



Universidad Nacional Autónoma
de México

FACULTAD DE INGENIERIA

FOTOGRAMETRIA EN
ZONAS DE RIEGO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
Ingeniero Topógrafo Geodesta
P R E S E N T A:
HUMBERTO FRANCISCO CASTILLO QUINTANA



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.

INDICE

FOTOGRAMETRIA EN ZONAS DE RIEGO

- I INTRODUCCION.
- II OBTENCION DE PLANOS TOPOGRAFICOS POR METODOS FOTOGRAFICOS.
 - 1. DELIMITACION DE LA ZONA POR ESTUDIAR.
 - 2. DELIMITACION DEL AREA POR VOLAR.
 - 3. ELABORACION DEL PLAN DE VUELO CORRESPONDIENTE.
 - 4. PROYECTO DEL APOYO TERRESTRE.
 - 5. LEVANTAMIENTO Y CALCULO DEL APOYO TERRESTRE.
 - 5.1 Métodos.
 - 5.2 Instrumental.
 - 5.3 Precisión.
 - 5.4 La computadora como herramienta.
 - 5.5 Cálculo del apoyo terrestre.
 - 6. RESTITUCION FOTOGRAMETRIA.
 - 7. DIBUJO TOPOGRAFICO.
- III. ESTUDIOS DE LA ZONA DE RIEGO.
 - 1. ESTUDIOS PRELIMINARES.
 - 1.1 Estudios topográficos.
 - 1.2 Estudios agrológicos.
 - 1.3 Régimen de tenencia de la tierra.
 - 1.4 Estudios hidrológicos.
 - 2. PROYECTO.
 - 2.1 Localización de canales principales y secundarios.
 - a) Trazo del canal principal y/o conducción.
 - b) Trazo de la red de distribución.
 - c) Localización de las estructuras.
 - d) Perfil por el eje del canal.

INDICE

- 2.2 Cálculo hidráulico.
 - a) Generalidades.
 - b) Secciones propuestas.
 - c) Geometría de las secciones transversales de canales de riego.
 - d) Capacidad hidráulica de los canales.
 - e) Cálculo de la sección de canal más conveniente.
 - e.1 Tabla de ayuda para el diseño de canales.
 - e.2 Ejemplo de aplicación.
 - f) Regímenes de escurrimiento.
 - f.1 Energía específica.
 - f.2 Régimen fluvial.
 - f.3 Régimen crítico.
 - f.4 Régimen torrencial.
 - f.5 Curva característica de la variación de la energía específica.
 - f.6 Estudio del régimen crítico.
 - f.7 Factor de sección.
 - f.8 Ejemplo numérico.
- 2.3 Volúmenes de terracerías.
 - a) Rasantes.
 - b) Secciones transversales.
 - c) Cálculo de volúmenes de terracerías.
- 2.4 Costos y precios unitarios.
 - a) Costos directos.
 - a.1 Materiales.
 - a.2 Ejemplo de costos de materiales.
 - a.3 Mano de obra.
 - a.4 Costo de mano de obra.
 - a.5 Equipo
 - a.6 Ejemplo de costo de equipo.
 - b) Costos indirectos.
 - b.1 Generalidades.
 - b.2 Ejemplo de precios unitarios.
 - c) Presupuesto.
 - d) Ejemplo de aplicación.
- IV. CONCLUSIONES.

I. INTRODUCCION

En el vasto ámbito de las aplicaciones de la ingeniería al desarrollo de la infraestructura del país, se encuentra aquél que por la naturaleza de sus fines inmediatos, en combinación con una de las más grandes necesidades no sólo de México, sino a nivel mundial, como es la producción de alimentos, se convierte en una de las principales formas de aplicación de las técnicas modernas de la Ingeniería Topográfica, tal es el proceso fotogramétrico y topográfico en la planeación de zonas de riego.

Un proyecto de zona de riego tiene como finalidad inmediata, incrementar la productividad agrícola de una considerable extensión de terreno mediante el mantenimiento de la humedad del suelo, proporcionada a través de una serie de conductos de diversas formas y tamaños, los cuales ubicados adecuadamente, aprovechando las condiciones topográficas del terreno, distribuyen de una manera uniforme el agua necesaria para el buen desarrollo agrícola.

Existe una gran ventaja de las zonas que cuentan con un sistema de riego sobre aquéllas que dependen del líquido pluvial para ser productivas, llamadas tierras de temporal, ya que por medio del riego es posible aprovechar de una manera más completa, la capacidad productiva del suelo, lo cual se refleja en una mayor cantidad y calidad de las materias primas producidas.

11. OBTENCION DE PLANOS TOPOGRAFICOS POR METODOS FOTOGRAFICOS.

1. DELIMITACION DE LA ZONA POR ESTUDIAR.

La delimitación de la zona que se va a estudiar, es importante en el desarrollo de un proyecto, ya que en base a esto se planearán las actividades a desarrollar, teniendo en cuenta la ubicación de la zona, tipo de terreno, vegetación, clima, vientos, etc.

Para lograrlo es primordial recurrir a la información disponible como cartografía existente (cartas topográficas, cartas climatológicas, uso del suelo, turísticas), fotografías aéreas, etc., teniendo en cuenta en ambos casos su actualización.

Es conveniente también, realizar un recorrido de campo para reafirmar los datos obtenidos en la recopilación de información, para aclarar situaciones confusas o bien, para la visualización de problemas imprevistos y su posible solución.

2. DELIMITACION DEL AREA POR VOLAR.

La importancia que reviste el conocer la extensión de terreno que se va a cubrir con un vuelo fotogramétrico es muy grande, porque ello implica, por una parte, una proporción alta del presupuesto del proyecto y por otra, tener las bases suficientes para planear el vuelo.

La delimitación del área por volar se hace de acuerdo a las especificaciones del proyecto tales como límites, los cuales deben ser bien cono-

cidos, por ejemplo, una ciudad, la margen de un río, una laguna, un valle, cerros o montañas, en general rasgos físicos notables. A continuación se recurre a la cartografía existente, a fin de determinar la extensión y el área de la zona objeto del proyecto.

En caso de no existir datos suficientes o cartografía de la zona, se hacen levantamientos en campo, con el auxilio de métodos tradicionales y modernos para la obtención de ángulos, distancias y desniveles, tales como la estadía, distanciómetros electrónicos como el DI-35, DI-10, telurómetro, geodímetro, etc., con el objeto de conocer la extensión, forma perimetral, altura promedio del terreno; datos que son de vital importancia para la elaboración de un plan de vuelo.

3. ELABORACION DEL PLAN DE VUELO CORRESPONDIENTE.

Consiste en determinar varios factores básicos para llevar a cabo un vuelo fotogramétrico dentro de un rango confiable de seguridad física, técnica y económica.

Los más importantes son:

- Base y Centro de Abastecimiento de Combustible.
- Escala de fotografías requerida, altura de vuelo y tipo de cámara fotogramétrica.
- Dirección y ubicación de las líneas de vuelo.
- Cantidad y tipo de película.
- Horas del día propicias para volar.

— Condiciones atmosféricas favorables.

— La base o pista, así como el centro de abastecimiento de combustible, deben asentarse cerca de la zona de trabajo y de preferencia en aeropuertos existentes; la cercanía al lugar de trabajo es importante para evitar la pérdida de tiempo y gasto excesivo de combustible en el trayecto para reabastecimiento del mismo.

— Escala de fotografías.- En términos generales, el factor de escala es la relación que existe entre la magnitud real de un objeto y su magnitud gráfica.

Sean: MR = la magnitud ^{REAL} gráfica del objeto A
 MG = la magnitud gráfica del objeto A
 E = factor de escala del objeto A
 S = escala del objeto A

Entonces de acuerdo a la definición general del Factor de Escala, se tiene:

$$E = \frac{MR}{MG}$$

La escala del objeto A se representa más frecuentemente de las siguientes maneras:

$$S = \frac{1}{E} \quad ; \quad S = 1 : E$$

Las expresiones anteriores nos indican que "UNA UNIDAD DE MEDIDA REPRESENTA A E UNIDADES" o bien, "E UNIDADES ESTAN REPRESENTADAS POR UNA UNIDAD".

El uso de la escala en general es el de representar gráfica y proporcionalmente el objeto deseado, dándole así características métricas, es decir, que en dado caso se puede recurrir a esta representación gráfica para conocer las dimensiones reales del objeto en cuestión.

Ahora bien, la escala en fotografía aérea se debe prefijar de acuerdo a dos factores importantes que son:

a) Escala de los planos requerida e intervalo entre curvas de nivel.-

Para la realización de un proyecto de zona de riego, las escalas requeridas son 1:50 000, 1:20 000 y 1:5 000, con equidistancias entre curvas de nivel de 1 m en el tercer caso, 5 m en el segundo y 10 m en el primero.

Actualmente y en nuestro caso, los planos topográficos por métodos fotogramétricos se obtienen a una escala 1:5 000 / 1 m, ya que como se verá posteriormente, los planos a escalas 1:20 000 y 1:50 000 se pueden obtener por medios puramente fotográficos.

b) Equipo de restitución disponible.-

Para fijar la escala de las fotografías, es importante conocer la calidad del equipo de restitución con que se va a trabajar, ya que en base a su poder amplificador y al intervalo entre curvas de nivel requerido, se puede obtener la altura de vuelo y por consiguiente la escala media de las fotografías aéreas.

El factor "C" (valor de la razón de la altura de vuelo sobre el terreno a la equidistancia o intervalo de las curvas de nivel, que es práctico para un restituidor específico), se puede utilizar como ayuda para seleccionar la altura de vuelo.

Si H = altura de vuelo
 Ic = intervalo entre curvas de nivel
 C = factor "C" del instrumento

tenemos: $C = \frac{H}{Ic}$ ----- (1)

Se ha determinado en el caso de diversos restituidores, y sus valores varían aproximadamente desde 800 hasta más de 2000.

Si de la ecuación 1 despejamos H, puesto que tendremos como datos C y el intervalo de curvas requerido en los planos, tenemos:

$$H = Ic \times C$$

Mediante este criterio, si un restituidor tiene un factor C, por ejemplo, de 1000 y se ha de elaborar un mapa con equidistancia entre curvas de 2 m, entonces se debe mantener una altura de vuelo no mayor de $1000 \times 2 = 2000$ m, o bien, 6560 pies sobre el terreno.

Cuando no se conoce el factor "C" del restituidor, se tiene que recurrir a otro criterio para la determinación de la altura de vuelo en la que se deben tomar en consideración varios conceptos, los cuales están definidos en la Fig. 1.

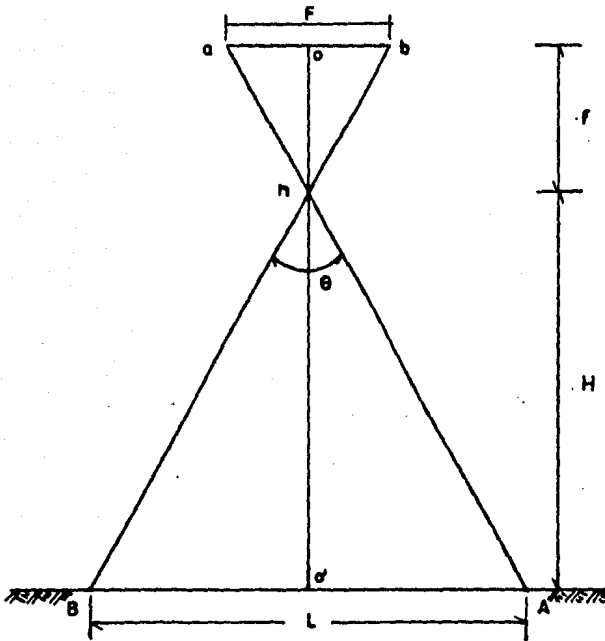


FIG. 1

- F = Formato del negativo: En trabajos de Ingeniería, el formato usado es de 9.5 x 9.5 pulgadas.
- f = Distancia focal de la cámara: Es la distancia normal entre el plano del negativo y el punto nodal posterior de la lente objetivo.
- θ = Angulo de cubrimiento visual: Es la amplitud del campo visual de la cámara.
- H = Altura de vuelo sobre el terreno.
- L = Longitud de un lado del cuadrilátero de terreno cubierto por una fotografía.

Línea $o - o'$ = Eje óptico del sistema de lentes de la cámara:

Es la línea imaginaria definida al unir los centros de curvatura de cada una de las lentes del sistema óptico.

n = Punto nodal:

Punto en el eje óptico de la lente, en el cual todo rayo luminoso que define un punto objeto, cruza y define su punto imagen en el negativo.

Si tenemos los triángulos semejantes y proporcionales:

$$a o n \quad ; \quad A o' n$$

y su relación:

(2) -----

$$\frac{ao}{on} = \frac{Ao'}{o'n}$$

y si

$$ao = \frac{F}{2}$$

$$on = f$$

$$Ao' = \frac{L}{2}$$

$$o'n = H$$

Sustituyendo en (2) tenemos:

$$\frac{\frac{F}{2}}{f} = \frac{\frac{L}{2}}{H} \quad L = 2 \cdot \frac{\frac{F}{2} H}{f} = \frac{F H}{f}$$

expresión que nos sirve para calcular la Longitud de un lado del cuadrilátero cubierto por una fotografía.

Por otro lado tenemos los triángulos semejantes: a, n, b y B, n, A , en los cuales la relación de las bases es igual a la relación de las alturas.

$$\frac{BA}{ab} = \frac{H}{f}$$

pero de la definición de escala tenemos que:

$$\frac{BA}{ab} = E$$

por tanto:

$$E = \frac{H}{f} \text{ ----- (3)}$$

y si sabemos que la escala S es igual a:

$$S = \frac{1}{E} \quad \text{sustituyendo este valor en (3)}$$

$$\frac{1}{E} = \frac{f}{H} \quad S = \frac{f}{H} \text{ ----- (4)}$$

la ecuación (4) define la escala de fotografías en función de la distancia focal y la altura de vuelo.

La obtención de la altura de vuelo para satisfacer una escala de fotografías prefijada, se obtiene de la siguiente forma:

de la ecuación (4) tenemos:

$$S = \frac{f}{H} \quad \text{o bien} \quad \frac{1}{E} = \frac{f}{H} \quad \text{de donde}$$

$$\frac{1}{Ef} = \frac{1}{H} \quad \text{por tanto}$$

$$Ef = H \text{ ----- (5)}$$

la cual nos dice que la altura de vuelo es igual al factor de escala multiplicado por la distancia focal de la cámara.

Por otro lado la altura de vuelo también se puede calcular por medio de la siguiente regla práctica:

$$\text{Altura de vuelo en pies} = \frac{\text{Factor de escala}}{2}$$

$$\text{Literalmente tenemos: } H(\text{ft}) = 1/2 E \text{ ----- (6)}$$

Ahora bien, hay que tomar en cuenta que las lecturas de altitud hechas con el altímetro del avión que realiza el vuelo, están referidas al nivel medio del mar, por lo que al referirse a H se toma en consideración lo siguiente (Ver Fig. 2).

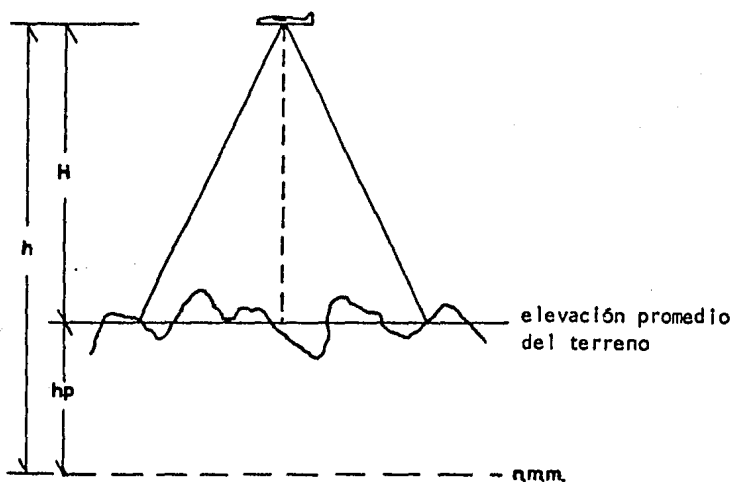


FIG. 2

Si al nivel medio del terreno se agrega la altura H , comprendida entre la línea de vuelo y el terreno, se obtiene la altitud que el altímetro especial de la nave deberá marcar para obtener la escala del aerograma, la que deberá estabilizarse para asegurar la altura sobre el nivel medio del mar.

De la Fig. 2 tenemos:

h = altura de vuelo referida al N.M.M. (Lectura del altímetro)

H = altura de vuelo sobre el terreno

hp = elevación de promedio del terreno

de acuerdo a lo anterior:

$$h = H + hp \text{ ----- (7)}$$

— Dirección y ubicación de las líneas de vuelo.- La dirección de las líneas de vuelo se proyecta visualizando de antemano las necesidades de apoyo terrestre, partiendo de la condición de que para propagar el apoyo terrestre mediante aerotriangulación analógica o analítica, es necesario contar con un apoyo altimétrico en sentido transversal a la línea de vuelo, para lo cual se tratará de aprovechar al máximo, las condiciones del terreno y vías de comunicación a fin de evitar dificultades y gasto excesivo de tiempo y recursos económicos en la realización del trabajo de campo.

Una vez que se ha tomado en cuenta lo anterior, se tratará hasta donde sea posible; 1°, que las líneas de vuelo sigan las direcciones Este - Oeste o Norte - Sur, a fin de saber en determinado momento, la orientación de una serie de fotografías; y 2°, realizar el mínimo de líneas de vuelo para cubrir estereoscópicamente, la zona en estudio sin omitir los márgenes de seguridad, los cuales se tratarán en el siguiente inciso.

La ubicación de las líneas de vuelo se lleva a cabo, contando ya con la dirección de éstas, tomando como puntos de referencia los detalles más sobresalientes del terreno, a fin de que sean fácilmente identificables por medio de la mira especial montada en el fuselaje del avión, la cual junto con el sistema fotográfico será operada por el camarógrafo de -

vuelo. Ver Fig. 3.

— Cantidad y tipo de película.— En la elaboración del plan de vuelo, un factor muy importante es la estimación de la cantidad de película que se habrá de utilizar en un vuelo fotogramétrico, así como el tipo de la misma.

La cantidad de película se calcula en base al número total de fotografías que se necesitan para cubrir estereoscópicamente la zona en estudio, más un número determinado de exposiciones extras como margen de seguridad al inicio y al final de cada línea de vuelo.

El cálculo del número total de fotografías por línea se obtiene aplicando la expresión:

$$N_t = 1 + (L_{terr} \div S) + 2 + 2 \text{ ----- (8)}$$

en donde: L_{terr} = Longitud del terreno por cubrir (largo)

$$S = L - TF\%$$

L = Lado del cuadro de terreno cubierto por una fotografía (Fig. 1).

TF = Traslape frontal requerido, en por ciento de L .

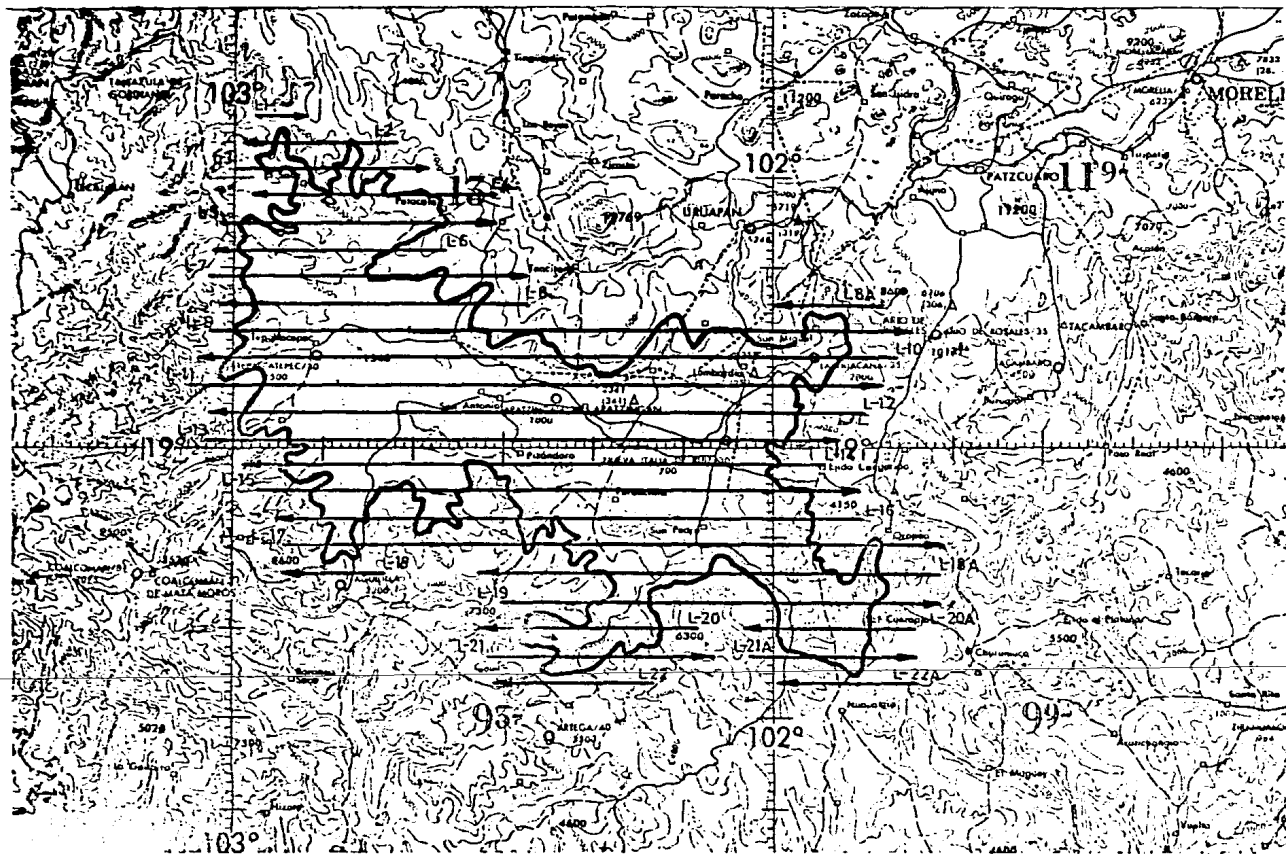
El margen de seguridad mínimo, es de 2 exposiciones al inicio y 2 al final de cada línea de vuelo.

El número de líneas de vuelo se obtiene mediante una expresión similar a la anterior, teniendo:

$$N_L = (L_{terr} \div T) + 1 + 1 \text{ ----- (9)}$$

FIG. 3

INDICE DE VUELO



en donde:

- L_{terr} = Ancho del terreno por cubrir
- T = L - TL%
- L = Lado del cuadro de terreno cubierto por una fotografía.
- TL = Traslape lateral en por ciento de L.

El margen de seguridad mínimo, es de una línea al inicio y una al final del ancho por cubrir.

Teniendo el número de tomas por línea y el número de líneas se calcula el número total de fotografías que se necesitan para cubrir la zona estereoscópicamente, esto significa que cada detalle de la zona en estudio debe forzosamente de aparecer por lo menos en dos fotografías diferentes, a fin de poder observar tridimensionalmente cada uno de ellos.

El número total de fotografías se calcula haciendo el producto del número de fotografías por línea y el número de líneas, y la expresión queda así:

$$TE = N_t \times N_L \text{ ----- (10)}$$

Si se conoce la longitud del rollo que se utilizará, también se podrá sacar el número de exposiciones que se pueden hacer con él, y si por otro lado, se tiene el número total de exposiciones necesarias, se puede calcular la cantidad de rollos que se habrán de utilizar en la realización del vuelo fotogramétrico.

La medida de los rollos fotográficos más usados es de -

240 ft x 9.5in, con los cuales se obtiene un promedio de 280 fotografías - por rollo.

— Tipo de película.- Seleccionar el tipo de película que se va a utilizar en un vuelo fotogramétrico es de suma importancia para obtener una buena calidad fotográfica, entendiéndose por ello, que las fotografías obtenidas tengan el contraste adecuado, que los detalles se encuentren bien definidos y se aprecie su textura.

La calidad fotográfica es un factor muy importante en la - fotointerpretación, ya que ésta se basa principalmente en el tono, forma, - delineamiento y textura de los detalles fotografiados.

Las películas fotográficas poseen ciertas características - de las cuales se deriva en gran parte la calidad de la toma, las principa-- les son las siguientes:

a) Grado de sensibilidad, está dado por un número y las siglas ASA - (Asociación Americana de Especificaciones), y/o DIN (Normas de la - Industria Alemana), por ejemplo:

19°DIN	21°DIN	23°DIN	27°DIN
64°ASA	100°ASA	160°ASA	400°ASA

El número indicativo varía directamente proporcional con la sensibi- lidad de la película.

b) Granulosidad.- El grano de la emulsión puede ser grueso, regular, fino, muy fino y extremadamente fino, lo cual hará que una película

tenga un poder de resolución determinado, que varía inversamente -
proporcional al tamaño del grano.

— Horas del día propicias para efectuar el vuelo.- El inter-
valo más apropiado para la toma de fotografías aéreas será aquél en el cual
se conjuguen adecuadamente las sombras y zonas iluminadas para dar por re-
sultado un buen contraste y definición de los detalles. Ver Fig. 4.

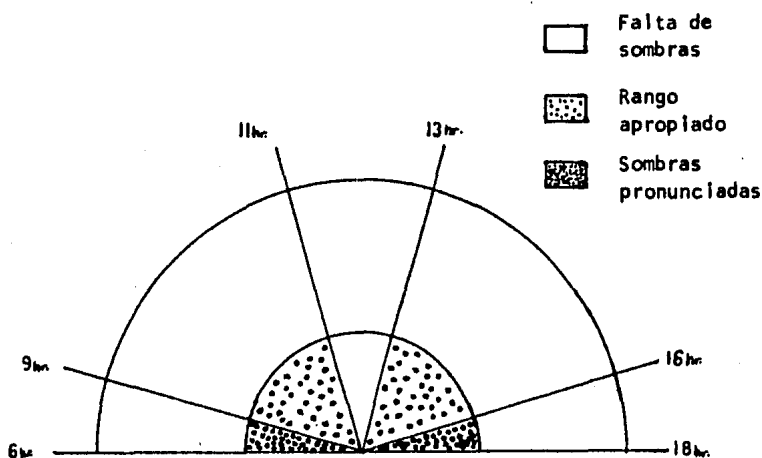


FIG. 4

— Condiciones atmosféricas favorables.- Teniendo presente -
que la fotografía es el registro de campo, lo más indicado es obtenerla con
toda claridad, para lo cual es necesario que se fotografíe en condiciones -
atmosféricas tales, que se logren vistas claras en las cuales no se vean nu-
bes o manchas que cubran los detalles o sean afectadas por los movimien-
tos del avión, lo cual se traduce en falta de traslape, deformaciones por incli-
nación y variación de la escala.

4. PROYECTO DEL APOYO TERRESTRE.

El objetivo del apoyo terrestre es la obtención de coordenadas de puntos sobre el terreno, los cuales identificados en las fotografías sirven como punto de partida, tanto para la orientación del modelo espacial respecto al plano de referencia de elevación, como para la determinación de la escala y su referencia al sistema planimétrico de coordenadas.

Determinar la cantidad de control topográfico necesario que deberá tomarse como apoyo en la formación del plano, es fundamental, así como darle la posición mas conveniente ya que de ello depende la precisión en posición que puede tenerse en la elaboración del trabajo correspondiente a la zona en proyecto.

Un estudio previo para la ubicación del apoyo terrestre se hace sobre el mosaico índice del vuelo, auxiliándose de la cartografía existente a la escala adecuada, a fin de tener una visión amplia de la zona por apoyar, para poder evaluar las ventajas y dificultades que presenten las distintas opciones de trabajo y así estar en condiciones de elegir la que mejor cumpla con los requerimientos fotogramétricos y económicos del proyecto. Es importante también, tomar en consideración la distribución de los bloques de trabajo en que ha sido dividida el área por planificar; esta división se efectúa en base a la capacidad de transferencia del control terrestre del equipo restituidor, así como a las características del programa de cómputo electrónico que se usará en su compensación y ajuste; y por otro lado, permite un mejor control y distribución del trabajo de restitución fo

togramétrica.

La configuración de los bloques, así como la distribución del apoyo terrestre se ilustran en la Fig. 5.

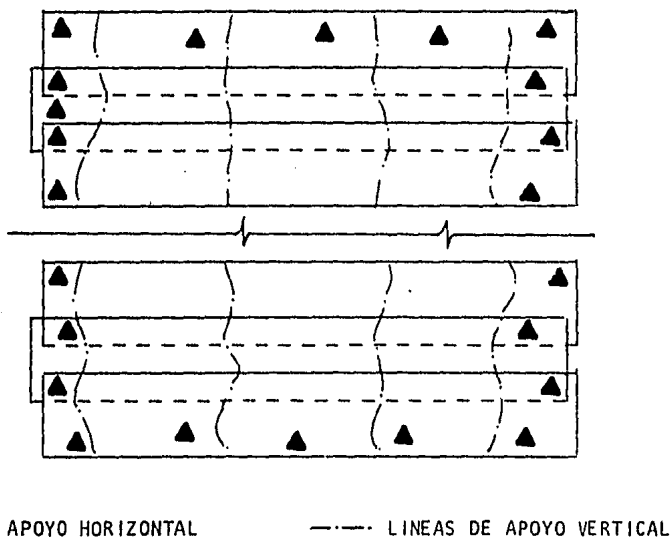


FIG. 5

Una vez que se ha elegido la ubicación de las líneas de apoyo, se procede a seleccionar las fotografías que cubren estereoscópicamente tanto las rutas de nivelación como los sitios para la ubicación de los puntos de control horizontal; a continuación, mediante un minucioso examen estereoscópico del material fotográfico, se van seleccionando los sitios para la ubicación de los puntos de control topográfico, los cuales deben reunir las siguientes características:

- Ser perfectamente fotoidentificables.

- Estar bien definidos en el terreno.
- Aparecer en tres fotografías consecutivas.

Para orientar el modelo en elevación son necesarios como mínimo, - tres puntos de control no alineados; mientras que, para orientarlo planimétricamente, sólo se requieren dos puntos de posición conocida X, Y.

Sin embargo, con fines de verificación, se necesitan 4 ó 5 puntos - de control de elevación, y 3 ó 4 de control planimétrico. Los puntos pueden tener posición, X, Y, y elevación a la vez, y ser marcados especialmente en el terreno o corresponder a rasgos naturales.

Los puntos señalados se usan principalmente para el control planimétrico y deben situarse antes de realizar el vuelo. Las señales generalmente consisten en figuras circulares o rectangulares de papel, cartón, triplay, etc., de un color contrastante con el tipo del terreno y del tamaño - adecuado a la altura de vuelo y por consiguiente a la escala del fotograma.

Por lo regular para alturas de vuelo mayores de 2,000 m se usan puntos naturales, tanto horizontales como verticales, por las siguientes razones:

- A) Los puntos se sitúan de tal manera que puedan emplearse tanto para el modelo previo, como para el siguiente, ahorrando así parte del - trabajo de campo.
- B) Porque existe el riesgo de que la señal proyecte un halo de

radiación que origine una deficiente situación del punto flotante del instrumento sobre el detalle, y por consiguiente, una lectura errónea de las alturas del terreno.

Una vez que se tienen elegidos los puntos de apoyo, se seleccionan mediante análisis de sus descripciones de campo, los bancos de nivel y vértices de poligonación o triangulación, a los cuales deberán ligarse los trabajos topográficos y poder así, referirlos a un sistema de coordenadas terrestre, buscando siempre aquellos vértices en los cuales se pueda efectuar la liga de una manera confiable.

Para fines de verificación del control vertical, es necesario tocar como mínimo, dos bancos de nivel de primer o segundo orden en cada liga, mientras que para el apoyo planimétrico, bastará con verificar que el vértice que servirá para ligar los trabajos, no esté desplazado de su sitio original.

Por último, para complementar el proyecto, se preparan varias copias de cartas existentes que cubran la zona en estudio, a fin de pasar a ellas toda la información necesaria para la ejecución y control de trabajo por realizar, que incluye las rutas de nivelación y su sentido de recorrido, las poligonales por realizar y los lados que deberán orientarse, los sitios en los que se establecerán bancos de nivel, vértices de poligonación y puntos de control, así como la nomenclatura de cada uno, sin omitir los bancos de nivel y los vértices de triangulación a los que deberán ligarse las nivelaciones y poligonales que comprende el proyecto de apoyo terrestre.

Reunida la información antes citada, se tiene completo el proyecto y se está en condiciones de iniciar los trabajos de campo.

5. LEVANTAMIENTO Y CALCULO DEL APOYO TERRESTRE.

5.1 Métodos.

El apoyo terrestre se realiza en base a los principales métodos utilizados en Topografía, para la determinación de las coordenadas X, Y, Z, de puntos del terreno como son:

- a) Nivelación Geométrica Diferencial.- Se usa para obtener las diferencias de nivel entre puntos y entre superficies de referencia.
- b) Poligonación.- Se utiliza para determinar la posición planimétrica (coordenadas X, Y) de todos los puntos objeto del proyecto, a partir de la medición de ángulos y distancias horizontales de los lados que los unen, según el itinerario elegido.

Para el desarrollo de cada uno de estos métodos, existe una serie de instrumentos y equipo complementario, a los cuales debe dárseles el uso adecuado para el mejor y más rápido desempeño del trabajo.

5.2 Instrumental.

Los instrumentos generalmente empleados para el levantamiento del apoyo terrestre, son aquellos que por su calidad óptico-mecánica y características técnicas, así como su sencillez de manejo y facilidad de -

traslado, cumplen ampliamente con las tolerancias aceptadas para dar la precisión necesaria en la obtención de las coordenadas de los puntos de control.

En la Fig. 6 aparecen algunos instrumentos de este tipo.

N I V E L E S		T E O D O L I T O S	
NOMBRE	CARACTERISTICA PRINCIPAL	NOMBRE	CARACTERISTICA PRINCIPAL
WILD NA2	AUTOMATICO	WILD T2	LECTURAS DIRECTAS DE 1"
ZEISS NI2	AUTOMATICO	MOM TH2	LECTURAS DIRECTAS DE 1"
MOM NI-A3	AUTOMATICO	ZEISS JENA THEO 010	LECTURAS DIRECTAS DE 1"
ZEISS JENA NO07	AUTOMATICO	KERN DKM-AE	LECTURAS DIRECTAS DE 1"
ROSSBACH NA2	AUTOMATICO	THEO 015 B	LECTURAS DIRECTAS DE 6"
KERN GKO-A	AUTOMATICO	KERN DKM-1	LECTURAS DIRECTAS DE 10"

FIG. 6

— Medición de distancias.

La forma moderna de medir distancias, es a base de instrumentos electro-ópticos o electromecánicos como son: Geodímetro, Telurómetro, Distomat, y demás aparatos electrónicos en el mercado. Esta forma de medir distancias es la apropiada para el levantamiento del apoyo terrestre, ya que dadas las considerables distancias entre puntos de control y la gran capacidad de los distanciómetros, así como su sencillez de operación y faci

lidad de traslado, se obtiene una gran versatilidad, rapidez y precisión en el trabajo.

En la Fig. 7 se presentan algunos distanciómetros más usados.

NOMBRE	TIPO	ALCANCE	ERROR ESTANDAR
GEODIMETRO Mod. 8	LASER 5mW	60 km con luz diurna	$\pm 5 \text{ mm} + 1 \times 10^{-6} D$
GEODIMETRO	LASER 1mW	5 km con seis prismas	$\pm 5 \text{ mm} + 1 \times 10^{-6} D$
TELUROMETRO MRA 101	RADIO FM	50 km	$\pm 1.5 \text{ cm} \pm 3 \times 10^{-6} D$
ELECTROTAPE CUBIC DM-20	RADIO FM	50 km	$\pm 1 \text{ cm} \pm 3 \times 10^{-6} D$
DISTOMAT DI-10	INFRARROJO FM	2 km con nue- ve prismas	$\pm 1 \text{ cm}$ independiente de la distancia

FIG. 7

— Equipo complementario.

Para llevar a cabo tanto la Nivelación como la Poligona- --
ción, es necesario contar con un equipo complementario, el cual utilizado -
adecuadamente, dá al método confiabilidad y precisión.

El equipo básicamente complementario es el siguiente:

a. Nivelación.-

a.1 Estadales. Generalmente son de madera tratada y plegables

de 4 a 2 m, de 3 a 1.50 m; aunque también los hay de aluminio seccionables, ambos con divisiones centimétricas en una o ambas caras.

- a.2 Apoyos para el estadal o "sapos". Placas metálicas con tres regatones en la cara inferior para fijarlo firmemente en el terreno y un bulón en la cara superior para apoyar el estadal.
- a.3 Niveletas. Constan de un nivel esférico con un apoyo en posición normal a la directriz del nivel, el cual se fija al estadal para mantenerlo perfectamente vertical.

b. Poligonación.-

- b.1 Balizas. Bastones de madera o aluminio. Generalmente de sección circular con un regatón metálico. Se usan para señalar los puntos por visar.
- b.2 Miras montadas en triplé. Placas de metal o plástico con diseños cuneiformes, sujetas a una base nivelante de plomada óptica o de cordón, intercambiable con la base del teodolito. Su uso aumenta la precisión de las medidas angulares, pudiéndose utilizar también en trabajos nocturnos.
- b.3 Sistema de iluminación para el teodolito y las miras. Se usan en las mediciones nocturnas a fin de observar perfectamente las miras y los círculos Horizontal y Vertical del teodolito, cuando las condiciones ambientales dificultan el

trabajo durante el día.

5.3 Precisión.

El control terrestre es el factor básico para formar planos topográficos por métodos fotogramétricos.

Para lograr una buena restitución es indispensable que se conjuguen los siguientes elementos: control terrestre, fotografía, trabajos de laboratorio y trabajos de gabinete. Una falla en cualquiera de estos elementos impide obtener un trabajo correcto.

En los casos en que el control terrestre sea insuficiente, se puede incrementar en gabinete por medio del método de triangulación aérea, compensando analítica o gráficamente los errores sistemáticos.

En general, para establecer puntos de control en trabajos de restitución fotográfica, destinados a formar planos en escala 1:5 000 con curvas de nivel equidistantes 1 m, deben aceptarse las siguientes tolerancias:

En planimetría 0.20 m

En altimetría 0.03 m

Para trabajos menos precisos, como en vasos de almacenamiento, donde se trata de formar planos con curvas de nivel equidistantes 5 m, las tolerancias se amplían a:

En planimetría 0.50 m y 1.00 m

En altimetría 0.20 m y 0.40 m

5.4 La computadora como herramienta.

Debido a la gran cantidad de elementos que se tienen que procesar en las distintas etapas del proyecto, es conveniente utilizar la computadora como herramienta, para el cálculo matemático, ya que proporciona gran rapidez y aproximación en el mismo.

En este trabajo se presentan programas de aplicación en diversas etapas del proyecto, para lo que se utilizó una microcomputadora TI-59 e impresora PC-100-C; también se presenta un programa para ser utilizado en computadora con compilador de lenguaje FORTRAN.

5.5 Cálculo del apoyo terrestre.

La etapa de cálculo del apoyo terrestre (A.T.) tiene como finalidad obtener las coordenadas debidamente compensadas de todos los puntos de control horizontal y vertical.

A continuación se presentan dos programas aplicables al cálculo de poligonales topográficas y al ajuste de nivelación topográfica diferencial, respectivamente.

— Programa para el Cálculo del Apoyo Terrestre Horizontal.

El programa se aplica a poligonales con medidas angulares exteriores.

Se ha previsto una capacidad de 300 lados, lo cual ya es una poligonal grande. En caso de tenerse una poligonal con un número mayor de lados, con sólo ampliar los archivos en disco se soluciona el problema

El programa ajusta la poligonal por el Método de la Brújula. Como resultados se obtienen 4 listados distintos:

El primero es el resultado de la poligonal sin ninguna corrección. El segundo arroja los ángulos corregidos así como error total y precisión del trabajo. El tercero nos da ángulos, distancias y desniveles corregidos, y por último, el cuarto listado es un resumen de las coordenadas de los vértices.

— Programa para el Ajuste de una Red de Nivelación Topográfica Diferencial.

Con este programa se obtienen las elevaciones compensadas de todos los bancos de nivel que integran una línea o red de nivelación.

El programa compensa la red siguiendo el método desarrollado por H.G. Dell, el cual está basado en aproximaciones sucesivas. El método tiene la gran ventaja de que los resultados son los mismos que los obtenidos por el método de los Mínimos Cuadrados.

6. RESTITUCION FOTOGRAMETRICA.

Se llama restitución fotogramétrica, a la serie de operaciones a que se someten los fotogramas de un levantamiento fotográfico, para llegar

a obtener un plano topográfico.

Este proceso de trabajo incluye, además de los resultados proporcionados por los instrumentos, el análisis e interpretación de las fotografías.

El procedimiento general consiste en tratar los pares fotográficos mediante un instrumento restituidor, y trazar estereoscópicamente cada curva de nivel, así como los detalles (los rasgos físicos naturales y los hechos por el hombre), para lo cual es imprescindible contar con un buen apoyo topográfico, ya que los puntos de control terrestre constituyen el marco de referencia para la perfecta ubicación de los modelos estereoscópicos.

En las zonas sensiblemente planas, se pueden trazar curvas de nivel espaciadas hasta 0.50 m o fijar cotas en las zonas que lo ameriten, para conocer en detalle la topografía del terreno de un área en particular.

Entre los instrumentos más eficaces para la restitución fotogramétrica, está el Autógrafo Wild A-8, que puede analizar pares estereoscópicos controlados con un rendimiento de 2 por día-hombre, que en el caso de la escala 1:10 000 comúnmente usada para levantamientos de zonas de riego, comprende aproximadamente 600 Ha.

Como resultado del proceso anteriormente descrito, se obtiene una serie de modelos de restitución, los cuales se ligan convenientemente en base a sus coordenadas, hasta cubrir el formato especificado para los planos,

los cuales a su vez cubrirán la totalidad del área en estudio.

7. DIBUJO TOPOGRAFICO.

Una vez que se tienen las hojas o planos de restitución, se pasa a la etapa de dibujo, la cual consiste en obtener los planos topográficos definitivos apegados a las especificaciones de escala: equidistancia entre - curvas de nivel, toponimia y presentación, mediante calcas y/o reproducciones fotográficas de las hojas de restitución.

Posteriormente, mediante reducciones fotográficas de los planos originales, se elaboran conjuntos armados, los cuales a través de nuevas reproducciones, 1 a 1 dan como resultado planos de conjunto a una escala mayor, mismos que serán utilizados en la etapa de presentación del proyecto a gran visión.

```

C PROGRAM 3 00001000
C CALCULO DE POLIGONALES CERRADAS. 10001000
C -----VARIABLES DIMENSIONADAS 10001000
C DIMENSION YINT(50),XINT(50),ZINT(50),ASINT(50),ADVIN(50),ARSE(50), 10001000
C 1 INTVF(50) 20001000
C -----VARIABLES EN COMMON 21001000
C COMMON TIT(3,4),NALPA(120),COSEY(12),COTEN(12),COSEN(12),IMPRE, 22001000
C 1 LECTO 23001000
C -----DEFINICION DE ARCHIVOS 15001000
C 14001000
C 14001000
C DEFINE FILE 4(300,22,11,J4),5(300,10,11,J5) 17001000
C 1 FORMAT (1H ,4X,1HI,3Y,14,4X,1HI,F12.3,2Y,1HI,F13.3,3H 1,F13.3,2Y, 24001000
C 11H/1H ,6X,1HI,11X,1HI,15X,1HI,15X,1HI,15Y,1HI) 25001000
C 2 FORMAT (1H ,14,1Y,14,2(1Y,2I3,F5.1),F11.3,2F9.3,2F12.3,3F8.3, 01002000
C 150,3/) 02002000
C 3 FORMAT (1I1) 03002000
C 4 FORMAT (12A4) 04002000
C 5 FORMAT (14,2F12,3) 05002000
C 6 FORMAT (2I4,12,F4,2) 06002000
C 7 FORMAT (2I4,2(I3,I2,F4,1),F10.3,I3,I2,F4,1,4F4,2,5X,I1,12X,I1) 07002000
C 8 FORMAT (1H ,6X,14,69Y,2F12.3,24X,F9,3/) 08002000
C 9 FORMAT (1H ,41H ***** DESNIVEL FUERA DE TOLERANCIA ***** 2I6/) 09002000
C 10 FORMAT (1H ,20X,22H DIFERENCIA ANGULAR = ,2I4,F6,1) 10002000
C 11 FORMAT (1H ,20X,14H ERROR EN X = ,F12.3//14 ,20X,14H ERROR EN Y = 11002000
C 1,F12.3//1H ,20X,14H ERROR EN Z = ,F12.3//14 ,20X,14H ERROR TOTAL= 12002000
C 2,F12.3//1H ,20X,14H PRECISION 1 4,F12,3) 13002000
C 12 FORMAT (1HI, 6X,12A4//1H ,6X,12A4//14 ,6X,12A4,2Y,84HCUJA NO.,13/14002000
C 11H ,6X,1HI,50A1,1HI/14 ,6X,1HI,50H VERTICE I C O O 3 015002000
C 2 F N A D A S 1/14 ,6X,1HI,11X,1HI,47A1,1HI/14 ,6X,1HI,6022000
C 3I,11X,1HI,7X,2H Y,6X,1HI,8Y,1HI,6X,1HI,8Y,1HI,4Z,6X,1HI/1H ,6X,1HI,1117000000
C 4A1,1HI,15A1,2(1HI,15A1),1HI/7X,1HI,11X,3(1HI,15X),1HI) 15002000
C 13 FORMAT (1H ,6X,1HI,11A1,1HI,47A1,1HI) 16002000
C 20 14 I=1,120 20002000
C 14 NALPA(I) = 24640 21002000
C J4 = 1 01002000
C J5 = 1 02002000
C ZI = 2.1415928 03002000
C CO001 = 0.00 04002000
C CO002 = 0.00 05002000
C CO003 = 0.00 06002000
C CO004 = 0.00 07002000
C SUMAD = 0.00 08002000
C IMPRE = 1 09002000
C LECTO = 2 10002000
C INTVF = 0 11002000
C NALPA = 0 12002000
C NCUJA = 0 13002000
C NCPNG = 50 14002000
C NORD = 1 15002000
C NORD = 1 16002000
C LOND = 1 17002000
C ISW3 = 1 18002000
C ISW9 = 1 19002000
C AD = 2.017452200 19003000
C PUNOS = 2.0 * 01 20003000
C READ (LECTO,4) ((TIT(I,J),J=1,4),I=1,3) 21003000
C -----USE CLAVE DE LECTURA DE TARJETAS O DISCO. 01004000

```

```

02004PR3
03004PR3
04004PR3
05004PR3
06004PR3
07004PR3
08004PR3
09004PR3
10004PR3
11004PR3
11504PR3
12004PR3
13004PR3
14004PR3
15004PR3
16004PR3
17004PR3
18004PR3
19004PR3
20004PR3
21004PR3
22004PR3
23004PR3
24004PR3
25004PR3
01005PR3
02005PR3
03005PR3
04005PR3
05005PR3
06005PR3
07005PR3
07205PR3
07405PR3
07605PR3
08005PR3
09005PR3
10005PR3
11005PR3
12005PR3
13005PR3
14005PR3
15005PR3
16005PR3
17005PR3
18005PR3
19005PR3
20005PR3
21005PR3
19004PR3
192
199

```

READ (LECTO,3) ISW2
 READ (LECTO,4) (COTEN(K),K=1,12)
 READ (LECTO,4) (COSEN(K),K=1,12)
 READ (LECTO,4) (COMEN(K),K=1,12)
 READ (LECTO,5) NPVI,XI,YI,ZI
 READ (LECTO,5) NPVE,YE,YF,ZF
 READ (LECTO,6) NEST,NPVT,I21,I22I,A23I
 READ (LECTO,6) NSEF,NPSE,I21F,I22F,A23F
 A21VF = ((I21I*3600. + I22I*60. + A23I)/3600.) * RAD
 A21VE = ((I21F*3600. + I22F*60. + A23F)/3600.) * RAD
 WRITE (4,15) NPVI,XI,YI,ZI
 IF (NPSE)100,110,100
 IF (NPVE)100,110,100
 100 ISW3 = 2
 110 IF (ISW2)150,120,150
 -----LEE TARJETAS CON DATOS ANGULARES Y ALMACENA EN DISCO.
 120 READ (LECTO,7) NEST,NPVT,ICH1,ICH2,CH3,ICV1,ICV2,CV3,DIST,ICV4,
 1 ICV5,CV6,A1,AP1,ALAP2,ALSF1,ALSF2,ICOTE,IKRAD
 ANGH0 = ((ICH1*3600. + ICH2*60. + CH3)/3600.) * RAD
 ANGV1 = (90. - ((ICV1*3600. + ICV2*60. + CV3)/3600.)) * RAD
 ANGV2 = (90. - ((ICV4*3600. + ICV5*60. + CV6)/3600.)) * RAD
 APSE1 = ALAP2 - ALAP2
 APSE2 = ALSF1 - ALSF2
 IF (ICOTE = 1)130,140,130
 130 ANGV3 = ARS(ANGV1)
 IF (ARS(ARS(ANGV1)-90.*RAD)-0.001)132,132,131
 131 DIST = DIST * COS(ANGV3)
 GO TO 133
 132 DIST = DIST * COS(ARS(ANGV2))
 133 CONTINUE
 140 WRITE (4,14) NEST,NPVT,ANGH0,ANGV1,ANGV2,APSE1,APSE2,DIST,ICOTE,
 1 IKRAD
 IF (NEST = 9999)120,150,120
 150 J4 = 1
 X1 = XI
 Y1 = YI
 Z1 = ZI
 X2 = XI
 Y2 = YI
 Z2 = ZI
 AZIMT = AZIMT
 CALL SALT1(N2FNG,NHOJA,KORD)
 WRITE (1,NPSE,8) NPVI,XI,YI,ZI
 N2FNG = N2FNG + 1
 AZIMX = AZIMT
 -----LEE DATOS ANGULARES DE DISCO
 160 READ (4,J4) NEST,NPVT,ANGH0,ANGV1,ANGV2,APSE1,APSE2,DIST,ICOTE,
 1 IKRAD
 IF (NEST = 9999)170,150,170
 170 IF (IKRAD)190,180,190
 180 X1 = X2
 Y1 = Y2
 Z1 = Z2
 AZIMT = AZIMX
 ISW9 = 1
 GO TO 199
 190 GO TO (192,194),ISW9
 192 ISW9 = 2
 NSTA = NEST
 GO TO 198

```

104 IF (MSTA = NEST)109,106,108
106 X1 = X2
    Y1 = Y2
    Z1 = Z2
    AZINT = AZIMX
108 CONTINUE
100 ANGH0 = ANGH0 + CORR1
    IF (IKPAD)210,200,210
200 NOLAD = NOLAD + 1
    SUMAD = SUMAD + DIST
210 AZIMO = AZINT + ANGH0 + PI
    IF (PIDOS = AZIMO)220,220,230
220 AZIMO = AZIMO - PIDOS
    IF (PIDOS = AZIMO)225,225,230
225 AZIMO = AZIMO - PIDOS
230 IF (DIST)250,240,250
240 INTER = INTER + 1
    XINT(INTER) = X1
    YINT(INTER) = Y1
    ZINT(INTER) = Z1
    APSE(INTER) = APSE1
    ASINT(INTER) = AZIMO
    ANVIN(INTER) = ANGV1
    INTVE(INTER) = NPV
    GO TO 160
-----CALCULO DE PROYECCIONES Y DESNIVELES
250 XOR = DIST * SIN(AZIMO) + CORR2 * DIST
    YOR = DIST * COS(AZIMO) + CORR3 * DIST
    CORR2 = DIST * DIST * 0.000000069103492
    DESN1 = DIST * (SIN(ANGV1)/COS(ANGV1)) + APSE1 + COR23
    DESN2 = DIST * (SIN(ANGV2)/COS(ANGV2)) + APSE2 + COR23
    IF (ARS(ARS(ANGV1)-90.*RAD)-0.001)251,251,252
251 DESN1 = -DESN2
    GO TO 254
252 IF (ARS(ARS(ANGV2)-90.*RAD)-0.001)253,253,254
253 DESN2 = -DESN1
254 CONTINUE
    IF (ARS(DESN1 + DESN2) = 0.50)270,270,260
260 WRITE (IMPRF,0) NEST,NPVT
    NRENG = NRENG + 1
270 DESN = 0.5 * (ARS(DESN1) + ARS(DESN2))
    IF (DESN)280,290,290
280 DESN = -DESN
290 X = X1 + XOR
    Y = Y1 + YOR
    Z = Z1 + DESN + CORR4 * DIST
    IF (IKPAD)310,300,310
300 X2 = X
    Y2 = Y
    Z2 = Z
    AZIMX = AZIMO
310 X1 = X
    Y1 = Y
    Z1 = Z
    AZINT = AZIMO
    CALL PT01(ANGH0,ICH1,ICH2,CH3)
    CALL PT01(AZIMO,NAUX,NCUX,FUX)
    CALL SALT(NRENG,NHOJA,KORD)
-----ESCRIBE RENGLON CON DATOS POLIGONAL.

```

```

22005PR3
23005PR3
24005PR3
25005PR3
01006PR3
02006PR3
03006PR3
03406PR3
03606PR3
04006PR3
05006PR3
06006PR3
07006PR3
08006PR3
09006PR3
10006PR3
11006PR3
12006PR3
13006PR3
14006PR3
15006PR3
16006PR3
17006PR3
18006PR3
19006PR3
20006PR
21006PR
22006PR
23006PR
24006PR
25006PR
01007PR
02007PR
03007PR
04007PR
05007PR
06007PR
07007PR
08007PR
09007PR
10007PR
11007PR
12007PR
13007PR
14007PR
15007PR
16007PR

```

```

WRITE (IMPRF,2) NEST,NOVT,IC1,IC2,CH3,NAUX,NCUX,FUX,DIST,YOR, 17007PR:
! YOP,Y,Y,DESN1,DESN2,DESN,Z 19007PR:
NRENG = NRENG + 1 19007PR:
GO TO (320,330),ISW3 20007PR:
320 WRITE (5,J6) NOVT,Y,Y,Z 21007PR:
330 GO TO (160,335,340),KORD 22007PR:
335 IF (NOVT = NOVF)160,350,160 22507PR:
340 IF (NOVT = NOVF)160,350,160 23007PR:
350 GO TO (360,410,430),KORD 24007PR:
360 GO TO (430,370),ISW3 25007PR:
370 CORR1 = AZ[MF - AZ[KO 01008PR:
ANGHO = ARS(CORR1) 02008PR:
CALL PT011(ANGHO,IC1,IC2,CH3) 03008PR:
WRITE (IMPRF,10) IC1,IC2,CH3 04008PR:
CORR1 = (CORR1/NOLAD) 05008PR:
NRENG = 60 05508PR:
SUMAD = 0.00 05608PR:
IF (NOVF)390,380,390 06008PR:
380 ISW3 = 1 07008PR:
GO TO 400 08008PR:
390 ISW3 = 2 09008PR:
400 KORD = 2 10008PR:
GO TO 150 11008PR:
410 GO TO (430,420),ISW3 12008PR:
420 A = (XF - X) 16008PR:
B = (YF - Y) 17008PR:
C = (ZF - Z) 18008PR:
D = SQRT(A*A + B*B) 19008PR:
CORR2 = A / SUMAD 19208PR:
CORR3 = B / SUMAD 19408PR:
CORR4 = C / SUMAD 19608PR:
F = SUMAD / D 20008PR:
IF (NRENG = 3)424,422,422 20208PR:
422 NRENG = 60 20408PR:
CALL SALT1(NRENG,NHOJA,KORD) 20508PR:
424 WRITE (IMPRF,11) A,B,C,D,F 21008PR:
ISW3 = 1 22008PR:
KORD = 3 23008PR:
NRENG = 60 23508PR:
GO TO 150 24008PR:
430 IF (INTER = 2)490,440,440 25008PR:
440 INTX = INTER = 1 01009PR:
DO 490 I=1,INTX 02009PR:
IF (INTVE(I)-0000)450,490,480 03009PR:
450 J = I + 1 04009PR:
DO 460 J=J,INTER 05009PR:
IF (INTVE(J) - INTVE(I))460,470,460 06009PR:
460 CONTINUE 07009PR:
GO TO 490 08009PR:
470 D1 = ((YINT(I)-YINT(J))*SIN(ASINT(J))-(XINT(I)-XINT(J))*COS(ASINT(09009PR:
J)))/SIN(ASINT(I)-ASINT(J)) 10009PR:
Y = YINT(I) + D1 * SIN(ASINT(I)) 10009PR:
Y = YINT(I) + D1 * COS(ASINT(I)) 12009PR:
Z = ZINT(I) + D1 * (SIN(ADVIN(I))/COS(ADVIN(I)) + 15009PR:
I01 * 0.000000069103402) + APSE(I) 16009PR:
WRITE (5,J6) INTVE(I),Y,Y,Z 17009PR:
D2 = SQRT((XINT(J) - X)**2 + (YINT(J) - Y)**2) 18009PR:
Z = ZINT(J) + D2 * (SIN(ADVIN(J))/COS(ADVIN(J)) + 19009PR:
I02 * 0.000000069103402) + APSE(J) 20009PR:

```

```

WRITE (5,J5) INTVE(J),X,Y,Z                21009999
INTVE(1) = 9999                             22009999
499 CONTINUE                               23009999
499 X=0,00                                   24009999
      Y=0,00                                 25009999
      Z=0,00                                 26009999
      NDV=9999                               27009999
      WRITE (5,I5) NDV,X,Y,Z                28009999
      J5 = 1                                 01019999
      NDENG = 60                             02019999
500 READ (5,I5) NDV,X,Y,Z                   04019999
      IF (NDV = 9999) 510,540,510          05019999
510 IF (NDENG=34) 510,520,520              06019999
520 NHOJA = NHOJA + 1                       07019999
      NDENG = 0                              08019999
      WRITE (IMDRF,12) (COTEN(K),K=1,12), (COSEN(K),K=1,12), (COMEN(K),K=1,12), 10901999
      1,12),NHOJA,(NALPA(K),K=1,50), (NALPA(K),K=1,47), (NALPA(K),K=1,11), 10019999
      2(NALPA(K),K=1,15), (NALPA(K),K=1,15), (NALPA(K),K=1,15) 11019999
530 NDENG = NDENG + 1                       12019999
      WRITE (IMDRF,11) NDV,X,Y,Z           13019999
      GO TO 500                             14019999
540 WRITE (IMDRF,13) (NALPA(K),K=1,58)     15019999
      CALL EXIT                             16019999
      END .                                 17019999

```

FEATURES SUPPORTED
 ONE WORD INTEGERS
 EXTENDED PRECISION
 IQCS

CORE REQUIREMENTS FOR PRO03

COMMON 266 VARIABLES 1208 PROGRAM 2458

END OF COMPILATION

LOC	COD.	LLAVE	NOTAS
0	47	ONS	
1	09	9	
2	42	STO	
3	03	03	
4	69	OP	
5	23	23	
6	91	R/S	
7	44	SIM	
8	02	02	
9	72	STO IND	
0	03	03	
1	97	Dsz	
2	04	4	
3	00	00	
4	09	9	
5	25	CLR	
6	91	R/S	
7	75	-	
8	91	R/S	
9	95	=	
0	42	STO	
1	30	30	
2	71	SER	
3	11	A	
4	76	LBL	
5	11	A	
6	75	-	
7	91	R/S	
8	95	=	
9	85	+	
0	91	R/S	
1	95	=	
2	44	SIM	
3	31	31	
4	61	G/C	
5	00	0	
6	22	22	
7	92	MTN	
8	71	SER	
9	12	P	
0	76	LBL	
1	12	P	
2	03	3	
3	04	4	
4	42	STO	
5	05	05	
6	69	OP	
7	23	23	
8	73	RCL IND	
9	03	03	
0	12	P	
1	43	RCL	
2	33	33	
3	95	=	
4	55	+	
5	43	RCL	
6	02	02	
8	43	RCL	

LOC	COD.	LLAVE	NOTAS
9	31	31	
0	72	STO INL	
1	05	05	
2	92	MTN	
3	91	R/S	
4	00	0	
5	42	STO	
6	31	31	
7	71	SER	
8	13	C	
9	76	LBL	
0	13	C	
1	73	RCL IND	
2	05	05	
3	75	-	
4	43	RCL	
5	35	35	
6	95	=	
7	42	STO	
8	32	32	
9	43	RCL	
0	30	30	
1	75	-	
2	43	RCL	
3	32	32	
4	95	=	
5	42	STO	
6	33	33	
7	25	GER	
8	09	9	
9	42	STO	
0	03	03	
1	25	CLR	
2	03	3	
3	04	4	
4	42	STO	
5	05	05	
6	69	OP	
7	23	23	
8	73	RCL IND	
9	03	03	
0	15	x	
1	43	RCL	
2	33	33	
3	95	=	
4	55	+	
5	43	RCL	
6	02	02	
9	95	=	

LOC	COD.	LLAVE	NOTAS
8	42	STO	
9	05	05	
0	73	RCL IND	
1	05	05	
2	85	+	
3	13	RCL	
4	06	06	
5	05	=	
6	91	R/S	
7	97	Dsz	
8	07	7	
9	00	0	
0	83	83	
1	92	MTN	
2	25	GER	
3	01	1	
4	00	0	
5	00	0	
6	00	0	
7	00	0	
8	00	0	
9	00	0	
0	91	R/S	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

III ESTUDIOS DE LA ZONA DE RIEGO.

1. ESTUDIOS PRELIMINARES.

La información mínima necesaria con que se debe contar para proyectar adecuadamente un sistema de canales, es la siguiente:

- Estudios Topográficos.
- Estudios Agrológicos.
- Régimen de Tenencia de la Tierra.
- Estudios Hidrológicos.

1.1 Estudios Topográficos.- Estos deberán contener planos con curvas de nivel a intervalos que van desde 0.10 m hasta 1.0 m, con el fin de que se puedan apreciar claramente los detalles más importantes de la zona en estudio y de acuerdo a las escalas de planos de proyecto más usadas, que son la 1:500 como mínimo y la 1:5 000 como máximo.

1.2 Estudios Agrológicos.- Contendrán la siguiente información:

Planos de clasificación de suelos, con el fin de seleccionar las mejores áreas por beneficiar.

Planos de tipos de suelos, nos proporcionan información necesaria para calcular las láminas de riego, ley de demandas, recomendaciones sobre los cultivos más adecuados, sistema de drenaje y de lavado de suelos en caso necesario.

Si no se cuenta con la información citada, cuando menos deben tenerse los planos de clasificación de suelos y la textura dominante del suelo.

1.3 Régimen de Tenencia.- Deberá contarse con la información siguiente:

Régimen de Tenencia:

- Ejidal
- Pequeña Propiedad
- Colectiva

Tipo de explotación:

- Parcelaria
- Colectiva

Número de beneficiarios.

1.4 Estudios Hidrológicos.- De los resultados obtenidos de estos estudios, los datos necesarios que se requieran serán en función del tipo de obra de que se trate. Así por ejemplo, se tendrá lo siguiente:

Presas de Almacenamiento y Derivadoras.- Gasto normal de la obra de toma y superficie beneficiada.

Plantas de Bombeo.- Gasto necesario, número de hectáreas que se benefician, capacidad y número de equipos de bombeo.

Pozos.- Gasto de proyecto o real, niveles estático y dinámico y curvas de aforo.

2. PROYECTO.

2.1 Localización de canales principales y secundarios.

Esta etapa del proyecto consiste en realizar varias alternativas del trazo del sistema de canales, a fin de seleccionar la que mejor - cumpla con las necesidades de beneficio del área, dentro de un marco económico razonable, según las perspectivas productivas de la obra. Dichas alternativas se proyectan sobre los planos a escala 1:20 000, los cuales permiten una amplia visión de la zona en estudio y sus características topográficas a efecto de localizar de la manera más conveniente la red de distribución.

Un sistema de riego por gravedad consta de una serie de canales de distintas características, que van de acuerdo al funcionamiento - hidráulico de cada uno de ellos, además de un conjunto de estructuras; los cuales se requieren para conducir el agua de las fuentes de abastecimiento o derivación a todos los puntos de la zona regable. Dicho sistema está formado por el canal principal, los canales laterales, sublaterales, ramales, subramales y las regaderas.

— Canal Principal.- El que domina toda el área servida.

— Canales Laterales.- Son los que abastecen a los sublaterales, además dominan las principales divisiones de la zona.

— Sublaterales.- Las ramificaciones de un canal lateral.

— Ramales.- Son los alimentados por los sublaterales, y que abastecen a las regaderas. Algunas veces es necesario dividir a un ramal en subramales, antes de llegar a las regaderas, las que en todos los casos son las últimas ramificaciones de la red de distribución.

— Canal de conducción.- Aquél que abastece a un sistema de canales, incluyendo el canal principal.

a) Trazo del canal principal y/o de conducción.-

Previamente al trazo de los canales, es aconsejable trazar los avenamientos naturales, con el fin de deslindar áreas y visualizar aquéllas que pueden incorporarse a la que esté proyectada.

La localización de los canales debe hacerse de modo que dominen la mayor superficie posible; en el caso del canal principal, generalmente se realiza siguiendo las curvas de nivel, puesto que es el canal de menor pendiente entre todos los que componen la red. En la localización del canal principal, al hacer el trazo respectivo deben marcarse los puntos donde se requiera construir una estructura, así como considerarse los desniveles necesarios que se prevean para el buen funcionamiento de la estructura proyectada.

b) Trazo de la red de distribución.-

Existen distintos criterios para efectuar el trazo de los canales de distribución, los cuales pueden combinarse a fin de lograr un

proyecto que cumpla las funciones propias de la obra y que además - resulte un costo razonable.

Dichos criterios son los siguientes:

- Según la topografía del terreno, es el procedimiento más - económico; pues los canales se localizan por los parteaguas que dominan hacia ambos lados.
- Respetando el parcelamiento, se realiza siguiendo los linde - ros hasta donde la topografía lo permita, lo que en ocasiones origina que por lo forzado, los costos de construcción, operación y conservación se eleven.
- Reparcelamiento.- Se busca una combinación entre canales y lotes propuestos, con el fin de objetar un número exacto de parcelas tipo. Conviene siempre procurar que esto se lo - gre, ya que de otro modo el proyecto se vuelve muy rígido - desde un principio.

c) Localización de las estructuras.-

Las estructuras que se localizan a lo largo de los canales, se cla - sifican según sus funciones en tres grupos:

- Estructuras de Operación.
- Estructuras de Cruce.
- Estructuras de Protección.

- Estructuras de Operación.- Las represas, las tomas y las estructuras aforadoras.
- Represas.- Estructuras que se construyen con el fin de elevar el nivel del agua, cuando no se conduce el gasto para alimentar a los canales y tomas localizadas aguas arriba de la represa.
- Tomas.- Son las estructuras que nos permiten entregar el agua de un canal a otro (tomas laterales o tomas de canal) o directamente al lote beneficiado (tomas - granja).
- Estructuras aforadoras.- Son las que permiten medir los volúmenes de agua de los canales.
- Estructuras de cruce.- Sifones, alcantarillas, puentes carreteros, de ferrocarril y puentes - canal.
- Estructuras de Protección.- Caídas y Rápidas.
- Caídas.- Estructuras que se realizan para lograr una diferencia considerable entre las cotas de la plantilla del canal en una distancia horizontal muy corta, en los sitios en donde la configuración del terreno no permite dar la pendiente adecuada.
- Rápidas.- Lugares en donde es necesario acelerar el curso del agua, bien sea por las condiciones topográficas o por tratarse de un tramo sin derivaciones.

d) Perfil por el eje del canal.-

Una vez proyectada la localización de la red de conducción y distribución, sobre los planos Esc. 1:20 000 se realiza la ubicación correspondiente en los planos Esc. 1:5 000 para posteriormente obtener el perfil sobre el eje de cada uno de los canales, mismo que se obtiene midiendo las distancias horizontales sobre el eje a cada 20 m y observando o interpolando su correspondiente elevación, a fin de obtener para cada punto, un par de valores, los cuales se sitúan en un sistema de ejes ortogonales, en cuya horizontal se ubican los cadenamientos a una escala de 1:5 000 y en la vertical las elevaciones a una escala de 1:100, con el fin de apreciar los accidentes topográficos con más claridad.

2.2 Cálculo Hidráulico.

a) Generalidades.-

Independientemente del trazado en planta, se tiene que proyectar el perfil longitudinal con las rasantes de la plantilla en función de las pendientes, partiendo de la ecuación de Bernoulli y con auxilio de la ecuación de Manning, cuyas expresiones son:

$$\text{Ecuación de Bernoulli: } z + d + h_v + h_f = H \quad \text{----- (11)}$$

Donde:

z = Cota o elevación de la plantilla

d = Tirante del canal

h_v = Carga de velocidad (= $v^2/2g$)

h_f = Suma de pérdidas de carga

H = Altura o carga total de la ²superficie libre del agua

Mediante esta expresión, es posible trazar el gradiente o ley de variación de la energía específica (energía de cada kilogramo de agua que fluye por la sección del canal en estudio), tomando en cuenta - las pérdidas de carga de toda índole que se producen en los "acci--dentes" del canal; a saber:

Por Cambio de Sección

Por Cambio de Pendiente y Velocidad

Por Cambio de Dirección (curvas)

Por Vertido o Limitación

Estos accidentes, pueden producir:

Resaltos y

Remansos

Ecuación de Manning: $V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$ ----- (12)

La cual será explicada más adelante en todos sus términos.

Esta fórmula tiene como primera ventaja, la de contener una auténtica constante de rugosidad, $\frac{1}{n}$, independiente de la sección, variable según el material de que se trate.

La segunda ventaja, cuando se trata de secciones - tipo semejantes, pero de distinta amplitud, sea lo que fuere, es que resulta suficiente calcular geométricamente la sección cuyo ancho máximo sea b , para obtener en forma rápida y precisa los demás elementos geométricos de la sección adecuada.

De lo anterior se desprende la tercera ventaja de la fórmula citada, la cual consiste en que tomando como base o longitud unitaria - el ancho de plantilla b , se obtiene la sección que, aún siendo de - distinta forma geométrica, más se adapte a las necesidades de la - obra.

b) Secciones propuestas.-

- Secciones Rectas (rectangulares y trapeziales).
- Secciones Circulares.
- Secciones Compuestas.
- Secciones Parabólicas, adaptadas a cauces naturales.

La selección de una forma determinada de sección hidráulica de un canal, depende del tipo de canal por construir, así: la sección trapezoidal es muy común en canales sin revestir (regaderas), y revestidos para conducción principal, la rectangular en canales revestidos con materiales estables como concreto, mampostería, madera, etc., - la sección triangular en canales pequeños y las circulares, como en alcantarillas y en canaletas prefabricadas.

c) Geometría de las Secciones Transversales de Canales de Riego.-

La sección transversal de un canal natural es generalmente de forma muy irregular y varía constantemente de un lugar a otro, no así los canales artificiales, los cuales usualmente se diseñan con formas geométricas regulares, siendo las más comunes la trapecial, la rectangular, la triangular y la circular, como antes se dijo, y en algunos casos como combinación de ellas.

Los elementos geométricos más importantes de la sección transversal de un canal, son los siguientes:

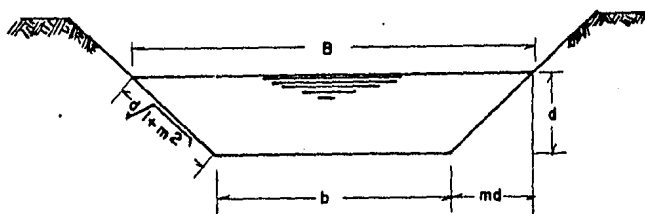


FIG. 9

- "d": Tirante normal del agua, es la altura máxima de la sección ocupada por el agua, el cual tiene unidades de longitud.
- "b": Ancho de plantilla o solera del canal, es el ancho total que ocupa el agua en contacto con la horizontal.
- "B": Ancho de la superficie libre, ancho de la superficie del agua en contacto con la atmósfera.
- "A": Área hidráulica, área total de la sección transversal ocupada por el agua, de la figura se obtiene:

$$A = bd + md^2 \text{ ----- (13)}$$

"m": Relación entre la proyección horizontal y vertical de la pared lateral del canal, o simplemente Talud del canal, es decir un talud 1.5:1 significa que la proyección horizontal de la pared lateral del canal es 1.5 veces mayor que la vertical.

"P": Perímetro mojado.- Longitud total de la frontera de contacto entre el agua y las paredes del canal, evidentemente sin incluir el ancho de la superficie libre del agua, de la figura:

$$P = b + 2d \sqrt{1 + m^2} \text{ ----- (14)}$$

La relación entre los dos elementos anteriores (en el mismo orden), es denominada:

"r": Radio hidráulico de la sección del canal

$$r = \frac{A}{P} = \frac{bd + md^2}{b + 2d \sqrt{1 + m^2}} \text{ ----- (15)}$$

La anterior relación fue introducida por el investigador Manning, al analizar diferentes secciones y obtener la fórmula que lleva su nombre, misma que enseguida se aplicará para el cálculo de canales.

d) Capacidad hidráulica de los canales.-

La capacidad hidráulica de los canales se mide por el volumen de agua que atraviesa por la sección del canal en la unidad de tiempo, y al cual se le denomina caudal o gasto hidráulico y se expresa me-

dante la ecuación siguiente:

$$Q = A.v \text{ ----- (16)}$$

Q = Gasto hidráulico en m³/s o l.p.s.

A = Area hidráulica del canal en m².

v = Velocidad del agua en m/s

Velocidad del agua en canales.-

Manning obtuvo una expresión para determinar la velocidad del agua en canales, la cual es:

$$v = \frac{1}{n} r^{2/3} s^{1/2} \text{ ----- (17)}$$

v = Velocidad del agua en canales en m/s

n = Coeficiente de rugosidad de las paredes del canal, llamado - también coeficiente de Manning, sin dimensiones.

r = Radio hidráulico del canal, anteriormente explicado.

s = Pendiente longitudinal del canal en m/m o en %

Aún cuando la expresión contiene exponentes fraccionarios, no representa ningún problema en el cálculo con la utilización de calculadoras electrónicas, cuyo uso se ha generalizado en todas las ramas de la ingeniería. El ejemplo de aplicación será resuelto por este método.

e) Cálculo de la sección de canal más conveniente.-

Quando se trata de proyectar un canal para conducir cierta cantidad

de agua, conviene tener en cuenta que el volumen de tierras movido debe ser el menor posible, además; la sección transversal elegida - entre otras, debe ser la que conduzca el agua lo más eficientemente posible.

La condición de máxima eficiencia en canales, es la de la sección - cuyo radio hidráulico equivale a la mitad del tirante del canal, es decir:

$$r = \frac{d}{2} \text{ ----- (18)}$$

e.1 Tabla de ayuda para el diseño de canales.-

La tabla siguiente, proporciona el coeficiente de rugosidad y el talud recomendable para algunos materiales de revestimiento de canales.

SUPERFICIE DE REVESTIMIENTO	COEFICIENTE "n"	TALUD m
Concreto simple	0.017	1.0 a 1.5
Tabique vidriado o ladrillo	0.013	0 (Canal rectangular)
Mortero de Cemento	0.015	2
Tierra lisa y uniforme	0.025	1.5 a 2.0
Canales de tierra dragados	0.030	1.5 a 2.0
Tablas aplanadas	0.012	0
Cemento pulido	0.012	1.5
Tabique común juntado con mortero de cemento	0.014	0
Acero en espiral	0.016	Circular preferentemente

SUPERFICIE DE REVESTIMIENTO	COEFICIENTE "n"	TALUD m
Acero acanalado transversal- mente	0.035	Circular preferentemente
Acero liso y acanalado lon- gitudinalmente	0.014	Circular preferentemente

e.2 Ejemplo de aplicación.-

Un pozo arroja un gasto de 60 l.p.s. ($0.06 \text{ m}^3/\text{s}$) y la pen-
diente permisible para construir el canal revestido de con-
creto ($n = 0.017$) es de 0.001 y cuyas paredes tendrán un -
talud de 1:1. Obtener las dimensiones del canal.

Proponiendo $b = 0.20 \text{ m}$, $d = 0.25 \text{ m}$ y recordando la condi- -
ción de máxima eficiencia $r = \frac{d}{2} = \frac{0.25}{2} = 0.125$

$$\text{Velocidad: } V = \frac{1}{0.017} (0.125)^{2/3} (0.001)^{1/2} = 0.05 \text{ m/s}$$

$$\text{Area: } A = (0.20) (0.25) + 1 (0.25)^2 = 0.12 \text{ m}^2$$

$$\text{Gasto: } Q = (0.12 \text{ m}^2) (0.5 \text{ m/s}) = 0.06$$

que es la capacidad que necesitamos.

f) Regímenes de escurrimiento.-

f.1 Energía específica.- Energía de cada kilogramo de agua que
fluye por la sección del canal en estudio.

Si se conocen los elementos siguientes de una sección:

d : Tirante del agua

v : Velocidad del agua

s : Pendiente del canal, y

E_s : Energía específica

Es posible conocer la índole de regímenes de un canal y, en consecuencia, se puede definir el régimen crítico como - aquél en que la energía específica es:

$$E_s = d = \frac{v^2}{2g} \text{ ----- (19)}$$

Donde $\frac{v^2}{2g} = h$ es la carga debida a la velocidad del agua en el canal, es mínima para idénticos: caudal y sección. En la tabla siguiente se resume lo antes dicho.

REGIMENES					
FLUVIAL (Subcrítico)		CRITICO		TORRENCIAL (Supercrítico)	
df	>	dc	>	dt	
vf	<	vc	<	vt	
sf	<	sc	<	st	
Esf	>	Esc	<	Est	

f.2 Régimen Fluvial.- Es lento, adecuado para canales principales.

f.3 Régimen Crítico.- Es inestable, en relación con el tramo de canal en estudio, debe evitarse en todo momento.

Sin embargo, es muy preciso para el cálculo de las "Secciones de Control", es decir, los tramos de localización de posibles cambios de régimen, tales como los que provoca la colocación de tomas, una estación de aforo, etc., para lo que.

normalmente se produce artificialmente.

f.4 Régimen Torrencial.- Es rápido, pero perfectamente estable, puede usarse en canales de distribución.

f.5 Curva característica de Variación de la Energía Específica.- La obtención de esta curva, permite determinar el tirante crítico y la zona de igual energía, definida ésta, por el intervalo siguiente:

$$d_c - 10\% < d < d_c + 10\%$$

Ejemplo:

Datos de Cálculo

Canal Trapecial

$$Q = 0.060 \text{ m}^3/\text{s} \quad (60 \text{ lps})$$

$$b = 0.20 \text{ m}$$

$$m = 1.00 \text{ (taludes 1:1)}$$

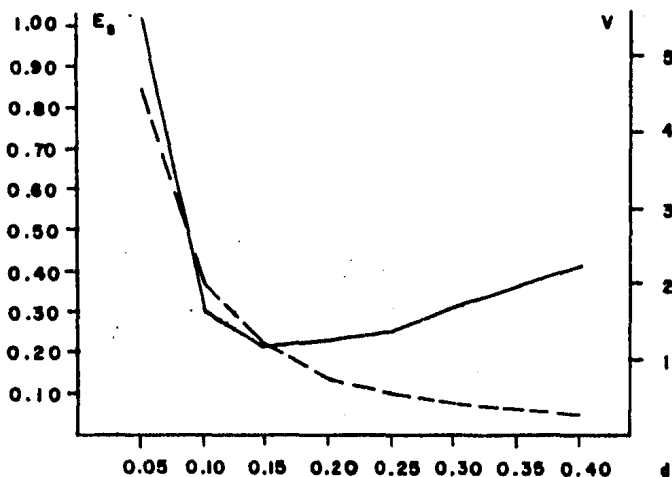
Proponiendo distintos tirantes, se obtiene en forma tabular

lo siguiente:

$\frac{d}{\text{(m)}}$	$bd + md^2 = A$ $\text{(m}^2\text{)}$	$Q/A = V$ (m/s)	$V^2/2g = h$ (m)	$d + h = E_s$ (m)	
0.05	0.013	4.61	1.080	1.135	Rt
0.10	0.030	2.00	0.204	0.304	
0.15	0.052	1.15	0.067	0.218	Rc
0.20	0.080	0.75	0.028	0.228	
0.25	0.112	0.53	0.014	0.264	
0.30	0.150	0.40	0.008	0.308	Rf
0.35	0.192	0.31	0.005	0.355	
0.40	0.240	0.25	0.003	0.403	

FIG. 10

Curva característica de variación de la energía específica y de la velocidad del agua en canales, en función del tirante del agua.



En la figura se visualiza la variación de la velocidad y la energía específica en función del tirante del agua, y de cuya figura se observa lo siguiente:

- El tirante del régimen crítico es de 0.15 m, y la velocidad crítica es de 1.15 m/s, debido a que la energía específica es menor que en cualquier otro punto.
- La zona de igual energía, va de 0.13 a 0.17 m, misma que por ser inestable se debe evitar.
- Observan régimen torrencial aquellos canales cuya pendiente proporcione tirante de 0.13 como máximo.
- Tienen régimen fluvial los canales con pendiente que proporcione tirantes por encima de 0.17 m.

Lo anteriormente expuesto, indica lo indispensable que resulta saber si el régimen de cada tramo en estudio es decididamente torrencial o fluvial, puesto que ha de evitarse - la zona de igual energía, o zona de influencia del régimen crítico, a fin de que el tirante del canal sea uniforme en todo el tramo estudiado. Para saber lo anterior, se hace - un breve estudio.

f.6 Estudio del Régimen Crítico.-

Definición.

El tirante o altura del agua en régimen crítico vale, conocidos el gasto y el ancho de plantilla de un canal rectangular:

$$d_c = \frac{Q^2}{b^2 g}^{1/3} \text{ ----- (20)}$$

donde: $Q = k_c \cdot b^{5/2}$

Siendo k_c una serie de factores que depende de la relación que existe entre el tirante y la plantilla del canal en un tramo en estudio. La obtención del tirante crítico, para otro tipo de secciones, a pesar de ser más compleja, se simplifica gracias a los ábacos anexos, los cuales contienen - los factores de cálculo siguientes:

f.7 Factor de Sección.- El área hidráulica de un canal es:

$$A = bd + md^2, \text{ si } A = \frac{d}{b} \text{ se tiene}$$

$$A = b (Ab) + m (Ab)^2$$

$$= (A + mA^2) b^2$$

$$A = k_A \cdot b^2 \text{ donde } k_A = A + mA^2 \text{ (ks en los ábacos)}$$

NOTA: En los ábacos aparece ks en lugar de k_A , e i en lugar de s.

Con la misma secuela, se obtienen los factores restantes, - los cuales se resumen como sigue:

$$\text{Area Hidráulica: } A = k_A \cdot b^2 \quad ; \quad k_A = A + mA^2$$

$$\text{Perímetro Mojado: } P = k_p \cdot b \quad ; \quad k_p = 1 + zA \quad 1 + m^2$$

$$\text{Radio Hidráulico: } r = k_r \cdot b \quad ; \quad k_r = \frac{k_A}{k_p}$$

$$\text{Velocidad: } V = \frac{1}{h} k_v \cdot b^{2/3} \cdot s^{1/2} \quad ; \quad k_v = k_r^{2/3}$$

$$\text{Gasto: } Q = \frac{1}{h} \cdot k_q \cdot b^{8/3} \cdot s^{1/2} \quad k_q = k_A \cdot k_v$$

$$\text{Pendiente: } S = \frac{Q \cdot n^2}{k_q \cdot b^{8/3}} \quad (= i \text{ en los ábacos})$$

$$\text{Ancho de Plantilla: } b = \frac{Q \cdot n^{3/8}}{k_q \cdot s^{1/2}}$$

$$\text{Tirante: } d = A \cdot b$$

$$\text{Tirante Crítico: } d_c = A_c \cdot b$$

Ejemplo Numérico.-

La aplicación de lo anterior, así como la fuerza del mismo se pondrá en evidencia al obtener las condiciones críticas del canal, resuelto con la fórmula de Manning, cuyos datos de cálculo son:

$$Q = 0.060 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (60 lps)}$$

$$s = 0.001$$

$$n = 0.017$$

$$m = 1.00$$

Obtención de k_q .-

$$k_q = \frac{Q \cdot n}{b^{8/3} \cdot s^{1/2}} = \frac{0.060 \times 0.017}{0.0137 \times 0.0316} = 2.35$$

con $k_q = 2.35$ se obtienen:

$$A = 1.35$$

$$k_A = 3.10$$

$$k_V = 0.76$$

con lo que sigue:

$$d = A \cdot b = 1.35 \times 0.20$$

$$= 0.27 \text{ m}$$

$$A = k_A \cdot b^2 = 3.10 \times 0.20^2$$

$$= 0.125 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.060}{0.125} = 0.48 \text{ m/s}$$

$$k_c = \frac{Q}{b^{5/2}} = 3.35$$

$$A_c = 0.80$$

$$k_q = 0.82$$

Finalmente:

Tirante Crítico.-

$$d_c = A_c \cdot b = 0.80 \times 0.20 = 0.16 \text{ m}$$

(Régimen
Fluvial)

Pendiente Crítica.-

$$S_c = \frac{Q \cdot n^2}{k_q \cdot b^{8/3}} = 0.008$$

PROGRAMA PARA REALIZAR EL CALCULO HIDRAULICO
DE LA SECCION TRANSVERSAL DE UN CANAL

000	42	STD	050	69	DP	100	00	0
001	06	06	051	04	04	101	03	3
002	91	R/S	052	43	RCL	102	69	DP
003	42	STD	053	00	00	103	04	04
004	07	07	054	69	DP	104	43	RCL
005	43	RCL	055	06	06	105	04	04
006	06	06	056	03	3	106	69	DP
007	55	÷	057	01	1	107	06	06
008	43	RCL	058	69	DP	108	04	4
009	07	07	059	04	04	109	02	2
010	95	=	060	43	RCL	110	69	DP
011	42	STD	061	01	01	111	04	04
012	02	02	062	69	DP	112	43	RCL
013	45	YX	063	06	06	113	05	05
014	53	(	064	01	1	114	58	FIX
015	02	2	065	03	3	115	03	03
016	55	÷	066	69	DP	116	69	DP
017	03	3	067	04	04	117	06	06
018	54	)	068	43	RCL	118	22	INV
019	95	=	069	06	06	119	58	FIX
020	42	STD	070	69	DP	120	03	3
021	03	03	071	06	06	121	04	4
022	43	RCL	072	03	3	122	69	DP
023	00	00	073	03	3	123	04	04
024	34	FX	074	69	DP	124	43	RCL
025	95	=	075	04	04	125	10	10
026	42	STD	076	43	RCL	126	58	FIX
027	04	04	077	07	07	127	03	03
028	43	RCL	078	69	DP	128	69	DP
029	03	03	079	06	06	129	06	06
030	65	x	080	03	3	130	98	ADV
031	43	RCL	081	05	5	131	98	ADV
032	04	04	082	00	0	132	22	INV
033	95	=	083	03	3	133	58	FIX
034	55	÷	084	06	6	134	91	R/S
035	43	RCL	085	03	3	135	81	RST
036	01	01	086	00	0	136	00	0
037	95	=	087	04	4	137	00	0
038	42	STD	088	69	DP			
039	05	05	089	04	04			
040	43	RCL	090	43	RCL			
041	05	05	091	03	03			
042	65	x	092	69	DP			
043	43	RCL	093	06	06			
044	06	06	094	03	3			
045	95	=	095	06	6			
046	42	STD	096	00	0			
047	10	10	097	02	2			
048	03	3	098	06	6			
049	06	6	099	03	3			

EJEMPLO DE CALCULO

0.0002	S
0.03	N
450.	A
450.	P
1.	R2/3
.0141421356	S1/2
0.471	V
212.132	Q

0.0002	S
0.03	N
50.	A
12.	P
2.589360422	R2/3
.0141421356	S1/2
1.221	V
61.032	Q

0.0002	S
0.03	N
795.2	A
185.5	P
2.638892132	R2/3
.0141421356	S1/2
1.244	V
989.217	Q

2.3 Volúmenes de terracería.

a) Rasantes.-

El proyecto de rasantes se realiza sobre el perfil longitudinal del canal, trazando Líneas con la pendiente adecuada a cada tipo de sección y a la vez tratando de compensar los cortes con los terraplenes a fin de tener volúmenes de acarreo mínimos. Cuando las condiciones topográficas del terreno no permiten dar la pendiente requerida a la rasante y para evitar que las cantidades de corte y terraplén se eleven al tratar de conservarla, es necesario proyectar caídas, es decir, estructuras que permiten iniciar un nuevo tramo con la pendiente necesaria. (Fig. 11).

Siguiendo la misma secuencia se proyectan distintas alternativas, a fin de seleccionar la mejor.

Una vez que se tiene el proyecto de rasantes, se procede a marcar los sitios en donde es necesario construir alguna estructura, mismos que fueron localizados durante la etapa de proyecto del trazado de los canales.

b) Secciones transversales.-

Las secciones transversales son perfiles a lo largo de una línea perpendicular al eje, tomadas a cada 20 m y con una longitud a uno y otro lado, suficiente para alojar la sección de canal propuesta.

para ese tramo. Cada sección transversal se dibuja sobre papel milimétrico. El perfil del terreno se dibuja de acuerdo con las observaciones de distancia horizontal y elevación tomadas de los planos que contienen el trazo en planta de los canales, y la sección tipo se sitúa con ayuda de las cotas de rasante tomadas del perfil sobre el eje del canal, teniéndose entonces secciones en corte (sobre terreno natural) y secciones de excavación en terraplén compactado o bien mixtas. (Ver Figs. 12, 13 y 14).

c) Cálculo de volúmenes de terracerías.-

Esta parte del proyecto consiste en obtener las cantidades en m^3 de los distintos tipos de material que es necesario remover, excavar, compactar, etc., para alojar la sección tipo proyectada para un canal en particular, y posteriormente cuantificarlos en general para toda la red.

Los tipos de terracerías considerados en el cálculo de volúmenes son los siguientes:

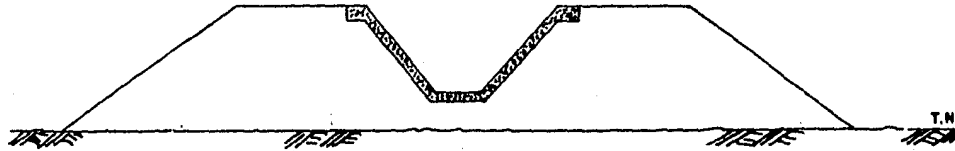
- Excavación en cubeta.
- Excavación en tajo.
- Terraplén compactado.
- Terraplén semicompactado.

La obtención de volúmenes se realiza siguiendo el método de prismas de sección trapecial, el cual consiste en lo siguiente:

TIPOS DE SECCION

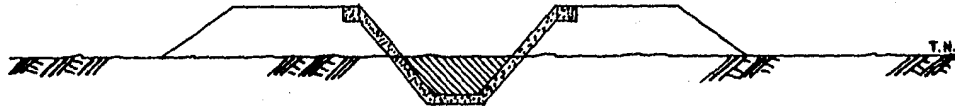
TERRAPLEN

FIG. 12



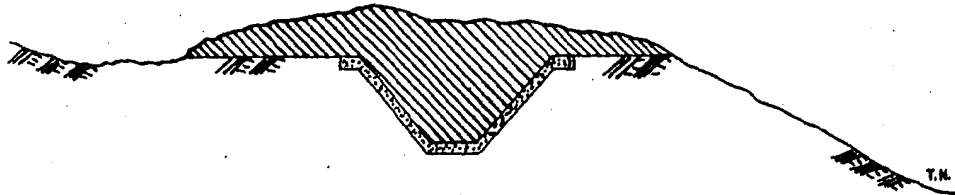
CORTE Y TERRAPLEN

FIG. 13



CORTE

FIG. 14



Para calcular el volumen de un prisma.-

- Calcular las áreas de dos secciones transversales consecutivas A_1 y A_2 .

$$A_1 = bd + md^2$$

- Promediar dichas áreas.

$$A_p = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

- Multiplicar el área promedio por la distancia horizontal entre las secciones A_1 y A_2 (20 m).

$$\text{Vol} = A_p \times d.\text{hor.}$$

Posteriormente se suman los volúmenes de los prismas que se forman a lo largo del canal, teniendo el cuidado de considerar por separado, aquéllos que provienen de excavación en terraplén compactado y excavación en terreno natural.

Este cálculo se simplifica con el uso generalizado de las calculadoras programables, las cuales tienen la capacidad suficiente para aceptar la cantidad de instrucciones necesarias para realizar éste y otros cálculos en las distintas etapas del proyecto.

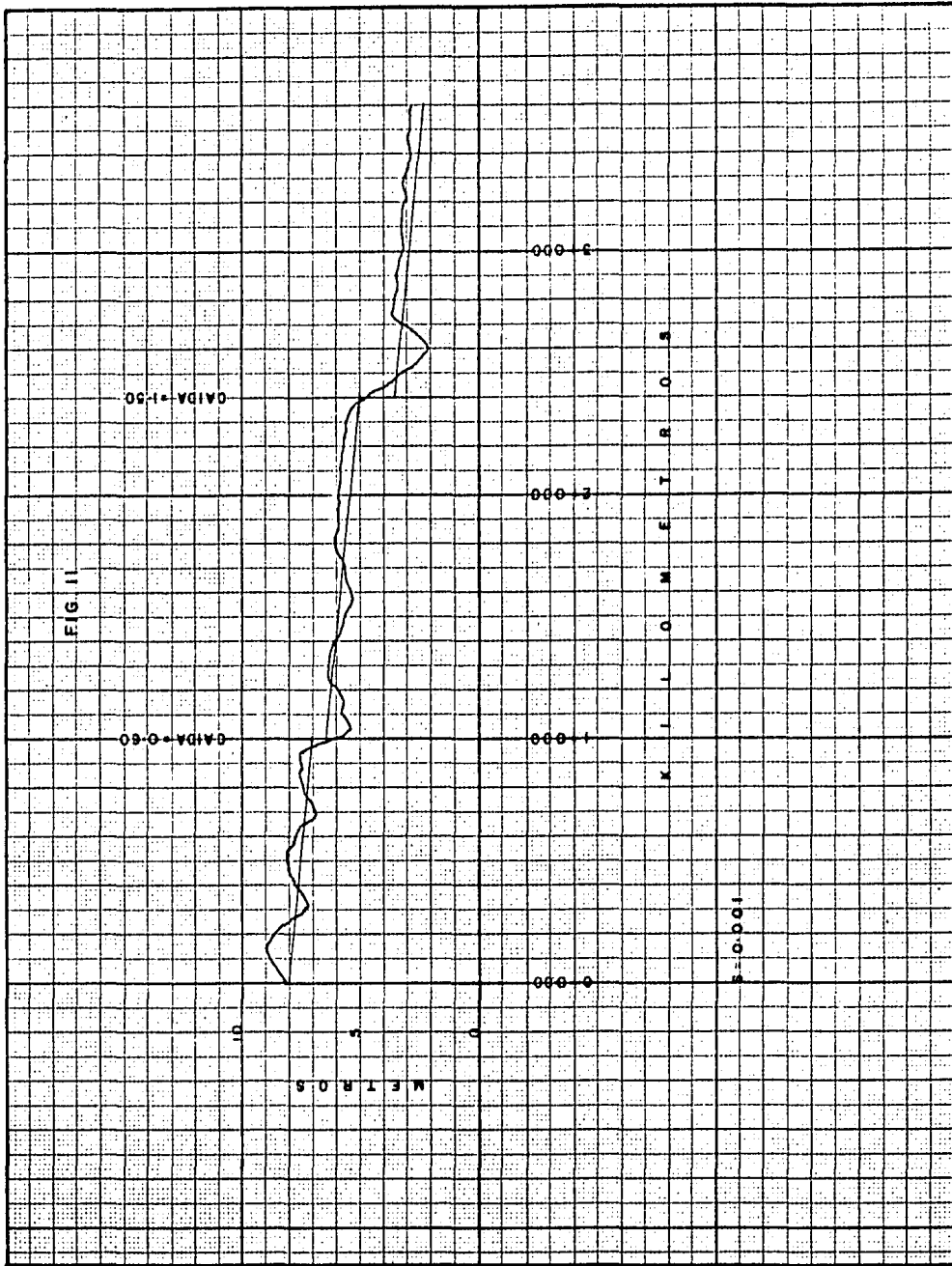
A continuación se presenta un programa mediante el cual se obtienen los volúmenes de excavación y terraplenes en canales de sección trapezoidal; los datos de partida para el funcionamiento del mismo son: (Ver Figs. 15 a 18).

___ ST Sección tipo

___ B	Base
___ S	Pendiente
___ D	Tirante
___ BL	Bordo libre
___ SB	Sobre bordo
___ HR	Hombro
___ e	Espesor del revestimiento
___ TC	Ancho de la corona del terraplén compactado a ambos lados del canal
___ T' y T''	Ancho de la corona del terraplén semicompactado a ambos lados del canal
___ T	Talud de la excavación en tajo

Los datos necesarios para iniciar el cálculo son:

- Elevación y cadenamiento de la rasante.
- Elevación y cadenamiento del terreno natural a cada 20 m - y/o puntos de cambio importante de pendiente.
- Cadenamiento de los puntos de corte "cero", es decir, en donde el terreno natural tiene la misma elevación de la rasante.



LOC	COD.	LLAVE	NOTAS	LOC	COD.	LLAVE	NOTAS	LOC	COD.	LLAVE	NOTAS
0	42	STO		9	71	SPH		8	07	07	
1	30	30		0	85	+		9	95	=	
2	98	ADY		1	75	-		0	42	STO	
3	58	FIY		2	43	RCL		1	34	34	
4	02	02		3	33	33		2	71	SBR	
5	43	RCL		4	95	=		3	05	+	
6	30	30		5	92	RTN		4	05	+	
7	99	RFP		6	76	LBL		5	43	RCL	
8	91	R/S		7	35	1/X		6	07	07	
9	42	STO		8	71	SBR		7	95	=	
0	12	12		9	85	+		8	42	STO	
1	99	RFP		0	85	+		9	35	35	
2	03	3		1	43	RCL		0	71	SBR	
3	06	6		2	05	05		1	19	D'	
4	69	CP		3	95	=		2	92	RTN	
5	04	04		4	92	RTN		3	76	LBL	
6	91	R/S		5	76	LPL		4	42	STO	
7	42	STO		6	55	+		5	43	RCL	
8	29	29		7	71	SBR		6	09	09	
9	58	PIX		8	35	1/X		7	42	STO	
0	06	06		9	75	-		8	34	34	
1	99	RFP		0	43	RCL		9	71	SBR	
2	58	PIX		1	33	33		0	95	=	
3	02	02		2	95	=		1	42	STO	
4	91	R/S		3	92	RTN		2	35	35	
5	76	LBL		4	76	LBL		3	71	SBR	
6	16	A'		5	75	x		4	19	D'	
7	69	CP		6	71	SBR		5	92	RTN	
8	94	+/-		7	85	+		6	76	LBL	
9	44	RTN		8	65	x		7	19	D'	
0	12	12		9	02	3		8	01	1	
1	01	1		0	65	=		9	95	=	
2	00	0		1	85	+		0	05	5	
3	46	RTN		2	43	RCL		1	65	x	
4	30	30		3	06	06		2	43	RCL	
5	43	RCL		4	85	+		3	35	35	
6	12	12		5	43	RCL		4	95	=	
7	91	R/S		6	04	04		5	85	+	
8	76	LBL		7	85	+		6	43	RCL	
9	85	+		8	43	RCL		7	34	34	
0	43	RCL		9	02	02		8	95	=	
1	03	03		0	35	=		9	65	x	
2	85	+		1	92	RTN					
3	43	RCL		2	76	LBL					
4	04	04		3	43	RCL					
5	95	=		4	43	RCL					
6	92	RTN		5	02	02					
7	76	LBL		6	85	+					
8	95	=		9	43	RCL					

FORMA DE CODIFICACION PROGRAMADOR HILBERTO E. CASTILLO G. FECHA JUN/85

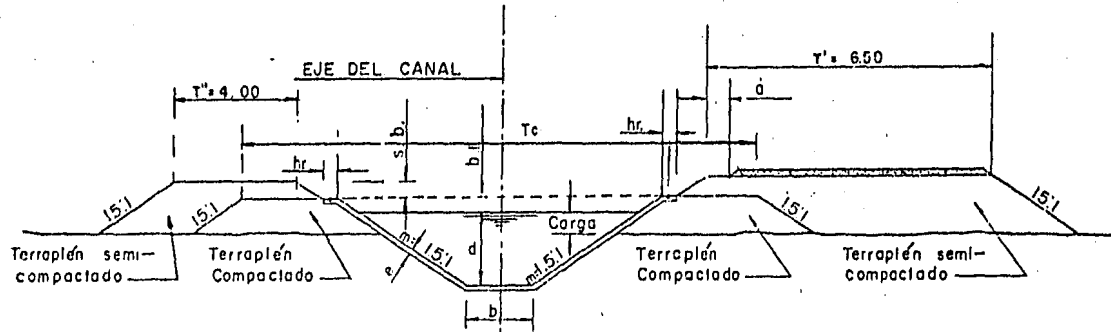
LOC	COD.	LLAVE	NOTAS	LOC	COD.	LLAVE	NOTAS	LOC	COD.	LLAVE	NOTAS
0	44	SUM		9	95	=		8	22	SPR	
1	39	39		0	22	INV		9	44	34	
2	92	KTW		1	44	SPR		0	71	SPR	
3	76	LFL		2	12	12		1	65	+	
4	14	D		3	01	1		2	94	1/-	
5	01	1		4	07	7		3	42	SPC	
6	03	3		5	03	3		4	25	45	
7	42	STC		6	07	7		5	65	x	
8	36	3C		7	69	OP		6	43	ROL	
9	01	1		8	04	04		7	09	09	
0	07	7		9	91	R/S		8	95	=	
1	42	STC		0	42	STC		9	65	+	
2	37	37		1	33	33		0	43	ROL	
3	02	2		2	69	OP		1	34	34	
4	01	1		3	06	06		2	95	=	
5	42	STC		4	15	-		3	65	x	
6	39	39		5	43	ROL		4	43	ROL	
7	02	2		6	12	12		5	35	35	
8	05	5		7	95	=		6	95	=	
9	42	STC		8	42	STC		7	42	STC	
0	39	39		9	34	34		8	31	31	
1	92	KTW		0	32	KAT		9	71	SPR	
2	76	LFL		1	71	SPR		0	65	x	
3	14	D		2	14	D		1	42	STC	
4	49	SKD		3	71	SPR		2	34	34	
5	30	30		4	35	1/x		3	43	ROL	
6	42	STC		5	77	DB		4	05	05	
7	32	32		6	04	04		5	42	STC	
8	75	-		7	22	22		6	35	35	
9	43	ROL		8	71	SPR		7	71	SPR	
0	30	30		9	43	ROL		8	19	19	
1	95	=		0	71	SPR		9	65	x	
2	94	1/-		1	10	10		0	43	ROL	
3	42	STC		2	71	SPR		1	31	31	
4	02	2		3	65	x		2	95	=	
5	02	2		4	95	-		3	71	SPR	
6	06	6		5	43	(		4	10	10	
7	69	OP		6	04	3		5	05	05	
8	04	04		7	65	x		6	71	SPR	
9	95	ADV		8	43	ROL		7	10	10	
0	43	ROL		9	05	05		8	25	05	
1	30	30		0	54	)		9	71	SPR	
2	69	OP		1	65	+					
3	06	06		2	43	ROL					
4	43	ROL		3	10	10					
5	29	29		4	65	+					
6	65	x		5	43	ROL					
7	43	ROL		6	11	11					
8	00	00		9	95	=					

FORMA DE CODIFICACION PROGRAMADOR HUMBERTO F. CASTILLO Q. FECHA JUN/85

LOC	COD.	LLAVE	NOTAS	LOC	COD.	LLAVE	NOTAS	LOC	COD.	LLAVE	NOTAS
0	10	3'		9	71	SBR		8	35	35	
1	91	R/S		0	10	3'		9	71	SBR	
2	71	SBR		1	91	R/S		0	19	D'	
3	65	+		2	29	CF		1	85	+	
4	77	GE		3	43	RCL		2	43	RCL	
5	04	04		4	33	33		3	13	13	
6	72	72		5	77	GE		4	95	=	
7	71	SBR		6	05	05		5	42	STO	
8	43	RCL		7	37	37		6	31	31	
9	71	SBR		8	01	1		7	71	SBR	
0	10	3'		9	01	1		8	43	RCL	
1	71	SBR		0	32	X:T		9	94	+/-	
2	65	x		1	43	RCL		0	85	+	
3	42	STO		2	01	01		1	43	RCL	
4	34	34		3	77	GE		2	31	31	
5	71	SBR		4	04	04		3	95	=	
6	95	=		5	89	89		4	71	SBR	
7	94	+/-		6	71	SBR		5	17	B'	
8	42	STC		7	1R	C'		6	91	R/S	
9	35	35		8	91	R/S		7	01	1	
0	71	SBR		9	71	SBR		8	01	1	
1	19	D'		0	85	+		9	32	X:T	
2	71	SBR		1	71	SBR		0	43	RCL	
3	10	3'		2	10	3'		1	01	01	
4	25	CLR		3	25	CLR		2	77	GE	
5	71	SBR		4	71	SBR		3	05	05	
6	10	3'		5	10	3'		4	48	48	
7	43	RCL		6	71	SBR		5	71	SBR	
8	10	10		7	85	+		6	18	C'	
9	42	STC		8	65	x		7	91	R/S	
0	34	34		9	03	3		8	43	RCL	
1	71	SBR		0	95	=		9	02	02	
2	55	÷		1	85	+		0	85	+	
3	42	STO		2	43	RCL		1	43	RCL	
4	35	35		3	08	08		2	07	07	
5	71	SBR		4	85	+		3	95	=	
6	19	D'		5	43	RCL		4	42	STO	
7	42	STO		6	08	08		5	34	34	
8	31	31		7	85	+		6	43	RCL	
9	43	RCL		8	43	RCL		7	33	33	
0	11	11		9	02	02		8	85	+	
1	42	STO		0	75	-		9	43	RCL	
2	34	34		1	01	1					
3	71	SBR		2	95	=					
4	19	D'		3	42	STO					
5	85	+		4	34	34					
6	43	RCL		5	71	SBR					
7	31	31		6	95	=					
8	95	=		9	42	STO					

LOC	COD.	LLAVE	NOTAS	LOC	COD.	LLAVE	NOTAS	LOC	COD.	LLAVE	NOTAS
0	07	07		9	72	STO IND		8			
1	95	=		0	36	36		9			
2	42	STO		1	73	RCL IND		0			
3	35	35		2	38	3E		1			
4	71	SBR		3	22	INV		2			
5	19	D'		4	74	SUM IND		3			
6	42	STO		5	39	39		4			
7	31	31		6	71	SBR		5			
8	71	SPR		7	15	E		6			
9	95	=		8	43	RCL		7			
0	85	+		9	36	36		8			
1	43	RCL		0	32	X+T		9			
2	31	31		1	01	1		0			
3	95	=		2	06	6		1			
4	71	SBR		3	77	GE		2			
5	10	E'		4	06	06		3			
6	25	CLR		5	07	07		4			
7	71	SBR		6	43	RCL		5			
8	10	E'		7	29	29		6			
9	71	SPR		8	65	x		7			
0	42	STO		9	43	RCL		8			
1	65	x		0	00	00		9			
2	02	2		1	95	=		0			
3	95	=		2	44	SUM		1			
4	71	SBR		3	12	12		2			
5	17	F'		4	43	RCL		3			
6	91	R/S		5	32	32		4			
7	76	LPL		6	42	STO		5			
8	13	C		7	30	30		6			
9	69	CF		8	91	R/S		7			
0	00	00		9	00	0		8			
1	01	1		0				9			
2	05	5		1				0			
3	03	3		2				1			
4	02	2		3				2			
5	03	3		4				3			
6	05	5		5				4			
7	03	3		6				5			
8	05	5		7				6			
9	04	4		8				7			
0	00	0		9				8			
1	69	CF		0				9			
2	02	02		1							
3	69	CF		2							
4	05	05		3							
5	71	SBR		4							
6	14	D		5							
7	73	RCL IND		6							
8	37	37		7							

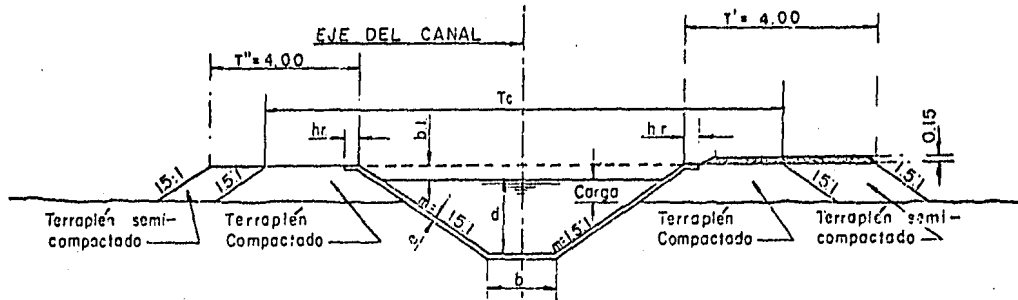
FIG. 15



SECCION NORMAL DE CANAL PRINCIPAL

ST de 1 a 10

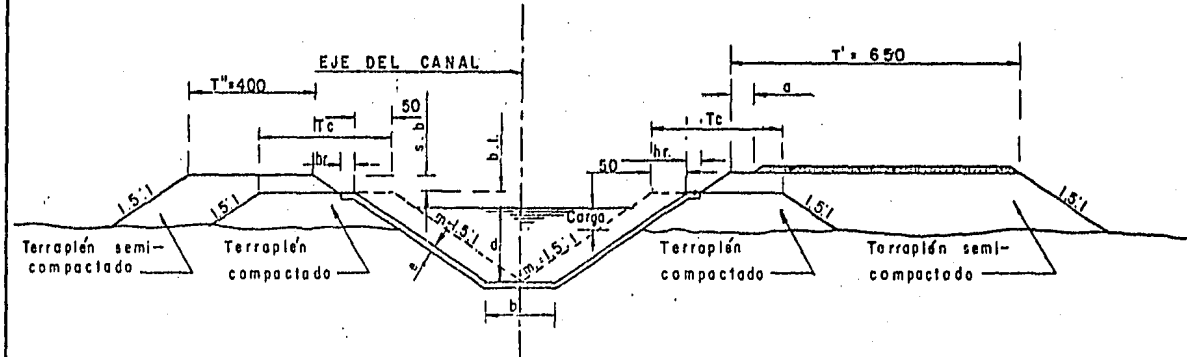
FIG. 16



SECCION NORMAL DE CANALES DE DISTRIBUCION

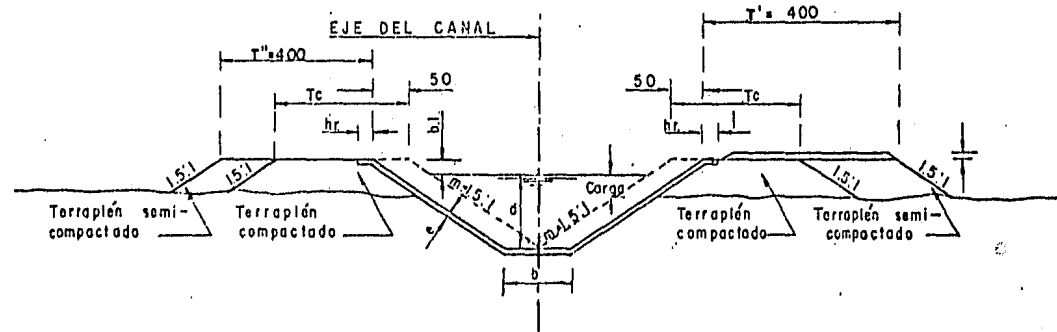
ST de 1 a 10

FIG.17



SECCION NORMAL DE CANAL PRINCIPAL
ST de II a 24

FIG.18



SECCION NORMAL DE CANALES DE DISTRIBUCION
ST de II a 24

**DATOS HIDRAULICOS DE SECCIONES TIPO
REVESTIDAS DE CONCRETO (m = 1.5:1)**

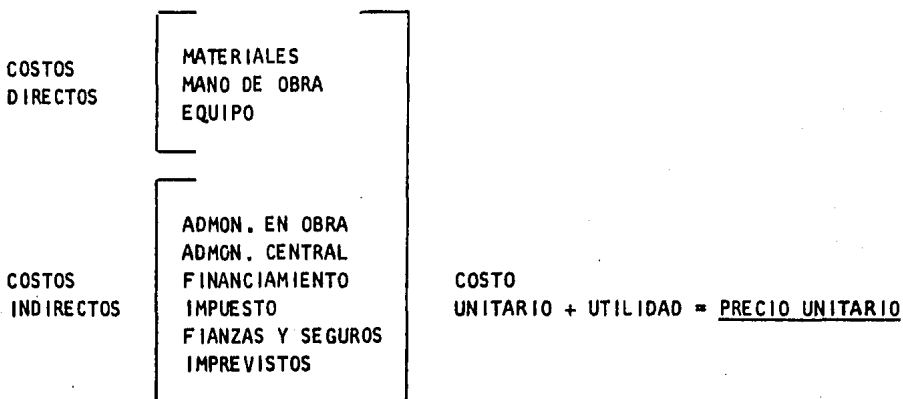
ST	b	d	A	r	n	V. max	Q. max	Carga
	m	m	m ²			m/s	m ³ /s	m
1	0.30	0.30	0.23	0.163	0.018	1.08	0.248	0.40
2	0.30	0.40	0.36	0.207	0.018	1.23	0.443	0.40
3	0.45	0.45	0.51	0.244	0.018	1.33	0.678	0.40
4	0.45	0.55	0.70	0.288	0.018	1.45	1.015	0.40
5	0.60	0.60	0.90	0.326	0.018	1.50	1.350	0.40
6	0.60	0.70	1.16	0.370	0.018	1.50	1.740	0.50
7	0.75	0.75	1.41	0.407	0.018	1.50	2.115	0.50
8	0.75	0.85	1.72	0.451	0.018	1.50	2.580	0.50
9	0.90	0.90	2.03	0.489	0.017	1.50	3.045	0.50
10	0.90	1.00	2.40	0.533	0.017	1.50	3.600	0.60
11	1.05	1.05	2.76	0.570	0.017	1.50	4.140	0.60
12	1.05	1.15	3.19	0.614	0.017	1.50	4.785	0.60
13	1.20	1.20	3.60	0.651	0.017	1.50	5.400	0.60
14	1.20	1.30	4.10	0.696	0.017	1.50	6.150	0.60
15	1.35	1.35	4.56	0.733	0.017	1.50	6.840	0.70
16	1.40	1.40	4.90	0.760	0.016	1.50	7.350	0.70
17	1.40	1.50	5.48	0.804	0.016	1.50	8.220	0.70
18	1.55	1.55	6.01	0.841	0.016	1.50	9.015	0.70
19	1.55	1.65	6.64	0.886	0.016	1.50	9.960	0.70
20	1.70	1.70	7.23	0.923	0.016	1.50	10.845	0.70
21	1.70	1.80	7.92	0.967	0.016	1.50	11.880	0.80
22	1.85	1.85	8.56	1.004	0.016	1.50	12.840	0.80
23	1.85	1.95	9.31	1.048	0.016	1.50	13.965	0.80
24	2.00	2.00	10.00	1.086	0.016	1.50	15.000	0.80

2.4 Costos y precios unitarios.-

La elaboración de los precios unitarios, no es más que una etapa dentro del proceso constructivo general, que se inicia con la investigación o estudio de la factibilidad de realizar una obra y que termina con la construcción de la misma.

No es posible calcular precios unitarios sin apoyo en especificaciones, ya que son éstas precisamente, las que definen la obra que se requiere y la forma en que debe ejecutarse, lo que indudablemente constituye la base para determinar los precios unitarios de los conceptos de esa obra.

Previo a la elaboración de estos precios unitarios, es absolutamente indispensable conocer a fondo los recursos tanto humanos, como de maquinaria y materiales, así como la disponibilidad de los mismos. En términos generales, los elementos que componen un precio unitario son:



a) Costos Directos.-

De la tabla anterior se concluye que tanto los elementos que integran los costos directos, los costos indirectos y el elemento utilidad, son los que permiten valorizar el precio unitario, razón por la que en conjunto, constituyen los llamados "factores de consistencia de los precios unitarios".

A continuación se analiza cada uno de estos elementos.

a.1 Materiales.-

Es requisito indispensable el conocer ampliamente los materiales en todos sus aspectos. Este conocimiento es de enorme utilidad para seleccionar los materiales óptimos, adecuados para sus condiciones de trabajo, para sus condiciones de servicios (calidad) y para sus limitaciones económicas.

___ Precio de la adquisición.-

El costo del material que se toma como base para integrar el precio unitario de un concepto, es el costo del material en obra, el cual está integrado por:

El precio de adquisición en fábrica (lugar de origen), mas el costo del flete y los desperdicios tanto en la transportación como en su utilización.

De lo anterior se deduce la necesidad de conocer y estar al tanto de los precios de adquisición en el mercado de los

distintos materiales, de los distintos fabricantes y de los nuevos que aparezcan en el mercado, con el fin de aprovechar al máximo las mejores condiciones de oferta del mercado en cada momento, adquiriendo el material más adecuado y económico, dentro de la calidad especificada, realizando dicha adquisición en el momento oportuno.

— Transporte, carga y descarga de materiales.-

El monto del costo de las operaciones de carga, descarga y transportación (flete), dependen primordialmente de la distancia de la fuente proveedora a la fuente de consumo del material y de los procedimientos que se siguen para la carga y descarga del material.

Este costo debe integrarse al precio de adquisición para obtener el costo de material en obra.

El costo del flete puede estar incluido dentro del precio de venta del fabricante, cuando éste es "precio de material en obra", o puede ser cargado al consumidor por separado, mediante ciertas tarifas, que pueden estar basadas en volumen, peso o número de piezas por kilómetro, o bien, por "flete cerrado".

— Almacenamiento de materiales.-

El costo que origina el renglón "almacenamiento de materiales" debe aplicarse a los costos indirectos, y dentro de ellos, específicamente al aspecto "administración de obra",

y no ser aplicado al costo de material, ya que, el costo en sí, de almacenes o bodegas, tanto en el caso de que alberguen varios materiales o inclusive en el caso de almacenar uno sólo, tendrán que prorratearse entre todos éstos o - afectar a todos los conceptos en que éste o estos materia- les fuesen utilizados, lo cual además de muy laborioso se- ría impráctico e inexacto.

a.2 Ejemplo de costos de materiales.-

Fierro (varilla) de refuerzo alta resistencia Fs. 2000 kg / cm^2 en largos comerciales de 12 m

Fierro (varilla) de refuerzo alta resistencia:

Precio de adquisición en fábrica	\$ 8,000.00
Precio del alambre recocido # 18	15.00 / kg

Regularmente se emplean 30 kg / ton. de fierro

Obtención del costo total:

FIERRO	\$ 8,000.00
ALAMBRE \$ 15.00 / kg x 30 kg / ton	450.00
FLETE DE FABRICA A BODEGA CARGA DESCARGA TRANSPORTE	200.00
DESPERDICIOS 5%	<u>1,192.00</u>
	\$ 9,927.00 / ton.

a.3 Mano de obra.-

La orientación que se dá al estudio de la mano de obra -

en este capítulo, se enfocará hacia la obtención de todos aquellos datos que por el renglón mano de obra puedan afectar directa o indirectamente el establecimiento de los precios unitarios.

La mano de obra interviene en la determinación del precio unitario, dentro de los costos directos, con sus aspectos característicos:

SALARIO Y RENDIMIENTO

Salario.-

Llamamos salario en general a la retribución que se hace al trabajador por el trabajo realizado. El monto de este salario se determina en base al tipo de trabajo realizado, a las condiciones de su realización y a la capacidad y preparación del trabajador y nunca podrá ser menor al estipulado como mínimo por la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos.

Factor de Salario Real. (F.S.R.).-

De acuerdo con lo establecido por la Ley Federal de Trabajo que entró en vigor el 1° de mayo de 1970, y su reglamentación correspondiente, el personal dependiente de las empresas dedicadas a la construcción tiene la obligación legal de laborar jornadas de 8 horas diariamente durante los días hábiles del calendario civil, (Art. 61 de la Ley Federal de Trabajo.)

Por otra parte, según lo obligan los principios constitucionales que nos rigen, los patrones tienen la obligación de pagar a sus empleados y trabajadores, tanto el día laborable como los festivos y séptimos días (domingos), así como los días de vacaciones anuales y 15 días de aguinaldo, lo cual se debe tener presente al formular cualquier análisis de costos o de precios unitarios.

Los días a que se hace mención en los párrafos anteriores como obligatorios de pago y no laborados, y establecidos como tales en la reglamentación laboral vigente (Art. 74 de la Ley Federal de Trabajo) son:

1° DE ENERO

5° DE FEBRERO

21° DE MARZO

1° DE MAYO

16° DE SEPTIEMBRE

20° DE NOVIEMBRE

1° DE DICIEMBRE 1/

25° DE DICIEMBRE

SUMAS..... 7 1/6 días

1/ Este mismo artículo de la Ley, señala el día 1° de diciembre de cada 6 años en la transmisión del poder ejecutivo federal, como día de descanso obligatorio.

Por otro lado, días que por costumbre arraigada en nuestro

medio, no se laboran, son:

VIERNES SANTO

SABADO SANTO

3° DE MAYO

2° DE NOVIEMBRE

12° DE DICIEMBRE

SUMAS..... 5 días

Días que por enfermedad profesional el trabajador no labora..... 2 días

Días que por alguna otra razón justificada, el trabajador no labora 1 día

Suma 15 1/6 días

Este número de días, sumados a los 52 domingos del año, -- hacen un total de 67.16 días pagados y no laborados, y nuestro F.S.R. # 1 será:

$$\text{F.S.R. No. 1} = \frac{365}{365 - 67.16} = 1.22$$

Además la Ley del Seguro Social establece que la cuota patronal correspondiente, también deberá incluir al aguinaldo, es decir:

Días del año que se pagan:	365
Aguinaldo	15
Primas vacacionales (25% de 6 días)	<u>1.5</u>
Suma	381.5 días

Cuota personal para salario mínimo:

19.53% del salario; por tanto:

$$\text{F.S.R. NO. 2} = \frac{381.5}{365} \times 1.1953 = 1.25$$

Por último el impuesto suplementario (antes educación), determina el:

$$\text{F.S.R. NO. 3} = 1.01$$

$$\text{F.S.R. TOTAL} = \text{FSR 1} \times \text{FSR 2} \times \text{FSR 3}$$

$$\text{F.S.R.} = 1.22 \times 1.25 \times 1.01$$

$$\text{F.S.R.} = 1.54$$

Lo anterior quiere decir, que al salario base deberá incrementársele en un 54%, para obtener el costo que realmente tienen los servicios prestados por el trabajador al tomarse en consideración los factores antes mencionados, para los salarios mayores que el mínimo el factor de incremento es 1.49, debido a que la cuota del I.M.S.S. es del 16.99% del salario.

RESUMEN DE F.S.R.

SALARIO MINIMO:	SALARIO MAYOR QUE EL MINIMO:
1.54	1.49

Ejemplo de aplicación:

Obtención del costo día - trabajado para peón en el Distrito Federal, considerando el salario mínimo actual de \$ 1,237.00 / día

SALARIO BASE	\$ 1,237.00 / día
FACTOR DE SALARIO REAL	1.54

SALARIO REAL: $1.54 \times \$1,273.00 = \$1,904.98$ / día

___ Rendimientos.-

En concordancia con lo expuesto en el inciso anterior, tomaremos como unidad de tiempo, el día o jornal de trabajo para definir el rendimiento de la manera siguiente:

Rendimiento es el número de unidades de obra de que se trate, producidos por la mano de obra durante el jornal de trabajo.

a.4 Costo de mano de obra.-

Estos costos están representados por:

$$C.M.O. = \frac{M.O.D.}{R.M.O.}$$

En donde:

C.M.O. : Representa el cargo por mano de obra.

M.O.D. : Costo diario de mano de obra.

R.M.O. : Rendimiento diario, expresado en la unidad de que se trate.

Ejemplo de costos de mano de obra:

Excavación en material común por metro cúbico, a cielo abierto y a mano.

Costo de mano de obra, según lo arriba obtenido: $\$1,904.98$ / día.

El cabo sobrestante y demás personal, que está al mando de este tipo de trabajos, se considera generalmente como un porcentaje o se aplica a costos indirectos, ya que este per

sonal realiza diferentes actividades durante el día, según la obra de que se trata.

Rendimiento.

Capacidad de una pala: 3.0 a 3.5 litros (depende del ángulo de reposo del material), usaremos 3.0 litros.

Ciclo con pala: 6 seg.

Número de horas efectivas por día = 7 hr x 3600 seg./hr =
25200 seg.

Abundamiento: 1.25

Eficiencia: 75%

Rendimiento efectivo / día = $\frac{25000 \times 0.75}{6 \times 1.25} \times 0.003 =$
7.50 m³ / día

Sustituyendo valores en nuestra expresión:

Cargo unitario = $\frac{\text{Costos de mano de obra}}{\text{Rendimiento}}$

Costo unitario = $\frac{\$1,904.98 / \text{día}}{7.50 \text{ m}^3 / \text{día}} = \$253.99 / \text{m}^3$

a.5 Equipo.

Una obra cualquiera podrá ser ejecutada mediante diversos procedimientos de construcción y empleando diferentes equipos. Empero, lógicamente para ejecutar tal trabajo, siempre existirá algún procedimiento y determinado equipo por medio de los cuales las operaciones sean realizadas en óptima, desde el punto de vista de la economía y de la eficiencia de los trabajos. En tal virtud, es menester tener un -

conocimiento lo más posible de los factores fundamentales - que determinan el costo del equipo, los cuales se resumen - como sigue:

— Cargos fijos:

Son los que se derivan de los correspondientes a:

Depreciación

Inversión

Seguros

Almacenaje

Mantenimiento mayor y menor

— Cargos por consumo:

Es el derivado de todas las erogaciones originadas por los consumos de gasolina o diesel para que los motores produzcan la energía que utilizan al desarrollar trabajo.

— Cargos de operación:

Es el que se deriva de las erogaciones que se hacen por concepto del pago de salario del personal encargado de la operación de la maquinaria, por hora efectiva de la misma.

La secuela de cálculo que se sigue para la obtención del costo de cada hora de trabajo del equipo, está resumida en el formato que para tal efecto preparé FOIR, el cual se anexa.

En los casos en que por determinadas circunstancias el equipo esté sin trabajar por así requerirlo el tipo de trabajo

deseado, por ejemplo; mientras se está cargando un camión, éste está parado durante el tiempo que dure la carga, y el costo horario correspondiente se obtiene quitándole al costo horario de camión trabajado, el costo de los consumos.

a.6 Ejemplo de costo de equipo.-

Movimiento de tierra para trabajos de nivelación científica

Equipo empleado: Tractor John Deere 4440, equipado con es-
crepas (2) en tunden marca Reynolds de 8
yardas cúbicas c/u

Costo de tractor: \$ 276.10 / h

Costo de escrepas: 135.80 / h

Suma 411.90 / h

Rendimiento del equipo: 145 m³ / h

Eficiencia total: 48%

$$\begin{aligned} \text{Costo de movimiento de tierras} &= \frac{411.90}{0.48 \times 145 \text{ m}^3 / \text{h}} = \\ &= 5.90 / \text{m}^3 \end{aligned}$$

b) Costos indirectos.-

b.1 Generalidades.-

Los costos indirectos aplicables a una obra o a los diver-
sos conceptos de trabajo que forman parte de la misma, son
todos aquellos gastos generales que por su naturaleza in-
trínseca, son de aplicación a todos y cada uno de los con--

ceptos de trabajo que forman parte de una obra determinada, o de dos o más obras ejecutadas, es decir, los gastos generales que ejercen para hacer posible la prosecución de todas las operaciones de las obras en ejecución.

Los indirectos propios de cada obra particular, son perfectamente previsibles, es decir, se pueden analizar y estimar previamente por lo menos dentro del mismo orden de aproximación de los costos directos. Se puede por otra parte, controlar durante la ejecución de la obra, para mantenerlos dentro de los límites prefijados.

A grandes rasgos, podemos clasificar los aspectos que dan lugar a los costos unitarios, dentro de los cinco grupos siguientes, cada uno de los cuales representa un cierto porcentaje del costo directo, a saber:

<u>COSTOS DIRECTOS:</u>	<u>PORCENTAJE DEL COSTO DIRECTO %</u>
Movimiento de equipo, construcción	
de oficinas, bodegas y talleres	3.0
Administración de campo	5.7
Caminos e instalaciones	3.5
Transporte de personal y equipo	2.8
Bonificaciones	1.5
Financiamiento, seguros y fianzas	5.0
Gastos de administración en oficinas	
centrales	3.5

<u>COSTOS DIRECTOS:</u>	<u>PORCENTAJE DEL COSTO DIRECTO %</u>
Impuestos	2.0
Imprevistos	1.0
Utilidades	<u>10.0</u>
Suma	38.0 %

b.2 Ejemplo de precios unitarios.-

Precio unitario de trabajo de nivelación científica:

Costo directo \$ 5.90 / m³

Costos indirectos y utilidad:

(38% del \$ 5.90) = 2.24 / m³

Precio unitario = \$ 8.14 / m³

c) Presupuesto.-

El presupuesto de una obra es el resultado de recabar la información referente al costo estimado de una obra cualquiera. Existen diversas formas de integrar la serie de datos obtenidos, pero la regularmente utilizada, es la que contempla lo siguiente:

- Descripción del concepto de obra.
- Unidad de Sistema Métrico Decimal en que se emplea dicho concepto de obra.
- Cantidad de unidades de obra que intervienen en la construcción de la misma.

- Precio unitario del concepto de que se trate.
- Importe correspondiente por ese concepto.

Se anexa un formato para comparación de presupuestos, el cual permite comparar para una obra determinada, el presupuesto según FOIR, - con el presupuesto que proponga el Banco de Crédito Rural de que se trate.

d) Ejemplo de aplicación.-

Tal como lo establece la mecánica operativa de FOIR, las obras a las que éste otorga apoyo económico, deben estar justificadas con su respectiva evaluación de proyecto de financiamiento, en la cual estará contemplado el costo estimado que tendrán las obras proyectadas.

En esta virtud comparemos a continuación, el costo que en un momento dado tendría el canal antes proyectado, utilizando las alternativas de construcción siguientes:

- Canal sin revestir.
- Revestimiento de concreto.
- Revestimiento de tabique.
- Canaleta prefabricada.

COMPARACION DE PRESUPUESTOS PARA LA CONSTRUCCION DE CANALES DE RIEGO

DATOS DE PROYECTO: Q = 60 l.p.s. S = 0.001

C O N C E P T O	UNID.	CANT.	CANAL SIN REVESTIMIENTO		CANAL REVESTIDO DE CONCRETO		CANAL REVESTIDO DE TABIQUE		CANALETA PREFABRICADA	
			P.U.	Importe	P.U.	Importe	P.U.	Importe	P.U.	Importe
TRAZO Y NIVELACION	km	1.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00
DESPALME	<u>1/</u> m3	1,500.00	25.00	37,500.00	25.00	37,500.00	25.00	37,500.00	25.00	37,500.00
FORMACION DE TERRAPLENES	<u>2/</u> m3	857.00	75.00	64,275.00	75.00	64,275.00	75.00	64,275.00	75.00	25,050.00
EXCAVACION DE CUBETA	m3	225.00	40.00	9,000.00	40.00	9,000.00	40.00	9,000.00		
REVESTIMIENTO	<u>3/</u> m3	75.00			1,500.00	112,500.00	130.00	130,000.00		
FAB. Y COLOC. DE CANALETA	<u>4/</u> m	1,000.00							181.85	181,850.00
APLANADO EN REVESTIMIENTO	m2	1,000.00					75.00	75,000.00		
T O T A L E S :				<u>115,775.00</u>		<u>228,275.00</u>		<u>320,775.00</u>		<u>249,400.00</u>

OBSERVACIONES:

1/ Se tomará una faja de 10 m de ancho por 15 cm de espesor promedio.

2/ Para la construcción de canaletas, se considera que 1 m3 de terraplén es suficiente para 3 m de canaleta, por lo tanto:
 $1000 \text{ m} / \text{km} \times \text{m}^3 / 3\text{m} = 334 \text{ m}^3 / \text{km} \times \$ 75.00 / \text{m}^3 = \$ 25,040.00$

3/ Para el revestimiento de tabique se utilizan aproximadamente 1000 m2 de tabique por km de canal, por lo tanto para este caso particular, se tendrá:
 $1000 \text{ m}^2 / \text{km} \times \$ 130.00 / \text{m}^2 = \$ 130,000.00$ (como para cubrir 1.00 m2 de superficie de contacto del canal con el agua se necesitan 25 tabiques, para revestir un km se necesitarán entonces 25 millares de tabique).

4/ La canaleta adecuada para este caso es la R-25 (según sus características hidráulicas).

NOTA: Los datos de precios unitarios deberán adaptarse a la región de que se trate, haciendo un estudio de mercado para conocer lo más acertadamente posible, los costos de los materiales que realmente rigen en la zona en estudio.

IV. CONCLUSIONES.

Es común, por lo económico que resulta, el uso de canales de tierra para la conducción del agua destinada al riego por gravedad; sin embargo, - esta práctica trae consigo el grave problema que representa la pérdida en - el volumen de agua que se tiene durante la transportación, lo que aunado al mal uso del agua, como consecuencia de la falta de planeación de la red de distribución, redundan en pérdidas que en ocasiones llegan a ser del 100%, - ocasionando con ello que el costo del agua de riego llegue a ser considerablemente alto.

Por lo anterior es conveniente el apoyo económico para la correcta planeación, construcción y revestimiento de canales de riego, siendo la etapa de proyecto en donde la utilización del Método Fotogramétrico para el levantamiento de grandes extensiones de terreno, presenta grandes ventajas sobre los métodos topográficos tradicionales al evitar gran parte del trabajo de campo, cálculo y dibujo, reduciendo todo esto a rapidez, economía y flexibilidad del proyecto así como mejor presentación de los planos topográficos.

Por otro lado, aunque esta aplicación de la Fotogrametría está considerada en el área de la Ingeniería Civil, los conocimientos propios de la formación académica del Ingeniero Topógrafo y Geodesta lo capacitan para realizar con una alta confiabilidad la amplia gama de actividades descritas en el presente trabajo.

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

1. CONSTRUCCION DE CANALES DE RIEGO.
FOIR
2. INSTRUCTIVO PARA LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS.
S.A.R.H.
3. PERSONAL PROGRAMMING
TEXAS INSTRUMENTS INC.
4. THE THEORY AND PRACTICE OF SURVEYING.
J.B. JOHNSON
5. TOPOGRAFIA Y FOTOGAMETRIA EN LA PRACTICA MODERNA.
CARL-OLOF TERNRYD
ELIZ LUNDIN