

SEDRI CONADE

PNUD FAO

**PROYECTO DE DESARROLLO RURAL
INTEGRAL** **ECU·79·007**

**MANUAL PARA PRACTICAS
DE CONSERVACION
DE SUELOS**

julio 1984

QUITO - ECUADOR

**MANUAL PARA PRACTICAS
DE CONSERVACION
DE SUELOS**

julio 1984

PROYECTO DE DESARROLLO RURAL INTEGRAL TUNGURAHUA

"MANUAL PARA PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS"

(DOCUMENTO SUJETO A CAMBIOS)

ELABORADO POR:

Ing. Alexander Bouwman
PNUD/FAO/ECU/79/007

Ing. Rafael Langdon
PNUD/FAO/ECU/79/007

I N D I C E

	<u>PAGINA</u>
<u>PROLOGO</u>	i
I. CULTIVOS DE FAJAS	1
1.1. Descripción	1
1.1.1 Cultivos en fajas transversales al viento	1
1.1.2 Cultivos en fajas en contorno	1
1.2. Diseño	3
II. CULTIVOS EN CONTORNO	5
2.1. Descripción	5
2.2. Diseño	7
III. ZANJAS DE DESVIACION Y CAMINOS DE AGUA	15
3.1. Descripción	15
3.1.1 Zanjas de Desviación	15
3.1.2 Caminos de Agua	17
3.2. Diseño	18
3.2.1 Zanjas de Desviación	18
3.2.2 Caminos de Agua	22
IV. TERRAZAS	26
4.1. Descripción	26
4.1.1 Terrazas de Banco	26
4.1.2 Terrazas de Huerto	32
4.1.3 Terrazas Individuales	33
4.2. Diseño	34
4.2.1 Terrazas de Banco	34
4.2.2 Terrazas de Huerto	38
BIBLIOGRAFIA	41

INDICE DE APENDICES

- APENDICE 1: Formas de trazar curvas de nivel.
- APENDICE 2: Velocidades máximas de conducción de agua en las zanjias, por tipo de suelo y cobertura.
- APENDICE 3: Diseño de Zanjias de Desviación y Caminos de Agua.
- APENDICE 4: Diseño de Terrazas de Banco y Huerto.

PROLOGO

El estado de degradación en que se encuentran vastas regiones del mundo ha determinado que cada vez sea más difícil mantener niveles de producción rentables en áreas erosionadas. Durante los miles de años transcurridos desde que el hombre cultiva la tierra, ha provocado con su acción la pérdida de la capa arable de millones de hectáreas de suelo que han sido arrastradas a ríos, lagos y mares originando el azolve de represas y la formación de dunas.

Es interesante señalar que los trabajos hechos en los Países Bajos, desde la época de los frisios, son los únicos que han aportado nuevas extensiones de tierra para uso productivo, el resto de los esfuerzos, cuando se han hecho, se limitan a preservar lo existente, o evitar que la degradación aumente.

En el Ecuador existen extensas áreas, especialmente en la sierra, en las que la acción erosiva del agua o del viento, o ambos, se presenta en forma tal que, favorecida por la manera de cultivar la tierra que caracteriza el trabajo de muchos campesinos, ha causado y causa procesos de degradación del suelo, en primer término, y erosión más avanzada a medida que transcurre el tiempo y se siguen los mismos métodos de cultivo.

El documento "Manual para prácticas de conservación de suelos" ha sido preparado por profesionales del Proyecto PNUD/FAO/ECU/79/007 y resume la experiencia del trabajo realizado en el área del Proyecto de Desarrollo Rural Integral Tungurahua, con la aplicación de las normas de conservación válidas para las condiciones topográficas, edafológicas y pluviométricas del área del Proyecto de DRI y teniendo en especial consideración la situación socio-económica del campesino afectado por la práctica aplicada en su predio.

El presente trabajo no pretende constituirse en un documento innovador en materia de conservación de suelos, sobre lo que tanto se ha escrito, sino más bien en un instrumento práctico, simple, de fácil comprensión y manejo para los profesionales y técnicos de terreno.

Tampoco se presume que el documento que se presenta en esta ocasión, no esté sujeto a revisión para mejorar su calidad técnica o para incorporarle nuevas ideas que lo completen.

En este sentido debe entenderse que esta publicación, en su primera versión tiene el carácter de documento de trabajo y de distribución restringida a profesionales y técnicos de instituciones y organismos ligados, de alguna manera, a los aspectos de conservación de suelos.

1. CULTIVOS EN FAJAS

El sistema de cultivo en fajas, junto con la rotación de cultivos, y cultivos en contorno, son prácticas agronómicas comunes de conservación de suelos.

Los cultivos en fajas se pueden definir como prácticas de conservación de suelos en la cual se alternan fajas de cultivos de alta y baja densidad de siembra, o cultivos de alto y bajo crecimiento, con el fin de evitar o minimizar la erosión eólica y/o hídrica.

Las fajas de cultivos son franjas de determinado ancho que pueden estar orientadas desde perpendicular a la pendiente, hasta en forma paralela a ella.

1.1. Descripción

Existen dos tipos de cultivos en fajas en función del objetivo que ellos cumplen: cultivos de fajas transversales al viento, cuya finalidad es disminuir o minimizar la erosión eólica en aquellos lugares donde el viento es el principal agente erosivo; y cultivos de fajas en contorno, que controlan la erosión hídrica, donde el principal agente erosivo es el agua de lluvias.

1.1.1 Cultivos en Fajas Transversales al Viento

Consiste en intercalar dentro del área cultivada del predio, fajas de un cultivo alto que servirá como pequeñas cortinas corta viento. Las fajas de cultivos altos deberán estar ubicadas en forma perpendicular a la orientación de los vientos predominantes.

El ancho que se le deberá dar a cada cortina rompe viento está directamente relacionado con la velocidad del viento; en tanto que la distancia entre una cortina y otra dependerá de la altura del cultivo y de la pendiente del terreno con relación al viento.

Cabe hacer notar que en zonas donde el viento es frecuente y de alta intensidad la práctica anteriormente señalada deberá ser complementada con cortinas rompe vientos de especies arbóreas y/o arbustivas.

1.1.2 Cultivos en Fajas en Contorno

La conservación de suelos con cultivos en fajas en contorno, es una práctica agronómica, y como tal, debe ser complementada con otras acciones similares, tales como preparación de suelos y siembra en forma perpendicular a la pendiente, rotación de cultivos, etc.

La utilización de cultivos en fajas sólo se recomienda para pendientes de hasta 20%. En pendientes mayores, este sistema se reemplaza con prácticas mecánicas de conservación de suelo, como son las zanjas de desviación - caminos de agua, y terrazas - caminos de agua.

Los cultivos en fajas en contorno, consisten en alternar franjas de cultivos de alta y baja densidad de siembra, de tal manera, que la escorrentía superficial de agua nunca alcance altas velocidades evitando o disminuyendo el peligro de erosión, al aumentar los niveles de infiltración de agua al suelo. Al ubicarse estas barreras de desaceleración a una distancia adecuada, el agua en ningún momento logrará desarrollar velocidades erosivas.

Los cultivos de alta densidad de siembra se caracterizan por tener un alto coeficiente de pérdida de carga por rozamiento; lo que en pendientes suaves (de hasta 20%), impide que el agua de escurrimiento genere energía erosiva. Dentro de estos cultivos se destacan los pastos permanentes, pastos semipermanentes, forrajeras anuales, y gramíneas (trigo, cebada, avena).

Como se ha planteado existen dos factores críticos en el diseño de un sistema de fajas en contorno, para pendientes menores a un 20%, que son: el ancho de las fajas, y la distancia entre fajas de cultivo de alta densidad de siembra.

El ancho de las fajas estará dado por la pendiente del terreno; en función de esta variable se debe calcular cual es la distancia mínima que debe recorrer el agua para generar velocidades de escorrentía turbulenta. El resultado del cálculo anterior determinará que la distancia crítica para los cultivos de alta densidad de siembra es mayor a la de los cultivos de baja densidad, por el hecho de presentar los primeros un mayor coeficiente de pérdida de carga por rozamiento. Sin embargo, el ancho de las fajas de alta densidad de siembra estará dado única y exclusivamente por el ancho calculado para las fajas de baja densidad de siembra.

Lo anterior encuentra su justificación al analizar dos hechos: el primero y más importante es que el objetivo de los cultivos de fajas en contorno, es evitar que el agua alcance velocidades turbulentas, lo que no se logrará en el caso de que el ancho de las fajas de cultivos densos sea tal que el agua al salir de ellos, esté prácticamente en la velocidad crítica; y por lo tanto al entrar en la faja de cultivos de baja densidad, generará rápidamente la energía suficiente para alcanzar una velocidad turbulenta. El segundo, de orden práctico, es que el sistema de fajas en contorno implica la rotación de cultivos, y que en caso de tener dos distintos tamaños de fajas, sería necesario rediseñar el sistema cada vez que se rote el suelo.

El sistema de fajas en contorno, como se ha dicho implica una serie de otras medidas de conservación de suelos, dentro de las cuales está la preparación de suelo y siembra en forma perpendicular a la pendiente;

ello determina que las fajas asuman la figura de las curvas de nivel, en un ancho determinado, y por ende, que en terrenos de topografía irregular, las fajas tomen una forma asimétrica, lo que dificulta el empleo de maquinaria agrícola. Con el fin de solucionar en parte este problema, el diseñador del sistema debe realizar los ajustes necesarios, sin perder en ningún momento de vista la operatividad y objetivos esperados del sistema de conservación de suelos con cultivos de fajas en contorno.

En pendientes superiores al 20%, la práctica de cultivos de fajas en contorno no es suficiente para garantizar por sí sola un control adecuado de la erosión; ya que los coeficientes de pérdida de carga por rozamiento de los cultivos densos, no son suficientes para equiparar o disminuir el efecto que la pendiente tiene en la velocidad de desplazamiento del agua. En estos casos el técnico deberá diseñar y ejecutar una práctica mecánica de conservación de suelo (zanjas de desviación, terrazas), donde puede o no justificarse agronómica o técnicamente la mantención de cultivos densos. De todas maneras en caso de mantenerse los cultivos densos, la práctica de conservación de suelos ya no sería de cultivos en contorno, sino de zanjales de desviación o terrazas.

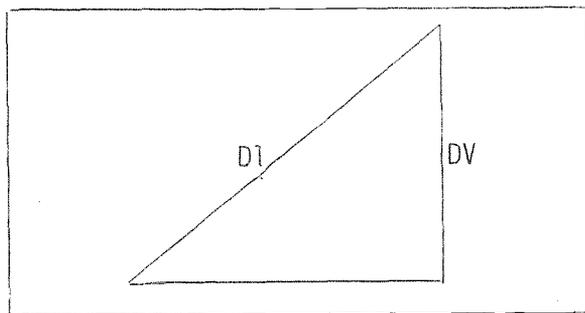
1.2 Diseño

Para el diseño de cultivos en fajas en contorno, el técnico en conservación de suelos sólo debe calcular el ancho que deberán tener las fajas. Cabe recordar que si bien es cierto, las fajas de cultivo de alta densidad permiten un mayor ancho, esto no es recomendable técnicamente; por lo que ellas deberán tener el mismo ancho que las fajas de cultivos de baja densidad de siembra.

La determinación del ancho de las fajas se logra en función de la pendiente del terreno.

FIGURA N° 1

Distancia inclinada, o ancho de las fajas



$$DV = \frac{S}{10} + 2$$

$$DI = \frac{DV \times 100}{S}$$

$$\boxed{DI = \frac{200}{S} + 10} \quad (1)$$

Donde: DV : Distancia vertical o diferencia de altitud entre el límite superior e inferior de cada faja (mts.)

DI : Distancia inclinada, o ancho de la faja (mts.)

S : Pendiente del terreno (%)

Al aplicar la fórmula anterior a distintas pendientes de terreno, se obtiene el siguiente ancho de fajas.

CUADRO N° 1

Ancho de las fajas en función de la pendiente del terreno

Pendiente del terreno (%)	Ancho de Fajas (mts)
5	50
10	30
15	23
20	20

Del cuadro se desprende que a mayor pendiente del terreno, el ancho de las fajas será menor ya que a mayor pendiente del terreno, el agua, recorriendo una menor distancia alcanza una velocidad turbulenta, o altamente erosiva.

Una vez diseñado el sistema, se procede a su trazado y construcción en el terreno. Para ello, se deberá trazar curvas de nivel a una distancia igual al ancho que tendrán las fajas, pudiendo emplearse para esta labor el nivel de "A" (Apéndice 1).

2. CULTIVOS EN CONTORNO

El cultivo en contorno es una de las prácticas más elementales de conservación de suelo, pudiendo definirse como la práctica de conservación de suelo en que las labores culturales y siembras se realizan siguiendo las curvas de nivel, para disminuir la escorrentía superficial, y con ello impedir la erosión laminar, de surco y en último término la de cárcava.

A su vez, las curvas de nivel se definen como las líneas que unen todos los puntos de igual altitud con relación al nivel del mar.

2.1 Descripción

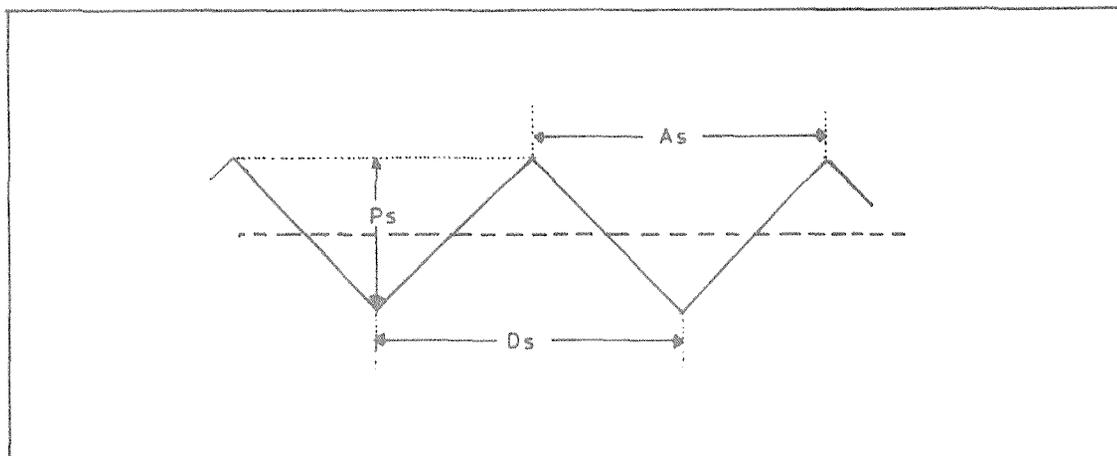
El cultivo en contorno se recomienda realizar en terrenos con pendientes de hasta 50%. Sin embargo, en caso de que ésta sea superior al 10% es de importancia combinar esta práctica con la de zanjas de desviación-caminos de agua, y/o cultivos en fajas. El cultivo en contorno es la práctica más simple para conservar los suelos, ya que no implica mayor inversión pues se aprovechan los surcos de siembra para captar el agua de lluvia; servir de pequeños reservorios de agua que permitan que ella se infiltre en el terreno; y en caso de zonas de alta precipitación, actuar como pequeñas acequias de desagüe.

En su construcción, lo primero que debe realizarse es el trazado de las curvas de nivel del terreno en función de la distancia que tendrá el cultivo entre hileras; así por ejemplo, si el cultivo fuera papa, se deberá trazar curvas de nivel cada 0,7-1 mts. Para el trazado de las curvas de nivel existen distintos métodos, pero la experiencia nos señala que el más práctico y de fácil comprensión por parte del campesino es el empleo del nivel de "A" (Apendice 1).

Trazadas las curvas de nivel, se procede a abrir los surcos de siembra siguiendo para ello las curvas de nivel trazadas. La profundidad de los surcos está directamente relacionada con el ángulo de camellón, y éste con la pendiente del terreno. El ancho del surco es igual a la distancia de siembra entre hileras del cultivo.

FIGURA N° 2

Cultivos en Contorno



Donde: A_s : Ancho del surco (mts).
 D_s : Distancia de siembra entre hileras (mts).
 P_s : Profundidad del surco (mts).

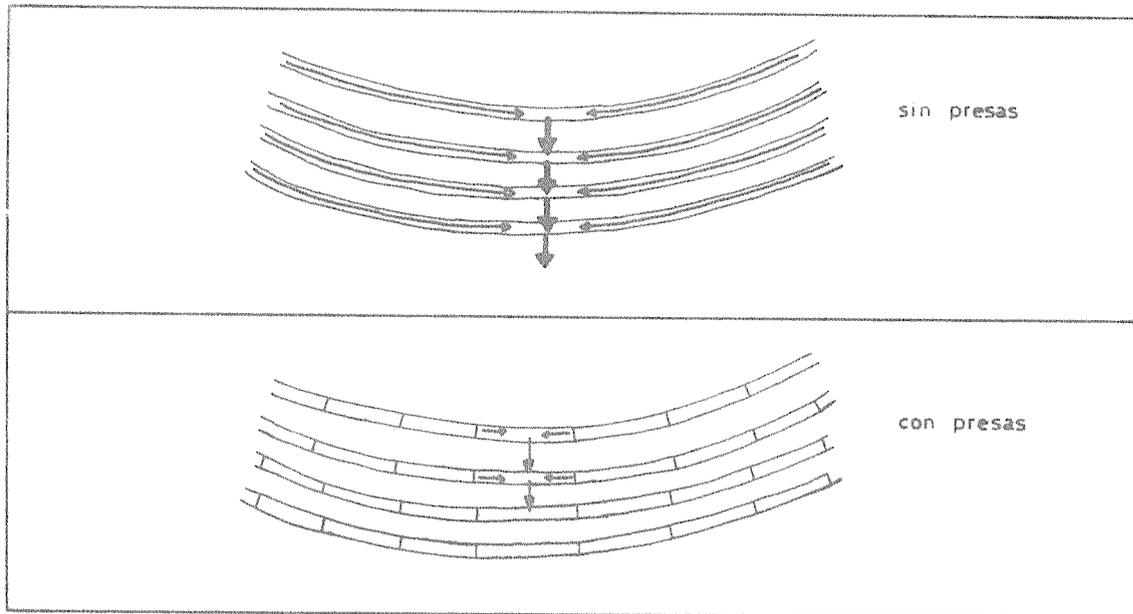
La siembra del cultivo se puede realizar en la base del surco o en el camellón; se realiza en base del surco en aquellos sectores donde la velocidad de infiltración de agua es suficiente para impedir que el terreno esté saturado por mucho tiempo; y en el camellón en el caso que la velocidad de infiltración sea insuficiente para evitar un posible daño de la semilla o plántula.

Si existen precipitaciones intensas y los surcos están mal diseñados o construidos, uno de ellos puede romperse provocando la sobrecarga y por lo tanto ruptura de los surcos inferiores, lo que ocasionaría la evacuación total del agua acumulada, en cuyo caso la erosión puede llegar a ser de mayor magnitud a la que se habría provocado si se hubiera trazado surcos en favor de la pendiente. Para evitar este problema se recomienda colocar dentro de cada surco pequeñas presas de tierra que impedirán la pérdida total del agua acumulada en los surcos.

Los surcos de cultivos en contorno deberán ser revisados periódicamente, ya que ellos con el tiempo se destruyen por la presión que soportan, y por la precipitación de partículas transportadas por el agua.

FIGURA N° 3

Efecto de las presas dentro de los surcos



2.2 Diseño

En el diseño del sistema de cultivos en contorno existen cuatro variables críticas que son el ángulo del camellón con relación a la pendiente del terreno; la distancia de plantación entre hileras del cultivo, o ancho del surco; la profundidad del surco; y la distancia a que deben ponerse las presas dentro de los surcos. A través de las tres primeras variables se determina la capacidad de retención de agua que tendrán los surcos, o capacidad de los surcos.

Para diseñar un sistema de cultivos en contorno se deberá proceder por aproximaciones sucesivas, ya que éste se basa en determinar qué dimensiones deberán tener los surcos con el fin que ellos retengan el agua caída en una hectárea.

Profundidad del surco: La profundidad del surco está dada por el ángulo del camellón con relación a la pendiente, y la distancia de plantación del cultivo o ancho del surco. A su vez, la profundidad del surco determina la altura de la columna de agua que podrá soportar, y por lo tanto es una de las variables requeridas para cuantificar la capacidad de retención de agua del sistema.

La profundidad del surco en función del ángulo de inclinación del camellón con relación a la pendiente del terreno, se determina mediante la utilización de una fórmula matemática que relaciona la distancia de siembra y ángulo del camellón.

$$P_s = \frac{D_s}{2} \cotg (90^\circ - \alpha) \quad (2)$$

Donde: Ps: Profundidad del surco (mts).

Ds: Distancia siembra entre hileras, o ancho del surco (mts).

α : Angulo del camellón con relación a la pendiente del terreno ($^{\circ}$).

Al aplicar esta fórmula para distintos anchos de surco y ángulos de camellones, se obtiene el siguiente cuadro.

CUADRO N° 2

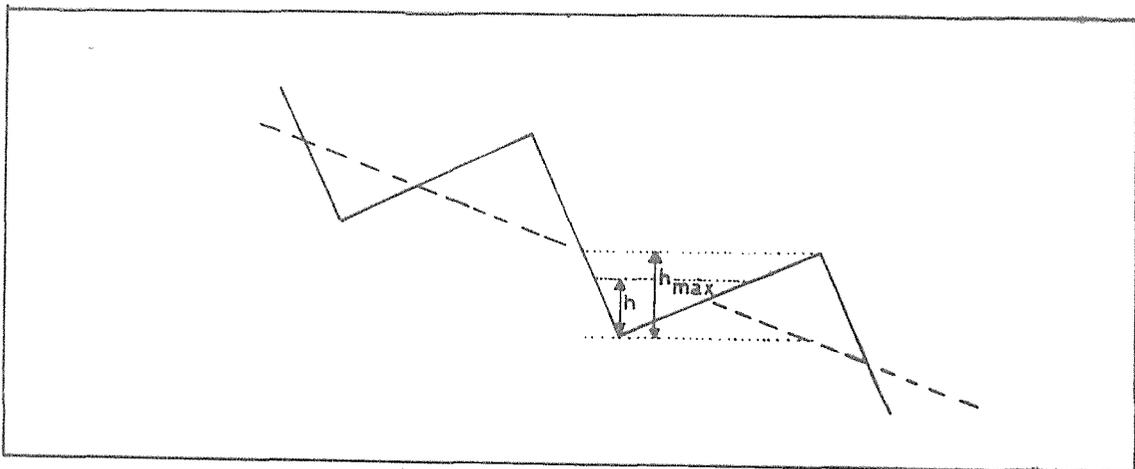
Profundidad de los surcos, en función del ancho del surco
y ángulo del camellón (mts.)

Angulo camellón	Distancia de siembra o ancho del surco (mts)						
	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
20°	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.18
30°	0.12	0.14	0.17	0.20	0.23	0.25	0.29
40°	0.17	0.21	0.25	0.29	0.34	0.38	0.42
50°	0.24	0.30	0.36	0.42	0.48	0.54	0.60
60°	0.35	0.43	0.52	0.61	0.69	0.78	0.87

La altura del surco, junto con la pendiente del terreno, y ángulo de inclinación del camellón, determinan la altura máxima que podrá alcanzar el agua en el suelo.

FIGURA N° 4

Altura de la corriente de agua



$$h_{\max} = P_s \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\sin \alpha} \quad (3)$$

Donde: h_{\max} : Altura máxima de la columna de agua (mts.)
 h : Altura recomendada de la columna de agua (mts.)
 h : Dos tercios de altura máxima (mts.)
 P_s : Profundidad del surco (mts.)
 α : Angulo inclinación camellón ($^\circ$).
 φ : Pendiente del terreno ($^\circ$).

El diseñador del sistema tiene varias alternativas de profundidad de surco, para una misma distancia de siembra entre hilera; por lo que deberá analizar y calcular la altura máxima de agua que podrán sopor tar las distintas alternativas, de manera que posteriormente pueda determinar la capacidad máxima de retención de agua que tiene cada una de las posibles profundidades de surco.

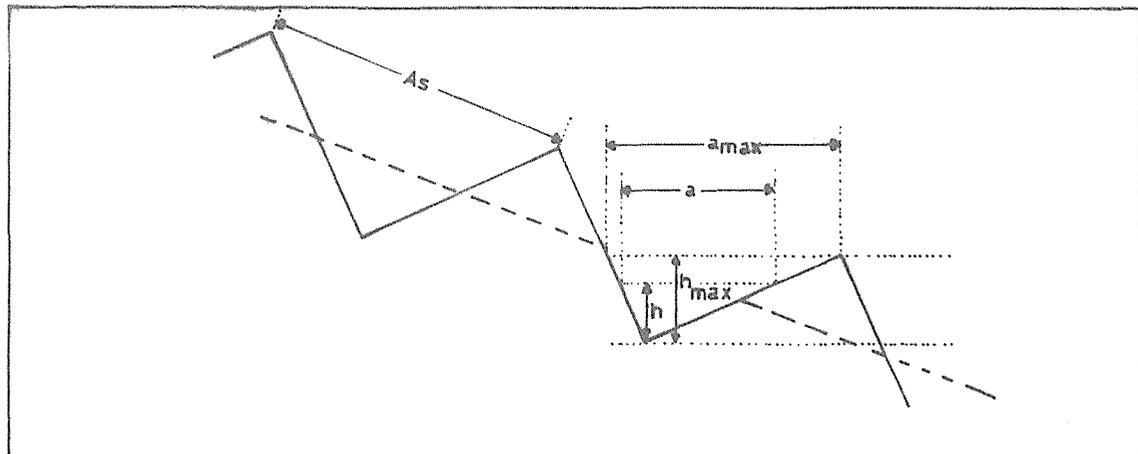
Una vez calculada la altura máxima del agua, y con el fin de tener una seguridad en caso de que la intensidad de la precipitación sea mayor a las estimadas, y/o evitar la destrucción de los surcos por exceso de carga, se procede a calcular la altura real que tendrá el agua. Para ello basta multiplicar la altura máxima por la fracción 2/3. (0.66).

Ancho del Surco: El ancho del surco está dado única y exclusivamente por la distancia de siembra entre hileras del cultivo.

Sin embargo, para el diseño de un sistema de cultivos en contorno, el técnico debe establecer la sección de la corriente de agua en los surcos, con el fin de captar la totalidad de precipitación caída. Para ello, una de las variables que deberá calcular es el ancho que tendrá el curso de agua dentro de los surcos el que está relacionado con la profundidad y ancho del surco; ángulo de inclinación del camellón; y pendiente del terreno.

FIGURA N° 5

Ancho de la corriente de agua



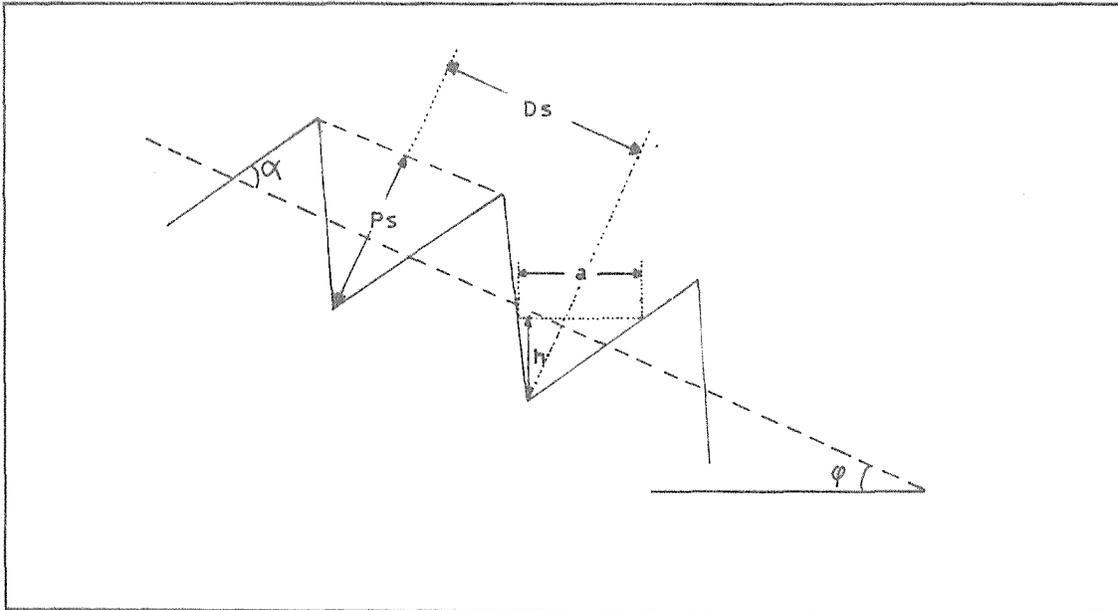
$$a = h [\cotg (\alpha - \varphi) + \cotg (\alpha + \varphi)] \quad (4)$$

- Donde:
- As : Ancho del surco (mts.)
 - a max: Ancho máximo de la corriente de agua en el surco (mts.).
 - a : Ancho real de la corriente de agua en el surco (mts.).
 - h max: Altura máxima del agua en el surco (mts.).
 - h : Altura real del agua en el surco (mts.).
 - α : Angulo de inclinación del camellón ($^{\circ}$).
 - φ : Pendiente del terreno ($^{\circ}$).

Capacidad de los surcos: La capacidad de retención de agua de los surcos se calcula en función del alto real y ancho que tendrá la corriente de agua dentro de los surcos.

FIGURA N° 6

Capacidad de los surcos



$$Cs = \frac{1}{2} ah$$

$$Cs = \frac{2}{9} Ps \left[\left(\frac{\text{sen} \alpha - \varphi}{\text{sen} \alpha} \right)^2 \right] [\cotg (\alpha - \varphi) + \cotg (\alpha + \varphi)] \quad (5)$$

Donde: Cs : Capacidad de los surcos (mts³ de agua por mts. de surco).
a : Ancho de la corriente de agua en el surco (mts.).
h : Altura real del agua en el surco (mts.).
Ps : Profundidad del surco (mts.)
 α : Angulo de inclinación del camellón (°).
 φ : Pendiente del terreno (°).

Mediante la aplicación de la fórmula anterior, el diseñador podrá calcular la capacidad que tendrán las distintas alternativas de surcos que se pueden construir para una misma distancia de siembra entre hileras o ancho de surco, y distintos grados de inclinación de camellones.

Cuantificadas las distintas alternativas de capacidad de los surcos, el diseñador deberá seleccionar aquella que sea igual o levemente superior, a la intensidad mayor de precipitación caída en la zona en los últimos diez años. Con el fin de poder comparar la capacidad de los surcos calculada y requerida, es necesario trabajar con iguales unidades de volúmenes; para convertir la capacidad de los surcos calculada (mts³/mts) a mts³/has y milímetros de precipitación, se deberán emplear las siguientes fórmulas:

$$Cs \text{ (mts}^3\text{/has)} = \frac{10.000}{As} Cs \text{ (mts}^3\text{/mts)} \quad (6)$$

$$Cs \text{ (mm)} = \frac{1.000}{As} Cs \text{ (mts}^3\text{/mts)} \quad (7)$$

Donde: As: Ancho del surco, o distancia de siembra entre hileras del cultivo (mts.)

Para poder diseñar un buen sistema de cultivos en contorno, el técnico debe estar familiarizado con las interrelaciones que existen entre las distintas variables que influyen en el diseño. Con el fin de dar a conocer algunas de ellas, se presenta un ejemplo a través del cual se podrá apreciar estas relaciones.

CUADRO N° 3

Capacidad de los surcos de un cultivo en contorno para papa, sembrada a una distancia entre hilera de 0,80 mts. según pendiente del terreno y ángulo de inclinación del camellón.

Pendiente del terreno (%) (ϕ)	Ángulo del camellón (α)									
	20°		30°		40°		50°		60°	
	mts3/ha	mm	mts3/ha	mm	mts3/ha	mm	mts3/ha	mm	mts3/ha	mm
10	185	18,5	363	36,3	589	58,9	896	89,6	1.361	136,1
20	95	9,5	249	24,9	490	49,0	756	75,6	1.211	121,1
30	31	3,1	161	16,1	354	35,4	634	63,4	1.076	107,6
40	0	0	94	9,4	265	26,5	528	52,8	954	95,4
50	0	0	35	3,5	188	18,8	431	43,1	841	84,1

Del cuadro anterior se desprende que para una misma distancia de siembra y pendiente del terreno, la capacidad de los surcos aumenta en la medida que el ángulo del camellón se hace mayor, ya que a mayor ángulo del camellón, para una misma pendiente de terreno, la profundidad del surco será creciente y por lo tanto la altura y ancho que puede cubrir el agua dentro de éste.

Sin embargo, cabe hacer notar que en terrenos con fuertes pendientes debe evitarse la práctica de cultivos en contorno, ya que para que el sistema tenga algún grado de retención de agua se deberá construir los surcos con un gran ángulo de inclinación de camellones, lo que aumenta el riesgo de ruptura de los surcos por acciones mecánicas y/o climáticas.

También se desprende que a mayor pendiente del terreno, necesariamente se deberán diseñar surcos con mayor ángulo de inclinación de camellón, si se quiere mantener la capacidad de los surcos. Esto se debe que a mayor pendiente del terreno, e igual ángulo de inclinación de camellón, la profundidad del surco se mantiene, pero disminuye la altura y ancho de la corriente de agua dentro de él. (ver fórmulas 6 y 7).

Por otro lado, si se realiza el ejercicio de repetir el cuadro, pero con una distancia mayor de plantación entre hileras, se podrá observar que todos los niveles de retención de agua de los surcos se incrementan debido a que con ello se está aumentando el ancho del surco, y por lo tanto, el de la corriente de agua.

Es por ello que el diseñador del sistema debe trabajar paralelamente con distintas alternativas de ángulos de camellones, y sólo al final de los cálculos seleccionar aquella alternativa de capacidad de surco

que sea igual o levemente superior a los niveles máximos de precipitación caída en la zona.

Sin embargo, puede darse el caso que al diseñar un sistema de cultivos en contorno para una zona de alta intensidad de precipitación y pendiente del terreno, y para un cultivo cuya distancia de plantación entre hileras sea pequeña (0,40 - 0,60 mts), ninguna de estas alternativas de ángulos de camellón sea recomendable técnica y/o económicamente. En estos casos el técnico deberá pensar en las siguientes alternativas:

- Aumentar la distancia de siembra entre hileras del cultivo, lo que si bien se justifica desde un punto de vista técnico, no es recomendable económicamente.
- Cambiar el cultivo por uno cuya distancia de siembra entre hileras sea mayor.
- Dar a los surcos una pequeña inclinación con relación a las curvas de nivel, de manera de permitir el desagüe de los surcos. Para ello el técnico deberá diseñar caminos de agua.
- Cambiar el sistema de conservación de suelo de cultivos en contorno por zanjas de desviación-caminos de agua, o terrazas-caminos de agua.

Distancia de presas: las presas son barreras de tierra que se ponen dentro del surco, y cuya altura debe ser levemente inferior a la altura máxima calculada que alcanzará el agua acumulada en el surco. Ellas cumplen las siguientes funciones: evitar que en caso de ruptura del camellón toda el agua acumulada se pierda y no sea aprovechada por el cultivo; minimizar el daño de erosión provocado por la ruptura del camellón al disminuir la cantidad de agua que se evacuará por dicha ruptura ya que sólo se perderá el agua acumulada entre las dos barreras ubicadas en el sector de la ruptura; proteger el surco inferior al disminuir la cantidad de agua liberada; y disminuir la longitud de los surcos y de esta manera reducir el riesgo de ruptura de camellones.

La distancia entre una presa y otra varía según la pendiente del terreno, características edafológicas del suelo (estructura y textura), y las condiciones climáticas del área. Sin embargo, en forma general se puede decir que en pendientes fuertes es necesario disminuir la distancia entre presas, ya que en este tipo de topografía los riesgos de ruptura de camellones son mayores.

En el cuadro N° 4 se señala las distancias críticas entre presas, considerando para el cálculo sólo la variable de pendiente del terreno. El técnico en conservación de suelo, al estudiar el diseño, deberá analizar e interpretar las características edafológicas del suelo y climáticas del área, y en base a ellas definir la distancia a la cual deberá ubicarse las presas.

CUADRO N° 4

Distancia crítica entre barreras, según pendiente del terreno

Pendiente del Terreno (%)	Distancia crítica entre presas (mts.)
0 - 4	125
4 - 8	90
8 - 10	60
10 - 12	30
12 - 14	25
14 - 20	20

3. ZANJAS DE DESVIACION Y CAMINOS DE AGUA

Las zanjás de desviación y caminos de agua son dos prácticas complementarias de conservación de suelos.

Las zanjás de desviación se pueden definir como pequeñas acequias que se construyen con la finalidad de detener y conducir las aguas de escorrentía hacia desagües mayores (caminos de agua).

A su vez los caminos de agua son canales de desagüe, cuya finalidad es recoger las aguas captadas por las zanjás de desviación o terrazas; y conducir las hacia un lugar en el cual no produzcan daños de erosión.

3.1 Descripción

Las zanjás de desviación y caminos de agua son prácticas de conservación de suelos que deben ser utilizadas en los cultivos de baja densidad de siembra, y en aquellos casos en que la pendiente sea mayor al 10%, donde pueden actuar como complemento de cultivos en contorno.

3.1.1 Zanjás de Desviación

Las zanjás de desviación, al estar adecuadamente diseñadas, pueden llegar a controlar aproximadamente el 60% de la erosión hídrica que se producirá en un terreno desprotegido. Para alcanzar estos niveles debe tenerse especial cuidado en el diseño y principalmente en lo referente a distancia entre zanjás, tamaño, desnivel, largo y protección de ellas.

La distancia que debe existir entre una zanja de desviación y otra, está directamente relacionada con la pendiente del terreno.

En función de esta variable debe calcularse cuál es la distancia mínima que debe recorrer el agua para obtener una velocidad de escorrentía turbulenta; el resultado de este cálculo determina la distancia que debe existir entre zanjás. Especial cuidado hay que tener al realizar este cálculo, ya que de ubicarse las zanjás a una distancia mayor a la recomendada se producirá erosión, y si las zanjás se ubican a una distancia menor a la recomendada existe una pérdida económica para el usuario, tanto en jornadas hombre en la construcción del diseño como en pérdida de suelo cultivable.

El tamaño o dimensión de las zanjás depende de la intensidad de precipitación en la zona, del coeficiente de escorrentía superficial,

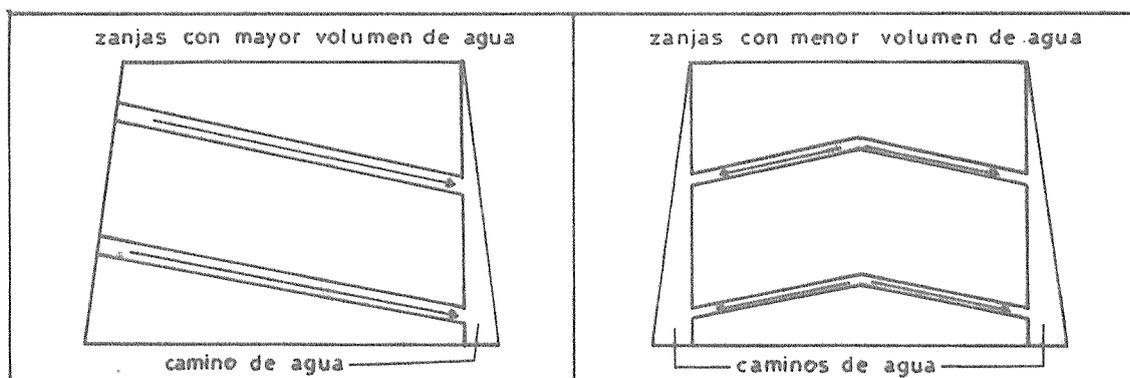
del largo de las zanjas, de la distancia que existe entre ellas; y del desnivel que se les dé a las zanjas. Las cuatro primeras variables determinan la cantidad de agua que captará cada zanja en todo su largo; mientras que el desnivel junto con la sección de la zanja, establecen la velocidad y caudal de desagüe.

El desnivel, ancho y profundidad de las zanjas de desviación debe ser suficiente para permitir la conducción del agua captada hacia los caminos de agua. En este punto hay que tener especial cuidado en que el desnivel y sección de las zanjas sean tales que la velocidad de conducción del agua no sea erosiva.

Si para cumplir con la condición señalada, las dimensiones y pendientes de las zanjas resultaran exageradas, se recomienda reducir la superficie protegida por cada zanja, vale decir disminuir el volumen de agua que captará. Para lograrlo, se deberá construir un mayor número de caminos de agua.

FIGURA Nº 7

Ubicación de los caminos de agua, en función del volumen de agua que recopilarán las zanjas de desviación

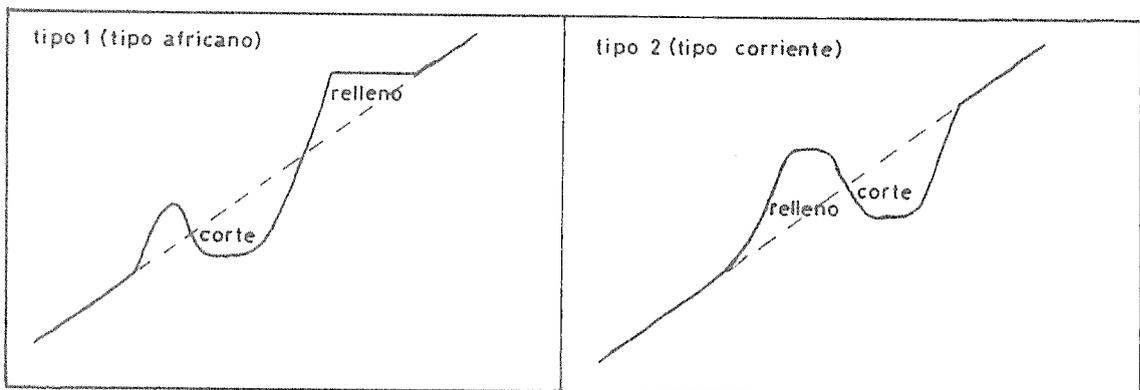


Una vez terminado el estudio del diseño, vale decir, determinada la distancia que existirá entre zanjas, su largo, ancho y profundidad, la pendiente o inclinación que tendrán, y el número de caminos de agua que se utilizará, se procede al trazado y construcción del sistema en el terreno. El trazado se realiza mediante el empleo del nivel de "A", él que previamente ha sido graduado para indicar la pendiente deseada (Apéndice 1).

Las zanjas pueden tener distintas formas, pero la forma parabólica ha resultado la de más fácil construcción y mantención; dentro de ellas, existen dos tipos: la africana, que se caracteriza por tener una pequeña plataforma en su parte superior, por lo que requiere mayor número de jornadas hombres para su construcción; y la corriente que sólo tiene un camellón en su borde inferior y por lo tanto su costo de construcción es menor.

FIGURA Nº 8

Tipos de Zanjas Parabólicas



Las zanjas deben ser protegidas con el fin de evitar su erosión y permitir su desagüe a una mayor velocidad. Existen dos mecanismos de protección: empastado o cultivo de las zanjas y/o formación de barreras vivas. El primero consiste en plantar chambas de kiku-yo en la base y bordes de las zanjas, con el fin de evitar su erosión. En caso de no existir en la zona este material se puede reemplazar por semilla de pasto de rápido crecimiento (Ray Grass italiano o inglés, Pasto Azul 1/ etc.), o sembrar las zanjas con cultivos anuales densos tales como trigo y cebada. El segundo, consiste en plantar barreras de especies arbustivas nativas en el borde superior externo de la zanja (chanchilva, cabuya, etc. 2/), las cuales por un lado disminuyen la velocidad de escorrentía del agua, permitiendo así la sedimentación del material erosionado tras la barrera; y por otro, formar con el tiempo una pequeña terraza natural.

3.1.2 Camino de agua

La única función de los caminos de agua, es conducir adecuadamente

1/ Lolium multiflorum, Lolium perenne, Doctylus glomerata

2/ Cassia canescens, y Agave sp,

el agua captada por las zanjas de desviación o terrazas hasta un lugar donde no exista peligro de erosión, entre los cuales se puede señalar: reservorios, lagunas, quebradas, rios, etc.

Los caminos de agua se deben construir en aquellos terrenos que carecen de un lugar adecuado donde desaguar directamente las zanjas de desviación o terrazas. Para abrir un camino de agua se debe preferir aquellos lugares donde ya existe un surco o cárcava de erosión, ya que ellos sirven como desagües naturales, y con pequeñas modificaciones y protección, pueden convertirse en excelentes caminos de agua.

El tamaño de los caminos de agua estará determinado por la pendiente del terreno, el largo del camino de agua, los volúmenes de agua que por éste se desaguarán, y la velocidad de conducción. El análisis conjunto de todas las variables anteriormente señaladas, determinará la sección (ancho y profundidad) que deberá tener una sección creciente a medida que avanza en su recorrido, y por ende, capta las aguas de un mayor número de zanjas o terrazas.

Los caminos de agua deben soportar altas velocidades de conducción, por lo que el peligro de que se erosione es considerable. Por este motivo, se recomienda protegerlos lo mejor posible para lo cual se debe considerar como mínimo el enchampado de su base y bordes con un pasto resistente (kikuyo, grama, pasto de la virgen 1/), y/o poner barreras a distancias regulares con la finalidad de reducir la velocidad del agua. Sin embargo, en terrenos con pendientes mayores al 20%, las medidas anteriormente expuestas no darán resultados, por lo que los caminos de agua deberán ser revestidos en cemento, piedras, con un plástico de gran resistencia y durabilidad, u otro material equivalente.

3.2 Diseño

3.2.1 Zanjas de Desviación

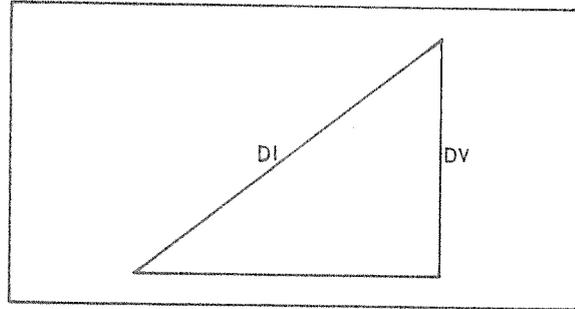
En el diseño de las zanjas de desviación, se debe tener cuidado en el cálculo de: distancia entre zanjas, forma, tamaño e inclinación de ellas.

Distancia entre zanjas: lo primero que hay que determinar es la distancia que existirá entre una zanja y otra. Para ello es necesario calcular las distancias verticales o diferencial de altitud que deberá existir entre zanjas; y en base al resultado de la operación anterior cuantificar la distancia que tendrán las zanjas en el terreno.

1/ Pennisetum clandestinum, Paspalum notatum, Cynodon spp.

FIGURA N° 9

Distancia inclinada, o distancia entre zanjas



$$DV = \frac{S}{10} + 2$$

$$DI = \frac{DV \times 100}{S}$$

$$DI = \frac{200}{S} + 10 \quad (1)$$

Donde: DV: Distancia vertical o diferencial de altitud entre zanjas. (mts)
DI: Distancia inclinada o distancia real entre zanja. (mts.)
S : Pendiente del terreno (%).

Al aplicar estas fórmulas para distintas pendientes se obtienen los siguientes resultados:

CUADRO N° 5

Distancia vertical y distancia inclinada que tendrán las zanjas de desviación, según la pendiente del terreno

Pendiente del terreno (%)	Distancia vertical (mts.)	Distancia inclinada (mts.)
10	3	30
20	4	20
30	5	17
40	6	15
50	7	14
60	8	13
70	9	13

Del cuadro se infiere que a mayor ángulo de inclinación del terreno, la distancia indicada entre zanjas será menor. Este hecho se explica al considerar que a mayor inclinación del terreno, el agua de escorrentía alcanzará velocidades turbulentas en una menor distancia de recorrido.

Tamaño de las zanjas : La determinación del tamaño de las zanjas, depende de la intensidad de precipitación de la zona; del coeficiente de escorrentía del suelo; del largo de la zanja; de la distancia que existe entre zanjas; del ancho y profundidad de las zanjas; y del desnivel o pendiente que ellas tendrán. Las cuatro primeras variables determinarán la cantidad de agua que captará la zanja, mientras que las restantes, el caudal y velocidad de conducción que ellas tendrán.

Al analizar conjuntamente lo anterior, se puede determinar la sección que deberán tener las zanjas para evacuar eficientemente las aguas captadas. El cálculo para determinar la sección de las zanjas (ancho, y profundidad), se puede subdividir en dos, cuantificación del agua que captará cada zanja, o capacidad de las zanjas; y características y dimensiones que deberán tener las zanjas para evacuar en forma adecuada el agua captada por ellas.

Para determinar la capacidad de las zanjas es necesario recopilar algunos antecedentes secundarios como nivel e intensidad de precipitación de la zona (en lo posible series históricas de 10 o más años), realizar algunos estudios de campo (coeficiente de infiltración de agua por parte del suelo, y por ende del nivel de escorrentía); en base a estos y otros datos es posible cuantificar la capacidad de las zanjas o volúmenes de agua que captarán. Ello se logra al aplicar la siguiente fórmula:

$$SP = DI \times Lz$$
$$Cz = \left(\frac{P \times E}{3.600.000} \right) SP$$

$$Cz = \left(\frac{P \times E}{3.600.000} \right) (DI \times Lz) \quad (8)$$

Donde:

- SP : Superficie protegida por cada zanja (mts²)
- DI : Distancia inclinada o distancia real entre zanjas (mts.)
- Lz : Longitud total de la zanja (mts.).
- Cz : Capacidad de las zanjas o volumen de agua recopilada por cada zanja (mts³/seg).
- P : Intensidad de precipitación (mm/hora)
- E : Coeficiente de escorrentía

Una vez cuantificada la capacidad de las zanjas, se procede a realizar el segundo cálculo, vale decir, cuantificar las características y dimensiones que deberán tener las zanjas para evacuar adecuadamente el agua captada por ellas. Para ello, primero se debe determinar la velocidad máxima permitida de conducción de agua que puede soportar la zanja, para posteriormente cuantificar el desnivel, ancho y profundidad que se le deberá dar a las zanjas con el fin de que desagüen las aguas a la velocidad máxima permitida.

La velocidad de conducción del agua en ningún caso podrá ser erosiva, la velocidad máxima no erosiva que puede soportar una zanja está directamente relacionada con la estructura y textura del suelo, y con el tipo de protección que tenga la zanja. De esta manera las velocidades máximas permitidas son crecientes a medida que los suelos son más pesados, y la protección de las zanjas de mejor calidad.

Según estudios realizados por el Servicio de Conservación y Manejo de Suelos y Agua (COMSA) ^{1/}, las velocidades máximas que puede alcanzar el agua es de 0,3 mts/seg. para suelos arenosos y desprotegidos de vegetación, y 2,5 mts/seg. para suelos arcillosos con buena cobertura. Para determinar la velocidad máxima de conducción de agua en las zanjas, el técnico en conservación suelos deberá utilizar los valores entregados por COMSA para cada tipo de suelo y cobertura (Apéndice 2).

El desnivel, ancho y profundidad que deberán tener las zanjas con el fin de permitir su adecuado desagüe a la velocidad máxima recomendada por COMSA para cada tipo de suelo y cobertura, se calcula en función de una serie de fórmulas de hidrología. Este cálculo tiene un alto grado de dificultad ya que todas las variables anteriormente señaladas están íntimamente relacionadas entre sí, por lo que existen varias alternativas de dimensiones e inclinación de zanjas para una misma capacidad y velocidad de desagüe; algunas de las cuales puede ser irracionales para un determinado propietario agrícola por el alto costo de construcción que ellas requieren, o por el alto porcentaje de suelo cultivable ocupado en zanjas.

Por lo anterior es aconsejable evitar la construcción de zanjas muy anchas y/o profundas. Si en un caso específico las dimensiones de las zanjas resultaran exageradas o antieconómicas, se deberá estudiar la posibilidad de construir un número mayor de caminos de agua con lo que se disminuirá la longitud de las zanjas, y los volúmenes de agua que cada una de ellas recogerá.

Lo anterior también se puede lograr disminuyendo la distancia inclinada entre zanjas, sin embargo, este mecanismo es poco recomendable ya que se aumenta innecesariamente la superficie "no culti-

^{1/} Proyecto COMSA: Curso de Conservación de Suelos y Aguas.

vable".

Como se dijo con anterioridad, existen varias alternativas de diseño de zanjas para una misma finca, por ello el técnico en conservación de suelo debe poner especial cuidado en sus cálculos, de manera de buscar siempre la mejor alternativa técnica, y a la vez, de menor costo para el campesino.

Dentro de los principales factores que inciden en el costo del sistema de zanjas de desviación y caminos de agua son: ancho de las zanjas; profundidad de las zanjas, y número de caminos de agua que se deberá construir. Los tres factores enunciados inciden en el número de jornadas hombres que se utilizará en la construcción; mientras que en el caso del ancho de la zanja, a lo anterior se suma la pérdida de suelo cultivable. Es por estos motivos, que el técnico debe siempre preferir el diseño que implique menor ancho de zanjas y menor requerimiento de mano de obra, sin por ello olvidar el aspecto técnico del diseño.

Con el fin de facilitar el cálculo de diseño de un sistema de zanjas de desviación, en el Apéndice 3 se adjunta y explica el uso de dos series de tablas. A través de ellas se puede determinar la capacidad y velocidad de desagüe que tendrán las zanjas según su ancho, profundidad, pendiente, y coeficiente de pérdida de carga por rozamiento.

Cabe hacer notar que las secciones máximas de zanjas calculadas en las tablas, corresponden a las recomendadas por la experiencia adquirida en terreno, lo que en ningún caso significa que no se puedan diseñar y construir zanjas con características y dimensiones diferentes a las estipuladas en las tablas.

3.2.2 Caminos de agua

El camino de agua es una práctica complementaria de conservación de suelo para sistemas de zanjas de desviación, terrazas y cultivos en contorno cuando se ha contemplado el desagüe de parte del agua acumulada en los surcos.

El adecuado diseño y construcción de los caminos de agua es de suma importancia, ya que si ellos se subdimensionan, o su construcción es inadecuada, se afectará la evacuación expedita de las aguas captadas por las zanjas, terrazas, o surcos; y obstaculizará o impedirá que las obras de conservación de suelo cumplan en forma satisfactoria su finalidad.

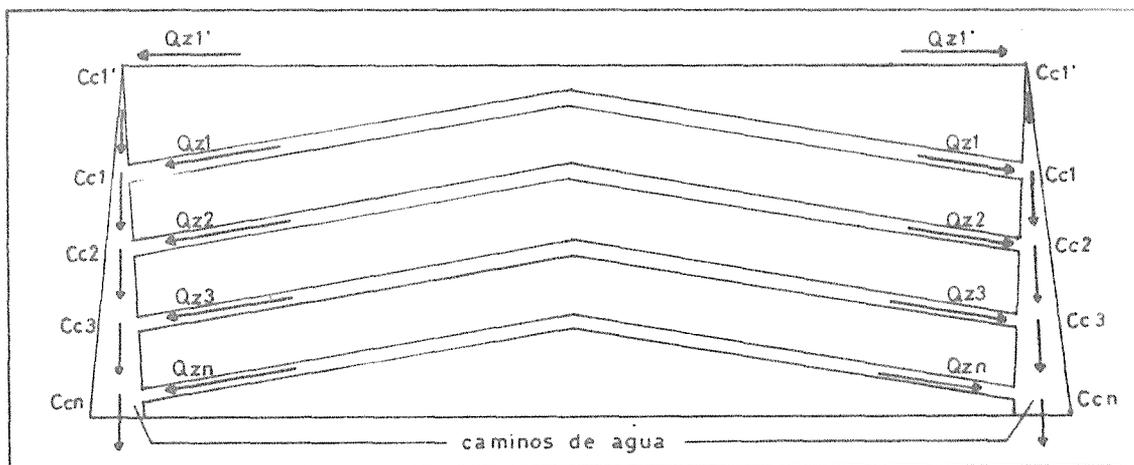
El cálculo para diseñar caminos de agua se subdivide en dos etapas; la primera, consiste en cuantificar la capacidad que deberá tener el camino de agua; y la segunda en determinar las características y dimensiones que deberá tener el camino de agua, en todos y cada

uno de sus puntos, con la finalidad de conducir adecuada y eficientemente las aguas captadas de sus afluentes.

La capacidad del camino de agua está dado por la sumatoria de caudales que recogerá a lo largo de su trayectoria, provengan ellos de zanjas, terrazas o surcos. De esta manera, la capacidad del camino de agua será creciente en la medida que sirva a un mayor número de afluentes.

FIGURA N° 10

Diseño de caminos de agua



Para determinar la capacidad de los caminos de agua se aplica la siguiente formula:

$$C_{c1'} = Q_{z1'}$$

$$C_{c1} = Q_{z1'} + Q_{z1}$$

$$C_{cn} = Q_{z1'} + Q_{z1} + \dots + Q_{zn} \quad (9)$$

Donde: $Q_{z1'}$: Caudal de borde campo, controla la escorrentía del terreno superior al estudiado (mts³/seg.)

$Q_{z1} \dots Q_{zn}$: Caudal de las desviaciones, afluentes del camino de agua (mts³/seg.).

$C_{c1'}$: Capacidad que debe tener el camino de agua en el borde de campo (mts³/seg.).

$C_{c1} \dots C_{cn}$: Capacidad que debe tener el camino de agua después de recibir el caudal de desviación (mts³/seg.).

Determinada y cuantificada la capacidad que deberá tener el camino de agua después de recibir cada afluente, se puede proceder a realizar la segunda etapa del cálculo, vale decir, determinar las características y dimensiones que deberá tener en todos y cada uno de sus puntos. Para ello, lo primero que se debe definir es la o las inclinaciones que tendrá el camino de agua a lo largo de su trayectoria, y la velocidad recomendada para el tipo de canal que se pretende construir.

El desnivel estará dado únicamente y exclusivamente por la pendiente y topografía del terreno que atravieze el camino de agua. La velocidad de conducción recomendada depende del tipo de suelo y del grado de protección que tenga el camino de agua para evitar su erosión.

Estudio realizado por COMSA ^{1/} plantea velocidades de conducción de agua que varían desde 1,5 mts³/seg., para caminos de agua de arena muy liviana y con muy buena cobertura, hasta 2,5 mts³/seg., para canales conglomerados con cemento fuerte. Sin embargo, para caminos de agua encementados, la velocidad de conducción puede ser mucho mayor.

Al diseñar los caminos de agua, el técnico deberá basarse en las velocidades máximas recomendadas para el tipo de suelo en el cual se construirá el canal, y el tipo de cobertura proyectada para éstos.

Definida la inclinación que tendrá el camino de agua a lo largo de su trayectoria, y las velocidades máximas de conducción que puede soportar, se procede a calcular cuál debe ser el ancho y profundidad que deberá tener la corriente de agua en cada sección para evacuar eficientemente el agua captada por sus afluentes.

Este cálculo se basa en los mismos criterios técnicos e hídricos utilizados para cuantificar la sección de las zanjas de desviación. Las diferencias entre ambos, son que para el caso de los caminos de agua es necesario cuantificar y definir la sección del canal para cada punto de intersección que éste tenga con zanjas, terrazas o surcos; que los valores de inclinación y velocidad máxima de conducción erosionable serán mayores; y que el coeficiente de pérdida de carga por rozamiento tendrá valores menores en caso de estar el camino de agua recubierto en cemento, plástico o piedra, y mayores si su cobertura fuera de enchambado de buena calidad.

En el Apéndice 3, se adjunta y explica el uso de siete tablas, a través de las cuales se puede determinar la capacidad y velocidad de conducción que tienen los caminos de agua, en función del ancho, profundidad e inclinación; para un coeficiente de pérdida de carga por rozamiento.

^{1/} Proyecto COMSA, Curso de Conservación de Suelos y Agua.

miento de 0,08 correspondiente a una cobertura con pasto de buena calidad y crecimiento 30-40 cms. Cabe hacer notar que en caso de no encontrarse en las tablas los valores buscados de capacidad de camino de agua y velocidad de conducción, el técnico en conservación de suelos tiene dos alternativas: ensanchar el camino de agua y por lo tanto, la corriente de agua, o revestir él o los tramos de caminos que presenten problema.

4 . TERRAZAS

La terraza es el sistema o práctica más eficiente para controlar la erosión hídrica de los suelos, y se define como la práctica de conservación de suelo mediante la cual se suprime la incidencia que tiene la pendiente del terreno en la erosión hídrica de los suelos.

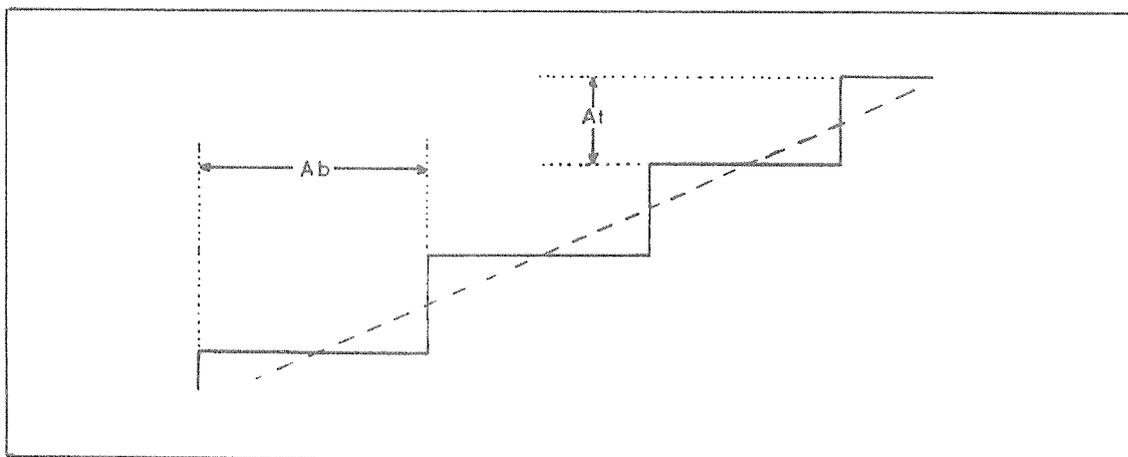
4.1 Descripción

Las terrazas se pueden clasificar de acuerdo a la función que ellas cumplen, a su forma, o al uso que a ellas se les da, sin embargo, y con el fin de facilitar el análisis del presente documento, se utilizará la clasificación según las distintas formas que pueden tomar las terrazas. Bajo esta premisa, las terrazas pueden ser: de banco, de huerto, e individuales.

- 4.1.1 Terrazas de banco: Son franjas o bancos horizontales sucesivos que se construyen en forma perpendicular a la pendiente. Las franjas están separadas por taludes que corresponden a la distancia vertical que existe entre franjas y que a su vez sostiene el banco de la terraza. En términos generales se puede decir que las terrazas de banco se asemejan a las escaleras de una pirámide, donde la base del peldaño (banco) puede tomar distintos anchos y formas.

FIGURA N° 11

Terrazas de Banco



Donde: At: Altura del talud (mts)
Ab: Ancho del banco (mts)

Dentro de la clasificación de terrazas de banco, existen varios tipos de acuerdo al ancho del banco, su inclinación vertical y horizontal y la función que cumple (Figura 12 y 13).

De acuerdo al ancho del banco existen dos alternativas, anchas y angostas; la primera se puede construir en aquellos terrenos de pendientes suaves, y permiten el empleo posterior de maquinaria agrícola; las segundas corresponden a aquellos terrenos de pendientes fuertes, y que en casos extremos no permiten el uso de maquinaria agrícola.

La inclinación vertical y horizontal que tomen los bancos depende de las características pluviométricas existentes en la zona. Es así como en zonas de bajos niveles de pluviosidad y sin posibilidad de riego artificial, los bancos de las terrazas deberán ser vertical y horizontalmente planos con el fin de aprovechar al máximo las aguas lluvias; en zonas de altos niveles y/o intensidad de precipitación, los bancos deberán construirse con inclinación interior e inclinación horizontal, de manera de conducir el exceso de aguas lluvias hasta los caminos de aguas o desagües.

Los bancos con inclinación vertical exterior corresponden a una aproximación de terraza, ya que se diseñan de esta manera con la finalidad de disminuir los costos de construcción. Este tipo de banco se diferencia de los demás, por que no suprime totalmente el efecto que tiene la pendiente del terreno en la erosión hídrica de los suelos, permitiendo algún grado de erosión que en todo caso es menor al que se produciría de no hacerse ningún control.

Las terrazas de banco, de acuerdo a la función que cumplen, se pueden subdividir en dos tipos, con bancos de desviación y con bancos de infiltración. Los de desviación corresponden a los descritos para zonas de altos niveles y/o intensidad de precipitación. Los de infiltración se subdividen a su vez, en dos, de infiltración de precipitación pluvial, y de infiltración de riego artificial. Los primeros ya han sido descritos y corresponden a banco vertical y horizontalmente planos; los segundos, sólo se diferencian de los de infiltración pluvial por tener en el extremo externo un camellón, con el fin de poder regar el cultivo mediante un sistema de borde. (Figura N° 13).

En las terrazas de banco, a diferencia de otro tipo de terrazas, se puede realizar todo tipo de cultivo, tales como hortalizas, cultivos anuales, praderas artificiales, frutales, e incluso especies forestales. Sin embargo, por el alto costo que tiene la construcción de este tipo de terrazas, se recomienda siempre utilizarla para los cultivos más rentables de la zona.

FIGURA N° 12

Tipo de Terrazas de Banco, de acuerdo al ancho
e inclinación vertical del banco

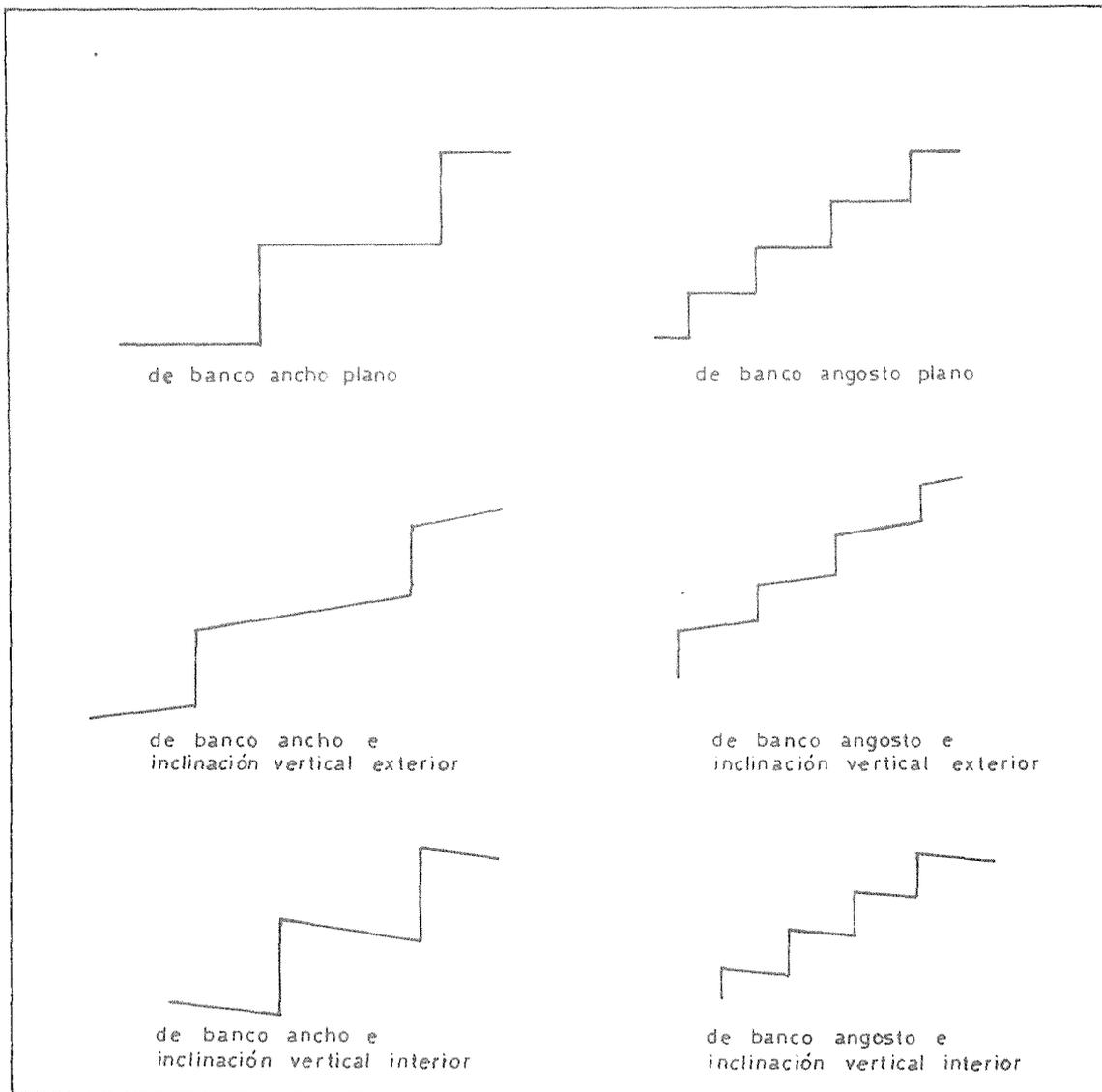
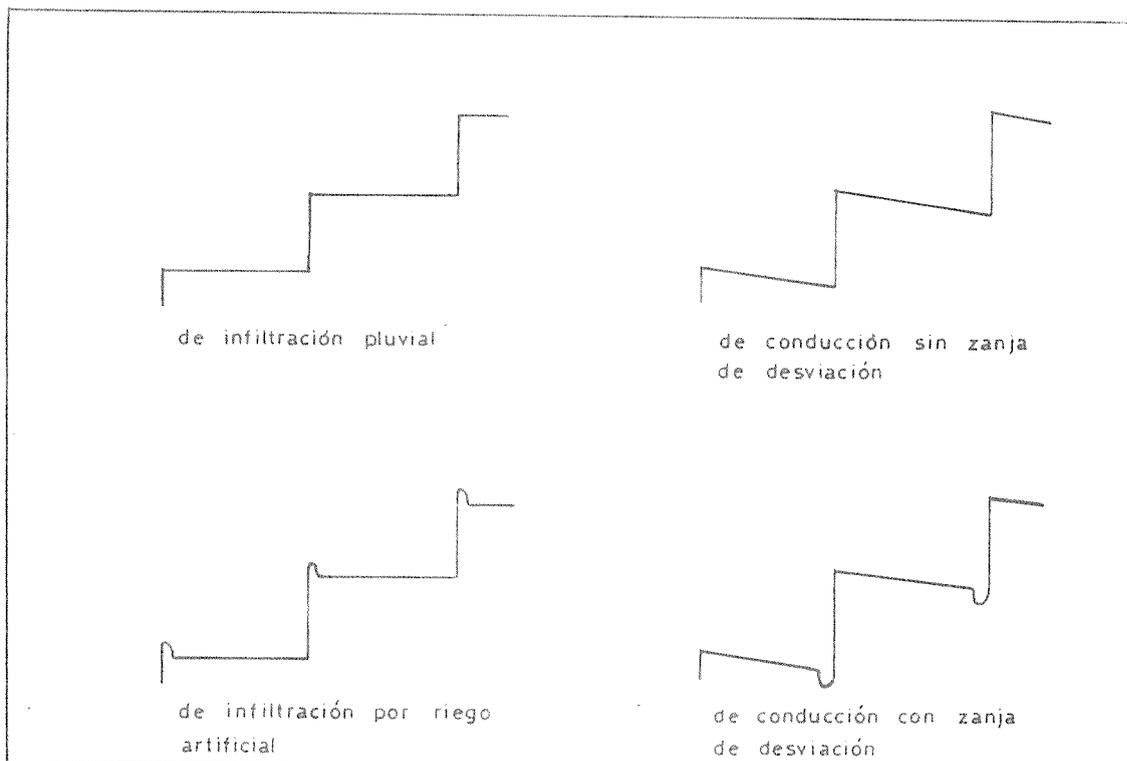


FIGURA N° 13

Tipo de Terrazas de Banco, de acuerdo a la
función que cumplen



El sistema de terrazas de banco puede llegar a controlar el 100% de la erosión hídrica de los suelos. Para ello es necesario tener especial cuidado en el diseño y posterior construcción de ellas, principalmente en lo referente al ancho e inclinación del banco, y calidad del talud.

El ancho del banco está directamente relacionado con la pendiente del terreno. En función de esta variable, se debe calcular cuál es el ancho máximo que puede tener el banco, de manera que el talud no sobrepase 1,8 a 2,0 mts. de altura, en el caso de ser éste de tierra. Cabe hacer notar, que el ancho del banco puede ser menor al ancho máximo calculado, de acuerdo al uso que se proyecta darle al suelo, y a la solvencia económica o disponibilidad de mano de obra del propietario de la finca. Por otro lado, a mayor pendiente del terreno el ancho máximo que puede tener el banco irá decreciendo proporcionalmente pudiendo llegar un momento en que sea imposible la utilización de maquinaria. El largo o longitud de los bancos de infiltración estará dado por los límites y forma de la finca, y/o por los resultados del estudio de riego que se realice en caso de ser bancos de infiltración de riego artificial. En los bancos de conducción, el largo de ellos dependerá de los niveles de intensidad de precipitación de la

zona, ancho del banco, coeficiente de escorrentía del suelo, velocidad máxima de conducción de agua que puede soportar el banco sin que ella sea erosiva, desnivel que se le dé al banco, y ancho y profundidad de conducción de la corriente de agua. (ver capítulo III, "Zanjas de Desviación y Caminos de Agua").

La pendiente vertical de los bancos de conducción recomendada por la bibliografía consultada es de 5% y 10% para bancos anchos y angostos respectivamente; estas cifras impiden una erosión laminar, a la vez que permiten una adecuada infiltración por parte del suelo. La inclinación horizontal, o desnivel de los bancos con relación a las curvas de nivel, dependerá de los volúmenes de agua necesarios de desaguar, de la sección de la corriente de agua, del coeficiente de pérdida de carga por rozamiento de los suelos, y de la velocidad máxima de conducción recomendada (ver capítulo III "Zanjas de Desviación y Caminos de Agua".)

Es necesario recordar que todo sistema de terrazas de bancos de conducción o de infiltración por riego artificial necesariamente debe contar con un sistema de caminos de agua para conducir los derrames en forma adecuada hasta un lugar seguro. La construcción y diseño de los caminos de agua ha sido ampliamente explicado en el capítulo referente a zanjas de desviación, y es aplicable al de terrazas.

La construcción del talud en el sistema de terrazas es el aspecto clave, ya que éste sostiene el banco, soportando una gran presión. Los taludes de tierra, en ningún caso deben sobrepasar 1,8 o 2,0 mts. de altura, y en lo posible deben tener una pequeña inclinación con respecto a la vertical, siendo lo ideal una relación 0.75: 1 y 1: 1 para construcciones a mano y máquina respectivamente 1/. Los taludes de tierra deben ser protegidos para evitar su desmoronamiento por efecto de acciones mecánicas o climáticas, para ello se recomienda empastarlos con especies de buen crecimiento radicular. Otro sistema de construcción de taludes consiste en el empleo de piedras o ladrillos para levantar una pared, lo que permite el diseño de taludes de mayor altura, y el cultivo de una mayor proporción de suelo por hectárea, ya que sólo se ocupa el terreno correspondiente al ancho de la pared.

En el caso que las terrazas que se proyectan construir sean de bancos de conducción o de infiltración por riego artificial, el técnico deberá realizar los estudios necesarios para diseñar los caminos de agua correspondientes. Para ello deberá basarse en lo señalado sobre el tema en el Capítulo III "Zanjas de Desviación y Caminos de Agua".

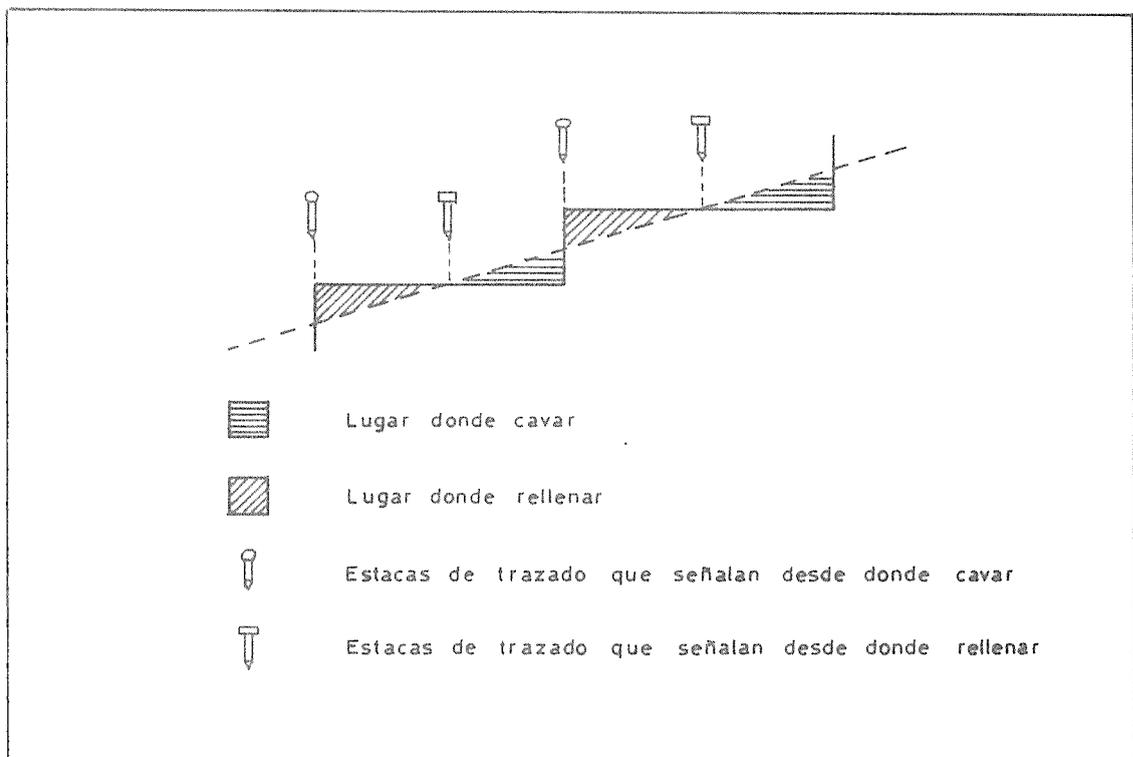
Una vez diseñado el sistema de terrazas de banco-camino de agua, se procede a su trazado y construcción. El trazado de los bancos se puede realizar usando el nivel de "A", para lo cual se deberá estacar dos líneas por banco; la primera indicará desde donde hay que cortar la pendiente, y la segunda desde donde rellenar (Figura 14).

1/ La primera cifra corresponde a la horizontal del talud, y la segunda a la vertical.

El trazado se deberá iniciar siempre desde la parte más alta de la parcela hasta la más baja. Una vez terminado, es necesario corregir la posición de las estacas en caso de que las líneas que forman ellas sean demasiado curvas y/o si la distancia entre líneas de estas estacas es muy irregular.

FIGURA N° 14

Trazado de terrazas

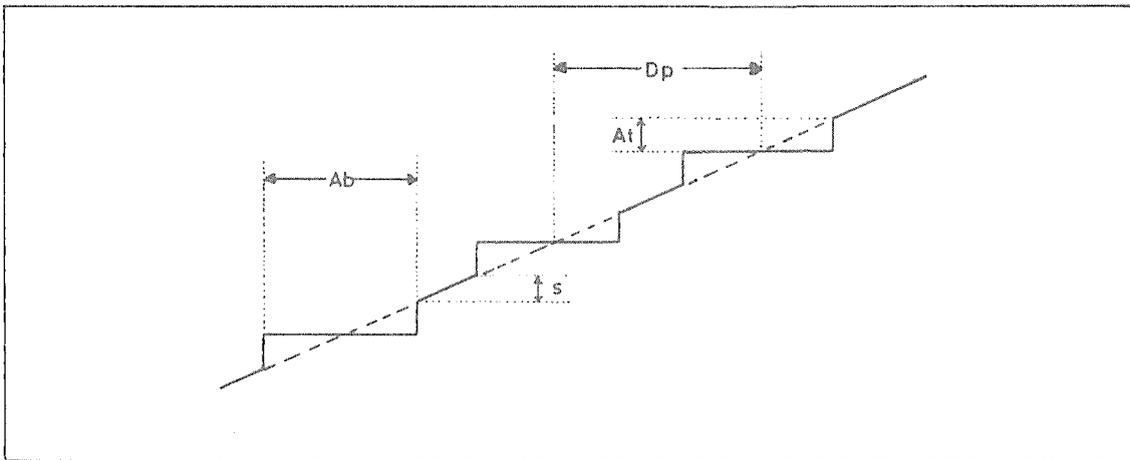


En la construcción de las terrazas se debe tener la precaución de no perder la capa arable del suelo al realizar el movimiento de tierra. Para ello existen dos maneras que si bien es cierto, implica mayores costos, se justifican si se considera que ello evitará cultivar suelos pobres en materia orgánica. Una consiste en el empleo de maquinaria, para lo cual es necesario remover primero la capa arable del suelo y juntarla en un lugar determinado, posteriormente se construyen las terrazas para enseguida redistribuir la capa arable en los bancos de las terrazas. La otra cuando no se emplea maquinaria se comienza la construcción en la parte baja del predio arrojando siempre la capa arable al banco inmediatamente inferior.

- 4.1.2. Terrazas de huerto: Son franjas o bancos horizontales que se construyen en forma perpendicular a la pendiente, distanciados uno de otro de acuerdo a la distancia de plantación entre hilera de los frutales. Por lo anterior, en este tipo de terrazas existen tramos en que se mantiene la pendiente original del terreno.

FIGURA N° 15

Terrazas de Huerto



Donde: Dp: Distancia de plantación de la especie frutal o forestal (mts)
At: Altura del talud (mts).
Ab: Ancho del banco (mts).
S : Pendiente original del terreno (%).

Todas las terrazas de huerto se clasifican como de conducción. Ya que en el espacio interbanco se mantiene un tramo de terreno con la pendiente original donde se producirá escorrentía de aguas lluvia, que una vez captadas por los bancos, deberán ser conducidas hasta los caminos de agua; ya que en la mayoría de los casos el establecimiento de huertos frutales necesariamente debe contemplar el riego, en cuyo caso el banco de la terraza debe ser de conducción de agua. Es por ello que todas las terrazas de huerto tienen sus bancos con una inclinación vertical y horizontal, y cuyas características no difieren de las 'Terrazas de Banco' con bancos de conducción.

El ancho máximo del banco, al igual que en el caso de las "Terrazas de Banco", está dado por la pendiente del terreno y la altura máxima que puede tener el talud (1,8 - 2,0 mts). Sin embargo, no siempre será necesario darle al banco el ancho máximo, sino que el diseñador del

sistema deberá determinarlo en función del ancho de la copa del frutal de que se trate, y de la profundidad de la capa de suelo existente.

Con relación a lo anterior, es recomendable que el ancho del banco sea mayor al diámetro de la copa del árbol para facilitar las labores culturales y cosecha. El ancho del banco tiene relación directa con el volumen de tierra necesaria de extraer para formar las terrazas; de esta manera, hay que tener especial cuidado en que los árboles dispongan de una adecuada profundidad de suelo.

El intervalo entre bancos estará dado por la distancia de plantación de la especie frutal; sin embargo, este espacio podrá ser algo menor que en terrenos planos, al existir un desnivel entre una hilera y otra.

En los intervalos interterrazas, en los cuales se mantiene el suelo e inclinación original del terreno, se deberá sembrar un cultivo denso para que compacte el suelo y así minimizar su erosión.

Es necesario recordar que las terrazas de huerto al presentar sus bancos una inclinación horizontal, deberan ser complementadas con un sistema de caminos de agua para extraer el exceso de riego o pluviosidad. En el capítulo III "Zanjas de Desviación y Caminos de Agua" se ha tratado este tema en extenso.

Por último el trazado y construcción de terrazas de huerto no difiere del señalado para el caso de las terrazas de banco.

4.1.2 Terrazas Individuales: Son pequeñas plataformas que se construyen en forma perpendicular a la pendiente, y en las cuales se planta un árbol frutal o forestal. El intervalo de las plataformas individuales entre y sobre la hilera está dado por la distancia de plantación de la especie de que se trate.

En general este tipo de terrazas corresponde a la primera etapa de construcción de terrazas de huerto; la segunda etapa consistiría en unir horizontalmente las plataformas individuales, formándose de este manera una franja o banco, y por lo tanto una terraza de huerto.

La construcción de terrazas de huerto a partir de terrazas individuales, tiene una serie de ventajas, dentro de las cuales están: que los costos de construcción se desfasan en el tiempo; que es un sistema adecuado para fincas con poca disponibilidad de mano de obra; y que la plantación de los árboles puede realizarse en un corto tiempo, con lo que se obtiene beneficio económico.

Es necesario señalar que si bien es cierto que las terrazas individuales son útiles para desfasar los costos de construcción de terrazas

de huerto, ellas no son aconsejables como un sistema permanente de control de erosión por el riesgo de pérdida de suelo que existe en los espacios interplataformas.

Los criterios técnicos que deben utilizarse en el diseño, trazado, y construcción de las terrazas individuales son idénticos a los señalados para el caso de terrazas de huerto.

4.2 Diseño

El mecanismo de cálculo de los diseños de terraza de banco y huerto no difieren mayormente. Para el caso de las terrazas individuales el cálculo es exactamente igual al de terrazas de huerto, ya que la diferencia entre ambas sólo radica en que las primeras corresponden a una etapa inicial de construcción de las segundas.

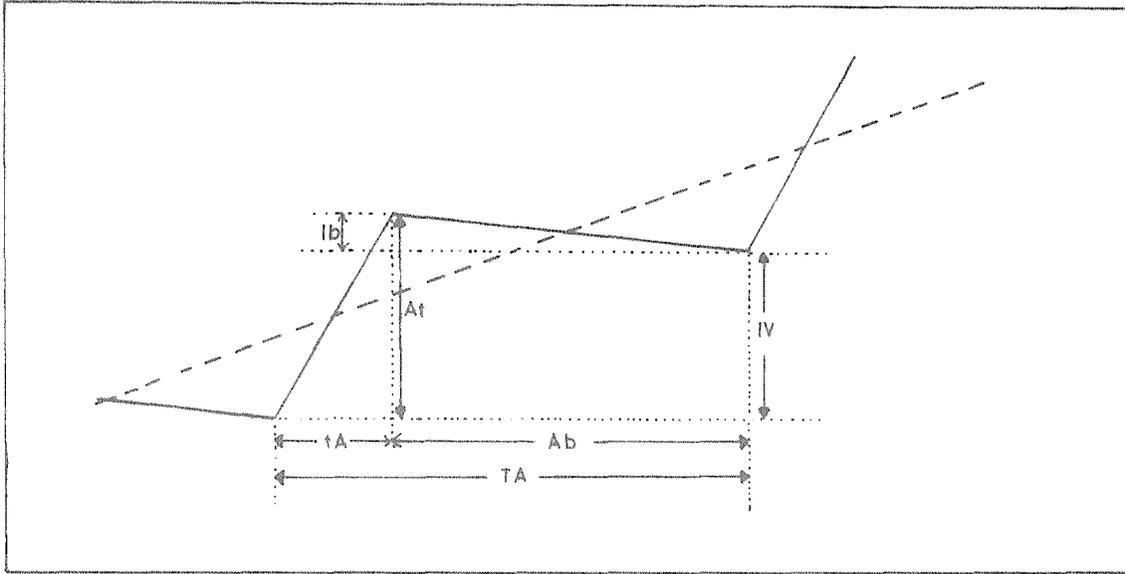
- 4.2.1 Terrazas de Banco: Para el diseño de un sistema de terrazas de banco el técnico debe cuantificar una serie de variables interrelacionadas entre sí. El conocimiento de todas y cada una de ellas permitirá diseñar, trazar y construir terrazas de banco que perduren en el tiempo y cumplan adecuadamente su finalidad y función.

En general se puede decir que existen tres tipos de variables: las primeras o básicas, corresponden a todas aquellas necesarias de cuantificar con el fin de construir cualquier tipo de terrazas de banco; las segundas o de conducción, son las variables que el técnico debe tener presente en el diseño de terrazas de conducción, y de infiltración por riego artificial; y las terceras o de programación, son aquellas variables que proporcionan antecedentes para programar el tiempo y costo de construcción.

Las variables básicas son seis : 1) Distancia vertical entre terrazas, 2) altura del talud, inclinación del talud, 3) ancho del talud, 4) ancho total de la terraza, 5) ancho del banco y 6) inclinación vertical del banco.

FIGURA N° 16

Variables básicas de Terrazas de Banco



$$IV = \frac{S \times Ab}{100 - (S \times I)} \quad (10)$$

$$Ib = Ab \times K \quad (11)$$

$$At = IV + Ib \quad (12)$$

$$tA = At \times I \quad (13)$$

$$TA = Ab + tA \quad (14)$$

Donde: IV : Intervalo vertical entre terrazas (mts)
S : Pendiente del terreno (%)
Ab : Ancho del banco (mts)
I : Inclinación del talud (mts/mts)
Ib : Inclinación vertical del banco (mts/mts)

- K: Constante: 0,05 y 0,10 para bancos anchos y angostos respectivamente.
- At: Altura del talud (mts)
- tA: Ancho del talud (mts)
- TA: Ancho de la terraza (mts)

Como se puede apreciar en la serie de fórmulas expuestas, el cálculo de las variables básicas es bastante complicado, ya que todas ellas están interrelacionadas entre sí; y en donde sólo son datos conocidos la pendiente del terreno, la inclinación vertical de los bancos ($K=0,05$ para bancos anchos; $K= 0,10$ para bancos angostos), y la inclinación del talud (0,75:1, y 1: para taludes de tierra constrictos a mano o a máquina respectivamente, y 0:1 para taludes verticales de piedra o ladrillo). Por lo expuesto, y con el fin de facilitar el diseño de terrazas de banco, en el Apéndice 4 se adjuntan y explica el uso de tablas de cálculo, a través de las cuales el técnico podrá determinar las dimensiones y características que tendrán las terrazas de banco en función de la pendiente del terreno, el ancho del banco deseado, tipo de talud, e inclinación vertical del banco.

Las variables de conducción de agua son: niveles de intensidad de precipitación existente en la zona, coeficiente de escorrentía superficial, largo de la terraza, ancho de la terraza, y desnivel horizontal de las terrazas. Las cuatro primeras variables determinan la cantidad de agua que captará cada banco o capacidad de los bancos; mientras que el desnivel junto con el ancho y profundidad de la conducción de la corriente de agua, establecen el caudal y velocidad de conducción que ellas tendrán hacia los caminos de agua.

Para el cálculo de la capacidad de los bancos, se debe utilizar la misma fórmula que para el caso de zanjas de desviación, quedando ella de la siguiente manera.

$$SP = TA \times LT$$

$$Cb = \left(\frac{P \times E}{3.600.000} \right) SP$$

$$Cb = \left(\frac{P \times E}{3.600.000} \right) (TA \times LT) \quad (15)$$

- Donde:
- SP : Superficie protegida por cada terraza (mts²)
 - TA : Ancho de la terraza (mts)
 - LT : Largo de la terraza (mts)
 - Cb : Capacidad de los bancos (mts³/seg.)
 - P : Intensidad de precipitación (mm/hora).
 - E : Coeficiente de escorrentía

Cabe hacer notar que el técnico debe tener especial cuidado en la determinación del coeficiente de escorrentía, para lo cual es recomendable que realice los estudios de campo.

Cuantificada la capacidad de los bancos se procede a determinar la inclinación horizontal y el largo que se le deberá dar a las terrazas y, el ancho y profundidad que deberá tener la corriente de agua con el fin de que el exceso de agua sea desaguada a la velocidad máxima recomendada para ese tipo de suelos. Este cálculo se realiza de igual forma al señalado para el caso de las zanjas de desviación, con la diferencia que en "terrazas de conducción sin zanjas de desviación"; y de "infiltración por riego artificial" las secciones de la corriente de agua son mayores. (ver capítulo III "Zanjas de Desviación y Caminos de Agua").

Cabe recordar que todas las terrazas clasificadas como de conducción e infiltración por riego artificial, deberán contar con un sistema de caminos de agua. El diseño de ellos ha sido ampliamente explicado en el capítulo de zanjas de desviación.

Las variables de programación son: sección transversal, volumen de movimiento de tierra, jornadas hombre o maquinaria necesarias, y superficie cultivable. La sección transversal junto con el largo de las terrazas determinan los volúmenes de movimiento de tierra necesarios, y por lo tanto los requerimientos de mano de obra o maquinaria, y costos de construcción por hectárea. La superficie cultivable es una variable que permite programar los requerimientos de semillas, fertilizantes, plaguicidas, mano de obra, etc..., que se requerirán para el establecimiento, mantención y cosecha del cultivo que se realizará en las terrazas.

Para calcular estos antecedentes se utilizan las siguientes fórmulas:

$$St = \frac{Ab \times At}{8} \quad (16)$$

$$Vt = LT \times St \quad (17)$$

$$Sc = \frac{LT \times Ab}{10.000} \times 100 \quad (18)$$

Donde: St : Sección Transversal (mts²)
Ab : Ancho del banco (mts)
At : Altura del talud (mts)
Vt : Volumen de tierra por terraza (mts²)
LT : Largo terraza (mts)
Sc : Superficie cultivable (% de una hectárea)

4.2.2 Terraza de Huerto

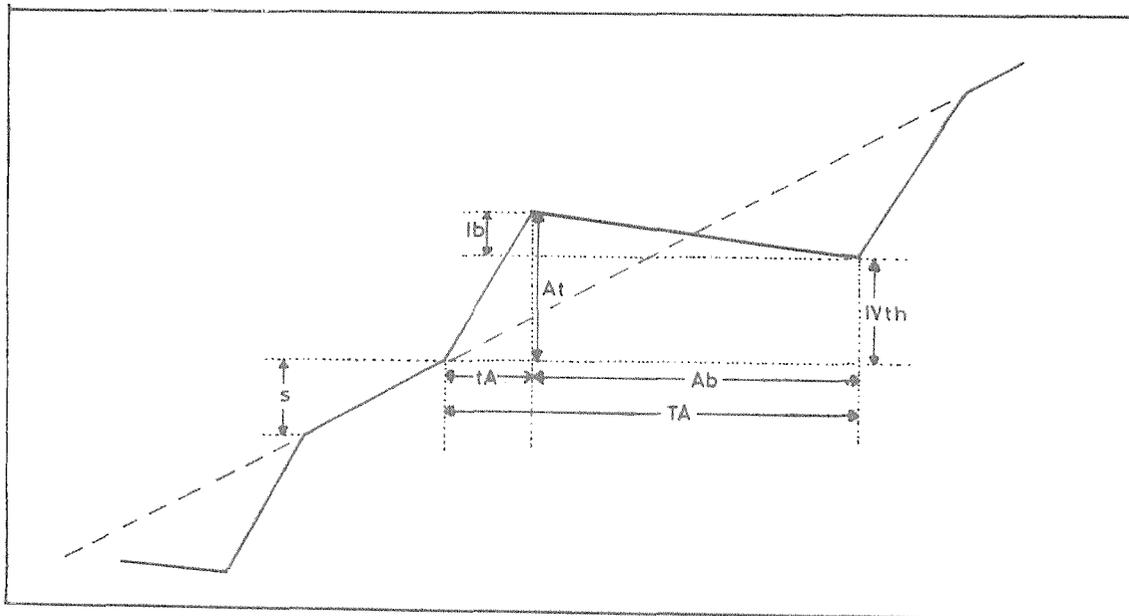
El diseño de un sistema de terrazas de huerto es prácticamente igual al señalado para el caso de las Terrazas de Banco. La diferencia de diseño que se produce entre los dos sistemas se debe a que en las terrazas de huerto existe un tramo interbancos en los cuales se mantiene la pendiente y suelo original del terreno.

El cálculo de las características y dimensiones de las terrazas, a través de las variables básicas, sufre modificaciones en lo referente al intervalo vertical entre terrazas. Esta variable estará dada única y exclusivamente por la distancia de plantación entre hileras del frutal que se establezca.

Con el fin de poder utilizar las mismas tablas de cálculo de terrazas de banco (Apéndice 4), se ha introducido una nueva variable que es el intervalo vertical entre una terraza y la superficie original del terreno que existirá entre terrazas; esta variable es sólo de cálculo, por lo que no se debe utilizar en el diseño y construcción.

FIGURA N° 17

Diseño de Terrazas de Huerto



$$IV_{th} = \frac{1}{2} \frac{S \times Ab}{100 - (S \times I)} \quad (19)$$

$$I_b = Ab \times K \quad (20)$$

$$At = IV + I_b \quad (21)$$

$$tA = At \times I \quad (22)$$

$$TA = Ab + tA \quad (23)$$

Donde: IV_{th} : Intervalo vertical entre la terraza de huerto y pendiente original del terreno (mts).
 S : Pendiente del terreno (%)
 Ab : Ancho del banco (mts).
 I : Inclinación del talud (mts/mts)
 I_b : Inclinación vertical del banco (mts/mts)
 K : Constante: 0,05 y 0,10 para bancos anchos y angostos respectivamente.
 At : Altura del talud (mts)
 tA : Ancho del talud (mts)
 TA : Ancho de la terraza (mts)

Para cuantificar la capacidad que deben tener los bancos de terrazas de huerto, es necesario considerar, además de las variables de conducción señaladas para las terrazas de banco, la escorrentía que se producirá en las franjas de terreno que mantendrán la superficie original del terreno. Las fórmulas que se deberá utilizar para este cálculo, son las siguientes:

$$ST = TA \times LT$$

$$SP_o = AP_o \times LP_o$$

$$SP = ST + SP_o \quad (24)$$

$$C_b = \left(\frac{P \times E_1}{3.600.000} \right) ST + \left(\frac{P \times E_2}{3.600.000} \right) SP_o$$

$$C_b = \left(\frac{P \times E_1}{3.600.000} \right) (TA \times LT) + \left(\frac{P \times E_2}{3.600.000} \right) (AP_o \times Lp_o) \quad (25)$$

Donde: ST : Superficie terraza (mts²)
TA : Ancho de la terraza (mts)
LT : Largo de la terraza (mts)
SPo : Superficie de pendiente original (mts²)
APo : Ancho de la franja con pendiente original (mts)
LPo : Largo de la franja con pendiente original (mts)
SP : Superficie protegida por cada banco (mts²)
Cb : Capacidad de los bancos (mts²/seg)
P : Intensidad de precipitación (mm/hora)
E1 : Coeficiente de escorrentía en la terraza
E2 : Coeficiente de escorrentía en la franja de terreno con pendiente original.

Cuantificada la capacidad de los bancos de las terrazas de huerto, se procede a determinar la inclinación horizontal y largo de las terrazas y, el ancho y profundidad que deberá tener la corriente de conducción para que la velocidad de desplazamiento del agua no sobrepase la máxima recomendada. Para ello se procede según lo señalado para zanjas de desviación y terrazas de banco.

Para calcular las variables de programación se procede de igual manera que para las terrazas de banco. Es necesario señalar que la superficie cultivable que se obtenga al aplicar la fórmula, sólo se refiere a la superficie cultivable de los bancos, y no considera el pasto que se establecerá en los sectores o franjas que mantendrán la superficie y pendiente original del terreno.

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

- Bennet, H.H., 1939. Soil Conservation. McGraw Hill, New York.
- Blustain, H., 1982. Social Issues in technology choice. Soil Conservation in Jamaica. Journal of Soil and Water Conservation 323-325.
- Boyd, J., Collet, J. Agricultural equipment and tools for farmers designed for local construction Nº 42. Eight simple surveying levels. Intermediate technology publications Ltd. London.
- COMSA, Convenio INICAP-CONACYT, . Curso Conservación y manejo de suelos y aguas. Quito - Ecuador.
- FAO, Conservation Guide, 1977. Guidelines for watershed management. Forestry department, FAO, Rome.
- Hudson, N., 1981. Soil conservation. Batsford Ltd., London.
- Korschung, P.F., Noovak, P.J., 1982. Farmer's acceptance of alternative conservation policies. Agriculture and environment (7) 7-15.
- Menéndez, M.F., 1982. Documento de trabajo Nº 4 FAO/ELS/78/004. Conservación y aprovechamiento integral de los recursos naturales renovables en la cuenca norte del embalse del Cerrón Grande. San Salvador, El Salvador.
- Rodríguez, E., 1980. Documento de trabajo Nº 9 FAO/HON/77/006. El Cultivo de frutales en obras de conservación. Tegucigalpa, Honduras.
- Rosner, J.L., 1982. Cropping systems and Soil Conservation in the hill areas of tropical America. Turrialba (32) 287-299.
- Sheng, T.C., 1979. Soil erosion and conservation in the tropics. Erosion problems associated with cultivation in humid tropical hilly regions. Paper presented at the Symposium on soil erosion and conservation in the tropics, Am. Society of Agronomy 1979, Fort Collins, Colorado, U.S.A.
- Universidad Agrícola Wageningen.- 1978. Bodemtechniek Deel E. Erosie, erosiebestrijding in bodembescherming. Vakgroep Cultuurtechniek. Wageningen, Holanda.

APENDICE 1

Formas de Trazar curvas de nivel

Las curvas de nivel son líneas que unen todos los puntos de igual altitud con relación al nivel del mar. Así por ejemplo, existe la curva de nivel de 2.800 mts., 2.801 mts., etc.

El trazado de las curvas de nivel se puede realizar con un sinnúmero de instrumentos de los cuales el "NIVEL DE A" es el que mejores resultados ha tenido en el Proyecto de Desarrollo Rural Integral Tungurahua, por ser de simple construcción, económico, y de fácil comprensión y uso por parte del campesino.

Consiste en dos listones de madera de 2 x 6 cms. y 2.5 mts. de largo. Estos listones se unen por uno de sus extremos mediante un tornillo, o perno con tuerca; otro listón forma el horizontal del marco y su largo deberá ser tal, que la base entre los listones oblicuos sea de cuatro metros. En la unión entre los listones oblicuos se atornilla un gancho del cual penderá una plomada; cuya caída deberá ser mayor a la distancia existente entre la unión de los listones oblicuos y el listón que sirve como horizontal del marco.

FIGURA. N° 1

Nivel de "A"

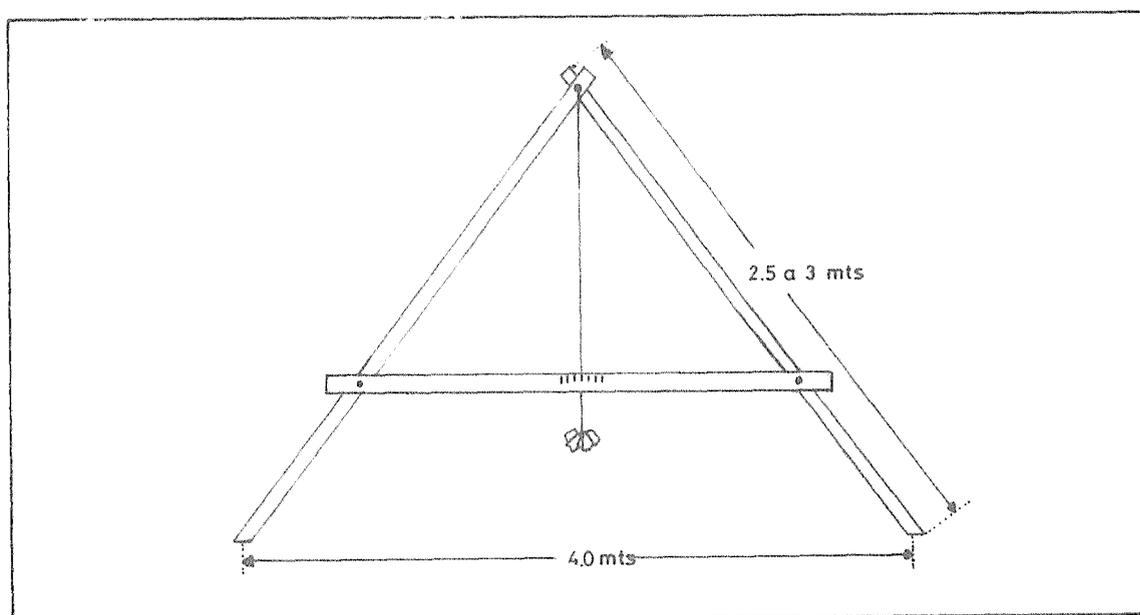
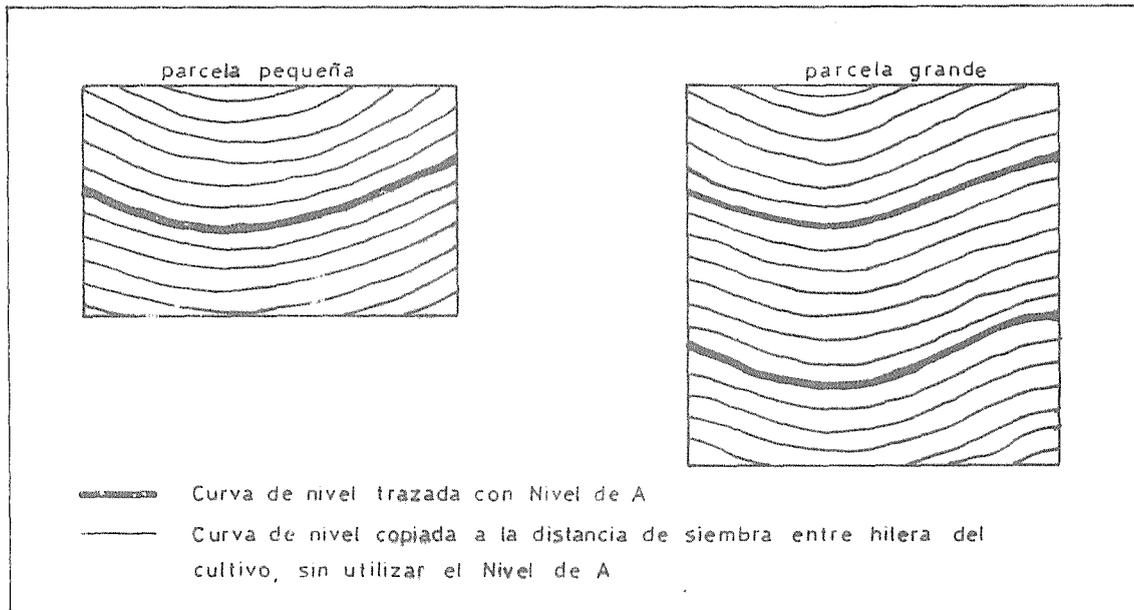


FIGURA N° 2

Trazado de curvas de nivel, en parcelas de topografía regular



Una vez construido el NIVEL DE A se procede a su calibración, para lo cual: se colocan dos ladrillos separados a cuatro metros de distancia entre ellos, se pone el marco sobre ellos y se marca provisionalmente en el listón horizontal la posición de la plomada, se repite esta última operación pero cambiando la posición de los pies del marco; una marca permanente se hace en el punto intermedio de las dos marcas provisionales. Dicha marca indicará cuándo el NIVEL DE A está totalmente nivelado, cada vez que la cuerda de la plomada se ubique en dicho lugar el nivel estará señalando que los puntos en los cuales se apoya están a igual altitud.

Para poder trazar líneas con desnivel, vale decir, unir puntos que tengan distintas altitudes, con el fin de permitir la conducción de agua, es necesario graduar el NIVEL DE A. Es así como para un desnivel de 1% sólo basta poner los pies del NIVEL DE A en una posición de desnivel de 4 cm. (con la distancia constante entre los pies de 4 mts.) y marcar el lugar por donde pasa la plomada en el listón horizontal; invertir la posición de los pies y repetir la operación. Para desniveles de dos o más por ciento se debe realizar las mismas operaciones anteriormente señaladas, pero el desnivel entre los pies del NIVEL DE A, debe ser: 2%, 8 cms.; 3%, 12 cms.; 4% 16 cms.; etc.

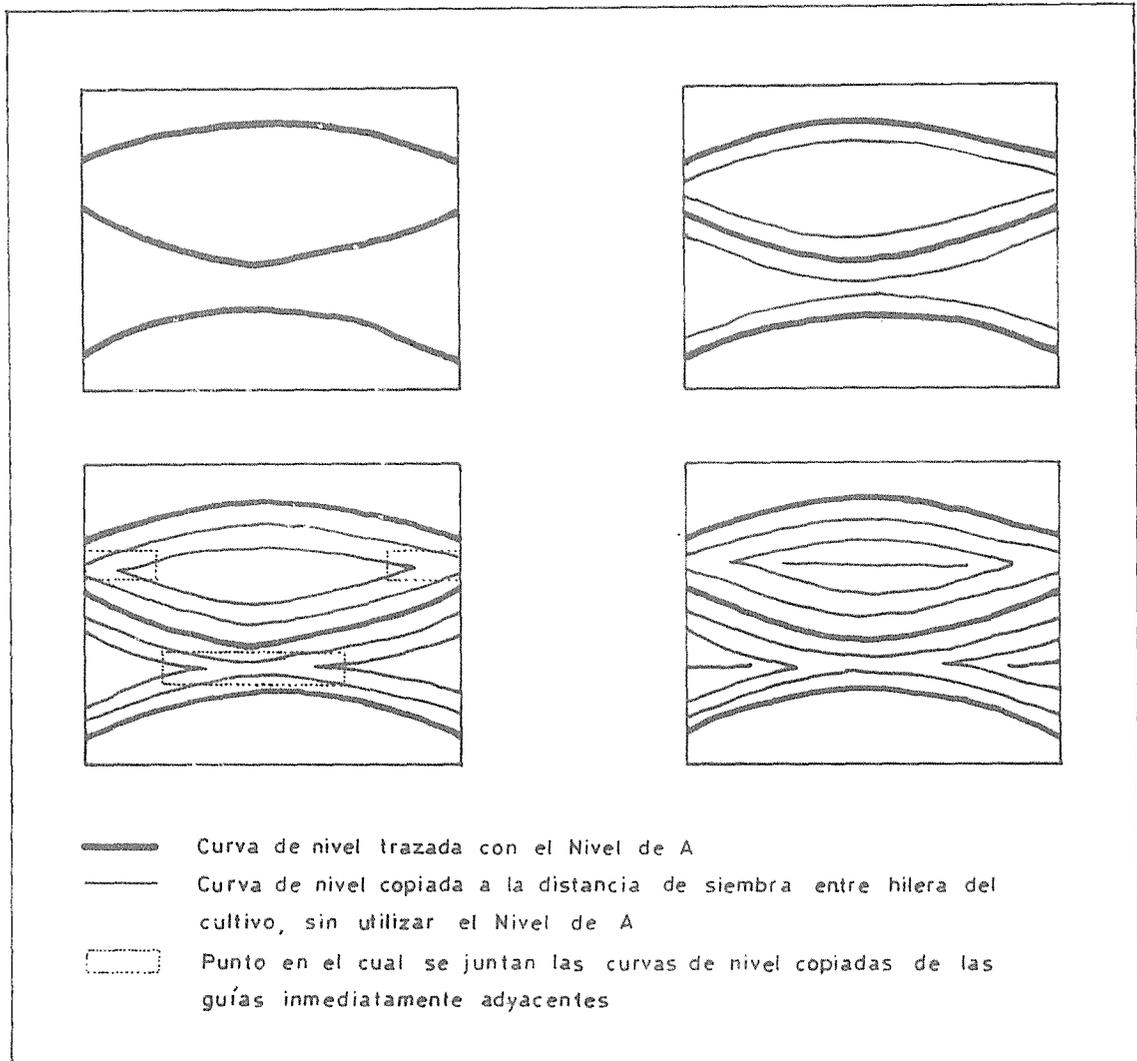
Si el NIVEL DE A se construye adecuadamente, el máximo error que se puede tener en terreno es de 13 mm., lo que equivale a 0,32% de pendiente para una distancia de cuatro metros.

La metodología de trabajo para trazar curvas de nivel en terreno varía según el tamaño y topografía de la finca. En una finca pequeña con topografía regular, sólo bastará trazar en la mitad de la finca una curva de nivel guía mediante el empleo del NIVEL DE A, posteriormente esta línea guía es copiada, de tal manera que la distancia entre las curvas de nivel trazadas sea igual a la distancia de siembra del cultivo de que se trate. En fincas de topografía regular pero de tamaño mayor, es recomendable realizar dos o más curvas de nivel guía, de manera de minimizar el posible error que puede ocasionarse al copiar las líneas guías (Figura N° 2).

En fincas cuya topografía interna es irregular es necesario trazar con el NIVEL DE A dos o más curvas guías, cada una de ellas será trazada en los lugares que presentan distinta topografía. Posteriormente se copiarán, a la distancia de siembra entre hileras de cultivos, las líneas guías. Para ello es fundamental que el trazado de las curvas de nivel que se copiarán de la CURVA GUIA se comiencen a trazar paralelamente a partir de las dos curvas guías inmediatas de tal manera de que en aquel punto donde coinciden las curvas trazadas, a partir de la línea guía inferior y superior respectivamente, deberán trazarse surcos de menor longitud (Figura N° 3).

FIGURA Nº 3

Trazado de curvas de nivel, en parcelas
de topografía irregular



APENDICE N° 2

Velocidades máximas de conducción de agua en las
zanjas, por tipo de suelo y cobertura^{1/}

(mts./mts.)

Tipo de Suelo	Tipo de cobertura de la zanja			
	Desnudo	Pasto	Medio	Muy Buena
Arena muy liviana	0.3		0.75	1.5
Arena liviana	0.5		0.9	1.5
Arena coarsiva	0.75		1.25	1.7
Suelo arenoso	0.75		1.5	2.0
Limo-arcilloso	1.0		1.7	2.3
Arcilloso con grava	1.5		1.8	2.5
Coarsivo con grava	1.5		1.8	-
Suelo duro con roca suaves, etc.	1.8		2.1	-
Conglomerado de cementado fuerte	2.5		-	-

1/ Una vez asentado el curso de agua.

FUENTE: PROYECTO COMSA: Curso de Conservación de Suelos y Aguas.

APENDICE Nº 3

Diseño de Zanjas de Desviación y Caminos de Agua

Uno de los principales problemas que enfrenta el técnico de conservación de suelos en el diseño de un sistema de zanjas de desviación, es en lo referente a cuantificar las características y dimensiones que deberán tener las zanjas de desviación y caminos de agua, con el fin de desaguar adecuadamente las aguas captadas de escorrentía, a una velocidad preestablecida. Para lo cual se requiere trabajar conjunta y sucesivamente con una serie de variables, tales como: ancho, profundidad y pendiente de las zanjas; caudal y velocidad de desagüe de las zanjas; y pérdida de carga por rozamiento.^{1/}

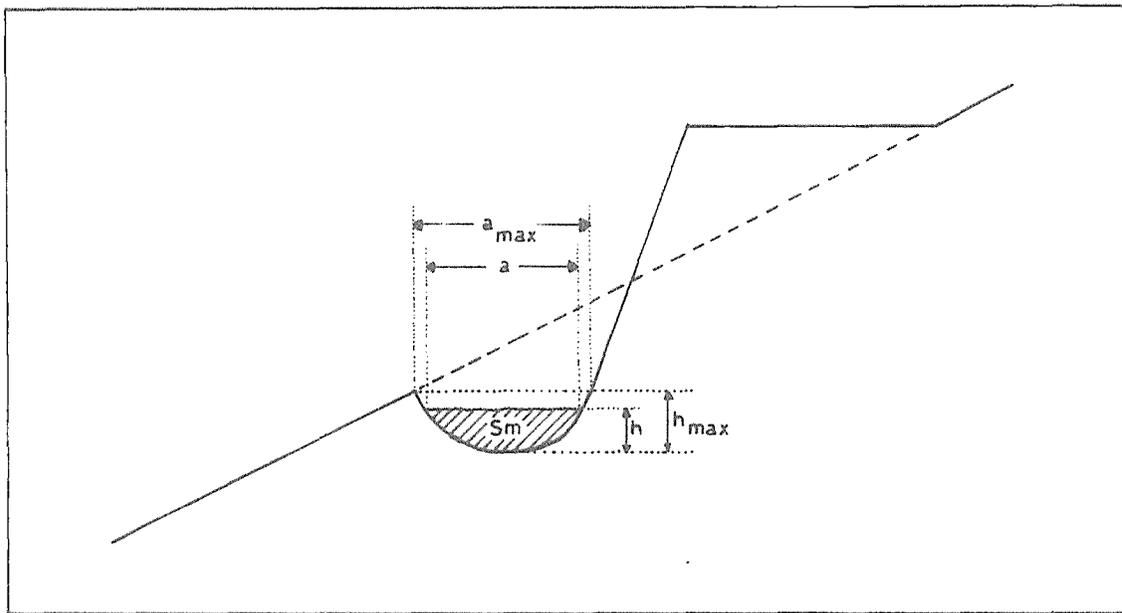
Con el fin de facilitar el cálculo de la determinación del ancho, profundidad y pendiente de las zanjas, se presentan tres series de tablas cuya operatoria difiere a las planteadas en la literatura consultada. La primera serie es para aquellas zanjas de desviación desprovistas de cobertura o cubiertas con pastos pobres, y cuyo coeficiente de pérdida de carga por rozamiento es aproximadamente $0,025 \frac{2}{}$; la segunda corresponde a zanjas con cobertura de pastos de media altura (30-40 cms.) y cuyo coeficiente de pérdida de carga por rozamiento sería aproximadamente $0,04 \frac{2}{}$; y la tercera a caminos de agua con cobertura de pasto de buena calidad con un coeficiente aproximadamente de 0,08.

La operatoria de las tablas propuestas consiste en comparar las cargas calculadas que soportarán las zanjas y la velocidad máxima de conducción; con las cifras tabuladas, para cada tipo de sección (profundidad y ancho), pendiente, y coeficiente de pérdida de carga por rozamiento.

^{1/} Cuando el texto se refiere a zanjas de desviación, incluye a los caminos de agua, salvo que se señale lo contrario.
^{2/} Sólo zanjas de desviación.

FIGURA N° 1

Sección transversal de una zanja africana



$$h = \frac{2}{3} h_{\max}.$$

$$a_{\max} = \left(a \frac{h_{\max}}{h} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$R = \frac{a^2 h}{1,5 a^2 + 4 h^2}$$

$$S_m = \frac{2}{3} ah$$

$$V = R^{2/3} s^{1/2}$$

$$C_s = V S_m$$

Donde:

- a_{max} = Ancho de la zanja (mts.)
- a = Ancho de la corriente de agua (mts.)
- h_{max} = Profundidad de la zanja (mts.)
- h = Profundidad de la corriente de agua (mts.)
- R = Radius hidráulica (mts.)
- Sm = Superficie mojada (mts.²)
- V = Velocidad de la corriente de agua (mts./seg.)
- s = Desnivel de las zanjas (mts/mts)
- \mathcal{K} = Coeficiente de pérdida de carga por rozamiento
- Cz = Capacidad de las zanjas (mts.³/ seg.)

El procedimiento para emplear las dos series de tablas destinadas a determinar la sección que deberán tener las zanjas de desviación (Serie 1 y 2), es el siguiente: 1/

- 1.- Calcular la capacidad que deberán tener las zanjas en función de la superficie que protegerán, intensidad de precipitación del área, y porcentaje de escorrentía de los suelos (Fórmula 8).
- 2.- Determinar la velocidad máxima de conducción de agua en las zanjas, de acuerdo al tipo de suelo en estudio, y a la cobertura que tendrá la zanja (Apéndice 2).
- 3.- Determinar el coeficiente de pérdida de carga por rozamiento (\mathcal{K}) de acuerdo al tipo de vegetación que cubrirá la zanja. Para zanjas cubiertas con pasto de media altura (30-40 cms), 0,04; para zanjas desprotegidas o con pastos pobres, 0,025.
- 4.- Elegir la serie de tablas correspondientes al* valor del coeficiente de pérdida de carga por rozamiento determinado (\mathcal{K}).
- 5.- Buscar en todas las tablas de una misma serie, valores iguales o levemente superiores a la capacidad de zanja requerida (Punto 1). Los valores buscados pueden figurar en una o más tablas de una misma serie.

1/ Sólo zanjas de desviación

- 6.- En caso de existir más de una alternativa, comparar las velocidades de las zanjias encontradas en las tablas, con la velocidad máxima de conducción recomendada (Punto 2). Si la velocidad tabulada es mayor a la recomendada, se deberá descartar de inmediato dicha posibilidad.
- 7.- Para determinar las dimensiones de las zanjias y corrientes de agua de las alternativas válidas, se debe buscar los valores de profundidad y ancho, correspondientes a cada casillero. Cabe hacer notar que las cifras entre paréntesis corresponden a las dimensiones de la zanja; y las que no lo están, a las dimensiones de la corriente de agua.
- 8.- De existir dos alternativas de diseño (ambas técnicamente correctas), el técnico en conservación de suelo debe elegir la más conveniente para el propietario del terreno. Para ello, se deben considerar las variables ancho de las zanjias, y velocidad de conducción del agua: el ancho de las zanjias inciden en la pérdida de suelos cultivables, valor que puede ser significativo en propiedades pequeñas con pendientes fuertes; la velocidad siempre debe ser lo menor posible, pero esta variable no es crítica en la medida que no sobrepase la velocidad de conducción máxima recomendada.

La forma de utilizar la tercera serie de tablas, correspondiente a caminos de agua con buen cobertura de pasto (Serie 3), es la siguiente:

- 1.- Calcular la capacidad que deberá tener el camino de agua, en todos y cada uno de sus puntos de afluencia (Fórmula 9).
- 2.- Determinar la inclinación que tendrá el camino de agua a todo lo largo de su trayectoria (terreno).
- 3.- Determinar la velocidad máxima de conducción de agua que puede soportar el camino de agua, de acuerdo al tipo de suelo y cobertura (Apéndice 2).
- 4.- Determinar el coeficiente de pérdida de carga por rozamiento (M) que tendrá el camino de agua, de acuerdo al tipo de cobertura que tendrá. Para caminos protegidos con pastos de buena calidad y crecimiento (30 - 50 cms) 0,08 ; para caminos de agua revestidos con cemento 0,014.
- 5.- Buscar en todas las tablas de la serie, valores iguales o levemente superiores a la capacidad requerida del camino de agua, en cada punto de intersección con sus afluentes, los valores buscados pueden figurar en una o más tablas.
- 6.- En caso de existir más de una alternativa, comparar las velocidades correspondientes a la capacidad del camino de agua tabulada con la velocidad máxima permitida de conducción, para cada tipo de cobertura proyectada (Punto 3).
- 7.- Si una de las alternativas tabuladas cumple con el requisito de capacidad y velocidad máxima permitida, buscar los valores de

profundidad y ancho correspondiente a dicho casillero. Cabe hacer notar que las cifras entre paréntesis corresponden a las secciones del camino de agua, y las que no lo están, a las dimensiones de la corriente de agua.

- 8.- En caso que los valores buscados para determinada trayectoria del camino de agua no se encuentren en las tablas, o que las velocidades sean mayores a las recomendadas; el técnico que está diseñando el sistema deberá contemplar el revestimiento de ese tramo con cemento, piedras o plástico. Del mismo modo habría que proceder, si el ancho del camino de agua fuera exagerado.

TABLA 1 - 1

Capacidad de las zanjas y velocidad de conducción del agua, en función del ancho y profundidad de la zanja y corriente de agua. Para inclinación de 1% y μ 0.025 a/

Ancho (mts.) b/	Profundidad (mts.) b/											
	0.20 (0.30)		0.25 (0.40)		0.30 (0.45)		0.35 (0.50)		0.40 (0.60)			
	V c/	Cz d/	V c/	Cz d/	V c/	Cz d/	V c/	Cz d/	V c/	Cz d/		
0.40 (0.50)	0.74	0.040	0.74	0.049	0.74	0.059	0.74	0.069	0.74	0.079		
0.50 (0.60)	0.83	0.055	0.86	0.072	0.87	0.087	0.87	0.102	0.87	0.117		
0.60 (0.70)	0.87	0.070	0.94	0.094	0.97	0.116	0.98	0.137	0.98	0.157		
0.70 (0.90)	0.91	0.084	0.99	0.115	1.05	0.147	1.08	0.176	1.09	0.204		
0.80 (1.00)	0.94	0.099	1.04	0.139	1.10	0.176	1.15	0.215	1.18	0.252		
0.90 (1.10)	0.96	0.115	1.07	0.161	1.15	0.207	1.21	0.254	1.25	0.300		
1.00 (1.20)	0.97	0.130	1.09	0.182	1.18	0.236	1.25	0.293	1.31	0.350		

a/ Solo zanjas de desviación

b/ Las cifras entre paréntesis corresponden a anchos y profundidades de las zanjas; las que no están corresponden al ancho y profundidad de la corriente de agua.

c/ V= Velocidad del agua en mts/seg.

d/ Cz= Capacidad de las zanjas en mts³/seg.

TABLA 1 - 2

Capacidad de las zanjas y velocidad de conducción del agua, en función del ancho y profundidad de la zanja y corriente de agua. Para inclinación de 2% y μ 0.025 a/

Ancho (mts.) b/	Profundidad (mts.) b/											
	0.20 (0.30)		0.25 (0.40)		0.30 (0.45)		0.35 (0.50)		0.40 (0.60)			
	V c/	Cz d/	V c/	Cz d/	V c/	Cz d/	V c/	Cz d/	V c/	Cz d/		
0.40 (0.50)	1.05	0.056	1.05	0.070	1.05	0.084	1.05	0.098	1.05	0.112		
0.50 (0.60)	1.17	0.078	1.22	0.102	1.23	0.123	1.23	0.144	1.23	0.165		
0.60 (0.70)	1.23	0.098	1.33	0.133	1.38	0.166	1.39	0.195	1.39	0.222		
0.70 (0.90)	1.29	0.120	1.41	0.160	1.48	0.207	1.52	0.248	1.54	0.288		
0.80 (1.00)	1.32	0.140	1.46	0.195	1.56	0.249	1.63	0.304	1.67	0.356		
0.90 (1.10)	1.36	0.163	1.51	0.227	1.63	0.293	1.71	0.359	1.76	0.422		
1.00 (1.20)	1.38	0.184	1.55	0.259	1.67	0.334	1.77	0.414	1.85	0.494		

a/ Solo zanjas de desviación

b/ Las cifras entre paréntesis corresponden a anchos y profundidades de las zanjas; las que no están corresponden al ancho y profundidad de la corriente de agua.

c/ V= Velocidad del agua en mts/seg.

d/ Cz= Capacidad de las zanjas en mts³/seg.

TABLA 1 - 3

Capacidad de las zanjas y velocidad de conducción del agua, en función del ancho y profundidad de la zanja y corriente de agua. Para inclinación de 3% y μ 0.025 a/

Ancho (mts.) b/	Profundidad (mts.) b/											
	0.20 (0.30)		0.25 (0.40)		0.30 (0.45)		0.35 (0.50)		0.40 (0.60)			
	V c/	Cz d/	V c/	Cz d/	V c/	Cz d/	V c/	Cz d/	V c/	Cz d/		
0.40 (0.50)	1.28	0.068	1.28	0.085	1.28	0.102	1.28	0.120	1.28	0.137		
0.50 (0.60)	1.43	0.114	1.49	0.124	1.51	0.151	1.51	0.176	1.51	0.202		
0.60 (0.70)	1.51	0.120	1.63	0.163	1.69	0.203	1.70	0.238	1.70	0.272		
0.70 (0.90)	1.58	0.140	1.72	0.199	1.81	0.253	1.87	0.306	1.88	0.350		
0.80 (1.00)	1.63	0.173	1.79	0.240	1.91	0.306	1.99	0.371	2.04	0.435		
0.90 (1.10)	1.67	0.200	1.85	0.278	1.99	0.358	2.09	0.439	2.16	0.518		
1.00 (1.20)	1.69	0.226	1.89	0.316	2.05	0.410	2.16	0.505	2.27	0.606		

a/ Solo zanjas de desviación

b/ Las cifras entre paréntesis corresponden a anchos y profundidades de las zanjas; las que no están corresponden al ancho y profundidad de la corriente de agua.

c/ V= Velocidad del agua en mts/seg.

d/ Cz= Capacidad de las zanjas en mts³/seg.

TABLA 2 - 1

Capacidad de las zanjas y velocidad de conducción del agua, en función del ancho y profundidad de la zanja y corriente de agua. Para inclinación de 1% y μ 0.040 a/

Ancho (mts.) <u>b/</u>	Profundidad (mts.) <u>b/</u>											
	0.20 (0.30)		0.25 (0.40)		0.30 (0.45)		0.35 (0.50)		0.40 (0.60)			
	<u>V c/</u>	<u>Cz d/</u>	<u>V c/</u>	<u>Cz d/</u>	<u>V c/</u>	<u>Cz d/</u>	<u>V c/</u>	<u>Cz d/</u>	<u>V c/</u>	<u>Cz d/</u>	<u>V c/</u>	<u>Cz d/</u>
0.40 (0.50)	0.46	0.025	0.46	0.030	0.46	0.037	0.46	0.043	0.46	0.049		
0.50 (0.60)	0.52	0.034	0.54	0.045	0.54	0.054	0.54	0.064	0.54	0.073		
0.60 (0.70)	0.54	0.044	0.59	0.059	0.61	0.073	0.61	0.086	0.61	0.098		
0.70 (0.90)	0.57	0.053	0.62	0.072	0.66	0.092	0.68	0.110	0.68	0.128		
0.80 (1.00)	0.59	0.062	0.65	0.087	0.69	0.110	0.72	0.134	0.74	0.158		
0.90 (1.10)	0.60	0.072	0.67	0.100	0.72	0.129	0.76	0.159	0.78	0.188		
1.00 (1.20)	0.61	0.081	0.68	0.114	0.74	0.148	0.78	0.183	0.82	0.219		

a/ Solo zanjas de desviación

b/ Las cifras entre paréntesis corresponden a anchos y profundidades de las zanjas; las que no están corresponden al ancho y profundidad de la corriente de agua.

c/ V= Velocidad del agua en mts/seg.

d/ Cz= Capacidad de las zanjas en mts³/seg.

TABLA 2 - 2

Capacidad de las zanjas y velocidad de conducción del agua, en función del ancho y profundidad de la zanja y corriente de agua. Para inclinación de 2% y $n = 0.040$ a/

Ancho (mts.) b/	Profundidad (mts.) b/											
	0.20 (0.30)		0.25 (0.40)		0.30 (0.45)		0.35 (0.50)		0.40 (0.60)			
	V c/	Cz d/	V c/	Cz d/	V c/	Cz d/	V c/	Cz d/	V c/	Cz d/		
0.40 (0.50)	0.66	0.035	0.66	0.044	0.65	0.053	0.66	0.061	0.66	0.070		
0.50 (0.60)	0.73	0.048	0.76	0.064	0.77	0.077	0.77	0.090	0.77	0.103		
0.60 (0.70)	0.77	0.061	0.83	0.083	0.86	0.104	0.87	0.122	0.87	0.139		
0.70 (0.90)	0.81	0.075	0.88	0.100	0.93	0.129	0.95	0.155	0.96	0.180		
0.80 (1.00)	0.83	0.088	0.91	0.122	0.98	0.156	1.02	0.190	1.04	0.223		
0.90 (1.10)	0.85	0.102	0.94	0.142	1.02	0.183	1.07	0.224	1.10	0.264		
1.00 (1.20)	0.86	0.115	0.97	0.162	1.04	0.209	1.11	0.259	1.16	0.309		

a/ Solo zanjas de desviación

b/ Las cifras entre paréntesis corresponden a anchos y profundidades de las zanjas; las que no están corresponden al ancho y profundidad de la corriente de agua.

c/ V= Velocidad del agua en mts/seg.

d/ Cz= Capacidad de las zanjas en mts³/seg.

TABLA 2-3

Capacidad de las zanjas y velocidad de conducción del agua, en función del ancho y profundidad de la zanja y corriente de agua. Para inclinación de 3% y $\mu = 0.040$ a/

Ancho (mts.) b/	Profundidad (mts.) b/											
	0.20 (0.30)		0.25 (0.40)		0.30 (0.45)		0.35 (0.50)		0.40 (0.60)			
	V c/	Cz d/	V c/	Cz d/	V c/	Cz d/	V c/	Cz d/	V c/	Cz d/		
0.40 (0.50)	0.80	0.042	0.80	0.053	0.80	0.063	0.80	0.075	0.80	0.086		
0.50 (0.60)	0.89	0.071	0.93	0.078	0.94	0.094	0.94	0.110	0.94	0.126		
0.60 (0.70)	0.94	0.075	1.02	0.102	1.06	0.127	1.06	0.149	1.06	0.170		
0.70 (0.90)	0.99	0.088	1.08	0.124	1.13	0.158	1.17	0.191	1.18	0.213		
0.80 (1.00)	1.02	0.108	1.12	0.150	1.19	0.191	1.24	0.232	1.28	0.272		
0.90 (1.10)	1.04	0.125	1.16	0.174	1.24	0.224	1.31	0.274	1.35	0.324		
1.00 (1.20)	1.06	0.141	1.18	0.198	1.28	0.256	1.35	0.316	1.42	0.379		

a/ Solo zanjas de desviación

b/ Las cifras entre paréntesis corresponden a anchos y profundidades de las zanjas; las que no están corresponden al ancho y profundidad de la corriente de agua.

c/ V = Velocidad del agua en mts/seg.

d/ Cz = Capacidad de las zanjas en mts³/seg.

TABLA 3- 1

Capacidad de los caminos de agua y velocidad de conducción del agua en función del ancho y profundidad del camino y corriente de agua. Para inclinación de 10% y $M = 0.080$

Ancho (mts) a/	Profundidad (mts.) a/											
	0.2 (0.30)		0.3 (0.45)		0.4 (0.60)		0.5 (0.75)		0.6 (0.90)			
	V b/	Cc c/	V b/	Cc c/	V b/	Cc c/	V b/	Cc c/	V b/	Cc c/		
1.0 (1.2)	0.96	0.129	1.17	0.234	1.29	0.344	1.35	0.451	1.37	0.548		
1.5 (1.8)	0.99	0.199	1.26	0.378	1.46	0.584	1.59	0.795	1.69	1.014		
2.0 (2.5)	1.01	0.270	1.30	0.570	1.53	0.817	1.72	1.147	1.86	1.488		
2.5 (3.1)	1.02	0.340	1.32	0.660	1.57	1.047	1.78	1.485	1.95	1.950		
3.0 (3.7)	1.02	0.408	1.33	0.798	1.59	1.272	1.81	1.810	2.00	2.400		
3.5 (4.3)	1.02	0.476	1.33	0.931	1.60	1.494	1.83	2.136	2.04	2.856		
4.0 (4.9)	1.03	0.550	1.34	1.072	1.61	1.718	1.85	2.479	2.06	3.296		
4.5 (5.5)	1.03	0.618	1.34	1.206	1.61	1.932	1.85	2.775	2.06	3.708		
5.0 (6.1)	1.03	0.687	1.34	1.340	1.61	2.148	1.85	3.089	2.06	4.120		

a/ Las cifras entre paréntesis corresponden a ancho y profundidad del camino de agua; las que no lo están, al ancho y profundidad de la corriente de agua.

b/ V = Velocidad del agua en mts/seg.

c/ Cc= Capacidad del camino de agua en mts³/seg.

TABLA 3 - 2

Capacidad de los caminos de agua y velocidad de conducción del agua en función del ancho y profundidad del camino y corriente de agua. Para inclinación de 15% y $\mu = 0.080$

Ancho (mts) a/	Profundidad (mts.) a/											
	0.2 (0.30)		0.3 (0.45)		0.4 (0.60)		0.5 (0.75)		0.6 (0.90)			
	V b/	Cc c/	V b/	Cc c/	V b/	Cc c/	V b/	Cc c/	V b/	Cc c/		
1.0 (1.2)	1.18	0.158	1.43	0.286	1.58	0.422	1.66	0.554	1.68	0.672		
1.5 (1.8)	1.22	0.244	1.55	0.465	1.79	0.716	1.96	0.980	2.02	1.242		
2.0 (2.5)	1.24	0.331	1.59	0.636	1.87	1.000	2.10	1.401	2.28	1.824		
2.5 (3.1)	1.25	0.428	1.62	0.810	1.92	1.281	2.17	1.810	2.39	2.390		
3.0 (3.7)	1.25	0.500	1.63	0.978	1.95	1.560	2.21	2.210	2.45	2.940		
3.5 (4.3)	1.25	0.584	1.63	1.141	1.96	1.831	2.25	2.626	2.50	3.500		
4.0 (4.9)	1.25	0.668	1.64	1.312	1.97	2.091	2.27	3.042	2.53	4.048		
4.5 (5.5)	1.25	0.756	1.65	1.485	1.98	2.376	2.27	3.405	2.53	4.554		
5.0 (6.1)	1.26	0.840	1.65	1.650	1.98	2.641	2.27	3.784	2.53	5.060		

a/ Las cifras entre paréntesis corresponden a ancho y profundidad del camino de agua; las que no lo están, al ancho y profundidad de la corriente de agua.

b/ V = Velocidad del agua en mts/seg.

c/ Cc= Capacidad del camino de agua en mts^3/seg .

TABLA 3 - 3

Capacidad de los caminos de agua y velocidad de conducción del agua en función del ancho y profundidad del camino y corriente de agua. Para inclinación de 20% y $n = 0.080$

Ancho (mts) a/	Profundidad (mts.) a/											
	0.2 (0.30)		0.3 (0.45)		0.4 (0.60)		0.5 (0.75)		0.6 (0.90)			
	V b/	Cc c/	V b/	Cc c/	V b/	Cc c/	V b/	Cc c/	V b/	Cc c/		
1.0 (1.2)	1.36	0.182	1.65	0.330	1.83	0.489	1.91	0.638	1.94	0.776		
1.5 (1.8)	1.41	0.282	1.79	0.537	2.06	0.824	2.26	1.130	2.39	1.434		
2.0 (2.5)	1.44	0.384	1.84	0.736	2.16	1.153	2.43	1.621	2.63	2.104		
2.5 (3.1)	1.44	0.481	1.87	0.935	2.22	1.481	2.51	2.093	2.76	2.760		
3.0 (3.7)	1.45	0.580	1.88	1.128	2.25	1.800	2.56	2.560	2.83	3.396		
3.5 (4.3)	1.45	0.677	1.88	1.316	2.25	2.111	2.59	3.023	2.88	4.032		
4.0 (4.9)	1.45	0.774	1.89	1.512	2.28	2.433	2.62	3.511	2.92	4.672		
4.5 (5.5)	1.45	0.870	1.90	1.710	2.28	2.736	2.62	3.930	2.92	5.256		
5.0 (6.1)	1.45	0.870	1.90	1.900	2.28	3.042	2.62	4.368	2.92	5.840		

a/ Las cifras entre paréntesis corresponden a ancho y profundidad del camino de agua; las que no lo están, al ancho y profundidad de la corriente de agua.

b/ V = Velocidad del agua en mts/seg.

c/ Cc= Capacidad del camino de agua en mts³/seg.

TABLA 3 - 4

Capacidad de los caminos de agua y velocidad de conducción del agua en función del ancho y profundidad del camino y corriente de agua. Para inclinación de 25% y $\mu = 0.080$

Ancho (mts) <u>a/</u>	Profundidad (mts.) <u>a/</u>											
	0.2 (0.30)		0.3 (0.45)		0.4 (0.60)		0.5 (0.75)		0.6 (0.90)			
	V <u>b/</u>	Cc <u>c/</u>	V <u>b/</u>	Cc <u>c/</u>	V <u>b/</u>	Cc <u>c/</u>	V <u>b/</u>	Cc <u>c/</u>	V <u>b/</u>	Cc <u>c/</u>		
1.0 (1.2)	1.51	0.202	1.85	0.370	2.04	0.544	2.14	0.715	2.17	0.868		
1.5 (1.8)	1.58	0.316	2.00	0.600	2.31	0.924	2.53	1.265	2.68	1.608		
2.0 (2.5)	1.61	0.430	2.06	0.824	2.42	1.292	2.71	1.808	2.94	2.352		
2.5 (3.1)	1.61	0.538	2.09	1.045	2.48	1.654	2.81	2.344	3.09	3.090		
3.0 (3.7)	1.62	0.648	2.10	1.250	2.51	2.008	2.86	2.860	3.17	3.804		
3.5 (4.3)	1.62	0.757	2.11	1.477	2.53	2.363	2.90	3.384	3.23	4.522		
4.0 (4.9)	1.62	0.865	2.11	1.688	2.54	2.710	2.93	3.926	3.26	5.216		
4.5 (5.5)	1.63	0.978	2.13	1.917	2.55	3.060	2.93	4.395	3.26	5.868		
5.0 (6.1)	1.63	1.087	2.13	2.130	2.55	3.402	2.93	4.884	3.26	6.519		

a/ Las cifras entre paréntesis corresponden a ancho y profundidad del camino de agua; las que no lo están, al ancho y profundidad de la corriente de agua.

b/ V = Velocidad del agua en mts/seg.

c/ Cc= Capacidad del camino de agua en mts³/seg.

TABLA 3 - 5

Capacidad de los caminos de agua y velocidad de conducción del agua en función del ancho y profundidad del camino y corriente de agua. Para inclinación de 30% y $\mu = 0.080$

Ancho (mts) a/	Profundidad (mts.) a/											
	0.2 (0.30)		0.3 (0.45)		0.4 (0.60)		0.5 (0.75)		0.6 (0.90)			
	V b/	Cc c/	V b/	Cc c/	V b/	Cc c/	V b/	Cc c/	V b/	Cc c/		
1.0 (1.2)	1.66	0.222	2.03	0.406	2.24	0.598	2.34	0.782	2.38	0.952		
1.5 (1.8)	1.73	0.346	2.19	0.657	2.52	1.008	2.77	1.385	2.93	1.758		
2.0 (2.5)	1.76	0.470	2.25	0.900	2.65	1.415	2.97	1.981	3.22	2.576		
2.5 (3.1)	1.77	0.591	2.29	1.145	2.72	1.814	3.07	2.560	3.38	3.380		
3.0 (3.7)	1.77	0.708	2.30	1.380	2.75	2.200	3.14	3.140	3.47	4.164		
3.5 (4.3)	1.77	0.826	2.31	1.617	2.77	2.587	3.18	3.711	3.53	4.942		
4.0 (4.9)	1.77	0.945	2.32	1.848	2.79	2.977	3.20	4.288	3.57	5.712		
4.5 (5.5)	1.78	1.068	2.33	2.097	2.79	3.348	3.20	4.800	3.57	6.426		
5.0 (6.1)	1.78	1.187	2.33	2.330	2.79	3.722	3.20	5.334	3.57	7.140		

a/ Las cifras entre paréntesis corresponden a ancho y profundidad del camino de agua; las que no lo están, al ancho y profundidad de la corriente de agua.

b/ V = Velocidad del agua en mts/seg.

c/ Cc = Capacidad del camino de agua en mts³/seg.

TABLA 3 - 6

Capacidad de los caminos de agua y velocidad de conducción del agua en función del ancho y profundidad del camino y corriente de agua. Para inclinación de 35% y μ 0.080

Ancho (mts) a/	Profundidad (mts.) a/											
	0.2 (0.30)		0.3 (0.45)		0.4 (0.60)		0.5 (0.75)		0.6 (0.90)			
	V b/	Cc c/	V b/	Cc c/	V b/	Cc c/	V b/	Cc c/	V b/	Cc c/		
1.0 (1.2)	1.80	0.241	2.19	0.438	2.42	0.646	2.52	0.842	2.57	1.028		
1.5 (1.8)	1.87	0.374	2.36	0.708	2.73	1.092	2.99	1.495	3.17	1.902		
2.0 (2.5)	1.90	0.507	2.43	0.972	2.86	1.527	3.21	2.141	3.48	2.784		
2.5 (3.1)	1.91	0.638	2.47	1.235	2.94	1.961	3.32	2.769	3.65	3.650		
3.0 (3.7)	1.92	0.768	2.48	1.488	2.97	2.376	3.39	3.390	3.75	4.500		
3.5 (4.3)	1.92	0.897	2.49	1.743	3.00	2.802	3.43	4.003	3.82	5.348		
4.0 (4.9)	1.92	1.025	2.50	2.000	3.01	3.212	3.46	4.636	3.86	6.176		
4.5 (5.5)	1.92	1.152	2.51	2.259	3.02	3.624	3.46	5.190	3.86	6.948		
5.0 (6.1)	1.92	1.280	2.51	2.510	3.02	4.029	3.46	5.768	3.86	7.720		

a/ Las cifras entre paréntesis corresponden a ancho y profundidad del camino de agua; las que no lo están, al ancho y profundidad de la corriente de agua.

b/ V = Velocidad del agua en mts/seg.

c/ Cc= Capacidad del camino de agua en mts^3/seg .

TABLA 3 - 7

Capacidad de los caminos de agua y velocidad de conducción del agua en función del ancho y profundidad del camino y corriente de agua. Para inclinación de 40% y $M = 0.080$

Ancho (mts) a/	Profundidad (mts.) a/											
	0.2 (0.30)		0.3 (0.45)		0.4 (0.60)		0.5 (0.75)		0.6 (0.90)			
	V b/	Cc c/	V b/	Cc c/	V b/	Cc c/	V b/	Cc c/	V b/	Cc c/		
1.0 (1.2)	1.92	0.257	2.34	0.468	2.86	0.764	2.70	0.902	2.74	1.096		
1.5 (1.8)	2.00	0.400	2.53	0.759	2.92	1.168	3.19	1.595	3.38	2.028		
2.0 (2.5)	2.03	0.542	2.60	1.040	3.06	1.634	3.43	2.288	3.72	2.976		
2.5 (3.1)	2.04	0.681	2.64	1.320	3.14	2.094	3.55	2.961	3.91	3.910		
3.0 (3.7)	2.05	0.820	2.66	1.596	3.18	2.544	3.62	3.620	4.01	4.812		
3.5 (4.3)	2.05	0.957	2.66	1.862	3.20	2.989	3.67	4.283	4.08	5.712		
4.0 (4.9)	2.05	1.095	2.67	2.136	3.22	3.436	3.70	4.958	4.13	6.608		
4.5 (5.5)	2.06	1.236	2.69	2.420	3.23	3.876	3.70	5.550	4.13	7.434		
5.0 (6.1)	2.06	1.374	2.69	2.690	3.23	4.309	3.70	6.168	4.13	8.260		

a/ Las cifras entre paréntesis corresponden a ancho y profundidad del camino de agua; las que no lo están, al ancho y profundidad de la corriente de agua.

b/ V = Velocidad del agua en mts/seg.

c/ Cc= Capacidad del camino de agua en mts³/seg.

APENDICE Nº 4

Diseño de Terrazas de Banco y Huerto

A continuación se presentan tres series de tablas, a través de las cuales el técnico en conservación de suelos podrá diseñar la construcción de terrazas de banco, y de huerto.

Cabe hacer notar que las tablas sólo contemplan las variables básicas, vale decir las siete variables que se deben cuantificar para la construcción de terrazas. El cálculo de las variables de conducción de agua y programación deben ser cuantificadas por el técnico en función de lo señalado en el texto.

La primera serie de tablas es para terrazas de banco de infiltración; la segunda para terrazas de banco de conducción de agua; y la tercera para terrazas de huerto. Cada serie está compuesta por tres tablas: terrazas construídas a mano, con maquinaria, y con talud vertical.

La operatoria de las tablas propuestas consiste en buscar el ancho máximo que puede tener el banco de la terraza, en función de la pendiente del terreno, inclinación del talud, y la altura máxima recomendada de talud. El procedimiento a seguir es el siguiente:

- 1.- Decidir el tipo de terraza a construir. Si es de banco elegir la serie uno y dos; si es de huerto la serie tres.
- 2.- En caso de desear construir terrazas de banco, definir si ellas serán de infiltración (serie uno) o de conducción (serie dos).
- 3.- Establecer el tipo y forma de construcción del talud. Si se construirá a mano ($I = 0,75 : 1$), con maquinaria ($I = 1 : 1$), o con talud vertical ($I = 0 : 1$), seleccionar las tablas uno, dos o tres, respectivamente, de cada serie.
- 4.- Determinar la pendiente del terreno en el cual se construirán terrazas.
- 5.- Buscar en la tabla correspondiente los valores de las variables básicas que pertenezcan a la pendiente del terreno y a su vez que la altura del talud (A_t) no sea mayor a 2 mts. En caso de haber decidido construir taludes verticales, no existe límite técnico de altura de talud, sin embargo, si lo existe desde un punto de vista económico; es un aspecto que debe ser analizado por el diseñador del sistema.
- 6.- Determinar que ancho de banco es el que cumple el requisito anteriormente señalado. Para ello sólo se debe observar, en la cabecera del cuadro, el ancho correspondiente a la fila seleccionada.
- 7.- Para el caso de terrazas de huerto, el ancho establecido siguiendo el procedimiento anterior, puede ser mayor al deseado; en cuyo caso se deberá buscar el ancho de banco requerido, para pos-

teriormente determinar las variables básicas de la terraza.

- 8.- En caso que el ancho máximo calculado del banco de la terraza sea insuficiente para los requerimientos, se deberá pensar en cambiar la inclinación del talud, como única manera de lograr el ancho deseado.
- 9.- Por último, el diseñador del sistema siempre deberá realizar el cálculo económico del diseño que recomienda; de lo contrario el costo de construcción puede ser tan elevado que lo haga inejecutable por parte del agricultor. Para ello se utilizan las variables de programación señaladas en el texto.

TABLA 1-3

Terrazas de banco de infiltración pluvial, con talud vertical (K= 0,00; I = 0:1)

Pendiente Terreno (%)	Variables Básicas	Ancho de Banco (mts)												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10	IV	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30
	Ib	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	At	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30
	tA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	TA	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30
20	IV	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60
	Ib	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	At	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60
	tA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	TA	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60
30	IV	0.30	0.60	0.90	1.20	1.50	1.80	2.10	2.40	2.70	3.00	3.30	3.60	3.90
	Ib	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	At	0.30	0.60	0.90	1.20	1.50	1.80	2.10	2.40	2.70	3.00	3.30	3.60	3.90
	tA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	TA	0.30	0.60	0.90	1.20	1.50	1.80	2.10	2.40	2.70	3.00	3.30	3.60	3.90
40	IV	0.40	0.80	1.20	1.60	2.00	2.40	2.80	3.20	3.60	4.00	4.40	4.80	5.20
	Ib	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	At	0.40	0.80	1.20	1.60	2.00	2.40	2.80	3.20	3.60	4.00	4.40	4.80	5.20
	tA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	TA	0.40	0.80	1.20	1.60	2.00	2.40	2.80	3.20	3.60	4.00	4.40	4.80	5.20
50	IV	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50
	Ib	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	At	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50
	tA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	TA	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50
60	IV	0.60	1.20	1.80	2.40	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00	6.60	7.20	7.80
	Ib	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	At	0.60	1.20	1.80	2.40	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00	6.60	7.20	7.80
	tA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	TA	0.60	1.20	1.80	2.40	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00	6.60	7.20	7.80
70	IV	0.70	1.40	2.10	2.80	3.50	4.20	4.90	5.60	6.30	7.00	7.70	8.40	9.10
	Ib	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	At	0.70	1.40	2.10	2.80	3.50	4.20	4.90	5.60	6.30	7.00	7.70	8.40	9.10
	tA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	TA	0.70	1.40	2.10	2.80	3.50	4.20	4.90	5.60	6.30	7.00	7.70	8.40	9.10
80	IV	0.80	1.60	2.40	3.20	4.00	4.80	5.60	6.40	7.20	8.00	8.80	9.60	10.40
	Ib	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	At	0.80	1.60	2.40	3.20	4.00	4.80	5.60	6.40	7.20	8.00	8.80	9.60	10.40
	tA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	TA	0.80	1.60	2.40	3.20	4.00	4.80	5.60	6.40	7.20	8.00	8.80	9.60	10.40
90	IV	0.90	1.80	2.70	3.60	4.50	5.40	6.30	7.20	8.10	9.00	9.90	10.80	11.70
	Ib	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	At	0.90	1.80	2.70	3.60	4.50	5.40	6.30	7.20	8.10	9.00	9.90	10.80	11.70
	tA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	TA	0.90	1.80	2.70	3.60	4.50	5.40	6.30	7.20	8.10	9.00	9.90	10.80	11.70

TABLA 2-1

Terrazas de banco de conducción, construídas a mano (K=0,05 y 0,10; I = 0.75: 1) a/

pendiente arreno (%)	Variables Básicas	Ancho de Banco (mts)												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10	IV	0.11	0.22	0.33	0.44	0.55	0.66	0.77	0.88	0.99	1.10	1.21	1.32	1.4
	Ib	0.10	0.20	0.30	0.40	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.6
	At	0.21	0.42	0.63	0.84	0.80	0.96	1.12	1.28	1.44	1.60	1.76	1.92	2.0
	tA	0.16	0.32	0.47	0.63	0.60	0.72	0.84	0.96	1.08	1.20	1.32	1.44	1.5
	TA	1.16	2.32	3.47	4.63	5.60	6.72	7.84	8.96	10.08	11.20	12.32	13.44	14.5
20	IV	0.24	0.47	0.71	0.94	1.18	1.41	1.65	1.88					
	Ib	0.10	0.20	0.30	0.40	0.25	0.30	0.35	0.40					
	At	0.34	0.67	1.01	1.34	1.43	1.71	2.00	2.28					
	tA	0.26	0.50	0.76	1.01	1.07	1.28	1.50	1.71					
	TA	1.26	2.50	3.76	5.01	6.07	7.28	8.50	9.71					
30	IV	0.39	0.77	1.16	1.55	1.94								
	Ib	0.10	0.20	0.30	0.40	0.25								
	At	0.49	0.97	1.46	1.95	2.19								
	tA	0.37	0.73	1.10	1.46	1.64								
	TA	1.37	2.73	3.10	5.46	6.64								
40	IV	0.57	1.14	1.71										
	Ib	0.10	0.20	0.30										
	At	0.67	1.34	2.01										
	tA	0.50	1.01	1.51										
	TA	1.50	3.01	4.51										
50	IV	0.80	1.60	2.40										
	Ib	0.10	0.20	0.30										
	At	0.90	1.80	2.70										
	tA	0.68	1.35	2.03										
	TA	1.68	3.35	5.03										
60	IV	1.09	2.18											
	Ib	0.10	0.20											
	At	1.19	2.38											
	tA	0.89	1.79											
	TA	1.89	3.79											
70	IV	1.47	2.95											
	Ib	0.10	0.20											
	At	1.57	3.15											
	tA	1.18	2.36											
	TA	2.18	4.36											
80	IV	2.00												
	Ib	0.10												
	At	2.10												
	tA	1.58												
	TA	2.58												
90	IV	2.77												
	Ib	0.10												
	At	2.87												
	tA	2.15												
	TA	3.15												

a) K = 0.10 para bancos de cuatro metro o menos ; K = 0,05 para bancos de cinco metros o más.

TABLA 2-2

Terrazas de banco de conducción, construídas con maquinaria (K = 0,05 y 0,10; I= 1:1) a/

Pendiente Terreno (%)	Variables Básicas	Ancho de Banco (mts)												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10	IV	0.11	0.22	0.33	0.44	0.56	0.67	0.78	0.89	1.00	1.11	1.22	1.33	1.4
	Ib	0.10	0.20	0.30	0.40	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.6
	At	0.21	0.42	0.63	0.84	0.81	0.97	1.13	1.29	1.45	1.61	1.77	1.93	2.0
	tA	0.21	0.42	0.63	0.84	0.81	0.97	1.13	1.29	1.45	1.61	1.77	1.93	2.0
	TA	1.21	2.42	3.63	4.84	5.81	6.97	8.13	9.29	10.45	11.61	12.77	11.93	15.0
20	IV	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75						
	Ib	0.10	0.20	0.30	0.40	0.25	0.30	0.35						
	At	0.35	0.70	1.05	1.40	1.50	1.80	2.10						
	tA	0.35	0.70	1.05	1.40	1.50	1.80	2.10						
	TA	1.35	2.70	4.05	5.40	6.50	7.80	9.10						
30	IV	0.43	0.86	1.29	1.71									
	Ib	0.10	0.20	0.30	0.40									
	At	0.53	1.06	1.59	2.11									
	tA	0.53	1.06	1.59	2.11									
	TA	1.53	3.06	4.59	6.11									
40	IV	0.67	1.33	2.00										
	Ib	0.10	0.20	0.30										
	At	0.77	1.53	2.30										
	tA	0.77	1.53	2.30										
	TA	1.77	3.53	5.30										
50	IV	1.00	2.00											
	Ib	0.10	0.20											
	At	1.10	2.20											
	tA	1.10	2.20											
	TA	2.10	4.20											
60	IV	1.50	3.00											
	Ib	0.10	0.20											
	At	1.60	3.20											
	tA	1.60	3.20											
	TA	2.60	5.20											
70	IV	2.33												
	Ib	0.10												
	At	2.43												
	tA	2.43												
	TA	3.43												
80	IV	4.00												
	Ib	0.10												
	At	4.10												
	tA	4.10												
	TA	5.10												
90	IV	9.00												
	Ib	0.10												
	At	9.10												
	tA	9.10												
	TA	10.10												

a) K= 0,10 para bancos de cuatro mts o menos; K= 0,05 para bancos de cinco metros o más.

TABLA 2-3

Terrazas de bancos de conducción de talud vertical (K = 0.05 y 0,10 I = 0:1) a/

Pendiente Inclinación (%)	Variables Básicas	Ancho de Banco (mts)												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10	IV	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30
	Ib	0.10	0.20	0.30	0.40	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65
	At	0.20	0.40	0.60	0.80	0.75	0.90	1.05	1.20	1.35	1.50	1.65	1.80	1.95
	tA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	TA	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00
20	IV	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60
	Ib	0.10	0.20	0.30	0.40	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65
	At	0.30	0.60	0.90	1.20	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25
	tA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	TA	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00
30	IV	0.30	0.60	0.90	1.20	1.50	1.80	2.10	2.40	2.70	3.00	3.30	3.60	3.90
	Ib	0.10	0.20	0.30	0.40	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65
	At	0.40	0.80	1.20	1.60	1.75	2.10	2.45	2.80	3.15	3.50	3.85	4.20	4.55
	tA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	TA	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00
40	IV	0.40	0.80	1.20	1.60	2.00	2.40	2.80	3.20	3.60	4.00	4.40	4.80	5.20
	Ib	0.10	0.20	0.30	0.40	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65
	At	0.50	1.00	1.50	2.00	2.25	2.70	3.15	3.60	4.05	4.50	4.95	5.40	5.85
	tA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	TA	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00
50	IV	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50
	Ib	0.10	0.20	0.30	0.40	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65
	At	0.60	1.20	1.80	2.40	2.75	3.30	3.85	4.40	4.95	5.50	6.05	6.60	7.15
	tA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	TA	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00
60	IV	0.60	1.20	1.80	2.40	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00	6.60	7.20	7.80
	Ib	0.10	0.20	0.30	0.40	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65
	At	0.70	1.40	2.10	2.80	3.25	3.90	4.55	5.20	5.85	6.50	7.15	7.80	8.45
	tA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	TA	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00
70	IV	0.70	1.40	2.10	2.80	3.50	4.20	4.90	5.60	6.30	7.00	7.70	8.40	9.10
	Ib	0.10	0.20	0.30	0.40	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65
	At	0.80	1.60	2.40	3.20	3.75	4.50	4.25	6.00	6.75	7.50	8.25	9.00	9.75
	tA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	TA	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00
80	IV	0.80	1.60	2.40	3.20	4.00	4.80	5.60	6.40	7.20	8.00	8.80	9.60	10.40
	Ib	0.10	0.20	0.30	0.40	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65
	At	0.90	1.80	2.70	3.60	4.25	5.10	5.95	6.80	7.65	8.50	9.35	10.20	11.05
	tA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	TA	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00
90	IV	0.90	1.80	2.70	3.60	4.50	5.40	6.30	7.20	8.10	9.00	9.90	10.80	11.70
	Ib	0.10	0.20	0.30	0.40	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65
	At	1.00	2.00	3.00	4.00	4.75	5.70	6.65	7.60	8.55	9.50	10.45	11.40	12.35
	tA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	TA	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00

a) K=0,10 para bancos de cuatro mts o menos; K= 0,05 para bancos de cinco mts o más.

TABLA 3 - 1

Terrazas huerto de conducción, construídas a mano (K= 0,10 ; I = 0.75 :1)

Ancho del Banco (mts).	Variables Básicas	Pendiente del Terreno (%)								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
1.50	Ib	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	At	0.23	0.33	0.44	0.58	0.75	0.97	1.26	1.65	2.22
	tA	0.17	0.25	0.33	0.44	0.56	0.73	0.95	1.24	1.67
	TA	1.67	1.75	1.83	1.94	2.06	2.23	2.45	2.74	3.17
2.00	Ib	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
	At	0.31	0.44	0.59	0.77	1.00	1.29	1.67	2.20	
	tA	0.23	0.33	0.44	0.56	0.75	0.97	1.25	1.65	
	TA	2.23	2.33	2.44	2.56	2.75	2.97	3.25	3.65	
2.50	Ib	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
	At	0.39	0.54	0.73	0.96	1.25	1.61	2.09		
	tA	0.29	0.41	0.55	0.72	0.94	1.21	1.57		
	TA	2.79	2.91	3.05	3.22	3.44	3.71	4.05		
3.00	Ib	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	
	At	0.46	0.65	0.88	1.16	1.50	1.94	2.51		
	tA	0.35	0.49	0.66	0.87	1.13	1.46	1.88		
	TA	3.35	3.49	3.66	3.87	4.13	4.46	4.88		

TABLA 3 - 2

Terrazas huerto de conducción, construídas con maquinaria (K= 0,10; I = 1:1)

Ancho del Banco (mts).	Variables Básicas	Pendiente del Terreno (%)								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
1.50	Ib	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
	At	0,23	0,34	0,47	0,65	0,90	1,28	1,89	3,15	
	tA	0,23	0,34	0,47	0,65	0,90	1,28	1,89	3,15	
	TA	1,73	1,84	1,97	2,15	2,40	2,78	3,39	4,65	
2.00	Ib	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	
	At	0,31	0,45	0,63	0,87	1,20	1,70	2,53		
	tA	0,31	0,45	0,63	0,87	1,20	1,70	2,53		
	TA	2,31	2,45	2,63	2,87	3,20	3,70	4,53		
2.50	Ib	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25			
	At	0,39	0,56	0,79	1,08	1,50	2,13			
	tA	0,39	0,56	0,79	1,08	1,50	2,13			
	TA	2,89	3,06	3,29	3,58	4,00	4,63			
3.00	Ib	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30			
	At	0,46	0,68	0,94	1,30	1,80	2,55			
	tA	0,46	0,68	0,94	1,30	1,80	2,55			
	TA	3,46	3,68	3,94	4,30	4,80	5,55			

SECRETARIA DE DESARROLLO RURAL INTEGRAL

CÓNSEJO NACIONAL DE DESARROLLO

**PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO**

**ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA LA AGRICULTURA Y ALIMENTACION**