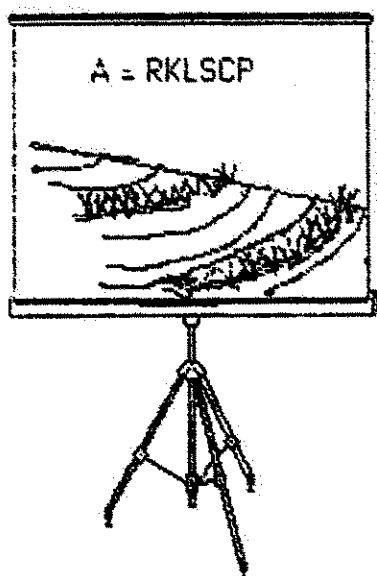


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE  
ESCUELA DE SUELOS Y AGUA

MANUAL DE PRACTICAS  
DE  
CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA



Elaborado por :  
Ing. Domingo Rivas Cerda  
Ing. Matilde Somarriba Chang.

Managua, Nicaragua.  
Febrero, 1991.

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos el aporte brindado para la realización de este manual al Proyecto UNA -LUW/Suelos, por el material de referencia, papelería y medios de reproducción; al Proyecto Ciencias de las Plantas, por facilitarnos el uso de su centro de cómputo en la impresión . Y a todo el personal de la Escuela de Suelos y Agua, que colaboró de una u otra manera para la entrega final de este texto; en especial a la Cra. Graciela Hernández.

a todos ellos,  
gracias.

## CONTENIDO

Numero de Practica	TEMA	Pagina
1	Estudio de una cuenca hidrografica	1
2	Pluviometria	9
3	Metodos para estimar la escorrentia	15
4	Factores que influyen en la Erosión hidrica	26
5	Manejo de la Ecuación Universal de Perdida de Suelos.	29
6	Trazado de curvas a nivel y Reconocimiento de Prácticas de conservación de suelos y agua	35
7	Criterios utilizados para el diseño de terrazas	38
8	Diseño y construcción de una terraza de banco	44
9	Modo de calcular acequias de ladera	47
10	Clasificación por capacidad de uso de las tierras	51

## CLASE PRACTICA Nº 1

**Tema: Estudio de una cuenca hidrográfica.**

### Objetivos:

- Determinar el orden de las corrientes de la red de drenaje de una cuenca hidrográfica.
- Delimitar en un mapa topográfico de una cuenca hidrográfica, una subcuenca y algunas microcuencas.
- Calcular el área de dos micro-cuencas por medio del planímetro.
- Calcular el área de la sub-cuenca en estudio por medio del planímetro.

### Materiales:

- Mapa topográfico
- Planímetro
- Lapices de colores
- cinta adhesiva

### Desarrollo:

El desarrollo de una zona puede llevarse a cabo dentro de cualquier límite que los planificadores escojan, pero la planificación de las mejoras físicas, la construcción de infraestructura o la movilización de los recursos humanos se verán gravemente restringidos a menos de que se realicen dentro de los límites naturales o sea dentro de una "cuenca hidrográfica"

La cuenca hidrográfica o cuenca de drenaje es toda área drenada por una corriente o por un sistema de corrientes, cuyas aguas concurren a un punto de salida, o sea es el área que contribuye el escurrimiento y que proporciona todo o parte del flujo de la corriente principal y sus corrientes tributarias.

Una **cuenca** se puede dividir en **sub-cuencas**, por lo tanto una sub-cuenca es una porción de una cuenca que drena parte de la red de pluvial. Una sub-cuenca a su vez puede subdividirse en micro-cuencas.

Los planes de desarrollo de una zona pueden ejecutarse gradualmente abordando sucesivamente las diversas sub-cuencas. De esa manera el periodo de desarrollo puede extenderse por varios años, según la disponibilidad de medios financieros y personal capacitado; por lo tanto es esencial un trabajo continuo de mantenimiento, para evitar que la acción de la naturaleza ponga en peligro las obras y mejoras hechas.

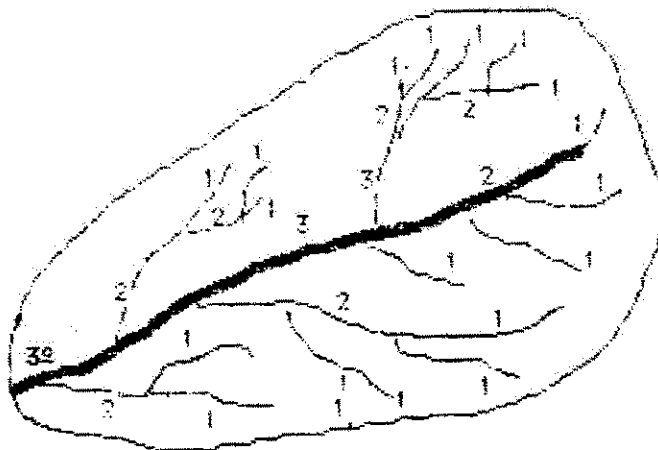
La red de drenaje en una cuenca hidrográfica se compone de una corriente o cauce principal y una serie de afluentes.

Para dar nombre a las corrientes, se efectúa una clasificación, la cual considera:

- a.- Corrientes de primer orden: aquellas que no tienen tributarios.
- b.- Corrientes de segundo orden: a las que tienen tributarios de primer orden.
- c.- Corrientes de tercer orden: aquellas que tienen dos o más tributarios de segundo orden.

En la siguiente figura podemos apreciar lo anteriormente expuesto.

Figura I: Orden de las Corrientes.



Cada cuenca está delimitada por una línea formada por los puntos de mayor nivel topográfico que cruza de una manera perpendicular, la o las corrientes en los puntos de salida.

Esa línea recibe el nombre de parte-agua y constituye la división de cuencas adyacentes, para ubicar los puntos de mayor nivel, es necesario contar con un mapa topográfico en el que se aprecian las curvas de nivel.

Si existen dudas o incertidumbre se puede hacer uso de fotografías aéreas las que dan una imagen tri-dimensional del área utilizando un estereoscopio.

### Procedimiento

Cada estudiante contará con un mapa topográfico correspondiente a la Finca "Trinidades" la que esta ubicada en la Provincia de Córdoba en España. Esta parte de España tiene una alta potencialidad agrícola, pero la erosión atenta contra la fertilidad persistente de sus suelos.

El área tiene un régimen de precipitación fluctuantes. Se presentan períodos con lluvias intensas y de larga duración, las que pueden alternarse con períodos de sequías absoluta. La precipitación promedio del área es aproximadamente 500 mm.

El desague más importante del área de estudio es el arroyo de Mata Bueyes (el que representa la corriente principal) que desemboca en el río Guadajoz.

Todos los ríos y arroyos han formado en la roca madre (areniscas y margas) y un patrón de drenaje dendrítico.

Muchas veces la parte final de cada pequeño valle lleva solamente agua en el período de lluvia.

Durante los últimos 20 años la agricultura en esta parte de España fue excesivamente mecanizada orientada a una rotación de trigo barbecho. Una de las causas del bajo rendimiento en los últimos años es el problema de erosión.

### Tareas a Realizar

- 1.- Dar el número de orden a las corrientes que aparecen en la red de drenaje del mapa topográfico para ello se utilizarán números arábigos.
- 2.- Delimitar la sub-cuenca del arroyo Mata-Bueyes y dos microcuencas

- 2.1 Ubicar la corriente principal del arroyo Mata-Bueyes
- 2.2 Localizar el punto de mayor nivel topográfico en el mapa, próximo a la red de drenaje Mata-Bueyes, el cual corresponde a la curva de 360 metros.
- 2.3 A partir de ese punto, empiece a unir las curvas de mayor nivel topográfico procurando en todo momento que al unir dos curvas se mantenga la perpendicularidad.
- 2.4 Proceder de la misma manera para delimitar las dos micro-cuencas.
3. Leer la guía complementaria acerca del uso del planímetro y de terminar el área de una microcuenca.
- 3.1 Para ello se formarán células compuestas por 4 estudiantes, cada estudiante determinará el área de la micro-cuenca que le indique el instructor, luego se hará un promedio y ese será el área que corresponderá a la micro-cuenca en cuestión.

### Bibliografía

- Gul, N (1986) Desarrollo de Cuencas hidrográficas y conservación de suelos y aguas.

Boletín de Suelos de la FAO Nº 44 Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia.

- Spaa, W.P. (1979) Guía de las prácticas de conservación de suelos Universidad de Agricultura, Wageningen, Holanda.

Asignatura: Conservación de Suelos.

## Tema: Como Usar el Planímetro

- A- Instalación
- B- Como hacer observaciones
- C- Preparación para trazar una área
- D- Trazado de un área
- E- Areas a escala.

### Como Usar el Planímetro

Para medir un área es unicamente necesario correr el punto trazador alrededor de la periferia de la figura y leer la distancia la cual es medida en una rueda medidora durante el proceso.

El planímetro consiste de dos unidades principales el brazopolea y el brazo-trazador con el carro. (fig. 2).

#### A- Instalación.

Coloque el carro con el brazo rastreador paralelo hacia el frente de la línea, el punto rastreador hacia la derecha y en el centro de el área a su medida. Inserte la bola del brazo-polea en la cavidad del carro con el brazo-polea perpendicular a el brazo-rastreador presione la polea, lo necesariamente firme dentro del papel.

#### B- Como Hacer Observaciones.

Mueva el punto trazador en una serie de círculos en sentido de manecillas del reloj, observe el dial y la rueda, pare el movimiento cuando el puntero sobre el dial lee 0 y el 0 sobre la rueda esté exactamente opuesto al 0 sobre el vernier. Esta es la posición 0. Ahora mueva el punto trazador muy ligeramente hacia la derecha, pare antes que el vernier tenga alcanzada la primera graduación de la rueda, mire que esté (1) una y unicamente una graduación sobre el vernier coincidiendo con una graduación de la rueda. Si la 3ra. graduación del vernier esta coincidiendo, conoce que la rueda giro  $3/10$  de la distancia de su 0 a su primera graduación. Tal que el vernier sea usado justamente para dar mayor exactitud a la medición por dividir la rueda entre 10 partes iguales.



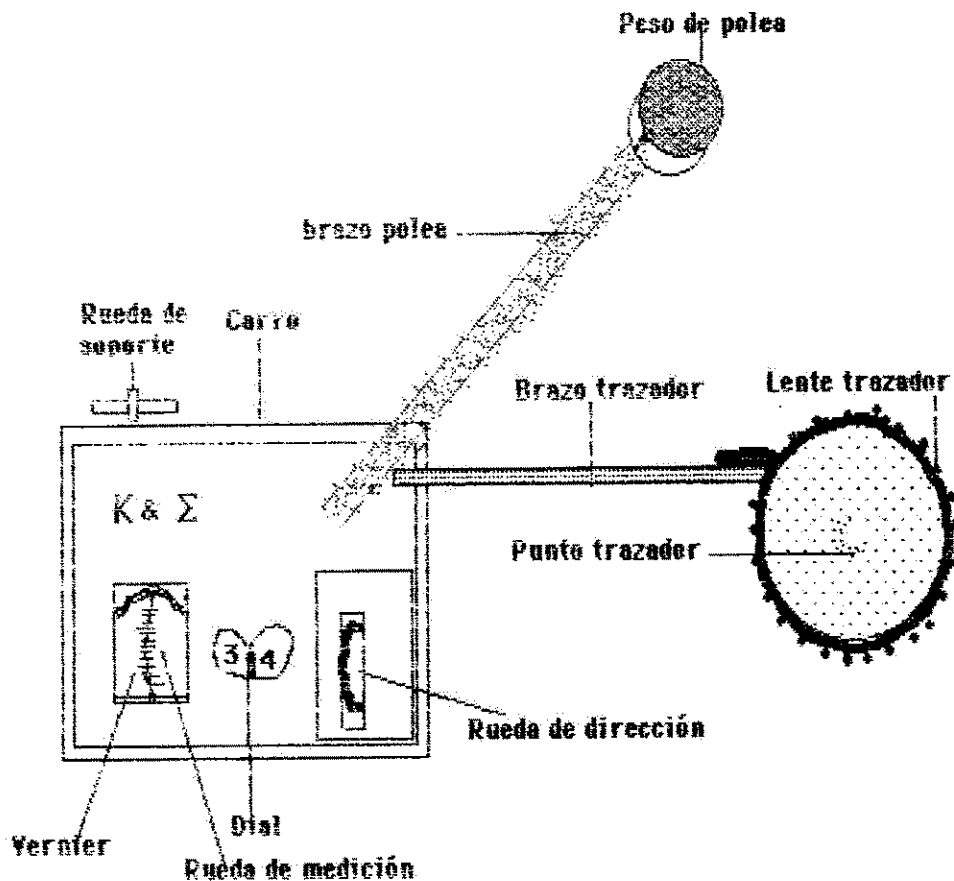


Figura 2. Planímetro.

Ahora mueva el rastreador en pequeña distancia adicional hacia la derecha, hasta que el 0 sobre el vernier esté opuesto a la primera graduación de la rueda. La rueda ha girado 10 unidades del vernier ó 1 unidad de la rueda.

Como ejemplo : después que el índice sobre dial esta entre 3 y 4 sabemos la lectura en unidades vernier. Es 3000; lectura es 340 + unidades de vernier; después el vernier; 0 esta entre 7 y 8 graduación; (de la graduación entre 4 y 5 sobre la rueda), sabemos que la lectura es 3470 + unidades del vernier; finalmente después de la 4ta. graduación sobre el vernier coincide con una graduación de la rueda; la lectura

completar 3474

Se necesita repetir para obtener una media más aproximada de Las lecturas.

### D.- Preparación para trazar un área

La polea puede ser colocada en cualquier posición que permite al punto rastreador alcanzar la periferia de la figura enteramente.

### Precauciones

- 1.- La posición del conjunto permite alcanzar ángulos entre  $15^\circ$  y  $165^\circ$ , entre el brazo polea y el brazo-rastreador.
- 2.- La superficie del papel debe ser lisa, limpia y uniforme para mantener el contacto con la orilla de la rueda.
- 3.- Graficar una línea fina cruzando el perímetro del área a ser medida para marcar el inicio y final.
- 4.- En ángulos agudo formados por el brazo-rastreador y el brazo-polea. El punto rastreador deberá ser movido muy suavemente sobre esta parte de la figura.

### E.- Trazado de una área

Teniendo hecho un recorrido preliminar del círculo del área, y establecido un punto inicial (y final), esta listo para hacer una medición.

- 1.- Con el punto rastreador exactamente en la línea inicial, tome una lectura (primera lectura)
- 2.- Agarre el control rastreador, siguiendo por fuera de la línea de la figura cuidadosamente en dirección de las manecillas del reloj.
- 4.- No trate de usar guía para líneas rectas, ya que provoca error relativo.
- 5.- Al efectuar el recorrido total hasta llegar al punto inicial tome una 2da. lectura.
- 6.- Efectuar la sustracción del a. 1ra. lectura de la 2da. la diferencia indica el péres por la siguiente forma de cálculo.

### Calculo del área en el plano (Apa)

- a)- Seleccione la regla marcada con 100 cm<sup>2</sup> y ajústelo al lente trazador.
- b)- Fije un extremo de la regla con su pincho, marcar su punto inicial y efectúe la lectura inicial.
- c)- Gire completamente una revolución (360°) hasta llegar a su punto inicial.
- d)- Efectúe la lectura final y encuentre la diferencia entre las dos lecturas.
- e)- El valor encontrado se tiene que realizar como mínimo 3 veces para obtener un promedio.
- d)- Este valor es una constante (C) que se relaciona directamente con el área recorrida que equivale a 100 cm<sup>2</sup>.
- e) Para el cálculo de cualquier área se seguirá la siguiente fórmula.

$$A_p = \frac{r}{C} \times 100 \text{ cm}^2$$

donde:

r= diferencia entre la lectura inicial y final de cualquier otra área

A<sub>p</sub>: áreas en el plano

C= Constante.

### E.- Áreas a Escala

Conversión del A<sub>p</sub> a área del terreno (A<sub>t</sub>).

El efecto para cualquier mapa a escala es determinar fácilmente. Por ejemplo suponga que el mapa tiene una escala de 1:1000 (cm:cm). El valor de 1cm<sup>2</sup> sobre el mapa es 1000 x 1000 = 1,000,000 cm<sup>2</sup> en el terreno es 1,000,000.

Si se midió 13.76 cm<sup>2</sup> sobre el plano (A<sub>p</sub>) el área real (A<sub>t</sub>) será 13.76 cm<sup>2</sup> x 1,000,000 = 13,760.000 cm<sup>2</sup>. Con otros factores de conversión obtenemos el área en M<sup>2</sup> y en ha.

$$1 \text{ m}^2 = 10^4 \text{ cm}^2$$

$$1 \text{ Ha} = 10^4 \text{ m}^2$$

A<sub>t</sub> = área en el terreno

## CLASE PRACTICA Nº 2

### Tema: Pluviometría

#### Objetivos:

- Determinar el volumen de agua que cae en un área, a través de mediciones del pluviómetro.
- Calcular la intensidad de un aguacero, a través de la interpretación de un pluviograma.
- Elaborar un hietograma a través del análisis del pluviograma y clasificar el aguacero.
- Estimar el volumen de escurrimiento, a través del método de curva masa.
- Calcular el período de retorno y probabilidad de lluvia, por medio de datos de lluvias.
- Estimar la erosividad de una lluvia.

#### Materiales:

- calculadora
- papel milimetrado
- regla
- gráficos en cartulinas
- hoja de ejercicios

#### Desarrollo:

**Pluviómetro:** El pluviómetro es el aparato creado para medir la precipitación en cualquiera de sus formas durante un determinado lapso de tiempo, o sea mide la altura de lluvia.

Es un aparato sencillo, económico y de fácil mantenimiento. La cantidad de milímetros de lluvia (mm) que leemos en el pluviómetro después de un aguacero o al final del día, es igual a la misma cantidad de agua caída en un metro cuadrado de superficie.

Procedimiento para determinar el volumen de agua en una área por medio del pluviómetro.

- 1- Calcular el área de captación (sección) del pluviómetro (medir el diámetro).
- 2- Calcular el volumen de agua dentro del pluviómetro utilizando el área del inciso 1 y la altura de la lectura en el pluviómetro.
- 3- Se efectúa luego una regla de tres:

Si en  $X \text{ cm}^2$  (área de captación) cayeron  $Y \text{ cm}^3$  de agua (inciso 2), entonces en un  $\text{m}^2$  ( $10,000 \text{ cm}^2$ ) cayeron  $Y' \text{ cm}^3$ , que transformados a litros nos dará el volumen de agua que cae en determinado aguacero.

Ejemplo:

Un pluviometro mide 12 cm de diámetro. Después de un aguacero tomamos la lectura y anotamos 16 l mm. Cuántos litros de agua por  $\text{m}^2$  habrán caído y que volumen total precipitó en una cuenca de 12,000 Ha.

### Interpretación de un pluviograma:

Cálculo de la intensidad de un aguacero:

El pluviometro al convertirse en un aparato registrador se denomina pluviógrafo, cuya construcción es más compleja. Sirve para calcular la intensidad de la lluvia.

El pluviógrafo registra la lámina de agua precipitada y la distribución de esta en el tiempo; en una carta llamada Pluviograma registra la precipitación acumulada a través del tiempo de la tormenta y ello permite estimar la intensidad-duración de la lluvia.

Sobre el registro pluviográfico es posible calcular la intensidad de diferentes intervalos (5, 10, 20, ..., 120 minutos) para cualquier lluvia en algún sitio del área de estudio.

Por ejemplo si se desea calcular la intensidad de la lluvia para 20 minutos en el registro pluviográfico debe buscarse la parte de la curva con mayor pendiente en una porción equivalente a 20 minutos, esa cantidad de lluvia (Pp) se multiplica por 3 (1hr. = 60 minutos) y se obtiene la intensidad de la lluvia en mm/hr.

Para el cálculo de estructuras de conservación y otras obras de mayor envergadura (puentes) es necesario conocer la intensidad (I) máxima de la lluvia en mm/hr. y en base a estos tener una idea de la longevidad de la estructura que hemos calculado, ya que las intensidades máximas generalmente se repiten en un período determinado (período de retorno).

### Procedimiento para interpretar un Pluviograma:

- 1 - Marcar el principio y el final del aguacero, con lápiz punta fina.
- 2 - Dividir la duración del aguacero en partes iguales perfectamente de 10 en 10 minutos. Las divisiones marcarlas con lápiz punta fina.
- 3 - Estimar o medir la cantidad de lluvia caída en esos intervalos de 10 minutos. El resultado anotarlo en la columna (3) de la tabla

respectiva.

4.- Anotaciones que deben hacerse en las columnas de la tabla :

- a.- Hora en que inició el aguacero. En renglones subsiguientes anotar:
  - b.- columna 1 : tiempo en intervalos deseados.
  - c.- columna 2 : anotar solamente el intervalo.
  - d.- columna 3 : anotar la lluvia precipitada durante el intervalo.
  - e.- columna 4 : anotar la lluvia acumulada desde el principio del aguacero hasta el tiempo que finalizó.
  - f.- columna 5 : anotar la intensidad del aguacero para cada intervalo.
- Para obtener este dato multiplicar 60 minutos por el dato de la columna (3) y dividir por la columna (2).

TAREA :

El profesor entregará a cada célula formada por 5 estudiantes un pluviograma que será analizado por ellos, de la misma forma explicada.

Cada estudiante con los datos obtenidos del pluviograma elaborará el histograma correspondiente a esta lluvia. Clasificará dicho aguacero y dirá el tipo de escurrimiento que ocurrirá. El informe se entregará al profesor.

#### Estimado del volumen de escurrimiento :

Un estimado del volumen total de escurrimiento que puede ocurrir en una cuenca durante el periodo más crítico, implica el conocimiento de ciertas características de la lluvia que se utilizarán como modelo para el estimado de la capacidad de infiltración del suelo.

El método más usado consiste en graficar la curva masa de lluvia acumulada y la infiltración acumulada, ambas en función del tiempo. La tasa de infiltración es tomada como constante usando el mínimo valor que pueda resultar por condiciones previas de humedad.

El volumen máximo de escurrimiento es representado por el valor alcanzado por la lluvia menos la infiltración en el punto donde  $di/dT = df/dT$ .

El volumen total de escurrimiento es obtenido aplicando la siguiente ecuación :  $V = A ( I - F ) 10$ .

donde :

V : Volumen total de escurrimiento en  $m^3$ .

A : Area de la cuenca en Ha.

I : Lluvia acumulada en mm.

F : Infiltración acumulada en mm.  
 IO : Constante.

Procedimiento para estimar el volumen de escurrimiento por el método Curva masa.:

- a.- graficar en el eje X el tiempo acumulado que dura la lluvia.
- b.- Graficar en el eje Y la lluvia acumulada.
- c.- Graficar la infiltración acumulada contra el tiempo.
- d.- Trazar una recta tangente a la curva de lluvia acumulada.
- e.- Aplicar la fórmula.

TAREA :

Después que el profesor explique la forma de estimar el volumen de escorrenría por el método de la curva masa. Cada estudiante mediante un ejercicio calculará dicho valor.

Ejercicio:

Calcular la escorrenría máxima que puede ocurrir en un terreno de 25 Ha donde las pruebas de infiltración han arrojado un dato promedio de 50 mm/hr. para una precipitación cuyos datos pluviográficos se presentan en la siguiente tabla:

TIEMPO (horas)	PRECIPITACION POR INTERVALO (mm.)
2: 00	
2: 10	1.27
2: 20	10.23
2: 25	8.80
2: 45	41.90
2: 55	16.95
3: 10	10.95
3: 50	27.05
4: 20	6.80
5: 05	6.55

Período de Retorno :

Freguntas de Control :

- 1.- Cómo se define el período de retorno de una lluvia?
- 2.- Cuáles son los períodos de retorno más usados en trabajos de Conservación de Suelos y Agua?
- 3.- Porqué en los trabajos de conservación no se utilizan periodos de retorno mayores de 25 años? Cite ejemplos en los que se deben utilizar.
- 4.- Cuál es la fórmula que se utiliza para calcular periodos de

retorno?

Ejercicio:

Se tienen 15 observaciones de intensidad máxima de la lluvia para una duración de 5 minutos en una estación X. Calcular los valores de intensidad para períodos de retorno de 1, 3, 5, y 15 años.

Procedimiento:

1.- Se tabulan los valores anuales de intensidad máxima de la lluvia desde el primero hasta el último año.

2.- Se ordenan los valores de intensidad máxima en forma decreciente.

3.- Se aplica la fórmula y se calculan los períodos de retorno.

TAREA:

El profesor entregará el ejercicio, el cual será desarrollado por cada estudiante y entregado al final de la clase.

Probabilidad de lluvia:

Preguntas de Control:

1.- Porqué es importante conocer el dato obtenido a través de Probabilidad de lluvia?

2.- Cuál es la fórmula utilizada para calcularla?

Ejercicio:

Se debe calcular la lluvia esperada en X mes con una probabilidad del 50 %.

Procedimiento:

1.- Se agrupan las observaciones de precipitación de acuerdo a los años de registro.

2.- Se ordenan los valores de lluvia de mayor a menor.

3.- Se aplica la fórmula.

TAREA:

El profesor entregará el ejercicio correspondiente, el cual debe ser desarrollado por cada estudiante y adjuntado al reporte de la clase.

Estimación de la Erosividad a partir de datos pluviométricos

El Índice:  $EI_{30}$ :

$$R = \sum_{j=1}^n (EI_{30})$$

j=1



Donde:

R= Erosividad de la lluvia (MJ mm/ha h año)

El<sub>30</sub> = Índice de erosividad de Wischmeier (Mj mm/ha h)

Pero:  $El_{30} = Ec_t * I_{30}$

Donde:  $Ec_t$  = Energía cinética total de la lluvia (Mj/ha)

$I_{30}$  = Intensidad máxima en 30 minutos (mm/hr.)

El valor  $Ec_t$  se determina de la siguiente manera :

$$Ec_t = \sum_{i=1}^n (Eci \cdot pi)$$

donde :

$Eci$  : Energía cinética para un segmento de lluvia (i) en MJ/ha.mm.

$pi$  : lámina de un segmento de lluvia (i) en mm.

El valor  $Eci$  se calcula así :

$$Eci = 0.119 + 0.087 \log_{10} li$$

donde :

$li$  intensidad de lluvia para un segmento (i) en mm/hr.

$$\text{Pero: } li = \frac{Pi \times 60}{Ti}$$

donde :  $Pi$  : lámina de lluvia del segmento (i) en mm.

$Ti$  : duración de la lluvia del segmento (i) en minutos.

El  $El_{30}$  se determina así :

$$El_{30} = \frac{P_{30} \times 60}{30}$$

donde :  $P_{30}$  : la máxima cantidad de lluvia en 30 minutos seguidos en mm

$I_{30}$  : Intensidad máxima de la lluvia en 30 minutos en mm/hr.

## CLASE PRACTICA Nº 3

### **Tema : Métodos para estimar la escorrentía.**

#### Sumario :

- 3.1 Cálculo del escurrimiento medio.
- 3.2 Cálculo del escurrimiento máximo.
  - 3.2.1. Método Racional.
  - 3.2.2. Método Racional Modificado.
  - 3.2.3. Método simplificado de Huellas Máximas.

#### Objetivos :

- Utilizar correctamente las tablas para determinar los valores de Coeficiente de escorrentía (C) y de Rugosidad (n).
- Calcular el escurrimiento medio a través de ejercicios.
- Determinar el escurrimiento máximo en una cuenca por medio de los métodos explicados en clase.
- Determinar el escurrimiento máximo en una cárcava a través de ejercicios prácticos.

Materiales :

- Tablas de C y n.
- Calculadora.

#### Desarrollo :

##### 3.1. Cálculo del escurrimiento medio:

El valor del escurrimiento medio es necesario para calcular el volumen de agua que se pretende captar o retener.

Para calcular el escurrimiento medio o volumen medio en cuencas pequeñas o áreas de drenaje reducidas, es necesario conocer el valor de la precipitación media, el área de drenaje y su coeficiente de escurrimiento, de tal manera que la fórmula a utilizar será la siguiente

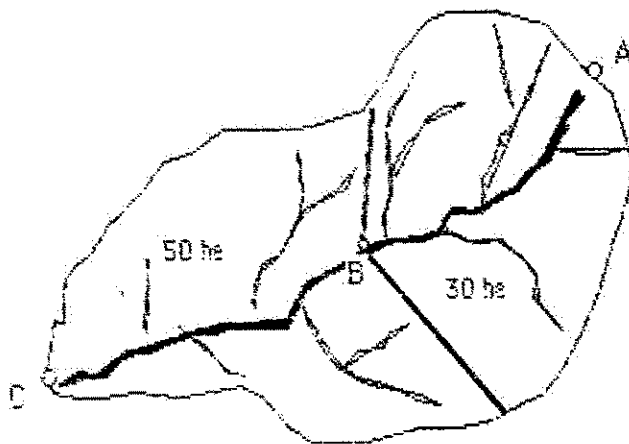
$$V_m = A \cdot C \cdot P_m.$$

Para aplicar esta fórmula, es indispensable determinar cada uno de los factores que en ella intervienen y para lograrlo deben seguirse los pasos siguientes :

- a) Obtener el valor del coeficiente de escurrimiento C por medio de tablas de acuerdo a las características de la cuenca y al uso del suelo.
- b) Obtener el área de la cuenca por medio de cartas topográficas, fotografías aéreas o por levantamiento directo en el campo.
- c) Solicitar a la estación meteorológica más cercana al área de

**Ejemplo 2 :**

Determinar el escurrimiento máximo para un período de retorno de 10 años en una cuenca que tiene un área total de 80 Ha., 30 de las cuales consisten de suelos con textura arcillosa y topografía ondulada (5 - 10%), están dedicadas a potreros. Las 50 ha., restantes son de suelo franco-arenoso, de topografía plana, se encuentran sembrados de maíz. La distancia entre A y B es de 378 metros, con una gradiente de 6%, la distancia entre B y C es de 864 m., con un gradiente de 2%.

**3.2.2. Método Racional Modificado :****Ejemplo 1 :**

Determinar el escurrimiento máximo para una frecuencia de 5 años, en una cuenca de 110 Ha.; localizada en las cercanías de Diriamba; donde las características de la cuenca son : 40 Ha. de terreno plano y textura gruesa sembrado con frijol, 20 Ha de terreno ondulado (5 - 10%) con suelos de textura media dedicados a pastos y por último 50 Ha. de terreno escarpado (10 - 30%) boscoso con suelos de textura fina. La lluvia máxima en 24 horas para un período de retorno de 5 años es de 15 cm.

**3.2.3. Método Simplificado de Huellas Máximas :**

Este se recomienda para cárcavas donde se observen las huellas máximas del escurrimiento. La fórmula es la siguiente :

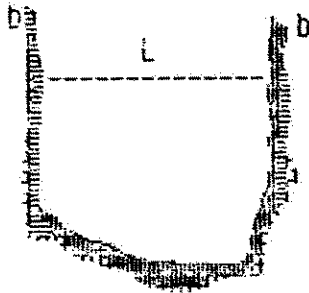
$$Q = A \cdot V$$

**Procedimiento a seguir :****Cálculo del área hidráulica de la sección :**

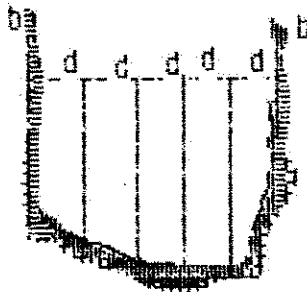
Para calcular el área, es necesario observar los taludes de la cárcava; si los taludes son verticales o en forma de U, emplear el procedimiento (1); si los taludes son en forma de V emplear el procedimiento (2).

1.- Cálculo para taludes verticales con sección en forma de U:

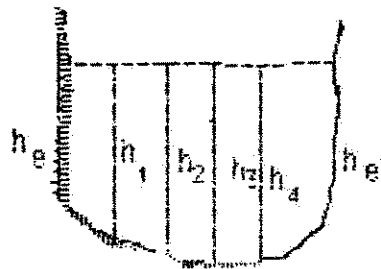
- Medir con una cinta la longitud que existe entre las huellas máximas en la sección de la cárcava.



- Se divide la longitud en porciones iguales ( $d$ ) recomendándose una mayor división entre más irregular sea el fondo de la cárcava. Este ancho ( $d$ ) puede variar de 0.5 - 2.0 m.



- Con una cinta métrica, se mide la altura ( $h$ ) que existe entre el piso de la cárcava y la cinta que une las huellas máximas, a las diferentes distancias parciales.



Con estos datos se calcula el área hidráulica :

$$A = d \left( \frac{h_e}{2} + \sum h_i + \frac{h_e'}{2} \right)$$

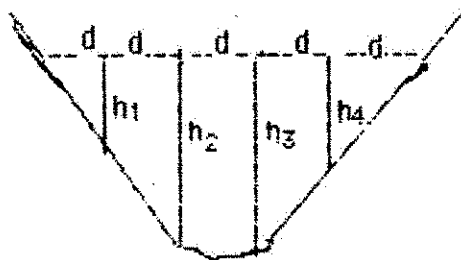
donde :

A = área de la sección (m<sup>2</sup>)  
 d = ancho de cada porción (m)  
 h = altura (m).

2.- Cálculo del área en cárcavas con taludes en declive, sección en Y:

- Se siguen los dos primeros pasos descritos en el procedimiento anterior.

El área se determina con la siguiente fórmula :  $A = d (\sum h_i)$ .



Cálculo de la velocidad del flujo:

Para calcular la velocidad del flujo o de la corriente, se utiliza la fórmula de Manning

$$V = \frac{r^{2/3} s^{1/2}}{n}$$

donde :

$V$  : Velocidad (m/seg.)

$r$  : radio hidráulico (m).

$s$  : pendiente (m/m).

$n$  : coeficiente de rugosidad.

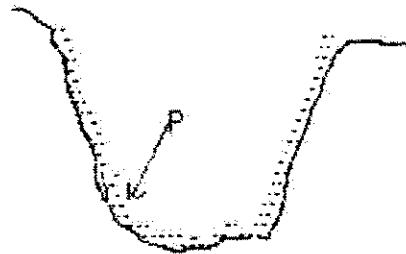
$$r = \frac{A}{P}$$

donde :

$A$  : área ( $m^2$ ).

$P$  : perímetro mojado (m).

El área se determina por cualquiera de los métodos ya descritos y el perímetro mojado se mide con una cinta o cuerda, siguiendo el contorno de la sección de la cárcava sin incluir el espejo de agua.



#### Pendiente de la sección :

Se determina la pendiente media de la porción de la cárcava donde se pretende ubicar la estructura y se expresa en m/m.

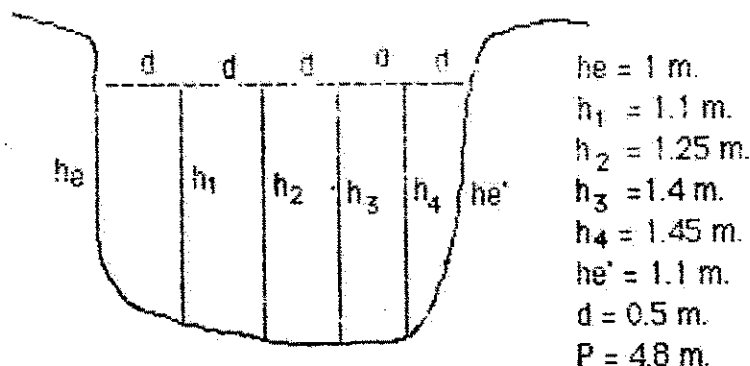
Por ejemplo si la  $s = 6\%$  ; en m/m = 0.06.

#### Coefficiente de rugosidad :

Este valor está en función de las características de la cárcava y se obtiene de tablas que resumen trabajos previamente realizados.

#### Ejemplo 1 :

Calcular el escurrimiento de la cárcava donde se aprecian las huellas máximas y cuya sección con sus dimensiones aparecen en la siguiente figura. La pendiente es del 6% y sus taludes son regulares y sin vegetación, sinuosa, algunos charcos y escollos.



Cálculo del área de la sección:

$$A = d (h_e/2 + h_1 + h_{e'}/2)$$

Cálculo de la velocidad del flujo:

$$r = A/P$$

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

$n$

Cálculo del escurrimiento máximo:

$$Q = A \cdot V$$

### Ejercicios Propuestos

1.- Calcular el escurrimiento máximo de una cuenca de 80 Ha. de las cuales las primeras 30 Ha. escurren 600 mm, en otras 20 Ha. escurren 800 mm y las restantes escurren 500 mm. del total de lluvia caída en la cuenca que es de 1500 mm. anual. La lluvia máxima en 24 horas para un período de retorno de 5 años es de 120 mm.

2.- Determinar el escurrimiento máximo par una cuenca que presenta las siguientes condiciones:

Area (Ha)	Pendiente (%)	Textura	Vegetación
25	3	media	maíz
35	8	arcillosa	pastos
15	17	arenosa	bosques

La longitud máxima del flujo es de  $L = 3000 \text{ m.}$  y el desnivel  $H = 65 \text{ m.}$

utilice un período de retorno de 5 años.

Nota : Utilizar tabla de intensidad-duración-frecuencia.

3 - Para una cuenca hidrográfica que no cuenta con registros pluviográficos calcular el escurrimiento máximo en su cauce principal dadas las siguientes condiciones :

Lluvia máxima en un día para un período de retorno de 10 años = 130 mm.

Área (Ha.)	Pendiente (%)	Textura	Vegetación
50	0 - 5	franco	frijol
50	5 - 10	franco	pastos
50	10 - 30	arenosa	bosques

4 - Calcular el escurrimiento máximo en una cárcava en forma de V con una pendiente del 8%, de superficie sinuosa, con algunas piedras, hierbas y charcos en condiciones malas.

Datos.

$d = 1$  m.

$h_1 = 0.65$  m.

$h_2 = 1.15$  m.

$h_3 = 0.90$  m.

$P = 4.0$  m.

5.- Determinar el escurrimiento medio en una cuenca de 80 Ha. con suelo ligero, plano, con bosques y con una precipitación media de 950 mm. anuales.

6.- Se desea calcular la lluvia esperada en la zona sur de Tlaxiaco para el mes de Mayo con una probabilidad del 80%.

A continuación aparecen los valores de precipitación registrados por una estación meteorológica ubicada cerca de dicho lugar; los datos corresponden al mes de Mayo.

Año	Precipitación (mm)
1981	13.9
1982	37.0
1983	51.0
1984	25.2
1985	59.0
1986	9.4
1987	5.8
1988	15.9



1989

39.3

**Cuadro 1. Tiempo de Concentración para cuencas pequeñas.**

Longitud máxima de flujo (metros).	Tiempo de concentración (minutos)					
	Gradiente de la cuenca (%).					
	0.05	0.1	0.5	1.0	2.0	5.0
150	18	13	7	6	4	3
300	30	23	11	9	7	5
600	51	39	20	16	12	9
1200	86	66	33	27	21	15
1800	119	91	40	37	29	20
2400	149	114	57	47	36	25
3800	175	134	67	55	42	30
6000	306	234	117	97	74	52

**Cuadro 2. Valores aproximados de la velocidad de escurrimiento, para calcular el tiempo de concentración.**

Descripción de la vertiente	Pendiente del terreno (%)					
	0-4	4-10	10-15	15-20	20-25	25-30
	Velocidad en metros por segundo (m/s)					
Con bosque	0.30	0.60	1.00	1.20	1.40	1.50
Con potreros	0.45	0.90	1.20	1.50	1.60	1.80
Con cultivo	0.60	1.20	1.50	1.70	1.80	1.90

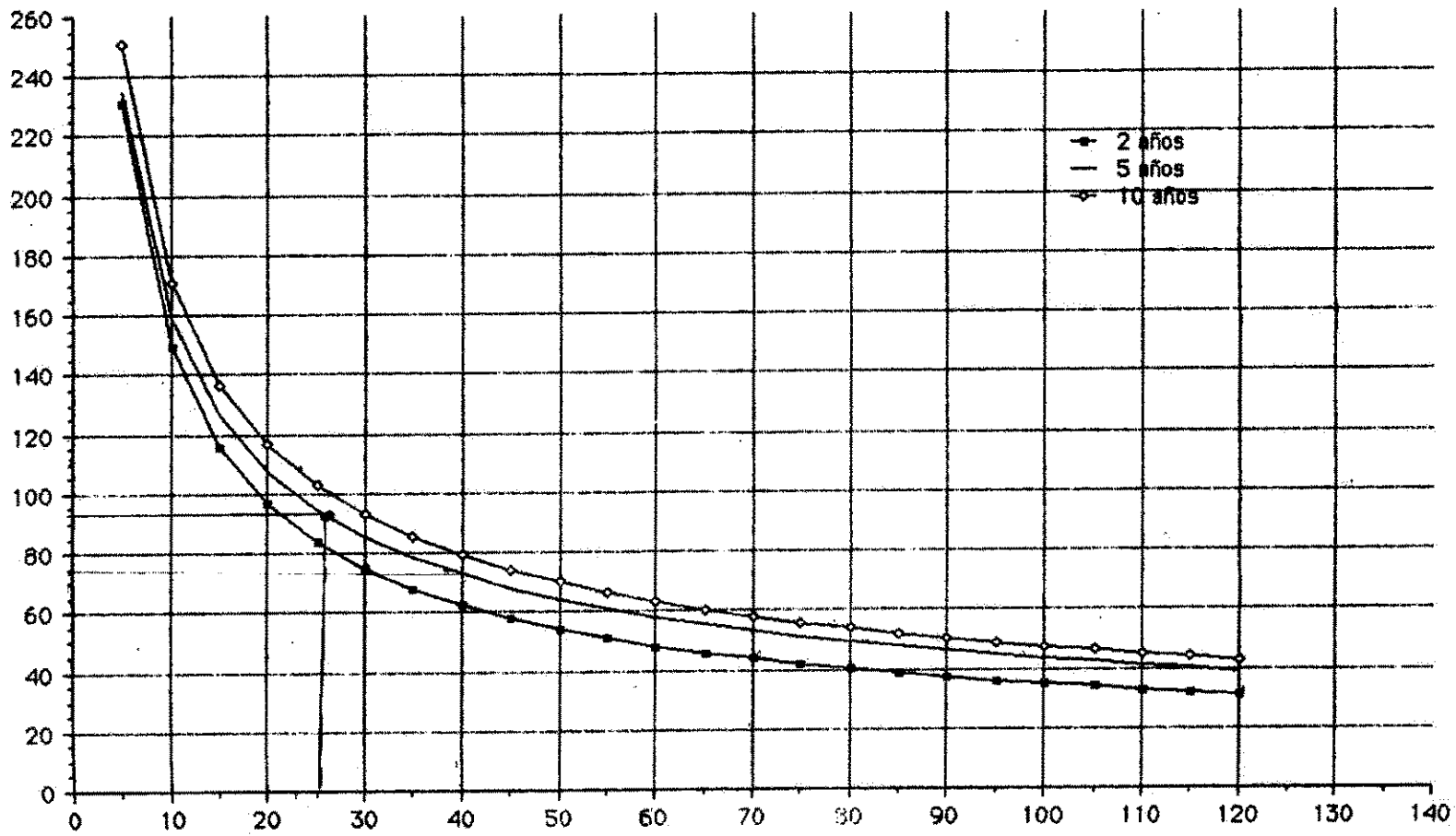
COEFICIENTE DE ESCORRENTIA "C", para usarse en fórmula  
Racional  $Q = C.I.A./360$ .

**TEXTURA DEL SUELO**

<b>TOPOGRAFIA y VEGETACION</b>	<b>FRANCO ARENOSO</b>	<b>FRANCO ARCILLO-ARENOSO</b>	<b>ARCILLA COMPACTA</b>
<u>Bosques :</u>			
Pendiente : 0 - 5%	0.10	0.30	0.40
5 - 10%	0.25	0.35	0.50
10 - 30%	0.30	0.50	0.60
<u>Pastizales :</u>			
Pendiente : 0 - 5%	0.10	0.30	0.40
5 - 10%	0.18	0.36	0.55
10 - 30%	0.22	0.42	0.60
<u>Cultivado :</u>			
Pendiente : 0 - 5%	0.30	0.50	0.60
5 - 10%	0.40	0.60	0.70
10 - 30%	0.52	0.72	0.82
<u>Zona Urbana :</u>			
	<u>30%area</u>	<u>50%area</u>	<u>70%area</u>
	<u>impermeable</u>	<u>impermeable</u>	<u>impermea</u>
Plano (0 - 5%)	0.40	0.55	0.65
Ondulado (5 - 10%)	0.50	0.66	0.80

VALORES DE n PROPUESTOS POR HORTON				
SUPERFICIE	CONDICIONES DE PAREDES			
	PERFECTAS	BUENAS	MEDIABUENA	MALAS
1) Bordos limpios, rectos, sin fendaduras, ni charcos profundos.	0.025	0.0275	0.030	0.033
2) Igual al (1) pero con algunas piedras.	0.030	0.033	0.035	0.040
3) Sinuoso, algunos charcos y escollos, limpio.	0.033	0.035	0.040	0.045
4) Igual al (3) pero de poca tirante, con pendiente y sección menos eficiente.	0.040	0.045	0.050	0.055
5) Igual al (3) pero algo de hierbas y piedras	0.035	0.040	0.045	0.050
6) Igual al (4), secciones pedregosas.	0.045	0.050	0.055	0.060
7) Ríos perezosos, cauce enhiembado con charcos profundos.	0.050	0.060	0.070	0.080
8) Playas muy enhiembadas.	0.075	0.100	0.125	0.150

Intensidad (mm/h).



Duración (minutos).

Curvas de intensidad-duración-frecuencia.

### Clase Práctica Nº 4

#### Tema : FACTORES QUE INFLUYEN EN LA EROSION HIDRICA.

##### Objetivos :

- Calcular la pendiente en la cual se encuentran ubicadas cada una de las cajas demostrativas.
- Analizar como los factores textura del suelo, vegetación, disposición de los surcos en el terreno y laboreo del suelo influyen en la erosión.
- Calcular de forma empírica el coeficiente de escorrentía para cada condición presente.
- Determinar la cantidad de suelo escurrido bajo los factores dados en cada caja demostrativa.
- Comprender porqué las partículas de arcilla se mantienen en suspensión junto con el agua por más tiempo que las otras partículas de suelo.
- Explicar la razón por la cual las partículas de arcilla se sedimentan cuando se le agrega al agua una solución de cloruro de calcio.

##### Materiales :

- Cajas de madera con diferentes tipos de suelo (arenoso, franco y arcilloso).
- Regadera.
- Mesas inclinadas.
- Cintas métricas.
- Beakers de 1000 ml.
- Solución de Cloruro de Calcio.
- Agua abundante.

##### Metodología :

Se cuentan con 8 cajas en las cuales se representan diferentes factores que influyen en la erosión hídrica de los suelos :

Caja Nº 1 : Suelo de textura arcillosa

Caja Nº 2 : Suelo de textura franca.

Caja Nº 3 : Suelo de textura arenosa.

Caja Nº 4 : Suelo de textura franca con vegetación herbácea.

Caja Nº 5 : Suelo de textura franca, cubierto con rastrojos.

Caja Nº 6 : Suelo de textura franca, con terrones en la superficie.

Caja Nº 7 : Suelo de textura franca con surcos dispuestos a favor de la pendiente.

Caja Nº 8 : Suelo de textura franca con surcos dispuestos contra la pendiente.

- Se determinará la pendiente del plano en el cual se encuentran cada una de las cajas, mediante la siguiente fórmula :

$$S = \frac{H}{L} \times 100$$

donde :  
 S : pendiente media (%)  
 H : diferencia de nivel en metros.  
 L : longitud en metros.

- Se determinará el volumen escurrido en cada caja, esto nos servirá para determinar el coeficiente de escorrentía en cada caso aplicando la fórmula siguiente ...

$$C = \frac{\text{Volumen Escurrido}}{\text{Volumen Llovido}}$$

- Se determinará la cantidad de suelo perdido en cada caso, observando los sedimentos en el fondo de los beakers y midiendo con su respectiva graduación.

- Se agregará solución de Cloruro de Calcio al escurrimiento proveniente de la Caja Nº 1, para poder observar claramente los sedimentos y diferenciarlos del agua de escorrentía.

- Se construirá una tabla que contenga la siguiente información :

Caja Nº	Volumen Llovido (ml)	Volumen Escurrido (ml)	C	Volumen Suelo (ml)	% Suelo Perdido (VS.100) VE
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

- Explicar en cada caso el motivo de diferencia en lo que respecta a volumen escurrido y % de suelo perdido.
- Explicar porqué las partículas de arcilla permanecen más tiempo en suspensión que el resto de las partículas y la razón que justifique su sedimentación al agregar Cloruro de Calcio.
- Explique de que manera influye cada factor (textura de suelo, cobertura o vegetación, tipo de manejo del suelo) en la erosión hídrica.

### Clase Práctica Nº 5

#### Tema : Manejo de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos.

##### Objetivos :

- 1 - Interpretar el significado de cada uno de los factores de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo.
- 2 - Determinaar la importancia de la predicción de pérdidas de suelo por Erosion Hidricas.
- 3 - Calcular la pérdida de suelo promedio de la EUPS bajo condiciones planteadas
- 4 - Seleccionar las prácticas de manejo de los cultivos adecuadas para mantener la Erosión Potencial en un límite aceptable.

##### Desrrollo :

La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo puede expresarse como sigue:

$$A = R.K.L.S.C.P.$$

donde :

A : Pérdida de suelo estimada por unidad de superficie, que se obtiene multiplicando los siguientes factores :

R : Factor Erosividad de la lluvia (Mj.mm/Ha.hr.)

K : Factor Erodabilidad del suelo (Ton/Ha.año/Mj.mm/Ha.hr.)

L : Factor Longitud de pendiente

S : Factor Gradiente de pendiente.

C : Factor Cobertura y Manejo del Cultivo.

P : Factor Prácticas de Control de Erosión.

##### Determinación del Factor R : Erosividad de la lluvia :

$$R = E I_{30}$$

donde : E : Energía total para un evento de precipitación

$I_{30}$  : Intensidad máxima de la precipitación en 30 minutos.

La energía cinética es igual a :

$$E_c = 0.1189 + 0.0873 \log_{10} I$$

donde :

I : intensidad en mm/h.

Para el cálculo de  $E_c$  se elaboró la siguiente tabla con valores de intensidades de hasta 75 mm/h.



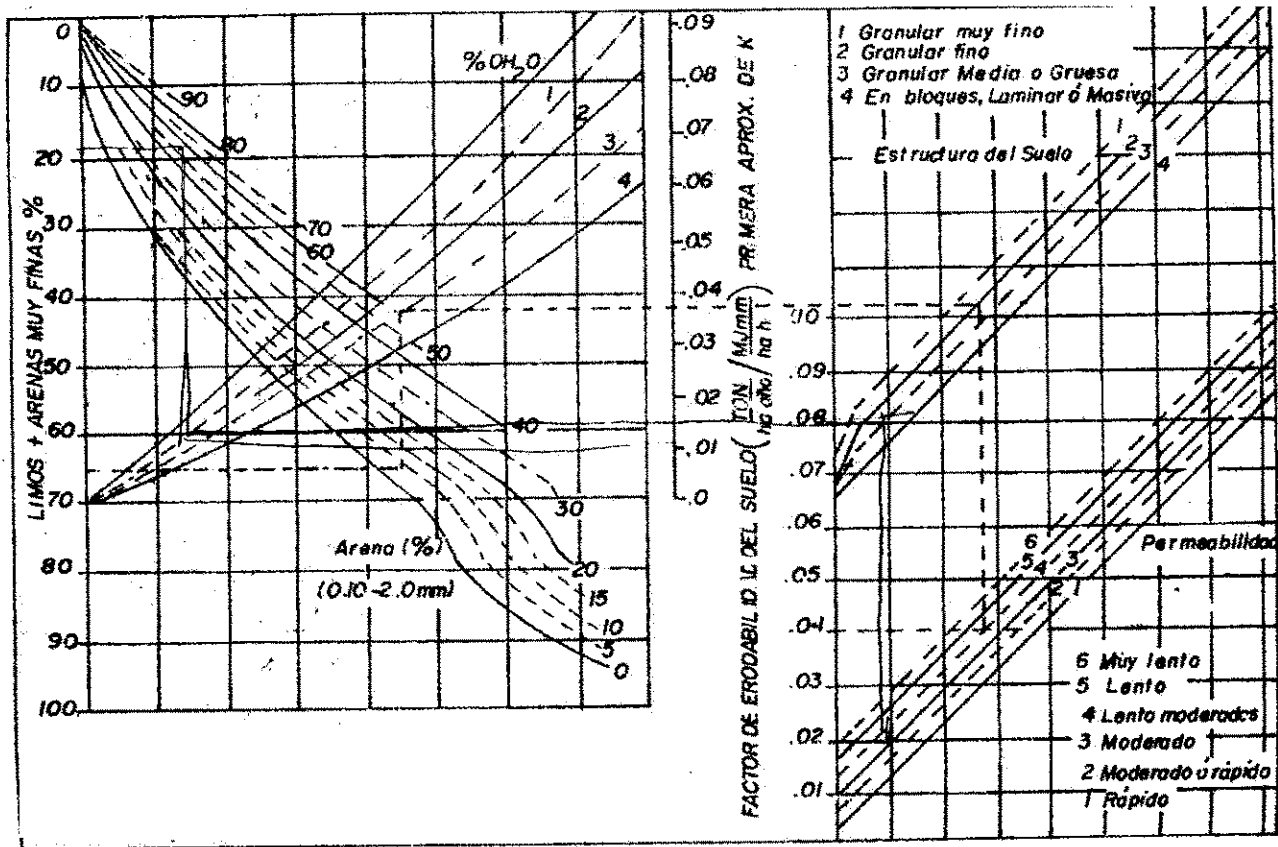


FIG. 1 NOMOGRAMA PARA LA DETERMINACION DEL VALOR DE K (WISCHMEIER et al 1971)  
MODIFICADO POR FOSTER et al (1981)

l : longitud de la pendiente en el campo (metros)

m : exponente que refleja la relación entre la pendiente y el grado de erosión.

Tabla 2. Valores de m.

**m tiene valor de :**

- 0.2 cuando la pendiente  $\leq 1\%$
- 0.3 cuando la pendiente  $> 1\% \leq 3\%$
- 0.4 cuando la pendiente  $> 3\% \leq 5\%$
- 0.5 cuando la pendiente  $> 5\% \leq 10\%$
- 0.6 cuando la pendiente  $> 10\% \leq 50\%$ .

Determinación del Factor S : Gradiente de pendiente :

Mediante la fórmula :

$$S = 0.065 + 0.045s + 0.0065s^2.$$

donde :

s : gradiente de la pendiente en el campo (%).

Determinación del Factor C : Cobertura y Manejo del cultivo :

Con el uso de Tablas que han sido obtenidas en otros países, pero a falta de datos locales se hace necesario extrapolar dichos valores a nuestras condiciones.

Tabla 3. Algunos valores de "C" reportados para diferentes formaciones vegetales y cultivos, en África Occidental (Roose, 1977).

VEGETACION	FACTOR C VALOR PROMEDIO ANUAL
Suelo desnudo	1.0
Bosque denso o cultivo con "mulch" espeso	0.001
Sabana o pastizal, sin pastoreo	0.01
Cultivos de cobertura, siembra tardía, desarrollo lento.	
1º Año	0.3 - 0.8
2º Año	0.1
Cultivo de cobertura, desarrollo rápido	0.1
Maíz, sorgo	0.3 - 0.9
Arroz (cultivo intensivo, segundo ciclo)	0.1 - 0.2
Algodón, Tabaco (segundo ciclo)	0.5
Maní, Soya	0.4 - 0.8
Yuca (primer año)	0.2 - 0.8
Palmas, Café, Coco, con cultivos	

de cobertura

0.1 - 0.3.

Determinación del Factor P: Prácticas de Control de Erosión:

El factor P al igual que C, tiene un valor máximo de 1, el cual tiende a ser reducido por las prácticas de conservación.

Valores de P para diferentes prácticas han sido reportados, ellos se extrapolan a nuestras condiciones, a falta de datos locales, por el momento.

Tabla 4. Valores del factor P resultantes de la implementación de la práctica de cultivos en contorno para varios grados de pendientes (Wischmeier y Smith, 1978).

GRADO DE PENDIENTE (%)	FACTOR P	MAXIMA LONGITUD DE PENDIENTE (m).
1 a 2	0.60	120
3 a 5	0.50	90
6 a 8	0.50	60
9 a 12	0.60	25
13 a 16	0.70	25
17 a 20	0.80	20
21 a 25	0.90	15

\* Los límites de longitud de pendiente pueden ser aumentados en un 25%, si se mantiene una cobertura efectiva con residuos vegetales (50%) después de la emergencia de las plántulas.

Tabla 5. Valores del Factor P, ancho de faja y longitud de pendiente máxima para la práctica de franjas en contorno. (Wischmeier y Smith, 1978).

GRADO DE PENDIENTE (%)	FACTOR P	ANCHO DE FAJA (m)	MAXIMA LONGITUD DE PENDIENTE (m).
1 a 2	0.30	40	244
3 a 5	0.25	31	183
6 a 8	0.25	31	122
9 a 12	0.30	24	73
13 a 16	0.35	24	49
17 a 20	0.40	18	37
21 a 25	0.45	15	31

Ejercicios:

1) Conociendo los datos pluviográficos del aguacero descrito a continuación; y contando con el análisis de suelos, longitud y gradiente:

de pendiente en el campo.

Estime las pérdidas de suelo cultivado con maíz a favor de la pendiente, esta precipitación ocurre en la etapa inicial del cultivo.

Proponga el uso y/o manejo del suelo que permita una pérdida de suelo

< 5 Ton/Ha. durante ese período.

Datos Pluviográficos :

HORA	Intervalo (minutos)	Lámina por int. (mm).	Intensidad (mm/h)	Energía Cinética (Mj/Ha.)	
				Por mm de acuerdo a intensidad	Por lámina parcial de lluvia
				1	2
4:00					
4:20	20	1	3		
4:27	7	2	17		
4:36	9	6	40		
4:50	14	18	77		
4:57	7	3	26		
5:05	8	2	15		
5:15	10	0	0		
5:30	15	1	4		
Totales	90	33			

Resultados de Análisis de suelo :

% limo + arena muy fina	% Arcilla	% M.O.	Estructura	Permeabilidad
19.40	26.80	2.04	Granular gruesa	Suelo superficial moderadamente permeable.

Longitud de pendiente promedio : 90 m.

Gradiente de pendiente promedio : 8%.

Además calcule la profundidad o lámina de suelo perdida bajo las condiciones iniciales, sabiendo que la densidad aparente es de 1.08 gr/cm<sup>3</sup>.

2) Estime la pérdida de suelo en un terreno que lo dedicamos para sembrar sorgo al voleo, si recibiera un aguacero similar al anterior y con un suelo con las siguientes características :

Resultado de análisis de suelos:

% arena gruesa	% arena fina	% Arcilla	% Limo	% M.O.	Estructura	Permeabilidad
21.6	17.4	22.6	38.2	2.0	Blocosa	moderada

---

Longitud de pendiente promedio : 100 m.  
Gradiente de pendiente promedio : 10%

Valores del Factor C (cobertura) y Técnicas culturales.

<u>Cynodon dactylon</u> (pata de gallina)	0.05
<u>Phyla nodiflora</u>	0.06
<u>Cyperus rotundus</u> (coyotillo)	0.09
<u>Digitaria adscendes</u>	0.12
<u>Crotalaria mediaginea</u>	0.47

Fuente : Roosa, 1977.

Sorgo al voleo	0.23
----------------	------

Fuente : Páez y Rodríguez, 1984.

## GUIA DE PRACTICA DE CAMPO N° 6

**TEMA :** Trazado de curvas a nivel y Reconocimiento de prácticas de Conservación de suelos y agua.

Lugar a visitar : Cuenca Sur del Lago de Managua

### OBJETIVOS:

- Reconocer en el campo las diferentes formas de erosión hídrica.
- Realizar trazado de curvas a nivel con diferentes instrumentos.
- Identificar en el campo las diferentes prácticas de conservación de suelos utilizadas.
- Determinar las dimensiones de diseño de las prácticas mecánicas observadas.
- Conocer diferentes metodologías de investigación en conservación de suelos.

### MATERIAL Y EQUIPO:

- 2 Agroniveles o niveles A.
- 2 Niveles de caballete
- 5 Niveles de precisión o de ingeniero con sus tripodes.
- 5 Estadías
- 5 Clinómetros
- 5 Jalones
- 10 Cadenas
- 100 Estacas.

### PROCEDIMIENTO PARA TRAZADO DE CURVAS A NIVEL:

- Se dividirán en células de 6 personas cada una de manera que cada célula cuente con un equipo de medición.
- En la parte más pronunciada de la pendiente del terreno donde vamos a trabajar, se traza una línea recta hacia abajo en el mismo sentido de la pendiente. Esta línea se llama "línea en dirección de la pendiente".
- Sobre la línea en dirección de la pendiente, se marcan puntos con estacas distanciadas cada 15 ó 25 metros según el grado de uniformidad de la pendiente.
- Estas estacas serán el punto de partida donde se empezarán a trazar las curvas a nivel o líneas en contorno. La curva a nivel irá estaqueada y servirá como guía para que los surcos intermedios entre dos curvas se hagan paralelos a estas curvas o líneas guías.
- Las líneas guías se trazarán en diferente forma según el equipo de nivelación que ocupemos, así, cuando usemos:

**NIVEL DE CABALLETE:** Se coloca la pata trasera del caballete junto a la estaca clavada en la línea en dirección de la pendiente. Mueva la pata delantera hasta lograr que la burbúja ocupe el centro del nivel. Al lograr esto, nos indica que los puntos donde se apoyan las patas del caballete están al mismo nivel. Clave una estaca frente a la pata delantera y repita el procedimiento hasta llegar al límite de su curva. Las estacas clavadas marcan la curva en contorno. Corrija la curva suprimiendo ángulos forzados. Proceda a trazar una nueva curva partiendo de la siguiente estaca de la línea en dirección de la pendiente y como se explicó anteriormente.

**AGRONIVEL O NIVEL A:**

Se procede similarmente que con el caballete, sólo que en vez de colocar la burbúja en el centro, lo que se trata es de hacer coincidir el hilo del nivel en el centro de la regla horizontal de la **A**, de forma tal que ambas patas de la **A** quedan a nivel. Quedando marcadas la primer línea guía con las estacas, suavizamos los ángulos y continuamos con la siguiente, línea guía.

**CLINOMETRO:**

Antes de iniciar el operador deberá marcar la altura de sus ojos sobre el jalón que portará el ayudante. Se procede iniciando en la línea en dirección de la pendiente, allí se parará el operador y dirigiendo la visual a través del nivel o clinómetro (el brazo indicador debe estar en cero) hacia donde se supone puede llevar la curva a nivel, centrando la burbúja sobre la línea central del aparato. El ayudante con el jalón se ubicará 10 ó 15 metros delante del operador que le hará señales hacia arriba o hacia abajo hasta que centrada la burbúja coincida con la marca hecha en el jalón. Igual se corrigen los ángulos muy forzados.

**NIVEL DE PRECISIÓN O NIVEL DE INGENIERO:**

Se inicia en el mismo punto que con los otros aparatos colocando ahí la estadia, el operador del nivel observará esa primer lectura, la anota, el ayudante con la estadia se moverá de 15 a 20 metros hacia donde suponga que va la curva, el operador le hará señales con la mano hasta que ubique el estadal en un punto donde la lectura sea igual al primero, y así sucesivamente hasta conformar la curva a nivel.

**PROCEDIMIENTO PARA MEDIR DIMENSIONES DE ESTRUCTURA**

**MECANICA:**

Se medirá la pendiente del terreno donde están ubicadas las obras y el intervalo vertical entre las mismas, para lo cual utilizarán los niveles de precisión o los clinómetros.

Se determinarán las distancias entre obras sobre el terreno usando las cadenas.

## Clase Práctica Nº 7

**Tema : Criterios utilizados para el diseño de terrazas.**

### Objetivos :

- Conocer los criterios que se toman en cuenta para diseñar una terraza.
- Realizar los cálculos necesarios para diseñar una terraza.

### Materiales :

- Calculadora
- Tablas de diseño de terrazas.

### Desarrollo :

Para el diseño de las terrazas es necesario considerar los siguientes aspectos :

- 1.- Espaciamiento entre terrazas.
- 2.- Características del canal de la terraza.

#### 1.- Espaciamiento entre terrazas :

El espaciamiento entre terrazas depende de :

- La pendiente.
- Precipitación
- Sección transversal del canal.
- Implementos agrícolas a utilizarse.
- Tamaño de las parcelas.

#### Cálculo del espaciamiento entre terrazas :

El espaciamiento entre dos terrazas se puede medir utilizando la diferencia de nivel entre ellas, denominado Intervalo Vertical (IV) o considerando la distancia horizontal entre ellas que se conoce como Intervalo Horizontal (IH) que generalmente se mide sobre el terreno (distancia superficial), sobre todo en pendientes pequeñas donde la diferencia entre las dos mediciones es despreciable.

Para calcular el intervalo vertical y horizontal utilizaremos la siguiente fórmula :

$$IV = \left(2 + \frac{P}{364}\right) 0.305$$

donde :

IV : intervalo vertical (m)

P : pendiente del terreno (%).

3 : factor que se utiliza en áreas donde la precipitación anual es menor de 1200 mm.

4 : factor que se utiliza en áreas donde la precipitación anual es mayor de 1200 mm.



es almacenar el volumen de escurrimiento, mientras que en las terrazas de drenaje el diseño del canal debe considerar el tipo de canal, declive velocidad y capacidad de desagüe. Estos aspectos serán analizados a continuación:

a.- Tipos de canales :

Los canales de las terrazas pueden ser :

- Trapezoidales.
- Triangulares.

Los canales trapezoidales se adaptan mejor en terrenos con pendientes suaves (alrededor del 4%) y en suelos de buena permeabilidad, donde no se tienen problemas de mal drenaje. En estos casos, es posible construir bordos sin necesidad de hacer grandes excavaciones de corte.

Los canales triangulares o en forma de "V" pueden utilizarse en terrenos de cualquier pendiente terrazeable y se adaptan mejor en suelos de permeabilidad lenta.

A los canales se les debe dar una altura adicional o "bordo libre" para:

- Prevenir el efecto de la sedimentación en el canal.
- Prevenir la erosión de los bordos.
- Prevenir el efecto de las operaciones normales de labranza.
- Como un factor de seguridad.

La elevación de diseño o altura efectiva del bordo se debe medir considerando un ancho de 90 cm. en el bordo y en el canal.

Figura

b. Declive o pendiente del canal :

La pendiente del canal debe ser tal, que propicie un buen desagüe y desfogue los escurrimientos del área del canal a velocidades no erosivas.

Los declives mínimos van desde 0.05% para suelos con buen drenaje interno, hasta 0.2% para suelos con drenaje deficiente, se recomiendan para evitar acumulaciones de agua en el canal de la terraza que dificulten las operaciones agrícolas.

Los declives máximos en un canal están en función de la erodabilidad de los suelos y de la longitud de la terraza. Estos declives longitudinales presentan una condición crítica cuando las terrazas han sido recién cultivadas y no existe cobertura vegetal.

c.- Velocidad máxima permisible en el canal :

Las velocidades máximas permisibles del agua en canales están en función directa de la erodabilidad de los suelos y de los contenidos de materia orgánica.

d.- Capacidad del canal :

El canal de una terraza con declive, debe tener la capacidad suficiente para conducir el volumen de escurrimiento de una lluvia de 24

noras, con un período de retorno de 5 años; mientras que las terrazas a nivel y con declive hacia desagües subsuperficiales que almacenen agua deben diseñarse para retener el volumen de escurrimiento de una lluvia máxima de 24 horas con un período de retorno de 5 años.

Pasos para determinar las dimensiones de un canal :

1.- Calcular el volumen de escurrimiento (Q) que llevará el canal, para lo cual utilizaremos la siguiente fórmula :

$$Q = 0.028 \text{ C.L.A.} \quad \text{ó} \quad Q = \text{C.L.A.}/360$$

2.- Seleccionar la velocidad máxima permisible en el canal de acuerdo con las características del suelo. (Cuadro 1)

3.- Calcular el área de la sección transversal por medio de la fórmula siguiente :

$$A = Q/V.$$

donde :

A : área de la sección transversal ( $\text{m}^2$ ).

Q : escurrimiento máximo ( $\text{m}^3$ ).

V : velocidad máxima del agua en el canal en funcionamiento ( $\text{m/s}$ ).

4.- Con estas informaciones se determinan las dimensiones del canal, que permitan manejar el volumen de agua a una velocidad segura. Para ello se procede de la siguiente manera :

4.1.- Se calcula el radio hidráulico considerando el tipo de canal escogido por medio de las fórmulas que aparecen en el Cuadro 3.

4.2.- Seleccionar la pendiente permisible del canal en función de la erodabilidad del suelo y de la longitud de la terraza en el Cuadro 2.

4.3.- Se determina el valor de "n" en el cuadro de Valores de n propuestos por Horton de la clase práctica Nº 3.

5.- Por medio de la fórmula de Manning se calcula la velocidad del agua en el canal, este valor se compara con la velocidad máxima permisible obtenida a través de el Cuadro 1 y si son iguales esto indica que los valores seleccionados para el diseño son los correctos.

Si el valor calculado de la velocidad (V) es mayor que la máxima permisible es necesario seleccionar un canal más amplio (disminuir el valor de r), con menor profundidad; y si el valor de dicha velocidad es menor que el permisible se debe seleccionar un canal más angosta con una profundidad mayor.

Forma de la sección transversal :

La sección transversal de una terraza debe diseñarse para ajustarla :

- A la topografía del terreno.
- Al uso de la maquinaria agrícola disponible.
- A los cultivos que se van a sembrar en esa área.

Diseño de las terrazas :

Después de haber trazado el sistema de terrazas, es necesario diseñar éstas y los desagües, en los casos que se considere conveniente.

El diseño de las terrazas dependerá del tipo y capacidad de almacenamiento, de las condiciones de drenaje y del método empleado para lograr el alineamiento o el paralelismo entre ellas.

Capacidad de almacenamiento de las terrazas :

Para determinar la capacidad de almacenamiento en litros por metro lineal en un sistema de terrazas, es necesario considerar los siguientes aspectos :

- Pendiente del terreno.
- Espaciamiento entre terrazas.
- Lluvia máxima esperada para un período de retorno de 5 años.
- Coeficiente de escurrimiento.

La capacidad de almacenamiento de la terraza se calculará mediante la siguiente fórmula :

$$A = E \cdot Fe \cdot 10$$

donde :

A: volumen de almacenamiento de la terraza (lt/m lineal)

E: espaciamiento entre terrazas. (m).

Fe: factor de escurrimiento.

10: factor de ajuste de unidades.

El factor de escurrimiento Fe se determina de la siguiente manera :

$$Fe = C \cdot L$$

donde :

C: coeficiente de escurrimiento (Cuadro en Práctica Nº 3)

L: lluvia máxima en 24 horas (cm/h)

Ejercicios :

1) En un terreno que posee suelos de textura media y que tiene una pendiente del 6% se desea construir un sistema de terrazas de desagüe para disminuir la erosión hídrica que se presenta.

La longitud de la pendiente del terreno es de 91 m.

La longitud de las terrazas será de 200 m.

La intensidad máxima de la lluvia para un período de retorno de 5 años es de 200 mm/h.

Los cultivos a implementarse serán maíz y pastos alternados en cada terraza.

La precipitación media anual es de 1400 mm.

Determinar :

a.- El número de terrazas a construirse.

b.- El caudal que podrá conducir cada terraza.

c.- El caudal total que recolectará el canal vegetado.

2) En un terreno que tiene una pendiente del 14%, de textura franca; se desea establecer un sistema de terrazas para controlar la erosión hídrica en dichos suelos.

Se cuenta con la siguiente información:

a.- El área de la terraza es de 1.09 Ha. (27.21 m. de ancho por 400 m. de largo).

b.- Los terrenos van a dedicarse a la agricultura intensiva.

c.- La lluvia máxima en 24 horas para un período de retorno de 5 años es de 5 cms.

d.- La precipitación media anual es de 1000 mm.

Determinar:

- 1.- El espaciamiento entre terrazas.
- 2.- El número de surcos que pueden ser trazados entre terrazas, si la distancia de los surcos es de 0.8 m.
- 3.- Las dimensiones del canal, el que será de sección triangular con un talud 10 : 1 y estará revestido de vegetación.
- 4.- La capacidad de almacenamiento de las terrazas.

**Cuadro 1. Velocidades Máximas permisibles para canales.**

Características del suelo	Velocidad máxima (m/s)
Suelos con alto contenido de materia orgánica	0.75
Suelos normales	0.60
Suelos muy erodibles	0.45

**Cuadro 2. Declives máximos permisibles en los canales de las terrazas.**

Longitud de la terraza (m)	Pendiente (%)	
	Suelos erodibles (arenoso ó franco)	Suelos resistentes (arcillosos)
Mayor de 150	0.35	0.50
60 - 150	0.50	0.65
30 - 60	1.00	1.50
Menor de 30 m	2.00	2.50

### Clase Práctica Nº 8

#### Tema : Diseño y Construcción de una Terraza de Banco.

##### Objetivos :

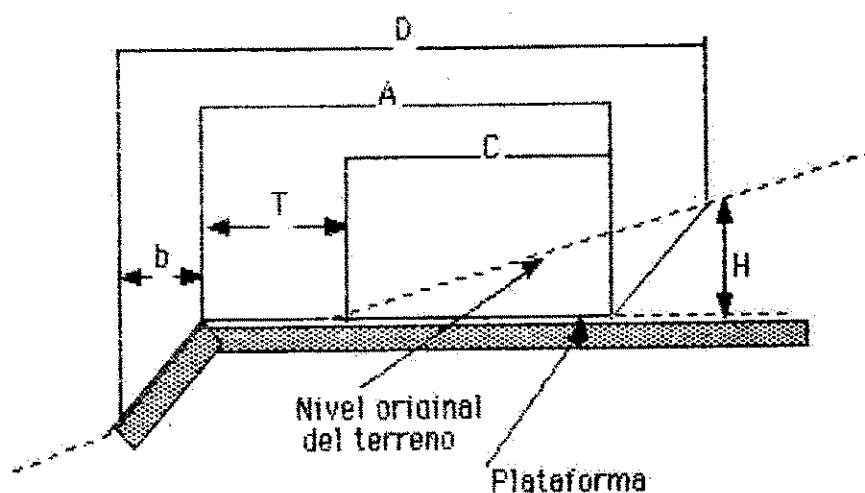
- Conocer la metodología para diseñar una terraza de banco.
- Saber cómo se efectúa el trazado y la construcción de un bancal.

##### Materiales :

- Calculadora
- Figuras de terrazas de banco.

##### Desarrollo :

Los elementos que hay que tener en cuenta para diseñar un bancal son los siguientes :



H : espesor del horizonte A (m)

C : anchura de corte o anchura de la plataforma (m).

T : anchura del terraplen (m).

b : anchura del talud (m).

D : ancho total del bancal (m).

A : ancho a cultivar (m)

Haciendo uso de las siguientes fórmulas se puede realizar el diseño de una terraza de banco:

$$C = \frac{3H}{4P}$$

4P

$$T = C - H$$

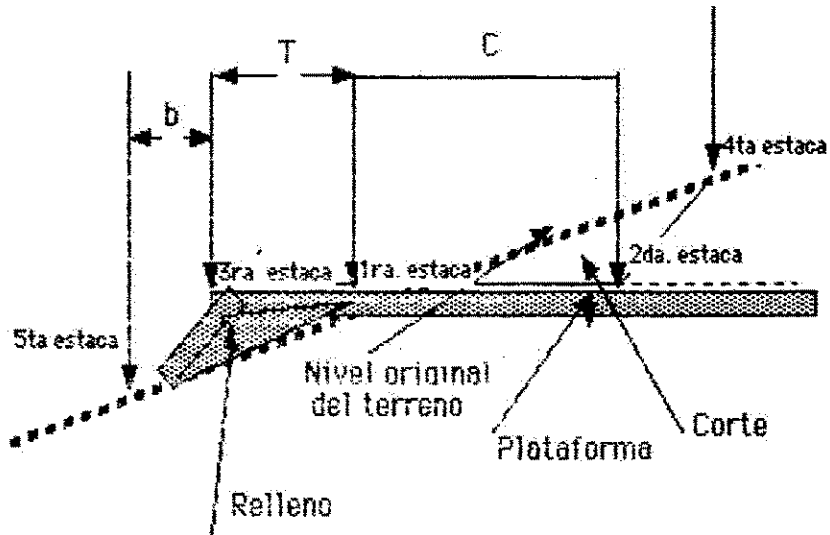
$$A = C + T$$

$$D = T + C + 2b$$

##### Ejercicio :

Por último se excavan los taludes.

En ningún caso se comenzará la construcción de un sistema de bancales sin contar con una zona bien protegida en donde puedan desembocar sin causar daño, las agua que cada estructura transporta.



## CLASE PRACTICA Nº 9

**TEMA : MODO DE CALCULAR ACEQUIAS DE LADERA.**OBJETIVOS :

- Conocer los pasos necesarios para calcular acequias de ladera.
- Saber utilizar las tablas correspondientes para efectuar dichos cálculos.
- Realizar el cálculo para diseñar una acequia de ladera.

MATERIALES :

- Tablas.
- Calculadora.

DESARROLLO :

Para calcular acequias de ladera se procede de la siguiente forma :

- a) Determinar la pendiente crítica, o sea la máxima pendiente representativa en el terreno.
- b) Determinar si es un terreno que va a ocuparse con cultivos limpio o con cultivo de semi-bosque.  
En caso de cultivo limpio utilizar el cuadro nº 1 y en caso de cultivo de semi-bosque utilizar el cuadro nº 2.
- c) Buscar en la columna del cuadro 1 ó 2 (según el caso la pendiente más cercana a la que se determinó sobre el terreno (columna 1). En la columna 2 se lee la distancia horizontal entre acequias.
- d) Medir sobre el terreno la longitud aproximada de cada una de las acequias.
- e) Dividir la longitud de cada acequia entre 100.
- f) Esta cifra (e) se multiplica por el número (Q) de la columna 4 correspondiente a la pendiente del terreno que aparece en los cuadros.
- g) Buscar en el cuadro nº 3 el valor de Q en la columna 3 que más se aproxime al obtenido en la operación anterior.
- h) Buscar en el cuadro nº 3 en la misma línea horizontal el desnivel que debe tener la acequia en la columna 1 y la profundidad efectiva en la 2.
- i) Agregar a la profundidad 10 cm para encontrar la profundidad que debe dársele al canal.

La longitud de cada acequia no debe ser mayor que el límite que se da en la columna 6 de los cuadros 1 y 2.

Cuando se sobrepase esa dimensión hay que procurar desaguar una mitad de la acequia hacia un lado y la otra mitad hacia el otro y cada extremo se calcula como una acequia separada.

EJEMPLO :

Determinar el número de acequias que se requieren para proteger un terreno de la erosión hídrica que se va a dedicar al cultivo de maíz, así mismo el caudal que tendrá cada una de ellas y el caudal total que

recolectará el canal vegetado donde descargará la acequia.

Dar las dimensiones que tendrá cada acequia.

La longitud de la pendiente es de 200 m.

Las acequias tendrán una longitud de 200 m.

Cuadro Nº 1. Especificaciones para acequias de ladera en terrenos con cultivos limpios

Pendiente del terreno (%)	Distancia horizontal entre acequias (m)	Area servida (m <sup>2</sup> /100 m de canal)	Descarga (Q) (lt/s por 100 m de canal)	Metros de acequia por ha.	Limite de longitud de acequia (m).
1	2	3	4	5	6
2	42.00	4200	109.5	238	90
3	30.70	3070	95.0	326	100
4	25.00	2500	65.0	400	120
5	21.60	2160	56.0	464	140
6	19.30	1930	50.0	518	160
7	17.70	1770	46.0	565	180
8	16.50	1650	43.0	606	200
9	15.60	1560	40.5	645	220
10	14.80	1480	38.5	675	260
11	14.20	1420	37.0	705	270
12	13.70	1370	35.5	730	280
13	13.20	1320	34.4	755	290
14	12.90	1290	33.4	780	300
15	12.00	1200	31.2	835	320
16	11.30	1130	29.2	890	340
17	10.60	1060	27.6	945	360
18	10.00	1000	26.0	1000	380
19	9.50	950	24.6	1055	380
20	9.00	900	23.4	1110	420
21	8.60	860	22.3	1165	450
22	8.20	820	21.3	1220	470
23	7.80	780	20.4	1275	490
24	7.50	750	19.5	1330	500
25	7.20	720	18.7	1390	500
26	7.00	700	18.0	1440	500
27	6.70	670	17.3	1500	500
28	6.40	640	16.3	1550	500
29	6.20	620	15.8	1612	500
30	6.00	600	15.6	1670	500



Cuadro Nº 2. Especificaciones para acequias de ladera en potreros o cultivos de semi-bosque

Pendiente del terreno (%)	Distancia horizontal entre acequias (m)	Area servida (m <sup>2</sup> /100 m de canal)	Descarga (Q) (lt/s por 100 m de canal)	Metros de acequia por ha.	Limite de longitud de acequia (m).
1	2	3	4	5	6
10	40.00	4000	78.0	250	110
11	36.40	3640	71.0	275	110
12	33.30	3330	65.0	300	120
13	30.80	3080	60.0	325	130
14	28.60	2860	56.0	373	140
15	26.70	2670	52.0	375	150
16	25.00	2500	49.0	400	160
17	23.50	2350	46.0	426	180
18	22.00	2200	43.0	455	200
19	21.00	2100	41.0	476	210
20	20.00	2000	38.5	400	180
21	23.70	2370	46.1	422	180
22	22.70	2270	44.1	440	200
23	21.60	2160	42.0	463	200
24	20.80	2080	40.4	480	210
25	20.00	2000	38.9	500	220
26	19.20	1920	37.3	520	220
27	18.50	1850	36.0	540	230
28	17.80	1780	34.6	562	230
29	17.20	1720	33.4	581	240
30	20.00	2000	38.9	500	220
32	18.80	1880	36.6	532	220
34	17.60	1760	34.2	568	230
36	16.70	1670	32.5	600	240
38	15.80	1580	30.7	633	250
40	15.00	1500	29.2	667	300

Cuadro Nº 3 Especificaciones hidráulicas de las acequias de ladera

Desnivel de la acequia en metro/metro. (P)	Profundidad efectiva (m)	Descarga (Q) en lt/s.
0.008 (corresponde a un desnivel del 0.8%)	0.03	3.6
	0.06	9.2
	0.09	18.8
	0.12	31.5
	0.15	51.0
	0.18	74.0
0.01 (corresponde a un desnivel del 1%)	0.21	98.0
	0.03	4.1
	0.06	10.8
	0.09	22.1
	0.12	37.5
	0.15	57.5
0.02 (corresponde a un desnivel del 2%).	0.18	81.5
	0.21	110.0
	0.03	5.7
	0.06	15.0
	0.09	32.0
	0.12	55.5

Cuadro Nº 4 Velocidad permisible para canales revestidos con hierbas.

Tipo de hierba	Pendiente del canal (%)	Velocidad permisible (m/s)	
		suelo resistente	suelo erodible
Zacate Bermuda	0 - 5	2.4	1.8
	5 - 10	2.1	1.5
	10	1.8	1.2
Zacate Búfalo, tallos altos y espinosos, grama azul.	0 - 5	2.1	1.5
	5 - 10	1.8	1.2
	10	1.5	0.9
Mezcla de hierbas	0 - 5	1.5	1.2
	5 - 10	1.2	0.9
	10	NR	NR
Trébol común, zacate llorón, kudzú, alfalfa, cebada, trigo.	0 - 5	1.1	0.8
	5 - 10	NR	NR
	10	NR	NR

\*NR = No recomendable.

## CLASE PRACTICA Nº 10

**TEMA : CLASIFICACION POR CAPACIDAD DE USO DE LAS TIERRAS.**OBJETIVOS :

- Aprender a utilizar la tabla de clasificación por capacidad de uso de las tierras.
- Aprender a utilizar el quebrado para determinar las características de un suelo y clasificarlo en una clase agrológica.

MATERIALES .

- Tablas.

DESARROLLO :

El quebrado está formado de la siguiente manera :

ZM 2 4 5 2 II

B 6 t e

En el numerador aparece:

- Profundidad efectiva (2)
- Textura superficial (4)
- Textura sub-suelo (5)
- Drenaje (2)

En el denominador aparece :

- Pendiente del terreno.(B)
- Materiales que limitan la profundidad (t).
- Erosión (e).
- Otras limitaciones como :  
gravas, piedras, tabla de agua,  
inundaciones, salinidad.

- En los suelos de la clase I todas las características están en un grado óptimo que proporcionan la máxima capacidad productiva de la tierra.

- Los suelos de clase II están determinados por la limitación de una característica o por características como : pendiente, textura, profundidad, inundación, erosión, talpetate.

- Los suelos de clase III, pueden estar determinados también por la combinación de las limitaciones de todas las características como : pendiente, drenaje, textura, profundidad, erosión, gravas, talpetate.

- Los suelos de la clase IV pueden estar determinados también por la combinación de las limitaciones mencionadas anteriormente.

- Los suelos de clase V solo están limitados por la características de drenaje.

EJEMPLOS :

I - Forme el quebrado correspondiente a las características del suelo que se brindan a continuación. Y ubíquelo dentro de una clase de capacidad

de uso.

La serie de los suelos es Granada (Gr).

- a) pendiente = 1%  
 profundidad = 120 cm.  
 text. sup. = Franco arenoso muy fino.  
 text. subsuelo = Franco arenoso muy fino.  
 Drenaje = bien moderado.
- b) pendiente = 3%.  
 prof. = 65 cm.  
 text. sup. = Franco arenoso.  
 text. subsuelo = Franco arenoso.  
 Drenaje : bien drenado.  
 erosión = moderada.  
 talpetate en el sub-suelo; inundaciones ocasionales.
- c) pendiente = 6%.  
 prof. = 53 cm.  
 text. sup. = arena muy fina.  
 text. subsuelo = arcilla limosa.  
 drenaje = moderadamente bien drenado.  
 gravas en la superficie = 32%.  
 talpetate en el perfil.  
 erosión fuerte.
- d) pendiente = 14%.  
 prof. = 33 cm.  
 text. sup. = arena fina.  
 text. subsuelo = arcilla pesada.  
 drenaje = imperfecto.  
 inundaciones frecuentes.

II - Elabore un quebrado que contemple las características de un terreno que lo ubiquen como clase :

- a) II  
 b) III  
 c) V  
 d) VI