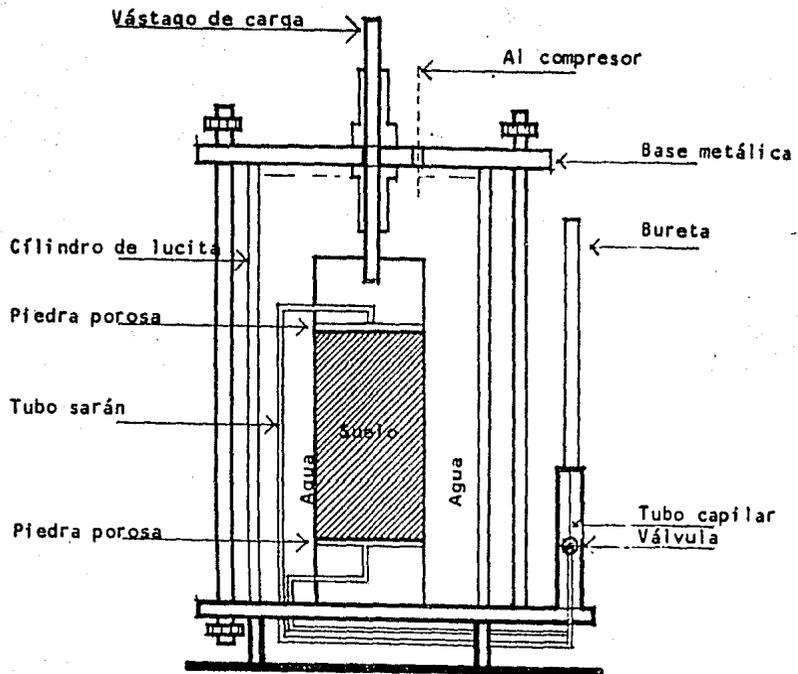


Fig. II.11.- Cámara de compresión triaxial.

La descripción de las pruebas se hace en la más usual, la de compresión. Aplicando una carga através del vastago.

Prueba Lenta (L). Prueba con consolidación y con drenaje. :

La característica fundamental de la prueba es que los esfuerzos aplicados al espécimen son efectivos. Primero se sujeta al suelo a una presión hidrostática (\bar{v}_c), teniendo abierta la válvula de comunicación con la bureta y dejando transcurrir el tiempo necesario para que haya completa consolidación bajo la presión actuante.

Cuando el equilibrio estatico se haya restablecido, todas las fuerzas exteriores estarán actuando sobre la fase sólida del suelo es decir, producen esfuerzos efectivos, en tanto que los esfuerzos — neutrales en el agua corresponden a la condición hidrostática.

La muestra es llevada a la falla a continuación aplicando la carga axial en pequeños incrementos, cada uno de los cuales se mantiene el tiempo necesario para que la presión de el agua en exceso de la hidrostática se reduzca a cero.

Prueba Rápida - Consolidada (Rc). Prueba con consolidación y sin drenaje :

En este tipo de prueba el espécimen se consolida primeramente bajo la presión hidrostática (\bar{v}_c), en seguida la muestra es llevada a la falla por un rápido incremento de la carga axial, de manera que no permita cambio de volumen. Lo anterior se logra cerrando la válvula de salida de las piedras porosas a la bureta.

Prueba Rápida (R). Sin consolidación y sin drenaje :

En este tipo de prueba no se permite en ninguna etapa, consolidación de la muestra, la válvula de comunicación entre el espécimen y la bureta permanece cerrada impidiendo el drenaje.

En primer lugar se aplica al suelo la presión hidrostática y de inmediato se hace fallar al suelo con una aplicación inmediata de la fuerza axial. Los esfuerzos efectivos no se conocen en ningún momento de la prueba.

Prueba de Compresión Simple (Cs) :

Esta prueba no es realmente triaxial, pero en muchos aspectos se parece a una prueba rápida.

Los factores que influyen en alguna manera al esfuerzo cortante de un suelo son los siguientes :

a.- Suelos Cohesivos :

- historia previa de consolidación del suelo.
- condiciones de drenaje del mismo.
- velocidad de aplicación de las cargas.
- sensibilidad de su estructura.

b.- Suelos Friccionantes :

- compacidad.
- forma de los granos y distribución granulométrica.
- resistencia individual de la partículas y el tamaño de ellas.

Además de los niveles de esfuerzo y el tipo de prueba que se realice.

II.6.- ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD ECONOMICA

La realización de un proyecto de infraestructura, significa introducir en la economía del país un elemento dinámico que provoca repercusiones en todo el sistema.

En la etapa de estudios, el económico requiere de principal atención, pues en cierto momento nos podría determinar que se lleve acabo la construcción de la zona de riego, o el que resulte más conveniente no hacerla.

El estudio y conocimiento de la situación económica del país es esencial para establecer las prioridades en los proyectos de los distritos de riego; es necesario tener un concepto de los beneficios económicos y sociales que pueden esperarse; por lo general deben buscarse soluciones balanceadas en función de lo económico y lo social.

Para determinar la factibilidad económica de un proyecto, comunmente se adoptan los métodos de evaluación siguientes :

- 1.- Relación beneficio-costo (B/C).
- 2.- Tasa de rendimiento interno (TRI).

II.6.1.- Relación beneficio - costo (B/C).

El criterio B/C, involucra una comparación cualitativa y cuantitativa sobre base anual entre todos los beneficios directos e indirectos y los costos reales de los proyectos. Primero se calculan los costos del proyecto teniendo en cuenta un período de amortización relacionado con la vida de la obra; la apreciación de la factibilidad económica que resulta de la aplicación de este criterio, puede expresarse de la siguiente forma :

Si los beneficios anuales netos exceden los costos del capital, — los proyectos deben considerarse como económicamente justificables; la relación entre los beneficios y los costos deberá ser mayor a la unidad, entre mayor sea este número, el proyecto analizado será más rentable.

Al considerar los beneficios que se deban incluir en este tipo de análisis hay que considerar los beneficios directos e indirectos.

Los beneficios directos son los atribuibles directamente a el objetivo de la inversión y los indirectos son todos aquellos efectos externos que genera el proyecto medidos por las ganancias de las empresas que transforman, transportan y comercializan los productos derivados del proyecto, así como los beneficios de carácter social que recibe el distrito de riego y su zona de influencia, los cuales son incuantificables, los beneficios directos los compone precisamente la producción que se va a obtener, expresada en \$/ha. x año.

En el análisis de una obra de regadío, sólo se incluyen los beneficios directos por que los indirectos son prácticamente invaluable.

Los costos a los que hay que referirse en el análisis están representados por la inversión para proyecto, construcción, además de la operación y el mantenimiento.

II.6.2.- Tasa de rendimiento interno (TRI) :

La tasa de interés para la cual la relación B/C es igual a la unidad se llama tasa de rendimiento interno. Es la que nos permite ver que proyecto recupera más rápido la inversión.

$$B/C = 1 \quad ; \quad \frac{Bt - Ct}{(I + i)^n} = 0$$

suponiendo que tenemos dos alternativas ; a,b

$$\frac{B}{C_a} = \frac{B}{C_b}$$

Las dos tienen el mismo B/C, se puede ver que no hay prioridad dado que los dos son satisfactorios, pero con diferente TRI ;

$$TRI(a) = 18\%$$

$$TRI(b) = 12\%$$

El proyecto a recupera más rápido su inversión; se elige a el TRI mayor.

La TRI de un proyecto se puede obtener por medio de una interpolación entre dos tasas de descuento actualizadas, ya que la depreciación se considera lineal.

Por ejemplo, supongamos que el análisis de B/C se hace con una tasa de descuento del 8%, obteniendose :

$B/C = 1.5$; resultado de $B = 600$, $C = 400$, $B-C = 200$
 luego, al 16 % se obtiene la relación :

$$B/C = 0.7$$

de $B = 1400$, $C = 2000$, $B-C = -600$

Esto quiere decir que entre las tasas de 8% y 16% hay otra parte para la cual la relación B/C , es igual a la unidad y en consecuencia; obtenemos la TRI.

- Primer alternativa :

$$-B/C = 1.5$$

$$-B-C = 200$$

$$- i = 8\%$$

- TRI :

$$-B/C = 1.0$$

$$-B-C = 0.00$$

$$- i = X\%$$

- Segunda alternativa :

$$-B/C = 0.7$$

$$-B-C = -600$$

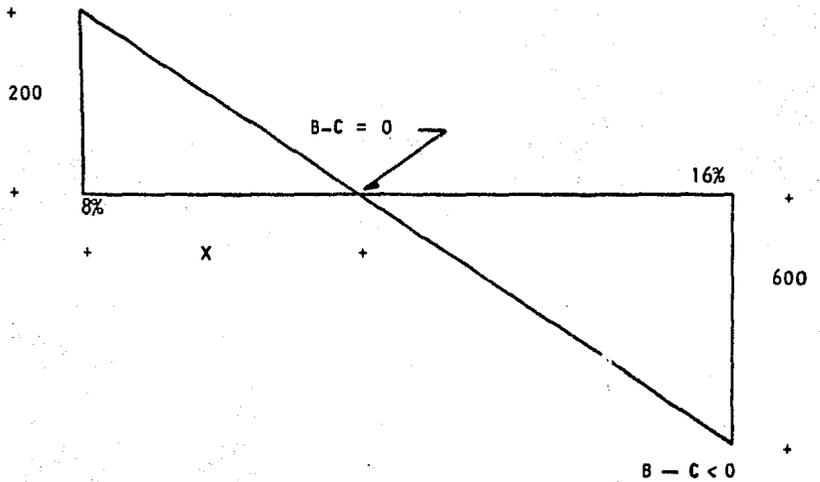
$$- i = 16\%$$

La interpolación para hallar el TRI (X), se muestra en la pagina siguiente.

$$\frac{X}{200} = \frac{8}{600 + 200}$$

$$B - C > 0$$

$$X = \frac{1600}{800} = 2\%$$



$$T R I = 8 + 2 = 10\%$$

CAPITULO III

DISEÑO

DE LA ZONA DE RIEGO

III.1.- PLANEACION Y ASPECTOS GENERALES DE PROYECTO EN ZONAS DE RIEGO

Una vez que se han realizado todos los estudios necesarios para conocer las características del medio físico y social de la zona, se procede a la creación de el proyecto de la zona de riego.

Esto se realiza mediante ciertos lineamientos que con orden conciente y un buen criterio del proyectista, van dando cuerpo y dimensiones al conjunto de elementos que conforman a las Zonas de Riego por Gravedad.

Comunmente, los pasos a seguir son los que a continuación se describen :

1.- Sobre un plano topográfico a escala, se marca con color los terrenos que quedando dentro de la zona de riego, no sean dominados o que no puedan ser utilizados para la agricultura, como :

- a).- Caminos principales y vecinales. (café)
- b).- Rfos y Lagunas. (azul)
- c).- Arroyos y Drenes. (naranja)
- d).- Altos de la Zona de Riego. (morado)

2.- Determinación de la potencialidad de la fuente y con esto, también el área que podemos regar, haciendo uso del plano agrológico se marcan las tierras que por su tipo convenga beneficiarlas con el proyecto; asimismo se marcan las propiedades utilizando el plano de la tenencia de la tierra, diferenciando los linderos de las pequeñas propiedades, zonas ejidales y comunales.

3.- Localización del canal principal. El canal principal en la mayoría de los casos limita por su parte alta el área de riego por lo tanto es necesario localizarlo de manera tal que domine el máximo de área regable.

Se deberá localizar la parte final del canal de modo que pueda descargar a un arroyo, un rfo o un dren.

4.- Localización de los canales del sistema de distribución.

Para la localización de los canales del sistema de distribución hay cuatro criterios a seguir :

- a).- Según la topografía del terreno. (terrenos en lomerío)
- b).- Según la cuadrícula. (terrenos planos)
- c).- Respetando los linderos existentes.
- d).- Siguiendo un sistema combinado.

Una vez localizados los canales del sistema de distribución se harán trazarse las curvas horizontales y cadenamios de cada canal.

5.- Lotificación y localización de las tomas del lote.

La finalidad fundamental que se persigue al subdividir en lotes un sistema de riego en proyecto, es la de precisar en los planos y en el campo la ubicación de estas porciones de tierra que deben ser servidas por una toma.

Para determinar el número de hectáreas que debe constituir el lote y que deban ser regadas por una toma, se deben considerar el régimen de la propiedad, así por ejemplo para un régimen de propiedad de 2 hectáreas por ejidatario cada toma regará como máximo 20 hectáreas y cuando se tengan 10 ó más como propiedad por agricultor, la toma regará entre 50 ó 60 hectáreas.

6.- Obtención de las áreas de los lotes.

Una vez elegidas las rutas de los canales, como paso importante del proyecto, se trazarán en forma definitiva, asimismo de la manera que se menciona más adelante se localizarán las estructuras del sistema de distribución, drenes y caminos a todos ellos se les calculará una área aproximada y con signo negativo se sumará a la superficie total y se obtendrá el área de todos los lotes.

7.- Diseño de los canales de la Zona de Riego.

Primero se dibujan los perfiles del terreno y de todos los canales a una escala conveniente; sobre el perfil de cada canal se localizan las estructuras con que cuente cada uno.

Posteriormente se determina en cada toma lote la superficie libre de el agua necesaria para regar el área de cultivo.

Se une esta superficie del agua entre tomas y se determina una pendiente hidráulica media.

Con esta pendiente y con el gasto determinado por tramos el cual aumenta hacia aguas arriba, se entra a la tabla de secciones de canales y se determinan las dimensiones del mismo para cada tramo.

Determinadas las secciones del mismo canal en sus diversos tramos - se resta el tirante del mismo a la elevación de la superficie libre del agua y se obtiene la rasante del canal.

Siguiendo este procedimiento, se determinará la elevación de la rasante y la superficie libre del agua en el inicio del canal, a este se le suma la pérdida de carga originada en la obra de toma del canal alimentador y se determina el nivel de operación que debe tener la superficie libre del agua en el mismo.

En el diseño de canales debe tomarse en cuenta lo siguiente :

- a).- La velocidad mínima será de 0.40 m/seg para canales revestidos en canales sin revestir la velocidad mínima que no permite el crecimiento de vegetación es de 0.75 m/seg.
- b).- La velocidad máxima dependerá del tipo de suelo en que quede alojado el canal, nunca la v máx. deberá ser mayor a la crítica.
- c).- Cuando la pendiente longitudinal del terreno es superior a la adoptada para el canal, se hace necesario proyectar rápidas y caídas para absorber el desnivel excedente.

8.- Diseño del canal principal.

determinado el punto anterior, se tienen los niveles de operación de la superficie libre del agua necesaria para alimentar a cada lateral, para el diseño del canal principal se siguen los mismos pasos mencionados an-

teriormente.

9.- Criterios para la localización de estructuras en la red de distribución de la Zona de Riego.

9.1.- Estructuras de Operación.

a.- Represas :

Los puntos obligados donde se deben construir represas son en las tomas laterales, sublaterales, ramales y subramales.

La localización y distancias que debe mediar entre ellas depende de diversos factores, debiendo en todos casos satisfacer las condiciones básicas siguientes :

- 1.- Con la represa total o parcialmente cerrada, el nivel del agua deberá ser tal que se puedan abastecer los gastos máximos de las tomas laterales que queden -- aguas arriba, sin invadir el bordo libre del propio canal alimentador.
- 2.- El espacio entre represas debe ser tal que cada una de ellas de el servicio requerido al mayor número de tomas.

El espaciamiento máximo y mínimo entre represas en lo que respecta a su operación es :

$$L \text{ máx.} = \frac{d - (0.25d + h) - 0.50}{s}$$

$$L \text{ mín.} = \frac{d - (0.25d + h) - 0.40}{s}$$

Los puntos obligados donde se deben construir represas son en las tomas laterales, sublaterales, ramales y subramales.

En cuanto al diseño hidráulico se considera que el área debe oscilar entre el 90% y 110% del área hidráulica del canal con el fin de conservar la capacidad del mismo.

b.- Tomas para canal :

Tienen como función abastecer del canal principal a los laterales.

Se localizarán en los puntos de intersección entre canales.

9.2.- Estructuras de Cruce.

Normas para elegir el tipo de estructura :

Al proyectar un cruce debemos tener en cuenta los siguientes factores para escoger la mejor y más conveniente estructura.

a.- Cuando el nivel de la superficie libre del agua es menor que la rasante del obstáculo, se puede utilizar como estructura de cruce una Alcantarilla o bien un puente.

En el caso que se puedan utilizar las dos estructuras como solución se deben hacer anteproyectos y escoger la más funcional y económica.

Si la estructura elegida para el cruce es una Alcantarilla de ben tomarse en cuenta los siguientes aspectos.

a.1.- Si se proyecta una alcantarilla para cruzar un canal la estructura podrá trabajar a presión pero hay que tener cuidado de que el tirante a la salida del conducto sea un 10% menor que la altura del conducto.

Si la alcantarilla es para cruzar un dren, la estructura debe trabajar teniendo dentro de la misma un bordo libre cuando menos igual al dren.

b.- Si se proyecta un puente como estructura de cruce :

- se deberá dar el espacio libre suficiente del nivel de la superficie libre del agua, a la parte más baja de la superestructura del puente, para evitar que objetos flotantes detengan su flujo y que en temporadas de lluvia no se rebase el nivel del agua la parte más baja de la superestructura.
- si el puente se construye sobre un canal, el espacio libre vertical mínimo será por lo menos el bordo libre del canal.
- si es sobre un dren, el espacio libre vertical mínimo será de 1 m del nivel de aguas máximas calculada a la parte más baja de la superestructura del puente.

c.- Cuando el nivel de la superficie del agua es mayor que la rasante del cruzamiento, se puede utilizar como estructura de cruce un puente-canal o un sifón.

c.1.- El puente-canal, se utilizará cuando la diferencia de niveles entre la rasante del canal y la rasante del cruzamiento permita un espacio libre, suficiente para lograr el paso de vehículos, en el caso de canales, drenes, arroyos y ríos.

c.2.- El sifón se utilizará si el nivel de la superficie libre del agua es mayor que la rasante del cruzamiento y no se tiene el espacio libre suficiente para lograr el paso de vehículos o de agua.

9.3.- Estructuras de Protección.

a.- Rápidas y Caídas.

Se usará una caída para unir pequeños desniveles, las rápidas se usarán para desniveles mayores.

a.1.- Rápidas :

Cuando se proyecta un canal en rápida se debe proteger su superficie contra las velocidades erosivas del agua, con algún tipo de revestimiento.

En el cálculo de rápidas revestidas de concreto es usual escoger un valor de $n=0.014$ a 0.015 en la fórmula de Manning para gastos hasta de 3 metros cúbicos por segundo ; para gastos mayores y altas velocidades $n=0.020$ a 0.018 debido a la incorporación del aire.

El bordo libre en rápidas se puede proporcionar utilizando la siguiente fórmula :

$$b.L. = 0.61 + 0.0371v \sqrt{d}$$

Algunas veces es necesario trazar los canales en rápida, en curvas horizontales por lo que es necesario proporcionarle un bordo libre adicional, debido a la sobreelevación de la superficie libre del agua del lado exterior de la curva. La v mín. en rápidas es de 1.2 m/seg ; la v máx. en revestimiento de concreto será de 10 m/seg; en mampostería será de 4 m/seg.

a.2.- Caídas :

Para fijar la posición de una caída y la altura de la misma - debe tomarse en cuenta lo siguiente :

La altura máxima será de 2.0 mts como máximo, salvo casos especiales .

La localización se hará tratando de reducir la excavación pero dando seguridad a la estructura.

Se procura ligarlas a las tomas, tomas, represas, puentes.

Otra estructura complementaria de las anteriores es el Tanque Amortiguador; esta estructura se construye al final de las rápidas o caídas con el resultado de disipar al máximo el exceso de energía uniformizando el régimen.

Con el fin de absorber los oleajes que se forman en el tanque amortiguador, por efecto del cambio de régimen, el bordo libre de esta estructura se debe incrementar en función de los siguientes valores :

Q (m ³ / seg)	b.L.
0- 6	0.125 b.L.
6-85	0.250 b.L.

III.2.- DISEÑO HIDRAULICO DE CANALES Y DE ALGUNAS ESTRUCTURAS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION.

III.2.1.- Diseño Hidráulico de Canales.

Diseño de la sección más conveniente.

El problema del diseño de un canal generalmente se presenta teniendo como datos, el gasto que debe transportar, la pendiente disponible dependiendo de la topografía del terreno y la rugosidad de las paredes.

Con estos datos es posible determinar a partir de la siguiente ecuación un único valor para el módulo de sección : $A Rh^{2/3}$

$$A Rh^{2/3} = \frac{nQ}{\sqrt{s}}$$

Sin embargo el mismo factor se puede satisfacer con distintas formas de la sección, unas más eficientes que otras, lo que implica más de una solución y no propiamente la sección más conveniente. Conviene también diferenciar entre canales revestidos y los no revestidos.

Lógicamente esta diferenciación cambia el criterio de diseño.

1.- Canales Revestidos.

La sección de máxima eficiencia hidráulica será la de mínimo perímetro mojado para una área dada, ya que en ella se tendrá la mínima resistencia al escurrimiento, así como el mínimo costo de revestimiento. Para un gasto dado, la sección hidráulica óptima sería aquella para la cual el área es mínima, esto implica que la velocidad sea máxima, según las fórmulas de Chezy y Manning, esto implicaría que el radio hidráulico $Rh=A/P$, fuera máximo, para ello sería necesario minimizar también el perímetro mojado.

La sección trapezoidal es la más usada en canales.

Normalmente el talud de la sección no se elige arbitrariamente ya que esta supeditado a que pueda resistir el material de excavación, los siguientes datos dan algunas recomendaciones al respecto.

<u>Tipo de material excavado</u>	<u>Talud recomendado</u>
Roca sana	0.0 a 0.25
Tepetate duro	1
Areniscas blandas	1.5 a 2.00
Arcilla saturada	3

Obtención de las propiedades geométricas de la sección trapezoidal óptima.

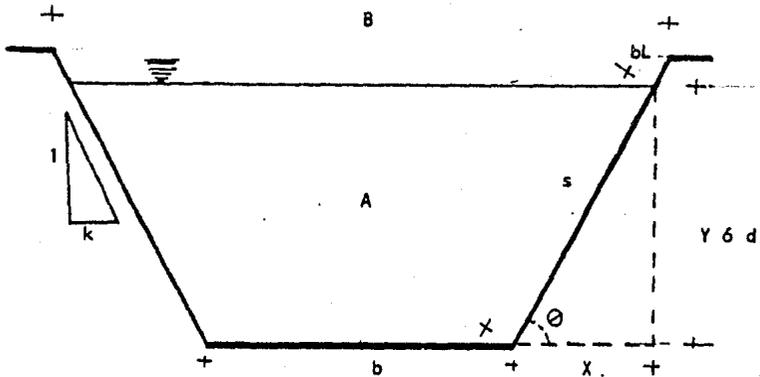


Fig. III.1

De la figura de la página anterior tenemos :

$$X = Y \cot \theta \quad (1)$$

$$S = Y / \text{Sen } \theta \quad (2)$$

El área hidráulica vale :

$$A = bY + XY = bY + Y^2 \cot \theta \quad (3)$$

El perímetro mojado :

$$P = b + 2Y / \text{Sen } \theta \quad (4)$$

El radio hidráulico :

$$R_h = \frac{bY + Y^2 \cot \theta}{\frac{b + 2Y}{\text{Sen } \theta}} \quad (5)$$

El ancho de plantilla :

$$b = \frac{P - 2Y}{\text{Sen } \theta} \quad (6) \text{ de } (4)$$

El ancho del canal :

$$B = \frac{2Y}{\text{Sen } \theta} = 2S \quad (7)$$

Lo anterior nos quiere decir que la sección trapezoidal óptima, cumple con la condición de que la mitad del ancho de la superficie libre sea igual a la longitud S del lado inclinado.

En el caso de que sea factible elegir el ángulo óptimo se deben establecer las condiciones de :

$$\frac{dA}{d\theta} = 0 \quad ; \quad \frac{dP}{d\theta} = 0$$

Y demostrar que el ángulo óptimo es $\theta = 60^\circ$, esto es que la sección trapezoidal óptima es la mitad de un exágono regular con $\theta = 90^\circ$.

En la ecuación (7) se encuentra que $B=2S$ por lo cual la sección rectangular óptima es la mitad de un cuadrado; en la sección trapecial $\theta=60$ (semi exágono), para la circular, la mitad de un círculo.

Partiendo de la ecuación de Manning, se obtiene :

$$Y = 2^{1/4} \left(\frac{\text{Sen}\theta}{2-\text{Cos}\theta} \right)^{3/8} (Qn/S^{1/2})^{3/8} \quad (8)$$

La ecuación anterior permite calcular el tirante de la sección óptima en función del factor de transporte y del talud permisible en el canal.

La velocidad media del canal puede calcularse con la ecuación :

$$V = \frac{1}{n} R h^{2/3} S^{1/2} \quad (9)$$

La solución con base a la sección óptima, es una simplificación de el problema, en la práctica, la economía en el diseño de un canal se complica debido a los siguientes factores :

- a).- La resistencia al flujo no es la única consideración importante de diseño.
- b).- El área hidráulica es unicamente el área de paso del agua; el volumen total de excavación debe incluir : el bordo libre, bermas, camino de inspección, cunetas, etc. Por lo que el valor mínimo de A no implica necesariamente la excavación total mínima.

Por estas razones unicamente en un sentido muy restringido se puede decir que la sección hidráulicamente más eficiente representa la elección óptima de la sección.

2.- Canales No Revestidos.

La fórmula de flujo uniforme usada en el diseño de canales revestidos es insuficiente en el de los no revestidos debido a que el diseño es esencialmente un problema de estabilidad de la sección.

Si el canal transporta sedimentos o está excavado en material erosionable es necesario que no ocurra depósito ni erosión, esto es, el canal debe estar en equilibrio con respecto al transporte de sedimentos o bien impedir dicho transporte.

Hay un método muy usual para el diseño de canales no revestidos uno de ellos es el llamado de "La fuerza tractiva" sirve principalmente para secciones trapeciales y permite conocer el grado de estabilidad de los taludes.

Al aumentar la velocidad un grano en posición estable sobre el talud puede perder ese equilibrio cuando todavía son estables los granos sobre la plantilla.

El método consiste en encontrar el esfuerzo tangencial producido por el flujo que no sobrepase el valor crítico para el material de fondo, está dado por la ecuación :

$$\tau_c = \gamma R h_s$$

La cual para un canal ancho el radio hidráulico puede confundirse con el tirante, es :

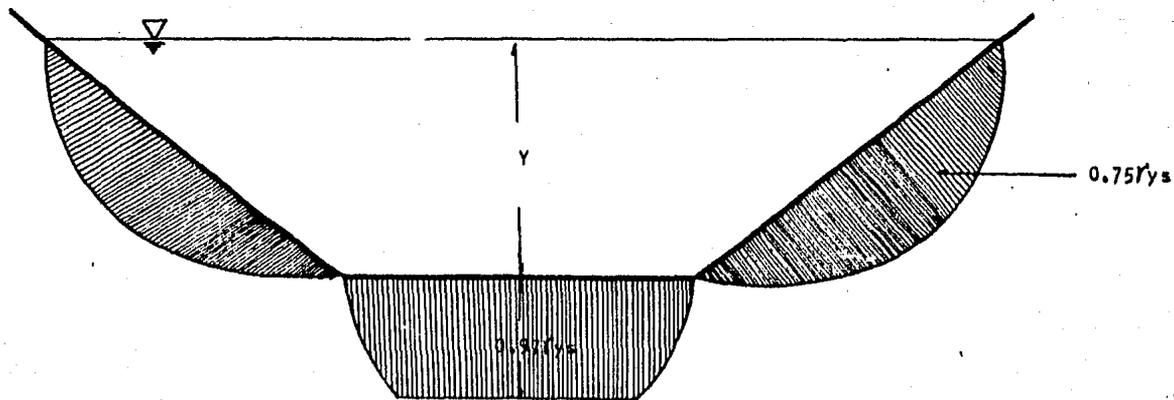
$$\tau_c = \gamma Y S \quad (1)$$

τ_c = esfuerzo tangencial medio.

Con excepción de los canales muy anchos se ha comprobado que dicho esfuerzo no se distribuye uniformemente sobre las paredes, sino como lo indica la figura III.2.-

Como resultado de estos estudios en las figuras III.3, III.4 ; se muestran los valores máximos del esfuerzo tangencial de arrastre tanto en los taludes como en la plantilla de canales trapeciales en función del esfuerzo tangencial medio.

Fig III.2.- DISTRIBUCION DEL ESFUERZO CORTANTE SOBRE LAS PAREDES DE UN CANAL



Por otra parte sobre las partículas que descansan en los taludes de un canal trapecial actúan dos fuerzas.

Estas son; la fuerza tangencial de arrastre (ζS) y la componente de el peso en la dirección de la pendiente máxima del talud ($WS \text{ Sen}\theta$); las cuales hacen que la partícula tienda a moverse, fig. III.3

La simbología usada es :

a = área efectiva de la partícula (m^2).

ζS = esfuerzo tangencial de arrastre en el talud del canal (kg/m^2).

WS = peso de la partícula sumergida en (kg).

θ = ángulo del talud.

La resultante de estas fuerzas por ser perpendiculares entre sí es:

$$\sqrt{WS^2 \text{ Sen}^2\theta + a^2 \zeta S^2}$$

La partícula en estas condiciones está equilibrada por la fuerza de fricción ejercida sobre ella, que es igual al producto de la componente normal al talud correspondiente al peso de la partícula ($WS \text{ Cos}\theta$, multiplicada por el coeficiente de fricción interna: $\text{Tan}\psi$, ψ = ángulo de reposo del material.

En el caso límite cuando la partícula está a punto de rodar se establece el siguiente equilibrio :

$$WS \text{ Cos}\theta \text{ Tan}\psi = \sqrt{WS^2 \text{ Sen}^2\theta + a^2 \zeta S^2}$$

Despejando a ζS resulta :

$$\zeta S = \frac{WS \text{ Cos}\theta \text{ Tan}\psi}{a} \sqrt{1 - \frac{\text{Tan}^2\theta}{\text{Tan}^2\psi}}$$

En el caso de partículas descansando en la plantilla del canal $\theta=0$ la ecuación anterior es :

$$\zeta p = (WS/a) \text{ Tan}\psi$$

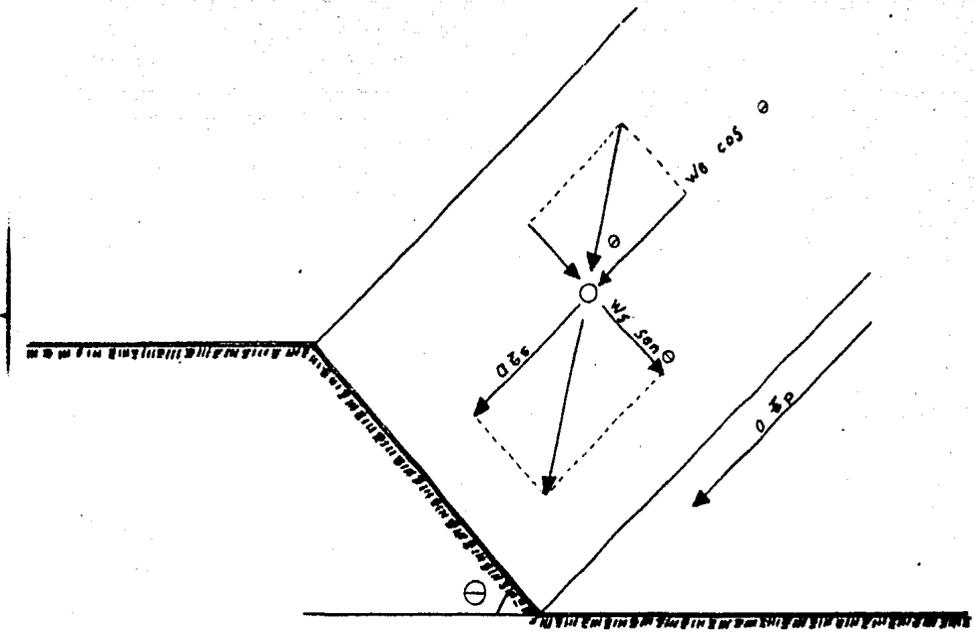


Fig III.3-Fuerzas actuando sobre una partícula colocada sobre el talud de un canal trapezoidal.

Llamando K a la relación entre el esfuerzo tangencial crítico en los taludes ΣS y el esfuerzo tangencial de arrastre en la plantilla Σp , se tiene :

$$K = \frac{S}{p} = \cos\theta \sqrt{1 - \frac{\tan^2\theta}{\tan^2\gamma}} \quad (2)$$

También se escribe como sigue :

$$K = \frac{1 - \frac{\sin^2\theta}{\sin^2\gamma}}{\sin^2\gamma} \quad (3)$$

La ecuación (2) depende del ángulo del talud (θ) y el ángulo de reposo del material (γ).

Para materiales cohesivos y materiales no cohesivos finos la fuerza de cohesión es muy grande comparada con la de gravedad y esta puede ser ignorada para materiales no cohesivos, el USBR ha preparado las curvas de diseño mostradas en la figura III.5, que muestra los diferentes valores del ángulo de reposo para materiales no cohesivos mayores de 5mm de diámetro y para varios grados de redondez. El diámetro considerado a d75 es el de una partícula para la cual el 25% en peso de material tiene un diámetro mayor que este.

El USBR ha estudiado los esfuerzos permisibles en las plantillas de los canales, basándose en los tamaños de las partículas para materiales no cohesivos y en la compacidad y relación de vacíos para algunos materiales cohesivos.

Los resultados de estos estudios pueden resumirse en las siguientes recomendaciones :

- a).- Para suelos cohesivos, los esfuerzos tangenciales críticos recomendados se presentan en la figura III.6.
- b).- Para material grueso no cohesivo el USBR recomienda un valor del esfuerzo permisible igual al diámetro (d75) dividido entre 13.

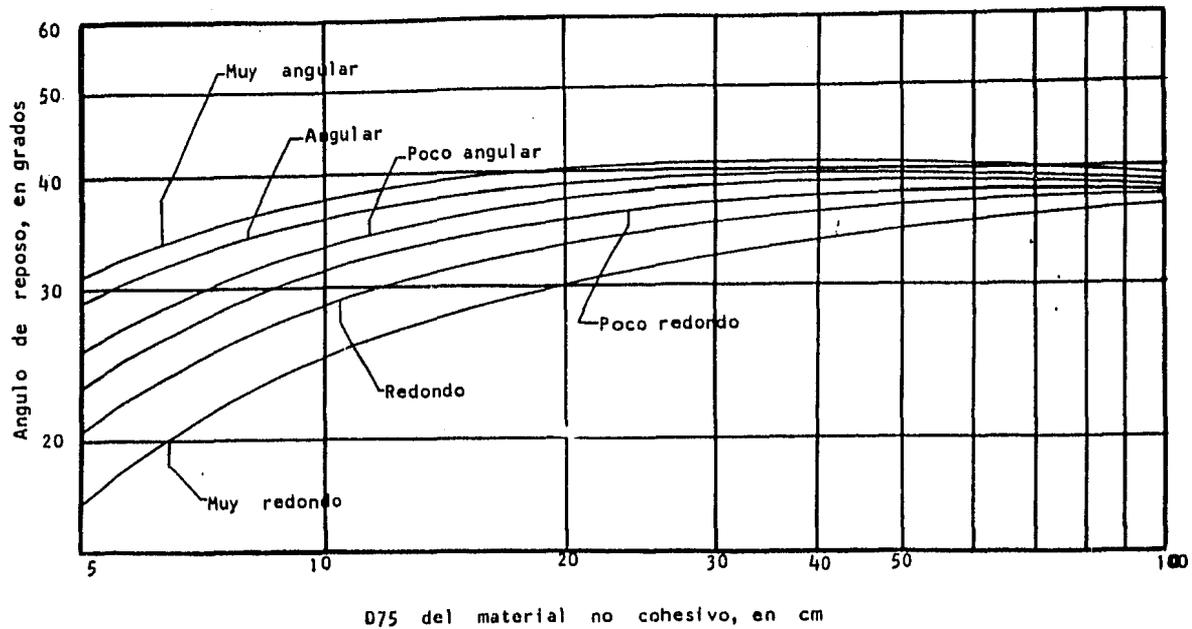
Se puede seguir el procedimiento que se menciona a continuación.

- 1.- De acuerdo con las características del material, de la figura - III.5 se determina el ángulo de reposo y se elige el talud de manera que : $\theta \leq \gamma$
- 2.- De la ecuación (2) se calcula el valor de K.
- 3.- De la figura III.6 o III.7 se determina el esfuerzo tangencial permisible (τ_p) sobre la plantilla de acuerdo con las características del material.
- 4.- Se calcula el valor del esfuerzo tangencial (τ_s) máximo permisible en los taludes a partir de la ecuación :

$$\tau_s = K\tau_p$$
- 5.- Puesto que se conoce γ y τ_s el esfuerzo cortante producido por el flujo tanto en los taludes como en la plantilla quedará determinado por ecuaciones de tipo $\tau = \gamma S \ell$, donde ℓ será función de b/γ y de K.
- 6.- Se supone una relación de b/γ , de las figuras III.4.a y III.4b se obtiene ℓ , quedando las ecuaciones en función únicamente de γ .
- 7.- Se igualan τ_s y τ_p del paso 6 con los permisibles del paso 4 y 3 de donde se escogen y despejan los valores de γ escogiendo el menor.
- 8.- De la relación b/γ supuesta en el paso 6 se despeja γ .
- 9.- Con la geometría obtenida se revisa la sección con ayuda de la fórmula de Manning de tal manera que sea factible la conducción del gasto de diseño.
- 10.- Si el gasto calculado no es el deseado se escoge un nuevo valor b/γ y se repiten los pasos desde el 6 hasta satisfacer esta condición.
- 11.- Se proporciona el b.L. necesario y se ajustan las dimensiones a valores prácticos.

ANGULO DE REPOSO UN SUELO NO COHESIVO
EN FUNCION DEL DIAMETRO DE SUS PARTICULAS

Fig III.4



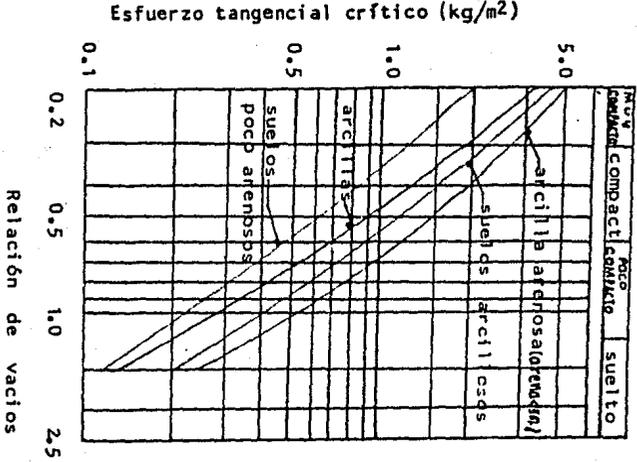


Fig III.5.a

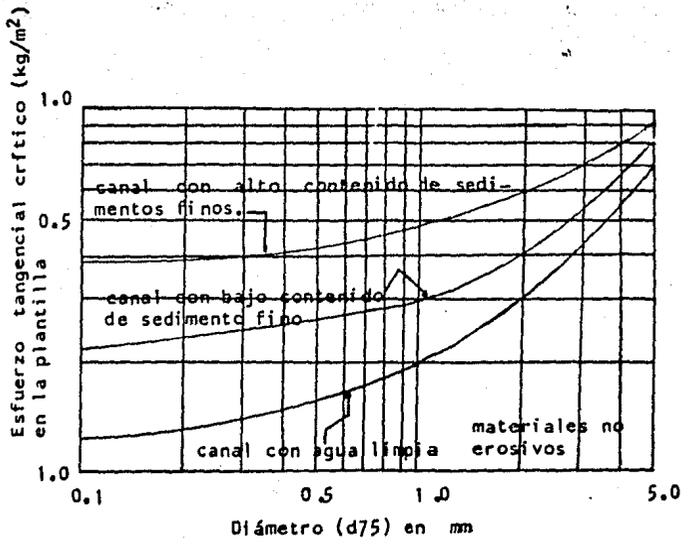
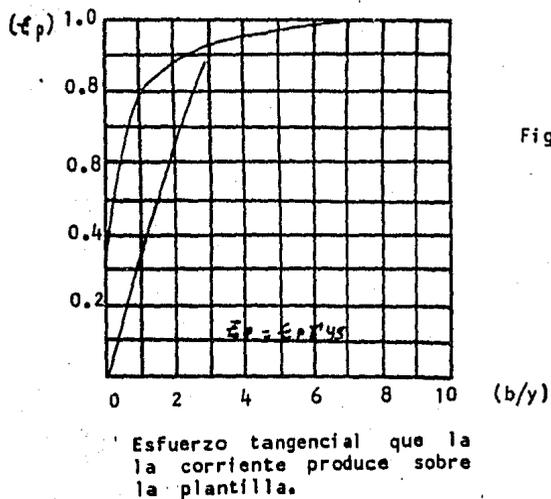
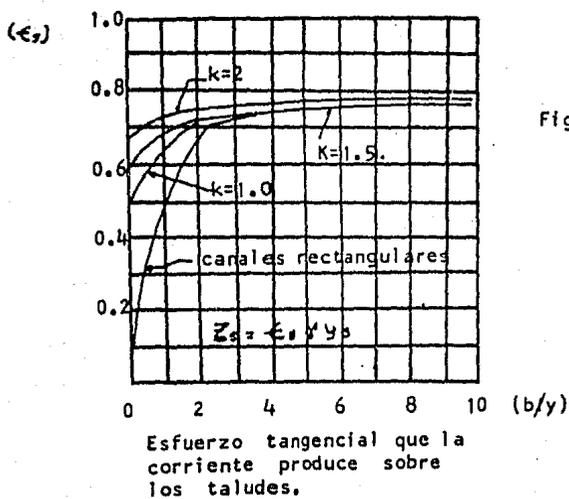


Fig III.5.b



III.2.2.- Diseño Hidráulico de Estructuras.

Las estructuras hidráulicas de la red de distribución son muy variadas en cuanto a su número, sin embargo en cuanto a su funcionamiento y sus criterios básicos de diseño, son muy similares, enumerar cada procedimiento de diseño en el aspecto hidráulico sería como repetir, para una y otra estructura fórmulas y procedimientos.

Debido a lo anterior se procederá a describir los lineamientos básicos de diseño de una estructura de la red de distribución.

1.- Diseño hidráulico de una represa.

1.a.- Primero debemos contar con los datos hidráulicos del canal :
en el que va a trabajar la estructura :

Estos son :

$$Q = 14.709 \text{ m/seg.}$$

$$b = 3.000 \text{ m.}$$

$$t = 1.5:1.0$$

$$n = 0.030$$

$$s = 0.0025$$

2.a.- Debemos obtener ahora las características geométricas del canal :

Resolviendo por tanteos, se igualan las velocidades obtenidas con las fórmulas de continuidad y Manning.

Para un tirante supuesto $d = 2.85$ mts.

El área hidráulica vale :

$$A = bd + td^2 = (3.0 \times 2.85) + (1.85 \times 2.85^2) = 20.74 \text{ m}^2$$

El perímetro mojado :

$$P = b + 2d - \sqrt{1+t^2} = 3.0 + (2 \times 2.85) - \sqrt{1+1.5^2} = 13.276 \text{ m}$$

Y el radio hidráulico :

$$R = A/P = 20.74/13.276 = 1.562 \text{ m.}$$

$$R^{2/3} = 1.346 \text{ m}$$

$$S^{1/2} = 0.01581$$

La velocidad media, con la ecuación de Manning.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} = \frac{1.346}{0.030} \times 0.01581 = 0.709 \text{ m/seg.}$$

De acuerdo a la ecuación de continuidad :

$$V = Q/A = 14.709/20.734 = 0.709 \text{ m/seg.}$$

Por otra parte las pérdidas de velocidad :

$$hV = \frac{V^2}{2g} = \frac{0.709^2}{19.62} = 0.02562 \text{ m.}$$

3.a.- Cálculos hidráulicos de la represa :

El diseño hidráulico de una represa consiste en determinar:

- a).- El tamaño de la sección transversal necesaria.
- b).- La longitud de transiciones.
- c).- Tipo y número de compuertas.

El tamaño de la sección transversal deberá ser lo suficientemente grande para evitar un considerable aumento de velocidad dentro de la represa ya que velocidades superiores a 1.5 m/seg, dificultan la operación de las compuertas.

Para este caso si $Q = 14.709 \text{ m}^3/\text{seg}$; es entonces el área mínima requerida de :

$$A_{mín} = \frac{Q \text{ canal}}{V \text{ máx admisible}} = \frac{14.709}{1.5} = 9.82 \text{ m}^2.$$

El tipo y número de compuertas :

$$\frac{A_{mín}}{2} = \frac{9.8}{2} = 4.9 \text{ m}^2 \quad \text{y} \quad d = 2.85 \text{ m}$$

El ancho mínimo será :

$$\frac{4.9}{2.85} = 1.72 \text{ m.}$$

Utilizando el cuaderno 1 sobre compuertas y mecanismos de la SARH - se eligen dos compuertas radiales de 2.00 de ancho (B) por 3.00m de altura(A) para conductos separados por una pila central.

Por lo tanto, las condiciones hidráulicas normales serán :

$$Q = 14.709 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$n = 0.015 \text{ (concreto).}$$

$$A = 2.0 \times 2.0 \times 2.85 = 11.40 \text{ m}^2 > 9.80 \text{ m}^2.$$

$$V = \frac{14.709}{11.40} = 1.29 \text{ m/seg} < 1.5 \text{ m/seg.}$$

$$P = 2(2d+b) = 2(2 \times 2.85 + 2.0) = 15.40 \text{ m.}$$

$$R = \frac{11.40}{15.40} = 0.740 \text{ m.}$$

$$R^{2/3} = 0.818.$$

$$S = (Vn/R^{2/3})^2 = 0.00559$$

La longitud de transiciones se determina :

$$L_{mfn} = (T-t/2)(\text{Cot } 22^\circ 30')$$

L_{mfn} = longitud mínima de la transición.

T = ancho de la superficie del agua en el canal.

t = ancho de la superficie del agua en los conductos.

$$T = b+2td = 3.0 + 2(1.5)(2.85) = 11.55 \text{ m.}$$

$$t = 2.0+2.0 + 0.40 = 4.40 \text{ m.}$$

$$L_{mfn} = (11.55-4.40/2)(2.4142) = 8.51 \text{ m}$$

por lo que :

Se adopta $L = 9.00 \text{ mts.}$

III.3.- LINEAMIENTOS BASICOS PARA EL DISEÑO DE DRENAJES.

1.- Drenaje Superficial.

Para la determinación de la capacidad de los drenes superficiales se debe tener en cuenta :

- a.- La precipitación pluvial de la zona.
- b.- El tamaño del área contribuyente.
- c.- Topografía del lugar.
- d.- Las características del suelo.
- e.- Tipo de vegetación.
- f.- Inundación probable debido a las fuentes acuíferas.

Para su diseño se debe tener en cuenta :

- a.- Una velocidad de escurrimiento con un valor tal que no se produzcan ni serios deslaves ni asolves.
- b.- Suficiente capacidad para conducir el escurrimiento de diseño.
- c.- Profundidad adecuada para drenar la tierra y no ahogar drenes secundarios que descarguen en el dren.

1.a.- Diseño hidráulico de los drenes .

Para obtener sus características geométricas se seguirá el mismo criterio usado en el diseño de los canales no revestidos.

Para su localización y distribución, deberá realizarse de acuerdo a la topografía del terreno.

2.- Drenaje Subterráneo.

El diseño de la red incluye el trazo y la disposición de las líneas de drenes, definiendo la salida y profundidad conveniente, el espaciamiento de los laterales y la determinación y tamaño y longitud de los drenes y la selección de materiales con que se fabricarán.

2.a.- Profundidad y Espaciamiento.

Existe una relación estrecha entre la profundidad y espaciamiento de los drenes subterráneos ya que en los suelos con permeabilidad uniforme se tiene que a mayores profundidades de los drenes corresponde una mayor separación entre los mismos requiriendose un número menor de ellos.

La profundidad de los drenes subterráneos depende de la elevación a que se desee mantener el nivel freático, de la permeabilidad del suelo, la profundidad del nivel de descarga de la salida de la red y el espaciamiento ya requerido de los drenes.

La capacidad de los drenes subterráneos depende de los siguientes factores :

- a.- Permeabilidad del suelo tanto vertical como horizontal.
- b.- Propiedades del dren : espaciamiento entre ellos y la ubicación de ellos respecto a las capas del suelo.
- c.- Tamaño y número de las perforaciones a lo largo del dren.
- d.- Configuración de la red de drenaje.

III.4.- NORMAS GENERALES DE DISEÑO DE CAMINOS EN ZONAS DE RIEGO.

Generalmente, dentro de la zona, un camino puede considerarse bajo las normas de un camino vecinal, para obtener una red de caminos satisfactoria deben tomarse en cuenta las siguientes normas de diseño.

ESPECIFICACIONES GEOMETRICAS

- 1.- Alineamiento. Consiste en obtener el trazo lo más recto posible, esto contribuye a hacerlo más corto, lo que disminuye el costo.

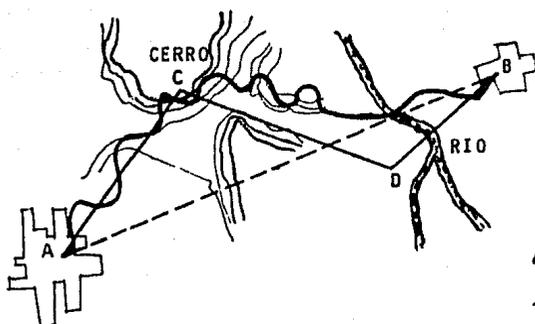


Fig. III.7

-  Alineamiento real.
-  Alineamiento teórico pasando por puntos obligados.
-  Alineamiento ideal.

Generalmente, dada la topografía del país, se obtienen longitudes - hasta 40% mayores que las correspondientes entre dos puntos. De este aumento más o menos la mitad corresponde a lo que es preciso apartarse de la ruta para pasar los puntos obligados, entonces, para que el aumento sea mínimo, debe procurarse que el alineamiento entre los puntos obligados sea lo más recto posible.

- 2.- Curvatura. El radio mínimo de una curva aplicable a un camino, depende de la sobre elevación máxima, que a su vez esta ligada a la adherencia de los vehículos y que varía con la velocidad debe tomarse en cuenta. Como la mayor o menor curvatura esta ligada a la velocidad debe tenerse presente que las curvas adecuadas a determinadas velocidades, son seguras únicamente si tienen la debida sobre elevación y sus correspondientes transiciones aunque generalmente en una zona de riego no hay más limite que el necesario para que un camión de la vuelta sin necesidad de efectuar maniobras.

CURVATURA

TIPO DE CAMINO

CLASE DE TERRENO	VEL. (KPH)	PRIMER ORDEN		SEGUNDO ORDEN		TERCER ORDEN		
		GRADO MAXIMO	VEL. (KPH)	GRADO MAXIMO	VEL. (KPH)	GRADO MAXIMO	VEL. (KPH)	
PLANO	80	9	60	9	40	14	30	14
LOMERIO	80	9	60	14	40	25	30	25
MONTAÑOSO	-	-	40	25	30	36	30	40
ESCARPADO	-	-	-	-	30	40	-	-

- 3.- Sobre elevación. Cuando un vehículo pasa de una tangente a una curva al correr en la curva, la fuerza centrífuga tiende a arrojarlo hacia afuera. Esta fuerza se calcula mediante la fórmula :

$$F = \frac{wv^2}{gR} \quad (a)$$

w = peso del vehículo
 v = velocidad
 g = aceleración de la gravedad
 R = radio de la curva

Si el vehículo se mueve en tangente en un plano inclinado respecto a la horizontal, un ángulo se presenta entonces una fuerza que tiende a arrojarlo hacia adentro, por el plano inclinado deslizándose, esta fuerza es :

$$f = w \text{Tang} \quad (b)$$

Fig. III.8.a

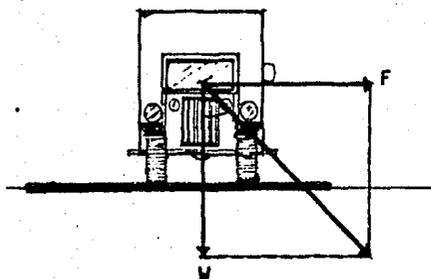
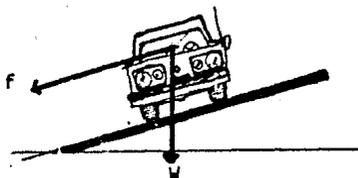


Fig. III.8.b



Tanto cuando el vehículo corre en una curva horizontal como cuando corre en un plano inclinado, la fricción entre las llantas y el piso impide en el primer caso que sea arrojado fuera de la curva y en el segundo que se deslice por el plano inclinado.

Si no se considera la fricción, se puede dar al camino una sobreelevación tal que proporcione la sobreelevación técnica necesaria precisamente en el momento que las dos fuerzas F y f , sean iguales, es decir :

$$\text{Tan}\theta = \frac{V^2}{gR}$$

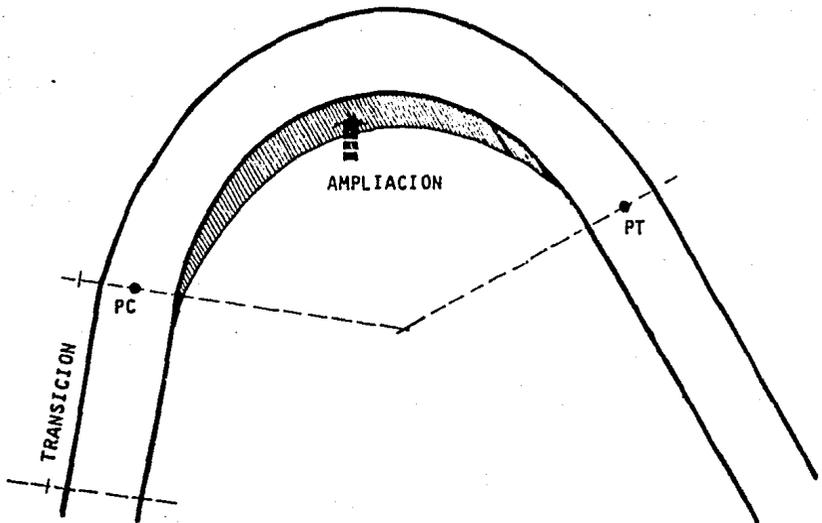
La presente tabla nos muestra las sobreelevaciones recomendables de acuerdo al grado de curvatura :

Grado de Curvatura :	2	4	6	8	10
Sobreelevación (%) :	2	7.4	10	12.3	12.8

4.- Transición. Es preciso construirlas antes del PC y después del PT, es decir, antes de entrar y después de salir de una curva; en las cuales en un tramo de la tangente se vaya pasando (en el caso de la transición al PC) de la sección horizontal del camino gradualmente a la sección inclinada correspondiente a la sobre-elevación del PC y en forma semejante (en el caso de la transición PT) girar la sección sobre-elevada poco a poco hasta llegar a la horizontal.

5.- Ampliación de las curvas. La curva se amplía en una cantidad constante desde el PC hasta el PT y después disminuye hasta los extremos de las transiciones. La ampliación se hace siempre por el lado interior de la curva; en algunos casos por ejemplo donde se acostumbra acarrear caña de azúcar hacia los ingenios atravesada en los camiones convendrá ampliar un poco más las curvas.

Fig.III.9



- 6.- Pendiente. Cuando no existe problema de topografía la mejor ruta entre dos puntos es la que tiene menores pendientes, si a lo largo de la ruta se requiere cruzar terreno montañoso la mejor solución es aquella que para menor costo de construcción arroje la distancia más corta sin rebasar la pendiente máxima admisible.

CLASE DE TERRENO	PENDIENTES MAXIMAS RECOMENDABLES			
	TIPO DE CAMINO			
	ESPECIAL	PRIMER ORDEN	SEGUNDO ORDEN	TERCER ORDEN
PLANO	3	3	4	6
LOMERIO	4	4	6	8
MONTAÑOSO	6	6	7	10
ESCARPADO	-	7	9	12

Siempre que se pueda se proyectaran pendientes menores.

- 7.- Ancho de la Sección. Esta en relación con la velocidad, densidad y clasificación tránsito, los valores de la tabla se refieren a la sección del camino independientemente del ancho de la carpeta asfáltica, cuando la lleven los mínimos recomendables y debe tenerse en cuenta al proyectarse los de tipo especial que siempre que sea posible se diseñará una sección más ancha, buscando como meta el alcanzar acotamientos del ancho suficiente para alojar un vehículo estacionado fuera de la carpeta asfáltica.

TIPO DE CAMINO	ANCHO DE LA SECCION (mts.)
ESPECIAL	8.00
PRIMER ORDEN	6.60
SEGUNDO ORDEN	6.60
TERCER ORDEN	4.00 (un vehiculo)

- 8.- Ancho de la superficie de rodamiento. Generalmente la superficie de rodamiento donde se pavimenta es de menor ancho que la corona del camino. La faja comprendida entre la orilla de la carpeta asfáltica y la arista de la corona de la sección del camino se conoce como banqueta o acotamiento, estas proporcionan mayor seguridad para el tránsito, disminuyen los accidentes y aumentan la estabilidad de las terracerfas.

TIPO DE CAMINO	SUPERFICIE ANCHO (m)	DE RODAMIENTO TIPO
ESPECIAL	6.10	PAVIMENTADA
PRIMER ORDEN	6.60	REVESTIDA PAVIMENTADA
SEGUNDO ORDEN	6.60	REVESTIDA
TERCER ORDEN	4.00	TERRACERIA MEJORADA (1)

(1) En los casos más modestos podrá dejarse la terracerfa natural en los tramos convenientes.

9.- Derecho de Vfa. Los caminos tendrán por lo general un derecho de vfa reducido al mínimo con objeto de no afectar los terrenos de cultivo que por lo común atraviezan.

Los anchos anotados en la tabla son los totales, se repartirán simétricamente a cada lado del eje del camino y se ampliarán en los cortes y terraplenes que se salieran de su límite con objeto de que siempre estén alojadas todas las obras dentro del derecho de vfa.

TIPO DE CAMINO	ANCHO DEL D.V. (m)
ESPECIAL	40
PRIMER ORDEN	20
SEGUNDO ORDEN	15
TERCER ORDEN	10

CAPITULO

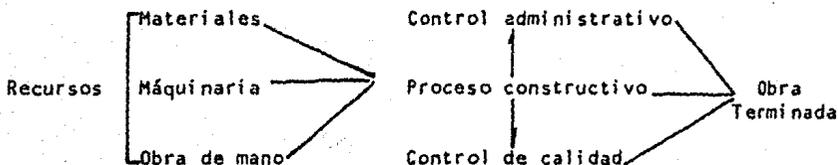
IV

CONSTRUCCION DE LA ZONA DE RIEGO

IV.1.- PLANEACION Y PROGRAMACION

En la realización de una obra, la construcción sigue inmediatamente al diseño y precede a la operación y mantenimiento de las obras; consiste la construcción en la ejecución de una obra combinando materiales, obra de mano y maquinaria con objeto de producir dicha obra de tal forma que satisfaga, por su funcionalidad, la necesidad por la que fue concebida.

Podemos estructurar a la construcción de la siguiente manera:



El proceso es la combinación adecuada de recursos (en función de tiempos y costos).

A lo largo de la ejecución debemos revisar que la obra se construya tal y como se planeo; para esto se cuenta con dos tipos de control - el primero de estos es el administrativo, se encarga de la revisión del uso de recursos; a la revisión de la calidad de la obra en todas sus partes se llama control de calidad.

La planeación analiza la necesidad que crea el proyecto; visualiza el objetivo que se persigue; determina en forma cualitativa y cuantitativa la solución más óptima para lograr el objetivo deseado.

En términos de la habilidad que esto implica, la toma de decisiones, así como la creatividad, juegan un papel muy importante para determinar el éxito de la planeación.

La planeación y programación de la obra requiere, para su proceso de lo siguiente :

- 1.- Conocimiento claro del proyecto y sus especificaciones.
- 2.- Conocimiento del sitio de la obra.
- 3.- Implementación del proceso constructivo más conveniente.
- 4.- Programación de la obra.

Una vez definidas las estrategias y procedimientos de construcción se deben elaborar programas los cuales consisten básicamente en :

Determinación de los tiempos de inicio, duración y tiempos de terminación de actividades.

De lo anterior, la asignación adecuada y oportuna de recursos humanos, materiales, técnicos y económicos.

Programas de inversión, avance-recuperación.

Los métodos más usuales son la Ruta Crítica, Diagramas de barras y el P.C.M.

- 5.- Selección y asignación de recursos.
- 6.- Necesidades de instalaciones fijas y semifijas.
- 7.- Cálculo de costos de los procesos constructivos y globales de la obra.
- 8.- Estudios preliminares :

a.- Topográficos : para conocer accesos, terreno y volúmenes por ejecutar.

b.- Geológicos : para conocer los bancos de préstamo, localización del N.A.F, determinación de equipo y maquinaria para terracerías.

c.- Climatológicos : localización dentro de los programas de actividades, las que no sea posible ejecutar debido a escurrimientos.

d.- Información socioeconómica de la zona.

e.- Información adicional : trabajos por ejecutar con otros contratistas, forma de pago de estimaciones, prorrogas.

IV.2.- Pasos Preliminares .

Primero, debe contarse con un plano general donde se indique claramente la ubicación de estructuras, los ejes de los canales, bancos de préstamos, caminos, etc.

Antes de iniciar cualquier actividad deberá ejecutarse el trazo y la nivelación de los conceptos arriba mencionados.

Al ir avanzando dentro del proceso constructivo se tendrán que checar los niveles por parte de los residentes de la SARH, ejecutados por la compañía constructora.

IV.3.- TERRACERÍAS

IV.3.1.- Desmante :

El desmante consiste en eliminar las vegetaciones y árboles existentes en las áreas de construcción, bancos y derechos de vía; esto se hace con el fin de impedir que la materia vegetal cause daños a la obra y de proporcionar los espacios adecuados para que la maquinaria y el equipo pueda realizar sus actividades en completa libertad.

La buena ejecución del desmante, involucra las siguientes actividades :

- a.- Tala o corte de los árboles y arbustos.
- b.- Roza de la maleza, hierba, zacate y residuos de las siembras.
- c.- Desenraice, o sea, extracción de troncos o tocones, con raíces o cortando estas.
- d.- Limpia y quema; operación que consiste en retirar el producto del desmante, hacia el lugar que señale el residente, estibar dicho producto y quemar lo que a criterio de la secretaría no sea utilizable.

Este desmante puede llevarse a cabo de dos formas :

1.- Desmante a mano :

Para desmontar terrenos donde las áreas de construcción son pequeñas o son pantanosas o abruptas tanto que dificultan el uso de las máquinas, el método más económico puede ser el de cortar a mano, además de que con algo de trabajo manual se facilita mucho el desmante con maquinaria.

En este el corte se realiza con hachas, machetes, sierras eléctricas; atacando arbustos y plantas con pala, pico, azadones y rastrillos.

Usualmente se queman los materiales, aunque cuando los derechos de vía son angostos se pueden amontonar por dentro de las mismas áreas, a los lados; si las condiciones lo permiten es mejor quemarlos inmediatamente después de cortarlos, para evitar movimientos posteriores.

Si las molestias del humo o el peligro de incendio impiden este método, se amontonaran y se queman una vez que se hayan secado o hasta que las cue-drillas que cortaron el monte estén fuera del alcance del fuego.

La única restricción de este método, es la incapacidad física del corte o tala si se tienen árboles con troncos muy gruesos y por la profundidad y grosor de sus raíces; esto, para ser económicamente rentable, debe hacerse con maquinaria.

2.- Desmonte con maquinaria :

La máquina ideal para realizar este es el Bulldozer o tractor empujador; con la cuchilla que posee (puede ser angulable o no) empuja y golpea a la parte baja de los troncos hasta cortarlos o derribarlos.

Se le pueden poner ciertos aditamentos como el que se aprecia en la siguiente - figura :



Fig. IV.1 tala o corte con bola de acero de 2.5 metros de diámetro y con un peso de 4 toneladas; esta se jala con dos buldozers hasta derribar el árbol (sistema Wixson y Trisdale).

Otro tipo de maquinaria alternativa es la pala mecánica, la cual con la cuchara con dientes golpea la parte baja de los árboles; puede apreciarse en la figura IV.2

El mismo buldozer puede realizar las maniobras de roza, desenraice y limpia ya sea en forma individual o en grupo figs. IV.3 , IV.4 de la página siguiente.

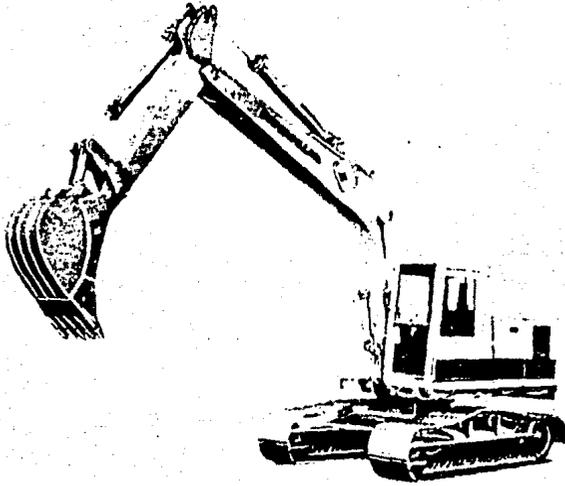


fig IV.2 Retroexcavadora.

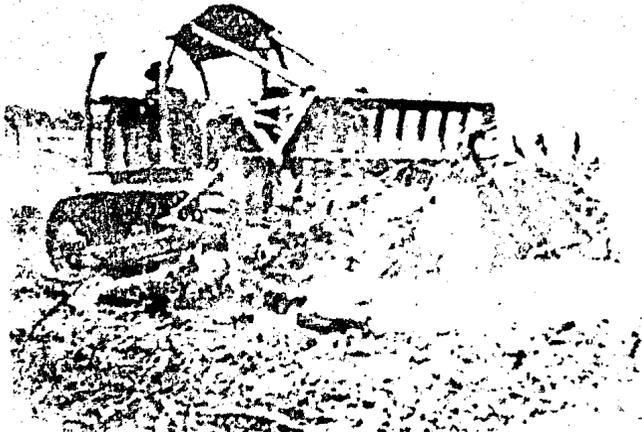


fig IV.3 Tractor realizando maniobras de roza y limpia.

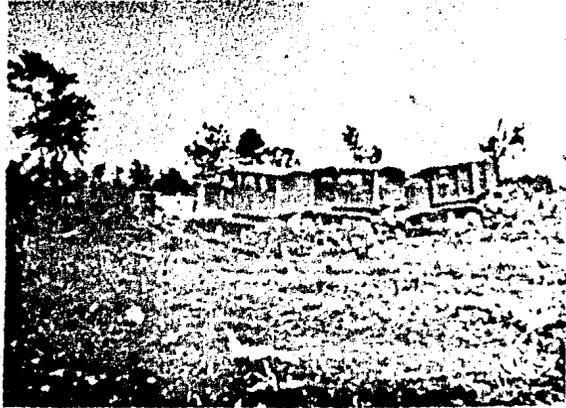


fig IV.4 Tractores realizando conjuntamente trabajos de desmonte.

Fallas de origen

125

En ocasiones, para sacar las raíces de los árboles, se hace necesario utilizar el tractor con escarificador para aflojarlas y con la noja extraerlas definitivamente.

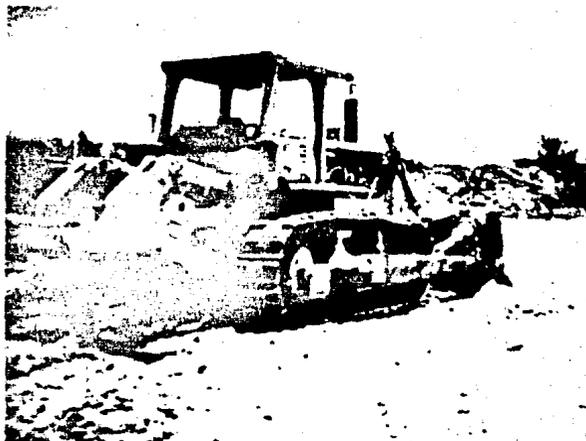


Fig. 14.5 tractor con escarificador.

La utilización de una u otra maquinaria, es función de la disponibilidad, del rendimiento y costo de utilización: en un caso más general puede nombrarse también el tipo de suelo, árboles y vegetación de que se trate.

IV.3.2.- Despalme :

El despalme es la actividad que se realiza posteriormente al desmonte y que consiste principalmente en la remoción de una capa superficial del terreno natural, cuyo material no resulta adecuado para la construcción.

Se efectúa en áreas destinadas al desplante de cimentaciones, de estructuras y terraplenes, bancos y caminos.

En ocasiones el despalme cumple con las actividades del desmonte, por contarse con vegetación escasa y pocos árboles en las áreas de excavación; puede realizarse con motoescrepas, bulldozers, etc .

Las operaciones de despalme deben coordinarse con el desmonte y la construcción, de tal manera que no transcurra mucho tiempo entre el despalme y el desplante de cimentaciones u terraplenes.

Un retraso en la construcción de las estructuras o un adelanto en los trabajos de despalme con respecto a dicha actividad, traerá como consecuencia - que surjan nuevos brotes de vegetación en la zona, lo que significaría la pérdida de tiempo y trabajos realizados.

La profundidad del despalme estara en función de la calidad del material a remover; una vez terminados los trabajos, el producto del despalme se utilizará para relleno de zonas de préstamo o como refuerzo adicional sobre los taludes del terraplen, si las características del material son adecuadas para estos fines.

IV.3.3.- Excavaciones :

Esta actividad es de importancia vital dentro del proceso constructivo; incluye la formación de la cubeta de los canales y drenes, asimismo la formación de bordos, terraplenes, espacios adecuados para la construcción de estructuras, etc.

Antes de iniciarse cualquier trabajo de excavación deberán contarse - con alineamientos longitudinales y verticales del proyecto (nivelación).

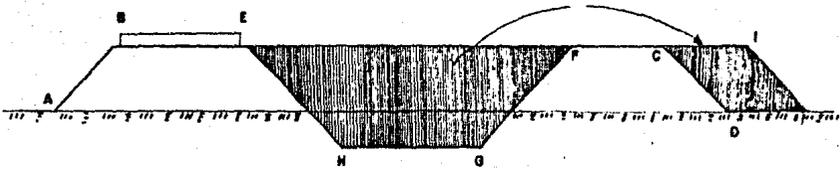
Las secciones más usuales de excavación para la formación de canales son las siguientes :

(A)



Formación de terraplenes de prestamos laterales, excavación de cubeta del canal.

(B)

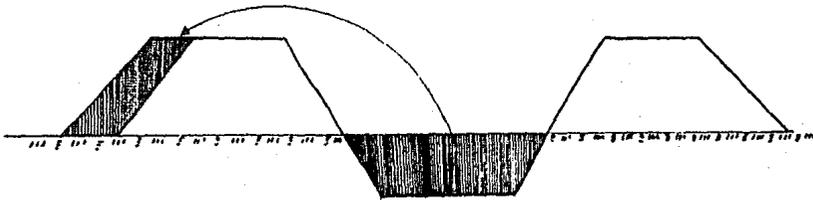


Construcción de bordos y canales.

1.- Formación del bordo A,B,C,D

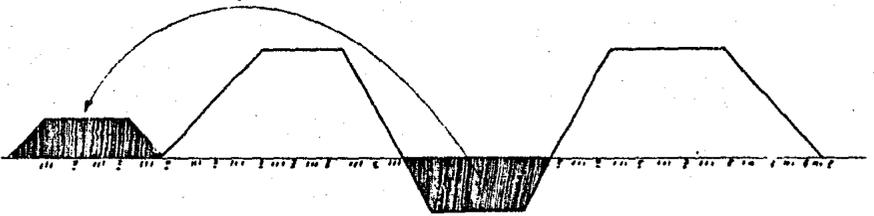
2.- Excavación de la cubeta E,F,G,H y ampliación del bordo C,I,J,D con el producto de excavación.

(C)



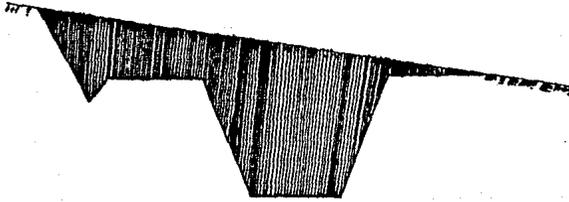
Excavación cubeta caso A ampliando un bordo para hacerlo camino.

D

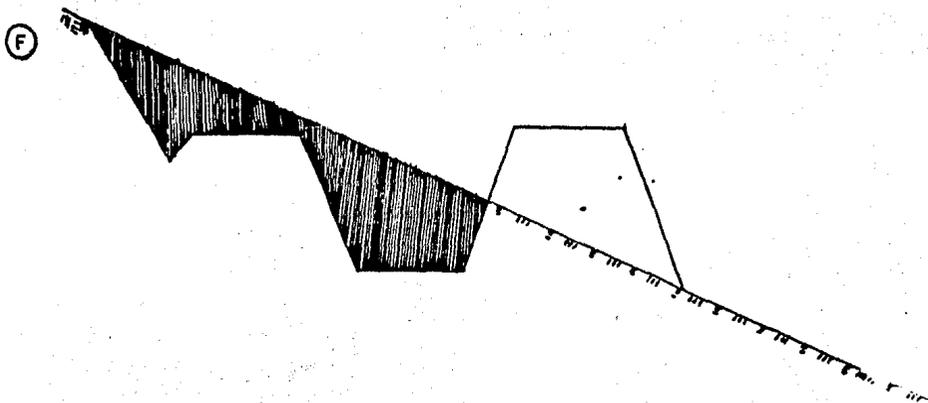


Excavación de cubeta caso B formando un camino abajo del bordo.

E



Canal en tajo y camino en uno de los bordos.



Canal principalmente en balcón con camino en la banqueta.

De las secciones antes mostradas se pueden describir tres procedimientos generales de construcción, estos son los siguientes :

1.- Sección en terraplén : en este, se construye primeramente, un terraplén y posteriormente se excava la cubeta, el terraplén se construye sobre el terreno natural; en ocasiones - cuando se tienen arcillas expansivas, se excava sobre ese material desechándolo y rellenando ese lugar con otro tipo de material formándose el terraplén.

Abarca las secciones A a la D, en canales pequeños,

2.- Sección en corte : en este, se construye toda la sección en corte, solamente con excavación, es el caso de la sección E; para canales grandes.

3.- Sección en balcón : en este, se construye parte de la cubeta en corte y parte de esta en terraplén; respecto a los bordos, uno puede construirse en corte y otro en terraplén; es la sección F, para canales medianos y grandes que estén en la ladera.

La formación de un terraplén o bordo de un canal requiere de las siguientes actividades :

- a.- Se acarrea el material de banco o préstamo; la maquinaria usada para esta actividad es función de la distancia de acarreo :
 - Zonas cercanas : escrepas, motoconformadoras, tractores con cuchilla de 0 a 500 mts.
 - Zonas lejanas : cargadores con camiones de volteo, dumpers, mayores de 500 mts.
- b.- Si es necesario se escarifica la zona de desplante de terraplenes y también se compacta.
- c.- Después se acamellona y tiende el material con escrepas, motoconformadoras tractores o la combinación de algunos de ellos; se hace esto por capas de 20 o 30 cms de espesor.
- d.- Se le agrega agua con camiones-pipa y se procede a su compactación para cada capa, con rodillos lisos, vibratorios, pata de cabra, etc., según sea el tipo de suelo y su disponibilidad.

Tipos de maquinaria más usual para el proceso de excavación :

La elección del tipo de maquinaria para excavación es determinado también por el proceso constructivo elegido para la ejecución del proyecto.

Pueden presentarse en forma general los casos siguientes :

I.- Sección en corte.

- 1.a.- Una vez realizado el despalme , se procede a formar una plantilla de barrenación para "aflojar" el terreno mediante explosivos distribuidos en las áreas de excavación (fig IV.6).
- 1.b.- Una vez "tronado" el material, se procede a su remoción, en este caso la distancia de acarreo es larga por lo que se usa un cargador y un camión de volteo para retirar el material (fig IV.7).
- 1.c.- La formación de la cubeta del canal y bordos se realizó mediante la combinación de una draga y una retroexcavadora.

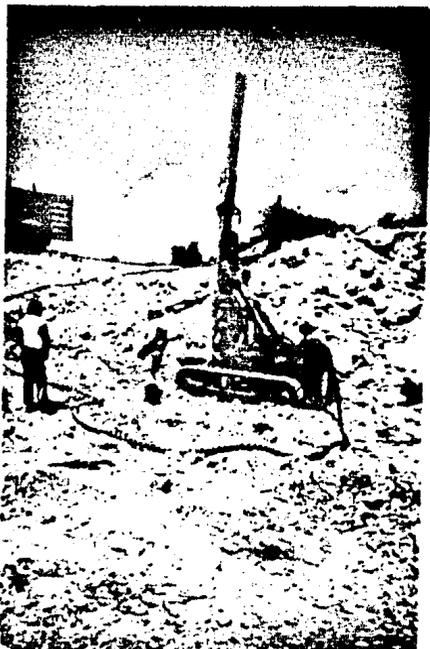


fig IV.6 Equipo de barrenación.



fig IV.7 Cargador atacando el material tronado con explosivos.

II.- Sección en corte.

II.a.- Excavación del canal mediante una draga que va dando forma a la cubeta : delante de esta, se aprecia el trabajo de remoción de un tractor, el cual excava la sección en forma burda (sin darle forma) hasta cierto nivel de cubeta :

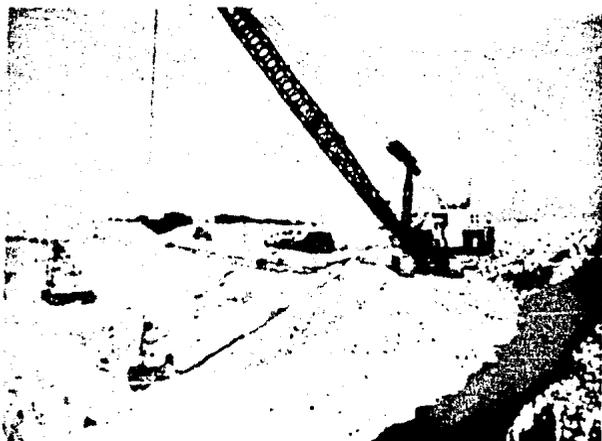


fig IV.8 Draga y tractor excavando suelo flojo, sin cementación.

III.- Sección en corte.

III.a.- Excavación de la cubeta; dada la dureza del terreno, primero se afloja el material con un escarificador de tres dientes (fig IV.9).

III.b.- Posteriormente una motoescrepa recoge el material y lo acarrea 500 mts aproximadamente; hasta el lugar de depósito (fig IV.10)

IV.- Sección en corte.

Es un suelo cohesivo con cierto grado de dureza; después del despalme se procede a la excavación de la sección con dos tipos de máquinas; el tractor empujador y la escrepa, de la manera siguiente :

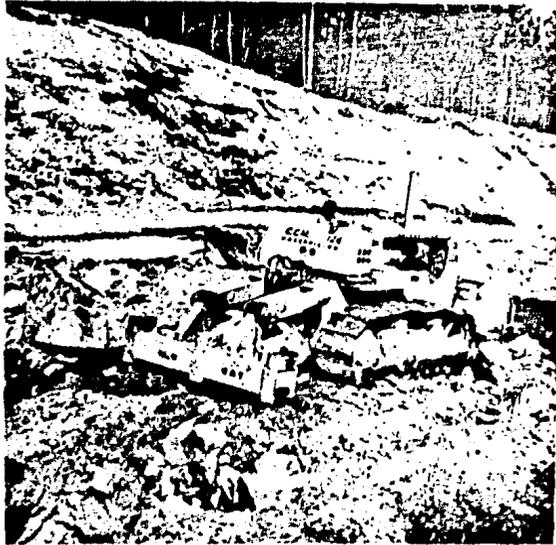


fig IV.9 Tractor con escarificador, en terreno duro.

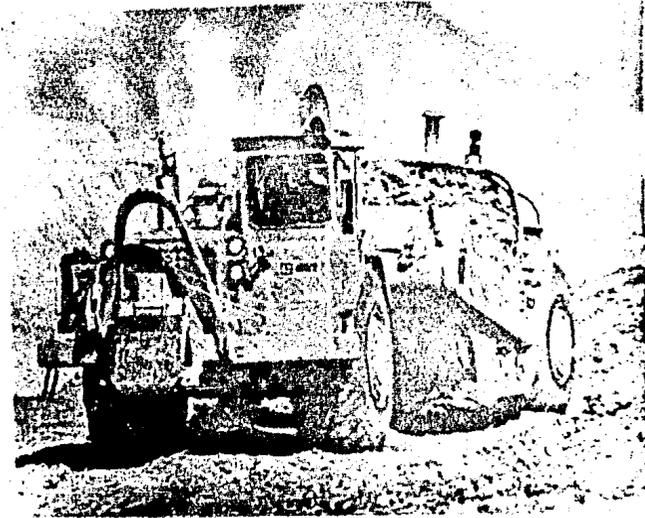
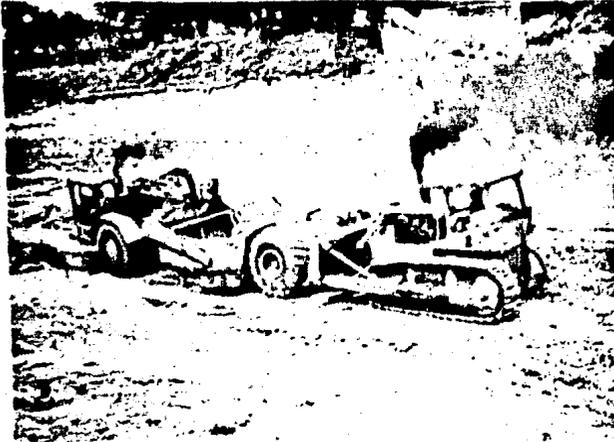
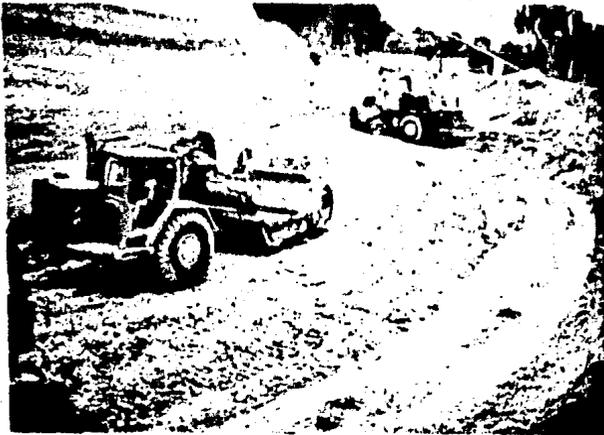


fig IV.10 Motoescrepa realizando la excavación en terreno aflojado y acarreandolo al lugar de tiro.

IV.a.— El tractor empuja a la escrepa y esta baja la caja para que la cuchilla corte cierta capa de terreno y se vaya llenando la caja (fig IV.11).



IV.b.— Una vez llena, se separan las máquinas y la escrepa realiza el acarreo del material excavado; otra escrepa se alinea para que el tractor empujador realice la maniobra del punto anterior (fig IV.12)



Zona de Riego en el municipio de Atitalaquia, Hidalgo.

V.- Excavación en corte.

Puede suceder también que :

V.a.- Un tractor realice el trabajo de excavación y amontone el material :

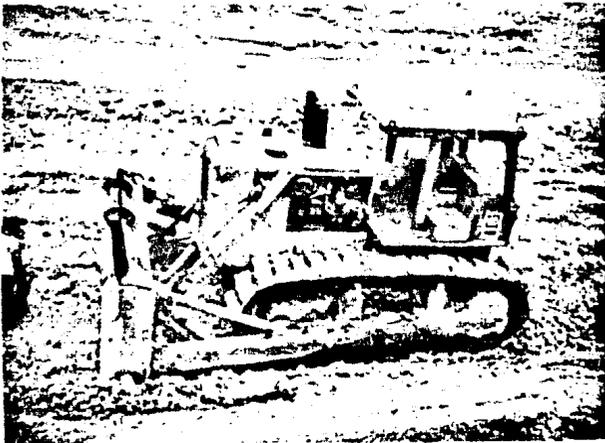


fig IV.13 Excavación para llegar al nivel de bordos, en Atitalaquia, Hidalgo.

V.b.- Un cargador llena el camión para el acarreo.

VI.- Sección en terraplén.

Quando se tienen arcillas expansivas :

VI.a.- Se retiran las arcillas del área de la cubeta.

VI.b.- Se forman terraplenes hasta los niveles de proyecto, dándole la compactación adecuada (fig IV.14).

VI.c.- Se realiza la excavación, en este caso con una retroexcavadora (fig IV.15) o también podemos usar los dos tipos de palas mecánicas que se muestran en las figs. (IV.16 y IV.17) o con la motoconformadora de la fig (IV.18)

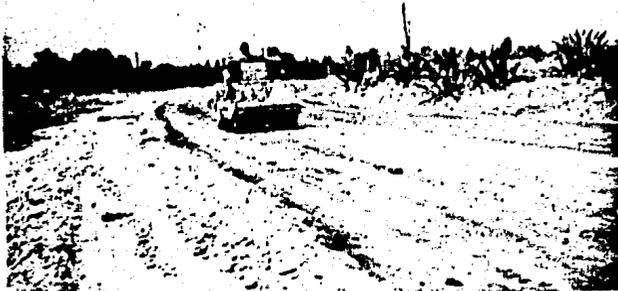


fig IV.14 Compactación para la formación de terraplén, para su excavación posterior, en la Z. de R. "Los Insurgentes"; canal - principal; Teoloyucan Edo. de México.



fig IV.15 Excavación de la sección con retroexcavadora.

Excavación con palas mecánicas :

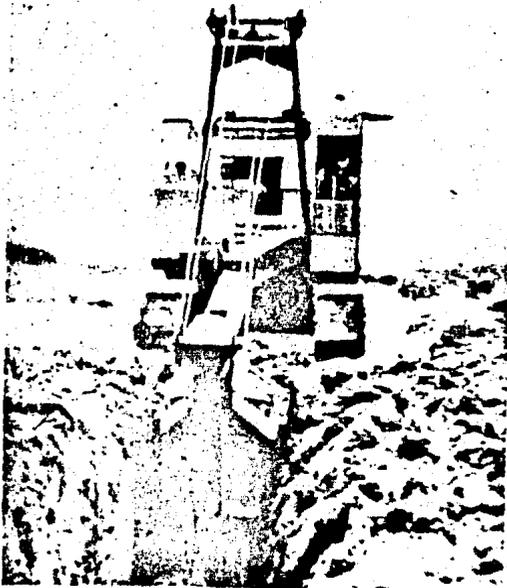


fig IV.16



fig IV.17

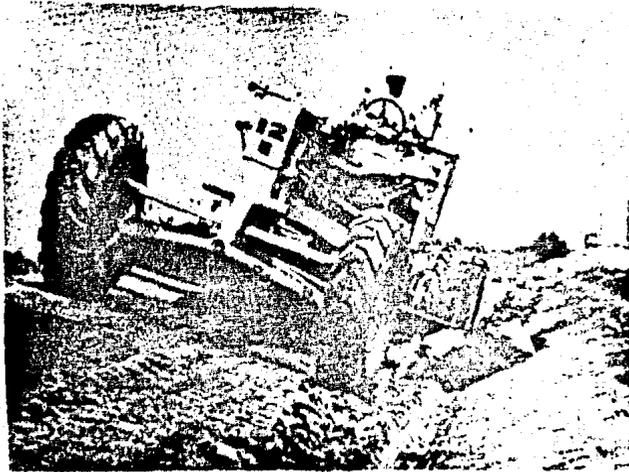


Fig IV.18 motoconformadora excavando la sección.

La excavación de canales o drenes muy pequeños puede realizarse también con pico y pala.

Una vez realizadas las actividades, deben checarsse niveles y alineamiento.

IV.3.4.- Afinamiento de Terracerías.

Es la operación o conjunto de operaciones destinadas a dar a las terracerías, en la cubeta de canales, bordos y terraplenes, el acabado de precisión requerido para terminar a las líneas de proyecto, por ejemplo como se necesita para recibir el revestimiento de concreto del canal; la influencia de estas irregularidades de las terracerías se llenan de concreto provocando la sobrecarga y con esto la elevación en gran proporción de la cantidad de material utilizado para el revestimiento, significando pérdidas para la empresa constructora pues sólo se paga el espesor de revestimiento de proyecto.

El desarrollo de los diversos procedimientos con maquinaria y equipo se citan a continuación :

- Afinadora de cangilones, de un sólo talud, montada sobre rieles

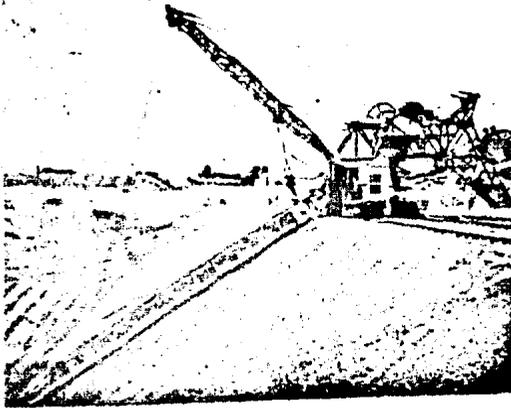
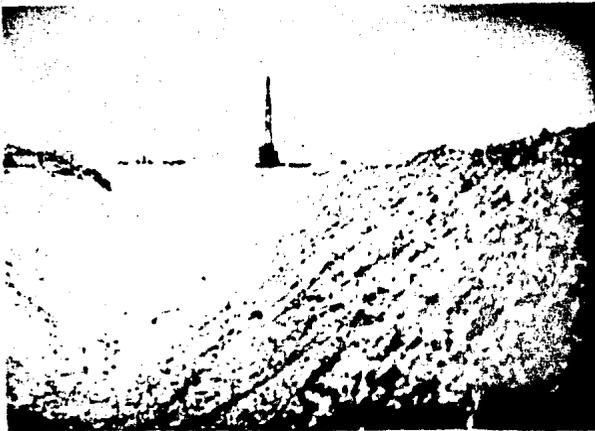


fig IV. 19 Afinadora de taludes.



- Afine con retroexcavadora, motoconformadora, bulldozers y draga (fig IV.20) para plantillas muy grandes.

- Afinadoras de sección completa.
- Afine con cuadrillas de personal, a pico y pala (en canales pequeños).
- Combinación de las anteriores.

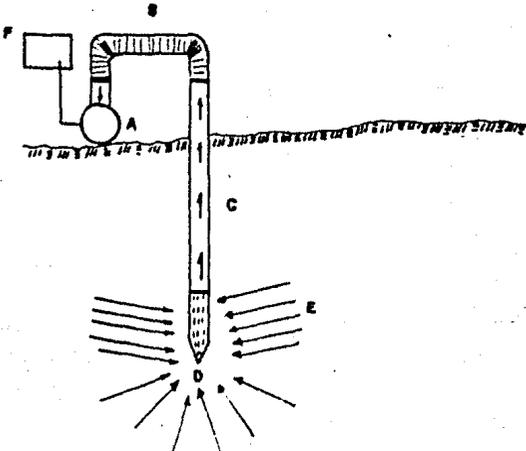
Hay ocasiones en que, dadas las condiciones de la superficie que va a recibir el revestimiento (en este no se puede afinar de una manera adecuada) se prefiere la colocación de suelo-cemento, para evitar la sobrecolocación de concreto y obtener los espesores adecuados de proyecto.

IV.3.5.- Bombeo del N.A.F durante la excavación en canales y áreas de construcción.

Puede suceder que cuando se este excavando, se encuentre el naf a poca profundidad o muy cerca de la plantilla del canal o zona de cimentación de alguna estructura, en estas condiciones, maquinaria de gran eficiencia no puede desarrollar ninguna actividad al 100 % de su capacidad; claro que hay máquinas como las dragas y retroexcavadoras que si pueden hacerlo; aún así es necesario desaguar las zonas inundadas para realizar las actividades de excavación, afine revestimiento y cimentación, en el caso de las estructuras.

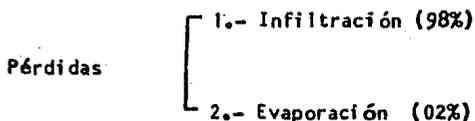
Esto se hace generalmente mediante sistemas de bombeo de la siguiente manera :

A lo largo de las orillas del canal se tiende una tubería (A) que va conectada a una bomba de succión (F), de esta tubería se coloca una manguera de hule (B), la cual sirve de unión entre (A) y (C), siendo esta la tubería de succión introducida en el subsuelo, la cual tiene una punta de succión (D), por la que penetra el agua del subsuelo; esto lo podemos apreciar en la fig IV.21, abajo :



IV.4.- REVESTIMIENTO DE CANALES.

Generalmente se estima que una cuarta parte de toda el agua derivada para fines de riego, se pierde en la conducción y la mayor parte de esta pérdida se atribuye a la infiltración. La forma esencial para impedir la infiltración en los sistemas de conducción es revistiendo el canal de riego.



Las pérdidas por infiltración se deben a la capilaridad del suelo y a la gravedad.

La máxima reducción de pérdidas en un canal se obtiene al construir una pantalla que impida el paso del agua por el suelo; a esta pantalla se le llama revestimiento impermeable. El objetivo principal es el de reducir las pérdidas por infiltración; algunas veces se requiere además evitar la erosión, dar seguridad y resistencia al canal y disminuir el costo de mantenimiento.

Requisitos que debe llenar el revestimiento :

- 1.- Debe ser impermeable; impedir o anular la infiltración.
- 2.- El costo no debe ser muy alto (incluyendo construcción y mantenimiento).
- 3.- No debe permitir el crecimiento de yerbas.
- 4.- Debe ser adaptable para construir secciones lisas, que aumenten la capacidad de conducción del canal, al permitir velocidades mayores.

Factores para seleccionar el tipo de revestimiento :

- 1.- Cimentación (es el suelo que va a recibir el revestimiento; roca, tierra en buenas condiciones de estabilidad, etc., dependiendo de esto, los revestimientos pueden ser de tipo rígido o flexible).
- 2.- Material disponible.
- 3.- Clima (daños posibles).
- 4.- Duración (materiales, calidad y proporcionamiento).
- 5.- Costo (construcción, operación y mantenimiento).

Para seleccionar el revestimiento adecuado deben de considerarse los siguientes factores :

- 1.- Hacer un estudio general del tipo de material por donde pasará el canal.

- 2.- La facilidad de conseguir el material requerido para hacer el revestimiento, así como la maquinaria para la colocación de este.
- 3.- Ventajas y desventajas entre los tipos de revestimiento.
- 4.- Estudio económico de las alternativas.
- 5.- Seleccionar el más económico, entendiéndose por esto, el balance entre el costo de construcción, su durabilidad, el costo por mantenimiento y sus ventajas hidráulicas.

Los conceptos más importantes que en lo general intervienen en los estudios económicos son :

- a.- Permeabilidad del suelo.
- b.- Permeabilidad del suelo considerado para revestimiento.
- c.¹ Efectos económicos que significa el incremento en área regada por el mayor volumen de agua disponible debido al ahorro del agua infiltrada.
- d.¹ El ahorro en la construcción de canales al disminuir sus excavaciones.
- e.- Los ahorros en derechos de vfa que se obtienen al reducir la dimensión de los canales, aumentando con esto el área regable.
- f.- Costo de revestimientos.
- g.- Mayor seguridad de los bordos contra roedores.
- h.- Reducción de costos anuales de operación y conservación.
- i.- Reducción en el sistema de drenaje al disminuir la infiltración.

• Tipos de Revestimiento

1.- Rígidos .

2.- Flexibles .

Los del tipo (1) abarcan :

- mampostería
- concreto hidráulico
- losas prefabricadas
- suelo-cemento

Los del tipo (2) abarcan :

- tierra sin compactar y compactada
- concreto asfáltico
- gunita
- membrana sintética

¹ En nuestro país el más usado es el de concreto hidráulico, así como la construcción de estructuras de concreto reforzado por lo que se hablará en función de estos elementos en lo que sigue.

IV.4.1.- Producción Del Material De Revestimiento (concreto hidráulico).

Las actividades que se realizan son las siguientes :

- Se acarrea el material del banco.
- Se lleva este a las plantas de trituración y cribado, obteniéndose los agregados pétreos (arena y grava).
- Una vez obtenidos estos, se colocan cerca de la planta de concreto, como la que se puede apreciar a continuación :

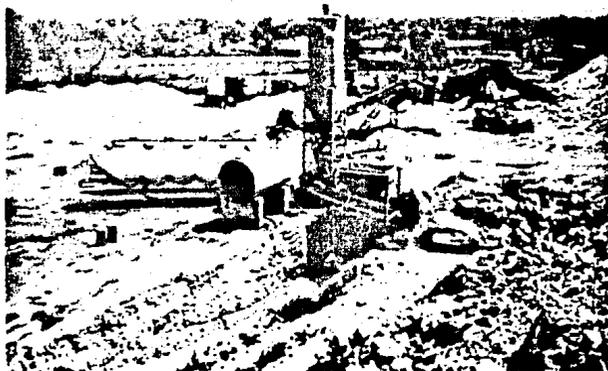


fig IV.22 Planta de concreto; Z. de R. en el municipio de Atitalaquía, Hidalgo.

En esta, los camiones-revolvedora entran en reversa por la rampa que esta bajo la tolva pesadora por la cual se medirá la cantidad de cemento, agregados y el agua necesaria para obtener el revenimiento y proporcionamiento adecuados, así como la inclusión de aditivos; una vez que el camión ha sido llenado se dirige a los frentes de concreto al mismo tiempo que en el recorrido va mezclando el concreto.

Deben de elaborarse estudios de optimización para la selección de los sitios - de bancos y la localización de plantas de concreto.

Otra forma de elaborar concreto para revestir canales de pequeña sección, es - como se aprecia en la siguiente figura :

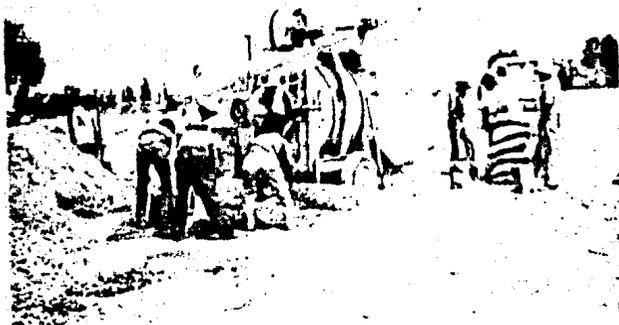


fig IV.23 Fabricación de concreto con una olla de 1 m³ en la Z.deR. "Los Insurgentes" , canal principal, Toluoyucan, Mex.

En esta, el concreto se fabrica a pie de obra, mediante una olla giratoria; en esta, los agregados pétreos, el agua y el cemento son proporcionados en forma manual, el concreto fabricado se vacia en un recipiente o en el mismo suelo, es acarreado con botes alcohólicos al lugar de revestimiento; los materiales son transportados a lo largo del canal por una camioneta.

IV.4.2.- Acarreo Del Concreto.

Este puede ser función de la distancia de acarreo, del tipo de planta utilizada para la fabricación del concreto, de las necesidades de la colocación en cuanto a rapidez y volumen de material, de la disponibilidad, etc.

Generalmente se presentan estas opciones :

- Bandas transportadoras.
- Camiones revolventoras.
- Dumpers (camiones de volteo lateral y trasero).
- Por medio de botes alcohólicos (a pie de obra en canales de pequeña sección).

IV.4.3.- Colocación Del Revestimiento En Canales.

Antes de iniciarlo hay que tomar en cuenta lo siguiente :

- El afinamiento de la sección debe realizarse apenas un poco antes de revertir un cierto tramo, pues la superficie que va a recibir el revestimiento debe conservar sus características mecánicas y de humedad; en caso contrario - si el revestimiento se efectúa mucho tiempo después que el afinamiento o la colocación del suelo-cemento, la superficie puede presentar destrucción por el intemperismo o el crecimiento de organismos vegetales que pueden causar daños a las losas de revestimiento o no tener la adherencia adecuada por lo destruido del material de base.
- Las actividades de fabricación y colocación del material de revestimiento deben coordinarse con las de colado de estructuras y si es posible terminar un poco antes con el colado de estas últimas.
- Los revenimientos de concreto para colar en talud deben ser bajos, para evitar que al colocarlo se deslice sobre la superficie del talud.

Las actividades básicas del revestimiento con concreto hidráulico son :

- a.- colado de las losas de revestimiento (continuo o losas alternadas).
- b.- acabado y ranurado longitudinal y transversal.
- c.- sellado de ranuras.
- d.- curado de losas.

Estas actividades pueden llevarse a cabo de la siguiente manera :

- 1.- Colocando el concreto con obra de mano.
- 2.- Colocando el concreto con maquinaria.

El proceso constructivo de cada uno es el siguiente :

- 1.- Colocando el concreto con obra de mano (colado de losas alternadas) :
 - 1.a.- Se prepara la superficie de base, afinándola y si es necesario proporcionarle humedad; se chequea el alineamiento y nivelación.
 - 1.b.- Se procede al colocamiento de "serchas", las cuales tienen la sección del canal, funcionan como cimbras, dan el espesor y sección a la losa de revestimiento (fig IV.24)



fig IV.24 colocación de serchas para colado de losas.

- 1.c.- Se coloca el concreto, fabricado en una revolvedora de un saco, la revolvedora tiene ruedas por lo que puede desplazarse sobre el borde del canal y vaciarse hasta la plantilla del mismo, mediante un canalón o mediante botes alcohólicos, se cuela una losa y una se deja (losas alternadas), puede apreciarse en la fig IV.25 .
- 1.d.- Se vibra el concreto, con un vibrador o con varillas metálicas, para su mejor acomodo y así evitar huecos o discontinuidades; se puede hacer también con reglas vibratorias.
- 1.e.- Para dar exactamente el espesor se pasa entre las dos serchas de la losa colada, una regla rasadora, la cual quita el material excedente; se le da el acabado con llanas de aluminio.
- 1.f.- Se hace el ranurado transversal y longitudinal en plantilla y talud del canal, inmediatamente después de colar.
- 1.g.- Se sellan las ranuras con material asfáltico, se puede hacer manualmente o con bombas neumáticas, aplican el sello a presión.
- 1.h.- Se efectúa el curado de la losa mediante agua rociada con aspersores, curacreto, arena húmeda, membranas impermeables, etc.
- 1.i.- Se procede a colar las otras losas con el mismo procedimiento (figs. IV.26 y IV.27)

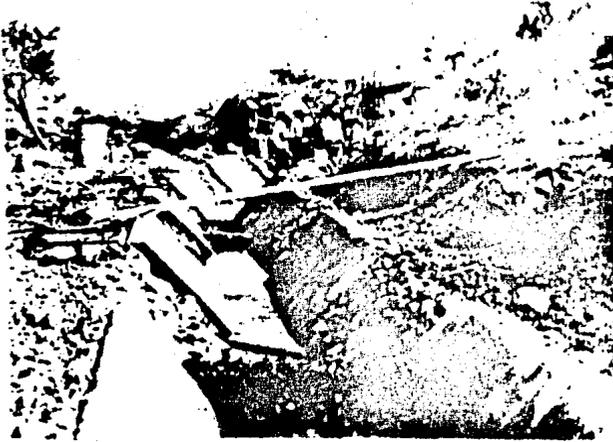


fig IV.25 colado de losas alternadas.



fig IV.26 Losas ya coladas con ranurado transversal.



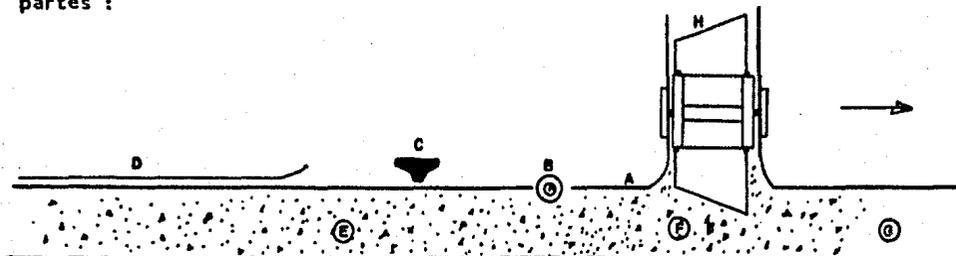
fig IV. 27 Canal principal en Atitalaquia, Hidalgo, se puede apreciar el ranurado longitudinal y transversal.

2.- Colocando el concreto con maquinaria :

2.a.- Descripción de la colocadora :

Esta máquina se podría decir que es una forma o cimbra deslizante ; montada sobre cuatro gatos y cuatro pares de brazos que van unidos a las orugas en la cual se deposita el concreto que se está descargando hasta que está completamente llena en toda su longitud (su capacidad es de 4 m^3). Una vez llena de concreto la forma a todo lo largo, se hace transitar la máquina que previamente ha sido nivelada para lograr el espesor deseado; El llenado a todo lo largo de la forma se hace mediante unas paletas que están fijas a las cadenas que van en su interior de extremo a extremo y al dar la vuelta éstas se reparten el material en toda su extensión.

Una vez transitando la máquina, el concreto pasa por las siguientes partes :



- A.- Plancha que obliga a dar el espesor deseado.
- B.- Rodillo giratorio para darle una mejor distribución al concreto.
- C.- Rayador accionado mediante un gato hidráulico y cuya función es la de ir marcando las juntas transversales a la distancia especificada.
- D.- Plancha que va dando el acabado final a la losa de concreto.
- E.- Losa de espesor deseado.
- F.- Concreto almacenado dentro de la forma.
- G.- Terracería afinada.
- H.- Paletas distribuidoras de concreto.

En esta el colado de la losa es continua; se recomienda colar primero los taludes y al final la plantilla, aunque hay maquinaria que puede colar toda la sección; pueden ser autopropulsadas o jaladas mediante tractores; realizan las actividades de nivelación, colado, vibrado, cimbrado, ranurado y acabado.

La máquina descrita fue usada para el revestimiento de canales en el Valle de Mexicali, B.C. México ; las demás funcionan bajo los mismos lineamientos.

2.b.- Transformación de la colocadora de plantilla a talud.

En el ciclo de colados es indiferente colar primero talud o plantilla pero es preferible colar en primer lugar el talud ya que haciendolo primero en plantilla hay que dejar la losa adyacente al talud un poco más corta para evitar el tránsito de las orugas sobre la misma cuando se este afinando talud o colando el mismo y evitar así fracturas y grietas en el -- concreto de la plantilla.

2.c.- Sistema de alimentación en plantilla.

Se hizo en este caso con bandas transportadoras las cuales depositan el concreto en una tolva de la máquina y de aquí se distribuye a todo lo largo de ella

2.d.- Sistema de alimentación en talud.

Cuando se va colando en talud, la alimentación de concreto se hace mediante una tolva que puede girar en la parte que va unida a máquina y dar paso a las unidades transportadoras de concreto cuando el ancho de banqueta no es suficiente.

2.e.- Sistema vibratorio.

Este sistema consiste en una barra colocada a todo lo largo de -- la plancha con la que se da el espesor deseado. Esta barra tiene cierto -- número de contrapesos que al estar girando a gran velocidad hacen el efec-- to vibratorio deseado.

Cuando se cuela en talud se deberá usar el mínimo de contrapesos para evitar que el concreto restale.

IV.5.- CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS

El proceso constructivo de las estructuras de un sistema de distribución a primera vista es muy complicado por el número de estas y por los diversos materiales alternativos de fabricación; no obstante cuando la construcción de estos se hace con un solo proceso constructivo y de la misma combinación de materiales (por ejemplo de concreto reforzado y la fabricación en sitio), las actividades para la construcción de cada una de ellas puede generalizarse mediante una red de actividades como las siguientes :

- 1.- Excavaciones.
- 2.- Cimentación (superficial o profunda) o desplante.
- 3.- Suministro y colocación de acero de refuerzo.
- 4.- Fabricación, suministro y colocación de cimbra (metálica o de madera).
- 5.- Fabricación, acarreo y colocación de concreto.
- 6.- Suministro y colocación de compuertas y mecanismos.
- 7.- Relleno y compactación de terraplenes y excavaciones.

Las especificaciones de materiales de construcción y el proceso constructivo se indican para cada proyecto en cuanto a :

- Calidad de materiales.
- Revenimiento y resistencia del concreto y del acero, tipo de cimbra, vibrado, curado, sellado de juntas, etc.

Se explicará de forma gruesa y graficamente, el procedimiento general de algunas estructuras de un sistema de riego :

a.- Proceso constructivo de un puente canal : Z.deR. en Atitalaquia, Hgo.

- a.1.- Se despalma el terreno.
- a.2.- Se excava para hincar pilotes.
- a.3.- Se abate el NAF encontrado a un metro de profundidad, mediante bombeo.
- a.4.- Se hincan los pilotes mediante un martinete, en dos partes, la segunda parte de los pilotes se solda a la primera mediante placas metálicas.
- a.5.- A la segunda parte de los pilotes se les deja una longitud de acero suficiente para soldar otro tramo de varillas que ya armadas y coladas tendrán la función de columnas las que llegarán al nivel de las vigas, donde se unirán con la losa del puente canal.
- a.6.- Se cimbra dicho armado (fig IV,28).

- a.7.- Se cuele y se descimbran (fig IV.29).
- a.8.- Se cuelean las traves y se descimbran; a estas se les dejan ciertos orificios para apoyar la cimbra de la losa del puente canal como se aprecia en la fig IV.30.
- a.9.- Ya cimbrada la losa se cuele monoliticamente con los muros laterales, estos, hasta un nivel de 50 cm aproximadamente a partir de la losa.
- a.10.- Una vez colada la seccion se procede a construir unas traves de liga para evitar torsion en la estructura, en la forma indicada en la figura -- IV.31.



fig IV.28 Armado y cimbrado de columnas para un puente canal.



fig IV.29 Columnas ya coladas y descimbradas.

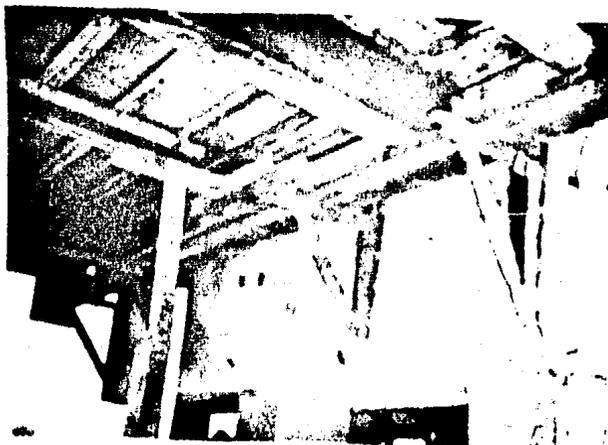


fig IV.30 Detalle de la cimbra de la losa del puente canal.

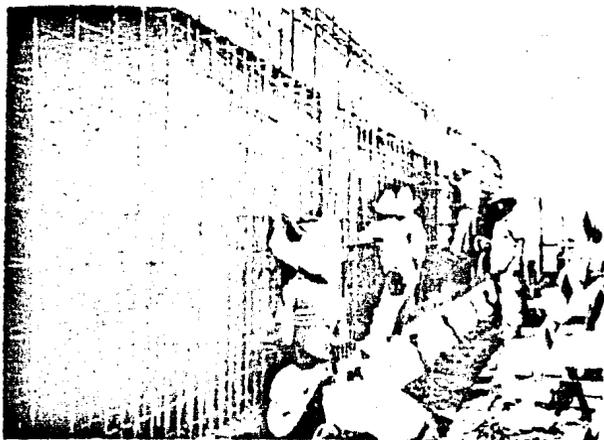


fig IV.30.a Armado de muros laterales: puede apreciarse el colado monolítico de muros con la losa, de la parte baja de estos.

Como el puente canal se arma por tramos, en cada tramo deberá dejarse una junta de contracción de material plástico o asfáltico, en toda la sección de éste.

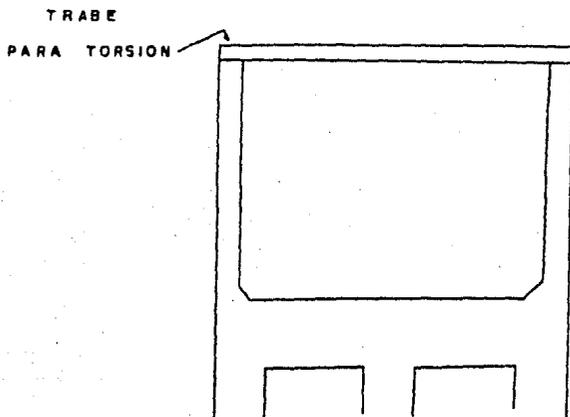


fig IV.31 Sección del puente canal y aspecto de las traves de liga.

b.- Proceso constructivo de una alcantarilla : Z.deR. Atitalaquia,Hgo.

- b.1.- Se desplanta la estructura en suelo y se mejora mediante la aplicación de una capa de suelo-cemento.
- b.2.- Se arma la losa inferior y los muros laterales (fig IV.32).
- b.3.- Se cue la losa inferior y parte de los muros laterales para evitar juntas frias y de infiltración en los lugares más desfavorables (en este caso las aristas de la alcantarilla).
- b.4.- Se cimbran los muros laterales y se cue la.
- b.5.- Se cimbra la losa superior y se cue la,(fig IV.33).
- b.6.- Se descimbra totalmente.

Como la alcantarilla se construye por tramos se le deja al final de cada sección una junta de contracción, como podemos apreciar en la figura IV.34.

- b.7.- Relleno y compactación de la excavación.

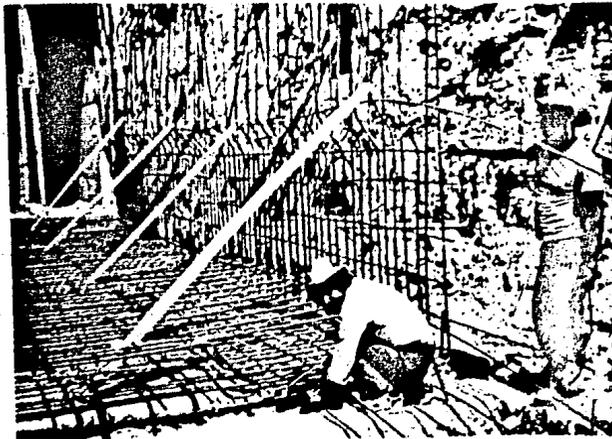


fig IV.32 Armado de losa inferior y muros laterales, el armado de la losa es de doble parrilla.

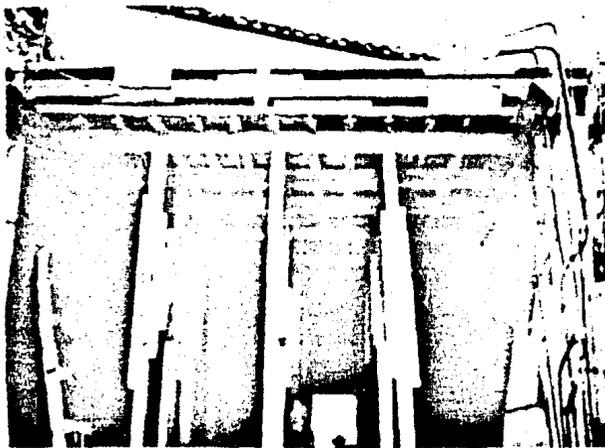


fig IV.33 Ya armada la losa superior, se cimbra y se procede a colar.



fig IV.34 En todo el perimetro de la alcantarilla se coloca una junta de contracción de material plástico.

c.- Proceso constructivo de una represa : Z.deR. Atitalaquia, Hdgo.

- c.1.- Armado de las pilas de la represa (fig IV.35).
- c.2.- Cimbrado de las pilas de la represa (fig IV.36).
- c.3.- Colocación del armado y cimbra para traves superiores.
- c.4.- Colado, primeramente de pilas, posteriormente de traves.
- c.5.- Al colar se debe dejar cierta preparación para las compuertas y mecanismos (fig IV.37).
- c.6.- descimbrado y colocación de compuertas y mecanismos, se pintan y engrasan.

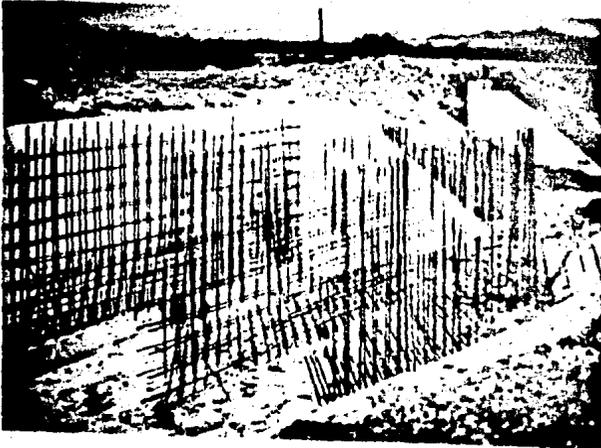


fig IV.35 Armado de pilas.

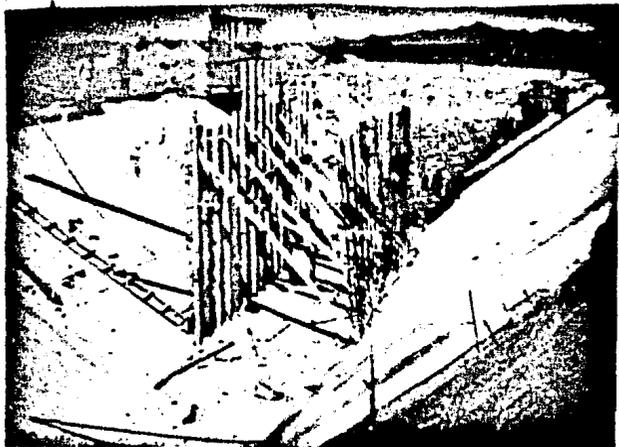


fig IV.36 Cimbrado de pilas.

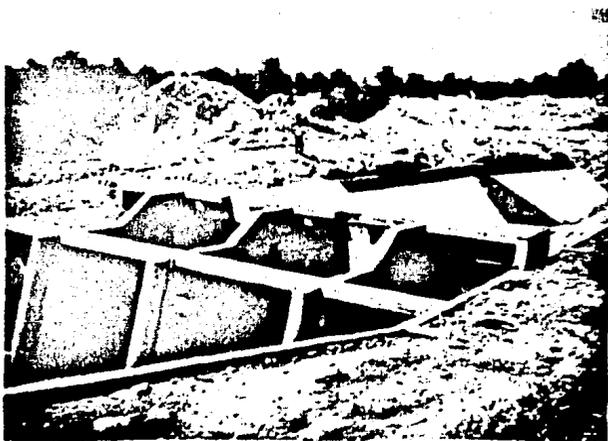


fig IV.37 Represa ya colada preparada para recibir mecanismos.

d.- Proceso constructivo de una toma canal :Z.deR. Atitalaquia,Hgo.

d.1.- Excavación.

d.2.- Cimentación superficial, mejoramiento del suelo o desplante.

d.3.- Colocación de tubería de conducción y armado de secciones de concreto reforzado (fig IV.38).

d.4.- Cimbrado y colado, colocación de mecanismos, pintado y engrasado de los mismos (fig IV.39).

d.5.- Relleno y compactación de excavaciones.



fig IV.38 Colocación de tubería, anillos de concreto entre las juntas de los tubos, armado de secciones de concreto.

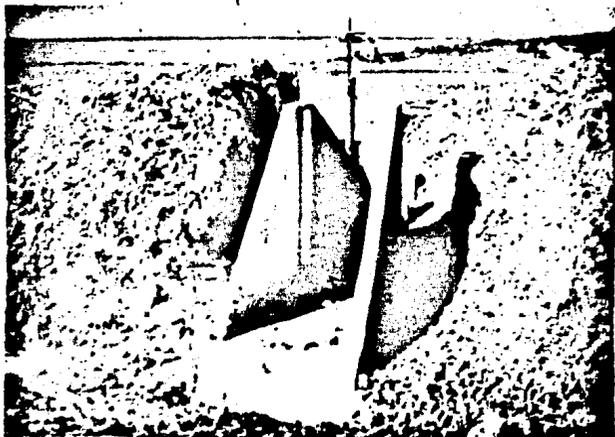


fig IV.39 Toma ya terminada con sus mecanismos Zona de Riego "Los Insurgentes" Teoloyucan, México.

e.- Proceso constructivo de una entrada de agua : (fig IV.40)

- e.1.- Excavación.
- e.2.- Encachetado.
- e.4.- Armado de la sección, losa simplemente armada.
- e.5.- Colado.



fig IV,40 Aspecto del armado de una entrada de agua.

IV.6.- CONSTRUCCION DEL DRENAJE

Incluye las actividades de las excavaciones para canales, mencionadas anteriormente, la maquinaria más usual para la excavación de drenes son las retroexcavadoras.

Las actividades realizadas para la construcción de los drenes son las siguientes :

- 1.- Desmante
- 2.- Despalme
- 3.- Excavación del dren
- 4.- Descopete y arreglo de banquetas.

La última actividad consiste en formar una sección más o menos uniforme a los lados del dren, con cierta pendiente opuesta a la cubeta del dren para que escurra el agua de lluvia; en cuanto a las banquetas, se limpian y se conforman para dar tránsito por ellas, para dar servicio o para el mantenimiento del dren.

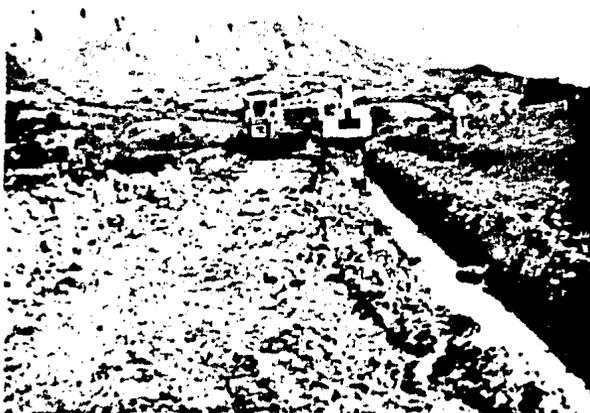


Fig IV.41 Excavación de un dren con retroexcavadora.

IV.7.- CONSTRUCCION DE CAMINOS

Generalmente para transitar por la zona de riego, se usan los bordos de los canales y ramales de estos a los lugares de cosecha; deben tener una compactación adecuada y cumplir con las especificaciones mencionadas en el capítulo 3 del presente trabajo.

Las actividades principales a ejecutar para la construcción de los caminos son las siguientes :

- 1.- Desmote
- 2.- Despalme
- 3.- Nivelación
- 4.- Acamellonado de material de revestimiento
- 5.- Tendido y mezclado del material (fig IV.42)
- 6.- Aplicación de agua
- 7.- Compactación (fig IV.43)

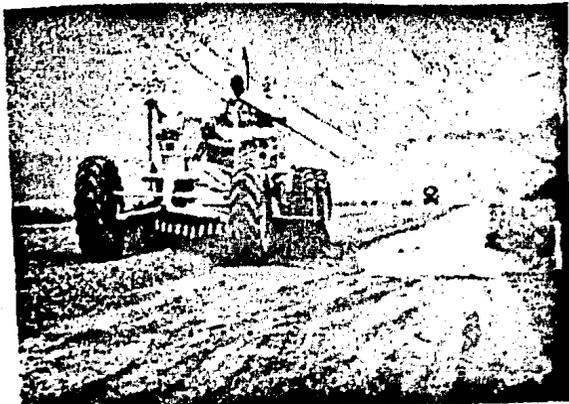


Fig IV.42 Mezclado y tendido del material con motoconformadora.

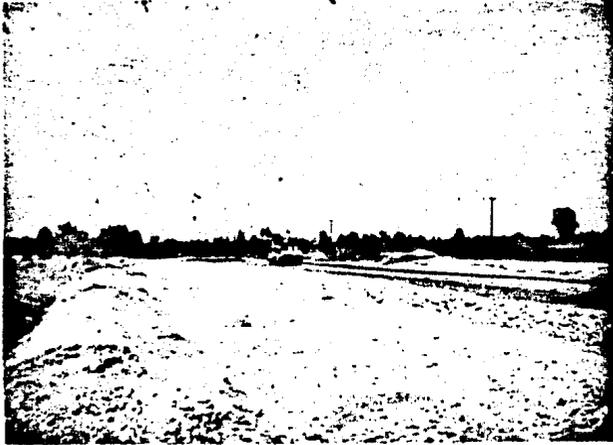


Fig IV.43 Compactación del material de revestimiento con compactadora de rodillos vibratorios.

CAPITULO V

OPERACION

Y

MANTENIMIENTO

V.I.- OPERACION

Los puntos básicos de operación que deben considerarse oportunamente para un buen funcionamiento de la Zona de Riego, son los siguientes :

- 1.- Los planes de riego.
- 2.- Hidrometría de operación.
- 3.- Métodos de distribución de aguas.

A continuación se describen.

V.I.1.- LOS PLANES DE RIEGO

1.- Definición.

En todo distrito de riego, con la mayor anticipación posible a la fecha en que se deba iniciar un ciclo agrícola, se debe formular el llamado plan de riegos; para la formulación de este, se debe realizar un estudio de los volúmenes de agua que puedan disponerse y los que van a necesitarse.

En base al estudio se realizará un balance entre necesidades y disponibilidades de aguas para riego.

El balance se realiza por medio de tanteos y ajustes de manera tal que se pueda regar la mayor área posible con las mínimas posibilidades hidráulicas, distribuyendo por meses los consumos y las extracciones requeridas de la fuente de abastecimiento.

2.- Objetivo.

El objetivo principal de los planes de riego es conjugar y aprovechar al máximo posible, los recursos agua-suelo-planta-clima-obras del distrito, de una manera ordenada y programada.

3.- Estudios Previos.

Para poder realizar un estudio minucioso de las disponibilidades y las necesidades y finalmente llegar a formar el plan de riegos correspondiente, es indispensable disponer de diversos estudios, registros y datos estadísticos correspondientes al distrito de que se trate.

Entre los de mayor importancia pueden citarse los siguientes :

- a.- Estudio Agrológico del distrito.
- b.- Estadística agrícola del distrito.
- c.- Registro Hidrométrico de las corrientes utilizadas.
- d.- Registro Hidrométrico de los volúmenes de agua derivados a los canales.
- e.- Registros meteorológicos.
- f.- Coeficientes de riego utilizados.
- g.- Condiciones de la red de distribución.
- h.- Distribución de la propiedad.

a.- Estudio Agrológico :

Se debe designar la distribución que en la zona de riego tienen - los diversos tipos de suelos y las características de cada uno de ellos como su textura, estructura, porosidad, capacidad de retención de la humedad, etc así como los de topografía, profundidad y productividad.

Todos estos datos proporcionan la orientación indispensable para - hacer una distribución favorable de cultivos de manera que no se permitan - cultivos de inundación o de frecuentes y abundantes riegos que desperdicien grandes volúmenes de agua en perjuicio de otros cultivos.

b.- Estadística de producción :

Los datos de estadística agrícola nos indican la distribución que se les ha dado a los cultivos en períodos anteriores así como los rendimientos unitarios que se han obtenido; los costos y valores que se han tenido de los productos; su demanda en el mercado; las utilidades que produce al campo sino, la producción total y su valor probable; las cantidades de semillas e insecticidas, fertilizantes que se han usado y que permiten prever lo que va a necesitarse.

c.- Registros Hidrométricos :

Nos permiten conocer los caudales que se han consumido en el pasado directamente en el riego; los volúmenes que se han desfogado debido a una derivación excesiva en las boca-tomas; por concentraciones pluviales y aportaciones violentas de las corrientes secundarias dentro del área de riego y que se admiten en los canales con la finalidad de aumentar las disponibilidades en la Zona de Riego.

d.- Registros meteorológicos :

El conocimiento de la climatología de la zona es determinante influye en forma decisiva en la planeación de los riegos.

e.- Coeficientes de riego :

Su importancia y forma de calcularlo ya se menciona en el capítulo III del presente trabajo.

f.- Condiciones de la red de distribución :

Deben preverse las pérdidas de eficiencia en la operación debido a el estado de los canales, estructuras y demás elementos de la Zona de Riego.

g.- Distribución de la propiedad :

Debe de considerarse con el fin de favorecer equitativamente a todos los propietarios.

Finalmente, deben estudiarse las necesidades a nivel nacional en cuanto a tipos de productos de mayor demanda interna, pero sin dejar de producir los productos de fácil exportación.

V.I.2.- HIDROMETRIA DE OPERACION

Dentro de la operación, un aspecto muy importante para determinar la distribución de los volúmenes de agua, es la hidrometría ya que por medio de la misma, conocemos los volúmenes de agua que conducen los canales en cada punto de la red de distribución.

Con la información obtenida por los aforos se debe planear controlando y cuantificando la distribución de aguas dentro de la zona.

El objetivo principal puede expresarse así : conocer el volumen de riego hacia el sistema de conducción y determinar el volumen realmente aprovechado por los cultivos. Asimismo deberá obtenerse la eficiencia del sistema de conducción.

Los puntos de control pueden ser : estaciones hidrométricas en represas, caídas, desfuegos, estructuras aforadoras a nivel parcelario, etc.

Los métodos más usuales son el de aforo por velocidad y sección utilizando estructuras hidráulicas y método combinado con calibración de compuertas.

V.I.3.- METODOS DE DISTRIBUCION DE AGUAS

1.- Objetivo :

Es el de la determinación del como, cuando y cuanto regar.

Los métodos de distribución de agua se clasifican como sigue.

2.- Métodos de distribución de aguas :

- a.- Demanda Libre.
- b.- Demanda Semanal.
- c.- Tandeo.
- d.- Lámina y Frecuencia Unicas.

a.- Demanda Libre :

Como su nombre lo indica los usuarios hacen uso del servicio de riego según su criterio.

Lo anterior es por lo que se refiere al "como" ya que los usuarios tendrán la facilidad de usarlo "cuando" lo deseen.

Con relación al "cuanto" el volumen por utilizar queda también a el criterio de los usuarios; este método es aceptable unicamente en los lugares donde hay abundancia de recursos y además exista una gran diversidad de cultivos y las obras hidráulicas sean adecuadas y con capacidad suficiente.

b.- Demanda Semanal :

A diferencia del método anterior en este método la solicitud de agua para riego se hace para un período de siete días o sea una semana.

Específicamente se recomienda atender todas las solicitudes que se presenten hasta el día jueves, con el objeto de cuantificarlas durante el --viernes, hacer el pedido el sabado a la presa y el lunes distribuir el agua a las parcelas que hicieron solicitud.

Cómo características fundamentales benéficas de este método tenemos en primer lugar que se facilita mucho el control de los pedidos y entregas de agua, reduce los movimientos que se tengan que hacer en las obras además de facilitar los aforos y compararlos.

c.- Tandeo :

Este método consiste en establecer previamente un orden mediante el cual se va a hacer la entrega del servicio de riego a los usuarios.

Este orden generalmente se inicia de aguas abajo hacia aguas arriba, una vez establecido el orden a cada usuario se le asignan un tiempo para el beneficio de su lote en función del gasto utilizado y su área de riego.

Por regla general, este método se utiliza en aquellas zonas en las cuales prevalece el monocultivo o cultivos que tienen requerimientos similares de riego.

Una de las ventajas principales es el carácter coercitivo del método ya que el usuario que no haga uso del agua en su turno, tendrá que esperar nuevo turno.

d.- Lámina y Frecuencia Unica :

Este método es posible adoptarlo en aquellas áreas donde prevalezca el monocultivo o bien que los cultivos presentes características iguales de demanda de agua.

Además es necesario que se desarrolle una agricultura sumamente eficiente ya que la programación de la frecuencia de los riegos es rigurosa y no debe haber retrasos en las actividades de laboreo, suministro de insumos, etc. también se deberá llenar el requisito de que la precipitación aprovechable sea nula.

Es importante conocer la lámina que debe aplicarse en cada tipo de riego.

V.2.- MANTENIMIENTO

Los lineamientos básicos del mantenimiento para Zonas de Riego son los siguientes :

- 1.- Deshierbes y control de malezas.
- 2.- Desasolve de canales y drenes.
- 3.- Conservación de las estructuras de la red de distribución.
- 4.- Conservación de los caminos.

Estos a continuación se describen.

V.2.1.- DESHIERBES Y CONTROL DE MALEZAS.

" El desarrollo y distribución de las malas hierbas a lo largo de -- los canales y de los drenes de la Zona de Riego, constituye uno de los problemas mas importantes de la conservación creados por la vegetación espontánea.

1.- Objetivos y Razones :

Para la conservación de las obras es importante hacer el deshierbe por las razones siguientes :

- a).- Evitar que la maleza convierta sus tallos en condición leñosa transformandose en monte más difícil de sacar y a un costo alto.
- b).- Obstrucción a la vista de defectos que adolecen las obras tales como erosiones, roturas, taponos, etc.
- c).- Daño directo que ocasiona ella misma a las obras por obstrucción en las áreas de servicio (dentro de la sección del canal o en los caminos de servicio en la corona de los bordos) y por tubificación de las terracerfas como consecuencia de las raíces.

Las malezas en las obras hidráulicas además de reducir la eficacia de conducción en la red de distribución impide en ocasiones proporcionar los riegos en la cantidad y oportunidad o bien reducir la eficacia del drenaje.

En igual forma es necesario el control, de la maleza de hábito terrestre con objeto de tener limpios los bordos y taludes exteriores de los canales, obteniendo con ello el evitar que las malezas se conviertan en plantas hospederas de plantas que desarrollan plagas y enfermedades.

Un ejemplo muy comun es la existencia de roedores que de no exterminarse pueden llegar a ocasionar la ruptura de bordos en canales.

2.- Métodos de Combate de hierbas.

Existen varios entre ellos se pueden mencionar :

- a).- Manuales.
- b).- Mecánicos.
- c).- Químicos.
- d).- Fisiológicos.

a).- Combate de hierbas por procedimientos Manuales :

Este método es muy usado para el control de las malezas, principalmente en la red de distribución, el campesino la lleva acabo con machetes, rastrillos, horquillas y ganchos.

Este método es muy eficiente pero generalmente a costos muy altos y pueden tenerse problemas por escasez de mano de obra en las épocas de las cosechas.

b).- Combate de hierbas por procedimientos Mecánicos :

Para la limpieza en los taludes interiores de canales y drenes generalmente se utiliza la segadora lateral sobre tractores agrícolas o industriales. Como la vegetación cortada cae al agua y es arrastrada por la corriente, se requiere de el empleo de personal equipado con horquillas para extraerla en los sitios en que se encuentra concentrada como son las represas.

Para la limpieza de hierbas acuáticas en los canales se utiliza la draga con rastrillo para el caso del tule o de plantas de estructura semejante. La draga con canasta para el caso del lirio o de plantas semejantes. La cadena arrastrada por dos tractores transitando por las bermas del dren o bordos del canal para el caso de la lama o semejantes.

Es aconsejable que la extracción de plantas acuáticas se ejecute al menos una vez por año

c).- Combate de las malas hierbas por procedimientos químicos.

En la actualidad, existen pocos problemas relacionados con las malas hierbas que no puedan resolverse con ayuda de productos químicos - la posibilidad de su empleo depende de su costo y en una medida determinante de la toxicidad hacia los seres humanos, animales y siembras.

Los productos usados reciben el nombre de herbicidas, estos - pueden clasificarse como sigue :

1.- Herbicidas Selectivos :

- a.- aplicados al follaje.
- b.- aplicados a las raíces.

2.- Herbicidas no selectivos :

- a.- aplicados al follaje.
- b.- aplicados a las raíces.

Por su forma de aplicación, es decir al lugar donde se aplica se clasifican :

I.- Los que se aplican sobre el follaje, ya sea en forma de - solución o en polvo :

- a.- los que matan a los tejidos por contacto.
- b.- los que son absorbidos por el follaje, sea en forma - de suspensión o polvosa, penetran a los tejidos.

II.- Los que se aplican al suelo y de esta manera son absorbi- dos por las raíces.

Los herbicidas son eficaces si se aplican a las hierbas ade - cuadamente y en el momento oportuno. Los factores climatológicos y biológi - cos influyen grandemente en los resultados; debe tomarse en cuenta el tipo - de maleza, su edad, la temperatura ambiente, humedad relativa, selectividad, etc.

d).- Combate de las plantas acuáticas por procedimientos fisiológicos :

Este procedimiento, consiste en limitar o eliminar las condiciones favorables para la vida orgánica de las plantas acuáticas. El proceso puede ser largo.

La desecación es el método más sencillo poco costoso y satisfactorio para eliminar las plantas sumergidas. El inconveniente es que es ineficaz contra las hierbas emergentes y algunas especies flotantes además de que exige la interrupción del uso del canal frecuentemente, durante los períodos críticos secos del verano.

Otro procedimiento, es el de la utilización de aguas brucas, que es un proceso natural de eliminación de esta vegetación acuática, ya que la turbidez del agua impide la penetración de la luz solar, vital para la vida de las plantas.

Para enturbiar el agua se usa arcilla pulverizada o carbón mineral pulverizado.

La quema es otro método de combate de las hierbas que puede emplearse tanto en las acuáticas como las superficiales, cerca de la superficie del agua.

En algunas ocasiones se chamusca primero la vegetación verja y se quema de un modo completo a los 10 ó 12 días siguientes.

Para chamuscarla se pasa una llama sobre la vegetación a tal velocidad que se marchiten las plantas sin carbonizarse, los quemadores solo se usan para destruir el material seco y quemar las especies más resistentes.

Los tules pueden eliminarse en dos años de quema permanente; las mimbreras y las gramíneas perennes son afectadas pero no quedan completamente destruidas.

V.2.2.- DESAZOLVE DE CANALES Y DRENES.

Los asolves son la acumulación de sólidos acarreados por las aguas de riego y las lluvias, depositados dentro de los canales que lenta o rápidamente reducen su sección y su capacidad.

El asolve causa los siguientes daños en las Zonas de Riego :

- 1.- Obstrucción de área hidráulica de los canales y drenes.
- 2.- Invasión de tierras de cultivo por los depósitos de asolve extraídos.
- 3.- Disminución en la capacidad de conservación, por la reducción presupuestal que ocasiona su costo de extracción.

Para llevar a cabo el desasolve, generalmente se hace con equipo mecánico; para esto, previamente se realiza un análisis del funcionamiento de las obras.

En canales de riego puede permitirse una obstrucción hasta en un 20 ó 30 % del área hidráulica; en drenes se considera que puede admitirse un espesor en terminos generales hasta 0.50 mts. de asolve sin que ocasione un problema serio en el funcionamiento de las obras.

Para la extracción de asolve en canales y drenes, el procedimiento más conveniente es utilizar la draga de arrastre con bote y también el retroexcavador, según el caso.

Quando los cauces de drenes y canales puedan estar secos y pueda bajarse la maquinaria a la plantilla del canal, es más ventajoso usar un bulldozer o un angledozer, auxiliado con dragas para extracción rápida de volúmenes acumulados.

Utilizando el equipo de dragas el trabajo puede ejecutarse tanto con el canal inundado como en estado seco, esta última opción refleja mayor perfección y economía, pues con el canal inundado debe tenerse mucho cuidado en no dejar tramos sin excavar al no tener visible el operador toda la sección del canal.

V.2.3.- CONSERVACION DE LAS ESTRUCTURAS DE LA RED DE DISTRIBUCION Y DRENAJE.

Los trabajos de conservación que se efectúan en las estructuras de las redes de distribución comprenden :

- Limpieza y pintura de las compuertas así como reparaciones de sus mecanismos de operación.
- Reparación de zampeados aguas abajo de las represas y caídas y la prolongación de dichos zampeados.
- El relleno compactado de tierra en donde se tengan asentamientos
- La obturación de cuarteaduras en el concreto o mampostería según sea el caso así como las modificaciones en algunas estructuras con el objeto de que sean más eficientes.

Es importante la inspección periódica de todas las estructuras con el objeto de detectar fallas y corregirlas oportunamente ya que en su descuido ocasionaría fallas de mayor costo o incluso la destrucción parcial o total de la estructura.

En las temporadas de lluvia sufren desperfectos los puentes para vehículos en sus entradas que es necesario corregir, siendo necesario revestir con enrocamiento o zampeado junteado en estas estructuras con fin de proteger las pilas y estrivos de erosiones y socavaciones, que de suceder puede ocasionar su falla.

En las alcantarillas, los trabajos de conservación a ejecutar son: limpia de la maleza y desasolve y reparación de zampeados principalmente aguas abajo.

En las entradas de agua, cuando se presentan caudales mayores que los que se pueden admitir, el agua flanquea y se producen asentamientos; los trabajos de conservación en este caso es el de relleno compactado en las zonas socavadas y reposición de algunas partes de zampeados.

Las estructuras hidráulicas con un buen diseño estructural, construidas con la calidad necesaria, una localización adecuada y una buena operación, sólo requerirá de una ligera conservación que consiste en una limpia deshierbe, lubricación y pintura.

V.2.4.- CONSERVACION DE LOS CAMINOS.

La conservación de la red general de caminos comprende los trabajos siguientes :

- a.- Deshierbe.
- b.- Bacheos tanto en tramos revestidos como en los sin revestir.
- c.- Conformación de la superficie de rodamiento.
- d.- Reparación de los tramos de terracerías que lo ameritan.
- e.- Desasolves y construcción de cunetas.
- f.- Reparación de las estructuras de cruce con arroyos, canales y drenes.
- g.- Señalamiento y protección en general especialmente en los cruces con canales con la finalidad de que el tránsito se realice dentro de la mayor seguridad posible.

Los caminos sobre los bordos de los canales tienen una conservación semejante, la maquinaria más usual es la motoconformadora y las compactadoras.

CONCLUSIONES

Un proyecto de infraestructura agrícola debe formar parte de un proceso de planificación que nos permita obtener los mejores resultados, dado que una Zona de Riego es la mejor solución para una diversidad de problemas inherentes a un solo parámetro; la agricultura.

A su vez queda representada por su importancia, como un polo de desarrollo, sus resultados e influencia se reflejan en todos los sectores económicos y en los aspectos sociales de su población.

México, cuenta con una cantidad adecuada de recursos físicos que en gran medida pueden satisfacer la demanda de producción de alimentos en el presente y aún en el futuro; no así con los recursos económicos propios para construir la infraestructura agrícola necesaria en un tiempo mínimo.

La autosuficiencia por adquirir no es a corto plazo por lo que se tendrá que recurrir al financiamiento externo por largo tiempo.

A pesar de que en nuestro país la mejor solución a los problemas agrícolas es la incorporación de las zonas temporales al cultivo con riego, deben de buscarse otros caminos.

Uno de ellos es el uso de métodos de cultivo como el de "La Hidroponía", la característica principal de este es que se obtiene el producto cultivándose en cualquier tipo de suelo (tepetate, arena, grava, jaboncillo, etc) mediante la aplicación de una solución química que sustituye al elemento nutritivo del suelo agrícola.

Además, al campo debe apoyarse de una manera técnica que provoque cambios en su estructura de producción mediante la industrialización de su producción y la capacitación del agricultor.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- "México, Formación de Regiones Económicas"
** Bassols Batalla Angel **
- 2.- "Plan Nacional de Desarrollo 83-88"
** Presidencia de la República **
- 3.- "El Riego, Diseño y Práctica"
** Withers y Vipond ** Ed. Diana
- 4.- "Proyectos de Zonas de Riego"
** Dirección de Proyectos de Grande Irrigación **
Dpto. de Canales S A R H
- 5.- "Topografía" Tomo II
** Alfredo Salazar Torres ** Ed. Arana
- 6.- "Hidrología"
** Rolando Springall ** Instituto de Ingeniería, UNAM
- 7.- "Drenaje en Cuencas Pequeñas"
** Rolando Springall ** Instituto de Ingeniería. UNAM
- 8.- "Mecánica de Suelos" Tomo I
** Juárez Badillo y Rico Rodríguez ** Ed. Limusa
- 9.- "Apuntes de Hidráulica II"
** Facultad de Ingeniería ** UNAM
- 10.- "Apuntes del IV Curso Para Ingenieros Projectistas en Zonas de Riego"
** Centro de Educación Continua ** SEFI
- 11.- "Manual de Caminos Vecinales"
** René Etchaterreh **
- 12.- "Máquinas Para Obras"
** Agavay ** Ed. Limusa
- 13.- "Apuntes del Curso de Movimiento de Tierras"
** Centro de Educación Continua ** SEFI

14.- "Obra de Rehabilitación del Canal Principal en el Valle de Mexicali"

** Informe del Frente de Concretos ** IASA

15.- "Operación y Conservación de un Sistema de Riego"

** García Castillo y Álvarez Hernández **
Tesis Profesional; E N E P Acatlan, UNAM