

# UNIDADES DE APRENDIZAJE PARA LA CAPACITACION EN TECNOLOGIA DE PRODUCCION DE ARROZ

# 5

## ADECUACION DE SUELOS PARA EL CULTIVO DE ARROZ-RIEGO EN COLOMBIA



UNIVERSIDAD DEL TOLIMA  
BIBLIOTECA

030108

08 JUN 1991

**Carlos M. Riobueno**  
**Yesid Salazar**  
**Galo G. Gamero**  
**Oscar Prieto**  
**Cristian R. Pinto**

ICA - FEDEARROZ - CIAT  
UNIVERSIDAD DEL TOLIMA  
1991

# ADECUACION DE SUELOS PARA EL CULTIVO DE ARROZ-RIEGO EN COLOMBIA

## **Autores:**

Carlos M. Riobueno, Ing. Agric.

Yezid Salazar, Ing. Agr., E. Aoc.

Galo G. Gamero, Ing. Agr.

Oscar Prieto, Ing. Agr.

Cristian Roberto Pinto, Ing. Agric.

## **Asesoría científica:**

Alfonso Díaz D., M.S., P.E.

## **Coordinación general:**

Vicente Zapata S., Ed. D.

Elías García D., Ing. Agr.

## **Producción:**

Patricia Perdomo V., Zoot.

## **Diagramación:**

Juan Carlos Londoño, Biol.

La serie de unidades de aprendizaje sobre tecnologías de producción de arroz fue elaborada y publicada con el auspicio del **Banco Interamericano de Desarrollo (BID)** Proyecto de Formación de Capacitadores, convenio CIAT-BID: ATN/SF-3840-RE (2).

Otros títulos de la misma serie:

1. Manejo integrado de las malezas en el cultivo del arroz en Colombia.
2. Manejo integrado de insectos fitófagos en el cultivo del arroz en Colombia.
  - 2.1 Manejo de roedores en el cultivo del arroz
3. Principios básicos para el manejo integrado de las enfermedades del cultivo del arroz en Colombia.
4. Suelos y fertilización en el cultivo del arroz en Colombia.
6. El riego en el cultivo del arroz.

Riobueno, Carlos ; Salazar, Yezid ; Gamero, Galo G. ; Prieto, Oscar ; Pinto, Cristian Roberto. Adecuación de Suelos para el Cultivo de Arroz-riego en Colombia / asesoría científica, Alfonso Díaz D. ; coordinación general, Vicente Zapata S., Elías García D. ; producción, Patricia Perdomo V. ; diagramación, Juan Carlos Londoño. -- Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1991. \_\_\_ p. Es. -- (Unidades de aprendizaje para la capacitación en tecnología de producción de arroz; 5).

Incluye 12 diapositivas col. y 31 transparencias en bolsillo.

ISBN:

Publicado en cooperación con el Banco Interamericano de Desarrollo, BID; el Instituto Colombiano Agropecuario, ICA; la Federación Nacional de Arroceros, FEDEARROZ, y la Universidad del Tolima, UT.

1. Arroz -- Nivelación -- Colombia. 2. Arroz irrigado -- Nivelación -- Colombia. I. Riobueno, Carlos. II. Salazar, Yezid. III. Gamero, Galo. IV. Prieto, Oscar. V. Pinto, Cristian Roberto. VI. Banco Interamericano de Desarrollo. VII. Instituto Colombiano Agropecuario. VIII. Federación Nacional de Arroceros. IX. Universidad del Tolima.- X. Centro Internacional de Agricultura Tropical.

## Agradecimientos

Los autores de este material agradecen al Ingeniero Elías García, asociado de Capacitación del CIAT, el apoyo técnico que les brindó durante todas las etapas de su formación como capacitadores y en la elaboración de esta Unidad de Aprendizaje. Las múltiples contribuciones que él hizo para garantizar la publicación de esta serie de materiales son dignas del reconocimiento de todos aquellos que se benefician de la capacitación que se imparte mediante el empleo de las Unidades de Aprendizaje. También desean expresar sus agradecimientos al Ingeniero Antonio M. Caicedo, Investigador de la Sección de Recursos Naturales del Instituto Colombiano Agropecuario.

# Contenido

	Página
Prefacio .....	1
Características de la audiencia .....	3
Instrucciones para el manejo de la unidad .....	4
Flujograma para el estudio de esta Unidad .....	6
Dinámica de grupo .....	7
Expectativas de aprendizaje .....	8
Exploración inicial de conocimientos .....	11
Objetivos: terminal y específicos .....	16
Introducción .....	17
<b>Generalidades y factores básicos para la adecuación de suelos</b>	
• Definición de adecuación de tierras .....	1-9
• Factores de estudio .....	1-10
• Levantamiento topográfico .....	1-14
Bibliografía .....	1-29
Práctica 1.1 Factores de adecuación .....	1-30
Práctica 1.2 Levantamiento altimétrico de un lote con el método de la retícula .....	1-36
Resumen de la Secuencia 1 .....	1-40
<b>Nivelación de tierras para el cultivo del arroz - riego</b>	
• Justificación .....	2-9
• Definición de nivelación de tierras .....	2-9
• Tipos de nivelación .....	2-9

	Página
• Criterios para la nivelación .....	2-10
• Resultados del trabajo de nivelación .....	2-12
• Nivelación de tierras en seco .....	2-15
• Nivelación de tierras bajo agua .....	2-27
Bibliografía .....	2-42
Práctica 2.1 Cálculo del movimiento de tierra .....	2-44
Resumen de la Secuencia 2 .....	2-51
Evaluación final de conocimientos .....	2-52

### **Anexos**

Anexo 1 Recursos necesarios .....	A-5
Anexo 2 Evaluación del evento de capacitación .....	A-7
Anexo 3 Evaluación del desempeño de los instructores .....	A-10
Anexo 4 Evaluación de los instructores .....	A-12
Anexo 5 Diapositivas que complementan la Unidad .....	A-16
Anexo 6 Transparencias para el uso del instructor .....	A-17

## Prefacio

En las últimas décadas, el Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, en colaboración con los programas nacionales de investigación agrícola, ha desarrollado tecnología para los cultivos de frijol, mandioca y arroz. Al mismo tiempo, el Centro ha contribuido al fortalecimiento de la investigación en los programas nacionales mediante la capacitación de muchos de sus investigadores. Como consecuencia, ahora existe en América Latina un acervo de tecnologías disponibles para los agricultores y un número importante de profesionales expertos en los cultivos mencionados.

También existe en nuestros países latinoamericanos un gran número de extensionistas dedicados a estos cultivos. Sin embargo, muchos de ellos no han tenido la oportunidad de actualizarse en las nuevas tecnologías y, por lo tanto, el flujo de éstas a los agricultores no ocurre con la rapidez y amplitud requeridas para responder a las necesidades de mayor producción de alimentos y de mejoramiento de los ingresos de los productores. Para superar esta limitación, el CIAT ha fomentado la creación de redes de capacitación que ayuden a los extensionistas a actualizarse en las nuevas tecnologías.

Las nuevas redes están integradas por profesionales expertos en frijol, mandioca o arroz, quienes, bajo la orientación del CIAT, aprendieron métodos de aprendizaje para capacitar a otros profesionales, y están provistos por ello de materiales de apoyo para la capacitación, llamados Unidades de Aprendizaje, una de las cuales es la presente.

Se han desarrollado tres redes de capacitación, cuyos integrantes, en el proceso de su transformación de especialistas agrícolas en “capacitadores” de profesionales agrícolas, elaboraron las Unidades de Aprendizaje. Creemos que ellas son instrumentos dinámicos que esperamos sean adoptados por muchos profesionales quienes, a su vez, harán ajustes a su contenido para adecuarlas a las condiciones locales particulares en que serán usadas.

Hasta ahora las Unidades han pasado exitosamente la prueba de su uso. Pero sólo con el correr del tiempo veremos si realmente han servido para que la tecnología llegue a los agricultores, mejorando su bienestar y el de los consumidores de los productos generados en sus tierras. Con el ferviente deseo de que estos beneficios se hagan realidad, entregamos las Unidades para su uso en las redes y fuera de ellas.

En el desarrollo metodológico de las Unidades y en su producción colaboraron muchas personas e instituciones. A todas ellas nuestro reconocimiento, y especialmente a los nuevos capacitadores, así como a los dirigentes de sus instituciones, y a los científicos del CIAT.

Un particular agradecimiento merece la señora Flora Stella Collazos de Lozada por la eficaz y eficiente transcripción de los originales.

Hacemos también un claro reconocimiento tanto de la labor de dirección de la estrategia de formación de capacitadores, realizada por Vicente Zapata S., Ed. D., como de su acertada dirección de las actividades de capacitación de las cuales surgió la serie de Unidades de Aprendizaje para la Capacitación en arroz.

Finalmente, nuestro agradecimiento al Banco Interamericano de Desarrollo, entidad que financió el Proyecto para la Formación de Capacitadores, el cual incluye la producción de estas Unidades.

*Gerardo E. Häbich*

---

Director Asociado, Relaciones Institucionales

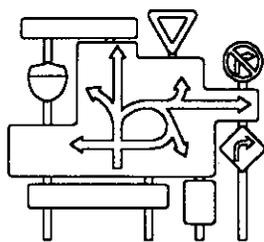
CIAT

## Características de la audiencia



Esta Unidad está diseñada para capacitar y concientizar acerca de la adecuación de suelos y está dirigida principalmente a ingenieros agrónomos, profesores de la materia en las universidades, técnicos de extensión agrícola de institutos gubernamentales, técnicos de casas comerciales, productores avanzados y líderes en el cultivo del arroz. También constituye material de apoyo para quienes, una vez capacitados y concientizados, transfieran la tecnología apropiada a otros técnicos y productores de arroz, los cuales poseen conocimientos generales sobre el cultivo, pero necesitan actualización en la adecuación de suelos y la nivelación de tierras para el cultivo de arroz - riego.

## Instrucciones para el manejo de esta Unidad



Esta Unidad de Aprendizaje ha sido preparada para su uso en Colombia, por lo cual en ella se hace referencia específica a ese contexto geográfico y a los agroecosistemas comprendidos en dicha región. Las personas interesadas en emplear este material para la capacitación en otras regiones o países deberán realizar los ajustes necesarios, tanto en el contenido teórico como en aquellas partes que se refieren a los resultados de la investigación local.

El contenido de la Unidad se distribuye en dos secuencias instruccionales, con sus respectivos recursos metodológicos y materiales de apoyo, con el fin de facilitarle a la audiencia el aprendizaje. Para optimizar su utilidad sugerimos tener en cuenta las siguientes recomendaciones.

Antes de usar la Unidad cerciórese de que sus componentes (páginas de contenido, diapositivas y transparencias) se encuentren en buen estado y con la secuencia adecuada; familiarícese con ellos; asegúrese de contar con el equipo necesario para proyectar las diapositivas y transparencias; compruebe su buen funcionamiento; ponga en práctica los recursos metodológicos de la Unidad, midiéndoles el tiempo para que pueda llevar a cabo todos los eventos de instrucción (preguntas, respuestas, ejercicios, presentaciones, etc.); prepare los sitios y materiales que necesite para las prácticas de campo y finalmente asegúrese de tener a mano todos los materiales necesarios para la instrucción.

Durante el uso de la Unidad tenga siempre presente que los participantes en el curso son los protagonistas de su propio aprendizaje, por lo tanto, anímelos a participar activamente; revise continuamente el flujograma de actividades programadas y el tiempo que ha destinado para cada una con el fin de asegurar su cumplimiento; evite las discusiones personales innecesarias para que pueda cumplir con los objetivos de la Unidad; escriba las observaciones que, según su criterio, permitirán mejorar el contenido y la metodología de la Unidad; haga énfasis en los objetivos específicos para aumentar la concentración de la audiencia; centre la atención de los participantes en los puntos principales y en la relación que tienen todos los subtemas con el objetivo terminal de la Unidad.

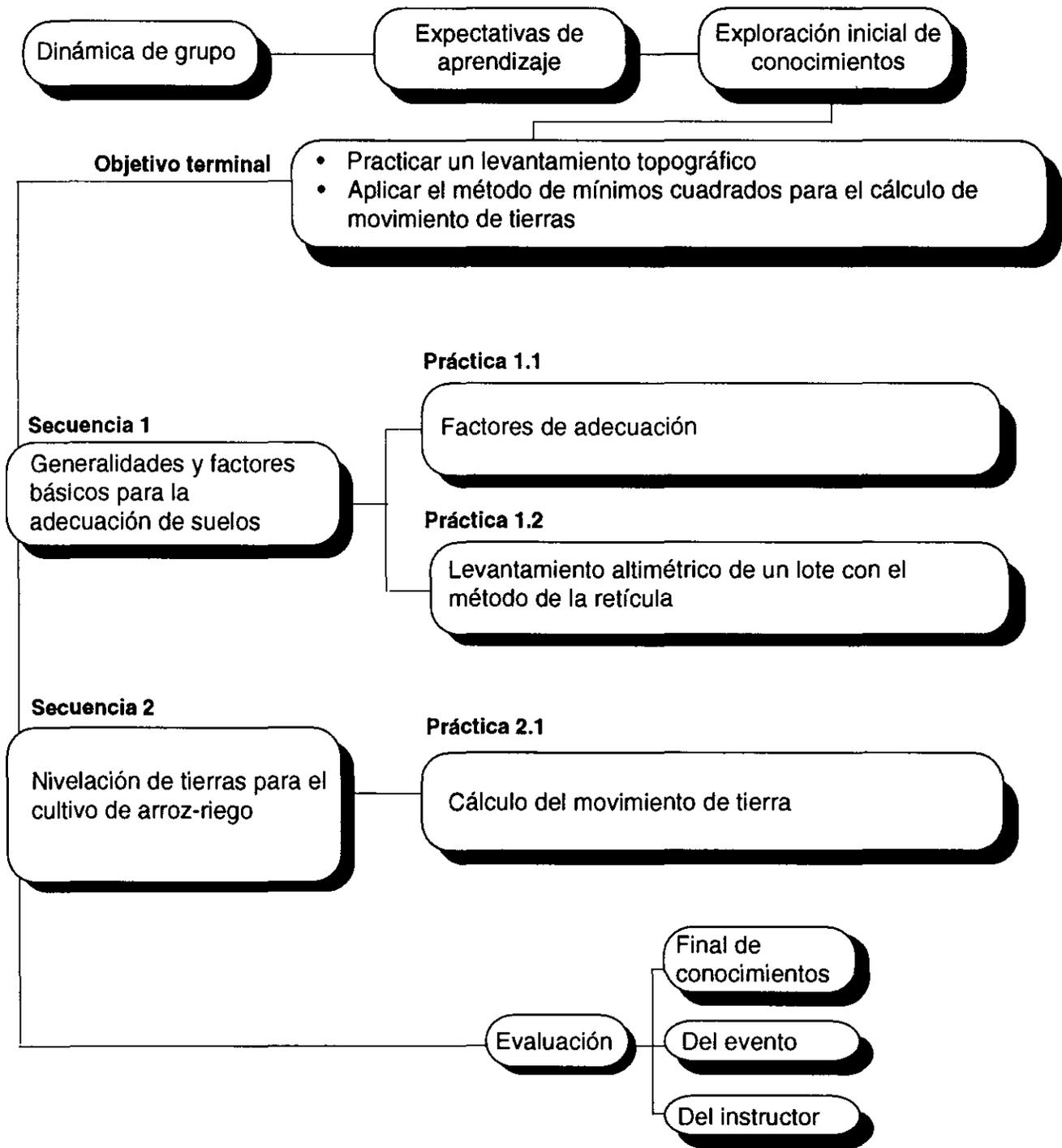
Para desarrollar cada secuencia, el instructor discutirá los objetivos específicos, luego expondrá el contenido técnico e introducirá las prácticas y ejercicios en el aula y en el campo.

A los participantes se les hará una evaluación formativa y al final del taller se realizará la evaluación sumativa.

Para facilitar el uso de las diapositivas y transparencias por parte del instructor, a medida que se va desarrollando el contenido de cada secuencia, en cada párrafo se especifica el número de la diapositiva y/o transparencia que el instructor puede utilizar para facilitar el aprendizaje de la audiencia; éstas se encuentran relacionadas en su totalidad en los anexos 5 y 6, respectivamente.

Después de usar la Unidad cerciórese de que todos sus elementos queden en buen estado y en el orden adecuado; obtenga información de retorno con respecto a su eficacia como instrumento de aprendizaje; responda a las inquietudes de la audiencia y haga las preguntas que considere convenientes. Insista en la consulta de la bibliografía recomendada y en la búsqueda de información más detallada sobre los temas del contenido que hayan despertado mayor interés en la audiencia. Finalmente, después de transcurrido el tiempo necesario, evalúe la forma en que se está realizando la adecuación de suelos en la zona de influencia de quienes recibieron la capacitación; sus aplicaciones en los lotes de los productores le indicarán su utilidad y el grado de aprendizaje obtenido.

# Flujograma para el estudio de esta Unidad<sup>1</sup>



Transparencia 1

1/ El flujograma muestra la secuencia que el instructor y la audiencia deben observar para lograr los objetivos.

## Dinámica de grupo



En el salón sede del evento se tendrá disponible una caja con lápices para entregar uno a cada participante. Los lápices deben estar pintados unos de rojo, otros de azul, otros de amarillo y otros de negro; en número igual para cada color.

Color	Número
rojos	$n*/4$
azules	$n/4$
amarillos	$n/4$
negros	$n/4$

\*n = número total de participantes

Los lápices mezclados en la caja, permiten la posibilidad de ser entregados de manera aleatoria.

El instructor solicitará a los participantes que se formen cuatro grupos (el grupo de lápices de color rojo, el de color azul, el de color amarillo y el de color negro). Cada grupo nombrará un representante el cual recogerá de sus compañeros la siguiente información:

Nombre: \_\_\_\_\_

Institución a la cual pertenece: \_\_\_\_\_

Profesión: \_\_\_\_\_

Actividad que desempeña en su institución: \_\_\_\_\_

Terminada esta actividad cada representante presentará a sus compañeros a los participantes, haciendo al final su propia presentación.

Se acepta de antemano que el instructor puede optar por otra forma de introducción, especialmente cuando los participantes han compartido varios días de trabajo en equipo u otro instructor ha realizado un ejercicio similar. También se puede prescindir de esta práctica.

## Expectativas de aprendizaje

### **Orientación para el instructor**

En el cuestionario de Expectativas de Aprendizaje los participantes pueden expresar sus intereses y/o qué esperan del contenido técnico de esta Unidad. Este resultado será correlacionado con los objetivos de la capacitación. Las preguntas deben responderse en forma individual; al terminar, cada participante se reunirá con sus compañeros de grupo para compartir sus respuestas. El grupo escogerá un relator quien tendrá a su cargo la presentación de las expectativas del grupo.

Con base en las presentaciones realizadas por los relatores, el instructor clasificará en un papelógrafo la información presentada. Cuando todos los relatores hayan hecho su presentación, el instructor procederá a indicar cuáles expectativas:

- Coinciden plenamente con los objetivos de la Unidad.
- Tienen alguna relación con los objetivos de la Unidad.
- Se refieren a otros aspectos de la capacitación que no han sido considerados en la Unidad.

# Expectativas de aprendizaje

## Instrucciones para el participante



El cuestionario que se presenta a continuación tiene como objetivo correlacionar sus expectativas con las de sus compañeros y con los objetivos de la Unidad. Cuando haya contestado a las preguntas reúnanse con sus compañeros de grupo, comparta con ellos las respuestas y nombren un relator para presentar las conclusiones del grupo.

Tiempo: 20 minutos

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Nivel académico: \_\_\_\_\_

Institución o Entidad: \_\_\_\_\_

Responsabilidad actual en su trabajo

- Investigación
- Extensión
- Docencia
- Administración
- Otros

1. ¿Cómo se enteró del curso y qué lo motivó a asistir al evento?

---

---

2. ¿Qué expectativas tiene usted acerca de lo que espera aprender con el estudio de esta Unidad?

Expectativas institucionales: \_\_\_\_\_

---

---

Expectativas individuales: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. ¿Cómo piensa utilizar lo que aprenda? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Exploración inicial de conocimientos

### **Orientación para el instructor**

A continuación se presenta un cuestionario con una serie de preguntas que tienen relación con el contenido técnico de la Unidad. Al contestar estas preguntas se espera lograr en los participantes una evaluación de conocimientos sobre los temas principales de la Unidad.

Una vez que los participantes hayan contestado el formulario, el instructor dará las respuestas correctas sin entrar en mayores detalles o explicaciones sobre el por qué de las respuestas.

Al finalizar el estudio de la Unidad se hará la evaluación final de conocimientos para comparar los resultados con la exploración inicial. De esta manera se podrá tener una indicación del progreso logrado por los participantes.

## Exploración inicial de conocimientos

### Instrucciones para el participante



Responder a este cuestionario le ayudará a conocer cuánto sabe acerca de los aspectos más importantes de esta Unidad. Una vez lo haya respondido, usted podrá comparar los resultados que obtenga con los que le presente el instructor y estimar los conocimientos con que usted inicia el estudio de este tema.

Tiempo: 15 minutos

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

1. Si tuviera la oportunidad de adecuar un lote, enuncie dos problemas agronómicos que esperaría solucionar o aminorar. \_\_\_\_\_

---

---

---

2. Mencione dos métodos que conozca para calcular movimientos de tierra en su proceso de nivelación. \_\_\_\_\_

---

---

---

Escoja la respuesta correcta en cada caso y márquela con una X

3. De la siguiente lista de factores, señale aquél que no incide en la decisión de adecuar un lote
  - a. Cultivo
  - b. Suelo
  - c. Pendiente del canal
  - d. Topografía

4. Un levantamiento altimétrico le permite obtener:
  - a. Profundidad de la capa arable
  - b. Altura del nivel freático
  - c. Volumen de agua disponible
  - d. Las curvas de nivel
  
5. Por nivelación de tierras se entiende el proceso por el cual:
  - a. Se mejoran las condiciones de drenaje interno y externo
  - b. Se disminuye el consumo de agua por parte del cultivo
  - c. Se modifican las pendientes para aumentar la eficiencia del agua cuando se aplica el riego por inundación
  - d. Se acondiciona el suelo para la siembra

## Exploración inicial de conocimientos - Información de retorno

### Orientación para el instructor



Una vez los participantes hayan contestado las preguntas del cuestionario, el instructor procede de la siguiente manera:

1. Presenta las respuestas correctas (papelógrafo, acetato o impreso).
2. Permite que los participantes comparen sus respuestas con las que él ha presentado.
3. Discute brevemente cada una de las respuestas sin profundizar demasiado en ellas.

Para hacer más dinámico este ejercicio, los cuestionarios se pueden intercambiar entre los participantes y revisarse. El instructor puede contar el número de individuos que contestaron acertadamente a cada una de las preguntas, y de esta manera, conocer en qué medida un mayor o menor número de participantes posee un conocimiento previo acerca de los diferentes tópicos por tratar.

También es recomendable que el instructor ponga a disposición de los participantes las referencias bibliográficas específicas (texto, capítulo, página) en las que se fundamentan las respuestas.

Pregunta No.	Respuesta	Explicación breve
1	Control de malezas Germinación de semillas Riego y drenaje (manejo del agua)	Identificar los problemas y la solución
2	Perfiles promedios Momentos diferenciales Mínimos cuadrados	Para realizar movimientos de tierra se requiere realizar estudios previos
3	c. Pendiente del canal	Precisar los criterios para la adecuación
4	d. Las curvas a nivel	La elaboración del plano topográfico para el diseño
5	c. Proceso por el cual se modifican las pendientes para aumentar la eficiencia del agua cuando se aplica el riego por inundación	Definir conceptos de nivelación vs. distribución del agua

## Transparencia 2

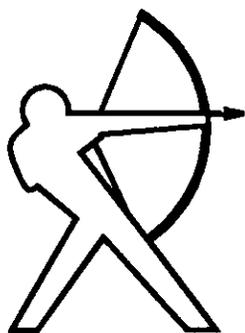


## Objetivos

### Terminal\*

- ✓ Al finalizar el estudio de la presente Unidad, los participantes estarán en capacidad de practicar un levantamiento topográfico y aplicar el método de mínimos cuadrados para el cálculo de movimiento de tierras en la adecuación de un predio donde se establecerá un cultivo de arroz bajo riego.

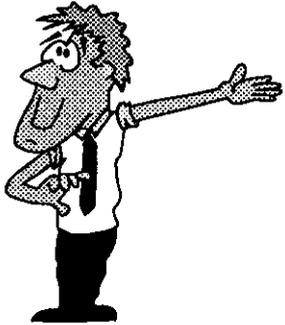
### Específicos



- Al finalizar la capacitación, los participantes estarán en capacidad de:
- ✓ Explicar por lo menos tres ventajas y tres componentes de la adecuación de tierras.
  - ✓ Establecer la importancia del suelo, del recurso agua y de la topografía en el proceso de adecuación y citar un ejemplo de cada factor.
  - ✓ Practicar un levantamiento topográfico altimétrico con el método de la retícula (cuadrícula), que finalice con el dibujo de un plano topográfico en el que aparezcan todos los accidentes del lote.
  - ✓ Aplicar el método de mínimos cuadrados para hacer el cálculo del movimiento de tierra, con base en el levantamiento topográfico realizado.
  - ✓ Enumerar los pasos para hacer una nivelación de tierras en seco y bajo agua y realizar un flujograma.

\* Transparencia 2

## Introducción



La modernización del campo requiere el manejo adecuado y eficiente de los recursos naturales, con el objeto de crear las condiciones mínimas necesarias para que los productores encuentren dentro del sector agropecuario, una actividad atractiva y rentable que permita en última instancia garantizar la seguridad alimentaria de los colombianos.

Desde este punto de vista, la adecuación de tierras constituye el punto de partida en los procesos del desarrollo agrícola y es un factor determinante cuando se comparan los niveles de producción de los cultivos del sector moderno con los del sector tradicional. Esta condición nos define la necesidad de involucrar en todo proceso productivo y en el caso específico del arroz, la actividad de adecuación de tierras como una herramienta fundamental en los programas de manejo integrado del cultivo. Esta unidad denominada “Adecuación de suelos para el cultivo de arroz-riego en Colombia” incluye los temas básicos que debe conocer y manejar el especialista en producción de arroz, y contiene además el material de apoyo indispensable para efectuar el proceso de transferencia tecnológica acorde con las necesidades del usuario intermediario y final de la tecnología.

La Unidad está dividida en dos secuencias. Con la ayuda de las explicaciones y prácticas de campo que se ofrecen, el instructor logrará completar los conocimientos necesarios para emprender trabajos de adecuación de suelos. Todo esto, lógicamente, con base en los conocimientos científicos y técnicos que posee el instructor. La Unidad viene acompañada de un video (“Nivelación de lotes para la producción de arroz-riego”) que con la bibliografía ayudará a los capacitadores y participantes a estudiar con mayor detenimiento los conocimientos presentados.

Esta Unidad no pretende presentar la amplia gama de conocimientos que sobre adecuación de suelos se enseña en las universidades. Persigue únicamente ofrecer a sus usuarios los conocimientos fundamentales que les ayuden a planear, dirigir y evaluar las labores de adecuación de suelos para el cultivo de arroz de riego, de manera que se garantice el logro de los objetivos por parte de quienes acuden a ella.

Para una mejor comprensión de los temas tratados, cada secuencia se introduce por medio de un flujograma; a continuación los participantes en la capacitación aplicarán cada uno de los pasos señalados en él.

# **Secuencia 1**

**Generalidades y  
factores básicos  
para la adecuación  
de suelos**

# Contenido

	Página
Objetivos .....	1-7
Información .....	1-9
• Definición de adecuación de tierras .....	1-9
• Ventajas de la adecuación de suelos .....	1-9
• Componentes de la adecuación .....	1-9
• Factores de estudio .....	1-10
• Clima .....	1-10
• Suelo .....	1-11
• Recurso agua .....	1-14
• Recurso humano .....	1-14
• Maquinaria disponible .....	1-14
• Levantamiento topográfico .....	1-14
• Información básica .....	1-14
• Medición de niveles .....	1-15
• Exactitud en la medición de niveles .....	1-15
• Plano con curvas de nivel .....	1-15
• Levantamiento altimétrico .....	1-22
Bibliografía .....	1-29
Práctica 1.1. Factores de adecuación .....	1-30
Práctica 1.2. Levantamiento altimétrico de un lote con el método de la retícula .....	1-36
• Objetivos	
• Recursos necesarios	
• Instrucciones	
• Información de retorno	
Resumen de la Secuencia 1 .....	1-40

# Flujograma Secuencia 1\*

Generalidades y factores básicos para la adecuación de suelos

## Objetivos

- Explicar tres ventajas y tres componentes de la adecuación
- Establecer la importancia del suelo, del agua y de la topografía en la adecuación
- Practicar un levantamiento topográfico

## Contenido

- Definición de adecuación de tierras
- Factores de estudio
- Levantamiento topográfico

## Bibliografía

## Práctica 1.1

- Factores de adecuación
- Objetivo
  - Recursos necesarios
  - Instrucciones
  - Hoja de trabajo
  - Información de retomo

## Práctica 1.2

- Levantamiento altimétrico de un lote con el método de la retícula
- Objetivo
  - Recursos necesarios
  - Instrucciones
  - Hoja de trabajo
  - Información de retomo

## Resumen Secuencia 1

\* Transparencia 1.1

## Objetivos



Al finalizar esta secuencia los participantes estarán en capacidad de:

- ✓ Explicar por lo menos tres ventajas y tres componentes de la adecuación de tierras.
- ✓ Establecer la importancia del suelo, del recurso agua y de la topografía en el proceso de adecuación y citar un ejemplo de cada factor.
- ✓ Practicar un levantamiento topográfico altimétrico con el método de retícula (cuadrícula), que finalice con el dibujo de un plano topográfico en el que aparezcan todos los accidentes del lote.

## **Definición de adecuación de tierras\***

En términos generales, adecuación significa “acción o efecto de proporcionar o acomodar una cosa a otra”; por extensión, una definición de adecuación de tierras agrícolas consiste en “crear o proporcionar las condiciones necesarias para la eficiente explotación de la tierra”.

Un suelo se considera adecuado cuando se integran las obras ejecutadas en él, es decir: protección contra las inundaciones, drenaje, desmonte, nivelación de la superficie, suministro de agua para riego, construcción de vías para el manejo de los cultivos ó las explotaciones pecuarias, centro de acopio, etc. Igualmente es válido para otros, como concepto de adecuación, el solo desmonte, el drenaje u otra actividad tomada independientemente.

En la presente unidad se mencionarán las obras más tradicionales que tienen una secuencia lógica en la adecuación de suelos para el cultivo de arroz-riego en Colombia.

## **Ventajas de la adecuación de suelos**

Optimiza para el agricultor el uso de los recursos del predio como son: agua, equipo, maquinaria, suelo y la infraestructura general de la finca, con el propósito de obtener una mayor relación entre el beneficio y el costo de la actividad agrícola que emprenda.

## **Componentes de la adecuación**

Cuando se adecúa un suelo se deben tener en cuenta, además de la nivelación, otros componentes como son:

- Acondicionamiento para el riego
- Trazado del drenaje
- Vías internas
- Cercas
- Otras instalaciones permanentes, como bodega, talleres, pozos, reservorios, etc.

\* Transparencia 1.2

## **Factores de estudio\***

La adecuación del suelo debe tener, como soporte básico, los registros de algunos factores físicos que puedan ser de utilidad en la toma de decisiones para una situación dada. Entre otros tenemos:

### **Clima**

Los parámetros del clima que más influyen cuando se va a adecuar un lote son:

### **Precipitación**

Tanto los requerimientos de agua para riego, como el exceso de agua para drenar superficialmente, dependen de la cantidad y distribución de las lluvias. De los registros de las estaciones pluviométricas que están en la zona donde se va a adecuar el lote, es posible deducir regímenes y tendencias, meses secos y meses lluviosos. Entre más años de registros se tengan más confiable será la predicción.

Con promedios mensuales tabulados y graficados es posible conocer meses secos y lluviosos, que a su vez permiten, con una buena aproximación, definir:

- Epocas de adecuación
- Tiempo disponible para la adecuación
- Estimar la probabilidad que en un año o época, exista deficiencia de agua
- Capacidad y tipo de obras, especialmente las de control y de drenaje
- Epocas de siembra (Figura 1.1).

\* Transparencia 1.3

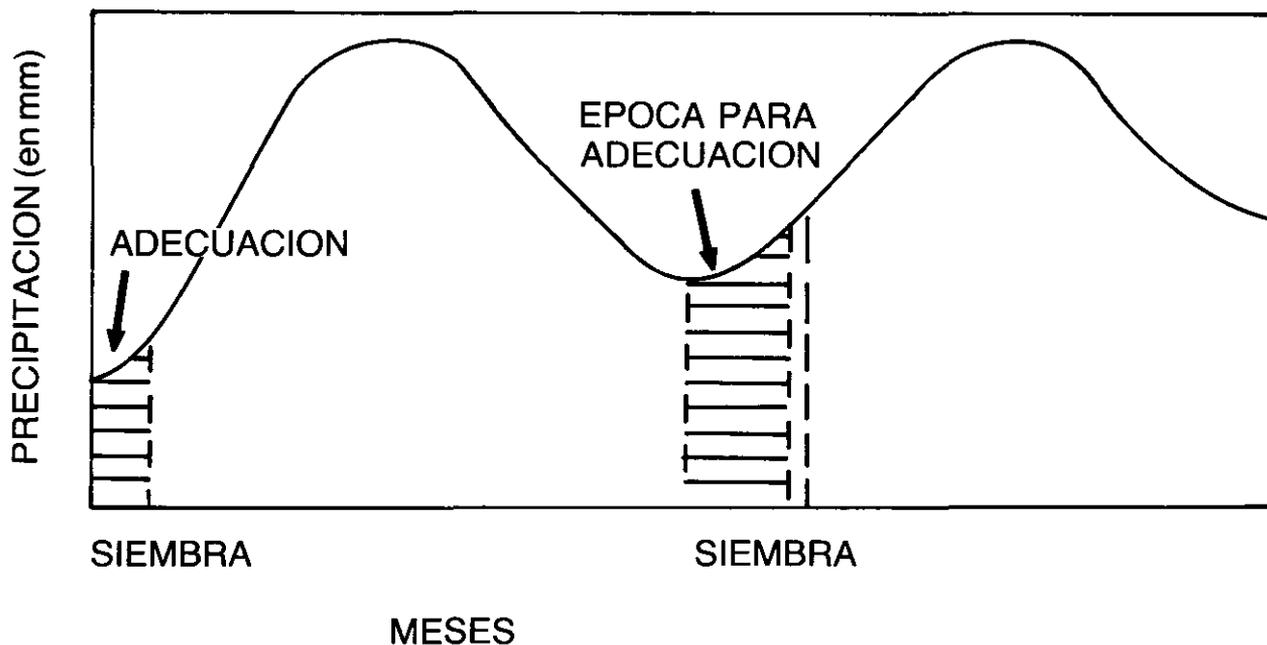


Figura 1.1. Planificación de labores según el régimen de precipitación para un área con dos épocas de lluvia al año (bimodal).

Temperatura, humedad relativa y radiación solar

Son parámetros que influyen principalmente en el crecimiento y desarrollo de la planta de arroz y se tienen en cuenta para calcular el uso consuntivo. El uso consuntivo define las necesidades de agua de la planta y por lo tanto se emplea en la determinación de la frecuencia del riego.

Suelo

En el proceso de estudio de los factores de adecuación, se tienen en cuenta algunos parámetros del suelo, como:

Textura y profundidad

La proporción en que se encuentran los componentes del suelo (arena, limo y arcilla) y su profundidad efectiva influyen en el tipo de obras para la adecuación: terraplenes, construcción de canales, nivelación, maquinaria que se puede utilizar, etc. Hay formas sencillas para determinar la textura cuando no se tiene un análisis de laboratorio, tal como se presenta en el Cuadro 1.1.

La clasificación de la profundidad, según el IGAC (1985), se hace de acuerdo con la profundidad del suelo en relación con las capas superficiales o suelo fértil. El Cuadro 1.2 presenta la clasificación adaptada.

La profundidad de la capa arable determina la magnitud del corte en el proceso de nivelación.

Cuadro 1.1. Forma de estimar la textura de un suelo al tacto (Torres Ruiz, 1981).

Grupo textural	Clase textural	Características
Suelos ligeros (L)	Arena Arena-migajosa	Los granos pueden ser vistos o sentidos fácilmente. Si se aprieta en la mano en estado seco, se separa en secciones al cesar la presión. Si se aprieta en la mano en estado húmedo, forma una masa al cesar la presión, pero se parte al tocarse.
Suelos Francos (F)	Migajón- -Arenoso Franco	Los granos pueden ser vistos o sentidos fácilmente. Si se aprieta en estado húmedo forma una masa que puede manipularse cuidadosamente sin romperse.
Suelos Medios (M)	Franco Migajón- -Limoso Limoso	Cuando está seco aparece terronoso, los terrones se rompen fácilmente; pulverizado es suave y harinoso. Mojado se desliza suavemente, fluye y tiende a formar lodo. Húmedo forma una masa que puede ser manipulada libremente sin romperse.
Suelos Moderadamente finos (MF)	Migajón- Arcilloso- Migajón -Arcillo- Arenoso Migajón- -Arcillo- Limoso	Terrones duros, cuando están secos. Si el suelo húmedo se adelgaza entre el índice y el pulgar forma una cinta delgada, que se rompe fácilmente cuando se sostiene por uno de sus extremos. El suelo húmedo es plástico y aguanta mucha manipulación, no se desmorona fácilmente y forma una masa pesada y compacta.
Suelos - Pesados (P)	-Arcillo- Arenoso -Arcillo- Limoso Arcilloso	Terrones muy duros en estado seco. Mojado es muy plástico y muy adhesivo. El suelo húmedo forma una cinta larga y flexible cuando se amasa entre índice y pulgar. Algunas arcillas son desmenuzables y pierden plasticidad.

Cuadro 1.2 Clasificación de la profundidad efectiva (IGAC)

Denominación del suelo	Profundidad (cm)
Muy superficial	< - 25
Superficial	25 - 50
Moderadamente profundo	50 - 90
Profundo	90 - 150
Muy profundo	> - 150

**Resistencia del suelo a la penetración**

Es un índice integral del grado de compactación, de las condiciones de humedad y de la textura; se determina utilizando un instrumento diseñado para tal fin: el penetrómetro.

Las lecturas del penetrómetro pueden ser de mucha utilidad para obtener información sobre la calidad de las labores de preparación del terreno, así como las condiciones generales de humedad. La Figura 1.2 muestra las lecturas tomadas en un suelo en diferentes condiciones de humedad y preparación.

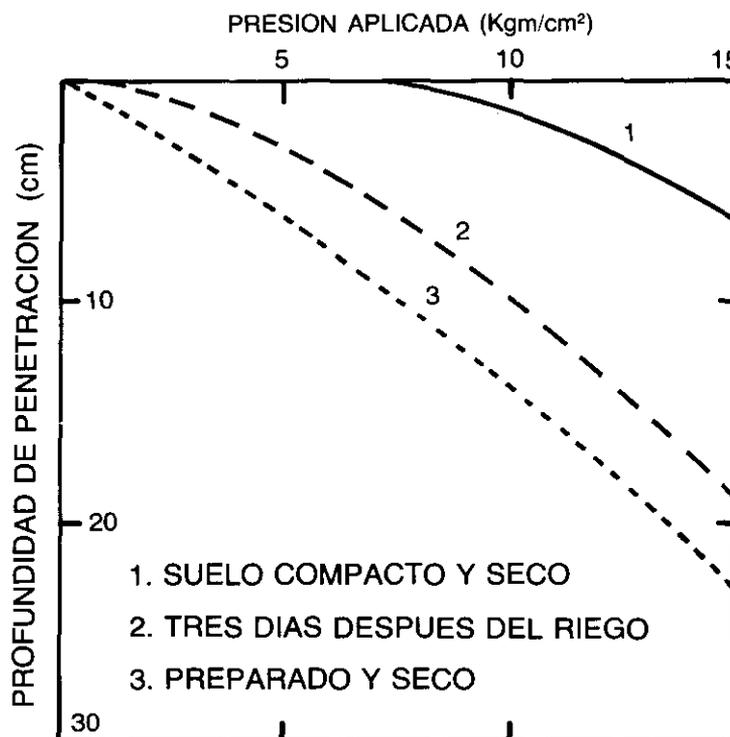


Figura 1.2 Efecto del laboreo y de la humedad del suelo en las lecturas del penetrómetro.

<b>Relieve</b>	Es la configuración y estado superficial del terreno: topografía y pendiente, lagunas, bosques, grado de civilización y usos del suelo; todos estos son parámetros importantes del relieve.
<b>Recurso agua</b>	La ubicación de las fuentes de abastecimiento hídrico influye en el costo de aprovechamiento del agua; por lo tanto, debe conocerse la facilidad de acceso para operación y servicio, la distancia al sitio de riego, la posibilidad de movimiento del agua por gravedad o por bombeo y la posible localización de embalses temporales. Además es importante conocer los volúmenes disponibles y las variaciones posibles en el tiempo.
<b>Recursos Humanos</b>	Es importante analizar las personas que van a ejecutar el proyecto de adecuación, puesto que cada una de ellas debe tener los conocimientos y habilidades para desarrollar la labor que se le asigne: levantamiento topográfico, diseño, ejecución de labores, etc. Esto redundará en el costo y la calidad del proyecto, a la vez que puede hacer más eficiente la utilización de los recursos económicos disponibles.
<b>Maquinaria disponible</b>	Se comienza haciendo un inventario de la maquinaria, para decidir cuál se puede utilizar de acuerdo con las características de la obra por realizar. Se determina qué máquinas e implementos hacen falta para que estén listos al momento de comenzar la ejecución del plan de adecuación.
<b>Levantamiento topográfico</b>	Consiste en un estudio de las alturas de un terreno en relación con un punto (BM) conocido. Esto permite planificar la mejor adecuación posible de la línea o el lote. A continuación se analizan los diferentes aspectos que comprende dicho levantamiento y la planificación de la nivelación.
<b>Información básica</b>	<b>Nivel:</b> Distancia vertical de un punto por encima o por debajo de un plano de referencia. <b>Nivelación:</b> La determinación de la diferencia de nivel de dos o más puntos.

Los principales instrumentos para ejecutar una nivelación son el nivel y la mira. Los niveles más conocidos son el de mano y el de precisión.

### Medición de niveles

Para nivelar un suelo en el que se va a adelantar un plan de adecuación se debe contar con los siguientes instrumentos:

- 1 Nivel de precisión
- 1 Mira topográfica
- 1 Cinta métrica (20 a 50 m)
- 1 Cartera de nivelación

### Exactitud en la medición de niveles

La exactitud en la medición de niveles depende de los cuidados que se tomen al efectuar la lectura tanto en el colimado como en la mira. La aproximación en la lectura puede ser más o menos de un centímetro.

### Plano con curvas de nivel

Los mapas o planos comunes se presentan en dos dimensiones (largo y ancho). Para efectos de la adecuación de tierras, el conocimiento de la tercera dimensión se hace indispensable, por cuanto un plano con curvas de nivel nos permite una comprensión mejor que la misma inspección ocular del terreno.

### ¿Qué es una curva de nivel?\*

Una curva de nivel es una línea dibujada en un plano que conecta los puntos que tienen una misma altura respecto a un plano de referencia, cuyo valor se conoce o se asigna arbitrariamente (BM).

### Intervalo entre las curvas de nivel

La distancia vertical entre curvas de nivel depende del grado de la pendiente del terreno por trabajar y de la escala en la cual se presenta el plano, puesto que no se debe sacrificar la claridad del mismo.

### Significado de las curvas de nivel

Un plano con curvas de nivel nos muestra las características definidas del terreno que se va a adecuar.

El conocimiento de las características de las curvas de nivel y su significado nos facilita su interpretación.

\* Transparencia 1.4

Por lo tanto:

- Toda curva de nivel es una línea continua que se cierra en alguna parte de la superficie del terreno, aunque no necesariamente dentro de los límites de un dibujo. Una curva a nivel no se puede interrumpir dentro de los límites. La Figura 1.3 muestra el plano de un sendero y escalones con la línea 50 que aparentemente termina en la pared lateral de los escalones. La Figura 1.4, una perspectiva, muestra que en realidad esta curva sigue el contorno del muro y después por la contrahuella del escalón.
- Curvas de nivel muy cercanas en las elevaciones más altas, con mayor espaciamiento en los niveles bajos, indican una pendiente cóncava. Cuando el espaciamiento es grande en la parte alta de una pendiente y cercano en la parte inferior, la pendiente es convexa. Estas condiciones se indican en las Figuras 1.5 y 1.6, respectivamente.

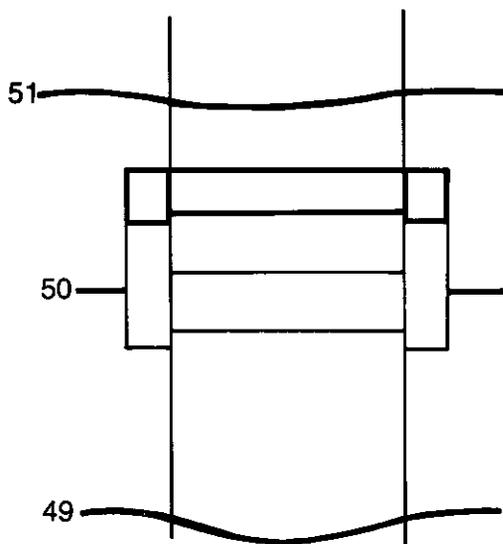


Figura 1.3.\* Plano de un sendero y escalones

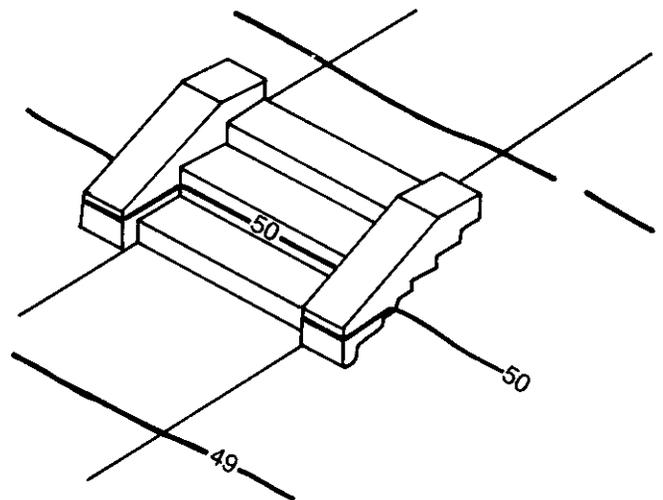


Figura 1.4. Perspectiva del sendero y los escalones

\* Transparencia 1.5

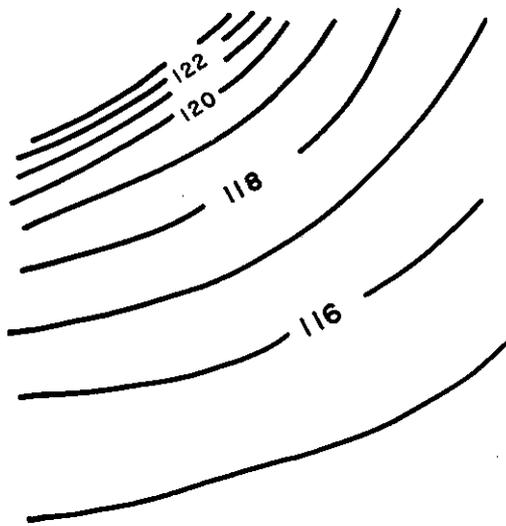


Figura 1.5\*. Pendiente cóncava

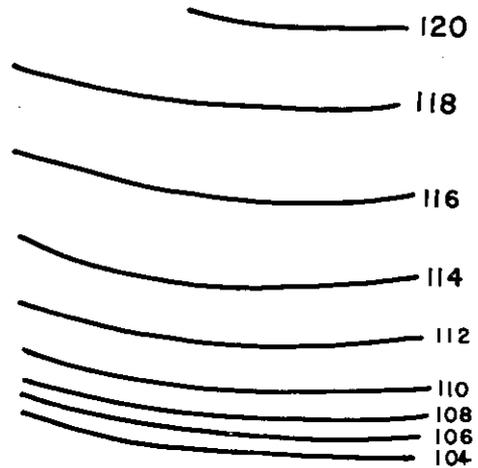


Figura 1.6. Pendiente convexa

- Curvas uniformemente espaciadas indican una pendiente uniforme. En una superficie plana las curvas se vuelven rectas, espaciadas regularmente y paralelas.
- Una curva cerrada rodeada de otras revela una cima o una depresión en el centro de las curvas; se indica la diferencia por las cotas en las curvas. En la Figura 1.7 no se incluye ninguna numeración en las curvas A y B, por lo tanto podría indicar una cima o una depresión, en la parte alta de una pendiente. Si las curvas A y B estuvieran numeradas 136 y 137, respectivamente, sabemos que se indica una cima. La numeración de las curvas en la Figura 1.8 indica una depresión en el fondo de una pendiente. Para ayudar más en la identificación de una depresión, se usan algunas veces líneas cortas dibujadas en ángulo recto con respecto a la curva. Estas indicaciones llamadas líneas de sombreado, se muestran en la curva 133, en la Figura 1.8 donde la depresión máxima se muestra con un punto en la cota 132.8.

\* Transparencia 1.6

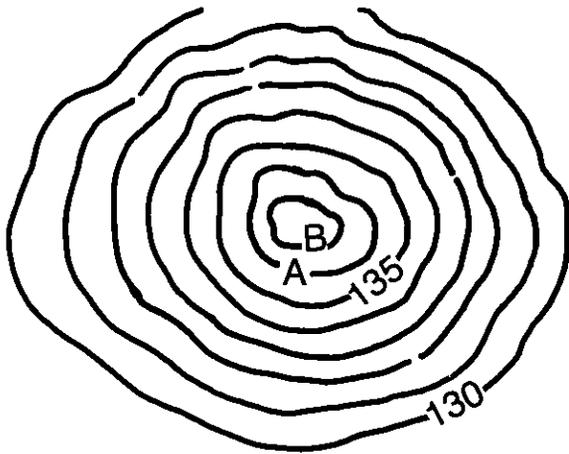


Figura 1.7.\* Curvas A y B que no indican cima o depresión

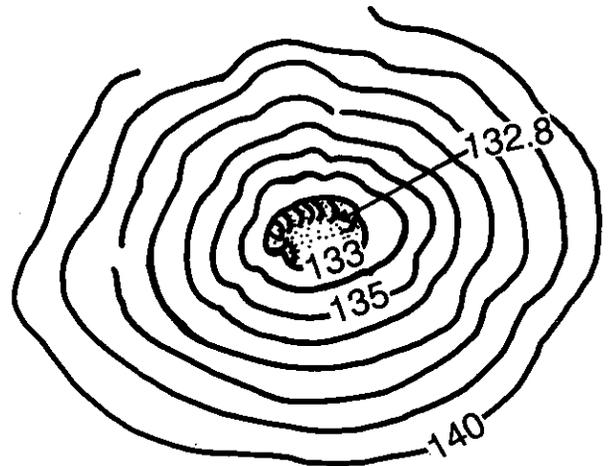


Figura 1.8. Líneas de sombreado que identifican una depresión.

- Las curvas de nivel nunca se cruzan, excepto en una condición, ya que eso indicaría que un punto tiene dos elevaciones diferentes. La excepción es un acantilado vertical o sobrevolado, como se muestra en planta y perfil en la Figura 1.9. Para esa condición se deben cruzar dos curvas en dos puntos. La Figura muestra además el método para graficar un perfil que se tomó sobre la línea A-A. Las curvas de nivel pueden aparecer coincidiendo en una excavación vertical o en los edificios.

Los dibujos en perspectiva (Figuras 1.10 (a) y (b)) muestran que las curvas de nivel en realidad continúan por la cara de la excavación o la fachada de un edificio.

\* Transparencia 1.7

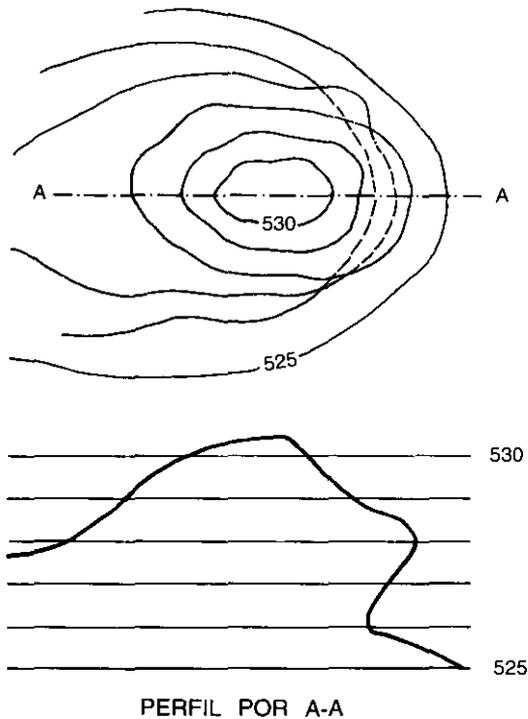


Figura 1.9. \* Acantilado vertical o sobrevolado

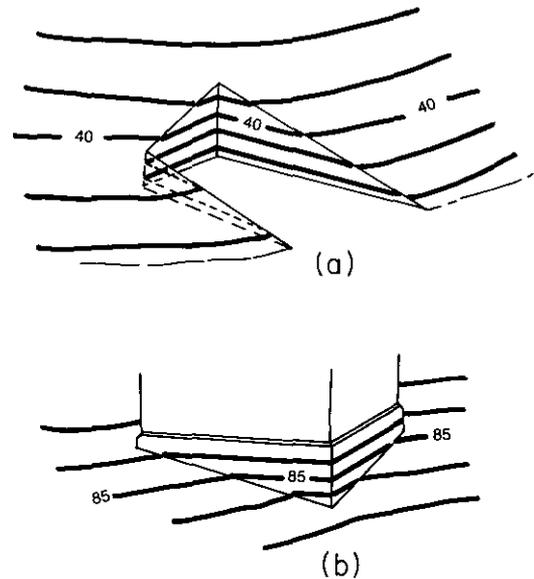


Figura 1.10. Curvas de nivel en la fachada de un edificio

- Las curvas de nivel son perpendiculares a las líneas de pendiente máxima. La Figura 1.11 muestra dos curvas de nivel, la 41 y la 42. Como hay la misma diferencia en elevación entre un punto de la primera y cualquier punto de la curva 41, la pendiente máxima se encuentra en la línea más corta entre las dos curvas. Esta línea forma ángulos rectos con ambas curvas. Por la misma razón, cuando las curvas de nivel cruzan líneas de riscos o valles son perpendiculares a ellas.
- En la Figura 1.12 se muestra un arroyo con sus curvas de nivel transversales. Cuando una curva de nivel cruza un río o un arroyo, primero se curva contra la corriente, la cruza en ángulo recto (la línea de la corriente es la de máxima pendiente) y entonces se curva corriente abajo.

\* Transparencia 1.8 y 1.9

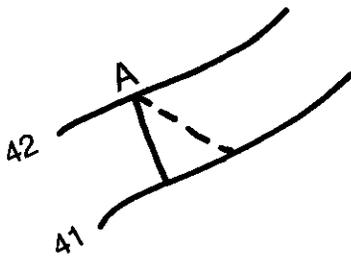


Figura 1.11.\* Pendiente máxima entre curvas

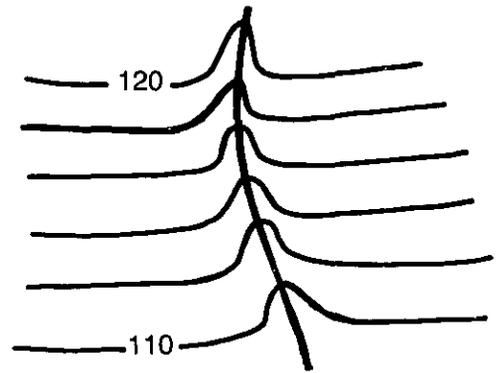
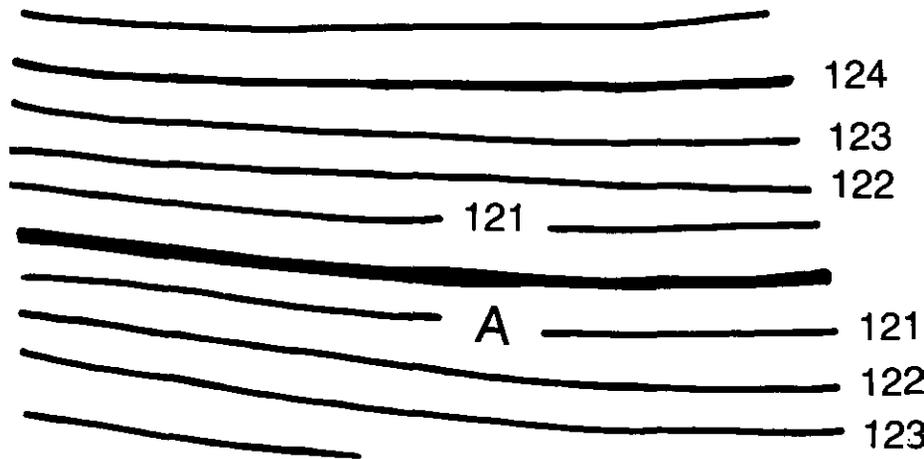


Figura 1.12. Arroyo con curvas de nivel de transversales

Figura 1.13. Curvas de nivel adyacentes a un arroyo



- Cuando un arroyo cruza un terreno a través de la pendiente las curvas de nivel son paralelas o adyacentes. Las curvas de nivel más altas a lo largo de riscos y las más bajas en valles siempre van parejas. La Figura 1.13 muestra las curvas de nivel adyacentes a un arroyo. Si la curva de nivel más baja de un lado de la corriente es 121, entonces A, la curva de nivel del lado opuesto, también debe ser 121.
- Una curva de nivel nunca se bifurca, excepto en el caso de riscos o cortes verticales, por ejemplo, terrazas arroceras, como se muestra en la Figura 1.14 a, b. Una bifurcación sólo puede ocurrir cuando el borde de un risco o valle coincide exactamente con una curva de nivel, en cuyo caso la bifurcación vuelve a cerrarse formando un círculo o elipse que encierra el área más alta o baja, por ejemplo, Figura 1.15 a, cota 116. Cuando ocurren riscos o depresiones bruscas probablemente se representarían en forma de círculos concéntricos, como se indica en las Figuras 1.15 a y b.

\* Transparencia 1.10

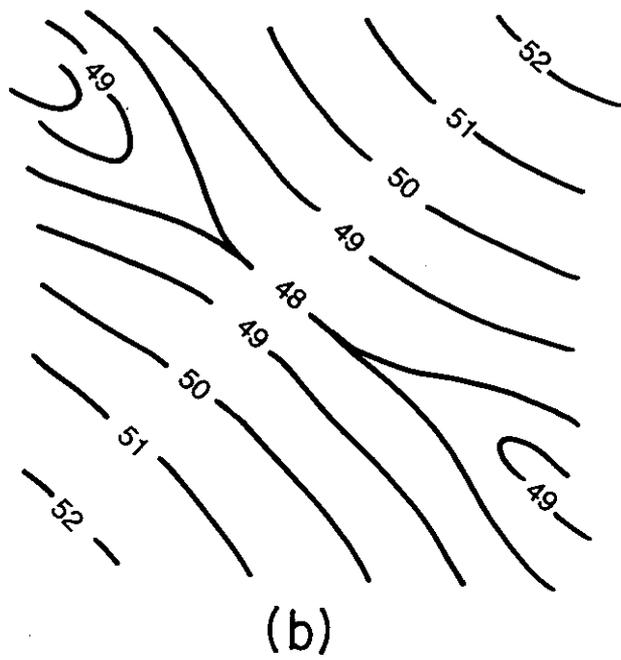
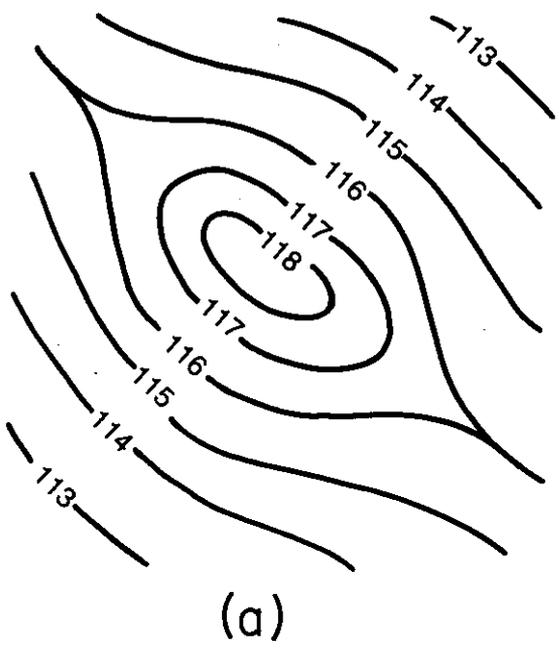


Figura 1.14 a, b.\* Representación incorrecta de curvas de nivel.

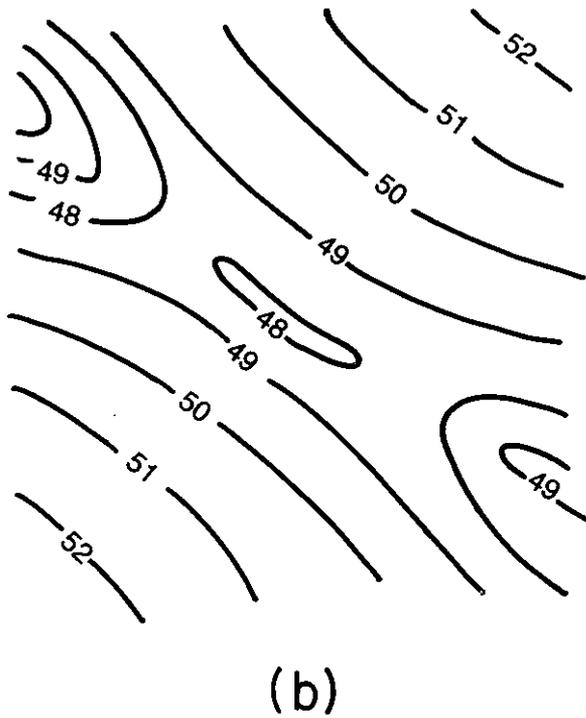
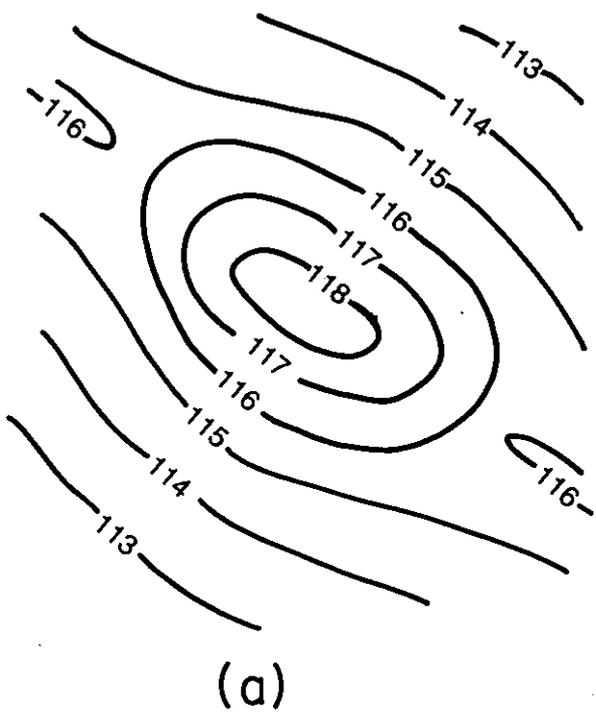


Figura 1.15 a, b.\*\* Representación correcta de curvas de nivel.

\* Transparencia 1.11  
 \*\* Transparencia 1.12

## Levantamiento altimétrico

Como se dijo anteriormente, se requiere un nivel de precisión, una o más miras, una cinta, jalones, estacas y carter. Una vez escogido el lote para hacer el levantamiento, se procede de la siguiente forma:

### Limpieza y emparejamiento de la superficie

Antes de empezar los trabajos de nivelación es indispensable limpiar la superficie del lote de los residuos vegetales dejados por la cosecha anterior. Generalmente en esta operación es necesario cortar y rastrillar los residuos, con el fin de incorporarlos al suelo.

Los surcos que deja el equipo mecánico deben también eliminarse, empleando emparejadores o marcos niveladores de la superficie, los cuales, a su vez, dan firmeza al suelo. Esta práctica facilita las labores posteriores, ya que evita los errores en las lecturas de mira de los puntos demarcados sobre el terreno.

### Levantamiento topográfico del terreno

Como en todo trabajo de nivelación, es necesario hacer el levantamiento topográfico del lote. El método empleado es el de la cuadrícula, que consiste en establecer una red rectangular dentro del lote para facilitar el control vertical y horizontal de cada uno de los puntos.

Estos puntos se materializan en el lote mediante estacas, construidas de madera o guadua, de aproximadamente 60 cm de largo, 8 cm de ancho y 1 cm de espesor.

El espaciamiento entre las líneas horizontales y verticales de la red rectangular depende de las diferencias que se observen en la pendiente del terreno. En términos generales, cuando no se aprecian diferencias notorias el espaciamiento puede ser mayor que cuando existen diferencias significativas en los distintos puntos de la superficie.

Los espaciamientos más utilizados son 50m x 50m, 30m x 30m, 25m x 25m, 15m x 15m y 10m x 10m. El espaciamiento empleado para el levantamiento de los lotes en el CIAT es de 25 m x 25 m.

Para establecer la cuadrícula en el terreno el método empleado es el del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos. El procedimiento depende de la forma regular o irregular del área, así:

#### *Lotes irregulares:*

En lotes irregulares (Figura 1.16), se trazan dentro del área dos rectas perpendiculares entre sí, una AB por el sector más largo y otra CD por el más ancho. A partir de la intersección (punto O), se mide en forma

consecutiva hacia ambos lados de ambas rectas el espaciamento escogido para las cuadrículas, señalando cada punto con una estaca. Desde cada uno de los puntos marcados sobre el alineamiento largo, se trazan normales derechas e izquierdas y sobre ellas se mide el espaciamento con el fin de demarcar los puntos restantes hasta completar la cuadrícula.

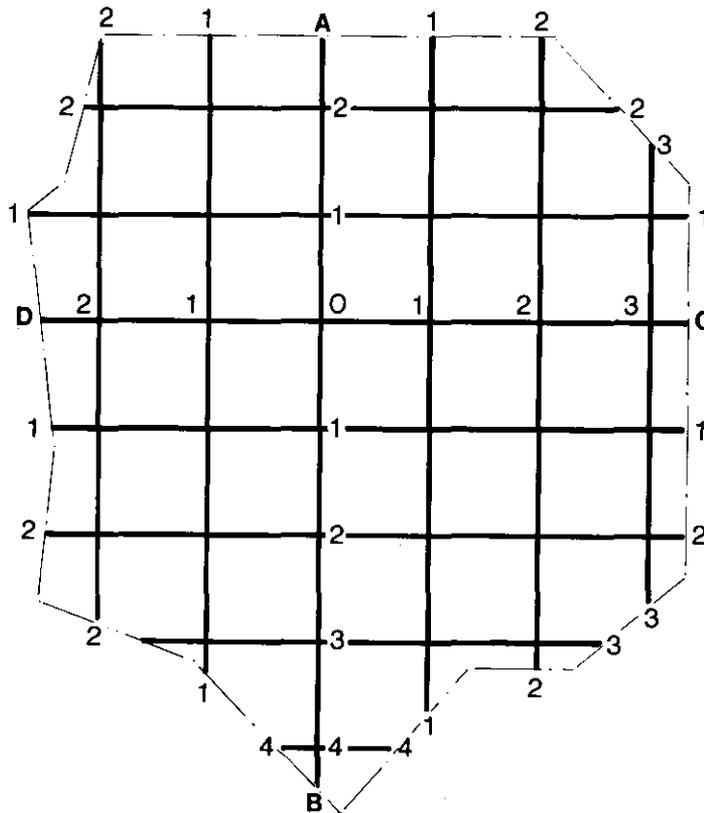


Figura 1.16.\* Establecimiento de la cuadrícula en lotes irregulares

*Lotes regulares:*

En lotes regulares (Figura 1.17), se trazan dentro del área dos rectas perpendiculares entre sí, una paralela AB al lado más largo del lote y otra paralela AC por el más ancho. Estas rectas deben localizarse a una distancia del borde del lote equivalente a la mitad del espaciamento escogido para la cuadrícula. A partir de la intersección de las dos rectas se mide sobre ellas el espacio escogido entre los puntos de la cuadrícula en forma consecutiva a cada punto con una estaca.

\* Transparencia 1.13

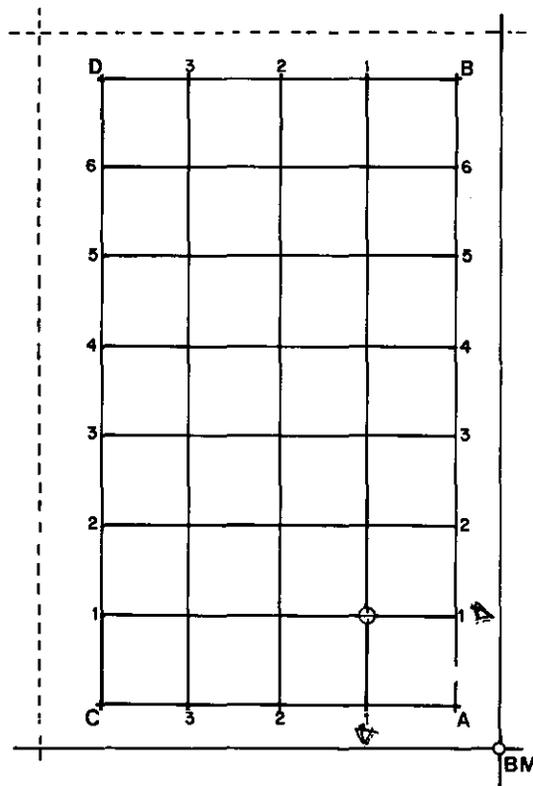


Figura 1.17\*. Establecimiento de la cuadrícula en lotes regulares.

Desde la última estaca del alineamiento AB se traza otra perpendicular BD. Del punto B se mide el espaciamiento, marcando cada punto con una estaca; la última estaca del alineamiento AC se une con la última estaca del alineamiento BD y, a partir del punto C, se mide el espaciamiento marcando cada punto con una estaca.

Establecidos los cuatro lados del rectángulo se empiezan a marcar los restantes, dando visuales desde los puntos del alineamiento AB a los correspondientes en el alineamiento CD, y desde los puntos del alineamiento AC a los correspondientes en el alineamiento BD. Los puntos de intersección de las visuales se marcan con una estaca hasta completar la cuadrícula.

En caso de presentarse accidentes topográficos como depresiones, dentro o fuera de la cuadrícula, es recomendable referenciarlas mediante el estacado, aunque no se tengan en cuenta para el cálculo de la rasante.

\* Transparencia 1.14

### *Cálculo de cotas negras*

Una vez estacado el lote se obtienen las alturas originales de los puntos marcados en el terreno o cotas negras.

El trabajo se realiza utilizando el nivel de precisión y una mira. El aparato se sitúa y nivela en el punto más conveniente, o sea, el que ofrezca mejores condiciones de visibilidad (Figura 1.18). La primera lectura se hace sobre la mira colocada en un punto estable y fijo que se toma como BM, y a partir del cual se van a nivelar todos los puntos del terreno. Este BM tiene una cota que puede ser determinada previamente o arbitrariamente escogida; en el CIAT los BM escogidos para la nivelación son arbitrarios y se les da un valor de cota 100. La lectura BM servirá para encontrar la altura del plano horizontal que recorre la línea de vista y que se denomina altura del aparato ( $h \bar{A}$ ).\*

La lectura sobre un punto de cota conocida se denomina vista atrás; ésta, sumada a la altura del BM, da la altura del aparato.

Cálculo del valor  $h \bar{A}$  :

$h \bar{A} = \text{BM} + l_0$  , lectura sobre el BM; por ejemplo, si la lectura realizada es de 0.74 m, el valor de  $h \bar{A}$  tomando un BM = 100 es:

$$h \bar{A} = 100 + 0.74 = 100.74$$

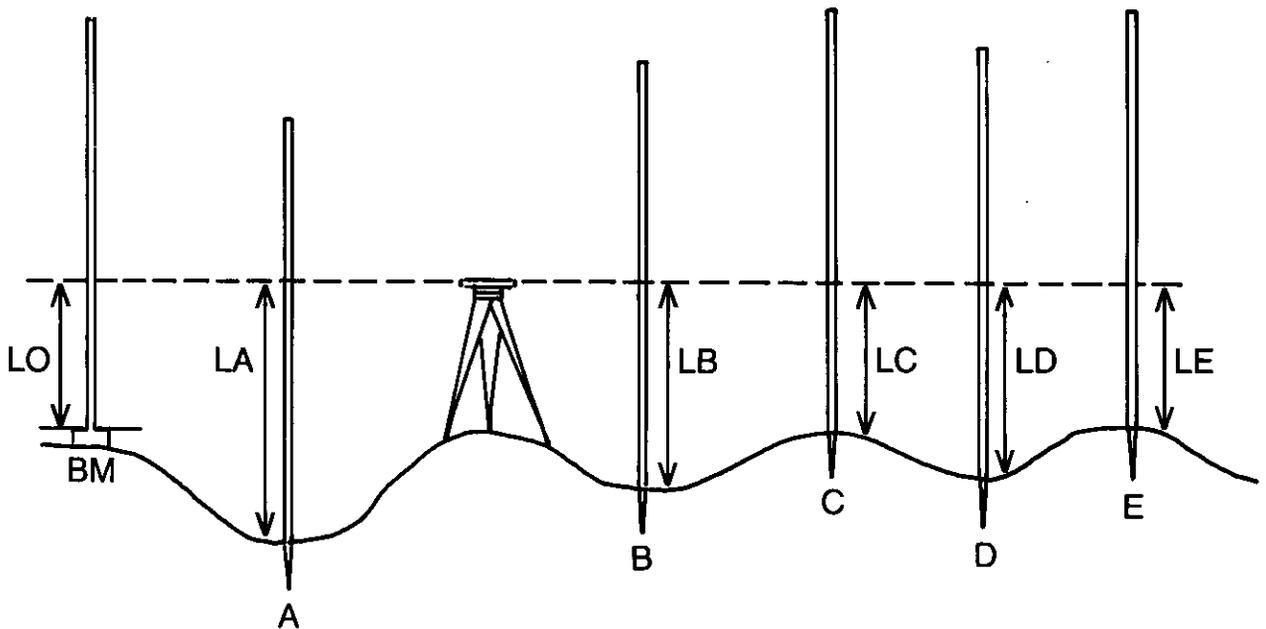
Las cotas de los diferentes puntos señalados en la cuadrícula se encuentran restando a la altura del aparato la lectura correspondiente sobre cada punto; así por ejemplo, si en dos lugares las lecturas son 1.00 y 0.92 m, las cotas para estos puntos serán:

$$A = h \bar{A} - L_A \text{ y } B = h \bar{A} - L_B$$

$$A = 100.74 - 1.00 = 99.74$$

$$B = 100.74 - 0.92 = 99.82$$

\* Transparencia 1.15



$$h\lambda = BM + L_0$$

$$A = h\lambda - L_A \quad \text{y} \quad B = h\lambda - L_B$$

Figura 1.18. Localización del nivel de precisión para el cálculo de las cotas negras de los puntos establecidos en el terreno.

Las lecturas sobre los diferentes puntos, tales como  $l_A$  y  $l_B$ , etc., se denominan “intermedias” y la última lectura hecha dentro del lote se denomina “vista menos” y sirve de marco de referencia para el replanteamiento del lote.

En la Figura 1.19 se aprecia la distribución de la cartera de nivelación, en la cual se consignan los datos tomados en el campo y el cálculo de las cotas negras de los puntos señalados en la cuadrícula.

El desnivel del terreno y el propósito para el que se va a utilizar el mapa de curvas a nivel determinan el tamaño de la retícula, que varía de 3 a 30 m.

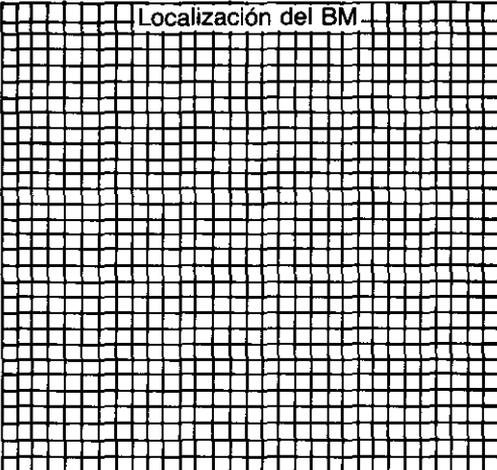
	(+)	(-)	ALTURA $\bar{\lambda}$	COTAS	OBSERVACIONES
	VISTA ATR.	VISTA INT.			
BM	LA		$\nabla\text{BM} + \text{LO}$	$\nabla\text{B.M}$	Localización del BM
A		LA		$h\bar{\lambda} - \text{LA}$	
B		LB		$h\bar{\lambda} - \text{LB}$	
C		LC		$h\bar{\lambda} - \text{LC}$	
D		LD		$h\bar{\lambda} - \text{LD}$	

Figura 1.19. Modelo de cartera para la nivelación

Una vez trazada la retícula y marcados los niveles en las esquinas de los cuadros, nuestra siguiente tarea es dibujar las curvas de nivel. Para la parcela mostrada en la Figura 1.20 usaremos intervalos de 1 metro. Notamos que la curva de nivel más alta y la más baja serán 80 y 73, respectivamente. La única curva de nivel que pasa por la esquina de un cuadrado de la retícula es la 77; pasa por el punto A-4, en consecuencia, debemos encontrar ahora los puntos restantes de las líneas de la retícula en donde cruzan las curvas de nivel, mediante la interpolación\*.

Como ejemplo, los niveles de los puntos E-5 y E-6 son 75.5 y 74.5, respectivamente. Evidentemente, la curva a nivel 75 cruzará a la línea E en un punto a la mitad de la distancia entre las líneas 5 y 6. A continuación se consideran dos puntos D-5 y D-6, cuyos niveles son 75.3 y 74.8. La diferencia de nivel entre estos dos puntos es  $75.3 - 74.8$ , o bien, 0.5. La curva de nivel 75 pasa entre los puntos D-5 y D-6, y como  $75 - 74.8 = 0.2$ , la curva de nivel 75 cruzará la línea D a  $2/5$  de la distancia entre ambas partes. Por supuesto esto es interpolación.

\* Transparencia 1.16

Se puede hacer gráficamente, siendo el principio fundamental la división de una línea en un número cualquiera de partes iguales por medio de una regla graduada. Cuando se han determinado los puntos de las curvas a nivel en todas las líneas de la retícula, se dibujan las curvas con líneas continuas, como se muestra en la figura analizada.

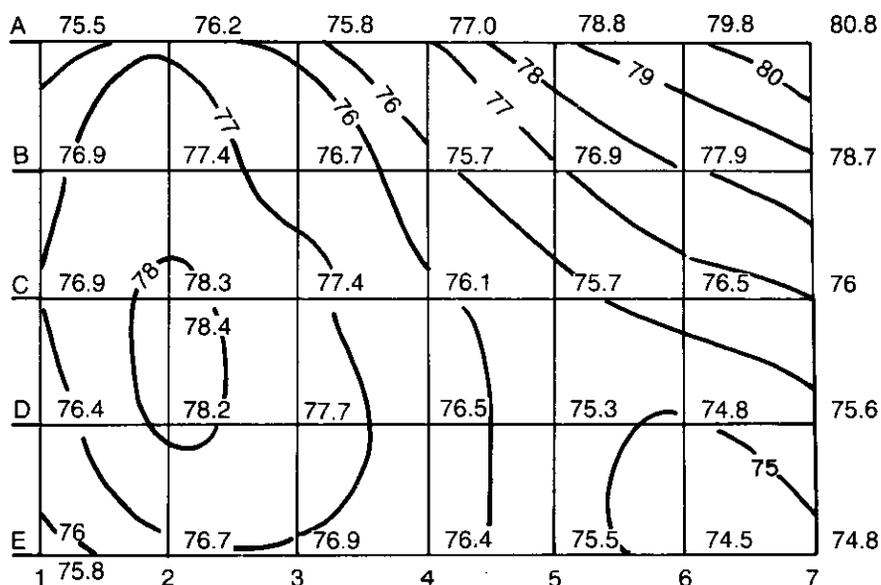


Figura 1.20. Representación de las curvas de nivel.

Nota: El instructor proyectará el video "Nivelación de lotes para la producción de arroz - riego"<sup>1</sup>.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1989. Nivelación de lotes para la producción de arroz-riego, guía de estudio para ser usada como complemento de la Unidad Audiotutorial. Contenido científico: Alfonso Díaz Durán. Cali, Colombia.

## Bibliografía

- IGAC, ICA. 1985. Zonificación Agroecológica de Colombia. Memoria explicativa 8-9 p.
- PARKER, H.; McGUIRE, J.W. 1972. Ingeniería de Campo Simplificada para Arquitectos y Constructores. México, Limusa-Wiley. Serie de textos y simplificados para arquitectura, ingeniería y construcciones. 261 p.
- TORRES N., A.; VILLATE B., E. 1983. Topografía. Bogotá, Colombia. Editorial Norma. 303 p.
- TORRES R. E. 1981. Manual de Conservación de Suelos Agrícolas. Ed. Diana. México 164 p.
- SALAZAR B. Y. 1975. Apuntes de clase sobre cursos de adecuación de tierras. Ibagué, Colombia, Universidad del Tolima.

## Práctica 1.1 Factores de adecuación

### Objetivo

Al finalizar la instrucción los participantes estarán en capacidad de explicar frente al grupo los factores y parámetros que inciden en el proceso de la adecuación de suelos.

Para lograrlo le recomendamos al instructor alistar con anterioridad los materiales y recursos necesarios, e identificar la finca y el lote donde se realizarán los trabajos.

### Factor suelo

Parámetros para determinar:

#### Textura y profundidad

- a. Recursos necesarios:
  - Lote para realizar la práctica
  - Pala, barretón o pica (para construir una calicata)
  - Un obrero
- b. Instrucciones:
  - Los participantes recorrerán el lote observando los factores de adecuación.
  - Se formarán grupos de cuatro o cinco personas y se dirigirán a la calicata excavada previamente.
  - En la calicata los grupos observarán, en el perfil del suelo, su naturaleza y espesor.
  - Consignarán en la libreta de apuntes el dibujo de perfil del suelo, marcando el espesor y características de cada horizonte: textura, drenaje, profundidad y color.

#### Resistencia a la penetración

- a. Recursos necesarios:
  - Penetrómetro
  - Libreta de apuntes

- Lote dónde realizar el trabajo
- b. Instrucciones:
  - Explicación del instructor a los participantes sobre el uso del penetrómetro
  - Los grupos ya conformados consignarán en la libreta de apuntes los datos obtenidos de resistencia del suelo a la penetración.

## Relieve

- a. Recursos necesarios:
  - Finca dónde hacer las observaciones sobre el relieve
  - Cartera de topografía
- b. Instrucciones:
  - Explicación del instructor a los participantes sobre las observaciones para realizar.
  - Los grupos consignarán en sus libretas las observaciones sobre el relieve.

## Inventario de recursos

- a. Recursos necesarios:
  - Registros de inventarios
  - Una finca dónde realizar los inventarios
- b. Instrucciones:
  - El instructor diseñará registros que contengan la siguiente información básica:
    - Registros sobre recursos de agua: fuentes de agua, caudal de cada una, estructuras de conducción.
    - Registros sobre maquinaria y equipos ó implementos: número, tipo, capacidad.
  - Los grupos harán los inventarios de los recursos disponibles, anotando los datos en la hoja de trabajo 1.

## Práctica 1.1 Taller sobre adecuación - Inventario de recursos

Agua:

Localización: \_\_\_\_\_

Caudal: \_\_\_\_\_

Estructuras hidráulicas: \_\_\_\_\_

Calidad: \_\_\_\_\_

Infraestructura:

Vial: \_\_\_\_\_

Eléctrica: \_\_\_\_\_

Drenajes: \_\_\_\_\_

Construcciones: \_\_\_\_\_

Riego: \_\_\_\_\_

Maquinaria disponible:

Maquinaria	Número	Tipo	HP
Tractores			
Implementos de labranza primaria			
Implementos de labranza secundaria			
Otros			

Recursos humanos:

Especificaciones	Cantidad	Costo
Especializado		
No especializado		

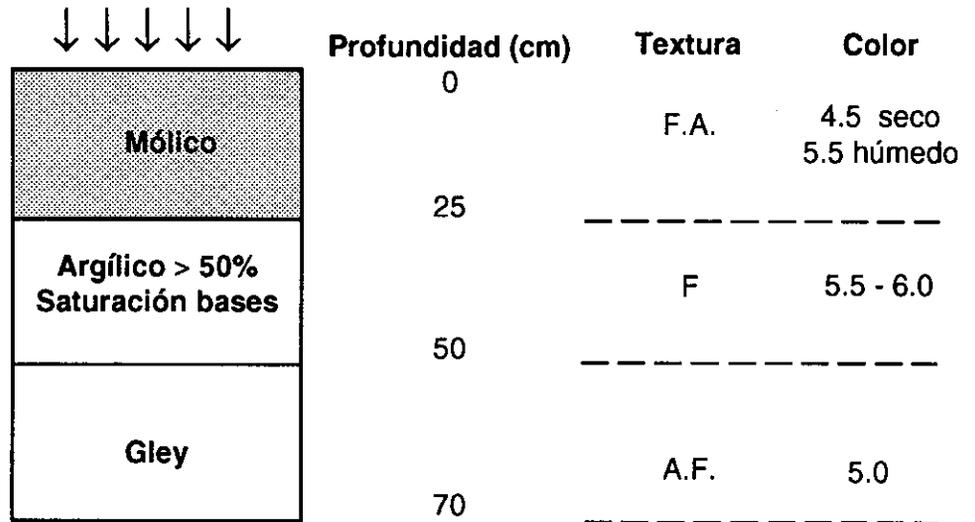
Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

# Práctica 1.1 - Información de retorno

Factor suelo

Textura y profundidad

- Descripción del perfil:



Resistencia a la penetración

Profundidad (cm)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
10	10
15	13

Relieve

Plano elaborado con base en los datos obtenidos en el campo y los cálculos efectuados en el salón.

## Inventarios de recursos

A continuación se presenta un inventario de recursos.

### *Agua:*

Localización: C.I. - Nataima - Lote IV-9

Caudal: 30 Lps

Estructuras hidráulicas: Tomas en concreto y canales en tierra

Calidad: Buena

### *Infraestructura:*

Vial: Carreteras - recebo

Eléctrica: Línea AT 13.200 BT 110-220

Drenajes: Buenos - suficientes

Construcciones: Adecuadas

Riego: Falta nivelación de los suelos

### Maquinaria disponible:

Maquinaria	Número	Tipo	HP
Tractores	8	Llanta	D5-100
Implementos de labranza primaria	3	Rastra arado de 20 discos	
Implementos de labranza secundaria	2	Rastrillo pulidor de 60 discos	
Otros	1	Niveladora agrícola	
	1	Combinada	

### Recursos humanos:

Especificaciones	Cantidad	Costo
Especializado	5 tractoristas	\$ 80.000 c/u
No especializado	15 obreros	\$ 65.000 c/u

Observaciones: La maquinaria se encuentra en regular estado. El lote se encuentra libre de arbustos.

## Práctica 1.2 Levantamiento altimétrico de un lote con el método de la retícula

### Objetivos

Una vez terminada la instrucción, los participantes estarán en capacidad de:

- ✓ Practicar un levantamiento topográfico altimétrico con el método de la retícula (cuadrícula).
- ✓ Dibujar las curvas de nivel.

### Recursos necesarios

- Lote de aproximadamente 2 hectáreas, libre de malezas y obstáculos.
- Nivel de precisión.
- Cinta métrica de 30 metros.
- 50 estacas de bambú, guadua o de madera, de 60 cm de longitud, por grupo.
- Mira de 4 metros.
- Escuadra de agrimensor (no indispensable).
- 0.5 m de papel milimetrado, por grupo.
- Una calculadora, por grupo.

### Instrucciones

- El instructor formará grupos según el número de asistentes.
- Recorra el lote con el fin de formarse una idea clara de los accidentes topográficos y detalles de los mismos.
- De acuerdo con las pendientes observadas, establezca el tamaño de la retícula siguiendo los criterios teóricos.
- Según la forma del lote, trácele mentalmente un rectángulo, tratando de hacer coincidir el lado menor con la máxima pendiente.
- Ubique en el lote un punto que, según su criterio, sea uno de los vértices del rectángulo imaginario. Este punto, en lo posible, debe equidistar del lindero la mitad del lado de la retícula determinada.

- Proceda, a partir de este punto, a localizar dos ejes perpendiculares, haciendo que uno de ellos coincida más o menos con la máxima pendiente del lote.
- Si posee una escuadra de agrimensor, desplazándose a través del lote podrá ir ubicando estacas en cada una de las intersecciones, y así en toda el área del lote. Si no se cuenta con el instrumento anterior se recomienda proceder de la siguiente manera: localice con cinta y jalones por lo menos otros dos ejes, que pasen por la tercera o cuarta abscisa de los ejes preliminares. Luego, alineándose con las respectivas estacas de los ejes paralelos, se procede a localizar, por intersección de visuales, los otros puntos de la retícula.
- Terminado el estacado del lote, se colocará el nivel en un sitio desde donde se pueda hacer la lectura de la mira en el mayor número de puntos estacados.
- Tenga en cuenta todos los cuidados necesarios en el manejo del nivel y haga un breve chequeo del instrumento.
- Determine el plano de referencia BM, asuma su cota y defina el plano de nivelación (altura instrumental).
- Proceda a efectuar las lecturas de mira en cada una de las estacas y anótelas en la cartera (libreta de campo). Recuerde que estas lecturas son vistas intermedias (V-).
- Tome los detalles del lote que permitan establecer linderos y cotas de fondo de canalizaciones existentes.
- Terminadas las lecturas, revise y guarde correctamente el aparato en su caja.
- Con los datos de campo se procederá luego en el salón a calcular la cartera.
- Calculada la cartera, con las cotas y las dimensiones del lote se dibuja el plano de acuerdo con las indicaciones del instructor.
- Una vez realizada la práctica en el campo, con la dirección del instructor, quien hará las correcciones o recomendaciones que considere necesarias, ésta será complementada en el salón donde se discutirán las inquietudes de los participantes, procurando que ellos mismos analicen cada una de ellas y les den soluciones satisfactorias.

## Práctica 1.2 - Información de retorno

1. Cálculo de cotas negras a partir de cartera de campo:

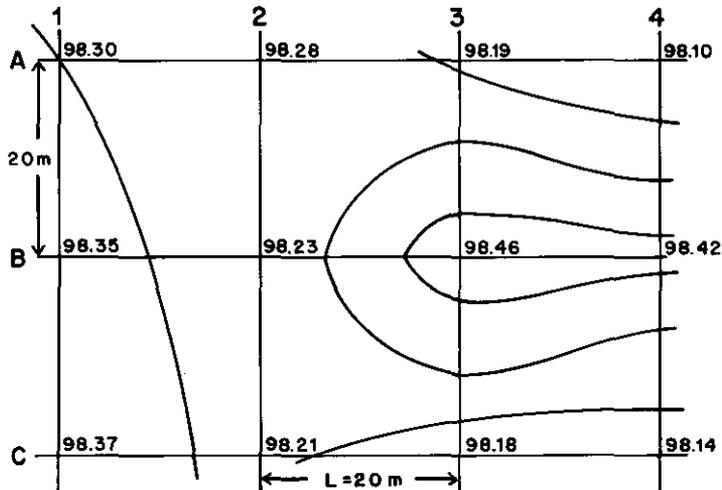
Estación	V.A. (+)	V.I. (-)	$h \bar{\Delta}$	Cota	Observaciones
BM	1.55		100	98.45	
A1		1.70		98.30	
A2		1.72		98.28	
A3		1.81		98.19	
A4		1.90		98.10	
B1		1.65		98.35	
B2		1.77		98.23	
B3		1.54		98.46	
B4		1.58		98.42	
C1		1.63		98.37	
C2		1.79		98.21	
C3		1.82		98.18	
C4		1.86		98.14	

V.A.: Vista atrás, V+

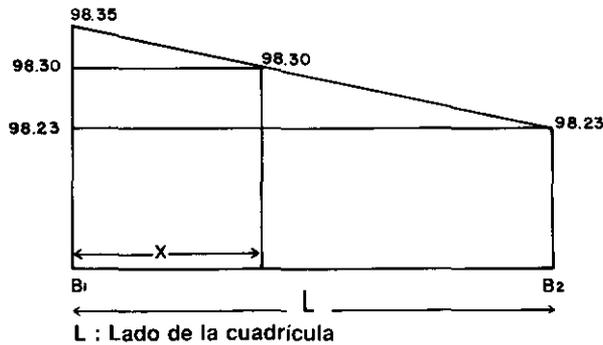
V.I.: Vista intermedia, V-

$h \bar{\Delta}$ : Altura instrumental

2. Dibujo de las curvas de nivel:



Interpolación entre  $B_1 - B_2$ :



$$98.35 - 98.23 = 0.12$$

$$98.35 - 98.30 = 0.05$$

$$L \text{ ----- } 0.12$$

$$X \text{ ----- } 0.05 \quad X = \frac{0.05 \times L}{0.12}$$

$X$  = Distancia a partir de  $B_1$  donde la curva 98.50 corta el segmento  $B_1 - B_2$

Procediendo de igual manera se determinan las interpolaciones correspondientes a las cotas redondas. Luego, uniendo las cotas redondas de igual valor, se obtiene el plano topográfico.

## Resumen de la Secuencia 1

La adecuación de un lote se define como la integración de las obras ejecutadas en él; por ejemplo, protección contra las inundaciones, drenaje, nivelación, suministro de agua para riego, etc.

Las ventajas de la adecuación tienen que ver con la optimización de los recursos del predio, para lograr una mayor relación entre el beneficio y el costo de la actividad agrícola que se emprenda. Los componentes de la adecuación son la nivelación del lote, el riego, el drenaje, las vías, etc.

Los factores de estudio para tener en cuenta son: el clima, el suelo, el relieve, el recurso agua, el recurso humano y la maquinaria disponible.

Los planos que se elaboran con los datos del levantamiento topográfico son la base fundamental para buscar alternativas y optimizar un proyecto de adecuación de tierra para cultivo bajo riego.

## **Secuencia 2**

**Nivelación de tierras  
para el cultivo del  
arroz - riego**

# Contenido

	Página
Objetivos .....	2-7
Información .....	2-9
• Justificación .....	2-9
• Definición de nivelación de tierras .....	2-9
• Tipos de nivelación .....	2-9
• Nivelación sin dirección definida .....	2-9
• Nivelación para dejar pendiente uniforme en una sola dirección .....	2-10
• Nivelación con pendiente uniforme en ambas direcciones .....	2-10
• Nivelación con pendiente uniforme en un sentido y sin pendiente en el otro sentido. ....	2-10
• Nivelación a ceros .....	2-10
• Criterios para la nivelación .....	2-10
• Suelos .....	2-11
• Resultados del trabajo de nivelación .....	2-12
• Favorecer el drenaje natural del terreno .....	2-13
• Minimizar la formación de capas duras en el subsuelo ..	2-13
• Evitar la erosión superficial .....	2-13
• Formación de un microclima favorable .....	2-14
• Mejor aprovechamiento del agua .....	2-14
• Mecanización más eficiente .....	2-14
• Germinación, cultivo y cosecha uniformes .....	2-14
• Incremento del área de cultivo .....	2-14
• Nivelación de tierras en seco .....	2-15

	Página
• Criterios de selección del lote .....	2-15
• Generalidades sobre movimiento de tierra .....	2-16
• Métodos de cálculo .....	2-17
• Equipos .....	2-25
• Construcciones .....	2-25
• Rendimiento de la maquinaria .....	2-27
• Nivelación de tierras bajo agua .....	2-27
• Criterios de selección del lote .....	2-27
• Diseño .....	2-30
• Cálculo del movimiento de tierra .....	2-31
• Equipo necesario y su preparación .....	2-33
• Construcción del sistema y operación de la maquinaria ..	2-37
• Rendimiento de la maquinaria .....	2-41
Bibliografía .....	2-42
Práctica 2.1 Cálculo del movimiento de tierra .....	2-44
• Objetivos	
• Recursos necesarios	
• Instrucciones	
• Información de retorno	
Resumen de la Secuencia 2 .....	2-51

# Flujograma Secuencia 2\*

## Nivelación de tierras para el cultivo de arroz-riego

### Objetivos

- Aplicar el método de mínimos cuadrados para el cálculo del movimiento de tierra
- Enumerar los pasos para una nivelación de tierras en seco y bajo agua

### Contenido

- Justificación
- Definición de nivelación de tierras
- Tipos de nivelación
- Criterios para la nivelación
- Resultados del trabajo de nivelación
- Nivelación de tierras en seco
- Nivelación de tierras bajo agua

### Bibliografía

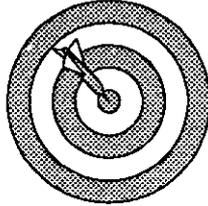
### Práctica 2.1

- Cálculo del movimiento de tierra
- Objetivo
  - Recursos necesarios
  - Instrucciones
  - Información de retorno

### Resumen Secuencia 2

\* Transparencia 2.1

## Objetivos



Al finalizar esta secuencia el participante estará en capacidad de:

- ✓ Aplicar el método de mínimos cuadrados para el cálculo del movimiento de tierra, con base en el levantamiento topográfico realizado.
- ✓ Enumerar los pasos para hacer una nivelación de tierras en seco y bajo agua, realizando un flujograma.

## Justificación

Es frecuente encontrar en los diferentes ecosistemas arroceros, lotes en los cuales se observan una serie de problemas que impiden un eficiente manejo del cultivo, ocasionando con esto disminuciones notorias en los rendimientos por unidad de superficie e incremento en los costos de producción.

Ejemplos típicos de esta situación son los siguientes:

- Esguerramiento del agua de riego hacia las partes bajas del lote, quedando sin humedecer las zonas altas.
- La aplicación desuniforme del agua de riego, lo que dificulta el manejo racional de las malezas, las plagas, la fertilización, etc.
- Problemas de erosión, salinidad en las partes altas y aumento de densidad en las partes bajas.

Una de las estrategias que se puede utilizar para disminuir la importancia de estos problemas en el manejo del cultivo, es la nivelación de tierras, proceso que se describe en esta secuencia.

## Definición de nivelación de tierras

Se entiende por nivelación de tierras agrícolas, el proceso mediante el cual se modifica el relieve de la superficie hasta conseguir una pendiente seleccionada previamente, con el fin de manejar en forma más eficiente el agua de riego y/o el drenaje. Esta operación es indispensable en aquellos sitios donde la escasez y el elevado costo del agua exijan un manejo eficiente del riego.

## Tipos de nivelación

Considerando el tipo de proyecto para desarrollar y los recursos disponibles, se pueden distinguir diferentes tipos de nivelación:

### Nivelación sin dirección definida

La cual consiste en la eliminación de lomas, montículos de tierra y el relleno de bajos en un terreno, del cual no se tienen estudios topográficos, recurriendo entonces al conocimiento que se tenga del lote o al “ojo” del operador del equipo. El emparejamiento no es una actividad que mejore notablemente las condiciones del lote para un riego eficiente.

Los tipos de nivelación que pueden, en determinado momento, modificar completamente el microrrelieve, requieren para su ejecución un estudio topográfico altimétrico que proporcione la información necesaria para los cálculos del movimiento de tierra. Con estos métodos se alcanzan alta eficiencia tanto de aplicación como de distribución del agua. A esta categoría pertenecen los siguientes tipos de nivelación:

Nivelación para dejar pendiente uniforme en una sola dirección

Ver transparencia 2.2

Nivelación con pendiente uniforme en ambas direcciones

Ver transparencia 2.3

Nivelación con pendiente uniforme en un sentido y sin pendiente en el otro sentido

Ver transparencia 2.4

Nivelación a ceros

Ver transparencia 2.5

### **Criterios para la nivelación\***

Cada vez que se quiera realizar un trabajo de nivelación de tierras, el proyectista deberá tener en cuenta los siguientes aspectos:

\* Transparencia 2.6

## Suelos

Con especial énfasis en:

### Textura

Su importancia radica en que cada tipo de textura (arenosa, arcillosa o limosa), presenta características físicas distintas, como: densidad aparente, permeabilidad, retención de humedad. Para el cultivo de arroz-riego, se recomienda trabajar en suelos de textura arcillosa (Cuadro 2.1).

Cuadro 2.1. Valores promedios de las condiciones de humedad para los diversos grupos de texturas de suelos.

Suelos	Capacidad de campo CC (%)	Punto de marchitez permanente PMP (%)	Humedad aprovechable (CC-PMP)	Densidad aparente (gr/cm <sup>3</sup> )
Ligeros	10.0	4.5	5.5	1.6
Francos	18.0	8.2	9.8	1.5
Medios	23.0	11.0	12.0	1.4
Moderadamente finos	30.0	15.0	15.0	1.2
Pesados	33.0	16.5	16.5	1.1

### Profundidad

Es indispensable conocer esta información con el objeto de definir máximos cortes sin que se produzca el afloramiento de capas improductivas.

### Pendiente

Está relacionada con el método de nivelación, la cantidad de tierra para remover y los costos de la labor (Cuadro 2.2).

Cuadro 2.2. Clasificación de las pendientes.

Clase	Descripción	Rango (%)
A	Casi a nivel	0-2
B	Ligera	3-8
C	Moderada	9-15
D	Fuerte	16-30
E	Muy fuerte	>30

Nivel freático

Si el nivel freático es muy superficial puede afectar el trabajo de las máquinas cuando se realizan los cortes y rellenos en seco (Figura 2.1).

Clima

Es importante considerar las épocas de lluvia, su duración y el tiempo propicio para realizar las labores de nivelación.

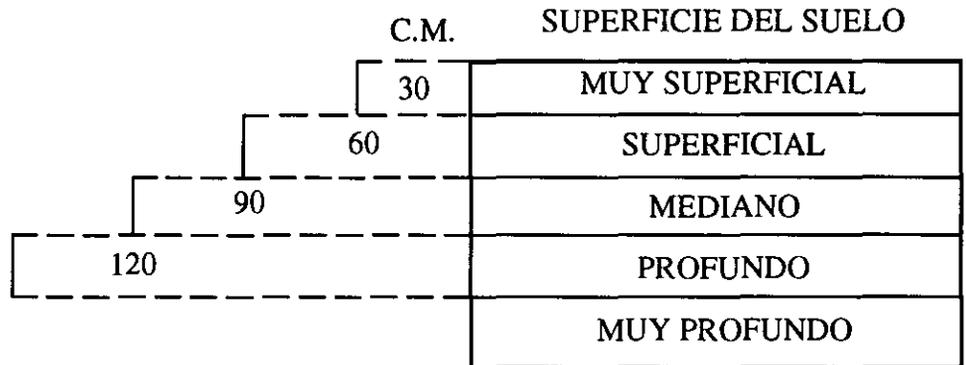


Figura 2.1. Profundidad del nivel freático.

Cultivo

El cultivo incide en la selección del método de riego que se vaya a utilizar.

Expectativas

Del agricultor sobre las obras para ejecutar en su predio

### Resultados del trabajo de nivelación

La realización de una adecuada nivelación de suelos agrícolas traerá consigo las siguientes ventajas\*:

- Favorecer el drenaje natural del terreno
- Minimizar la formación de capas duras en el subsuelo
- Evitar la erosión superficial
- Formación de un microclima favorable
- Mejor aprovechamiento del agua

\* Transparencia 2.7

- Mecanización más eficiente
- Germinación, cultivo y cosecha uniformes
- Incremento del área de cultivo

Lógicamente, un terreno mal conformado presentará todos los problemas opuestos a las ventajas antes enunciadas. Veamos estas ventajas un poco más en detalle:

**Favorecer el drenaje natural del terreno**

Especialmente en zonas muy lluviosas los suelos desiguales y con un drenaje deficiente merman la productividad de la finca, debido a que existen muchas zanjas u hondonadas; los campos son pequeños, irregulares, difíciles de regar y cultivar. El agua se empoza e impide el desarrollo de la vegetación en la superficie donde se acumula. Un campo debidamente conformado y con una pendiente suave y uniforme evacuará el exceso de agua sin causar daño alguno al suelo.

**Minimizar la formación de capas duras en el subsuelo**

Sabemos que estas capas son el resultado del asentamiento de las partículas más finas, las cuales son compactadas por el tránsito continuo del ganado y de los tractores con sus implementos.

Es precisamente en las hondonadas o partes bajas donde se empoza el agua que arrastra consigo las partículas finas del suelo, las que luego se sedimentan. Así, al evaporarse lentamente el agua en las hondonadas y mediante la acción mecánica antes dicha, se va produciendo una capa dura que obstaculiza la penetración de las raíces en el subsuelo. La nivelación elimina las hondonadas y, por consiguiente, reduce la formación de capas duras en el subsuelo.

**Evitar la erosión superficial**

Al establecer inclinaciones ligeras y uniformes, desaparecen los daños causados por la erosión, debido a que el agua superficial se escurre de una manera gradual. Estas inclinaciones se alisan a fin de que el agua no quede atrapada en cavidades de poca profundidad, lo que produciría un lavado de los elementos nutritivos del suelo y haría que las plántulas se ahogaran.

**Formación de un microclima favorable**

La conformación adecuada de los terrenos resulta beneficiosa para los cultivos, debido a que permite uniformizar la temperatura y humedad del suelo. Las hondonadas son frías y húmedas, por lo cual muchas semillas se pudren antes que puedan germinar.

Rellenando estas hondonadas, el suelo más uniforme en cuanto a microclima, permite una mejor germinación de las semillas y el posterior desarrollo de las plantas.

**Mejor aprovechamiento del agua**

Las elevaciones y hondonadas en los campos evitan que estos puedan irrigarse correctamente; en las primeras falta la humedad y en las segundas hay exceso.

La inclinación ligera y uniforme de los campos resulta vital para una distribución uniforme del agua con un sistema de irrigación por gravedad o aspersión, permitiendo que todas las plantas tengan igual disponibilidad de agua para su desarrollo.

**Mecanización más eficiente**

Una buena conformación del terreno permite mayor eficiencia de las máquinas e implementos agrícolas. Sabido es que los campos pequeños, de tiros cortos, resultan más difíciles y más costosos de preparar que los campos grandes, de forma regular, que dan cabida a hileras largas y rectas. El tractor puede tirar implementos más anchos para reducir tanto el tiempo de labranza como el gasto de combustible. Todo esto se traduce, lógicamente, en un menor costo de operación por hectárea.

**Germinación, cultivo y cosecha uniformes**

Al estar un campo debidamente conformado, la labor de siembra, especialmente cuando es mecanizada, permite: depositar todas las semillas a igual profundidad y con las mismas condiciones de temperatura y humedad, por lo tanto las semillas germinarán uniformemente. Las labores de cultivo se aceleran por ser las plantas del mismo tamaño y por no tener que desviarse los tractores en las hondonadas u otros accidentes. La maduración del cultivo será mas uniforme, permitiendo mejores rendimientos unitarios y el empleo más eficiente de cosechadoras mecánicas.

**Incremento del área de cultivo**

Un predio agrícola que no ha sido debidamente conformado, presentará una serie de accidentes naturales u obstáculos creados por el mismo hombre que reducen considerablemente el área cultivable.

Dichos inconvenientes podrían ser, por ejemplo: hondonadas, lomas, riachuelos, árboles mal localizados, caminos mal trazados, cercos mal puestos, drenajes mal hechos, etc.

Aproximadamente entre el 10 al 20% de la superficie de una propiedad, considerada como plana, puede ser recuperada y devuelta a la producción con el solo hecho de proceder a una adecuada y correcta conformación de sus terrenos, mediante la eliminación de los inconvenientes antes señalados.

Una vez entendidas las ventajas que nos brinda la conformación de los terrenos, deberíamos revisar algunos otros factores que influyen en el éxito económico de esta operación.

Es necesario contemplar algunos inconvenientes producto de la labor de nivelación de tierras, como son\*:

- Compactación del suelo por el paso excesivo de la maquinaria.
- Modificación de la estructura del suelo por pulverización, especialmente en las zonas de relleno.
- Cambios en la fertilidad.
- Afloramientos de subsuelo por cortes profundos.

## **Nivelación de tierras en seco\*\***

**Criterios de selección del lote**

Debe optarse por la nivelación de tierras en seco cuando se presenten las siguientes condiciones:

- Pendiente comprendida entre 0.5 y 2%, o que implique grandes movimientos de tierra.
- Espesor de la capa arable que permita los cortes necesarios para lograr una buena nivelación, sin perder sus características de fertilidad.
- Disponibilidad de agua suficiente y con bajo costo.
- Recursos económicos suficientes, que permitan la utilización del equipo apropiado.

\* Transparencia 2.8

\*\* Transparencia 2.9

- Maquinaria disponible, propia o alquilada en la zona, como: buldozer, motoniveladora, traflas, etc.
- Recurso humano capacitado y disponible para desarrollar el proyecto: ingeniero, topógrafo, operadores de maquinaria, etc.
- Clima que facilite la ejecución de los trabajos de nivelación en el tiempo previsto.

### Generalidades sobre el movimiento de tierra

En la nivelación de terrenos es esencial que se hagan los cortes necesarios, con el fin de construir los terraplenes proyectados. Cuando sólo se lleva a cabo la excavación justa para hacer tal cosa, y en ningún caso se requieren préstamos o sobrantes, se dice que existe una “compensación” en el trabajo de movimiento de tierra.

El volumen comprendido en un metro cúbico de tierra, en su condición natural, aumenta al aflojarse por causa de la excavación; ésto se conoce como “aumento de volumen”. Cuando esta misma tierra se tira en una zona de terraplén y se compacta, su volumen disminuye. La disminución, en relación con su volumen original, se conoce como “pérdida de volumen”. En este aspecto, los materiales que forman el suelo tienen diferentes propiedades. Algunas de las razones expuestas por varios ingenieros para explicar el factor de pérdida de volumen, aparentemente alto, requerido en la nivelación de terrenos, son:

- La mayor parte de los materiales movidos en la nivelación de terrenos forman la capa superficial (arable) con un alto contenido de materia orgánica y con un peso relativamente bajo por unidad de volumen original.
- Las áreas de excavación del terreno están sujetas a una compactación considerable debido al equipo que se emplea en el movimiento de tierra. De ahí que lo producido por un área de excavación sea menor de lo calculado.

La disminución o pérdida de volumen del suelo se expresa de varias maneras. Por ejemplo, si un metro cúbico de excavación, en tierra común y corriente, da 0.80 m<sup>3</sup> de terraplén, puede establecerse:

$$\text{Relación} = \frac{\text{Excavación}}{\text{Terraplén}} = \frac{E}{T} = \frac{1.0}{0.80} = 1.25$$

$$\text{Factor de pérdida} = \frac{1.0 - 0.80}{0.80} = 0.25 \text{ ó } 25\%$$

Quizá la meta más común en la compensación del movimiento de tierra es variar los volúmenes de excavación y terraplén, hasta que la relación E/T alcance un valor que se considere válido para las condiciones existentes. Generalmente, la experiencia en un área proporciona las bases para seleccionar un valor satisfactorio.

Los factores de “pérdida de volumen” generalmente varían desde el 10% para nivelaciones fuertes en superficies firmes de terreno, hasta un 30% para nivelaciones de excavaciones y terraplenes superficiales.

Es muy difícil extraer más tierra de un área que ha sido dejada unos cuantos centímetros más alta; en cambio, es relativamente simple esparcir suelo sobrante sin excederse de las tolerancias de construcción. Por esta razón, la mayoría de los operadores de maquinaria prefieren que el cálculo del factor de “pérdida de volumen” sea más bien alto. Por otro lado, si el proyectista emplea un factor alto, ello da como resultado un cálculo mayor de volumen de excavación y, si la nivelación se hace sobre la base de precios unitarios, resultará en una elevación de los costos, en detrimento del dueño del predio.

#### Métodos de cálculo \*

Existen métodos básicos y un gran número de variaciones de cada uno de ellos para calcular la nivelación de terrenos, todos de uso común. Dichos métodos son:

- El método de mínimos cuadrados.
- El método de los perfiles promedios.
- El método de rectificación de las curvas de nivel.
- El método de momentos diferenciales.

Cada uno de ellos tiene algunas ventajas y desventajas pero, cuando se utilizan correctamente, todos proporcionan resultados satisfactorios.

El método de mínimos cuadrados permite obtener una superficie resultante con una pendiente uniforme tanto transversal como longitudinalmente, mediante la aplicación de un procedimiento estadístico.

En el método del perfil se trabaja con perfiles de las líneas de la cuadrícula en lugar de hacerlo con cotas marcadas en un plano.

\* Transparencia 2.10





$$Y_c = \frac{\text{Estaciones } Y}{\text{No. Estaciones } Y}$$

Ejemplo:  $X_c = \frac{1+2+3+4+5+6}{6} = 3.5$

$$Y_c = \frac{1+2+3+4+5}{5} = 3.0$$

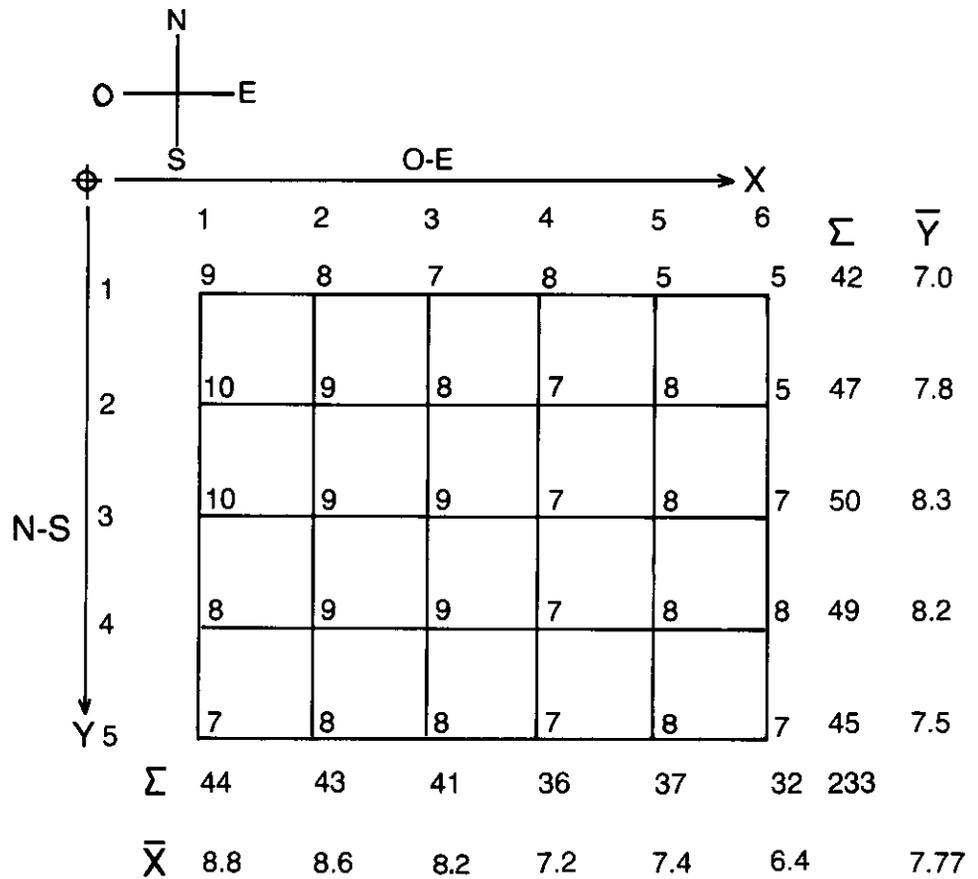


Figura 2.4. Plano básico para nivelación con el método de mínimos cuadrados.

- \* **Determinar las pendientes P norte-sur y oeste-este, según fórmulas 1 y 2**

$$P_{ns} = \frac{\Sigma E \bar{Y} - \frac{\Sigma E \Sigma \bar{Y}}{n}}{\Sigma E^2 - \frac{(\Sigma E)^2}{n}} \quad (1)$$

$$P_{oe} = \frac{\Sigma E \bar{X} - \frac{\Sigma E \Sigma \bar{X}}{n}}{\Sigma E^2 - \frac{(\Sigma E)^2}{n}} \quad (2)$$

Donde:

- P = Pendiente ajustada para norte-sur (ns) u oeste-este (oe).  
 $E \bar{Y}$  = Producto distancia estación por promedio de cotas Y.  
 $E \bar{X}$  = Producto distancia estación por promedio de cotas X.  
 N = Número de estaciones en cada sentido.

Continuando con el ejemplo:

$$P_{ns} = \frac{(1 \times 7) + \dots + (5 \times 7.5) - \frac{(1 + 2 \dots + 5)(7 + \dots + 7.5)}{5}}{1^2 + 2^2 + 3^2 + 4^2 + 5^2 - \frac{(15)^2}{5}}$$

$$P_{ns} = 0.14$$

$$\text{Poe} = \frac{(1 \times 8.8) + \dots + (6 \times 6.4) - \frac{(1 + 2 + \dots + 6)(8.8 + \dots + 6.4)}{6}}{\frac{1^2 + \dots + 6^2 - (21)^2}{6}}$$

$$\text{Poe} = -0.47$$

**\* Determinación de cotas de diseño**

$$0 = \text{Cota media} - \text{Pns} (Yc) - \text{Poe} (Xc)$$

$$0 = 7.77 - (0.14 \times 3) - (-0.47 \times 3.5)$$

$$0 = 8.995 \text{ (cota de diseño en el punto de origen)}$$

Y cualquier punto "p",

$$P_{xy} = O + \text{Pns} (Yp) + \text{Poe} (Xp)$$

Ejemplo, el punto (2,3)

$$P_{(2,3)} = 8.995 + (0.14 \times 3) + (-0.47)(2)$$

$$P_{(2,3)} = 8.475$$

Para graficar los perfiles norte-sur y oeste-este se toman las cotas promedio en cada dirección así como la cota media, a partir de la cual se obtiene la rasante sumando o restando (según suba o baje el terreno), la pendiente calculada por cada estación (Figura 2.5).

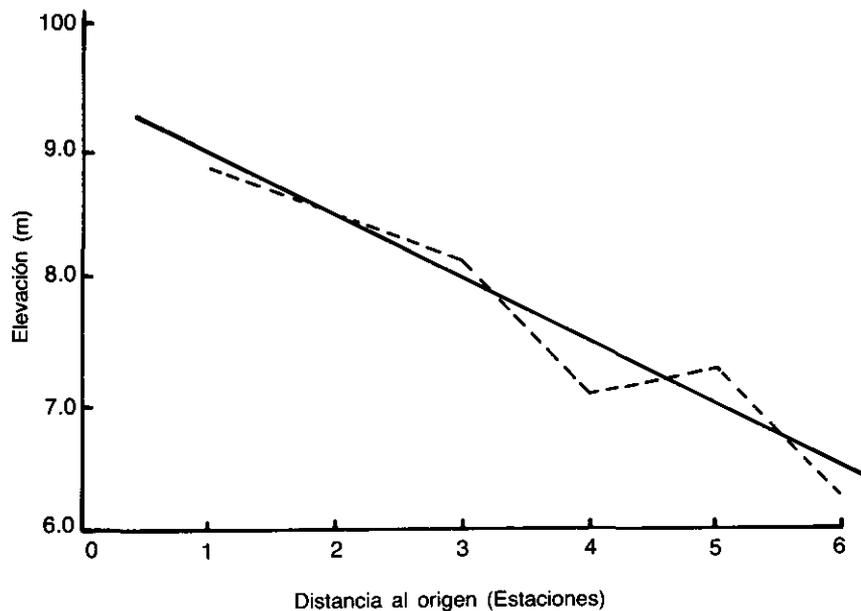


Figura 2.5. Gráfica del perfil Oeste - Este.

En la Figura 2.5 se observa el perfil oeste-este.  $Poe = -0.47$ . A la izquierda del centroide se suma 0.47 por cada estación, a la derecha se resta.

**\* Ajuste de cortes y rellenos**

Al comparar la cota observada con la cota calculada, si esta última es menor es necesario cortar; si por el contrario, resulta mayor, es necesario rellenar.

Normalmente se requiere un determinado porcentaje más de corte que de relleno, dependiendo de la clase textural del suelo. En suelos arroceros se acostumbra calcular 30% más de corte que de relleno y se hace el ajuste siguiente:

$$\text{Suma de cortes} = 130\%$$

$$\text{Suma de rellenos} = 100\%$$

$$\text{Suma de cortes} + \text{Suma de rellenos} = 230\%$$

$$\text{Suma de cortes ajustados} = 130\%$$

De donde se obtiene la fórmula siguiente:

$$\Sigma CA = 0.565 (\Sigma C + \Sigma R)$$

Ejemplo:

$$\Sigma \text{Cortes} = 7.95 \text{ y } \Sigma \text{Rellenos} = 7.94$$

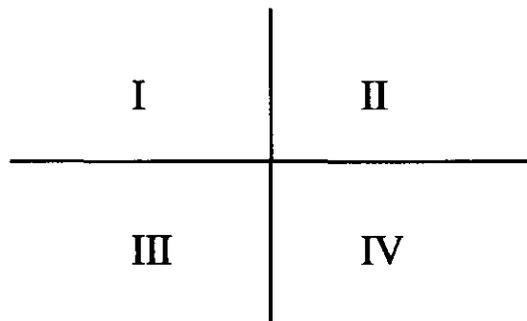
$$\Sigma CA = 0.565 (15.89)$$

$$\Sigma CA = 8.98$$

$$\Sigma RA = 15.89 - 8.98 = 6.91$$

**\* Anotación de cortes y rellenos**

La forma más conveniente de anotar en el plano es:



- I. Cota original
- II. Cota calculada
- III. Corte (color rojo)
- IV. Relleno (color azul)

En el campo se indica la cantidad de corte o relleno en las estacas correspondientes, marcando con color rojo los cortes y los rellenos con azul, en la forma siguiente: para cortes, se marca por ambos lados el número de centímetros del corte; para el relleno se traza una raya, por ambos lados de la estaca, a la altura del relleno correspondiente que señalará el nivel hasta el cual deberá depositarse la tierra (Figura 2.6).

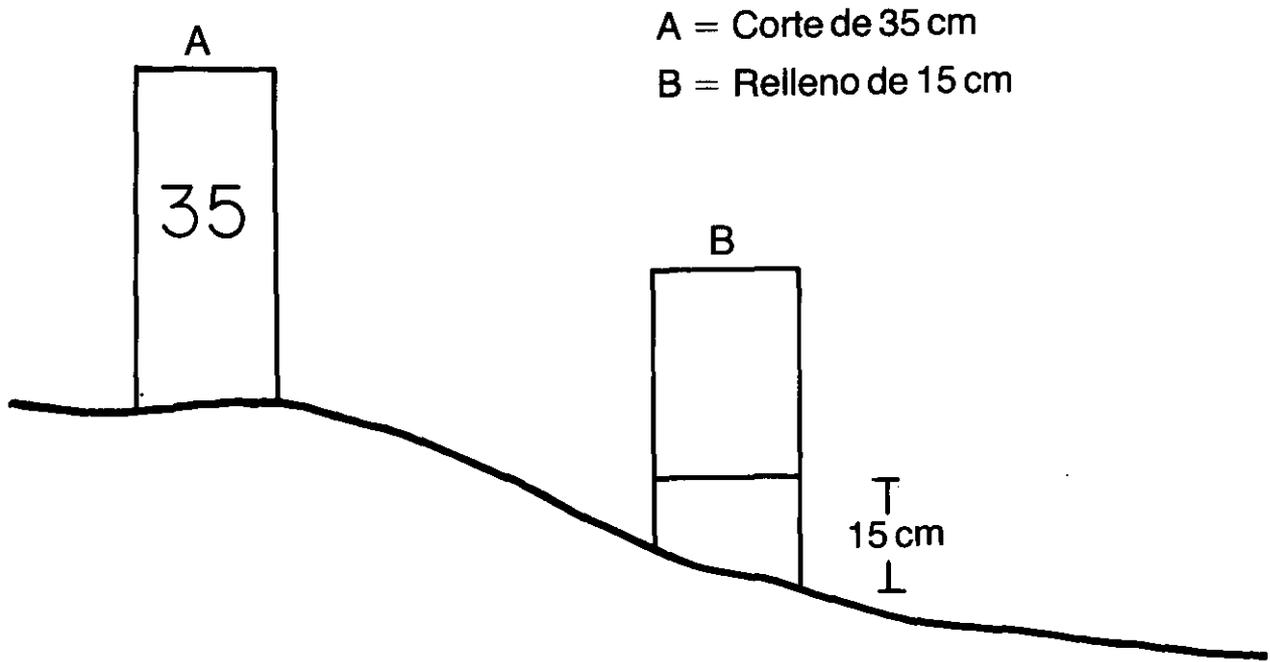


Figura 2.6. Marcación en el campo de cortes y rellenos.

### Equipos

Se requiere el siguiente equipo para nivelación de tierras en seco.

- Marco nivelador, para corregir y dar firmeza a la superficie del suelo.
- Buldózer, para hacer cortes profundos.
- Motoniveladora, para hacer cortes poco profundos.
- Trafla, para transportar suelo y hacer cortes.
- Zanjadora, para la construcción de canales.
- Caballoneador.

### Construcciones

Una vez definido el diseño del proyecto se procede a marcar en el campo todas las obras para realizar, tales como: vías, terraplenes, canales de riego y drenaje, diques contra inundación, etc., y su construcción se hará previamente a los trabajos de nivelación de tierras, especialmente aquellos que requieren movimiento de material, continuando con la nivelación propiamente dicha de acuerdo con las siguientes recomendaciones:

- Se dará al lote uno o dos pases de arado, con el objeto de facilitar los trabajos de la motoniveladora y el buldózer, especialmente en terrenos arcillosos; si el terreno no queda bien desterronado es conveniente complementar esta labor con unos pases de rastra.
- Si en el lote se detectan capas compactadas y/o presencia de raíces grandes se recomienda utilizar un escarificador.
- La primera labor de nivelación la realizará el buldózer haciendo los cortes y rellenos de más de 10 cm, en puntos localizados previamente por el ingeniero, y de acuerdo con las marcaciones indicadas en las estacas. Los desplazamientos de la máquina no deben ser mayores de 50 m; para el transporte de material se seguirán las indicaciones del ingeniero. En caso de requerirse el desplazamiento de material a distancias superiores a 50 m, se recomienda el uso de traflas.
- Una vez concluida la labor del buldózer, se procederá con la motoniveladora a uniformizar el terreno, acomodando mejor el microrrelieve para lograr una superficie estable y pareja.

#### Tolerancias en la construcción

Normalmente, las operaciones de movimiento de tierra tienen un límite de tolerancia de  $\pm 3$  cm. Sin embargo, en terrenos planos por lo general es necesaria una restricción adicional, prohibiendo las contrapendientes en la dirección del riego. Normalmente, no es práctico efectuar un trabajo muy esmerado con equipo de traflas y, donde sea posible, se recomienda el uso de gradas o aplanadoras de gran tamaño para eliminar las pequeñas irregularidades del terreno. El trabajo con trafla deberá ejecutarse hasta el punto en que dos pasadas del equipo aplanador produzcan la superficie terminada que se desea.

#### Comprobación

La comprobación final deberá hacerse antes de quitar las estacas de la cuadrícula. En pendientes que excedan el uno por ciento, generalmente es conveniente comprobar las excavaciones y terraplenes en cada estaca, mediante un nivel de mano. En pendientes menores que la anterior se usa un nivel de precisión, determinando las cotas adyacentes a cada punto. La pendiente entre las estacas deberá ser uniforme. Se marcan, para corregirse, las diferencias mayores de lo permitido para las pendientes establecidas.

## Rendimiento de la maquinaria

Hace referencia a la eficiencia que se obtiene con los diferentes equipos que se utilicen en la labor de nivelación. Observamos algunos resultados obtenidos en el CIAT en el proceso de nivelación de lotes de investigación (Cuadro 2.3).

Cuadro 2.3. Rendimiento de la maquinaria utilizada en CIAT.

Implemento o maquinaria	Media horas/ha	Desviación estándar	Varianza
Trailla	4.44	0.640	0.409
Marconivelador	5.24	1.970	3.918
Motoniveladora	11.04	2.910	8.505
Cinzel	1.32	0.212	0.045
Rastra pesada	1.60	0.470	0.220
Rastrillo	1.37	0.710	0.510

Con los datos de rendimiento de la maquinaria (hora/ha y m<sup>3</sup>/ha) se puede calcular el tiempo requerido para la nivelación y preparación de un lote determinado, o decidir cuánta área se puede nivelar en un período dado.

Con los datos del tiempo requerido para trabajar un área determinada, se puede elaborar un diagrama de control de tiempo.

## Nivelación de tierras bajo agua

### Criterios de selección del lote\*

La selección de un lote que reúna las características para establecer el sistema de “fangueo” o nivelación bajo agua, es el primer paso en la planeación del sistema. Partiendo de la base que las condiciones ecológicas y biológicas del área permitan un buen desarrollo de la planta de arroz, para realizar una buena selección se deben considerar, además, los siguientes factores:

- Disponibilidad y control del agua
- Topografía natural

\* Transparencia 2.11

- Condiciones físicas y químicas del suelo
- Condiciones naturales del terreno, especialmente lo relacionado con el drenaje.

No todos los suelos, actualmente utilizados para arroz, son aptos para ser nivelados por fangueo; por ello, se hace necesario el estudio completo de los factores anteriores, para poder obtener todas las ventajas del sistema. Una mala selección puede llegar a anular las ventajas económicas del “fangueo” y aún causar graves daños.

A continuación se discuten los factores de selección:

### Disponibilidad y control del agua

El agua es uno de los factores más importantes en la producción de arroz; afecta el carácter físico-químico de las plantas, el nivel de nutrimentos del suelo y la naturaleza y amplitud del crecimiento de las malezas. Considerando su primordial importancia, es básico tener amplia disponibilidad y control de este recurso. Los requerimientos promedios de agua por el arroz sembrado en suelos fangueados, fluctúan entre 1 y 2 litros por segundo por hectárea (l/seg/ha) para llenar las necesidades de agua de la planta, satisfacer las pérdidas por percolación profunda y las pérdidas a través de los caballones, especialmente los laterales que rodean el lote.

Al seleccionar el lote con base en la disponibilidad de agua, se debe tener en cuenta que el sistema de “fangueo” reduce las pérdidas por percolación profunda, por conducción y las pérdidas laterales, resultando así en mayor eficiencia en el uso del agua disponible, lo que significa poder tener mayor área bajo producción.

El agua puede provenir de un río, arroyo, lago, pozo profundo, etc. Puede ser utilizada por gravedad, o extraerse por medio de una eficiente estación de bombeo y luego ser conducida y utilizada dentro del lote, por medio de canales diseñados y construidos durante la adecuación.

La calidad del agua de riego es un factor de gran importancia. Debe realizarse un análisis del agua, que permita establecer si ésta tiene concentraciones de minerales que puedan ser tóxicos a las plantas, o si presenta desbalance marcado en su contenido mineral.

## Disponibilidad y control del agua

Por lo general, áreas muy pendientes no son adecuadas para el cultivo del arroz y, en especial, para el fangueo, a menos que en estas zonas se construyan terrazas con caballones fuertes, de tal manera que el agua permanezca durante un tiempo; pero la construcción de terrazas es costosa y difícil de realizar con maquinaria. En algunas partes del mundo se utilizan áreas muy pendientes para producir arroz.

Zonas menos pendientes, pero no planas, se utilizan en grandes extensiones en todo el mundo, pero en ellas el control del agua es muy pobre.

Las áreas más adecuadas para fangueo son aquellas que corresponden a zonas bajas, inundables, con drenaje imperfecto y con una pendiente promedio de 3 por mil; es factible utilizar tierras con mayor pendiente, hasta 5 por 1000, pero en éstas el costo de adecuación es más alto.

La profundidad de la capa arable es importante al considerar el factor topografía, pues si la pendiente es de más de 3 por mil y el suelo es poco profundo, no es recomendable el "fangueo" por presentarse problemas de pérdida de fertilidad. También de acuerdo con la topografía se puede decidir qué tipo de adecuación conviene hacer.

## Condiciones físicas del suelo

Este es un factor de gran importancia en la selección de un lote para fangueo. Por lo general, los suelos arenosos no son recomendables para el cultivo del arroz y menos aún para "fangueo"; tienen muy baja capacidad de retención de agua y nutrientes y poseen alta permeabilidad, lo que dificulta mantenerlos inundados sin usar gran cantidad de agua. Suelos de este tipo deben dedicarse a la producción de otros cultivos que se adapten más a estas condiciones.

Los suelos bajos y con arcillas pesadas, son los más adecuados para el "fangueo"; son más fáciles de nivelar estando inundados, pues dan mejor soporte a las llantas del tractor, causan menos desgaste a los implementos y producen un fango que se nivela fácilmente.

Además de la textura y de la estructura del suelo, existen otros factores que deben considerarse en la selección de un suelo arrocero. Asociados estrechamente a las partículas y su agregación, se estudian también aspectos como densidad aparente, estabilidad de los agregados en el agua, coeficiente de dispersión de los coloides, entre otros.

## Condiciones químicas del suelo

Usando el sistema de fangueo y bajo inundación permanente, en el suelo ocurren grandes cambios que llegan a alterar sus condiciones químicas. La mayoría de estos cambios son benéficos para la planta de arroz y, de esta manera, condiciones químicas que en el sistema tradicional de producción arrocería serían limitantes para dicha producción, con el “fangueo” se reducen su importancia. Inclusive, en algunos casos, el “fangueo” se usa para recuperar suelos con problemas de salinidad.

Debido a que suelos inundados durante 3-4 semanas tienden a la neutralidad, el pH original del suelo no es un factor limitativo en la selección del lote para fangueo. En algunos casos, como sucede con suelos muy ácidos, arcillosos, con alto contenido de hierro se corre el riesgo que con la inundación permanente se solubilice ocasionando toxicidad a las plantas; sin embargo, las variedades nacionales que se siembran en la actualidad son tolerantes en cierto grado.

## Condiciones naturales del lote

Aquí se incluyen los demás factores que influyen en la selección del lote para fangueo. El cultivo anterior influye en el sistema y grados de preparación y adecuación. Tierras en bosques deben limpiarse y destroncarse perfectamente, para así facilitar la nivelación.

Debe evitarse un lote con mucha piedra, a no ser que sus condiciones de fertilidad, disponibilidad de agua, etc., sean óptimas y justifiquen el gasto de sacar todas las piedras. Lotes con una capa arable muy delgada presentan graves problemas para la nivelación, pues se corre el riesgo de dejar descubierto el subsuelo.

El drenaje tanto interno como superficial del lote es un factor muy importante en la selección. Suelos arcillosos, bajos e inundables, son apropiados para el sistema, pero también debe haber un buen control del agua, pues si ésta es muy profunda durante el desarrollo de la planta, puede causar muchos problemas. El lote debe drenarse con facilidad y rapidez, para así facilitar labores como aplicación de fertilizantes y herbicidas y no tener problemas en la cosecha.

## Diseño\*

Con base en los criterios de selección y la información proveniente del estudio topográfico, se procede a diseñar el sistema, teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Las piscinas deben ser, en lo posible, rectangulares (relación largo:ancho de 5:1 o mayor) y paralelas a las curvas a nivel, buscando con ello aumentar la eficiencia de operación de la

\* Transparencia 2.12

maquinaria (nivelación, preparación y recolección) y obtener piscinas grandes, con necesidades de nivelación pequeñas.

- La diferencia de altura en una piscina antes de la nivelación debe estar entre 20 y 30 cm.
- Aunque es posible obtener piscinas de 3 ó 4 ha y aún mayores, lo recomendable es diseñarlas con áreas no superiores a 1 ha para obtener el mejor aprovechamiento del sistema.
- El diseño de la red de canales de riego y drenaje debe hacerse teniendo en cuenta que, para aprovechar al máximo las bondades del sistema, el riego debe hacerse de canal a piscina y el drenaje de piscina a canal. Esta condición permitirá utilizar la red de canales con doble propósito: Riego y drenaje, aumentando así la eficiencia del uso del agua y reduciendo los volúmenes requeridos.
- Cuando las condiciones del terreno lo permitan, los canales de riego, drenaje y carretables se trazarán rectos y paralelos entre sí, lo cual facilitará el diseño de piscinas de formas regulares y áreas similares.

#### Cálculo del movimiento de tierra

Una vez definidas las piscinas y con la información topográfica disponible sobre cada una de ellas, se procede a determinar los volúmenes de tierra para remover por piscina. El proceso es muy sencillo y se calcula de la siguiente manera:

- Se determina la cota promedio, sumando las elevaciones de todas las estacas existentes dentro de la piscina y dividiendo por el número de estacas.

$$H = \frac{\sum \text{cotas estacas}}{\text{No. estacas}}$$

- Los valores de corte y/o relleno se determinan restando de la cota promedio la cota original para cada estaca.
- Los volúmenes de tierra para remover o rellenar son el resultado de multiplicar las cantidades de corte y/o relleno por el área representativa de cada estaca dentro de la piscina.
- Es necesario revisar la relación C/R para obtener un adecuado factor de compactación. Podría requerirse modificar el plano para un mejor ajuste o el diseño de la piscina.

Con los volúmenes de tierra de todas las piscinas se pueden determinar los costos, el requerimiento de equipos y la duración de los trabajos. El proceso se ilustra en la Figura 2.7.

	1	2	3	4	5	6
A	$\begin{matrix} 7.84 \\ 7.84 + 0 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 7.88 \\ 7.84 + 0.04 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 7.84 \\ 7.84 + 0 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 7.97 \\ 7.97 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 8.03 \\ 8.03 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 8.08 \\ 8.08 \end{matrix}$
B	$\begin{matrix} 7.75 \\ 7.84 - 0.05 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 7.82 \\ 7.84 - 0.02 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 7.82 \\ 7.84 - 0.02 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 7.88 \\ 7.88 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 7.54 \\ 7.54 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 8.00 \\ 8.00 \end{matrix}$
C	$\begin{matrix} 7.66 \\ 7.66 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 7.78 \\ 7.78 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 7.75 \\ 7.75 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 7.72 \\ 7.72 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 7.78 \\ 7.78 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 7.87 \\ 7.87 \end{matrix}$
D	$\begin{matrix} 7.54 \\ 7.54 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 7.60 \\ 7.60 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 7.63 \\ 7.63 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 7.57 \\ 7.57 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 7.76 \\ 7.76 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 7.78 \\ 7.78 \end{matrix}$
E	$\begin{matrix} 7.45 \\ 7.45 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 7.48 \\ 7.48 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 7.54 \\ 7.54 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 7.45 \\ 7.45 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 7.57 \\ 7.57 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 7.72 \\ 7.72 \end{matrix}$



$$\text{Cota promedio piscina I} = \frac{47.05}{6} = 7.84$$

$$\forall \text{ Cortes} = 0.04 \text{ m} \times 625 \text{ m}^2 = 25 \text{ m}^3$$

$$\forall \text{ Rellenos} = 0.13 \text{ m} \times 625 \text{ m}^2 = 81.25 \text{ m}^3$$

Figura 2.7. Cálculo del movimiento de tierra en piscinas.

## Equipo necesario y su preparación

**Equipo\*** El equipo básico para la aplicación de este sistema consta de un tractor y tres accesorios principales: el rototiller o arado rotatorio, la cuchilla o pala trasera y el rastrillo de púas o de fanguero. Con este equipo se pueden realizar perfectamente todas las labores de adecuación bajo inundación, sin necesidad de recurrir a maquinaria e implementos pesados, más costosos y sofisticados. Adicionalmente, se pueden utilizar otros implementos, como: el caballoneador, la rastra de alce hidráulico, la zanjadora y el palo o riel.

### *El Tractor:*

Debido al tipo de trabajo que se va a realizar con el tractor, éste tiene que llenar las siguientes especificaciones: debe ser liviano, con enganche de tres puntos, eje tomafuerza y, si es posible, de doble transmisión. La potencia necesaria es de 65 a 75 caballos de fuerza.

### *El rototiller o arado rotatorio*

De acuerdo con el tamaño del tractor, del rototiller o arado rotatorio puede tener entre 1.80 y 2.00 metros de ancho; éste se monta sobre el enganche de tres puntos del tractor y el eje cardan se acopla al eje tomafuerza del mismo.

Las características principales que debe tener el rototiller son: cojinetes y transmisión completamente sellados para evitar la entrada de fango y agua, y ser contruidos con materiales de probada resistencia. Este accesorio se usa para efectuar la primera arada y, en caso necesario, una segunda pasada.

### *La cuchilla o pala trasera:*

La cuchilla o pala trasera, llamada también niveladora o movedora de tierra, consiste en una hoja pesada que es montada sobre el enganche de tres puntos del tractor; la profundidad de corte es regulada por el sistema hidráulico. Su función principal es nivelar o remover las partes altas del terreno.

\* Diapositivas 2.1,  
2.2, 2.3, y 2.4

### *El rastrillo de púas*

El rastrillo de púas es un marco con una serie de dientes de construcción fuerte, dispuestos en forma perpendicular al terreno; el conjunto pende de una barra con sus brazos, los cuales sujetan al rastrillo por medio de cadenas; la barra se monta en el enganche de tres puntos del tractor. Con él se nivela el terreno.

### Preparación del equipo

Las condiciones de humedad y lodo permanente en que trabaja el equipo en fangueo, exigen ciertas precauciones para garantizar su óptimo funcionamiento, riesgos mínimos de averías y buena conservación tanto del tractor como de los implementos.

- Preparación del tractor
- Flotación - Tracción

La flotación y la tracción son características antagónicas, pues la primera exige peso liviano para evitar atascamientos, y la segunda requiere peso suficiente para el aprovechamiento de la potencia útil del tractor.

En primer lugar, el peso total del tractor sin implementos no debe ser superior a tres toneladas, lo que corresponde, en la clasificación de tractores por su peso, a 75 HP máximo, es decir, que no se recomienda el uso de tractores de más de 75 HP para labores de fangueo, puesto que el peso requerido para aplicar su potencia no permite la flotación suficiente en las piscinas.

Para el desempeño óptimo de los tractores en fangueo se necesita combinar estas dos condiciones con las siguientes modificaciones al equipo original.

### *Llantas*

Se suprimen todos los lastres (agua o pesas de hierro). Se cambian las llantas traseras de las dimensiones 15 x 30 pulgadas por la dimensión 18 x 26 pulgadas, de mayor anchura y flotación. La presión correcta del aire en las llantas 18 x 26 es de 22 lb pero, dadas las condiciones reblandecidas del suelo en las piscinas, esta presión se puede disminuir en un 15%, es decir hasta 19 lb, para facilitar la tracción; sin embargo, hay que tener especial cuidado de recuperar la presión normal (22 lb) cuando el tractor deba moverse en terrenos duros.

Para mantener el equilibrio del tractor en relación con el peso del implemento, se deben conservar las pesas delanteras originales.

### *Sellamiento del tractor*

La penetración de agua tanto a las partes internas del tractor como a sus mecanismos exteriores trae como consecuencia el desgaste excesivo por deficiencias de lubricación.

Como medidas de prevención se recomienda tapar todas las ventanillas de inspección o ventilación, principalmente:

- Respiraderos del sistema de frenos.
- Ventilación de la caja del embrague.
- Ventanilla de inspección de frenos.
- Orificios para varillas pasantes.

La supresión de las ventilaciones no acarrea peligros para el funcionamiento de los mecanismos internos; sin embargo, cuando haya recalentamiento excesivo, pueden colocarse tubos o válvulas de desfogue, de manera que se permita la salida de gases pero sin riesgos de penetración de agua.

En igual forma, los sellos de caucho (retenedores) que impiden la salida de aceite de la caja de la transmisión por el eje toma de fuerza y por los ejes de las ruedas, deben cambiarse por el tipo “doble labio”, para evitar las entradas de agua. El sellamiento para las bombas de frenos por su sistema de trabajo nunca puede ser el ideal, por esta razón es recomendable mantener engrasados los guardapolvos y limpiar semanalmente con agua a presión, todo el exterior de las bombas, e inmediatamente secar y renovar la grasa.

### *Lubricación:*

Los tipos de aceite y sus frecuencias de cambio para transmisión, motor y dirección hidráulica no tienen ninguna modificación para los tractores que trabajen en fangueo; solamente debe revisarse diariamente su estado, para efectuar cambios cuando estén contaminados con agua. Siempre que se detecte aceite contaminado es necesario revisar para descubrir el lugar por donde penetra el agua, para arreglar los sellamientos.

La lubricación de las partes externas debe hacerse diariamente, en especial de:

- Terminales de la dirección.
- Bujes de los pedales de frenos y embrague.
- Apoyos y pasadores de las palancas de cambios, marcha alta y baja, engrane de toma fuerza y elevación del sistema hidráulico.
- Apoyos y pasadores de la suspensión hidráulica.
- Bujes de la barra de torsión.

El tipo de grasa para la lubricación de estas partes debe ser a base de litio-plomo o litio-calcio y la frecuencia de lubricación debe ser diaria y después del lavado a presión de las partes por lubricar.

### *Limpieza*

La limpieza general del tractor y los implementos es condición rigurosa para prevenir la corrosión y el desgaste; por esta razón, es recomendable dedicar tiempo al lavado general del equipo y a la pintura de las partes que resulten abolladas o destapadas. Para los implementos durante su período de receso, conviene recubrir con los aceites de desecho las partes que originalmente no llevan pintura.

### *Preparación de los implementos*

Afortunadamente, con excepción del arado rotatorio (rototiller), todos los implementos de uso en fangueo son de construcción rígida y no requieren cuidado especial en su preparación.

Para el arado rotatorio el mayor cuidado consiste en mantener la lubricación de las transmisiones central y lateral. En los arados con transmisión lateral de cadena debe revisarse especialmente el sellamiento de la caja.

**Construcción del sistema y operación de la maquinaria\***

La conformación de las piscinas se divide en tres operaciones, a saber:

- El trazado.
- La remonta de los caballones.
- La nivelación.

**El trazado**

Para esta operación se requiere que al lote para nivelar se le haga el levantamiento topográfico con el sistema de cuadrícula y que en lo posible las estacas estén en el campo, ya que para facilitar el trazado los caballones se hacen pasar por estacas o por puntos que están a mitad de camino entre dos estacas.

El trazado se realiza con un tractor y un caballoneador, por esta razón también recibe el nombre de caballoneo o alomado.

Para lograr una labor eficiente se trazan primero todos los caballones que vayan a lo largo del lote y después los transversales (Figura 2.8).

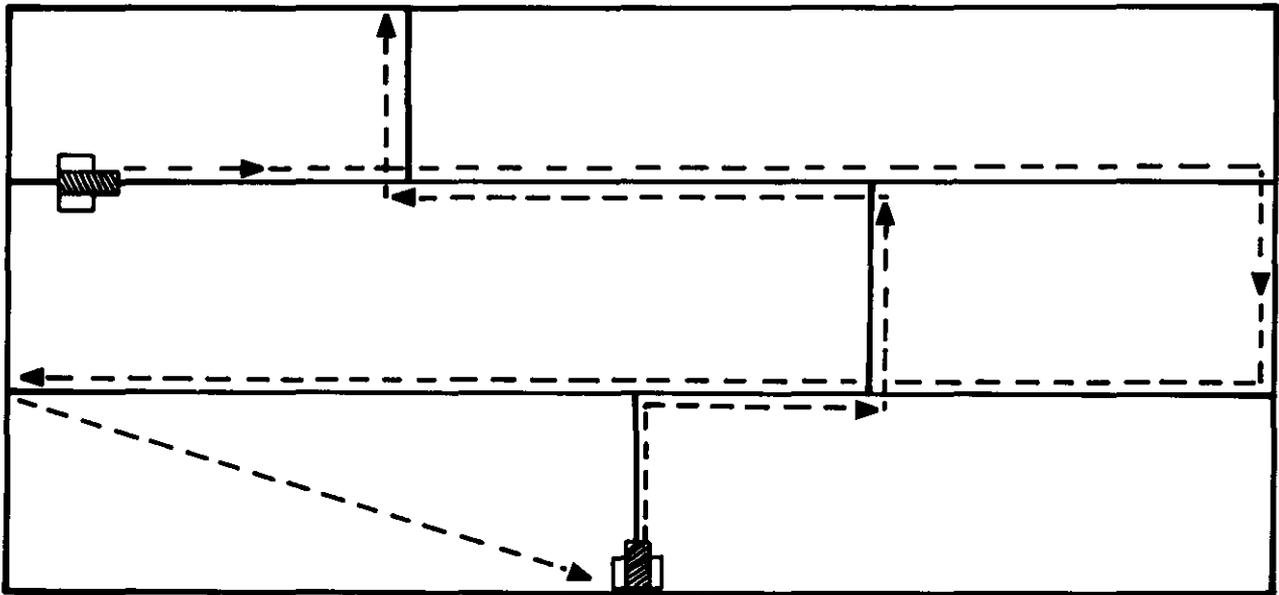


Figura 2.8. Trazado de las piscinas.

\* Diapositivas de la 2.5 a la 2.16

Una vez trazadas las piscinas se procede a conformar los canales de riego y de drenaje necesarios; para esta operación también se emplea el caballoneador. El ancho de los canales está dado por la rueda trasera del tractor.

### La remonta de los caballones

Esta operación consiste en dar al caballón la altura y forma necesarias para la labor de nivelación; guiados por el plano se le indica al operario los caballones que deberá remontar, por ser éstos los que van a recibir mayor presión de agua al estar en las partes bajas de las piscinas.

Para la remonta de los caballones se recomienda que en lo posible el terreno esté seco. En la labor se emplea la pala trasera o cuchilla niveladora, que se puede trabajar en su posición normal para operarla hacia adelante o bien darle la vuelta para remontar en reversa.

Esta labor se hace amontonando suelo de la parte alta adyacente al caballón que se está formando; la distancia de arrastre varía entre 2 y 5 m dependiendo de si el suelo está húmedo o seco; para que la altura del caballón sea uniforme es necesario que la distancia de arrastre sea constante (Figura 2.9).

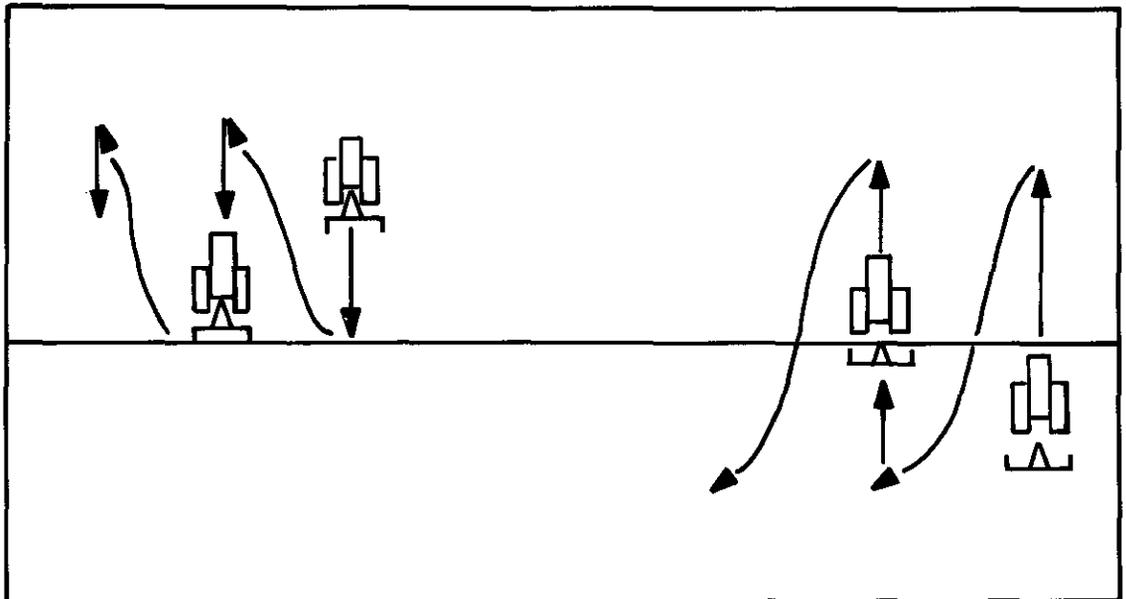


Figura 2.9. Labor de remonte: Izquierda, tractor con la pala en posición normal; derecha, tractor con pala volteada.

## La nivelación

La nivelación consiste en arrastrar suelo de las partes altas de una piscina a las bajas; para realizarla se utiliza el tractor, la pala trasera y, debido a que este tipo de pala no puede cortar suelo, se emplea un rotovator o una rastra de alce hidráulico para aflojar lo que la pala va a arrastrar.

En la nivelación hay que tener presente que la entrada de agua a la piscina sea acorde con el movimiento de tierra dentro de ella; una vez la piscina esté inundada se podrán apreciar fácilmente cuáles son los altos y bajos y se empezará, entonces, a llevar suelo de las partes altas a las bajas; cuando se diseñen las piscinas se deberá cuidar que las distancias que deba recorrer el tractor durante la nivelación no excedan los 50 m. En la Figura 2.10 se muestra un diseño ideal de piscina, en el que se puede observar que el recorrido del tractor es de 50 m arrastrando suelo y de 50 m devolviéndose; este último puede hacerlo en reversa.

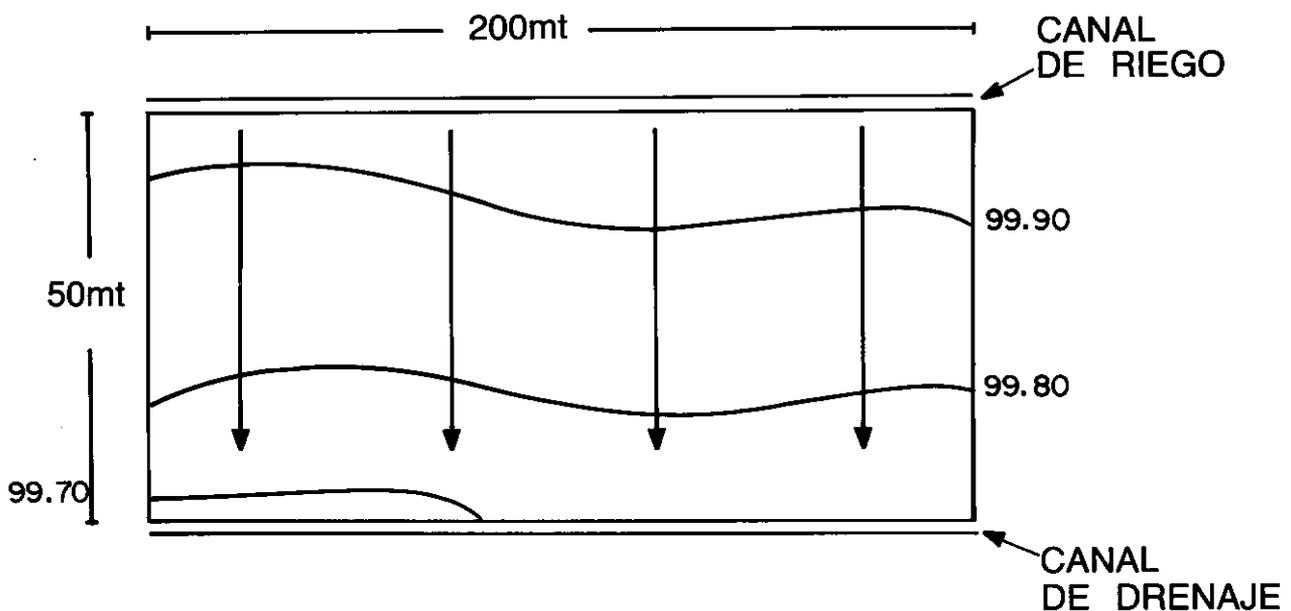


Figura 2.10. Recorrido del tractor durante la nivelación.

Para que el agua llegue a las partes altas, el tractorista hace un caballón temporal a nivel para mojar las partes altas; este caballón se borra cuando se logra que con una lámina de 5 cm se cubra uniformemente toda la piscina; en este momento se habrá completado la nivelación. Cuando se concluye la nivelación se procede, con la pala, a reducir el tamaño de los

caballones, pues la presión del agua sobre ellos será menor de ahí en adelante; se realiza un carreteo con la pala en toda la piscina con el fin de eliminar los montículos que hayan quedado.

La arada bajo agua con el rotovalor se empieza dándole la vuelta a la piscina bordeando los caballones (se aconseja una segunda vuelta para dejar una buena cabecera); después la piscina se divide en dos y se prepara la parte central de la misma (Figura 2.11).

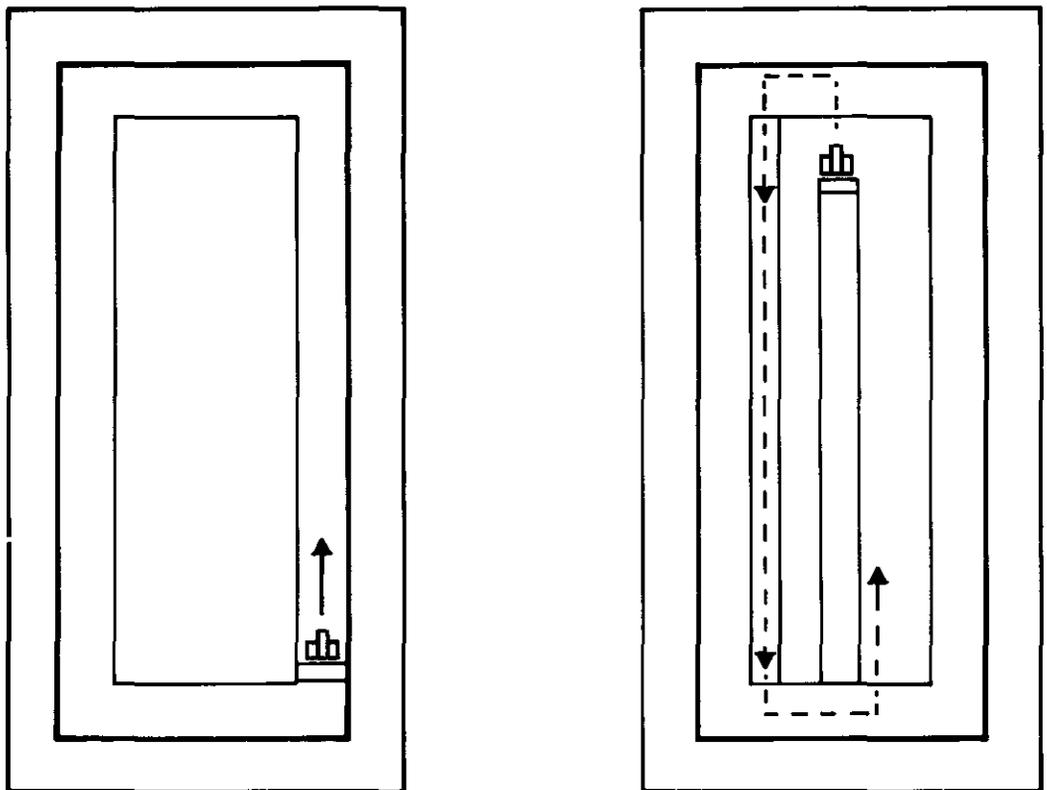


Figura 2.11. Arada de suelos bajo agua con rotovalor. a. Bordeada de la piscina; b. Arado del centro de la piscina.

La rastrillada o micronivelación consiste en llevar fango con un rastrillo de púas de las partes altas a las bajas para lograr una excelente nivelación; además, con ella se borran todas las huellas que puedan haber quedado; esta pulida se hace primero a lo largo de la piscina, luego a lo ancho, y por último nuevamente a lo largo; en los puntos de drenaje se procurará dar cierta pendiente al terreno.

## Rendimiento de la maquinaria

Aunque no existe un registro detallado que nos determine los rendimientos de la maquinaria en este tipo de adecuación, se cuenta con alguna información de las últimas 1500 ha, niveladas por FEDEARROZ, que se resume en la siguiente forma:

Equipo utilizado:

- Tractor: Zetor Modelo 7245 de doble tracción, 70 HP
- Pala niveladora, marca Enciso e Interagro, de 3 m de ancho.
- Rotovator, marca Intall, modelo RB180, de 1.8 m de ancho.
- Rastrillo de púas, marca Disagro, de 2 cuerpos y 4.6 m de ancho.
- Caballoneador, Interagro, de 2 discos de 28".
- Rastrillo, Apolo, de alce hidráulico 32 discos de 20".

Se ha encontrado que la participación porcentual de cada una de las actividades del proceso de nivelación de tierras bajo agua, es la siguiente (Cuadro 2.4).

Cuadro 2.4. Rendimiento de la maquinaria

Actividad	MH/ha	%
Trazado (caballoneador)	0.36	2
Nivelación (pala)	12.60	70
Arada (rotovator)	3.60	20
Micronivelación (rastrillo)	1.44	8
<b>Total</b>	<b>18.00</b>	<b>100</b>

## Bibliografía

- BOOHER, L.J. 1974. El Riego Superficial. Roma, Italia. FAO.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). 1989. Nivelación de lotes para la producción de arroz-riego, guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad videotutorial. Contenido científico: Alfonso Díaz Durán. Cali, Colombia. 52 p.
- INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA. 1986. Nivelamento de Terras Agrícolas Usando Método de Regularizaçõ. Contenido científico: Enrique Matate Bregante. Brasilia D.C.
- PRIETO, O. 1986. Sistema de adecuación de tierras, levantamiento topográfico y nivelación. Federación Nacional de Arroceros (FEDEARROZ). Bogotá D.E. (Informe sin publicar).
- LACOMBE, J.; RIOBUENO, C. 1989. Establecimiento de riego en melgas sin pendientes para el cultivo del arroz. Federación Nacional de Arroceros (FEDEARROZ). Bogotá, D.E. (Informe sin publicar).
- RIOBUENO, C. 1989. Operación de la maquinaria en el establecimiento de las melgas sin pendiente. Federación Nacional de Arroceros (FEDEARROZ). Bogotá D.E. (Informe sin publicar).
- RIOBUENO, C. 1990. Adecuación y preparación de suelos arroceros. Federación Nacional de Arroceros (FEDEARROZ). Bogotá D.E.
- ROME INTERNATIONAL CORP. 1985. Memorias: Los rayos laser en la nivelación y adecuación de tierras. Garnert, J. y Pitaluga, P. Cali, Colombia.
- TASCON, E.; GARCIA, E. (Compilado y editado). 1985. Arroz: Investigación y producción: Referencia de los cursos de capacitación sobre arroz dictados por el CIAT. CIAT. Cali, Colombia. 696 p.
- VILLEGAS, G. 1979. Fangueo sistema de producción continua de arroz. Arroz. Separata. 28(302). Bogotá, D.E.

**SERVICIO DE CONSERVACION DE SUELOS DEPARTAMENTO  
DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS DE  
AMERICA. 1972. Nivelación de Terrenos. Editorial Diana, S.A.  
México, D.F.**

**TORRES R., E. 1981. Manual de conservación de suelos agrícolas.  
México. Editorial Diana. 164 p.**

## Práctica 2.1 Cálculo del movimiento de tierra

### Objetivo

- ✓ Una vez finalizada la práctica, los participantes estarán en capacidad de realizar el cálculo del movimiento de tierra y diseño de nivelación en seco y/o bajo agua para un lote seleccionado, utilizando para ello los datos obtenidos en la práctica 1.2 (“Levantamiento altimétrico de un lote con el método de la retícula”), de la Secuencia 1.

### Recursos necesarios

- Plano topográfico con cotas originales y detalles obtenidos en la práctica de topografía (5).
- Información de las características del lote, referentes a suelo y agua, tomadas de la hoja de trabajo 1 “Inventario de recursos” (Práctica 1.1 “Factores de adecuación”, en la Secuencia 1).
- Libreta de apuntes (25)
- Calculadora (5)
- Lápiz negro y de colores (25)
- Regla transparente (5)
- Borrador de lápiz (5)
- 0.5 m de papel milimetrado por grupo

### Instrucciones

Los participantes deberán integrar los mismos grupos que se conformaron para la práctica de topografía y, con la información recogida en la práctica de la primera secuencia (“Levantamiento topográfico y elaboración de planos”), deberán realizar los siguientes trabajos:

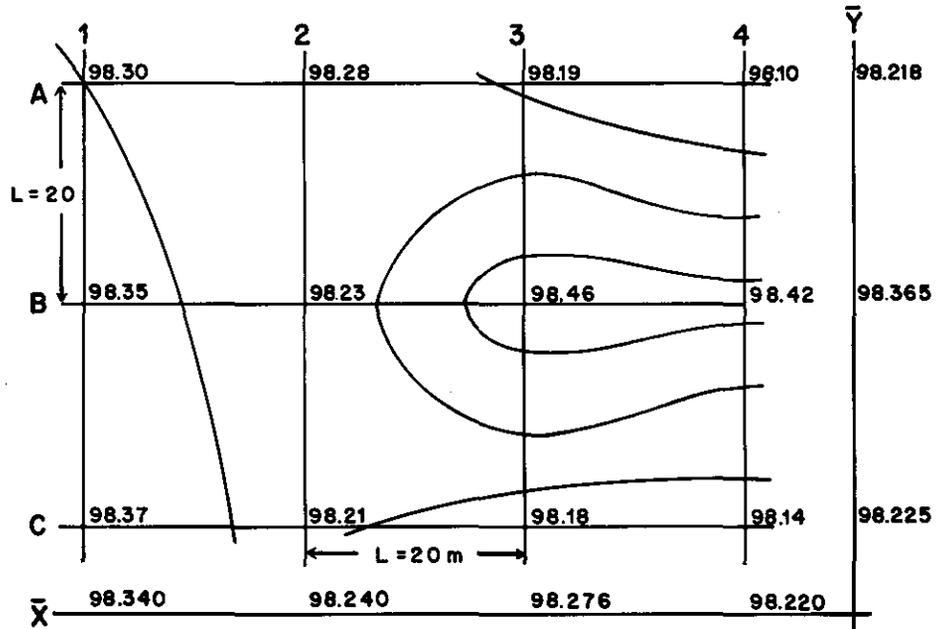
- Aplicar el método de mínimos cuadrados para calcular los movimientos de tierra para una nivelación en seco.
- Marcar en el plano las cotas de diseño.
- Indicar los cortes o rellenos en cada punto.
- Ajustar los cortes y rellenos.
- Preparar el plano de trabajo de la maquinaria en el campo.

- Aplicar los criterios para un diseño de nivelación de tierras bajo agua.
- Realizar el cálculo del movimiento de tierra por piscina y entregar los volúmenes totales de corte y relleno.
- Presentar el plano de diseño que involucre toda la infraestructura de adecuación.

Duración: 4 Horas

# Práctica 2.1 - Información de retorno

1. Plano básico:



El centroide se localiza en la coordenada (B, 2.5).

2. Cálculo de las pendientes:

$$Pns = \frac{(1 \times 98.34) + (2 \times 98.24) + (3 \times 98.276) + (4 \times 98.22) - (1+2+3+4)(393.076)}{4}$$

$$Pns = -0.0324 = \frac{(1^2+2^2+3^2+4^2) - (1+2+3+4)^2}{4}$$

$$\text{Poe} = \frac{(1 \times 98.218) + (2 \times 98.365) + (3 \times 98.225) - \frac{(1+2+3)(294.808)}{3}}{(1^2+2^2+3^2) - \frac{(1+2+3)^2}{3}}$$

$$\text{Poe} = 0.0035$$

3. Determinación de las cotas de diseño:

$$\begin{aligned} 0 &= 98.269 - (-0.0324)2.0 + (0.0035)2.5 \\ ' &= 98.325 \end{aligned}$$

Para el punto A.1, será:

$$\text{A.1} = 98.325 + (-0.0324) \times 1 + (0.0035) \times 1$$

$$\text{Cota A.1} = 98.296$$

$$\text{Cota A.2} = 98.2636$$

$$\text{Cota A.3} = 98.2312$$

$$\text{Cota A.4} = 98.1988$$

$$\text{Cota B.1} = 98.2995$$

$$\text{Cota C.1} = 98.3003$$

$$\text{Cota B.2} = 98.2671$$

$$\text{Cota C.2} = 98.2706$$

$$\text{Cota B.3} = 98.2347$$

$$\text{Cota C.3} = 98.2382$$

$$\text{Cota B.4} = 98.2023$$

$$\text{Cota C.4} = 98.2058$$

4. Determinación de cortes y rellenos:

Cota	Cota negra	Cota roja	Corte	Relleno
A.1	98.30	98.2960	0.004	
A.2	98.28	98.2636	0.016	
A.3	98.19	98.2312		0.041
A.4	98.10	98.1988		0.099
B.1	98.35	98.2995	0.051	
C.1	98.23	98.2671		0.037
B.2	98.46	98.2347	0.225	
C.2	98.42	98.2023	0.218	
B.3	98.37	98.3003	0.070	
C.3	98.21	98.2706		0.061
B.4	98.18	98.2382		0.058
C.4	98.14	98.2058		0.066
			$\Sigma=0.584$	$\Sigma=0.360$

$$\text{Relación Corte/Relleno} = \frac{0.584 \times 6 \times 400}{0.36 \times 6 \times 400} = 1.62$$

Como la relación anterior es superior al 30% se debe subir el plano de nivelación 0.004 m.

5. Ajuste de cortes y rellenos:

Cota	Cota roja	Corte	Relleno
A.1	98.3000		
A.2	98.2676	0.0124	
A.3	98.2352		0.045
A.4	98.2028		0.103
B.1	98.3035	0.0470	
B.2	98.2711		0.041
B.3	98.2387	0.2210	
B.4	98.2063	0.2140	
C.1	98.3043	0.0660	
C.2	98.2846		0.065
C.3	98.2422		0.062
C.4	98.2098		0.070
		$\Sigma = 0.560$	$\Sigma = 0.386$

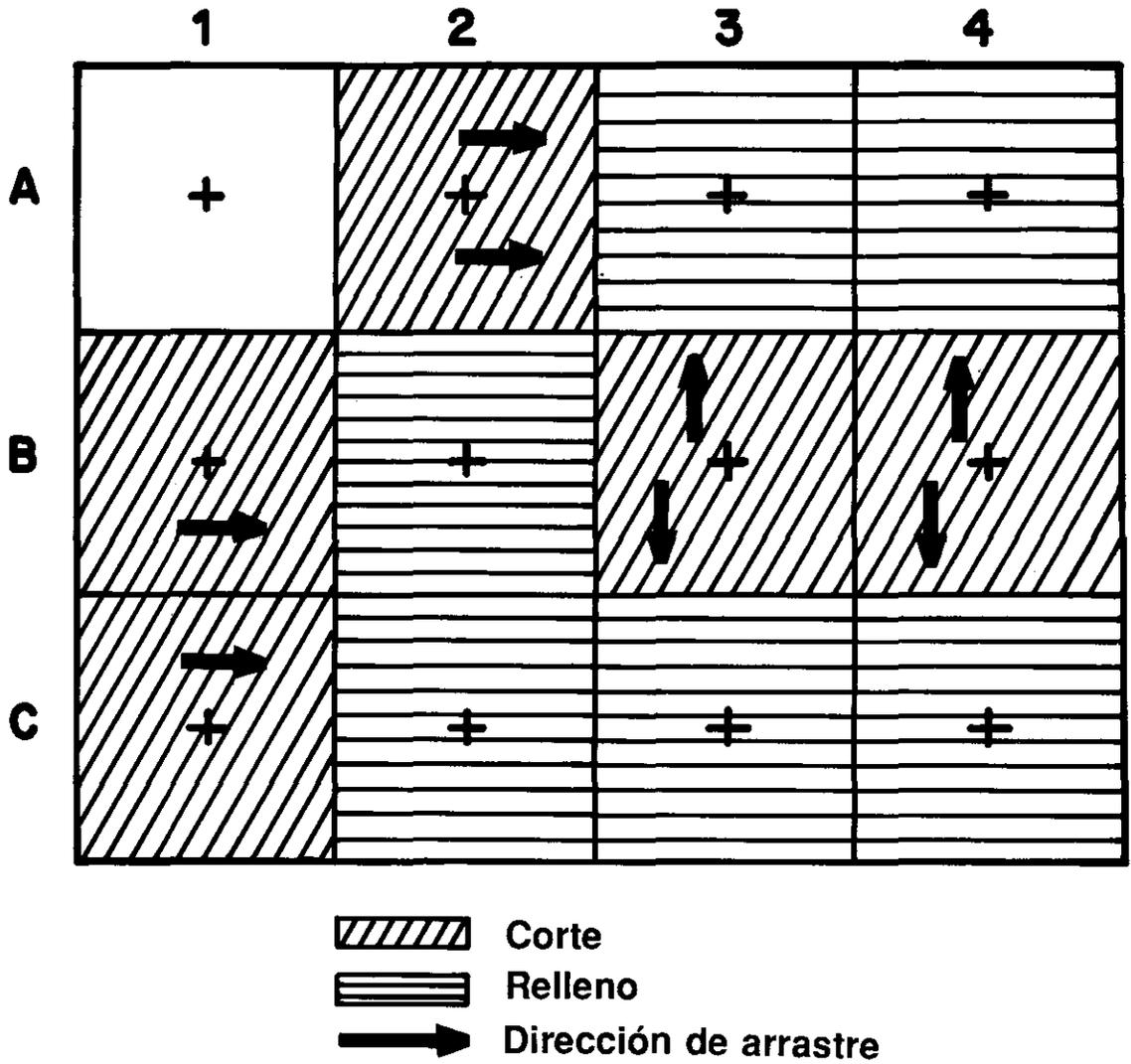
Volumen de cortes = 1120 m<sup>3</sup>

Volumen de rellenos = 926.4 m<sup>3</sup>

Relación corte/relleno =  $\frac{1120}{926.4} = 1.21$

La relación entre los volúmenes de cortes y rellenos es aceptable, ya que se encuentra dentro de los límites permitidos (20 - 30%); mayores cortes que rellenos.

6. Localización de cortes y rellenos:



Con este plano se indica al operador de la máquina el sentido en el que se debe trabajar para el movimiento de tierra.

## Resumen de la Secuencia 2

Las técnicas agrícolas modernas exigen suelos apropiados para el trabajo de la maquinaria agrícola y sus implementos; igualmente se requiere agua disponible para riego en cualquier época del año, así como el empleo racional del recurso hídrico, que se torna cada vez más escaso y costoso. Estos hechos evidencian la necesidad de utilizar el complejo agua-suelo-planta de la mejor forma posible, lo cual se facilita cuando se ejecutan trabajos de nivelación de tierras.

La nivelación de tierras se define como el proceso por el cual se modifica el microrrelieve de un terreno, buscando aumentar la eficiencia de la aplicación y distribución del agua de riego cuando se aplica superficialmente.

Para realizar la nivelación de suelos agrícolas se requiere una serie de procedimientos (estudios preliminares, criterios de selección, cálculo del movimiento de tierra, etc.) que permitan la ejecución de un proyecto de nivelación. Por lo tanto, se deben considerar las características de cada caso y, con los elementos de juicio suministrados en esta secuencia, el participante podrá seleccionar un sistema de nivelación apropiado, es decir, en seco o bajo agua.

## Evaluación final de conocimientos

### Orientaciones para el instructor

Al finalizar el estudio de la Unidad de Aprendizaje, el instructor realizará la evaluación final de conocimientos. El propósito de ésta es conocer el grado de aprovechamiento logrado por los participantes, o en qué medida se han cumplido los objetivos.

Una vez los participantes terminen la prueba, el instructor ofrecerá la información de retorno. Hay dos maneras de hacer esta evaluación:

1. El instructor revisa las respuestas de los participantes, asigna un puntaje y devuelve las pruebas a éstos. Inmediatamente conduce una discusión acerca de las respuestas. Este procedimiento se usa cuando la intención del instructor es hacer una evaluación sumativa.
2. El instructor presenta las respuestas correctas a las preguntas, para que cada participante las compare con aquellas que él escribió. El participante se califica y el instructor recoge la información de los puntajes obtenidos por todo el grupo. Enseguida conduce una discusión sobre las respuestas dadas por los participantes, haciendo mayor énfasis en aquéllas en las que la mayoría de los participantes incurrieron en error. Este procedimiento se utiliza cuando la intención del instructor es hacer una evaluación formativa.

Tanto de una manera como de la otra, el instructor debe comparar los resultados obtenidos en la exploración inicial de conocimientos con los de la evaluación final de conocimientos y de esta forma determinar el aprovechamiento general logrado por el grupo.

## Evaluación final de conocimientos

### Instrucciones para el participante

Esta evaluación contiene una serie de preguntas relacionadas con diferentes aspectos de la Unidad de Aprendizaje cuyo estudio usted ha terminado. Tiene por objeto conocer el nivel obtenido en el logro de los objetivos y estimar el progreso alcanzado por los participantes durante la capacitación.

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Responda el siguiente cuestionario:

1. Mencione tres ventajas y tres componentes de la adecuación de tierras. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. Enumere un parámetro de cada factor (agua, suelo, topografía) que incide en la adecuación de tierras. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. Tomando como base la información que se presenta en el Cuadro 1 ("Cartera de campo"), calcule las cotas de las diferentes estaciones.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Cuadro 1. Cartera de campo

Punto	V+	VI	V-	$\bar{\pi}$	Cota	Observaciones
BM No.1	1.25			93.90	92.65	S/cabezote ★ N-E
A.1		1.30				
A.2		1.37				
A.3		1.42				
A.4		1.50				
B.4		1.45				
B.3		1.41				
B.2		1.39				
B.1		1.35				
C No. 1	1.05		0.95	94.00		S/Estaca B-1
C.1		1.35				
C.2		1.40				
C.3		1.45				
C.4		1.52				
D.4		1.47				
D.3		1.45				
D.2		1.40				
D.1		1.37				

4. Enumere los pasos a seguir en el cálculo del movimiento de tierra con el método de mínimos cuadrados. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. Elabore el flujograma para la nivelación de tierras en seco y bajo agua. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Evaluación final de conocimientos - Información de retorno

### 1. Ventajas

- Favorece el drenaje natural del terreno
- Evita la erosión superficial
- Mejora el aprovechamiento del agua

#### Componentes

- Nivelación
- Riego y drenaje
- Vías

### 2. Agua

- Disponibilidad
- Calidad

#### Suelo

- Textura
- Profundidad

#### Topografía

- Pendiente
- Lagunas

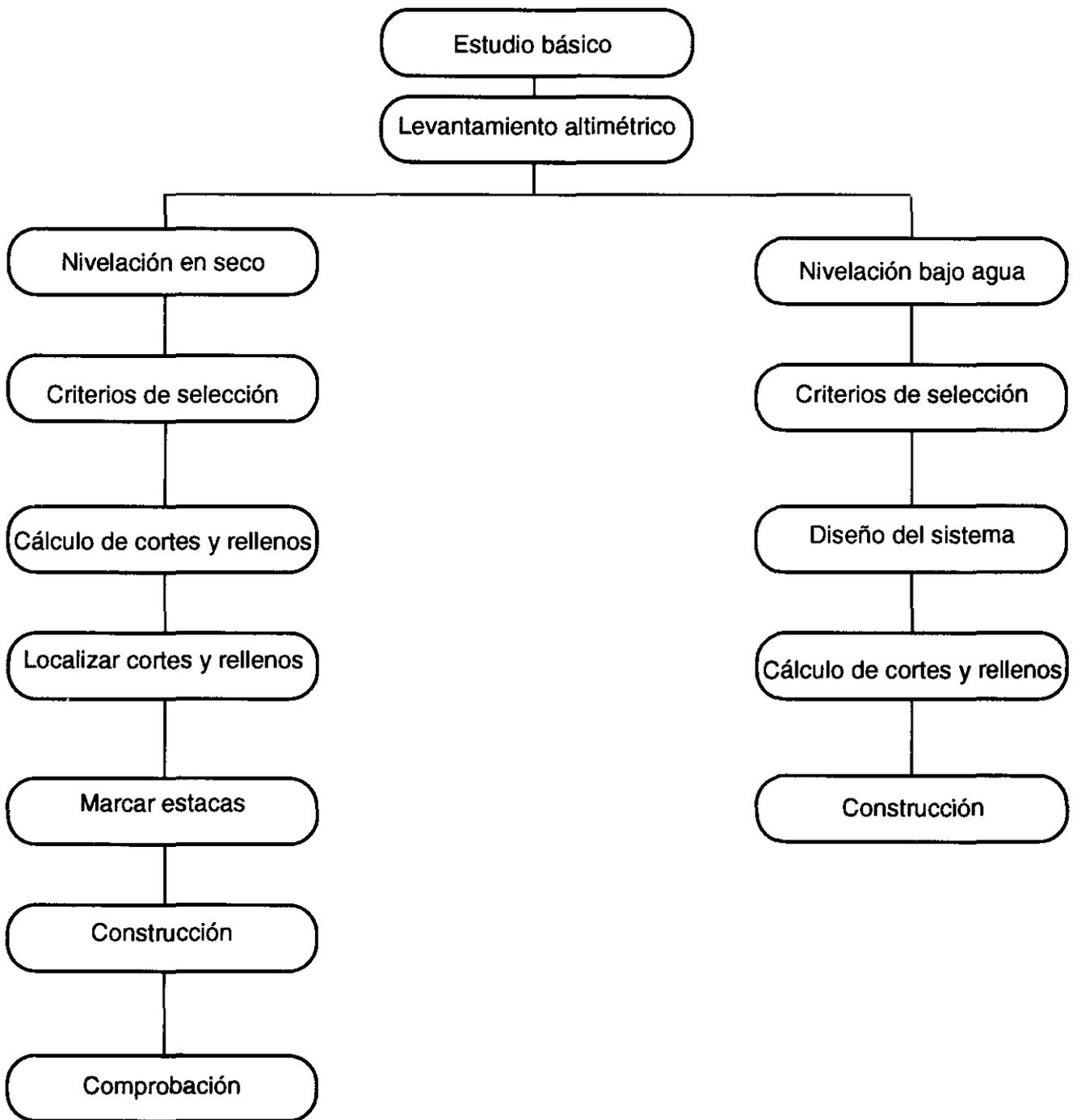
3. Cálculo de las cotas de las diferentes estaciones:

Cuadro 1. Cartera de campo.

Punto	V+	VI	V-	$\bar{\Lambda}$	Cota	Observaciones
BM No.1	1.25			93.90	92.65	S/cabezote $\neq$ N-E
A.1		1.30			92.60	
A.2		1.37			92.53	
A.3		1.42			92.48	
A.4		1.50			92.40	
B.4		1.45			92.45	
B.3		1.41			92.49	
B.2		1.39			92.51	
B.1		1.35			91.30	
C No. 1	1.05		0.95	94.00	92.95	S/Estaca B-1
C.1		1.35			92.65	
C.2		1.40			92.60	
C.3		1.45			92.55	
C.4		1.52			92.48	
D.4		1.47			92.53	
D.3		1.45			92.55	
D.2		1.40			92.60	
D.1		1.37			92.63	

4. • Elaborar el plano básico
- Localizar el centroide
  - Determinar las pendientes longitudinal y transversal
  - Cálculo de las cotas de diseño
  - Ajustar cortes y rellenos

5. Flujograma para la nivelación en seco y bajo agua:



# **Anexos**

## Anexos

	Página
Anexo 1. Recursos necesarios .....	A-5
Anexo 2. Evaluación del evento de capacitación .....	A-7
Anexo 3. Evaluación del desempeño de los instructores .....	A-10
Anexo 4. Evaluación de los instructores .....	A-12
Anexo 5. Diapositivas que complementan la Unidad .....	A-16
Anexo 6. Transparencias para el uso del instructor .....	A-17

## Anexo 1 Recursos necesarios

### *Recursos humanos*

- 1 Instructor
- 1 Auxiliar de campo

### *Recursos físicos y materiales*

- 1 Salón de conferencias para 25 personas
- 5 Mesas de trabajo
- 1 Lote para labor de topografía 2 ha
- 5 Niveles de precisión en alquiler
- 5 Miras
- 5 Cintas métricas de 30 m
- 15 Jalones
- 5 Barrenos
- 5 Palas
- 5 Penetrómetro
- 25 Unidades de aprendizaje
- 10 Papel milimetrado
- 25 Calculadora, debe llevarla el participante
- 1 Proyector de diapositivas más un bombillo de repuesto
- 2 Carrusel para diapositivas
- 1 Retroproyector, para proyectar transparencias
- 10 Acetatos
- 1 Papelógrafo
- 50 Papel para papelógrafo

- 1 Cinta de video sobre “Nivelación de lotes para producción de arroz-riego” elaborado por el CIAT<sup>1</sup>
- 5 Juego de escuadras
- 25 Libreta de apuntes

*Transporte*

Transporte local para práctica de topografía para 27 personas (1 día)

<sup>1</sup>CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1989. Nivelación de lotes para la producción de arroz-riego, guía de estudio para ser usada como complemento de la Unidad Audiotutorial. Contenido científico: Alfonso Díaz-Durán. Cali - Colombia.

## Anexo 2 Evaluación del evento de capacitación

Nombre del evento: \_\_\_\_\_ Evento N° \_\_\_\_\_

Sede del evento: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

### Instrucciones

Deseamos conocer sus opiniones sobre diversos aspectos del evento que acabamos de realizar, con el fin de mejorarlo en el futuro.

No necesita firmar este formulario; de la sinceridad en sus respuestas depende en gran parte el mejoramiento de esta actividad.

La evaluación incluye dos aspectos:

a) La escala 0, 1, 2, 3 sirve para que usted asigne un valor a cada una de las preguntas .

0= Malo, inadecuado.

1= Regular, deficiente.

2= Bueno, aceptable

3= Muy bien, altamente satisfactorio.

b) Debajo de cada pregunta hay un espacio para comentarios de acuerdo con el puntaje asignado. Refiérase a los aspectos POSITIVOS y NEGATIVOS y deje en blanco los aspectos que no aplican en el caso de este evento.

1.0 Evalúe los objetivos del evento:

1.1 Según hayan correspondido a las necesidades (Institucionales y personales) que usted traía

0	1	2	3
---	---	---	---

Comentario: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

1.2 De acuerdo con su logro en el evento

0	1	2	3
---	---	---	---

Comentario: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2.0 Evalúe los contenidos del curso según ellos hayan llenado los vacíos de conocimiento que usted traía al evento.

0	1	2	3
---	---	---	---

Comentario: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3.0 Evalúe las estrategias metodológicas empleadas:

3.1 Exposiciones de los instructores

0	1	2	3
---	---	---	---

3.2 Trabajos en grupo

0	1	2	3
---	---	---	---

3.3 Cantidad y calidad de los materiales de enseñanza

0	1	2	3
---	---	---	---

3.4 Sistema de evaluación

0	1	2	3
---	---	---	---

3.5 Prácticas en el aula

0	1	2	3
---	---	---	---

3.6 Prácticas de campo/laboratorio

0	1	2	3
---	---	---	---

3.7 Ayudas didácticas (papelógrafo, proyector, videos etc)

0	1	2	3
---	---	---	---

3.8 Giras/visitas de estudio

0	1	2	3
---	---	---	---

Comentario: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4.0 Evalúe la aplicabilidad (utilidad) de lo aprendido en su trabajo actual o futuro

0	1	2	3
---	---	---	---

Comentario: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5.0 Evalúe la coordinación local del evento

5.1 Información a participantes

0	1	2	3
---	---	---	---

5.2 Cumplimiento de horarios

0	1	2	3
---	---	---	---

5.3 Cumplimiento de programa

0	1	2	3
---	---	---	---

5.4 Conducción del grupo

0	1	2	3
---	---	---	---

5.5 Conducción de actividades

0	1	2	3
---	---	---	---

5.6 Apoyo logístico (equipos, materiales papelería)

0	1	2	3
---	---	---	---

Comentario: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

6.0 Evalúe la duración del evento en relación con los objetivos propuestos y el contenido del mismo

0	1	2	3
---	---	---	---

Comentario: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

7.0 Evalúe otras actividades y/o situaciones no académicas que influyeron positiva o negativamente en el nivel de satisfacción que usted tuvo durante el evento

7.1 Alojamiento

7.2 Alimentación

7.3 Sede del evento y sus condiciones logísticas

7.4 Transporte

0	1	2	3
0	1	2	3
0	1	2	3
0	1	2	3

Comentario: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

8.0 Exprese sugerencias precisas para mejorar este evento.

8.1 Académicas (conferencias, materiales, prácticas)

a. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

b. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

c. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

8.2 No académicas (transporte, alimentación, etc)

a. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

b. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

c. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### ACTIVIDADES FUTURAS

9.0 ¿Durante el desarrollo de este curso los participantes planificaron la aplicación o la transferencia de lo aprendido al regresar a sus puestos de trabajo?

¿En qué forma? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

10.0 ¿Qué actividades realizará usted a corto plazo en su institución para transferir o aplicar lo aprendido en el evento? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

11.0 ¿De qué apoyo (recursos) necesitará para poder ejecutar las actividades de transferencia o de aplicación de lo aprendido? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## Anexo 3 Evaluación del desempeño de los instructores<sup>1</sup>

Fecha \_\_\_\_\_

Nombre del instructor \_\_\_\_\_

Tema(s) desarrollado(s) \_\_\_\_\_

### Instrucciones:

A continuación aparece una serie de descripciones de comportamientos que se consideran deseables en un buen instructor. Por favor, señale sus opiniones sobre el instructor mencionado en este formulario, marcando una "X" frente a cada una de las frases que lo describan.

Marque una **X** en la columna **SI** cuando usted esté seguro de que ese comportamiento estuvo presente en la conducta del instructor.

Marque una **X** en la columna **NO** cuando usted esté seguro de que no se observó ese comportamiento.

Este formulario es anónimo para facilitar su sinceridad al emitir sus opiniones:

### 1. Organización y claridad

El instructor...

SI NO

- |   |                          |                          |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1.1 Presentó los objetivos de la actividad                                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.2 Explicó la metodología para realizar la(s) actividad(es)              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.3 Respetó el tiempo previsto  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.4 Entregó material escrito sobre su presentación                        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.5 Siguió una secuencia clara en su exposición                           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.6 Resumió los aspectos fundamentales de su presentación                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.7 Habló con claridad y tono de voz adecuados                            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.8 Las ayudas didácticas que utilizó facilitaron la comprensión del tema | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.9 La cantidad de contenido presentado facilitó el aprendizaje           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

### 2. Dominio del tema

- |  |                          |                          |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 2.10 Se mostró seguro de conocer la información presentada | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2.11 Respondió las preguntas de la audiencia con propiedad | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

<sup>1</sup> Para la tabulación y elaboración del informe acerca de la evaluación del desempeño de los instructores referirse al Anexo 4 en donde se encuentran las instrucciones

	<b>SI</b>	<b>NO</b>
2.12 Dio referencias bibliográficas actualizadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.13 Relacionó los aspectos básicos del tema con los aspectos prácticos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.14 Proporcionó ejemplos para ilustrar el tema expuesto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.15 Centró la atención de la audiencia en los contenidos más importantes del tema	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>3. Habilidades de interacción</b>		
3.16 Estableció comunicación con los participantes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.17 El lenguaje empleado estuvo a la altura de los conocimientos de la audiencia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.18 Inspiró confianza para preguntarle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.19 Demostró interés en el aprendizaje de la audiencia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.20 Estableció contacto visual con la audiencia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.21 Formuló preguntas a los participantes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.22 Invitó a los participantes para que formularan preguntas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.23 Proporcionó información de retorno inmediata a las respuestas de los participantes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.24 Se mostró interesado en el tema que exponía	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.25 Mantuvo las intervenciones de la audiencia dentro del tema	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>4. Dirección de la práctica<sup>2</sup> (Campo/Laboratorio/Taller/Aula)</b>		
La persona encargada de dirigir la práctica...		
4.26 Precisó los objetivos de la práctica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.27 Seleccionó/acondicionó el sitio adecuado para la práctica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.28 Organizó a la audiencia de manera que todos pudieran participar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.29 Explicó y/o demostró la manera de realizar la práctica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.30 Tuvo a su disposición los materiales demostrativos y/o los equipos necesarios	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.31 Entregó a los participantes los materiales y/o equipos necesarios para practicar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.32 Entregó a los participantes un instructivo (guía) para realizar la práctica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.33 Supervisó atentamente la práctica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.34 Los participantes tuvieron la oportunidad de practicar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<sup>2</sup> Se evalúa a la persona a cargo de la dirección de la práctica. Se asume la dirección general de la misma por parte del instructor encargado del tema en referencia.

## Anexo 4 Evaluación de los instructores

### Instrucciones

La evaluación del instructor --en general, dirigida por él mismo-- representa una información de retorno valiosa que le indica cómo ha sido percibido por la audiencia. El formulario que aparece en el Anexo 3 (Evaluación del desempeño de los instructores) contiene un total de 34 ítems que se refieren a cuatro áreas sobre las cuales se basa una buena dirección del aprendizaje. Todo instructor interesado en perfeccionar su desempeño debería aplicar a los capacitandos un formulario como éste. En los cursos que cuentan con muchos instructores, y donde cada uno de ellos tiene una participación limitada, de dos horas o menos, será necesario aplicar -esta vez por parte del coordinador del curso- un formulario más breve. En todos los casos la información recolectada por este medio beneficiará directamente al instructor.

### Tabulación de datos y perfil de desempeño

En la página A-15 se presenta una reproducción de la hoja en que el instructor o el coordinador del curso escribe los datos que se obtienen del formulario de evaluación de instructores mencionado anteriormente (Anexo 3). Para esta explicación vamos a asumir que el formulario se ha aplicado a un total de 10 participantes.

Para tabular los datos se procede de la siguiente manera:

1. Por cada respuesta afirmativa se asigna un punto en la respectiva casilla. Sabiendo que fueron 10 los que contestaron el formulario, esto quiere decir que cada vez que se observen casillas con seis puntos o menos, el instructor podría mejorar en ese aspecto. Siguiendo el ejemplo, si el total de puntos para la primera fila de "Organización y Claridad" es 90 (100%) y un instructor es evaluado con un puntaje de 63 puntos (70%) indicaría que ésta es un área donde puede mejorar.
2. Con base en los datos de la tabulación se tramita el casillero central de la hoja, para establecer el porcentaje obtenido por el instructor en cada área evaluada.

En las casillas de 100% anote el puntaje que se obtendría si todos los participantes respondieran SI en todos los ítems. Para el caso de N = 10 tendríamos:

100%

90
60
100
90

En las casillas Número de Puntos se anota el puntaje "real" obtenido por el instructor en cada área, por ejemplo:

100%	No. puntos
90	45
60	40
100	80
90	60

Finalmente, se establece el porcentaje que el número de puntos representa frente al "puntaje ideal" (100%) y se escribe en las casillas de %.

Cuando n=10

100%	No. puntos	%
90	45	50
60	40	67
100	80	80
90	60	67

3. En la rejilla del lado derecho se puede graficar la información que acabamos de obtener para un instructor determinado. También se puede indicar, con una línea punteada, el promedio de los puntajes de los otros instructores en el mismo evento de capacitación:

Este perfil le indicaría al instructor un mejor desempeño en “habilidades de interacción” y su mayor debilidad en la “organización y claridad”. También le indicaría que en las cuatro áreas evaluadas su puntaje es menor que el promedio del resto de los instructores del mismo evento.

4. El coordinador del curso puede escribir sus comentarios y enviar el informe, con carácter confidencial, a cada instructor. Así, cada uno podrá conocer sus aciertos y las áreas en las cuales necesita realizar un esfuerzo adicional si desea mejorar su desempeño como instructor.

Una buena muestra para evaluar está constituida por 10 participantes. En un grupo grande ( $N = 30$ ) no todos los participantes deben evaluar a cada uno de los instructores. El grupo total puede así evaluar tres de ellos.

# Evaluación de los Instructores\*

## Informe

Nombre del instructor: \_\_\_\_\_ Tema(s): \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Desarrollado (s): \_\_\_\_\_

**Organización y Claridad**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

**Conocimiento del Tema**

10	11	12	13	14	15
----	----	----	----	----	----

**Habilidades de Interacción**

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

**Dirección de la Práctica**

26	27	28	29	30	31	32	33	34
----	----	----	----	----	----	----	----	----

Nº  
100% Puntos %


%Puntos

1 2 3 4 %  
100

				90
				80
				70
				60
				50
				40

Perfil

Comentarios del Coordinador \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\*Promedio de Instructores se indica con una línea roja

\_\_\_\_\_  
Firma Coordinador Curso

## Anexo 5 Diapositivas que complementan la Unidad

### Secuencia 2

- 2.1 Tractor con rotovator
- 2.2 Pala trasera
- 2.3 Rastrillo de púas
- 2.4 Tractor preparando un lote
- 2.5 Plano con diseño
- 2.6 Remonta mecánica de caballos
- 2.7 Remonta mecánica de caballos
- 2.8 Remonta manual de caballos
- 2.9 Entrada de agua a la piscina
- 2.10 Nivelación
- 2.11 Nivelación
- 2.12 Arado con rotovator
- 2.13 Arado con rotovator
- 2.14 Pulida con rastrillo de púas
- 2.15 Lote terminado
- 2.16 Lote terminado

## Anexo 6 Transparencias para el uso del instructor

1. Flujograma para el estudio de la Unidad
2. Objetivo terminal
3. Exploración inicial de conocimientos - Información de retorno

### SECUENCIA 1

- 1.1 Flujograma de la Secuencia 1
- 1.2 Definición de adecuación de tierras
- 1.3 Factores de estudio
- 1.4 Esquematación de los planos horizontales y las correspondientes curvas de nivel
- 1.5 Representación de un sendero y escalones
- 1.6 Representación de pendientes cóncava y convexa
- 1.7 Representación de una depresión
- 1.8 Acantilado vertical y sobrevolado
- 1.9 Curvas de nivel en la fachada de un edificio
- 1.10 Arroyo con curvas de nivel transversales y adyacentes
- 1.11 Representación incorrecta de curvas de nivel
- 1.12 Representación incorrecta de curvas de nivel
- 1.13 Establecimiento de la cuadrícula en lotes irregulares
- 1.14 Establecimiento de la cuadrícula en lotes regulares
- 1.15 Localización del nivel de precisión para el cálculo de las cotas negras de los puntos establecidos en el terreno
- 1.16 Graficado de las curvas de nivel

## **SECUENCIA 2**

- 2.1 Flujograma de la Secuencia 2
- 2.2 Nivelación para dejar pendiente uniforme en una dirección
- 2.3 Nivelación para dejar pendiente uniforme en dos direcciones
- 2.4 Nivelación con pendiente uniforme en un sentido y sin pendiente en el otro sentido
- 2.5 Nivelación a ceros en dos sentidos
- 2.6 Criterios para la nivelación
- 2.7 Ventajas de la nivelación de tierras
- 2.8 Desventajas de la nivelación de tierras
- 2.9 Nivelación de tierras en seco - criterios de selección
- 2.10 Métodos de cálculo
- 2.11 Nivelación de tierras bajo agua - criterios de selección
- 2.12 Diseño de melgas