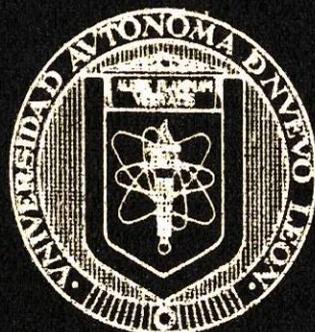


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



EVALUACION DE LA ESCREPA AGRICOLA  
HIDRAULICA DE TIRO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRICOLA

PRESENTA

SERGIO ESTRADA MEDINA

MARIN, N. L.

JULIO DE 1989

T  
S683  
E8  
C.1



1080062579

T  
5683  
E8

  
Biblioteca Central  
Maana Solidaridad  
F. Tesis

  
BU Raul Rangel FI 040.631  
UANL FA3  
FONDO  
TESIS LICENCIATURA 1989  
C.5

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



EVALUACION DE LA ESCREPA AGRICOLA  
HIDRAULICA DE TIRO

TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRICOLA

PRESENTA  
SERGIO ESTRADA MEDINA

MARIN, N. L.

JULIO DE 1989

03944<sup>m</sup>

A MIS PADRES:

SR. OSCAR ESTRADA SANCHEZ

SRA. ROMUALDA MEDINA DE ESTRADA

Gracias por haberme ayudado a mantener  
en vivo en mí el deseo de superación.

A MIS HERMANOS :

OSCAR y RAFAELA

LAURA ALICIA y ALONSO

JUAN ISAAC

NORA ELIA

MARIA DE LOURDES e ISAAC

ANTONIA MARIBEL y JESUS MARIA

**A MI ESPOSA :**

**LUZ MARIA**

**CON SU VOZ DE ALIENTO ¡TU PUEDES!**

A MIS COMPAÑEROS DE INGENIERIA AGRICOLA:

GERARDO, MIGUEL, CARLOS, MALENO, ANGEL, MARTIN, HORACIO

Por haber compartido cuatro años de estudio y una gran participación en el trabajo de campo de esta tesis.

A MIS MAESTROS:

ING. M.C. CARLOS HORACIO SANCHEZ SAUCEDO

ING. JOSE LUIS MEZA GUERRA

ING. ANTONIO CONTRERAS MONTES DE OCA

Por su desinteresada orientación en este trabajo y por brin  
darme su confianza.

AL ING. LUIS CARLOS ALVARADO DIAZ (Q.E.P.D.) y

AL DR. JUAN FRANCISCO PISSANI

Por su gran amistad y por sus esfuerzos por la superación  
de la carrera de Ingeniería Agrícola.

**A PRODERLEON :**

**Por facilitar las escrepas agrícolas  
para su uso y estudio.**

**A MI ESCUELA :**

**A TODOS USTEDES QUE DIOS LOS BENDIGA  
Y QUE SE SUPEREN DIA A DIA.**

## INDICE DE FIGURAS

| FIGURA |  | PAGINA |
|--------|--|--------|
| 1      | Contorno de tierras agrícolas típicas.....   | 16     |
| 2      | Superficie del campo nivelado.....   | 17     |
| 3      | Cuadrícula con dos líneas básicas.....   | 25     |
| 4      | Cuadrícula con cuatro líneas básicas.....  | 26     |
| 5      | Estacas marcadas con una línea de referen-<br>cia.....                                     | 26     |
| 6      | Vistas de la escuadra de madera y el control<br>de nivel en el campo.....                  | 28     |
| 7      | División de un campo en parcelas de acuerdo<br>con las irregularidades de la topografía... | 31     |
| 8      | Corte de la escrepa por tiras.....   | 33     |
| 9      | Modelo de flujo de trabajo.....  | 34     |
| 10     | Movimiento de suelo.....   | 35     |
| 11     | Rutas de traslado.....   | 37     |
| 12     | Paso de la escrepa para el chequeo final...  | 38     |
| 13     | Operaciones de nivelación final.....   | 41     |

| FIGURA |   | PAGINA |
|--------|---|--------|
| 14     | Funcionamiento del subsuelo.....  | 43     |
| 15     | Operación diagonal en el campo.....                                       | 43     |
| 16     | Caja, eyector y delantal de la escrepa tra<br>dicional.....               | 52     |
| 17     | Escrepa de tres ejes.....   | 53     |
| 18     | Escrepa de dos ejes.....  | 54     |
| 19     | Escrepa con propulsión de dos motores.....                                | 56     |
| 20     | Escrepa elevadora.....  | 56     |
| 21     | Partes de la escrepa.....   | 57     |
| 22     | Escrepa agrícola de tiro.....   | 58     |
| 23     | Escrepa agrícola para tractor menos de 100<br>caballos de fuerza.....     | 60     |
| 24     | Escrepa agrícola para tractores mayores de<br>100 caballos de fuerza..... | 61     |
| 25     | Escrepa agrícola con cuchilla fija.....                                   | 62     |
| 26     | Carga directa.....  | 63     |
| 27     | Alta flotación.....   | 64     |

| FIGURA   |   | PAGINA |
|----------|---|--------|
| 28       | Caja pivoteada de descarga .....                                  | 64     |
| 29       | Cuchilla fija.....  | 65     |
| 30       | Cuchilla.....   | 66     |
| 31       | Enganche ajustable .....  | 66     |
| 32       | Barra .....   | 67     |
| 33       | Adaptabilidad laser.....  | 68     |
| 34       | Tipos de cuchillas: a) Lisas, b) Lisa con una sobre-cuchilla..... | 122    |
| 35       | Palanca para la graduación de corte.....                          | 123    |
| 36       | Cuchillas con ripper.....   | 124    |
| 37       | Llantas de flotación.....   | 124    |
| 38       | Llantas de diseño direccional.....                                | 125    |
| <br>     |   |        |
| APENDICE |   |        |
| I        | Perfil Longitudinal.....  | 132    |
| II       | Perfil Transversal.....   | 133    |
| III      | Cortes y Rellenos proyectados en gabinete.                        | 134    |
| IV       | Cortes y Rellenos realizados en el campo..                        | 135    |

## INDICE DE CUADROS

| CUADRO |   | PAGINA |
|--------|---|--------|
| 1      | Datos tomados el día 18 de Marzo de 1986....                        | 91     |
| 2      | Datos tomados el día 20 de Marzo de 1986....                        | 92     |
| 3      | Datos tomados el día 23 de Marzo de 1986.<br>Escrepa delantera..... | 93     |
| 4      | Datos tomados el día 23 de Marzo de 1986.<br>Escrepa Trasera.....   | 94     |
| 5      | Datos tomados el día 26 de Marzo de 1986.<br>Escrepa Trasera.....   | 95     |
| 6      | Datos tomados el día 26 de Marzo de 1986.<br>Escrepa Delantera..... | 95     |
| 7      | Datos tomados el día 26 de Marzo de 1986.<br>Escrepa Trasera.....   | 96     |
| 8      | Datos tomados el día 31 de Marzo de 1986....                        | 97     |
| 9      | Datos tomados el día 1º de Abril de 1986....                        | 98     |
| 10     | Datos tomados el día 2 de Abril de 1986.....                        | 99     |
| 11     | Datos tomados el día 3 de Abril de 1986.....                        | 100    |
| 12     | Datos tomados el día 4 de Abril de 1986.....                        | 101    |
| 13     | Datos tomados el día 8 de Abril de 1986.....                        | 102    |

| CUADRO |   | PAGINA |
|--------|---|--------|
| 14     | Registro diario de horas de trabajo del tractor 4435 J.D. con las escrepas agrícolas. NOTA: Las horas fueron tomadas en base del horómetro del tractor..... | 103    |
| 15     | Producción por hora promedio.....   | 105    |
| 16     | Registro de gastos de combustible.....  | 107    |
| 17     | Porcentaje de patinaje.....   | 113    |
| 18     | Prueba de compactación. Penetrómetro de cono de carga constante. La lectura está en lb/plg <sup>2</sup> .....   | 114    |
| 19     | Muestreo de humedad (en los lugares de las pruebas de compactación).....  | 116    |

# I N D I C E

|   | PAGINA |
|---|--------|
| INTRODUCCION.....                                 | 1      |
| REVISION DE LITERATURA.....                       | 3      |
| Nivelación de Tierras para Riego.....             | 3      |
| Beneficios de la Nivelación de Tierras.....       | 4      |
| Problemas de un Suelo no Uniforme.....            | 5      |
| Limitaciones de la Nivelación.....                | 6      |
| Estudios del Suelo y Cortes Permisibles.....      | 9      |
| Grados de Nivelación.....                         | 10     |
| Criterios para Nivelación.....                    | 12     |
| Control de Humedad.....                           | 15     |
| Aumento en la Superficie Efectiva de Cultivo..... | 18     |
| Planeamiento del Campo.....                       | 18     |
| Operaciones del Campo.....                        | 19     |
| Preparación del Terreno.....                      | 21     |
| Estacamiento.....                                 | 22     |
| Pendientes del Plano.....                         | 29     |
| Areas de Nivelación Separada.....                 | 29     |
| Procedimiento de Operación.....                   | 31     |
| Modelo de Flujo de Trabajo.....                   | 34     |
| Entrenamiento del Operador.....                   | 36     |
| Raseo Final o Emparejamiento.....                 | 39     |

|  | PAGINA    |
|--|-----------|
| Mantenimiento Anual.....   | 44        |
| Costo y Contratación.....  | 45        |
| Cambio de Salinidad.....   | 47        |
| Maquinaria para Nivelación de Tierras.....                                   | 50        |
| Equipo de Tractor y Escrepas.....  | 52        |
| El Tractor Empujador.....  | 55        |
| La Escrepa de dos Motores.....   | 55        |
| La Escrepa Elevadora.....  | 56        |
| Escrepa Remolcada.....   | 56        |
| Escrepa Agrícola.....  | 57        |
| Clasificación de las Escrepas Agrícolas de una Com-<br>pañía Extranjera..... | 58        |
| Características Especiales de las Escrepas Agríco-<br>las.....               | 63        |
| <b>MATERIALES Y METODOS.....</b>   | <b>69</b> |
| Labores de Preparación.....  | 70        |
| Cálculo de Gabinete.....   | 71        |
| CALCULO DE LA PENDIENTE NORTE-SUR (TRANSVERSAL)....                          | 74        |
| CALCULO DE LA PENDIENTE (W-E) LONGITUDINAL.....                              | 76        |
| TABLA DE SELECCION.....  | 77        |
| OPERACION DE CAMPO PARA ESTIMAR EFICIENCIA DEL<br>EQUIPO.....                | 80        |
| AFORO DE GASTO DE COMBUSTIBLE.....   | 81        |

|  | PAGINA |
|--|--------|
| REGISTRO TOTAL DE TRABAJO DE LAS ESCREPAS AGRICOLAS..... | 81     |
| PRUEBAS DE PATINAJE.....                                 | 81     |
| PROCEDIMIENTO.....                                       | 81     |
| PRUEBA DE COMPACTACION.....                              | 82     |
| RESULTADOS.....  | 83     |
| DISCUSION.....   | 118    |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....                      | 120    |
| RESUMEN.....   | 127    |
| BIBLIOGRAFIA.....  | 129    |
| A P E N D I C E.....                                     | 131    |

## INTRODUCCION

La nivelación de tierras para riego ha venido practicándose desde hace mucho tiempo en escala limitada, pero sólo en los últimos años, ésta práctica ha ganado importancia en la mayor parte de las zonas irrigadas del mundo. La escasez de agua, que se produce a medida que se aumentan las áreas de cultivo, el costo cada vez mayor del agua de riego debido al aprovechamiento de fuentes de abastecimiento cada vez más distantes o de difícil captación, el incremento continuo en el valor de la tierra y la necesidad de intensificar la producción agrícola para competir adecuadamente en los mercados, han creado la necesidad de aprovechar más eficientemente la existencia de agua disponible.

Uno de los principales problemas que se encuentra en el agro mexicano es que hay una gran cantidad de tierras agrícolas desniveladas, lo que trae como consecuencia bajos rendimientos en los cultivos, erosión del suelo, dificultad en la aplicación de un sistema de riego (principalmente en el riego de superficie), no hay aprovechamiento al máximo del equipo agrícola. Por tal motivo se plantea realizar un estudio en cuanto a maquinaria para realizar nivelación, buscando mejorar la eficiencia de trabajo, analizar costos de operación, fertilidad y compactación del suelo, siendo éstos los criterios importantes para poder llevar a cabo una buena nivelación de tierras agrícolas.

La evaluación se basará en un trabajo hecho en un área de 5.8 hectáreas, donde el tipo de suelo es arcilloso, en el cual se realizaron cortes y rellenos. Este se encuentra localizado en los campos experimentales de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en Marín, N.L.

## REVISION DE LITERATURA

### Nivelación de Tierras para Riego

La nivelación de tierras para riego es la modificación del relieve de la superficie de campo, a un plano con pendiente uniforme, en una dirección o en las dos direcciones del campo, con objeto de proveer una superficie adecuada para una eficiente aplicación del agua de riego (2).

Razones que ha incrementado la nivelación de tierras para riego es que el diseñador del sistema de irrigación debe considerar el suelo y factores topográficos en la selección del método de irrigación. La adaptabilidad de cada método (superficie, aspersión y goteo), debe ser considerada para especificar las condiciones. El suelo y factores topográficos que el diseñador considera para la selección del sistema incluyen:

1) Factores topográficos tales como irregularidad de la superficie, inclinación de la cuesta, cambios en la dirección de la cuesta.

2) Factores del suelo tales como capacidad de retención del agua, tasa de absorción y profundidad.

3) Factores geográficos tales como adaptabilidad del campo, drenaje natural y construcciones útiles o de obstrucción.

Factores que pueden influenciar en la selección de un sistema de superficie y adaptación del suelo incluyen:

- 1) Suministro de agua, calidad, tasa de la entrega de corriente.
- 2) Requerimiento y eficiencia de trabajo.
- 3) Requerimiento de energía, costo y eficiencia.
- 4) Costo de la instalación del sistema, operación y mantenimiento.
- 5) Equipo necesario de campo.
- 6) La preferencia del agricultor.

La superficie del campo debe tener ciertas consideraciones al elegirse un método de irrigación de superficie. En raras ocasiones es posible establecer un sistema de irrigación de superficie satisfactorio sin nivelación de ciertas tierras (5).

#### Beneficios de la Nivelación de Tierras

1) Permite una mejor distribución del agua de riego y asegura un mejor control del agua de riego, lo cual se traduce en cosechas más uniformes.

2) El mejoramiento del drenaje superficial que tiene especial importancia en las regiones húmedas.

3) Menos erosión del suelo y pérdida de fertilidad, a

causa del mejor control del agua.

- 4) Un uso más eficiente del agua de riego, que permite regar mayor superficie, con una disponibilidad de agua limitada.
- 5) Una operación más eficiente de la maquinaria agrícola.
- 6) Menor costo de aplicación del agua.
- 7) Mayor rendimiento económico.

Para conseguir éstos resultados, sin embargo, se requiere un planeamiento cuidadoso del trabajo de nivelación, para realizarlo solamente cuando las condiciones locales lo justifiquen y cuando el costo del movimiento de tierra no sobrepase las utilidades adicionales que pueden derivarse del mismo (2, 3).

#### Problemas de un Suelo no Uniforme

- 1) Sin nivelación uniforme las áreas bajas pueden recibir agua en exceso y causar ahogamiento de las plantas.
- 2) Las áreas altas pueden no recibir agua suficiente que pueden causar bajos rendimientos de la cosecha.
- 3) En el nivel del bordo, las sales pueden acumularse en las áreas altas causando daños en la cosecha y reducción en la producción (5).

Usualmente los trabajos de nivelación de tierras de un suelo no uniforme implican un alto costo inicial, pero en muchas ocasiones éste costo se amortiza rápidamente con los provechos adicionales que se obtienen, si el trabajo ha sido planeado y ejecutado (3).

### Limitaciones de la Nivelación

Prácticamente todas las tierras agrícolas bajo riego son susceptibles de mejorarse por medio de la nivelación, pero antes de iniciar un trabajo de ésta naturaleza debe establecerse si las tierras son o no aptas para la aplicación del agua por métodos superficiales de riego.

1.- Suelos excesivamente permeables. Los suelos arenosos o con alto contenido de grava y los formados principalmente de materia orgánica, se caracterizan por su gran capacidad de absorción de agua. Normalmente al principio, la absorben con mayor rapidez y al final lo hacen de una manera más lenta y uniforme. Si la cantidad final de agua admitida por un suelo sobrepasa los siete centímetros por hora, o menos en algunos casos, puede deducirse que el riego por corrientes de gravedad ocasionará desperdicio de agua y podrá causar problemas de drenaje y salinidad en la mayoría de los lugares, debido al uso excesivo de agua que se tendrá que hacer para regar. En consecuencia, puede ser un error la nivelación de tierras en tales condiciones, a no ser

que se considere suficientemente económico el hacerlo en un caso determinado.

2.- Suelos poco profundos. Un suelo con capa vegetal poco profunda puede ser adecuado para ararse y regarse, y en cambio no tener suficiente profundidad para permitir la nivelación necesaria para un buen riego de superficie. Este es particularmente el caso de una nivelación que requiera cortes de un grosor mayor que el de la capa de tierra vegetal y que de lugar a que la grava y otros materiales perjudiciales aparezcan en la superficie y ocasionen una reducción permanente de la productividad agrícola.

3.- Topografía escabrosa. La escabrosidad de la topografía influye en sumo grado en el valor de la nivelación y llega a ser con frecuencia un factor limitativo para la preparación de tierras para el riego. Los trabajos que exijan la remoción de más de 1,500 a 2,000 metros cúbicos de tierra por hectárea, son ordinariamente considerados demasiado costosos.

4.- Suelos con pendientes excesivas, mayores del 10%, donde la magnitud de los cortes producirían condiciones impropias para la agricultura y costos muy elevados para el movimiento de tierras, para disminuir los cortes se podrá nivelar con terrazas o bancales.

5.- Falta de avenimiento. Un problema de drenaje difícil de solucionar excluye a veces el uso del riego de superficie y, por tanto, la necesidad de nivelar la tierra. Un ejemplo de ésta circunstancia lo dan las zonas formadas por las tierras muy planas con suelos porosos y un nivel de aguas freáticas regularmente alto, que se encuentren dentro cuencas cerradas o aliviaderos de crecidas. Con objeto de cultivar con éxito la mayoría de los plantíos que reúnan tales condiciones, es necesario regar con sumo cuidado, de manera que el agua no profundice mucho y suba el nivel de la masa de agua. Esto es a veces imposible con el riego superficial y, por tanto, la nivelación de tales tierras puede que no sea aconsejable.

6.- Superficie inestable del suelo. Bajo ciertas condiciones del suelo o del perfil del suelo, se forman en los campos regados por inundación unos sumideros de tal extensión que las pérdidas en tierra y agua hacen prohibitivo el riego. Las dificultades proceden de que el agua de riego corre por dentro de madrigueras, hendiduras y grietas y socava su superficie circundante, ocasionando la pérdida de grandes cantidades de suelo y agua que son arrastrados hacia el subsuelo. El remedio ideal para tales circunstancias es, naturalmente, el uso de tuberías en lugar de acequias y la aspersión en lugar del riego por gravedad. Bajo éstas circunstancias la nivelación de tierras sería

innecesaria.

7.- Corrientes pequeñas de riego. Cuando la corriente de agua de que se dispone es pequeña y el suelo sobre el cual debe correr es bastante poroso, puede ser ineficaz el riego de superficie, porque se empaparán de una manera desigual los extremos superior e inferior de los surcos o de las franjas con bermas marginales. En tales casos se aprovechará mejor el agua con el riego por aspersión.

Ver guía para seleccionar un método de riego por corrientes de superficie que se adapte a las condiciones de un terreno determinado (2).

#### Estudios del Suelo y Cortes Permisibles

Normalmente, la adaptación de la tierra sólo se hace en suelos adaptables para irrigación de superficie. La adaptación del suelo nunca se debe hacer sin primero conocer el perfil del suelo y los cortes máximos que se pueden hacer sin afectar permanentemente la producción agrícola. Un mapa de estudio general del suelo es útil para muchas áreas y si éste no satisface, se debe contratar un especialista de suelos. Los perfiles del suelo son descritos a una profundidad de 150 centímetros. En suelos aluviales, puede presentarse espacios de arena y grava dentro de una unidad de suelo de diferente tipo de suelo. Remo-

ver éstos materiales (arena y grava) y reemplazarlos con suelos similares al resto del campo, generalmente es conveniente, debido a que éste material puede producir problemas en el desarrollo del campo para la irrigación. Se debe realizar una investigación detallada para determinar los límites de dicho material antes de darle la pendiente al terreno y utilizar el material de relleno adecuado. Los espacios de arena y grava, que ocurren cerca del inicio de la corriente de la irrigación de superficie, pueden limitar grandemente la eficiencia de la irrigación debido a la alta tasa de absorción.

Los suelos con profundidad, subsuelos bien drenados generalmente tienen pocas limitaciones en la profundidad de corte. Algunos suelos poco profundos pueden ser apropiados para irrigación y detención, pero no tienen suficiente profundidad para permitir la inclinación necesaria para la irrigación de superficie. Suelos que son poco profundos sobre cama de piedra, grava, caliche, archilla pesada, pueden tener severas limitaciones sobre la profundidad de corte permitida. Para obtener el nivel de campo necesario, algunas veces se utilizan terrazas para reducir la profundidad de corte permitida (5).

#### Grados de Nivelación

Normalmente la nivelación de tierras requiere mover una

cantidad de tierra sobre una cierta superficie. Sin embargo, por condiciones de índole práctica y económica, se ha observado que, en ciertos campos (principalmente en terrenos que han estado bajo riego un número considerable de años), puede asegurarse un riego eficiente ejecutando trabajos de "emparaje", como comúnmente se les llama, y en los cuales sólo se emplea el equipo normal del agricultor; rastra y niveladora, para eliminar irregularidades menores o aisladas del terreno, diseñado posteriormente un trazo de riego adecuado.

Como la nivelación de los suelos es una labor costosa, se juzga conveniente definir varios grados de trabajos de nivelación.

1) Nivelación de primer grado. Lotes con topografía original regular en donde con dos o tres pasos de nivelación, se logra una topografía adecuada para un buen trazo de riego.

2) Nivelación de segundo grado. Lotes con topografía original regular, con accidentes de altos o bajos locales; en donde se requiere el empleo de maquinaria para movimiento de tierra (Escrepa) para eliminar los accidentes y posteriormente dos o tres pasos de niveladora, para lograr una topografía adecuada para un buen trazo de riego.

3) Nivelación de tercer grado. Locales con topografía

irregular, con accidentes de consideración en donde se requiere de un movimiento de tierra apreciable, con cortes de regular espesor, y donde es necesario el cálculo de cortes y rellenos, así como el empleo de escrepas, en toda la superficie, para asegurar una topografía que permita el correcto trazo de riego.

De éstos grados de nivelación, puede decirse que los más comúnmente usados, principalmente en el Noreste del país, donde la agricultura está más tecnificada, son el primer y segundo grado, ya que éstos trabajos significan una inversión para el agricultor mucho menor que para los trabajos de tercer grado, y los resultados son bastante satisfactorios, además de que hay que tomar en cuenta, que para conservar los trabajos de nivelación, se requiere que se introduzca como labor agrícola anual, el paso de una nivelación en todo el lote, con lo que inclusive se va mejorando la topografía del terreno a un costo bastante económico y con una inversión mínima y por otra parte diferida (2).

### Criterios para Nivelación

Los criterios para nivelación deben basarse en los siguientes factores.

1) Suelo. El suelo con sus principales características como son: textura; profundidad, velocidad de infiltración, con

diciones de fertilidad. Con éstos datos es posible proyectar una nivelación para el trazo de riego adecuado (longitud y pendiente de riego) y sin afectar seriamente la fertilidad del suelo al hacer cortes demasiado grandes. Los cortes que ponen al descubierto suelos con diferentes texturas parecen ser el riesgo principal para la producción agrícola y un riego eficiente. Los suelos poco profundos imponen condiciones estrictas sobre los cortes máximos que se pueden tolerar.

Las variaciones en el contenido de materia orgánica puede no ser un limitante, ya que se pueden marcar las zonas de corte para una especial atención en la fertilización.

2) Clima. La climatología de la zona, ya que ésta demanda de ciertas limitaciones en la pendiente, para prevenir la erosión por el escurrimiento pluvial o para proveer un drenaje adecuado. En zonas áridas se tiene que nivelar los campos para lograr una distribución uniforme del agua de riego y evitar desperdicios. En las regiones con grandes lluvias y principalmente en suelos de textura fina, suelen necesitarse modificaciones de la superficie del terreno para un drenaje satisfactorio. En algunas regiones pueden afectar a un cultivo dado, dentro de su ciclo vegetativo, dos problemas completamente diferentes en relación con el agua: por una parte, durante el período lluvioso pueden requerirse un drenaje mejorado para evitar empantanamieno

tos, mientras que por otra parte, en los períodos secos la aplicación eficiente del agua de riego en el momento oportuno puede determinar la diferencia entre el logro y la pérdida de la cosecha. Una preparación de la superficie del terreno planeada técnicamente, facilita ambos objetivos.

3) Topografía. Es conveniente, por las condiciones topográficas que con mayor frecuencia se presentan en las áreas agrícolas, hacer una clasificación tomando en cuenta los accidentes del relieve del suelo.

4) Pendientes. Las pendientes resultantes deben estar comprendidas dentro de límites prácticos para el tipo de riego que se vayan a emplear y de acuerdo con el suelo. Es muy conveniente adoptar, tanto como sea posible, las pendientes medias del terreno a fin de que los costos se reduzcan a un mínimo, problema que se agrava cuando se tiene una topografía ondulada o fuertes pendientes.

5) Cultivos. Se requiere conocer los cultivos por implantar ya que ello afecta los métodos de riego seleccionados y darán una idea del grado de nivelación que se necesita. Cultivos intensivos como las legumbres justifican un alto costo de nivelación.

6) Método de riego. Cada método de riego tiene sus limita

ciones. Cuando varios métodos de riego van a ser aplicados en el mismo campo, deberá tomarse en cuenta el método que tenga más restricciones. Por lo general, el método de inundación (melgas) tiene restricciones de consideración en lo que respecta a la pendiente transversal al riego.

7) Prácticas agrícolas. Las prácticas agrícolas de la zona o del agricultor deben ser conocidas para seleccionar el diseño más adecuado, con objeto de aumentar la eficiencia de la maquinaria agrícola y disminuir los trabajos de conservación y de operación del riego (2).

#### Control de Humedad

Con el control de humedad se puede aumentar el rendimiento de producción, pero qué es control de humedad:

En la Figura 1, la superficie del campo A, es el típico contorno de tierras agrícolas.

En áreas con alta cantidad de lluvia, se producen frecuentemente áreas planas, así como también talúdes inclinados, lo cual muestra que la inclinación relativa no es tan importante como el mantenimiento del drenaje. En las áreas de alta cantidad de lluvia, el drenaje es uno de los primeros propósitos en la nivelación de tierras.

Se pondrá una curva de penetración de humedad sobre la su perficie de la tierra y se verá que, donde la tierra es razonablemente llana se tiene buena penetración de humedad. Donde empieza una inclinación, la humedad no penetra debido a que todo escurre hacia el fondo donde tiene demasiada humedad.

A. Superficie del campo con un bache.

A-1. Curva de penetración de humedad.

+. Alto beneficio de la cosecha.

-. Bajo beneficio de la cosecha

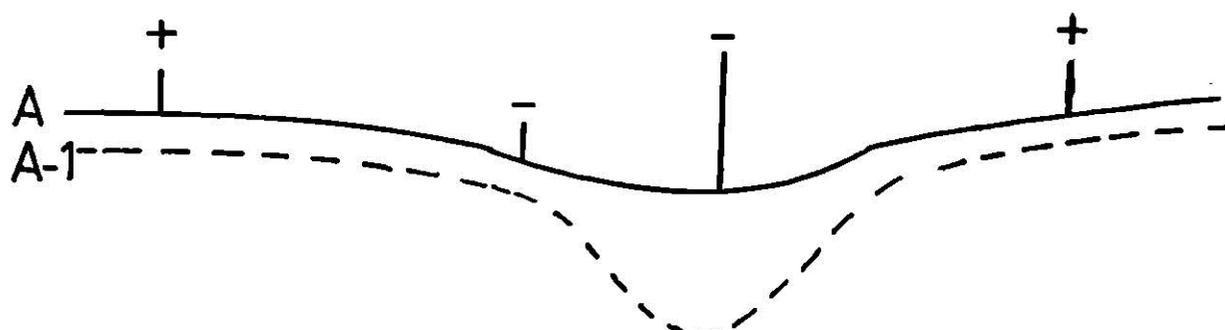


FIGURA 1. Contorno de tierras agrícolas típicas

Se obtienen cosechas productivas en la parte donde está claramente plana y sobre el talúd hasta que empieza la inclinación. Donde está inclinado, el tamaño de la planta es pequeño y abajo en el suelo se puede obtener más grande la planta o no obtenerse nada porque se ahogan por el exceso de humedad. Si se nivela al raz de la tierra, cuando llueva habrá igual penetra-

ción de humedad en todo el campo con máxima cosecha. Las lluvias ligeras son humedad benéfica debido a que el drenaje será lento y suficiente para que la humedad penetre en el suelo, y las lluvias torrenciales no son dañinas debido a que el drenaje será rápido y suficiente para prevenir el daño de la planta. Se verá ahora la Figura 2 que muestra la superficie del campo nivelado.

- A. Campo con suficiente original.
- B. Superficie A formada después de la nivelación.
- b-1. Curva de penetración de humedad.
- +. Beneficio de la cosecha sobre campo total.

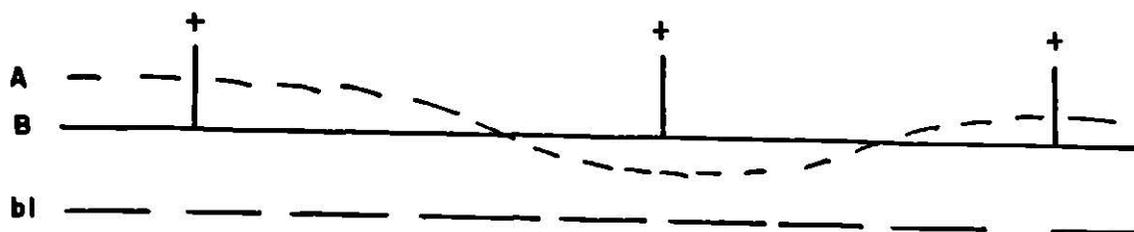


FIGURA 2. Superficie del campo nivelado.

Todo lo que muestra la configuración B será preparado para trabajar el mismo día porque de la misma manera que drena se seca. No hay erosión, no hay punto de corriente; se prepara el campo y se agregan herbicidas y fertilizantes al nivel correcto

de humedad; se siembra con temperatura y humedad al óptimo; el campo puede ser irrigado si se desea; así como operar a la máxima velocidad y eficiencia el equipo de recolección (4).

#### Aumento en la Superficie Efectiva de Cultivo

Cuando un terreno no está nivelado, hay necesidad de construir un mayor número de canales y bordos por unidad de superficie, para lograr riegos medianamente eficientes. La superficie ocupada por tales obras es terreno muerto e inprovechable; al ocurrir la nivelación, toda esa superficie se incorpora al cultivo, lo que redunda en mayor producción por hectárea (2).

#### Planeamiento del Campo

Es común incrementar del 8 al 12% el número de hectáreas cosechadas y en algunos campos es posible incrementar hasta el 20% por eliminación de puntos de corriente, combinando pequeños campos con campos grandes, eliminando zanjas de drenaje innecesarios.

Es absolutamente esencial un mapa topográfico del campo total, mostrando cambios de elevación, y debe mostrar campos

existentes, patrones de drenes, pastura, bosques, degradación y caminos, y construcciones y así como los contornos usuales. Todas las facciones significantes de la superficie deben ser notadas, y se recomienda determinar la textura del suelo.

Se debe planear la localización de riego y también se debe planear los drenes para unirlos con el área de drenaje y así evitar problemas posteriores.

Generalmente, el campo más pobre es el primero en ser nivelado, y la mayoría de los campos tienen campos marginales, trayendo tierra marginal en producción completa, se facilita el peso financiero de la nivelación de suelos (4).

#### Operaciones del Campo

El trabajo de nivelación de tierra debe ser planeado y programado para asegurar condiciones del campo satisfactorias. Algunos de los factores que deben ser considerados son:

- 1) Tiempo. Las operaciones del campo deben seguir en la secuencia de la cosecha. El nivelamiento debe ser programado por lo que el trabajo debe ser sacado entre el levantamiento de una cosecha y la siembra del siguiente ciclo. El tiempo libre entre cosechas ayudará a determinar el tipo de equipo para movimiento de tierra a ser usado.

2) **Clima.** Mientras que las condiciones climatológicas no siempre se pueden predecir, generalmente hay una temporada en cada región en la cual las condiciones son más favorables para el trabajo de movimiento de tierra. Si es posible, el trabajo de nivelación debe ser planeado para la estación más favorable para evitar períodos largos de recesión de trabajo. Particularmente, el trabajo de campo no debe ser programado para períodos de altos aguaceros, clima frío extremoso, o otras condiciones climatológicas que pueden causar demora excesiva en el movimiento de la tierra.

3) **Condiciones del campo.** Algunas condiciones del campo durante la nivelación de tierras pueden tener serios efectos adversos sobre la calidad del trabajo de la formación de la tierra y la producción de la cosecha después que se ha hecho la nivelación. La nivelación no debe de hacerse cuando los campos son excesivamente húmedos. La operación de la escrepa en suelos húmedos es difícil y causa daños serios a la estructura del suelo dejando en malas condiciones para la siembra e irrigación. La nivelación en suelos muy áridos debe también ser evitado. Los cortes son difíciles de hacer, los rellenos empiezan a aflojarse y a quebrarse y ésto da como resultado una baja calidad de trabajo y alto costo de operación del equipo de movimiento de tierra (5).

## Preparación del Terreno

a) Desmonte o limpia del terreno. Se debe proceder al desmonte del campo para eliminar los arbustos existentes, o bien, eliminar los residuos de cultivos anteriores. En caso de que el producto de ésta limpia no pueda incorporarse al suelo mediante arado o rastreo, se procederá a la junta y quema del producto de la limpia. La presencia de alguna vegetación sobre el terreno impide al operador del equipo de nivelación observar las estacas del terreno para orientarse en la ejecución de los cortes y los rellenos. Por otra parte la vegetación dificulta la operación de las máquinas niveladoras y puede producir falsos rellenos.

b) Borrado de bordos. Si existen bordos por borrar y dependiendo de sus características de sección y grado de compactación, se debe indicar si éstos deberán ser aflojados o borrados con rastra, o bien aprovechar su volumen para rellenar bajos visibles en el campo.

c) Rastreo. Después del borrado de bordos, se procederá, si el terreno se encuentra arado, a un paso de rastra en X en toda la superficie. Si el terreno que se va a nivelar no se ha regado en varios años, es probable que se requiera dos pasos de rastra en toda la superficie. El o los pasos de rastra deben ser dados diagonalmente a la dirección de los bordos que fueron

borrados.

d) Pasos de niveladora. Deberán darse uno o dos pasos de niveladora a juicio del ingeniero en toda la tabla.

Estos pasos se darán en forma diagonal de la dirección de los bordos que hayan sido borrados, procurando que uno de los pasos sea lo más perpendicular posible a los bajos existentes, la niveladora deberá operarse de tal manera que las rayas continuas paralelas sean siempre en el sentido contrario de su inmediato anterior. Una recomendación muy especial y que debe obligarse al operador a cumplirla, es la que una vez fijado la posición de la cuchilla, no deberá variarse hasta que se haya terminado el paso de la niveladora en todo el lote. En caso de ser necesario un segundo paso, la posición de la cuchilla deberá elevarse para mover menos volumen de tierra que en el paso anterior. Y después se procederá a dar pasos de niveladora paralelos a los linderos del lote en el número de ancho de niveladora que sea necesario para borrar las huellas de vueltas de la maquinaria (2).

#### Estacamiento

La tierra que será nivelada para irrigación de superficie, es estacada usualmente sobre un modelo de rayado. La elevación relativa de la superficie original del suelo a cada estaca es la

base para la determinación del diseño del campo, calculando el volumen de corte y relleno, y controlando la operación de nivelamiento. Para comodidad en el cálculo del volumen y área de rayado debe ser cuadrado. Las estacas pueden ponerse a cualquier espaciamiento deseado. Comúnmente el espaciamiento más usado es de 25 a 30 m. Un espaciamiento más grande hace más difícil para el operador del equipo de nivelación, mantener el nivel de una estaca a la otra. Un espaciamiento más cerrado incrementa grandemente el trabajo de estacamiento y el cálculo del diseño de nivelación. Ocasionalmente, puede ser necesario insertar estacas extras en el modelo de rayado para grabar significantes cambios topográficos en la superficie de la tierra.

Antes de empezar la nivelación, el campo debe ser desmontado; los residuos pesados de cosecha deben ser eliminados; también la cosecha acanalada. Los surcos de la cosecha anterior deben ser también eliminados. Los campos de cultivos de cobertura deben ser segados pero no arados. Cualquier operación de labranza que deje promontorios en la superficie debe ser evitada (5).

Para estacar el campo deben de localizarse en el terreno dos líneas normales entre sí que correspondan en forma aproximada con dos lados del campo. Estas constituirán las líneas básicas sobre las cuales se colocarán las estacas según el espaciamiento entre ellas, fijando así los puntos que luego permitirán

completar el cuadrículado del campo, colocando estacas en las intersecciones de las líneas normales que pasan por dichos puntos. La Figura 3 ilustra éste procedimiento de estacado.

Otro procedimiento que a veces resulta más espédito se ilustra en la Figura 4. Ahí se han trazado primero en forma consecutiva las siguientes líneas AB, CD, EF, GH, con una distancia entre las líneas paralelas de 60 a 100 m. Estas líneas son luego estacadas cada 20 m (espaciamiento entre estacas), quedando el campo dividido en seis áreas, que luego se estacan a 20 m por medio de visuales simultáneas dadas entre las estacas ya localizadas.

Se recomienda usar estacas largas de 2" x 1" x 1'20 m. Todas las estacas, en corte o en relleno son marcadas con una línea de referencia, colocada a 30 cm del nivel original del suelo en el punto correspondiente. Las estacas colocadas en el terreno del corte, se pintan de rojo en una porción de longitud igual al corte necesario, medida desde su extremidad superior; y las estacas situadas en áreas de relleno se pintan de azul en una porción de longitud igual al relleno necesario, comenzando desde el nivel original del suelo.

En ésta forma la profundidad de los cortes y de los rellenos, pueden ser fácilmente observados por el operador, quien

además podrá verificar el progreso del trabajo con una regla de 30 cm de longitud. La profundidad del plano de nivelación en las áreas de corte, con la relación a la línea de referencia será de 30 cm más la longitud de la banda roja marcada en la estaca. El relleno se habrá complementado, cuando la banda azul de la estaca correspondiente, haya sido apenas cubierta por la tierra.

Es aconsejable no trabajar en estaciones con cortes o rellenos de dos a cuatro centímetros, y éstas bajarlas a las cotas del proyecto por efectos de compactación del tractor y la escrepa, y ésto dependerá según de el material que se trabaje, fino o grueso (3, 4).

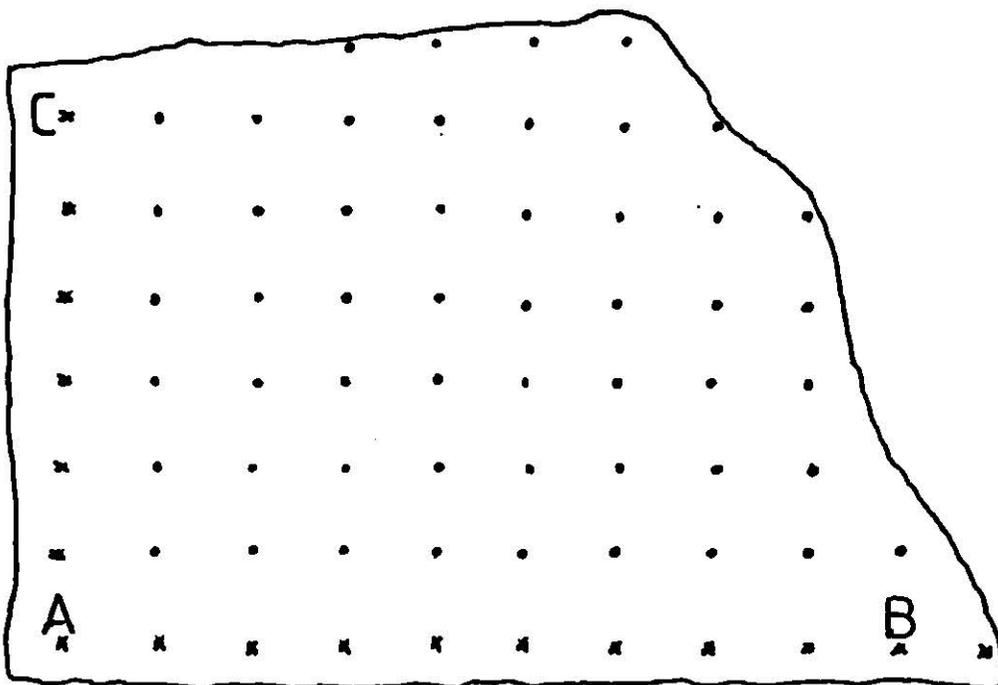


FIGURA 3. Cuadrícula con dos líneas básicas.

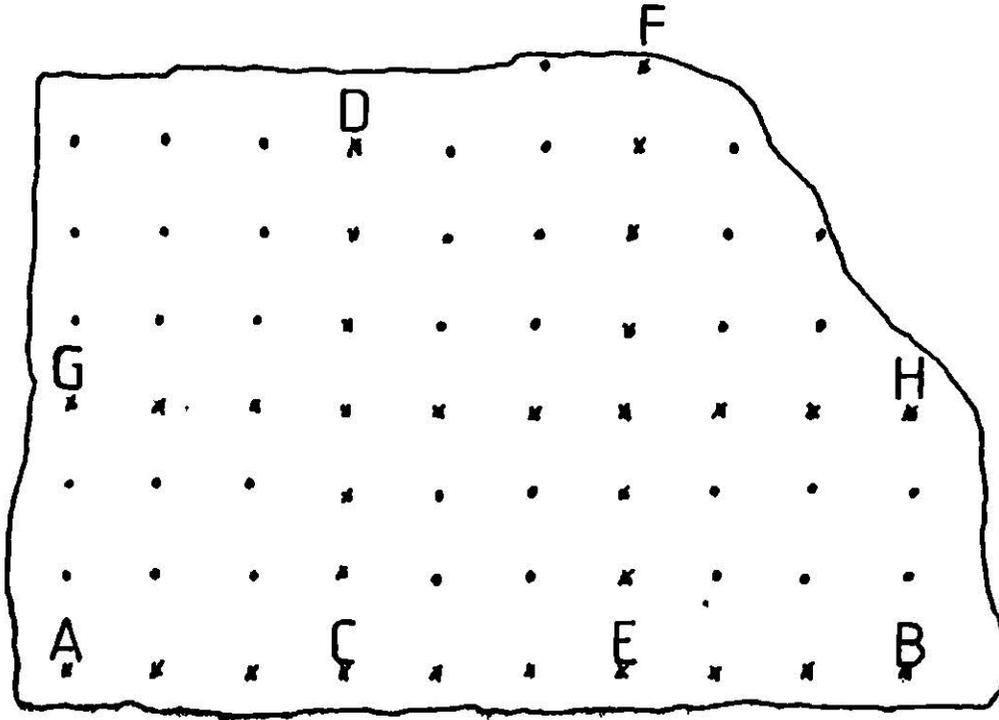


FIGURA 4. Cuadrícula con cuatro líneas básicas.

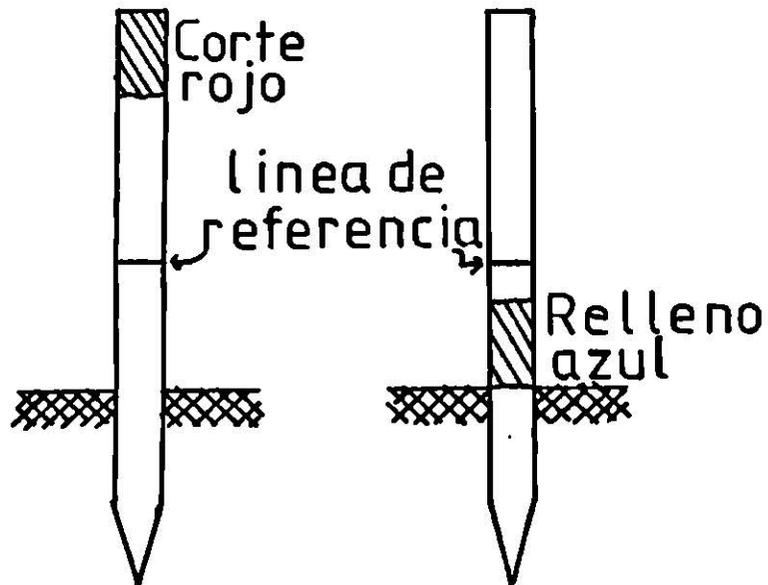


FIGURA 5. Estacas marcadas con una línea de referencia.

Otra forma de marcar las estacas y tener control sobre los cortes y rellenos, es el de marcar sobre ellas, una cota o elevación, 60 cm arriba de la cota del proyecto o rasante, modificada por compactación lo que da por resultado que una vez marcada todas las estacas del lote por nivelar, se tiene indicando un plano paralelo al del proyecto, pero 60 cm más alto. Por ejemplo, si el corte es de 20 cm, la marca en la estaca estará a 40 cm del nivel del suelo, para así tener una cota de 60 cm arriba de la rasante, así mismo, si el relleno es de 20 cm, la marca en la estaca se colocará a 80 cm del nivel del suelo, pues al cubrir el relleno de 20 cm, existirá una diferencia de 60 cm de la marca a la rasante.

El control de nivel se hará con una escuadra de madera, sección en "L", el brazo corto de 60 cm y el brazo largo de 1.20 m, sobre éste brazo largo que es el horizontal, se coloca un nivel de albañil y al pie del brazo corto una base de 15 x 15 cm, cuyo espesor está incluido en los 60 cm. Para dar una buena sustentación y evitar se introduzca la escuadra en el terreno. El empleo de esta escuadra, es sumamente sencillo, ya que al colocar la escuadra sobre el terreno, nivelado su brazo largo y apoyado en el suelo el brazo corto, y el extremo del brazo largo pegado a la estaca, se aprecia si la escuadra queda arriba o abajo de la marca, que se requerirá un corte o re-

lleno respectivamente, y de un espesor igual a la diferencia que exista entre la marca y la intersección de la escuadra con la estaca, Figura 6. (2).

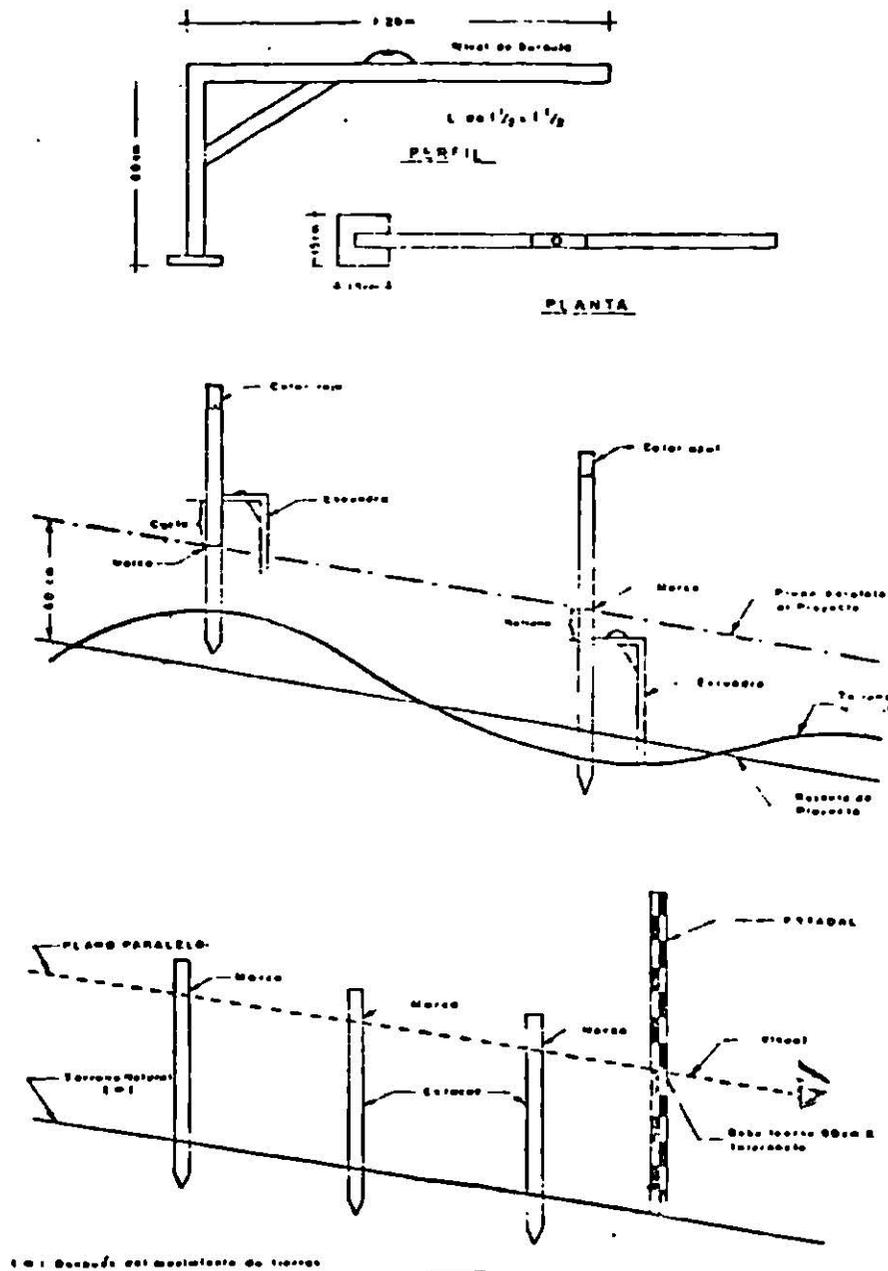


FIGURA 6. Vistas de la escuadra de madera y el control de nivel en el campo.

## Pendientes del Plano

Cualquier plano que pase por el centroide a la altura que se ha calculado producirá un balance entre los cortes y los rellenos del campo. Resulta ahora necesario determinar las pendientes longitudinales y transversal que debe darse a dicho plano. Para esto pueden usarse dos criterios diferentes, según la topografía y la inclinación deseada y las limitaciones que imponga el método de riego adoptado. Estos dos criterios son: a) darle al plano las pendientes longitudinal y transversal promedios del campo, o b) darle al plano las pendientes impuestas por el método de riego que se ha adoptado.

El primer caso producirá el volumen mínimo de corte, pero sólo podrá aplicarse cuando las pendientes promedias resultantes caigan dentro de los límites tolerados por el método de riego que se adopte. El segundo caso produce cortes mayores a medida que las pendientes del plano se alejan de las pendientes naturales del terreno, pero es el criterio que debe prevalecer si la finalidad de la nivelación es una máxima eficiencia en la aplicación del riego y riesgos mínimos de erosión (2).

## Areas de Nivelación Separada

Una fase de mayor importancia, en algunos casos, es la división de un área de acuerdo con sus curvas de nivel, en parce-

las que puedan ser niveladas separadamente para su mejor conveniencia y menor costo (Figura 7).

1) Un repentino aumento de la diferencia en los intervalos de las curvas de nivel implica un agudo cambio en la pendiente. Se puede aconsejar la separación a lo largo de la línea del cambio de pendiente como en el caso de los campos A y B.

2) Curvas agudas en la línea de nivel que eran casi rectas indican un cambio en la dirección de la pendiente máxima, como en el caso de C y D.

3) Pendientes uniformes muy planas o muy inclinadas en extensiones grandes, donde será conveniente dividir el área de acuerdo con la máxima longitud de los surcos o las melgas necesarias como en los campos E, F, G y H.

4) Areas con topografía muy irregular que hace difícil establecer una separación adecuada para los campos de riego.

5) Areas con pendientes muy pronunciadas que no son propias para el riego por métodos superficiales.

La finalidad de éstas divisiones es reducir la profundidad de los cortes y el movimiento de tierras para asegurar un trabajo más económico (2, 5).

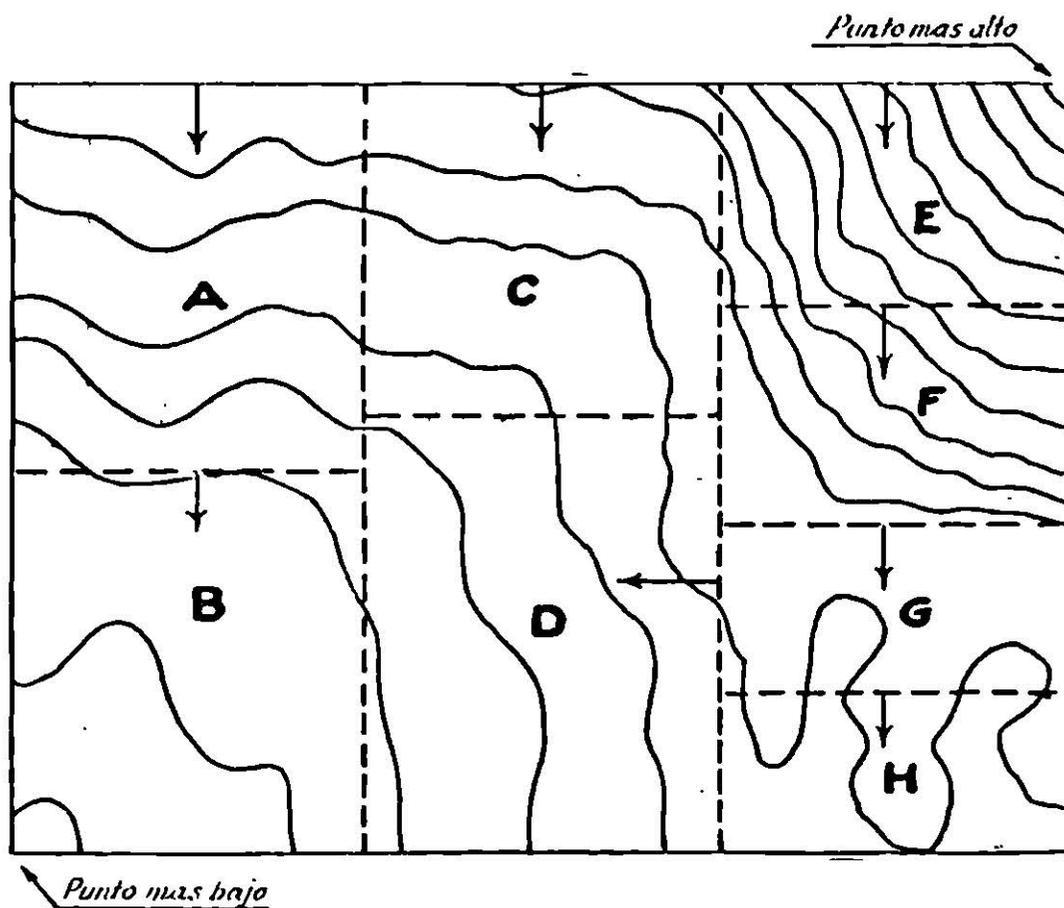


FIGURA 7. División de un campo en parcelas de acuerdo con las irregularidades de la topografía.

#### Procedimiento de Operación

La calidad de la operación de la nivelación de tierra depende de la maquinaria usada, condición del campo, y la habilidad del operador. El trabajo del movimiento de tierra debe ser terminado y el estacado no debe ser removido hasta que el trabajo este listo para la operación final de emparejamiento.

Al contratista o agricultor, normalmente se le da un esquema mostrando el trabajo que se va hacer. La información mos-

trada sobre el esquema depende de los hábitos locales y de las preferencias del contratista. En algunos casos puede ser un esquema mostrando justamente la cantidad de cortes y rellenos. Algunos ingenieros hacen un estudio detallado del esquema del agricultor o contratista y preparan el balance de las áreas de movimiento de tierras sugiriendo la dirección y la localización a donde se movera la tierra. En algunos casos el contratista o agricultor puede querer un esquema completo mostrando la elevación del suelo original, la planeación de inclinación final y delimitando con rojo las áreas de corte y con azul las áreas de relleno.

Los cortes y rellenos se hacen normalmente paralelo a la línea de estacas. El procedimiento varía con la preferencia del operador y maquinaria. Algunos operadores cortan y rellenan el área desmontada con el ancho de la escrepa adyacente a la línea de estacas, el mismo procedimiento se sigue para el lado opuesto de la ruta a lo largo de la siguiente línea de estacas, este proceso es continuado hasta que el campo es totalmente nivelado el terreno. Los cortes y rellenos deben hacerse en estratos uniformes, esto reduce lo irregular del campo, facilita el acarreo para la inclinación propia de una línea de estacas a la otra, permite viajar más rápido y es más fácil para la maquinaria, lo anterior también se hace para prevenir los pozos de corte lo cual

es una falla común para un operador sin experiencia (5).

Otro método es cortar en tiras suficientes para cargar la escrepa permitiendo cortar en tiras el tractor puede abrir, y cortar por segunda vez en tiras. Atravezando el área de corte usando este método, entonces quitar las tiras de corte por la primer pasada. Figura 8.

Este proceso mantendrá el área de corte moviéndose inclinadamente en un plan uniforme

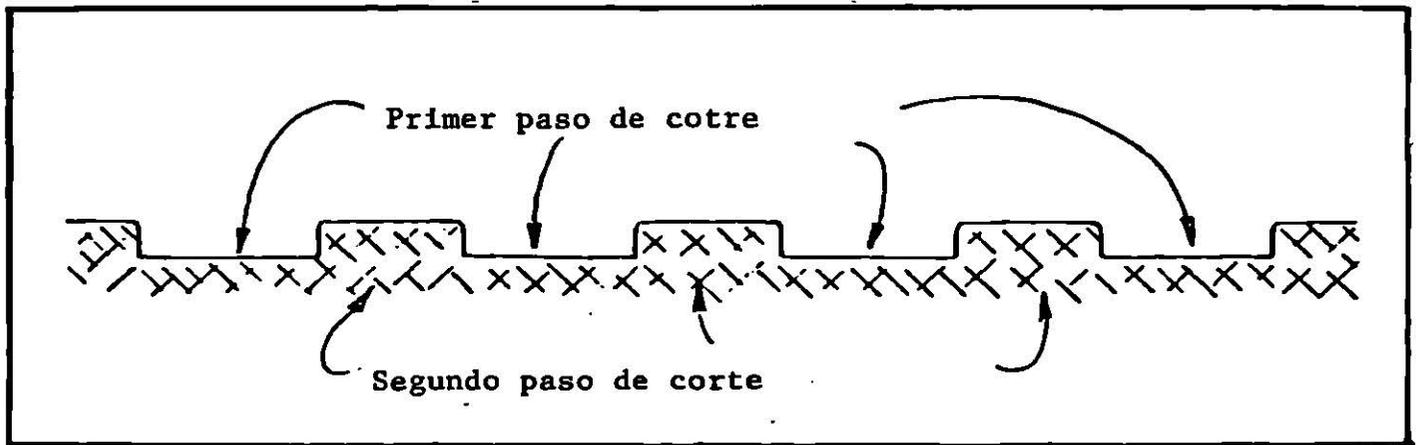


FIGURA 8. Corte de la escrepa por tiras.

El suelo removido sobre la segunda pasada será muy suave debido a que el corte del suelo es en ambos lados y las llantas del tractor están firmes. El propósito y el resultado final de éste método es el tener a los operadores cortando aleatoriamente sobre el área de corte.

Si el suelo está seco para trabajar, abre un área de corte pequeña y conserva la humedad del suelo; recíprocamente si se está trabajando en suelo húmedo, debe abrirse una gran área de corte para disminuir la humedad (4).

### Modelo de Flujo de Trabajo

Las áreas de corte y relleno son divididas por una línea 0.0 como en la Figura 9. En ésta se muestra cuatro modelos de flujo de trabajo separadamente, dos atraviesan diagonalmente la hilera de estacas y dos son paralelas a la línea de estacas.

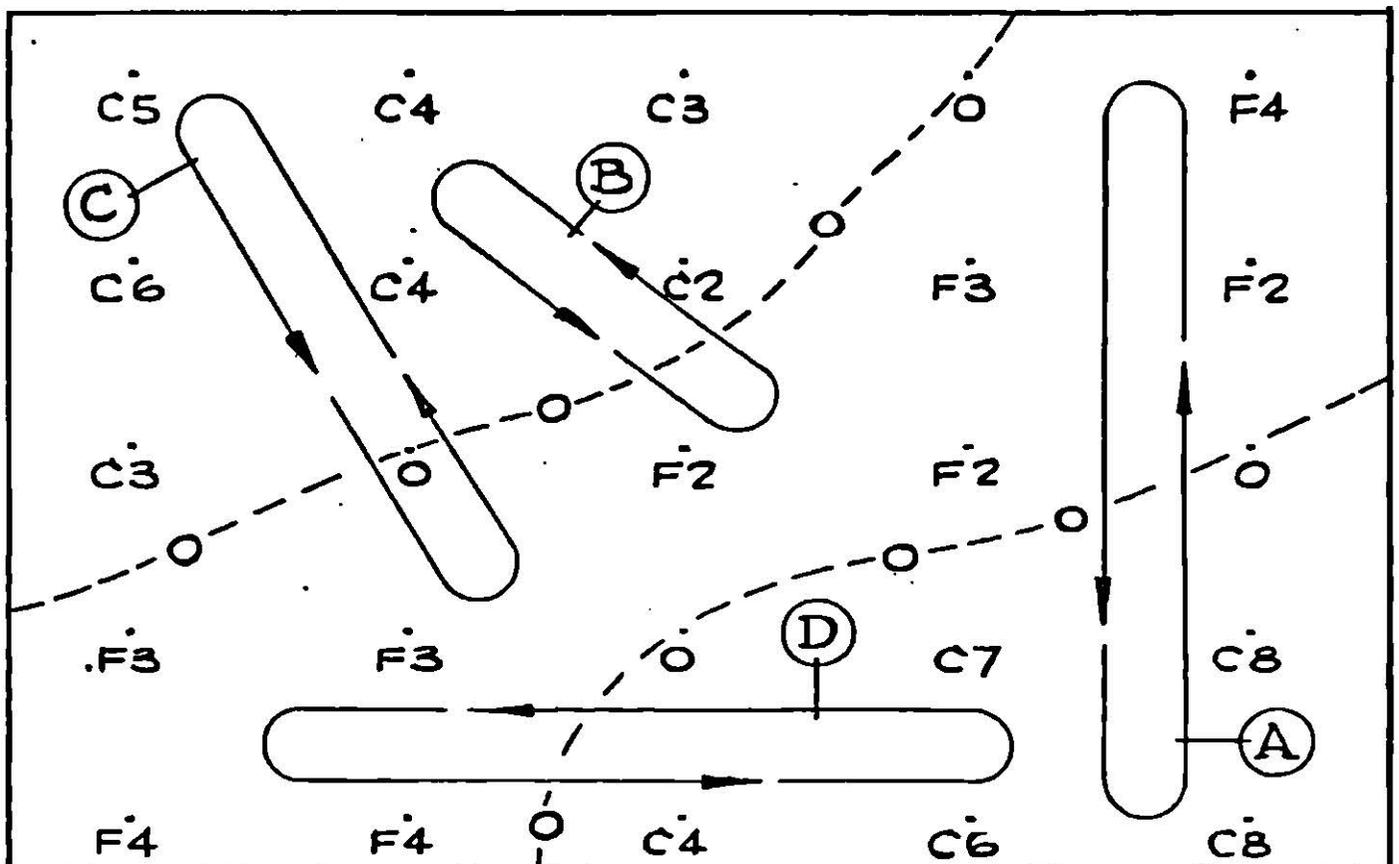


FIGURA 9. Modelo de flujo de trabajo.

Lo primero a realizar en el movimiento de suelo es "mover el primer suelo de corte lo más cerca posible en la zona de relleno", como se muestra en la Figura 10.

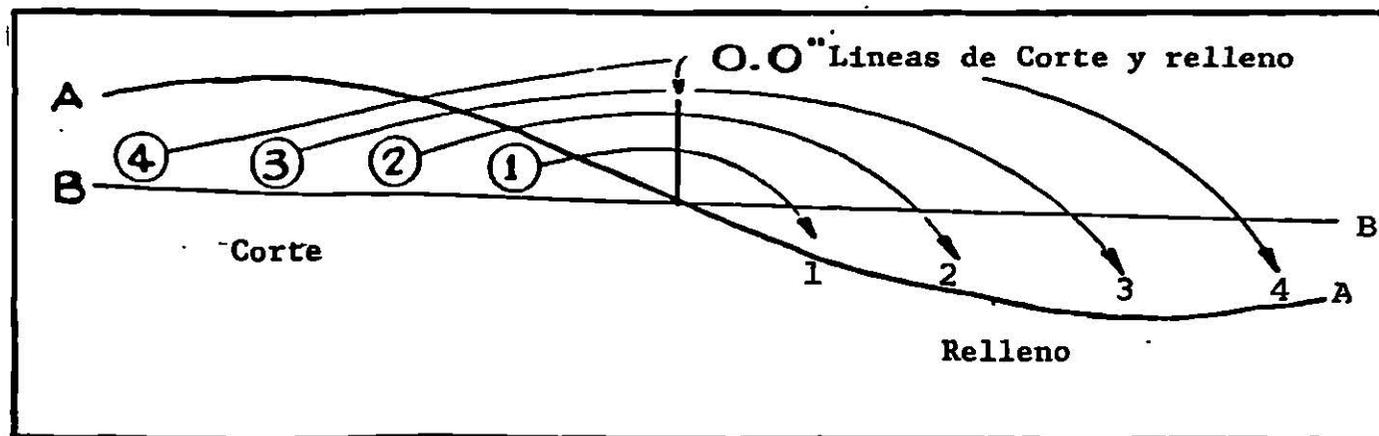


FIGURA 10. Movimiento de suelo.

A - A. Elevación del campo original.

B - B. Elevación proyectada.

Trabajando regresivamente desde el corte, mover el suelo a través de la línea 0.0. Trabajar primero el área 1 -1, después la 2 -2, 3 -3 y 4 -4.

Se obtienen las siguientes ventajas siguiendo lo descrito anteriormente:

1.- Cualquier hojarasca o basura puede ser separada en pequeñas cantidades con una gran cantidad de suelo y extendida

uniformemente a lo largo de el área de relleno. Este extendimiento de hojarasca minimiza el problema de basura.

2.- Trabajando a través del relleno se mantiene el área de trabajo plana y compacta, lo cual minimiza más el arreglo de la nivelación.

3.- La cantidad de agua almacenada cerrará permitiendo más rápido regresar a trabajar. En zonas donde se encuentran instalados drenes, el polvo de corte se puede desplazar por un agujero y bloquear el dren mientras que el otro polvo se desplazará a larga distancia, por lo que si se llega a tapar el dren los días de trabajo se pueden perder debido a que el campo no drena.

4.- Cuando se esté trabajando en campos de alto movimiento y el balance de basura esté en desequilibrio, no se tendrá que mover la basura en el área de corte y remover la basura dentro de un relleno hecho recientemente (4).

#### Entrenamiento del Operador

Se habla específicamente acerca del entrenamiento del operador de escrepas, y en general para agricultores y administradores. Un mal entrenamiento del operador es una falla universal y un gran descuido, el cual cuesta al agricultor cada vez que nivele. Sin importar tiempo y esfuerzo, se debe dar entrenamiento

to al operador. Se debe mover la carga del suelo sobre una línea recta desde el corte al relleno. Figura 11.

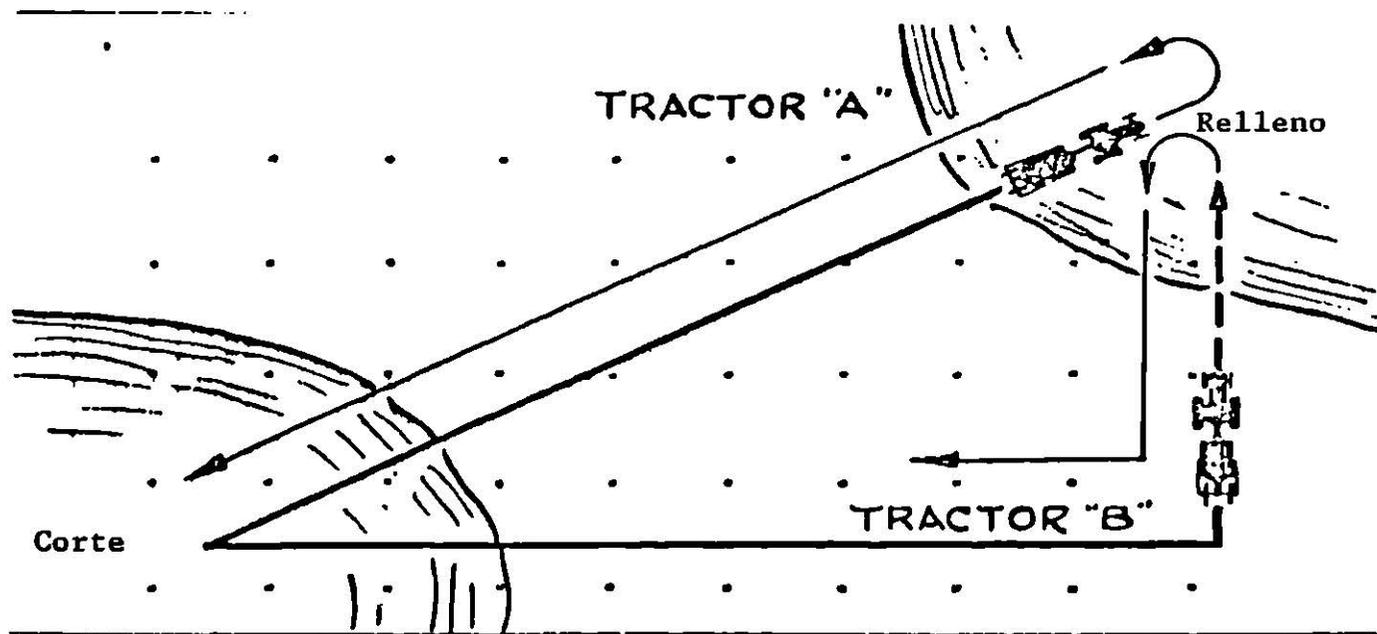


FIGURA 11. Rutas de traslado.

El tractor "A" y el tractor "B" viajan exactamente el mismo punto, pero son diferentes distancias. La causa principal del modelo antieconómico del tractor "B" es que corta a lo largo de la línea de estacas, causando pérdida de la fuerza del tractor, gastando las paredes de la llanta del tractor y poca eficiencia de la escarpa (4).

Normalmente la pequeña área alrededor de cada estaca no se remueve hasta que el modelo esté completo. Si las profundidades de corte se hacen permitiendo un alto montón cerca de la es

taca, puede ser conveniente para remover la estaca; cortar lejos de la estaca y reemplazar la estaca. Tan pronto y como sea posible, las áreas de corte deben ser rastreadas, para mantener la superficie seca y se empiece a endurecer. Esto hará que las preparaciones para el raseo final sean más fáciles. Para obtener un mejor chequeo de la nivelación, algunos contratistas usan un plano del campo, haciendo una pasada con la escrepa de cada línea de estacas en ambas direcciones. Figura 12. La inclinación es checada cerca de la intersección de las dos pasadas.

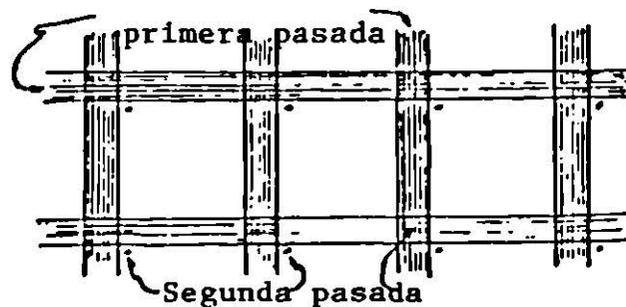


FIGURA 12. Paso de la escrepa para el chequeo final.

Normalmente, las inclinaciones son checadas con una tolerancia permitida de  $\pm 6$  cm. Para el nivel o inclinación del suelo, puede ser necesario checar para  $\pm 3$  cm. Cuando la nivelación del campo ha sido aprobada, las estacas deben ser removidas así como también los montones y depresiones en el cuadrículado de las estacas para el nivel de la superficie y el campo debe ser

discado para el raseo final.

Debido al viaje del equipo de nivelación y que al rasear se ablanda la superficie resultante de la operación de raseo final, por lo tanto el polvo afecta a los residentes cercanos, crea condiciones peligrosas en los caminos cercanos y en condiciones severas puede dañar a los ranchos adyacentes. Esto puede resultar muy severo en suelos secos y altos vientos. Si la humedad del suelo es adecuada, trabajando el campo con pequeños cinceles, o una rastra de dientes puede proveer un rasgamiento suficiente de la superficie para el control del polvo y golpeo del suelo (5).

#### Raseo Final o Emparejamiento

El trabajo pesado de la escrepa debe proveer una superficie tal del campo que dos o tres pasadas sobre el mismo con la maquinaria final, tal como escrepa sin dondo o niveladora de tierra, produzca la uniformidad deseada de la superficie.

Las niveladoras agrícolas son de dos tipos, la niveladora de tierra y la niveladora rastrilladora, ambas son diseñadas para remover pequeñas irregularidades. En un suelo suelto que tenga humedad adecuada, así como uniformidad, el mejor trabajo de la máquina es que afirme la superficie después de que termina el raseo. Debe ser evitado la aridez o sequedad y condiciones

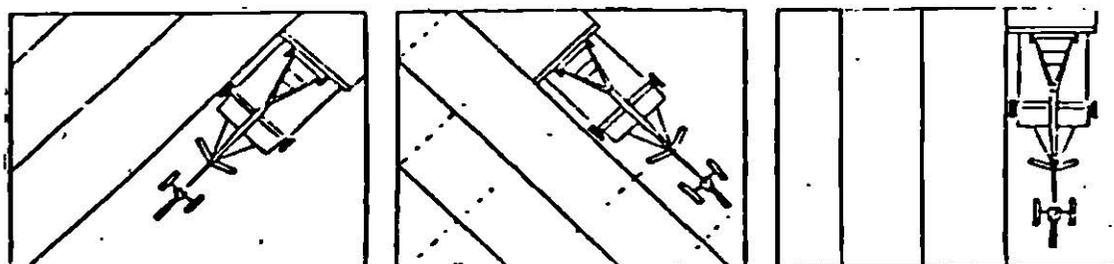
del suelo polvoriento. Cuando tales condiciones existen, el suelo debe ser irrigado. Tan pronto como el campo tenga la humedad adecuada, la superficie debe ser trabajada con una rastra de disco o cincel profundo, antes del raseo final.

En nivelación de tierra, se usan frecuentemente niveladoras de gran longitud, para trabajarse ya sea manual o automáticamente. Se diseñan en longitudes arriba de 27.5 m y con un ancho de hoja arriba de 4.5 m. La niveladora más usada, tiene una longitud de 18.3 m y un ancho de hoja de 3.7 a 4.3 m.

La hoja sobre la nivelación de tierra es puesta a la mitad del camino sobre la nivelación y se ajusta verticalmente de manera que la profundidad de corte y la cantidad de tierra acarreada por la cuchara puede ser regulada. Algunas máquinas son equipadas con controles hidráulicos, así que el operador del tractor puede controlar el nivel de la hoja desde el tractor. Cuando está en operación, la hoja es puesta a un nivel que mantendrá cerca de un tercio a un medio de la carga en la cuchara. Si la hoja es también puesta bajo el suelo, la carga en la cuchara será excesiva, derramando alrededor de la terminación y sobre el tope de la cuchara. Si se pone más alto, el suelo acarreado será insuficiente para rellenar adecuadamente las áreas bajas. Cuando se hace el ajuste adecuado, automáticamente se removerá lo más altas y rellenará las depresiones cer

canas a la mitad de la longitud del plano. Dentro de la longitud de la máquina, se pueden hacer cortes de 6 a 9 cm o menos. Obviamente, la nivelación más larga será mejor.

La operación de corte y relleno se saca paralelamente a la línea del modelo de estacas, en seguida se sacan las primeras operaciones de nivelamiento diagonalmente al modelo de rayado. Usualmente, se dá importancia al raseo final recorriendo la superficie del campo en tres direcciones. La Figura 13 muestra como ésta operación se lleva a cabo normalmente.



Primer paso

Diagonal atravez de toda el area en una direccion

Segundo paso

Diagonal atravez de toda el area contra rí o a la direccion-anterior.

Tercer paso

Direccion de la irri gacion del campo.

FIGURA 13. Operaciones de nivelación final.

Las primeras dos peraciones son en una dirección diagonal, perpendicular una a la otra, y la tercera operación en la dirección de la irrigación. En campos con nivel que son nivela

dos, se hace en la dirección del declive.

Si la plantación de la siguiente cosecha es tardía, puede ser aconsejable plantar un cultivo de cobertura (tupido) para dar protección adecuada para la erosión debido al aire (5).

Alvarado (1985) recomienda que antes de empezar el raseo final o emparejamiento, debe determinarse la profundidad a la que se debe introducir el subsuelo, efectuar un muestreo del área para determinar los niveles de compactación. En cada uno de los puntos del muestreo se colocará el implemento, poniendo el pie del mismo ligeramente abajo de la capa compactada; se hace avanzar el implemento y se medirá la fractura total para determinar la distancia de repetición del paso del subsuelo.

Si las muestras resultan diferentes tanto en profundidad como en distancia de repetición, es recomendable tomar la mayor profundidad y la menor distancia de repetición asegurando así, la fracturación total de la capa compactada. Con lo anterior, también se podrá determinar que implementos usar antes del raseo final (1).

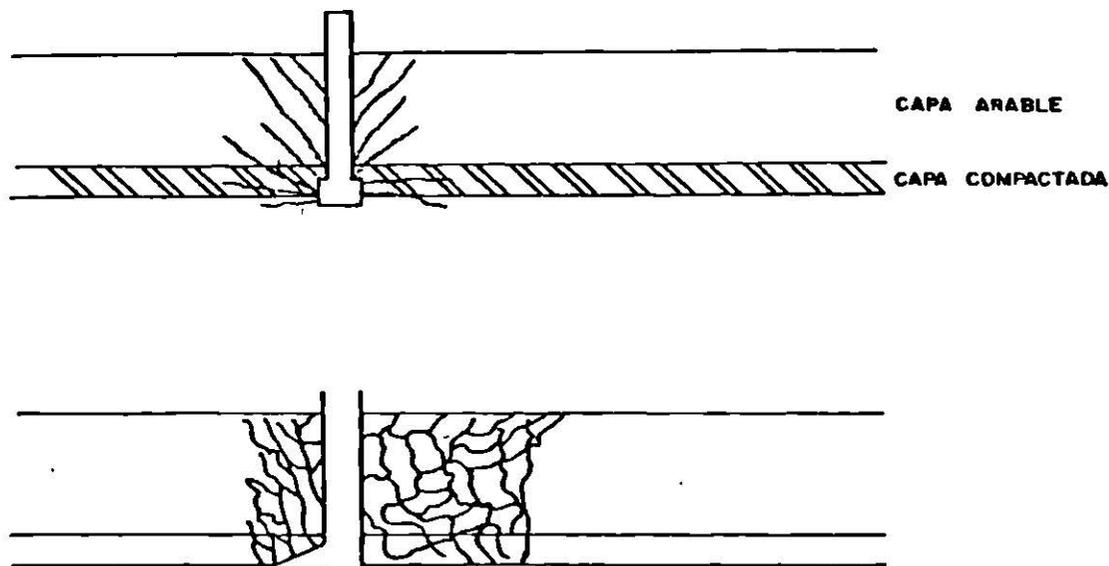


FIGURA 14. Funcionamiento del subsuelo.

Al llevar a cabo la operación de raseo, se pierde tiempo considerable al hacer las vueltas en los límites del campo. En la Figura 15 se muestra como las dos primeras operaciones diagonales de nivelamiento se pueden sacar para cubrir el campo en mínimo tiempo con dos pasadas.

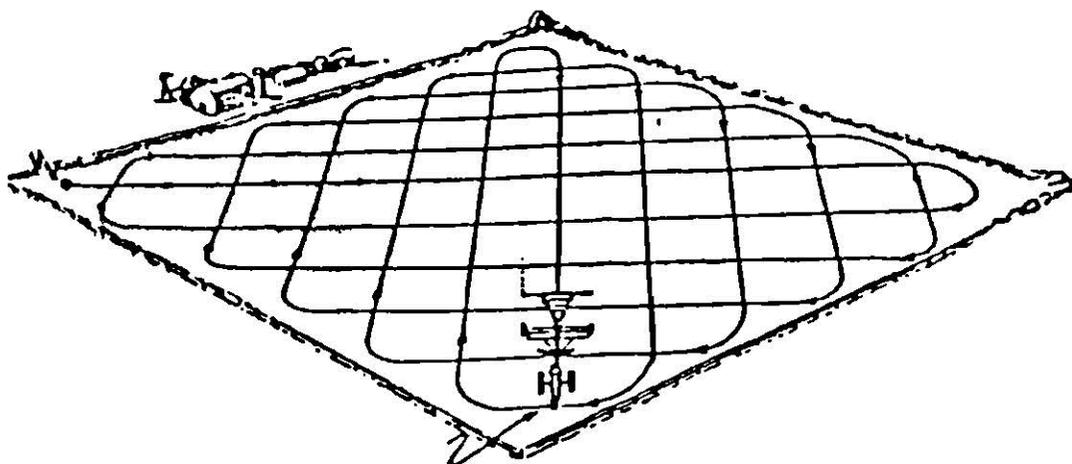


FIGURA 15. Operación diagonal en el campo.

Con ésto se puede reducir un 25% el tiempo requerido para nivelar el campo entero en una dirección diagonal y repitiendo la operación en ángulos rectos a la primera operación (5).

### Mantenimiento Anual

La nivelación de tierras requiere de una inversión de capital. El mantenimiento anual es una parte importante de la operación del agricultor para obtener la ganancia propia sobre la inversión. Un tratamiento especial y un mantenimiento anual es necesario para una producción completa y mantener una superficie uniforme. La labranza tal como aradura y rastreo, profundidad del escarificador o subsuelo, después del raseo mezclando el suelo, aflojando las áreas que han sido compactadas y permitiendo que raíces, aire y agua penetren más fácilmente. En general, donde existe mayor profundidad de corte y relleno, es donde se tendrán mayores problemas. Si la nivelación de tierras tiene expuestos subsuelos infértiles se debe checar y ajustar el pH del suelo, es un buen plan sembrar una cosecha verde para agregar materia orgánica. Las aplicaciones pesadas de estiércol se pueden usar con la materia orgánica verde de la cosecha o en lugar de ella. Esto debe ser seguido por la aplicación de un fertilizante comercial para las áreas de corte, para recuperar la fertilidad. Se debe hacer una prueba del suelo y se debe corregir todas las deficiencias en elementos básicos. Minerales,

tales como el hierro y el zinc, algunas veces son deficientes en las áreas de corte (4, 5).

### Costo y Contratación

El costo del trabajo en la nivelación de tierras, depende de los siguientes factores: topografía, condiciones del campo, longitud de acarreo, volumen total y el volumen de la tierra movida por hectárea, tipos de maquinaria usada, y la habilidad del operador. El contrato es tomado en base a una yarda cúbica o un metro cúbico, otra es tomar como base el volumen de tierra por unidad de área (4, 5).

La nivelación la puede hacer: a) un ingeniero que supervise y calcule la nivelación del terreno y un contratista de movimiento de tierra para que ejecute la nivelación, b) contratar una empresa para efectuar los trabajos de ingeniería y los de nivelación; c) realizar uno mismo todo o parte del trabajo (2).

### Manejo y Efectos

Alvarado (1985) dice que el movimiento del suelo en la capa arable no deberá exceder de 5 a 10 cm por ciclo, por lo cual, el período de raseo será aproximadamente de 4 a 5 años.

Durante el período mencionado se harán dos series consecutivas de pasos, con dos pasos cada uno, siendo requisito

esencial que los pasos de cada serie sean perpendiculares entre sí.

A fin de mantener la nivelación en los años subsecuentes, se podrá efectuar los pasos de una serie, dado las series en forma alternada.

#### Deficiencias de Nutrientes en Zonas de Corte Pronunciados

Nelson y Crawford, en estudios llevados a cabo en la cuenca de Columbia, indican que, donde se hacen cortes mayores de 30 cm y donde se han hecho rellenos de más de 30 cm, usando subsuelo, la vegetación tarda varios años en establecerse. Los mismos autores calculan que alrededor de 5 - 50% del área de una unidad nivelada, dependiendo de la magnitud de los movimientos, pueden mostrar efectos adversos en los cultivos. Estiman que, sobre-fertilizando las zonas de corte puede remediarse el efecto, salvo aquellos casos donde la práctica de nivelación deja al descubierto lechos de arena gruesa, grava, caliche o roca; en esas situaciones el mayor problema recae en la condición de baja retención de humedad que éstos materiales muestran; para éstos casos recomiendan los autores riegos más ligeros pero con mayor frecuencia (2).

Algunos autores como Lutwich y Hobbs, trabajando con dos suelos de Alberta, Canadá, encontraron que, en ningún caso de

subsuelo fertilizado produjo tanta alfalfa como el suelo superficial fertilizado (2).

#### Cambio de Salinidad

Es muy probable que con los movimientos de tierra efectuados durante la nivelación, queden expuestos en la superficie manchones salinos al ocurrir los cortes, o bien, que durante los rellenos se cubra con un suelo ensalitrado, superficies que originalmente no presentaban problemas de sales (2).

#### Deterioro de las Condiciones Físicas en las Zonas de Corte

Es un hecho que la densidad aparente de los suelos aumenta con la profundidad, tal como lo demostró García Lagos, en un estudio hecho en Carolina del Norte. El gradiente de densidad aparente obedece a la disminución de contenido de materia orgánica con la profundidad, y por ende, la disminución en el índice de agregados del suelo. El peso mismo de las capas superiores ayuda en la compactación de las capas profundas.

Al efectuar cortes profundos con la nivelación, quedan expuestas las capas inferiores, las cuales muestran una mayor compacidad que el suelo superficial original; ésto se refleja en un menor desarrollo vegetativo debido al bajo intercambio de gases entre el suelo y la atmósfera y a una penetración po-

co eficiente de la humedad al efectuarse los riegos (2).

### Evitar la Compactación en la Zona de Corte

La compactación es la reducción del volumen de una masa de suelo causada por una fuerza (peso) aplicada al suelo. Eso reduce el volumen de poros del suelo y, consecuentemente el aire. También hace más difícil la penetración de las raíces.

Un estudio de la Universidad Estatal de Iowa, indica que la absorción de potasio (K) del maíz se redujo 70% de suelo gravemente compactado, la de nitrógeno en 30%, la de magnesio en 20% y la de calcio en 10%. La reducción depende del tipo de suelo y del grado de compactación.

La aplicación de fertilizante adicional no corrige esos problemas ni tampoco el uso de híbridos o cultivares más eficientes en la utilización de los elementos nutritivos. Hay que tener presente que la absorción de los elementos nutritivos por las plantas, depende de la disponibilidad de oxígeno en la rizófera, condición de la que carecen los suelos compactados, por tener menor volumen de poros (6).

Según algunos autores, el nivel de compactación requerido para detener el crecimiento de la raíz es a una resistencia de  $300 \text{ lb/pl}^2$  a un penetrómetro de cono.

A medida que el suelo se vuelve más compacto, el crecimiento se hace más lento, las raíces muestran la tendencia a volverse más gruesas y no desarrollan tantas raíces laterales, que a su vez no producen raíces alimentadoras como en suelos menos apisonados (7).

La erosión del suelo y la compactación van juntas. El agua no penetra fácilmente en suelos compactados y aumenta el escurrimiento en la superficie. Las causas de la compactación del suelo son muchas y muy variadas. La más común es la labranza del suelo húmedo.

El peso de los equipos es el principal factor en el grado de compactación debida al tránsito (6).

El tránsito y las herramientas de labranza son los dos factores que contribuyen a producir un efecto acumulativo en la producción de resistencia del suelo cada vez mayores (7).

Las cargas de eje de los vehículos agrícolas modernos pueden ser entre 10 y 20 toneladas, peso capaz de compactar cualquier suelo a profundidades de 60 a 75 cm, dependiendo del tipo de suelo entre otras condiciones.

La compactación debajo de los 75 cm se considera como compactación del subsuelo.

La compactación del suelo se limita a los 20 a 25 cm superficiales si el peso sobre cada eje del vehículo no pasa de 5 toneladas (6).

A medida que los suelos se volvían más firmes después de la labranza, investigaciones efectuadas con un sacamuestras o implementos de excavación, confirmaron que la mayor resistencia se encontraba en el suelo inmediatamente debajo de la profundidad de labranza y que disminuía un poco más abajo de dicha profundidad de labranza. Esta condición se denominó acertadamente "suelo de arado" y ésta afecta la producción de los cultivos.

El grado de compactación del suelo y la profundidad a que ocurren, dependen considerablemente de la presión por centímetro cuadrado ejercida por la superficie de contacto con el suelo y de la cantidad de pasadas hechas en el mismo camino (7).

#### Maquinaria para Nivelación de Tierras

Las escrepas con descarga de fondo se conocen con el nombre de escrepas transportadoras. Son excavadoras muy versátiles con una caja central que excava, acarrea y tiende cargas. Existe una gran variedad de tipos y tamaños. Su capacidad enrasada está comprendida entre 7 y 40 yd<sup>3</sup>, pero también hay unidades menores y mayores.

La escrepa típica moderna es la de autopropulsión, montada en neumáticos, suele ser de dos o tres ejes. Los controles son por lo general hidráulicos, pero pueden ser de cable o combinación de cable e hidráulicas.

Los modelos estándar o tradicionales tienen potencia y tracción suficiente para la mayor parte de las necesidades de acarreo, pero requieren de auxilio de tractores empujadores o de otras máquinas para excavar con eficiencia.

Las escrepas de carga automática, que de ordinario no necesitan el auxilio de empujadores, pueden tener dos motores con ejes de propulsión separados para disponer de mayor potencia, o un elevador que reduce la resistencia de la carga.

También hay escrepas completamente remolcadas. La escrepa excava, acarrea y distribuye en un solo ciclo. Trabaja con capas delgadas en el corte y en el terraplen, sin tener límite en el número de capas, de manera que su eficiencia no se afecta especialmente por la profundidad del corte o por la altura del terraplen.

En algunos modelos, la distancia económica de acarreo varía de menos de 30 m a varios kilómetros. Donde las condiciones son favorables, pueden mover tierra a un costo menor por yarda cúbica que cualquier otro equipo para mover tierra, excepto las

palas gigantescas, las dragas de arrastre.

No sólo es una máquina excelente para mover grandes volúmenes, sino también para hacer transformaciones de precisión. La cuchilla va entre las ruedas delanteras y las traseras, de manera que no la afecte el cabeceo, y el operador puede controlar su posición con mucha precisión (8).

#### Equipo de Tractor y Escrepa

La escrepa estándar o tradicional del año 1975, es una máquina de autopropulsión, pero que no se autocarga. Consta de dos unidades diferentes: el tractor y la escrepa, que se conectan con un pasador giratorio y las tuberías hidráulicas; al conducir, las dos partes tiran en ésta articulación

Las piezas básicas para la operación de la escrepa son tres: la caja, el delantal y el eyector o puerta trasea. Además, lleva el cuello de ganso y el yugo, y las ruedas de la escrepa (8).

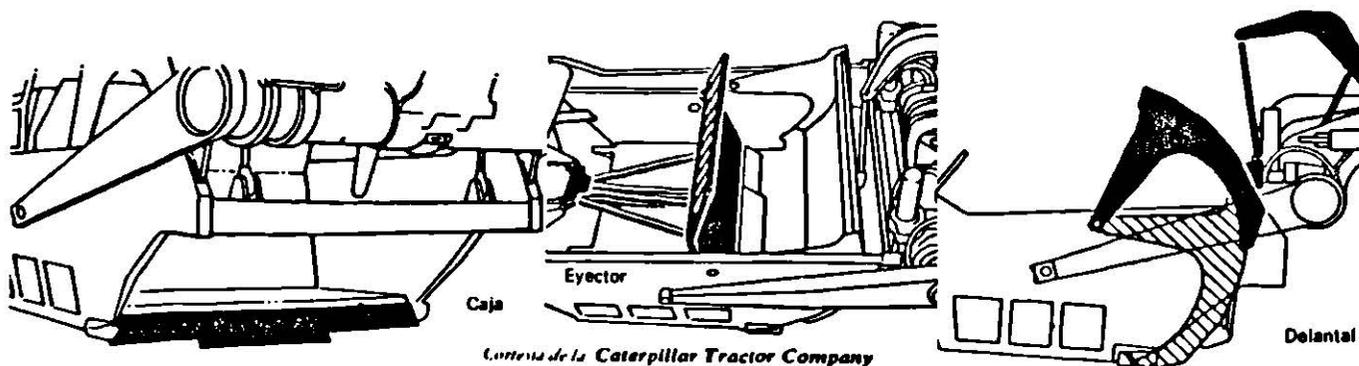
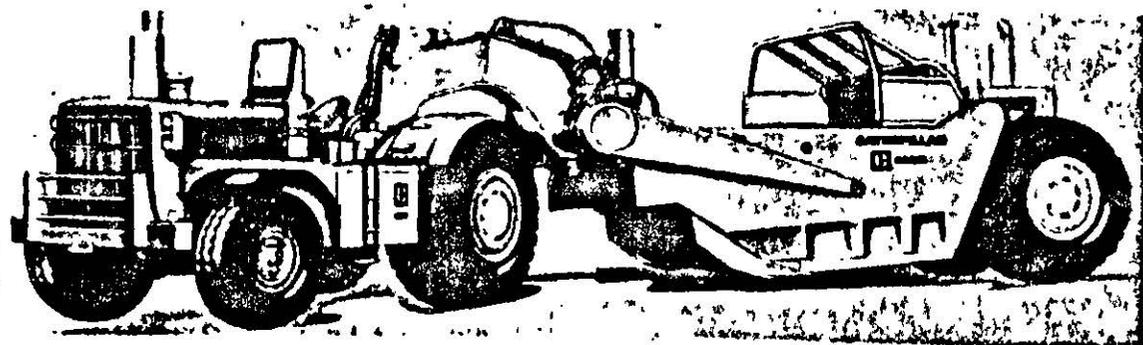


FIGURA 16. Caja, eyector y delantal de la escrepa tradicional.

El tractor está formado por el motor, el tren de propulsión y las ruedas motrices, las bombas hidráulicas, y la cabina del operador. Está unido en forma más o menos permanente a la escrepa por una junta giratoria o articulada.

Escrepa de tres ejes. La escrepa de tres ejes tiene las ventajas de la buena estabilidad, superior rodabilidad a elevadas velocidades, tanto cargada como vacía; y una marcha muy cómoda. Es, en definitiva, superior a los modelos de dos ejes en los trabajos en acarreos largos. Sin embargo, su maniobrabilidad, es mala; la atracción es más débil por el peso que descansa sobre las ruedas delanteras se pierde para impulsar las ruedas (8).

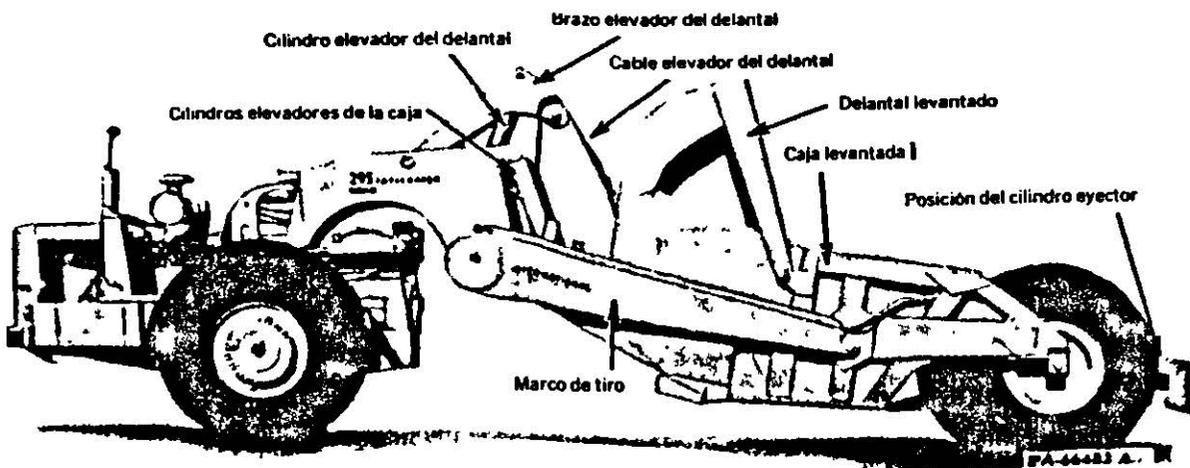


*Cortesía de Caterpillar Tractor Company*

FIGURA 17. Escrepa de tres ejes.

Escrepa de dos ejes. La mueve un tractor con un solo eje de propulsión. La estabilidad se la da la escrepa que lleva un da. El motor queda volando hacia adelante, con todo su peso sobre las ruedas propulsoras.

La conexión articulada, y lo alto del arco del yugo, permite dar vueltas muy cerradas, hasta de  $180^\circ$  de un lado al otro, en consecuencia, la unidad es muy maniobrable, y puede dar a menudo vueltas en tramos de longitud igual a la propia.



*Cortesía de la International Harvester Company*

FIGURA 18. Escrepa de dos ejes.

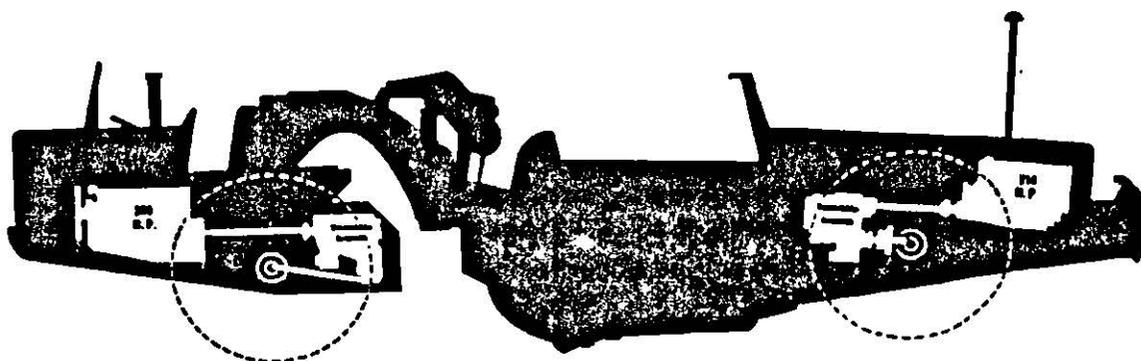
### El Tractor Empujador

La escrepa tradicional con un solo par de ruedas propulsoras no cuenta con suficiente potencia o tracción para cargarse por sí misma. Puede excavar unas cuantas yardas cúbicas luego el peso de esta carga parcial impide la entrada de más tierra. La potencia adicional se obtiene de dos o más tractores empujador de orugas o de propulsión en las cuatro ruedas.

Carga de tiro y empuje. Las escrepas pueden usarse para ayudar a cargarse entre sí. Las dos se conectan durante la carga por defensa de empuje, o por cables, o ganchos. Se concentra la potencia de las máquinas para cargar una de ellas. Cuando está llena, se levanta su caja y toda la potencia se desvía a la otra (2).

### La Escrepa de dos Motores

La potencia de una escrepa puede incrementarse al doble y por lo tanto su tracción montando un segundo motor atrás. La propulsión con un segundo motor es mejor para la carga que el de tiro y empuje, porque todas las ruedas son propulsoras, y la relación de potencia-peso es mucho mayor. La máquina tiene ventajas sustanciales de maniobrabilidad, aceleración y capacidad para subir en pendientes empinadas o resbalosas y para trabajar en forma independiente.

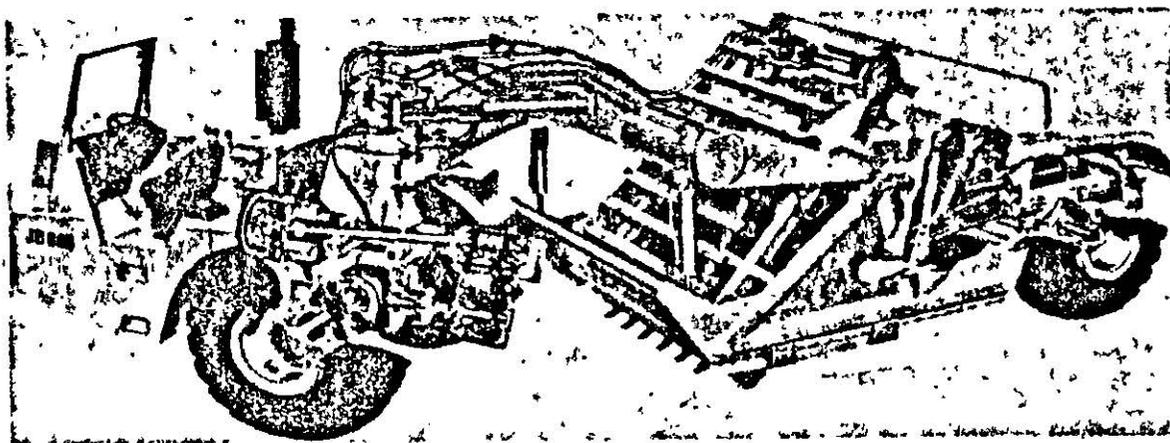


*Cortesía de Euclid Division, General Motors Corporation*

FIGURA 19. Escrepa con propulsión de dos motores.

#### La Escrepa Elevadora

La escrepa elevadora que así se llama, es en realidad una verdadera máquina que se autocarga (8).



*Cortesía de Deere & Company*

FIGURA 20. Escrepa elevadora.

#### Escrepa Remolcada

Esta fue tipo dominante durante muchos años. Ha sido reemplazado por las máquinas más rápidas y más versátiles de autopro

pulsión. Lo principal de la escrepa es que consta de dos partes: el yugo delantero, que incluye un travesaño y un par de brazos que se extienden hacia atrás y hacia abajo de él; y la caja que está articulada en los brazos del yugo, gira en el eje trasero y forma parte de la caja.

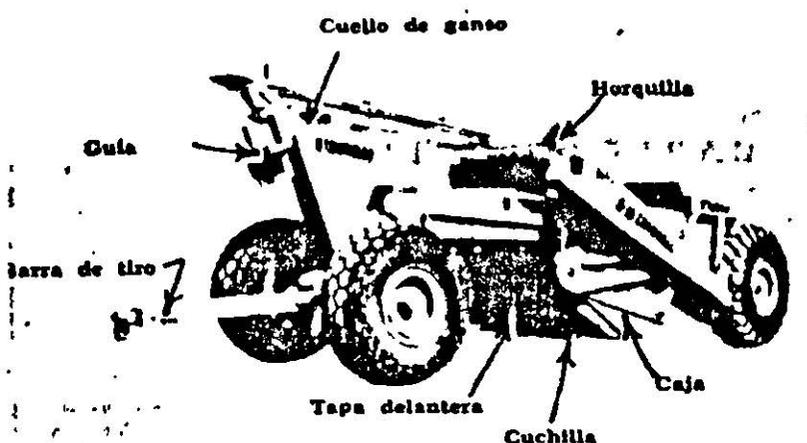


FIGURA 21. Partes de la escrepa.

### Escrepa Agrícola

La escrepa agrícola es un implemento comúnmente de tiro, es solamente una caja para poder transportar una carga de tierra a una distancia determinada. Estas unidades normalmente es tán equipadas con dos llantas en su sección posterior que le sirven para fijar su altura respecto al suelo, y que en el momento de carga permiten que la sección delantera de la escrepa (en cuyo piso y parte frontal va montado una cuchilla) pueda ser graduada para efectuar los cortes que se deseen hacer den-

tro del terreno.

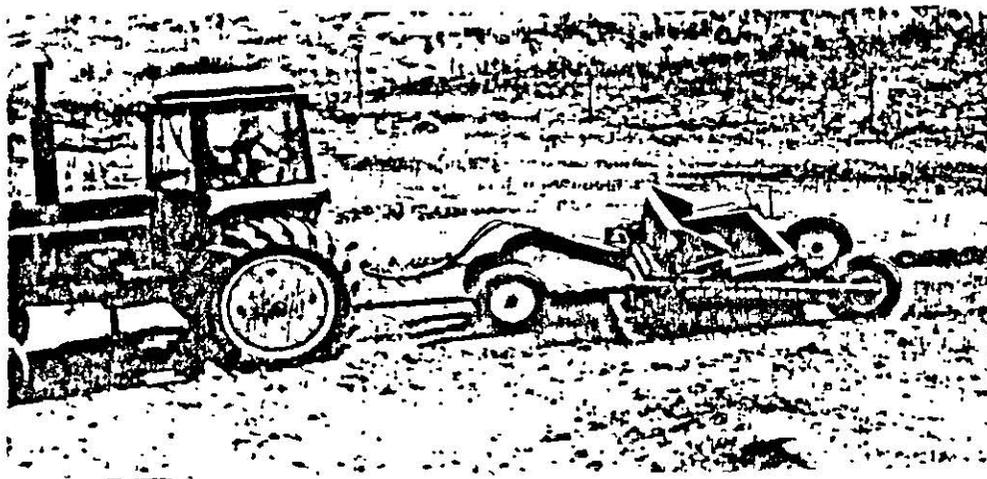


FIGURA 22. Escrepa agrícola de tiro.

Clasificación de las Escrepas Agrícolas de una Compañía Extranjera.

Escrepas agrícolas para tractores menores de 100 caballos de fuerza. Las escrepas 4c, 5c, 5cH y 6c son diseñadas para trabajos agrícolas más pequeños y para tractores abajo de 100 caballos de fuerza.

Estas escrepas caracterizan la bisagra límite, diseño que mantiene bajo el ángulo de la cuchilla para reducir la presión de la carga y requerimiento de caballos de fuerza. Un ángulo bajo de la cuchilla significa que la tierra no tiene que ir cuesta arriba a través de la cuchilla.

Estas son más cortas y más maniobrables, con el enganche directo, aunque el peso extra se transfiere a el manejo de las ruedas del tractor para maximizar productividad mientras se carga. Cada característica de éstas escrepas separa el control hidráulico de la puerta y la cuchara para dar más yardaje en cada ciclo. Este tipo de escrepas tienen dos clases de enganche. En enganche estándar es usado para operaciones sencillas de la escrepa o para trabajos que se sujeten directamente a la barra estándar del tractor por medio de un perno. El yugo o tirón opcional se requiere para las escrepas posteriores en una operación de tandem y se recomienda para conducir escrepas y para faenas pesadas, la cual se requiere para el enganche del yugo.

La 6c tiene capacidad de enganche de tandem y puede ser usada para conducir escrepas en un tandem adaptado. Las líneas hidráulicas y el enganche de la parte posterior son estándar. La 5cH fue diseñada especialmente para proveer una unidad láser adaptable en la clase de los 100 caballos de fuerza. Esta tiene una ménsula opcional laser y puede fácilmente ser enganchado a un sistema laser.

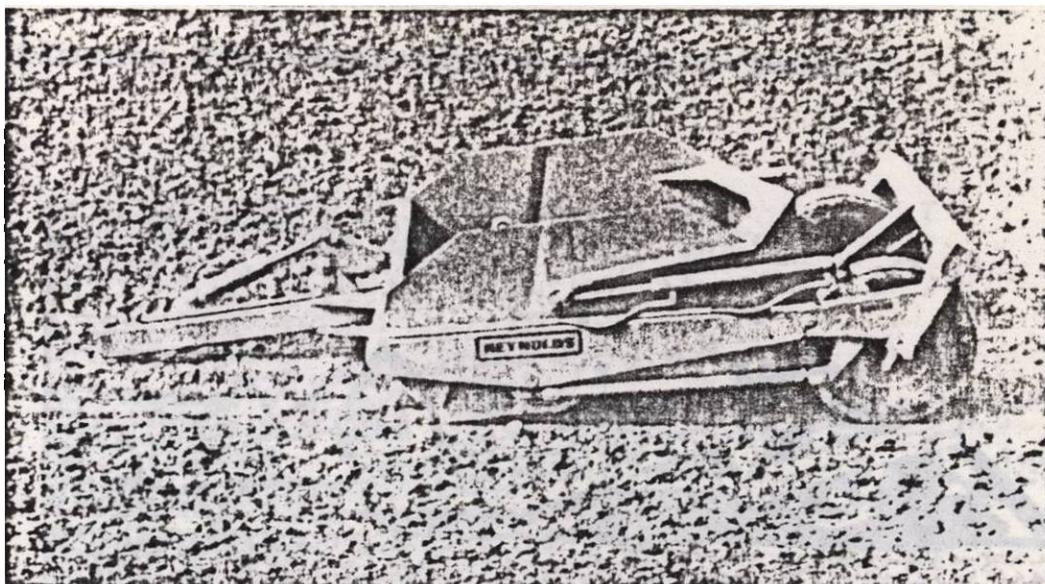


FIGURA 23. Escrepa agrícola para tractor menos de 100 caballos de fuerza.

Escrepas agrícolas para tractores mayores de 100 caballos de fuerza. Estas escrepas requieren solamente dos circuitos hidráulicos por escrepa. La compuerta y la operación de la caja es completa con una válvula hidráulica que permite más de una función a ejecutar con cada palanca hidráulica. Los sistemas hidráulicos trabajan a 3000 PSI.

Estas escrepas vienen con enganche de yugo diseñado para enganchar directamente a la barra del tractor sin ruedas remolcadoras, éste enganche de yugo permite que se agregue suficiente peso al tractor y dá tracción extra si es necesario. El enganche de yugo adicional provee a la escrepa de excelente movimiento en operaciones rudas. La barra especial Reynolds para

trabajo mecánico pesado requiere enganche de yugo. Estas escrepas fácilmente son adaptables a control laser.

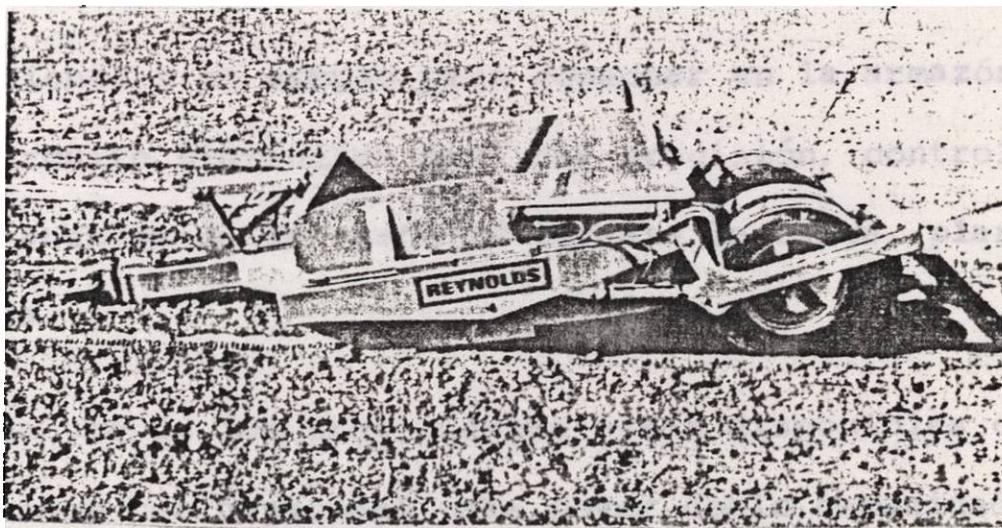


FIGURA 24. Escrepa agrícola para tractores mayores de 100 caballos de fuerza.

Escrepas agrícolas con cuchilla fija. Esta fue diseñada específicamente para mover gran volumen de tierra y terminar con precisión laser con la misma máquina.

Esta está disponible en tres tamaños: los modelos de 12, 15 y 18 yardas cúbicas.

La característica de la de 12 yardas cúbicas es la anchura del corte de 12 pies mientras que los modelos de 15 y 18 yardas tienen un ancho de corte de 14 pies.

Los tres modelos tienen control independiente de la altu-

ra de la cuchilla y la descarga de la caja y requiere solamente para operación dos circuitos hidráulicos por escrepa.

El sistema laser es fácilmente montado sobre un soporte laser opcional y es simple para conectar en la armazón cilíndrica del circuito hidráulico para dar precisión, control automático de la anchura de la cuchilla durante la carga, planeamiento y descarga.

Cada uno de los tres modelos están disponibles con enganche de tandem con capacidad para mover doble capacidad de tierra.

Los modelos de cuchilla fija son diseñados para ser enganchados directamente a la barra del tractor.

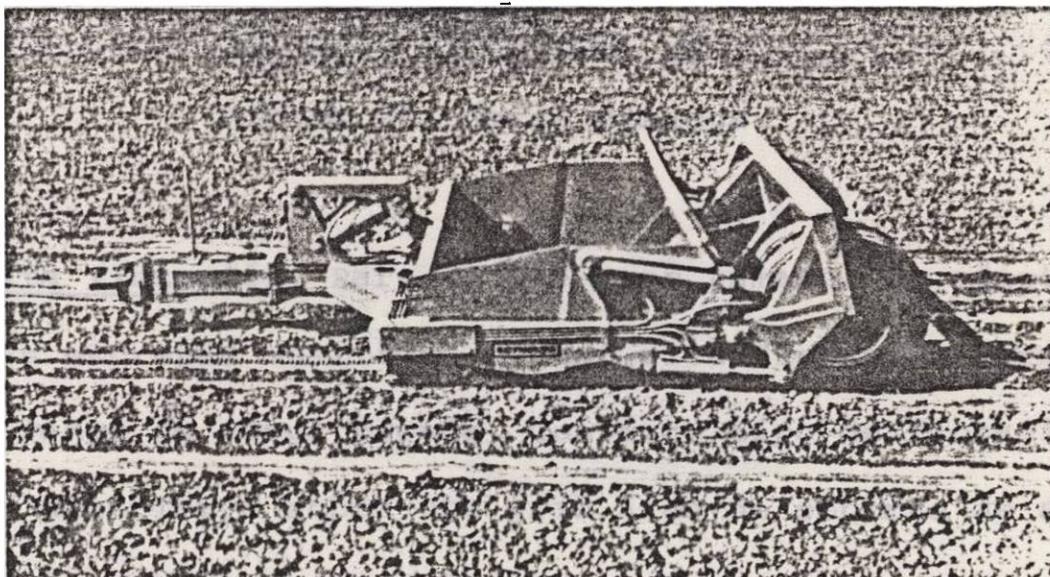


FIGURA 25. Escrepa agrícola con cuchilla fija.

## Características Especiales de las Escrepas Agrícolas

Carga directa. Esta característica se dirige a la seguridad de la carga y es fácil y rápida sin que exista un alto costo, o elevadores, cadenas y manejadores que gasten fuerza. La carga fácil resulta de la armazón de bisagras que mantiene el ángulo bajo de la cuchilla para reducir la presión de la carga y los requerimientos de los caballos de fuerza. El ángulo bajo de la cuchilla significa que la cuchilla no debe ser forzada a través de la cuchilla al cargar. Con ésta no hay necesidad de limpiar o excavar la tierra para obtener la carga.

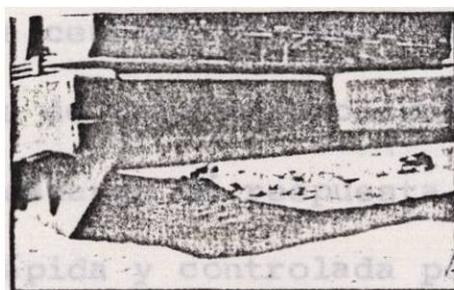


FIGURA 26. Carga directa.

Alta flotación. Para uso de gran tamaño, la adaptación de todas las escrepas multitiro tienen alta flotación permitiendo un alto rango de carga pesada. Con éste tipo de flotación la carga se distribuye sobre una gran área de soporte de suelo reduciendo la compactación del campo.

Cada libra de escrepa carga aproximadamente de cuatro a

cinco libras de carga, así el total de la tierra cargada representa  $4/5$  del peso total.

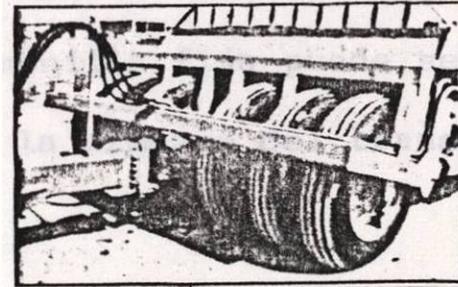


FIGURA 27. Alta flotación.

Caja pivoteada de descarga. Estas escrepas se caracterizan por un pivote central de descarga. La caja es controlada por dos cilindros de caja sincronizados puestos en cada lado de la caja. La descarga dá respuesta y regresa a la posición de excavar que es rápida y controlada por una palanca hidráulica.

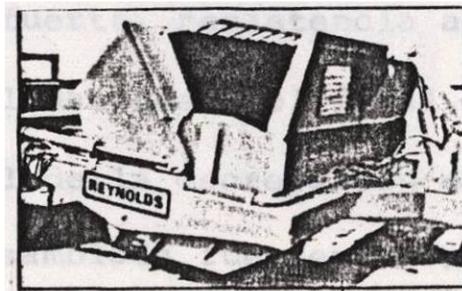


FIGURA 28. Caja pivoteada de descarga.

Cuchilla fija. La caja de la escrepa de cuchilla fija tiene una articulación de bisagra atrás de la cuchilla fija de corte. Cuando la carga es descargada, la tierra derramada sobre la cuchilla es ampliada por la acción de planeamiento de la escrepa. La escrepa de cuchilla fija puede ser nivelada de lado a lado con un ajuste en la armazón del transporte o en el eje de las ruedas.

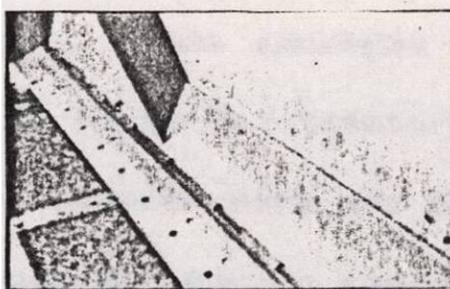


FIGURA 29. Cuchilla fija.

Puntos de uso reemplazables y cuchilla. Todas las escrepas vienen con cuchilla de afilación propia. Este doble filo, reversible, tratado fuerte, resistencia abrasiva, cuchillas de acero permanecen afiladas hasta el final. Puntos de uso reemplazables sobre el panel de la escrepa son estándar junto con la cuchilla montada, ensamblada fuertemente, lo cual ayuda a dar facilidad de carga en condiciones realmente duras.

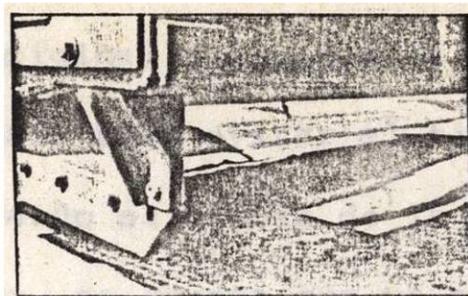


FIGURA 30. Cuchilla.

Enganche ajustable. Estas escrepas son diseñadas para enganchar directamente la barra del tractor sin requerir gato para las ruedas, y este enganche hace más corta y más maniobrable las escrepas y son equipadas con un enganche multiajustable. Estos enganches permiten el ajuste de la altura de la escrepa para óptima ejecución en cualquier tractor.

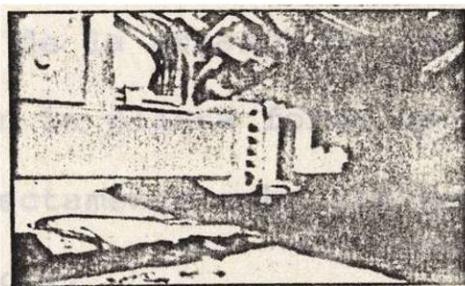


FIGURA 31. Enganche ajustable.

Barra. La barra se requiere para todas las escrepas con enganche de yugo. Cada barra es diseñada y construída para reemplazar la unidad original e igualar la escrepa al tractor para óptima productividad. Para evitar el tiempo consumido en el cambio de la barra cuando se cambia de la escrepa a otros implementos tipo abrazadera, se cuenta con un adaptador de barra que convierte la barra a una abrazadera tradicional tipo enganche con una punta de barra singular.

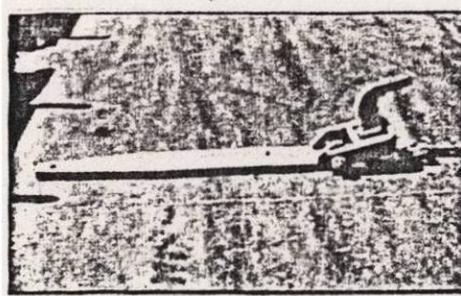
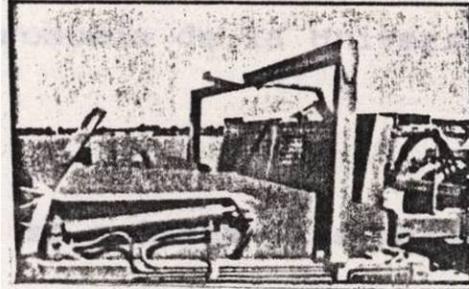


FIGURA 32. Barra.

Adaptabilidad Laser. El laser se conecta rápidamente al circuito hidráulico de la armazón de los cilindros y el laser recibe cantidades en la planta forma opcional laser. El receptor se localiza directamente sobre la punta de corte para rapidez y respuesta exacta.

Con la adición de un sistema laser a la escrepa, una unidad puede hacer el movimiento de tierra y el raseo final.



**FIGURA 33. Adaptabilidad laser.**

## MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizo en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en Marín, N.L.

A continuación se enlistan los materiales empleados en el presente trabajo.

- Tractor 4435 Turbo de 160 C.F. en el volante John Deere.
- Dos escrepas agrícolas hidráulicas de tiro con una capacidad de 3.5 m<sup>3</sup> cada una con enganche de tandem.
- Cronómetro.
- Tránsito.
- Nivel.
- Balizas.
- Fichas.
- Cintas.
- Estacas de 1.20 m por 1/2" x 1/2".
- Calculadora.
- Penetrómetro.
- Marcadores de patinaje.

La metodología empleada se hizo de la siguiente manera:  
Selección del lote en cuestión.

El criterio empleado en la selección del lote es

que el Campo Experimental de la F.A.U.A.N.L. tenía programado a nivelar con el fin de incrementar tierras niveladas y que este lote una vez nivelado y que se haya recuperado hasta un cierto punto la fertilidad del suelo perdida por el movimiento de tierras mediante el enterrado de abonos verdes y aplicaciones de materia orgánica (estiércol, gallinacia, compost). Dicho lote de 5.83 hectáreas serían destinado para la realización de trabajos de tesis. Para que las láminas de riego y la profundidad de infiltración sean uniformes.

#### Labores de Preparación

**Rastreo.** Primeramente el terreno fue rastreado para la eliminación de malezas y residuos de la cosecha anterior, ya que la presencia de alguna vegetación sobre el terreno impide al operador del equipo observar las estacas del terreno y como dificulta la operación del equipo.

**Levantamiento.** Topográfico, se hizo necesario para el cálculo del área.

**Cuadrículado y Estacado.** Para facilitar el cuadrículado se hicieron líneas guías y el espaciamiento entre estacas fue de 20 x 20 metros. Acotamiento del terreno. Se tomaron todas las cotas de las estacas que conformaban la cuadrícula.

## Cálculo de Gabinete

Elaboración del plano en curvas a nivel, donde el intervalo vertical entre curvas de nivel depende de la pendiente dominante y de la escala.

Intervalo vertical                    ==            10 x S (%) = cm.

Entre curvas de nivel                    S (%) = pendiente.

Areas de nivelación separada. La nivelación se efectuó en una sola área.

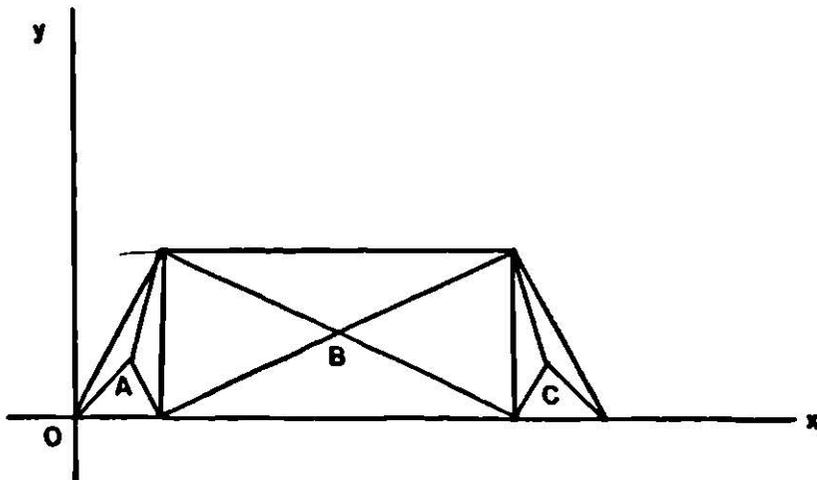
En base a lo anterior se planteó el trabajo de cortes y rellenos; para eso se utilizó el método de mínimos cuadrados.

1.- Localización del centroide, como la forma del terreno es irregular, se utilizó el método de los momentos.

### Procedimiento:

- a) Se pone en el plano "X" y "Y" a escala.
- b) Se divide en formas regulares.
- c) Se localiza el centroide de cada figura por sus centros geométricos.
- d) Se pondera.

Ejemplo:



$$\bar{X} = \frac{X_a A + X_b B + X_c C}{A + B + C}$$

$$\bar{Y} = \frac{Y_a A + Y_b B + Y_c C}{A + B + C}$$

A, B, C = Son las áreas de las figuras correspondientes y se pueden calcular por el planímetro o por geometría.

2.- Cálculo de la cota del centroide.

$$H_c = \frac{\sum (h \times a)}{\sum a}$$

$$H_c = \frac{(h_1 \times a_1) + (h_2 \times a_2) + \dots + (h_n \times a_n)}{a_1 + a_2 + \dots + a_n}$$

Hc = Altura de la cota del centroide.

h = Cota de la cuadrícula.

a = Area de la cuadrícula.

3.- Pendiente del plano.

Cálculo de razante que pasa por el perfil promedio.

$$S = \frac{\sum(D\bar{h}) - \frac{(\sum D)(\sum \bar{h})}{N}}{\frac{\sum D^2 - \frac{(\sum D)^2}{N}}{N}}$$

S = Pendiente del terreno.

SL = Pendiente longitudinal.

ST = Pendiente transversal.

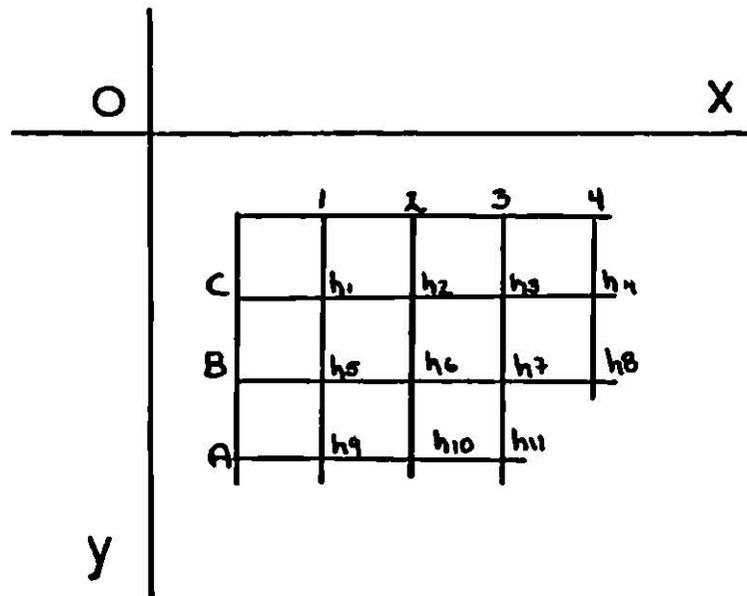
Según la dirección en que se toman los factores de la fórmula.

D = Distancia normal desde el punto de origen (o) hasta la estación del perfil promedio que se considere.

h = Cota del campo en la estación considerada del perfil promedio.

N = Número de estaciones del perfil promedio considerado.

Ejemplo.



$$h_C = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \quad \frac{h_C}{4} = \bar{h}_C$$

$$h_B = h_5 + h_6 + h_7 + h_8 \quad \frac{h_B}{4} = \bar{h}_B$$

$$h_A = h_9 + h_{10} + h_{11} = \frac{h_A}{3} = \bar{h}_B$$

$$h_1 = h_1 + h_5 + h_9 \quad \frac{h_1}{33} = \bar{h}_1$$

$$h_2 = h_2 + h_6 + h_{10} \quad \frac{h_2}{3} = \bar{h}$$

$$h_3 = h_3 + h_7 + h_8 \quad \frac{h_3}{3} = \bar{h}_3$$

$$h_C + h_B + h_7 = h_1 + h_2 + h_3 + h_4$$

#### CALCULO DE LA PENDIENTE NORTE-SUR (TRANSVERSAL)

$$D = 20 \text{ m.} = 1 \text{ (es proporcional)}$$

$$(Dh) = h_C + 2h_B + 3h_A$$

$$(D) = 1 + 2 + 3$$

$$h = h_C + h_B + h_A$$

$$D^2 = 1 + 4 + 9$$

$$(D)^2 = (1 + 2 + 3)^2$$

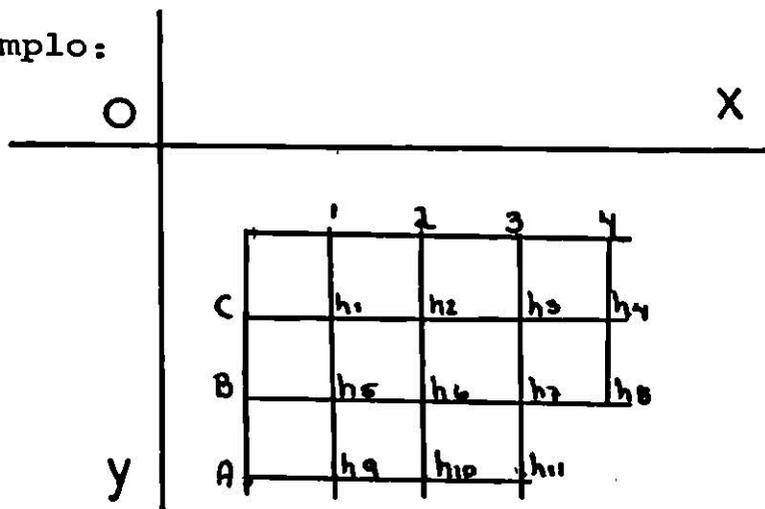
$$N = 3$$

$$A + B + C = 3$$

b) Cota de proyecto

$$C_p = a + ST \cdot x + S_L y$$

Ejemplo:



$$C = C_{p1} = a + St(a) + S_L (1)$$

$$C_{p2} = a + St(2) + S_L (1)$$

$$C_{p3} = a + St(3) + S_L (1)$$

$$C_{p4} = a + St(4) + S_L (1)$$

$$B = C_{p5} = a + St(1) + S_L (2)$$

$$C_{p6} = a + St(2) + S_L (2)$$

$$C_{p7} = a + St(3) + S_L (2)$$

$$C_{p8} = a + St(4) + S_L (2)$$

$$A = C_{p9} = a + St(1) + S_L (3)$$

$$C_{p10} = a + St(2) + S_L (3)$$

$$C_{p11} = a + St(3) + S_L (3)$$

CALCULO DE LA PENDIENTE (W-E) LONGITUDINAL

$$( Dh) = h_1 + 2h_2 + 3h_3 + 4h_4$$

$$D = 1 + 2 + 3 + 4$$

$$h_2 = h_1 + h_2 + h_3 + h_4$$

$$( D)^2 = (1 + 2 + 3 + 4)^2$$

$$N = 4$$

4.- GRAFICAR LOS PERFILES LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES.

5.- CALCULO DE LOS CORTES Y RELLENOS.

a) Ecuación del plano.

$$a = H_c + STX + SLY$$

$$a + \text{Cota en el origen (n)}$$

$$H_c = \text{Cota del centroide.}$$

$$SL = \text{Pendiente en el sentido longitudinal}$$

$$X = \text{Localización del centroide en las obsisas.}$$

$$ST = \text{Pendiente en el sentido transversal.}$$

$$Y = \text{Localización del centroide en el eje de las ordenadas.}$$

SL y ST = Están en función del método de riego seleccionado.

## TABLA DE SELECCION

| Espesor de relleno (cm) | T e x t u r a |        |           |
|-------------------------|---------------|--------|-----------|
|                         | Arenosa       | Franco | Arcillosa |
| 0 - 50 cm               | 15-20%        | 20-25% | 30-40%    |
| 50 - 100 cm             | 20-30%        | 25-35% | 40-50%    |

Fórmulas para estimar la distancia vertical aproximada.

Que debe subirse o bajarse el plano de nivelación (Rasante) con relación a la altura del plano del primer tanteo.

$$d = \frac{V_C - V_R (1 - P)}{P A_R + A_T}$$

$d$  = Distancia que debe subirse o bajarse el plano (m)

$V_C$  = Volumen de corte ( $m^3$ )

$V_R$  = Volumen de relleno ( $m^3$ )

$p$  = Porcentaje adicional de corte necesario (tablas)

$A_R$  = Areas de relleno ( $m^2$ )

$A_T$  = Areas totales ( $m^2$ )

$$X = \frac{RF - C}{N_C + N_F R}$$

$X$  = Ajuste buscado.

$F$  = Suma de rellenos.

$N_C$  = Número de esquinas de corte

$R$  = Relación buscada.

$C$  = Suma de cortes.

DETERMINACION DE CANTIDAD DE CORTE Y RELLENO MEDIANTE LA SIGUIENTE REGLA:

$CT > Cp = \text{Corte.}$

$CT < Cp = \text{Relleno.}$

$Cp = \text{Cota de proyecto.}$

$CT = \text{Cota de terreno.}$

CALCULO DE LOS VOLUMENES DE CORTE Y RELLENO UTILIZANDO EL METODO DE LOS CUATRO PUNTOS:

$$V_C = \frac{a}{4} \frac{(\sum C)^R}{C + r}$$

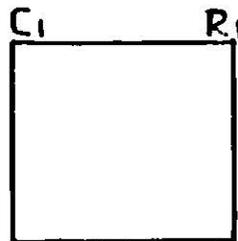
$$V_R = \frac{a}{4} \frac{(\sum R)^2}{R + c}$$

$V_C = \text{Volumen de corte}$

$V_R = \text{Volumen de relleno}$

$a = \text{Area de la cuadrícula}$

Ejemplo:



$$V_C = \frac{20 \times 20}{4} \frac{C_1 + (2 + (3)^2)}{(C_1 + C_2 + C_3) + R_1}$$

Verificación mediante la siguiente relación.

$$\frac{\sum V_{TC}}{\sum V_{TR}} > 1$$

Esta relación depende de la textura del suelo, profundidad y del promedio del relleno.

NF = Número de esquinas con relleno.

$$R = \frac{C}{F}$$

Las esquinas sin corte ni rellenos se computan como esqui  
nas con corte para fines de este cálculo.

## OPERACION DE CAMPO PARA ESTIMAR EFICIENCIA DEL EQUIPO

En el taller de mantenimiento agrícola antes de empezar, se checaron la presión de llantas, nivel del agua, nivel del aceite del sistema hidráulico y el nivel del motor, el cual se hizo cambio de aceite en el tractor.

En las escrepas se checaron todas las conexiones que son operadas por el sistema hidráulico y la presión de las llantas.

Estando el tractor y las escrepas en condiciones de trabajar, se procedió al enganche de las escrepas al tractor, el cual se realizó un enganche de tandem.

Una vez trasladado el equipo al lote a nivelar, el operador se le indicó mediante un plano las rutas de cargas y descargas a seguir.

En el transcurso de la nivelación de tierras se estuvo tomando tiempos de corte (desde que la primer escrepa empezó a cortar hasta que la segunda terminaba), transporte (tiempo desde que terminaba de cortar hasta donde empezaba a descargar), tiempo de descarga (tiempo desde que la primera empezaba a descargar hasta que la segunda terminaba de descargar), transporte (tiempo desde que terminaba de descargar hasta que empezaba a cortar el otro ciclo), Ciclo completo.

## AFORO DE GASTO DE COMBUSTIBLE

A medida que se había avanzado la nivelación se tomaron datos de combustible correspondientes a un día de trabajo.

## REGISTRO TOTAL DE TRABAJO DE LAS ESCREPAS AGRICOLAS

Registro total de trabajo de las escrepas agrícolas. Se fue llevando un registro diario de las horas trabajadas en la nivelación.

## PRUEBAS DE PATINAJE

Para poder llevar a cabo estas pruebas fue necesario colocar unos marcadores de patinaje en las contrapesos del rin del tractor, los cuales tienen la función de contar las vueltas de las llantas del tractor.

## PROCEDIMIENTO

Con el tractor solo:

- 1) El marcador de patinaje se pone en ceros y que esté en la parte interior de la llanta.
- 2) Se coloca una estaca en el suelo y se avanzará 10 vueltas y al darlas se colocará otra estaca.
- 3) Se medirá la distancia entre las dos estacas.

Con el tractor y escrepas:

Se hará avanzar al tractor con las escrepas vacías 10 vueltas y se notará cuanta distancia avanza partiendo de la primera estaca.

De la manera anterior se realizaron para:

- 1) Escrepas vacías.
- 2) Corte uniforme de 1"
- 3) Corte inicial de 1/2" y corte final de 1"
- 4) Corte uniforme de 1 1/2"
- 5) Corte inicial 1/2" y corte final 1 1/2"
- 6) Corte inicial 1/2" y corte final 2 1/2"
- 7) Corte inicial 1/2" y corte final 2 1/2"

#### PRUEBAS DE COMPACTACION

Este fue realizado con el equipo de Penetrómetro de cono de carga constante, estos tienen la finalidad de saber cual fue la compactación dejada en el terreno en diferentes cortes de profundidad, ya que nos es de ayuda para elegir el equipo que trabajará en el terreno.

Las pruebas fueron realizadas en diferentes lugares donde hubo diferentes cortes de profundidad y se realizó por estratos. La anterior prueba fue acompañada de un muestreo de humedad.

## RESULTADOS

### 1.- Cálculo del punto del centroide.

(Método de los Momentos)

FIG.

|                           |        |        |         |         |        |       |                                |
|---------------------------|--------|--------|---------|---------|--------|-------|--------------------------------|
| X                         | 2.95   | 8.65   | 6.95    | 11.10   | 15.10  | 12.80 | 13.60                          |
| Y                         | 7.65   | 5.10   | 1.775   | 7.50    | 6.50   | 11.50 | 10.10                          |
| Area<br>(m <sup>2</sup> ) | 4136.9 | 22.114 | 13232.2 | 14933.5 | 3262.1 | 755.1 | 103.7                          |
|                           |        |        |         |         |        |       | Area = 58,534.9 m <sup>2</sup> |

$$\bar{X} = 9.11$$

$$\bar{Y} = 5.32$$

Como la unidad es igual a 20 m (distancia entre estacas).

$$\bar{X} = 182.2 \text{ m.} \quad - \quad 20 \text{ m. (márgen del plano)} \quad = \quad 162.2 \text{ m.}$$

$$\bar{Y} = 106.46 \quad - \quad 10 \text{ m. (márgen del plano)} \quad = \quad 96.46 \text{ m.}$$

### 2.- Cálculo de la cota del centroide.

$$H_c = \frac{14,018.458}{142.67}$$

$$H_c = 98.258 \text{ m}$$

## 3.- Pendiente del plano.

## Hileras:

|               |               |                  |                               |
|---------------|---------------|------------------|-------------------------------|
| $h_1 = 99.42$ | $h_5 = 98.48$ | $h_9 = 97.46$    |                               |
| $h_2 = 99.21$ | $h_6 = 98.31$ | $h_{10} = 97.12$ |                               |
| $h_3 = 98.95$ | $h_7 = 98.08$ | $h_{11} = 96.81$ |                               |
| $h_4 = 98.71$ | $h_8 = 97.73$ | $h_{12} = 96.47$ | $h \text{ hileras} = 1176.78$ |

## Columnas:

|               |               |                  |                  |                                |
|---------------|---------------|------------------|------------------|--------------------------------|
| $h_1 = 99.36$ | $h_5 = 98.90$ | $h_9 = 97.93$    | $h_{13} = 98.04$ | $h_{17} = 99.59$               |
| $h_2 = 98.73$ | $h_6 = 98.18$ | $h_{10} = 98.04$ | $h_{14} = 98.31$ | $h_{18} = 99.52$               |
| $h_3 = 98.67$ | $h_7 = 98.08$ | $h_{11} = 98.08$ | $h_{15} = 98.39$ |                                |
| $h_3 = 98.48$ | $h_8 = 98.02$ | $h_{12} = 98.09$ | $h_{16} = 98.96$ |                                |
|               |               |                  |                  | $h \text{ columnas} = 1772.80$ |

## Pendiente Longitudinal.

(SL o Sy)

$$s = \frac{\sum (D\bar{h}) - \frac{(\sum D)(\sum \bar{h})}{N}}{\frac{\sum D^2 - \frac{(\sum D)^2}{N}}{N}}$$

$$\begin{aligned} \sum (Dh) &= (1)(99.42) + 2(99.21) + 3(98.95) + 4(98.74) + 5(98.48) \\ &+ 6(98.31) + 7(98.08) + 8(97.74) + 9(97.46) + 10(97.12) \\ &+ 11(96.81) + 12(96.47) \end{aligned}$$

$$\sum (Dh) = 7610.23$$

$$\sum D = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10 + 11 + 12 = 78$$

$$\sum \bar{h} = 1176.65$$

$$\sum D^2 = (1 + 4 + 9 + 16 + 25 + 36 + 49 + 64 + 81 + 100 + 121 + 144) = 650$$

$$N = 12$$

$$S = - 0.266 \text{ m. por cada } 20 \text{ m.}$$

ahora        % o cada 100 m.

$$S = - 0.266 \text{ m. } \times 5$$

$$S = - 1.33\%$$

Pendiente Transversal.

(St o Sx)

$$\begin{aligned} \sum (Dh) &= 1(99.36) + 2(98.73) + 3(98.67) + 4(98.48) + 5(98.40) \\ &+ 6(98.18) + 7(98.08) + 8(98.02) + 9(97.93) + 10(98.04) \\ &+ 11(98.08) + 12(98.03) + 13(98.04) + 14(98.31) + 15(98.39) \\ &+ 16(98.96) + 17(99.59) + 18(99.52) \end{aligned}$$

$$\sum (Dh) = 16849.869$$

$$\begin{aligned} \sum D &= 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10 + 11 + 12 + 13 + 14 \\ &+ 15 + 16 + 17 + 18 = 171 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum D^2 &= 1^2 + 2^2 + 3^2 + 4^2 + 5^2 + 6^2 + 7^2 + 8^2 + 9^2 + 10^2 + 11^2 \\ &+ 12^2 + 13^2 + 14^2 + 15^2 + 16^2 + 17^2 + 18^2 \end{aligned}$$

$$\sum D^2 = 2109$$

$$N = 18$$

$$S = .017 \text{ m. por cada } 20 \text{ m.}$$

ahora en % o cada 100 m.

$$s = .017 \text{ m.} \times 5 = .085\%$$

4.- Graficar los perfiles longitudinal y transversal.

(Figuras I y II del Apéndice).

5.- Cálculo de los cortes y rellenos.

A) Ecuación del plano.

$$a = Hc + Stx + SLy$$

$$Hc = 98.258 - .65 = 98.208 \text{ m.}$$

$$X = 162.22 \text{ m.}$$

$$Y = 96.5 \text{ m.}$$

St = La pendiente seleccionada fue la pendiente transversal que resultó como rasante promedio del terreno que es:

$$+ .08451$$

SL = La pendiente seleccionada elegida es del método del riego de melgas con el cultivo alfalfa, primeramente se empezó con la pendiente de .2% pero se tuvo que aumentar la pendiente a la pendiente máxima permitida por el método de riego seleccionado para disminuir los cortes y rellenos.

$$\therefore SL = .6\% = .12 \text{ m. en } 20 \text{ m.}$$

$$a = 98.208 \text{ m} + (.08451 \times 162.22 \text{ m}) + (.6\% \times 96.5 \text{ m})$$

$$a = 98.208 - (13.7075 \div 100^*) - (57.9 \div 100)$$

$$a = 98.924$$

\* Por el porcentaje de la pendiente.

B) Cotas del proyecto

|      | I1     | II2   | III   | IV    | V     | VI    | VII   | VIII  | IX    | X     | XI    | XII   | XIII  | XIV   | XV    | XVI   | XVII  | XVIII |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1.-  | 98.924 | 98.90 | 98.89 | 98.87 | 98.85 | 98.83 | 98.82 | 98.80 | 98.78 | 98.77 | 98.75 | 98.73 | 98.72 | 98.70 | 98.68 | 98.67 | 98.65 | 98.63 |
| 2.-  | 98.804 | 98.78 | 98.77 | 98.75 | 98.73 | 98.71 | 98.70 | 98.68 | 98.66 | 98.65 | 98.65 | 98.61 | 98.60 | 98.58 | 98.56 | 98.55 | 98.53 |       |
| 3.-  |        | 98.66 | 98.65 | 98.63 | 98.61 | 98.59 | 98.58 | 98.56 | 98.54 | 98.53 | 98.51 | 98.49 | 98.48 | 98.46 | 98.44 | 98.43 | 98.41 |       |
| 4.-  |        | 98.54 | 98.53 | 98.51 | 98.49 | 98.47 | 98.46 | 98.44 | 98.42 | 98.41 | 98.39 | 98.37 | 98.36 | 98.34 | 98.32 | 98.31 | 98.29 |       |
| 5.-  |        | 98.42 | 98.41 | 98.39 | 98.37 | 98.35 | 98.34 | 98.32 | 98.30 | 98.29 | 98.27 | 98.25 | 98.24 | 98.22 | 98.20 | 98.19 | 98.17 |       |
| 6.-  |        | 98.30 | 98.29 | 98.27 | 98.25 | 98.23 | 98.22 | 98.20 | 98.18 | 98.17 | 98.15 | 98.13 | 98.12 | 98.10 | 98.08 | 98.07 |       |       |
| 7.-  |        | 98.18 | 98.17 | 98.15 | 98.13 | 98.11 | 98.10 | 98.08 | 98.06 | 98.05 | 98.03 | 98.01 | 98.00 | 97.98 | 97.96 |       |       |       |
| 8.-  |        | 98.06 | 98.05 | 98.03 | 98.01 | 97.99 | 97.98 | 98.96 | 97.94 | 97.93 | 97.91 | 97.89 | 97.88 | 97.86 | 97.84 |       |       |       |
| 9.-  |        | 97.94 | 97.93 | 97.91 | 97.89 | 97.87 | 97.86 | 97.84 | 97.82 | 97.81 | 97.79 | 97.77 | 97.76 | 97.74 | 97.72 |       |       |       |
| 10.- |        |       |       | 97.79 | 97.77 | 97.75 | 97.75 | 97.74 | 97.70 | 97.69 | 97.67 | 97.65 | 97.64 | 97.62 |       |       |       |       |
| 11.- |        |       |       |       |       | 97.63 | 97.63 | 97.62 | 97.58 | 97.97 | 97.55 | 97.53 | 97.52 |       |       |       |       |       |

## 6.- Cálculo de los volúmenes de corte y relleno.

(Método de los cuatro puntos)

Corte Total

$$CT = 11,691.697 \text{ m}^3$$

Relleno Total

$$RT = 8,910.077 \text{ m}^3$$

## 7.- Verificación.

$$\frac{CT}{RT} = \frac{11,691.697}{8,910.077} = 1.32$$

 $\bar{X}$  Relleno : 45 cm.

Textura : Archillosa.

R Debe estar entre 1.3 - 1.4 (según tabla de selección) y como dio 1.32 si cae dentro el rango por lo que está correcto.

Nota: Si no cae en el rango hay que bajar o subir la rasante.

## Producción por Hora

Producción por hora: Viajes por hora x  $\text{m}^3$  en el banco por carga.

$\text{m}^3$  en el banco =  $\text{m}^3$  sueltos x factor de carga.

$\text{m}^3$  sueltos =  $3.5 \text{ m}^3$  (capacidad de carga de una escrepa) +  $3.5 \text{ m}^3$

$\text{m}^3$  sueltos =  $7.0 \text{ m}^3$ .

Considerando el material acarreado como tierra seca.

Porcentaje de tratamiento de tierra seca: 25% Ver Pag. 3.

"Principios Básicos sobre Movimiento de Tierra"

$$\text{Coeficiente de carga} = \frac{100}{100 + \% \text{ de hinchamiento}}$$

$$\text{Coeficiente de carga} = \frac{100}{100 + 25\%} = .80$$

Factor de carga: .80

$$\text{m}^3 \text{ en el Banco: } 7.0 \text{ m}^3 \times .80 = 5.6 \text{ m}^3$$

#### Cálculo Teórico de Producción por Hora

Tractor 4435 Jhon Deere.

Velocidad: 3a. = 6.5 km/hr.

Capacidad de escrepas agrícolas: 3.5 m<sup>3</sup> c/u de material suelto.

Ancho de corte: 1.6 m.

Enganche: Tandem.

Material: Arcilla seca.

Tractor de carga de tierra arcilla seca: .80

| Distancia de ruta<br>(m) | Ciclo completo<br>(min.) | Viajes/hr. | m <sup>3</sup> /hr. |
|--------------------------|--------------------------|------------|---------------------|
| 432                      | 5.98                     | 15.07      | 84.42               |
| 416                      | 3.84                     | 15.62      | 87.50               |
| 448                      | 4.13                     | 14.52      | 81.35               |
| 432                      | 3.98                     | 15.07      | 84.42               |
| 416                      | 3.84                     | 15.62      | 91.056              |
| 448                      | 4.13                     | 14.52      | 81.35               |
| 400                      | 3.69                     | 16.29      | 91.056              |

$\bar{X}$  85.87 m<sup>3</sup>/hr.

Producción por hora teórico = 85.87 m<sup>3</sup>/hr.

Ejemplo: De un cálculo de m<sup>3</sup>/hr.

Vel. = 6.5 m/hr = 6500 m/hr.

d = 432 m.

$$d = v \times T; \quad t: \frac{d}{v} = \frac{432 \text{ m.}}{6500 \text{ m/hr.}} = .0664615 \text{ hr.}$$

$$.0664615 \text{ hr} \times \frac{3600 \text{ Seg.}}{1 \text{ hr.}} = 239.26 \text{ seg.}; \quad 239.26 = \frac{1 \text{ Min.}}{60 \text{ Seg.}} =$$

Ciclo completo 3.98 min.

Ahora: 60 Min.  $\div$  3.98 Min. = 15.07 viajes/hr.

$$15.07 \text{ viajes/hr.} \times 5.6 \text{ m}^3/\text{viaje} = 84.42 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

Datos Obtenidos en el Campo para la Estimación del Equipo en  
la Nivelación del Terreno.

Tiempo Variable: Acarreo, Regreso.

Tiempo Fijo: Corte. Descarga.

CUADRO 1. Datos tomados el día 18 de Marzo de 1986.

| Tiempo Corte      | Acarreo | Descarga | Regreso | Ciclo Completo |
|-------------------|---------|----------|---------|----------------|
| 1:27:17           | 0:44:26 | 1:47:40  | 0:51:81 | 4:51:24        |
| 1:18:63           | 0:39:44 | 1:19:73  | 0:30:52 | 3:02:30        |
| 2:28:08           | 1:00:21 | 1:28:85  | 1:01:16 | 5:58:30        |
| 1:34:59           | 0:54:98 | 1:51:84  | 0:55:01 | 5:16:42        |
| 1:57:24           | 0:23:11 | 1:26:02  | 0:59:37 | 4:45:74        |
| 2:21:31           | 0:16:87 | 1:30:45  | 1:15:50 | 5:24:13        |
| 1:23:21           | 0:55:41 | 1:17:35  | 1:25:29 | 5:01:26        |
| 2:29:43           | 0:45:53 | 1:53:50  | 0:47:82 | 5:56:28        |
| $\bar{X}$ 2:26:27 | 0:38:53 | 1:37:36  | 1:05:47 | 5:46:23        |
| 1:32:80           | 0:43:44 | 1:32:47  | 0:56:40 | 4:47:39        |

Tiempo de Ciclo:  $4:47:39 = 4.48 = 4.8$  minutos.

$60 \text{ Min.} \div 4.8 \text{ min.} = 12.5$  Viajes/hora.

$\therefore 12.5 \text{ viajes/hr.} \times 5.6 \text{ m}^3/\text{viajes} = 70 \text{ m}^3/\text{hr.}$

Producción por hora:  $70 \text{ m}^3/\text{hr.}$

CUADRO 2. Datos tomados el día 20 de Marzo de 1986.

| Tiempo Corte   | Acarreo | Descarga | Regreso | Tiempo Comp. |
|----------------|---------|----------|---------|--------------|
| 1:37           | 0:47    | 0:46     | 0:24    | 3:34         |
| 1:36           | 0:39    | 0:54     | 0:19    | 3:27         |
| 1:54           | 0:37    | 1:01     | 0:14    | 3:46         |
| 2:00           | 0:49    | 1:05     | 0:09    | 4:05         |
| 1:44           | 0:22    | 1:10     | 0:31    | 3:47         |
| 1:55           | 0:25    | 1:34     | 0:15    | 4:09         |
| 2:08           | 0:10    | 1:33     | 0:47    | 4:38         |
| 2:08           | 0:09    | 1:13     | 1:07    | 4:37         |
| 1:54           | 0:21    | 1:15     | 0:26    | 3:56         |
| 2:05           | 0:09    | 1:22     | 0:14    | 3:50         |
| 2:08           | 0:11    | 1:11     | 0:16    | 3:46         |
| $\bar{x}$ 2:00 | 0:15    | 1:20     | 0:28    | 4:05         |

Tiempo de ciclo: 4:05 = 4.08 Min.

Viajes: 14:71 Viajes/hr.

Producción por hora: 82.35 m<sup>3</sup>/hr.

CUADRO 3. Datos tomados el día 23 de Marzo de 1986.  
Escrepa delantera.

| Tiempo Corte | Acarreo | Descarga | Regreso | Ciclo Completo |
|--------------|---------|----------|---------|----------------|
| 1:53:24      | 1:08:88 | 1:13:31  | 0:55:18 | 5:10:61        |
| 1:32:85      | 1:17:72 | 1:24:18  | 0:49:18 | 5:03:99        |
| 1:31:96      | 1:24:03 | 1:11:15  | 1:04:43 | 5:11:57        |
| 1:41:77      | 1:05:26 | 1:17:08  | 0:56:55 | 5:00:66        |
| 1:24:49      | 1:17:35 | 1:18:97  | 1:02:72 | 5:03:53        |
| 1:20:30      | 1:24:79 | 1:23:63  | 0:47:36 | 4:56:08        |
| 1:37:22      | 1:41:15 | 1:14:97  | 0:54:95 | 5:28:29        |
| 1:25:40      | 1:34:53 | 1:09:20  | 1:00:21 | 5:09:39        |
| 1:40:01      | 1:27:12 | 1:02:88  | 0:54:09 | 5:04:18        |
| 1:33:67      | 1:33:61 | 1:15:67  | 0:46:23 | 5:09:18        |
| 1:34:99      | 1:23:44 | 1:14:86  | 0:54:44 | 5:03:74        |

Tiempo de ciclo: 5:03:74 = 5.04 = 5.06 Min.

Viajes: 11.86 viajes/hr.

Producción por hora: 32.208 m<sup>3</sup>/hr (Una Escrepa).

66.416 m<sup>3</sup>/hr (Dos Escrepas).

CUADRO 4. Datos tomados el día 23 de Marzo de 1986.  
Escrepa Trasera.

| Tiempo Corte      | Acarreo | Descarga | Regreso | Ciclo Completo |
|-------------------|---------|----------|---------|----------------|
| 0:59:81           | 2:30:22 | 0:19:06  | 1:23:33 | 5:12:39        |
| 0:49:93           | 2:29:81 | 0:23:29  | 1:30:27 | 5:13:30        |
| 0:24:86           | 2:54:15 | 0:21:91  | 1:26:26 | 5:07:18        |
| 0:51:41           | 2:31:25 | 0:32:40  | 1:20:76 | 5:15:82        |
| $\bar{X}$ 0:46:50 | 2:36:35 | 0:24:16  | 1:25:15 | 5:12:17        |

Distancia de ruta.

Tiempo de ciclo: 5:12:17 = 5.12 = 5.2 Min.

Viajes: 11.54 Viajes/hr.

Producción por hora: 32.31 m<sup>3</sup>/hr (Una Escrepa)

64.62 m<sup>3</sup>/hr (Dos Escrepas)

CUADRO 5. Datos tomados el día 26 de Marzo de 1986.  
Escrepa Trasera.

| Tiempo Corte      | Acarreo | Descarga | Regreso | Ciclo Completo |
|-------------------|---------|----------|---------|----------------|
| 0:27:13           | 1:59:56 | 0:19:88  | 1:10:00 | 3:56:57        |
| 0:28:62           | 2:02:28 | 0:17:97  | 1:14:28 | 4:03:15        |
| $\bar{X}$ 0:27:81 | 2:00:92 | 0:18:92  | 1:12:14 | 3:59:86        |

Tiempo de ciclo: 3:59:86 = 4 Min.

Viajes: 15.0 Viajes/hr.

Producción por hora: 42 m<sup>3</sup>/hr (Una Escrepa)

84 m<sup>3</sup>/hr (Dos Escrepas)

CUADRO 6. Datos tomados el día 26 de Marzo de 1986.  
Escrepa Delantera.

| Tiempo Corte      | Acarreo | Descarga | Regreso | Ciclo Compl. |
|-------------------|---------|----------|---------|--------------|
| 0:22:24           | 0:14:06 | 0:41:46  | 2:50:06 | 4:44:38      |
| 0:47:47           | 0:24:47 | 0:51:87  | 2:49:03 | 4:52:34      |
| 0:35:94           | 0:39:69 | 0:54:96  | 2:42:89 | 4:53:48      |
| $\bar{X}$ 0:35:21 | 0:26:06 | 0:50:42  | 2:47:32 | 4:50:06      |

Distancia de ruta.

Tiempo de ciclo: 4:50 = 4.83 Min.

Viajes: 12.42 Viajes/hr.

Producción por hora: 34.78 m<sup>3</sup>/hr (Una Escrepa)

69.56 m<sup>3</sup>/hr (Dos Escrepas)

CUADRO 7. Datos tomados el día 26 de Marzo de 1986.  
Escrepa Trasera.

| Tiempo Corte      | Acarreo | Descarga | Regreso | Ciclo Completo |
|-------------------|---------|----------|---------|----------------|
| 0:41:31           | 2:15:57 | 0:47:72  | 1:02:76 | 4:47:36        |
| 0:43:13           | 2:15:00 | 0:25:09  | 1:04:00 | 4:27:22        |
| 0:45:24           | 2:20:23 | 0:22:15  | 1:05:53 | 4:33:15        |
| $\bar{X}$ 0:43:33 | 2:16:96 | 0:31:63  | 1:04:09 | 4:35:90        |

Ciclo Completo: 4:35:90 = 4:36 = 4.6 Min.

Viajes: 13.04 Viajes/hr.

Producción por hora: 36.52 m<sup>3</sup>/hr (Una Escrepa)

73.04 m<sup>3</sup>/hr (Dos Escrepas)

CUADRO 8. Datos tomados el día 31 de marzo de 1986.

| Tiempo Corte   | Acarreo | Descarga | Regreso | Ciclo Completo |
|----------------|---------|----------|---------|----------------|
| 1:43           | 0:46    | 1:08     | 1:10    | 4:47           |
| 1:29           | 0:53    | 1:20     | 0:59    | 4:41           |
| 1:28           | 0:52    | 1:11     | 1:07    | 4:38           |
| 1:36           | 0:44    | 1:17     | 0:55    | 4:32           |
| 1:25           | 0:52    | 1:01     | 1:04    | 4:22           |
| 1:29           | 0:46    | 1:17     | 1:05    | 4:37           |
| 1:21           | 0:55    | 1:05     | 1:18    | 4:39           |
| 1:20           | 0:55    | 1:05     | 1:26    | 4:46           |
| 1:21           | 0:55    | 1:04     | 1:25    | 4:55           |
| 1:27           | 0:52    | 1:08     | 1:10    | 4:37           |
| 1:25           | 0:46    | 1:10     | 1:07    | 4:36           |
| 1:21           | 0:49    | 0:57     | 1:23    | 4:30           |
| 1:31           | 0:37    | 1:16     | 1:16    | 4:40           |
| 1:22           | 0:51    | 1:21     | 1:02    | 4:36           |
| 1:20           | 0:54    | 1:40     | 1:04    | 4:58           |
| $\bar{X}$ 1:26 | 0:49    | 1:11     | 1:09    | 4:39           |

Ciclo Completo: 4:49 = 4.65 Min.

Viajes: 12:90 viajes/hr.

Producción por hora: 72.25 m<sup>3</sup>/hr.

CUADRO 9. Datos tomados el día 1º de Abril de 1986.

| Tiempo Corte         | Acarreo | Descarga | Regreso | Ciclo Completo |
|----------------------|---------|----------|---------|----------------|
| De 8:00 a 12:00 A.M. |         |          |         |                |
| 1:27                 | 0:48    | 1:24     | 0:89    | 4:18           |
| 1:26                 | 0:53    | 1:01     | 0:50    | 4:10           |
| 1:32                 | 0:40    | 1:15     | 0:34    | 4:01           |
| 1:30                 | 0:47    | 1:07     | 0:46    | 4:10           |
| 1:29                 | 0:23    | 1:23     | 0:50    | 4:05           |
| $\bar{X}$ 1:28       | 0:42    | 1:14     | 0:43    | 4:04           |
| De 13:00 a 15:00 P.M |         |          |         |                |
| 1:34                 | 1:02    | 1:14     | 0:48    | 4:38           |
| 1:31                 | 1:04    | 1:01     | 0:54    | 4:30           |
| 1:23                 | 1:05    | 1:17     | 0:35    | 4:20           |
| 1:22                 | 1:09    | 1:05     | 0:48    | 4:24           |
| 1:39                 | 1:00    | 1:11     | 0:38    | 4:28           |
| 1:22                 | 1:06    | 1:11     | 0:50    | 4:29           |
| 1:27                 | 1:11    | 1:04     | 0:50    | 4:32           |
| 1:18                 | 1:07    | 1:14     | 0:57    | 4:36           |
| 1:24                 | 1:15    | 1:09     | 0:50    | 4:38           |
| 1:28                 | 1:09    | 1:13     | 1:00    | 4:40           |
| 1:35                 | 1:03    | 1:14     | 1:00    | 4:52           |
| $\bar{X}$ 1:30       | 1:06    | 1:10     | 0:49    | 9:34           |

Distancia de ruta.

Ciclo Completo 4.13 Min. 4.57 Min.

Viajes: 14.52 Viajes/hr. 13.13 Viajes/hr.

Producción por hora: 81.35 m<sup>3</sup>/hr 73.52 m<sup>3</sup>/hr.

CUADRO 10. Datos tomados el día 2 de Abril de 1986.

| Tiempo Corte         | Acarreo | Descarga | Regreso | Ciclo Completo |
|----------------------|---------|----------|---------|----------------|
| De 8:00 a 12:00 A.M. |         |          |         |                |
| 1:23                 | 0:57    | 0:55     | 1:09    | 4:26           |
| 1:28                 | 0:53    | 1:06     | 1:00    | 4:27           |
| 1:21                 | 1:02    | 1:13     | 0:57    | 4:33           |
| 1:15                 | 0:57    | 1:12     | 1:07    | 4:31           |
| 1:10                 | 1:01    | 1:09     | 1:09    | 4:29           |
| $\bar{x}$ 1:19       | 0:58    | 1:07     | 1:04    | 4:29           |

De 13:00 a 15:00 P.M.

|                |      |      |      |      |
|----------------|------|------|------|------|
| 1:17           | 1:01 | 1:13 | 0:54 | 4:25 |
| 1:33           | 0:52 | 1:10 | 0:57 | 4:32 |
| 1:29           | 0:51 | 1:06 | 0:56 | 4:22 |
| $\bar{x}$ 1:26 | 0:54 | 1:09 | 0:55 | 4:25 |

Ciclo Completo: 4:48 Min. 4:43 Min.

Viajes: 13:39 Viajes/hr. 13.54 m<sup>3</sup>/hr.Producción por hora: 74.99 m<sup>3</sup>/hr. 75.84 m<sup>3</sup>/hr.

CUADRO 11. Datos tomados el día 3 de Abril de 1986.

| Tiempo Corte | Acarreo | Descarga | Regreso | Ciclo Completo |
|--------------|---------|----------|---------|----------------|
| 1:32         | 0:57    | 1:12     | 0:51    | 4:32           |
| 1:36         | 0:39    | 1:29     | 0:48    | 4:32           |
| 1:48         | 0:50    | 1:06     | 1:03    | 4:45           |
| 1:56         | 1:11    | 1:10     | 0:41    | 4:59           |
| 1:43         | 0:54    | 1:14     | 0:50    | 4:42           |

Distancia de ruta.

Ciclo Completo: 4.7 Min.

Viajes: 12.76 Viajes/hr.

Producción por hora: 71.49 m<sup>3</sup>/hr.

CUADRO 12. Datos tomados el día 4 de Abril de 1986.

| Tiempo Corte | Acarreo | Descarga | Regreso | Ciclo Completo |
|--------------|---------|----------|---------|----------------|
| 1:06         | 0:30    | 0:50     | 0:47    | 3:13           |
| 1:07         | 0:37    | 0:49     | 0:55    | 3:28           |
| 0:54         | 0:44    | 0:45     | 0:45    | 3:08           |
| 1:08         | 0:47    | 0:44     | 0:48    | 3:27           |
| 1:09         | 0:37    | 0:51     | 0:51    | 3:28           |
| 1:03         | 0:36    | 0:45     | 0:55    | 3:19           |
| 1:05         | 0:34    | 0:55     | 0:44    | 3:18           |
| 1:00         | 0:45    | 0:45     | 0:50    | 3:20           |
| 1:03         | 0:41    | 0:55     | 0:43    | 3:22           |
| 1:03         | 0:43    | 0:51     | 0:48    | 3:25           |
| 0:58         | 0:47    | 0:53     | 0:47    | 3:26           |
| 1:07         | 0:37    | 0:50     | 0:44    | 3:18           |
| 1:06         | 0:45    | 0:55     | 0:30    | 3:16           |
| 1:03         | 0:40    | 0:49     | 0:46    | 3:20           |

Ciclo Completo: 3.3 Min.

Viajes: 18.18 Viajes/hr.

Producción por hora: 101.81 m<sup>3</sup>/hr.

CUADRO 13. Datos tomados el día 8 de Abril de 1986.

| Tiempo Corte   | Acarreo | Descarga | Regreso | Ciclo Completo |
|----------------|---------|----------|---------|----------------|
| 1:10           | 0:50    | 1:28     | 1:07    | 4:35           |
| 1:15           | 0:53    | 1:24     | 1:14    | 4:46           |
| 1:15           | 0:50    | 1:07     | 1:27    | 4:39           |
| 1:17           | 0:34    | 1:21     | 1:27    | 4:39           |
| 1:19           | 0:45    | 1:21     | 1:22    | 4:47           |
| 1:20           | 0:41    | 1:34     | 1:06    | 4:41           |
| 1:21           | 0:45    | 1:27     | 1:07    | 4:40           |
| 1:25           | 0:45    | 1:31     | 1:01    | 4:42           |
| 1:24           | 0:39    | 1:36     | 1:00    | 4:39           |
| $\bar{X}$ 1:18 | 0:44    | 1:25     | 1:12    | 4:40           |

Ciclo Completo: 4.66 Min.

Viajes: 12.87 Viajes/hr.

Producción por hora: 72.10 m<sup>3</sup>/hr.

CUADRO 14. Registro Diario de horas de trabajo del tractor  
4435 J.D. con las escrepas agrícolas.

NOTA: Las horas fueron tomadas en base del horóme-  
tro del tractor.

| <u>Día de Ope</u><br><u>ración</u> | <u>Hora de Sa</u><br><u>lida del</u><br><u>T. de Maq.</u><br><u>Agrícola</u> | <u>Hora de Ent.</u><br><u>del Taller de</u><br><u>Maq. Agrícola</u> | <u>Tiempo Per.</u><br><u>en Eng. Y</u><br><u>Trasl.(hr.)</u> | <u>Horas Ne</u><br><u>tas de</u><br><u>Trabajo</u> |
|------------------------------------|--|---|--|--|
| 12 Marzo 86                        | 2543.5   | 2552.5  | 1  | 8.0  |
| 14 Marzo 86                        | 2552.5   | 2559.4  | 1  | 5.9  |
| 17 Marzo 86                        | 2580.9   | 2589.1  | 1  | 7.2  |
| 18 Marzo 86                        | 2589.1   | 2595.7  | 1  | 5.6  |
| 19 Marzo 86                        | 2595.7   | 2604.0  | 1  | 7.3  |
| 20 Marzo 86                        | 2604.6   | 2611.5  | 1  | 5.9  |
| 24 Marzo 86                        | 2621.8   | 2629.9  | 1  | 7.1  |
| 25 Marzo 86                        | 2629.9   | 2635.8  | 1  | 4.9  |
| 26 Marzo 86                        | 2635.8   | 2642.4  | 1  | 5.6  |
| 29 Marzo 86                        | 2650.9   | 2654.8  | 1  | 2.9  |
| 1 Abril 86                         | 2654.8   | 2661.9  | 1  | 6.1  |
| 2 Abril 86                         | 2662.0   | 2668.0  | 1  | 5.0  |
| 3 Abril 86                         | 2668.0   | 2673.3  | 1  | 4.3  |
| 4 Abril 86                         | 2673.3   | 2680.1  | 1  | 5.8  |
| 7 Abril 86                         | 2680.3   | 2685.9  | 1  | 4.6  |
| 8 Abril 86                         | 2685.9   | 2692.7  | 1  | 5.8  |
| 9 Abril 86                         | 2692.7   | 2699.5  | 1  | 5.8  |

CUADRO 14. Continuación.

| Día de Ope<br>ración | Hora de Sa<br>lida del<br>T. de Maq.<br>Agrícola | Hora de Ent.<br>del Taller<br>de Maq. Agrí<br>cola | Tiempo Per.<br>en Eng. y<br>Trasl.(hr.) | Horas Ne-<br>tas de<br>Trabajo |
|----------------------|--|--|---|--------------------------------|
| 10 Abril 86          | 2699.5   | 2706.1   | 1                                       | 5.6                            |
| 14 Abril 86          | 0014.9   | 0022.9   | 1                                       | 7.0                            |
| 17 Abril 86          | 2707.9   | 2712.6   | 1                                       | 3.7                            |
| 18 Abril 86          | 2712.6   | 2719.2   | 1                                       | 5.5                            |
| 21 Abril 86          | 0009.7   | 9914.6   | 1                                       | 3.9                            |
| 22 Abril 86          | 0014.6   | 0017.6   | 1                                       | 2.0                            |
| 23 Abril 86          | 0017.6   | 0020.6   | 1                                       | 2.0                            |
| 24 Abril 86          | 0020.6   | 0021.3   | 1                                       | 0.0                            |
| 25 Abril 86          | 0032.4   | 0038.1   | 1                                       | 4.7                            |
| 28 Abril 86          | 0038.3   | 0043.5   | 1                                       | 4.2                            |

Horas totales de trabajo de las escrepas agrícolas en la nivela  
ción = 141.0 Hr.

Cálculo de producción por hora con ciclos de tiempos completos  
tomados en el campo.

CUADRO 15. Producción por hora promedio.

| Producción por hora promedio |                     |
|------------------------------|---------------------|
| 64.62                        | m <sup>3</sup> /hr. |
| 66.416                       | "                   |
| 69.56                        | "                   |
| 70.00                        | "                   |
| 71.49                        | "                   |
| 72.10                        | "                   |
| 72.25                        | "                   |
| 73.04                        | "                   |
| 73.52                        | "                   |
| 74.99                        | "                   |
| 75.84                        | "                   |
| 81.35                        | "                   |
| 82.35                        | "                   |
| 84.00                        | "                   |
| * 101.81                     | "                   |

\* Se eliminó por ser muy dispersante.

$$1031.526 \div 14 = 73.68 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

Promedio de Producción por Hora: 73.68 m<sup>3</sup>/hr.

CUADRO 15. Continuación.

---

Vol. de tierra acarreada.

Promedio de volumen acarreado por hora:  $73.68 \text{ m}^3/\text{hr}$ .

Horas totales de trabajo de la escrepa agrícola = 141 hr.

Volumen de tierras acarreadas = Promedio de volumen por hora  
por horas totales =  $73.68 \text{ m}^3/\text{hr} \times 141 \text{ hr}$ .

Volumen de tierra acarreada:  $10388.94 \text{ m}^3$ .

Volumen de corte real realizado en el terreno.

=  $8,972.459 \text{ m}^3$  (éste fué calculado por comparación de planos)

Producción por Hora (real)

=  $\frac{\text{Volumen de corte real}}{\text{Horas totales}}$

=  $\frac{8,972.459 \text{ m}^3}{141 \text{ hr}}$

Producción por hora real =  $63.63 \text{ m}^3/\text{hr}$ .

---

CUADRO 16. Registro de gastos de combustible.

| Día de Ope-<br>ración | Gastos por<br>Jornada | Horas Ne-<br>tas de<br>Trabajo | Horas de Transp.<br>y Encahche | Gasto por<br>hora<br>(lt/hr.) |
|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 19 Marzo 86           | 103.5                 | 7.3                            | 1                              | 12.46                         |
| 25 Marzo 86           | 94.0                  | 4.9                            | 1                              | 15.90                         |
| 26 Marzo 86           | 100.0                 | 5.6                            | 1                              | 15.15                         |
| 29 Marzo 86           | 70.0                  | 2.9                            | 1                              | 17.95                         |
| 2 Abril 86            | 89.0                  | 5.0                            | 1                              | 14.83                         |
| 3 Abril 86            | 77.0                  | 4.3                            | 1                              | 14.53                         |
| 4 Abril 86            | 110.0                 | 5.8                            | 1                              | 16.17                         |
| 8 Abril 86            | 95.0                  | 5.8                            | 1                              | 13.97                         |
| 9 Abril 86            | 102.0                 | 5.8                            | 1                              | 15.00                         |
| 10 Abril 86           | 98.0                  | 5.6                            | 1                              | 14.85                         |
| 17 Abril 86           | 80.0                  | 3.7                            | 1                              | 17.02                         |
|                       |                       |                                |                                | = 167.8 lt.                   |

$$\bar{X} = 15.25 \text{ lt/hr.}$$

Horas empleadas en la nivelación: 141

Horas empleadas en enganche y tratado: 27

Horas Totales: 168

$$\therefore 168 \text{ horas} \times 15.25 \text{ lt/hr} = 2562.76 \text{ lt.}$$

Litros gastados en la nivelación: 2562.76

#### Costo del Diesel

|                    |           |               |
|--------------------|-----------|---------------|
| Marzo - Abril 1986 | \$ 62.50  | \$ 160,125.00 |
| Septiembre 1987    | \$ 241.00 | \$ 617,625.16 |

## Eficiencia Obtenida en la Nivelación

1.- Producción por hora teórica =  $85.87 \text{ m}^3/\text{hr}$ .

2.- Producción por hora de los ciclos tomados en el campo  
=  $73.68 \text{ m}^3/\text{hr}$ .

3.- Producción por hora real efectuada =  $63.63 \text{ m}^3/\text{hr}$ .

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Real}}{\text{Teórico}} \times 100$$

## COMPARACION A.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción por hora real efectuada}}{\text{Producción por hora teórico}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{63.63 \text{ m}^3/\text{hr}}{85.87 \text{ m}^3/\text{hr}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia de la Nivelación} = 74.10$$

## COMPARACION B.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción por hora de los ciclos tomados en el campo}}{\text{Producción por hora teórico}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{73.68 \text{ m}^3/\text{hr}}{85.87 \text{ m}^3/\text{hr}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia} = 85.80$$

## COMPARACION C.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción por hora real efectuada}}{\text{Producción por hora de los ciclos tomados en el campo}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{63.63 \text{ m}^3/\text{hr}}{73.68 \text{ m}^3/\text{hr}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia} = 86.36$$

### Costos de la Nivelación

El plan de la nivelación de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. es nivelar 100-00. Si el valor de la Escrepa Agrícola Hidráulica de tiro fabricada por la Compañía PIMSA con una capacidad de  $3.5 \text{ m}^3$  en Mayo de 1986, es de \$ 2'585,000.00

$$\$ 2'585,000.00 \times 2 \text{ (Escrepas)} = \$ 5'170,000.00$$

Con la experiencia obtenida se requieren 24.3 hr por hectárea, entonces para las 100-00 hectáreas se requerirán 2,430 horas en total aproximadamente.

Costo por hora de la Escrepa Agrícola:

$$\$ 5'170,000.00 \div 2,430 \text{ hr} = \$ 2,127.00 \text{ por hora.}$$

Horas empleadas en la nivelación: 141 horas.

Horas empleadas en el enganche y traslado: 27 horas.

Horas Totales: 168 horas.

Costo de producción por hora:

|                                    |             |
|------------------------------------|-------------|
| Costo del tractor John Deere 4435: | \$ 3,167.00 |
| Costo de las Escrepas Agrícolas:   | 2,127.00    |
| Costo del Operador:                | 289.00      |

---

Costo de Producción por hora: \$ 5,583.00

$$\text{Costo por m}^3 \text{ cargado. trasladado y descargado} = \frac{\text{Costo de producción por hora}}{\text{Producción por hora real}}$$

$$\text{Costo por m}^3 \text{ cargado. trasladado y descargado} = \frac{5,583.00}{63.63 \text{ m}^3/\text{hr}}$$

$$\text{Costo por m}^3 \text{ cargado, trasladado y descargado} = \$ 87.74$$

#### Costo Total de la Nivelación:

|                                 |   |                   |   |            |
|---------------------------------|---|-------------------|---|------------|
| Costo del tractor J.D. 4435     | = | 3,167.00 x 168 hr | = | \$ 532,056 |
| Costo de las Escrepas Agrícolas | = | 2,127 x 141 hr    | = | \$ 299,907 |
| Costo del Operador              | = | 289 x 168 hr      | = | \$ 48,552  |
| Costo total de la nivelación    | = | 880,515           | = | \$ 880,515 |

En el costo total no se está tomando el costo de Ingeniería.

#### Porcentaje de Patinaje

##### 1) Prueba:

10 vueltas del tractor solo - distancia: 44.9 m.

10 vueltas con las escrepas agrícolas a distancia: 44.5 m.

$$44.9 - 44.5/\text{m} = .39 \text{ m.}$$

$$\% = \frac{.39 \text{ m}}{44.9} \times 100 = .86 \% \text{ de patinaje.}$$

## 2) Prueba.

Corte inicial = 1/2"

Corte final = 2 1/2"

10 vueltas = 36.96 m. En este punto el tractor paró por exceso de patinaje.

$$44.9 \text{ m} - 36.96 \text{ m} = 7.94 \text{ m.}$$

$$\% = \frac{7.9 \text{ m.}}{44.9 \text{ m.}} \times 100 = 17.68 \% \text{ de patinaje}$$

## 3) Prueba.

Corte uniforme = 1"

11 vueltas = 46.60 m.

Con escrepas vacías y sin corte.

$$\begin{array}{r} \text{Si a 10 vueltas} = 44.9 \\ \text{10 vueltas} - 44.9 \text{ m} \quad x = 49.39 \text{ m.} \\ \text{11 vueltas} - X \end{array}$$

$$\therefore \text{ en vueltas} = 49.39 \text{ m.}$$

$$49.39 \text{ m.} - 46.6 \text{ m} = 2.79 \text{ m.}$$

$$\% = \frac{2.79}{49.39} \times 100 = 5.64 \% \text{ de patinaje}$$

## 4) Prueba.

Corte uniforme = 1 1/2" aprox.

5 vueltas = 20.38 m.

Con escrepas vacías y sin corte.

$$\begin{array}{r} \text{10 vueltas} - 44.9 \text{ m.} \quad x = 22.45 \\ \text{5 vueltas} - X \end{array}$$

$$\% = \frac{22.45 - 20.38 \text{ m.}}{20.38} \times 100 = 10.15 \% \text{ de patinaje}$$

## 5) Prueba.

Corte inicial = 1/2"

Corte final = 1 1/2"

11 vueltas = 44.56 m.

$$\% \text{ patinaje} = \frac{49.39 \text{ m.} - 44.56 \text{ m.}}{49.39 \text{ m.}} \times 100 = 9.77 \% \text{ patinaje}$$

## 6) Prueba.

Corte inicial:= 1/2"

Corte final = 2 1/2"

9 vueltas = 33.16 m. Aquí el tractor paró por el exceso de patinaje

Con escrepas vacías y sin corte.

10 vueltas = 44.9 m.

9 vueltas = 7

10 vueltas = 44.9 m.      x - 44.41 m.

9 vueltas - X

$$\% = \frac{44.41 \text{ m.} - 33.16 \text{ m.}}{44.41 \text{ m.}} \times 100 = 25.33\% \text{ de patinaje}$$

## CUADRO 17. Porcentaje de patinaje..

---

|   |   |       |   |
|---|---|-------|---|
| Escrepas conectadas al tractor (vacía)  | = | .86   | % |
| Corte uniforme de 1"                    | = | 5.64  | % |
| Corte inicial de 1/2" y corte final 1"  | = | 9.77  | % |
| Corte uniforme de 1 1/2"                | = | 10.15 | % |
| Corte inicial 1/2" y corte final 1 1/2" | = | 5.02  | % |
| Corte inicial 1/2" y corte final 2 1/2" | = | 17.68 | % |
| Corte inicial 1/2" y corte final 2 1/2" | = | 25.33 | % |

---

CUADRO 18. Prueba de compactación. Penetrómetro de cono de carga constante. La lectura está en lb/plg<sup>2</sup>.

| Pozo | Lectura | Profundidad<br>(cm) | Estrato<br>(cm) | Observaciones                         |
|------|---------|---------------------|-----------------|---------------------------------------|
| 1    | 250     | 7.6                 | 0 - 7.6         | Humedad hasta 5 cm de profundidad.    |
|      | 240     | 4.55                | 9.45 - 14.00    |                                       |
|      | 240     | 10.05               | 15.25 - 25.30   |                                       |
|      | 240     | 4.8                 | 28.0 - 32.38    |                                       |
|      | 240     | 4.2                 | 33.5 - 37.7     |                                       |
|      | 250     | 5.94                | 28.3 - 44.25    |                                       |
|      | 210     | 11.85               | 4.70 - 58.85    |                                       |
|      | 230     | 5.05                | 62.0 - 67.05    |                                       |
|      | 260     | 5.35                | 72.5 - 77.85    |                                       |
| 2    | 220     | 15.4                | 0 - 15.4        | Mínima compactación y máxima humedad. |
|      | 220     | 4.0                 | 17.5 - 21.5     |                                       |
|      | 215     | 4.35                | 23.0 - 27.35    |                                       |
|      | 260     | 5.6                 | 39.0 - 44.6     |                                       |
|      | 230     | 6.1                 | 46.5 - 52.6     |                                       |
|      | 240     | 13.5                | 60.0 - 73.5     |                                       |
| 3    | 260     | 6.7                 | 0 - 6.7         |                                       |
|      | 230     | 3.6                 | 70.0 - 50.6     |                                       |
|      | 270     | 27.7                | 21.5 - 49.2     |                                       |
|      | 280     | 8.8                 | 50.0 - 57.3     |                                       |
|      | 280     | 5.0                 | 60.0 - 65.0     |                                       |

CUADRO 18. Continuación.

| Pozo | Lectura | Profundidad<br>(cm) | Estrato<br>(cm) | Observaciones |
|------|---------|---------------------|-----------------|---------------|
| 4    | 260     | 6.1                 | 0 - 6.1         |               |
|      | 260     | 3.6                 | 11.0 - 14.6     |               |
|      | 290     | 2.8                 | 15.0 - 17.8     |               |
|      | 300     | 2.7                 | 19.0 - 21.7     |               |
|      | 300     | 2.8                 | 25.3 - 26.1     |               |
|      | 300     | 2.55                | 31.0 - 33.55    |               |
|      | 300     | 2.25                | 41.0 - 43.25    |               |
|      | 300     | 2.65                | 51.5 - 54.15    |               |
| 5    | 270     | 5.8                 | 0 - 5.8         |               |
|      | 260     | 2.8                 | 7.5 - 10.3      |               |
|      | 260     | 2.8                 | 10.5 - 13.1     |               |
|      | 300     | 2.8                 | 14.0 - 16.8     |               |
|      | 300     | 2.8                 | 25.0 - 27.8     |               |
|      | 200     | 2.65                | 32.0 - 34.65    |               |
|      | 300     | 2.7                 | 40.0 - 42.7     |               |
|      | 300     | 2.7                 | 50.0 - 52.7     |               |
| 6    | 280     | 6.1                 | 0 - 6.1         |               |
|      | 300     | 3.6                 | 7.0 - 10.6      |               |
|      | 300     | 4.5                 | 22.0 - 26.5     |               |
|      | 300     | 8.2                 | 32.0 - 40.2     |               |
|      | 300     | 5.3                 | 41.0 - 46.3     |               |
|      | 300     | 4.6                 | 50.0 - 54.6     |               |

CUADRO 19. Muestreo de humedad (en los lugares de las pruebas de compactación).

| Pozo | No. Bote | Estrato (cm) | Peso en Humedad | Peso en Seco | % Humedad | Observaciones                      |
|------|----------|--------------|-----------------|--------------|-----------|------------------------------------|
| 1    | 23       | 0-5          | 242.65          | 215.0        | 12.0      | Máxima humedad visible en el campo |
|      | 15       | 5-20         | 223.3           | 205.0        | 8.9       |                                    |
|      | 8        | 20-30        | 250.0           | 223.0        | 12.1      |                                    |
|      | 1        | 30-50        | 244.1           | 217.0        | 12.48     |                                    |
|      | 4        | 60-70        | 236.1           | 210.8        | 12.00     |                                    |
|      | 10       | 70-80        | 269.2           | 248.0        | 8.55      |                                    |
| 2    | 45       | 0-16         | 242.48          | 212.5        | 14.11     |                                    |
|      | 34       | 16-25        | 255.45          | 229.8        | 11.16     |                                    |
|      | 17       | 25-35        | 258.0           | 229.0        | 12.66     |                                    |
|      | 7        | 35-45        | 250.0           | 225.0        | 11.11     |                                    |
|      | 26       | 45-55        | 255.5           | 227.0        | 12.55     |                                    |
|      | 21       | 55-70        | 246.0           | 218.5        | 12.58     |                                    |
| 3    | 14       | 0-5          | 192.42          | 174.5        | 10.26     |                                    |
|      | 25       | 5-11         | 227.8           | 208.0        | 9.52      |                                    |
|      | 47       | 11-25        | 242.65          | 215.0        | 12.86     |                                    |
|      | 13       | 25-40        | 248.18          | 219.5        | 13.06     |                                    |
|      | 24       | 33-40        | 237.88          | 211.5        | 12.47     |                                    |
|      | 27       | 40-50        | 245.2           | 218.0        | 12.47     |                                    |
|      | 28       | 50-55        | 246.0           | 216.0        | 13.88     |                                    |
|      | 6        | 60-70        | 207.1           | 188.2        | 10.04     |                                    |

CUADRO 19. Continuación.

| Pozo | No. Bote | Estrato (cm) | Peso en Humedad | Peso en Seco | % Humedad | Observaciones |
|------|----------|--------------|-----------------|--------------|-----------|---------------|
| 4    | 9        | 0-10         | 253.0           | 226.5        | 11.69     |               |
|      | 18       | 10-15        | 214.7           | 200.0        | 7.35      |               |
|      | 124      | 19-25        | 236.0           | 219.9        | 7.32      |               |
|      | 85       | 25-30        | 234.5           | 219.0        | 7.07      |               |
|      | 71       | 30-40        | 232.1           | 217.8        | 6.56      |               |
|      | 123      | 40-50        | 246.2           | 230.7        | 6.71      |               |
|      | 121      | 50-60        | 225.1           | 211.2        | 6.58      |               |
| 5    | 16       | 0-5          | 188.2           | 162.35       | 15.92     |               |
|      | 22       | 5-10         | 222.4           | 205.0        | 8.48      |               |
|      | 112      | 14-20        | 240.5           | 221.2        | 8.73      |               |
|      | 103      | 25-30        | 246.3           | 228.0        | 8.02      |               |
|      | 83       | 32-40        | 232.5           | 215.5        | 7.88      |               |
|      | 88       | 40-50        | 246.0           | 229.2        | 7.32      |               |
|      | 59       | 50-60        | 180.2           | 171.0        | 5.38      |               |
| 6    | 48       | 0-5          | 188.2           | 162.35       | 15.92     |               |
|      | 93       | 5-10         | 225.1           | 204.0        | 10.34     |               |
|      | 109      | 22-30        | 224.0           | 203.0        | 10.34     |               |
|      | 86       | 32-40        | 187.5           | 172.0        | 9.01      |               |
|      | 62       | 41.50        | 227.0           | 218.0        | 4.12      |               |

## DISCUSION .

Para hacer una buena discusión de los resultados de este trabajo se tomará en cuenta lo siguiente:

- 1) Producción teórica por hora:  $85.87 \text{ m}^3/\text{hr}$ .
- 2) Producción de ciclos por hora:  $73.68 \text{ m}^3/\text{hr}$ . (observados en el campo).
- 3) Producción real por hora:  $63.68 \text{ m}^3/\text{hr}$ .

Para iniciar la discusión, se compararán los tres puntos entre sí y se darán las razones de la pérdida de eficiencia.

Comparando la producción teórica con la producción de los ciclos. Se observa que hay pérdida de eficiencia y ésto se debe al patinaje de las llantas motrices del tractor, sobre todo cuando los cortes de la cuchilla de la escrepa son profundos, esto hace que los ciclos se lleven más tiempo de operación.

Ejemplo: Cuando se hace un corte uniforme de una pulgada, el patinaje es de 5.64%, en cambio cuando el corte uniforme es de una pulgada y media, el patinaje aumenta a 10.15%.

Otra razón de pérdida de eficiencia se debe a la organización y operación de la maquinaria.

Comparando la producción de los ciclos con la producción

real. Se refiere principalmente a que es muy lógico no esperar que la gente trabaje íntegramente los 60 minutos de cada hora. Es muy posible que el operador haga una interrupción en su trabajo para beber agua, o algo le puede ocurrir a la máquina, que la mantenga inactiva por algunos minutos de la hora. Por ésta razón, le será imposible a cualquier operador mantener operando una máquina durante 60 minutos de cada hora, y durante 8 horas de cada día.

Comparando la producción teórica con la producción real. Son el conjunto todas las razones anteriores. Según tabla de eficiencia de trabajo, la eficiencia de nivelación obtenida es considerada como buena.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones:

- 1.- El estacamiento fue de 20 x 20 m y es satisfactoria.
- 2.- La pendiente seleccionada fue: pendiente transversal o  $S_x = 0.0845\%$  (rasante promedio del terreno) mientras que la pendiente longitudinal o  $S_y = 0.6\%$  tomado en cuenta como rasante de sistemas de riego de melgas.
- 3.- En un buen porcentaje de terreno ocurrieron fuertes rellenos y fuertes cortes que sobrepasan los 30 cm respectivamente. El corte más alto fue de 99.6 cm que se realizó en la orilla del terreno.
- 4.- La compactación dejada en el terreno fue muy elevada, incluso en la zona de corte (en los más excesivos) llegó a 300 lb/plg<sup>2</sup> y según algunos autores el nivel de compactación requerido para detener el crecimiento de la raíz es a una resistencia de 300 lb/plg<sup>2</sup> de un penetrómetro de cono. Se intentó llevar a cabo la aradura pero fue imposible realizarla, por lo que se tuvo que meter el subsoldador múltiple para el aflojamiento del suelo.
- 5.- La pérdida de fertilidad del suelo fue considerada sobre todo donde ocurrieron grandes cortes y grandes rellenos.

Esto se comprobó con la siembra posterior ya que las plantas no se desarrollaban en las zonas de cortes y rellenos excesivos.

6.- El patinaje en ocasiones era excesivo, cuando la escrepa cortaba más de 2 a 2 1/2" e iba aumentando el corte, el tractor dejaba de avanzar por el alto patinaje.

7.- La escrepa agrícola PIMSA no cuenta con control para graduar el corte, lo que dificulta que el operador realice su trabajo, éste se llevaba a cabo visualizando la penetración de la cuchilla de la máquina.

8.- Tipos de cuchillas de las Escrepas Agrícolas.

a) Lisas

b) Lisa con una sobrecuchilla que sobresale al centro.

Cuando la escrepa realiza el corte de suelo compactado va formando surcos perpendiculares a la cuchilla de la escrepa, lo cual ocasiona un movimiento muy brusco en la misma máquina y cuando se realiza el segundo corte en el mismo terreno, el tractor brinca mucho (esto ocurría sobre todo en la escrepa trasera la cual presenta cuchilla lisa).

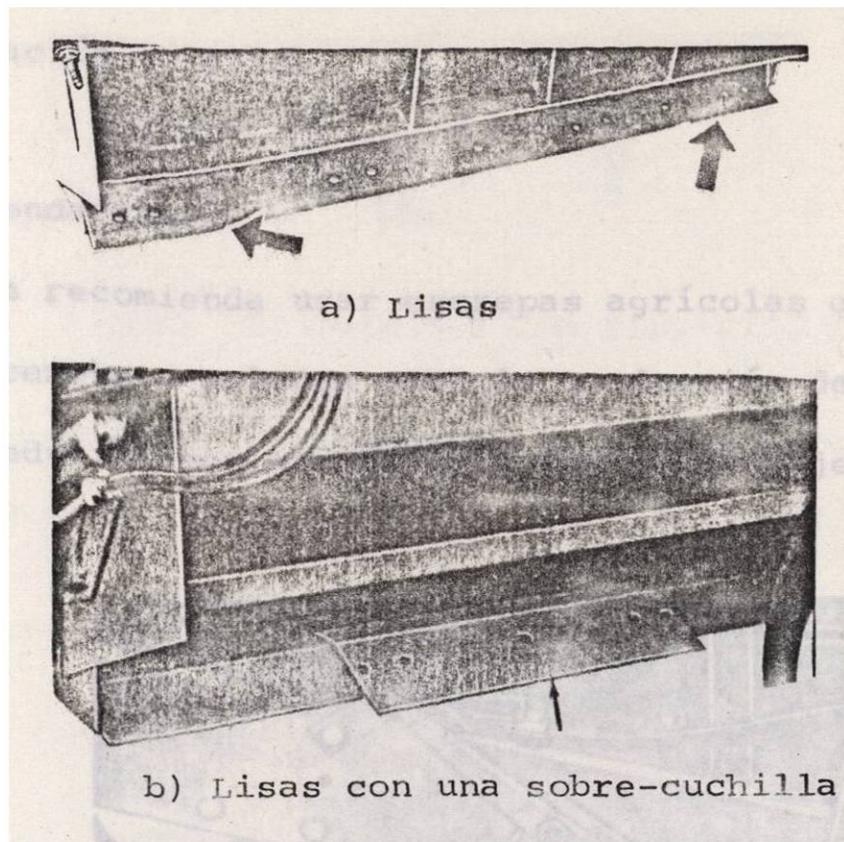


FIGURA 34. Tipos de cuchillas: a) Lisas, b) Lisa con una sobre-cuchilla.

9.- La escrepa agrícola en tierra suelta no se llenaba a su capacidad total.

10.- Las llantas de la escrepa agrícola PIMSA son de diseño de tracción.

11.- Las llantas delanteras del tractor no son de diseño direccional.

12.- Velocidad del trabajo del tractor 4435 John Deere tercera velocidad (6.5 km/hr) y a 1,800 R.P.M. en todo el ciclo completo: carga, transporte, descarga y transporte.

13.- Producción real por hora  $63.63 \text{ m}^3/\text{hr}$  y la eficiencia de la nivelación = 74.10.

**Recomendaciones:**

1.- Se recomienda usar escrepas agrícolas que cuenten con un control remoto o palanca para la graduación de corte, de esta manera reduciríamos grandemente los porcentajes de patinaje.

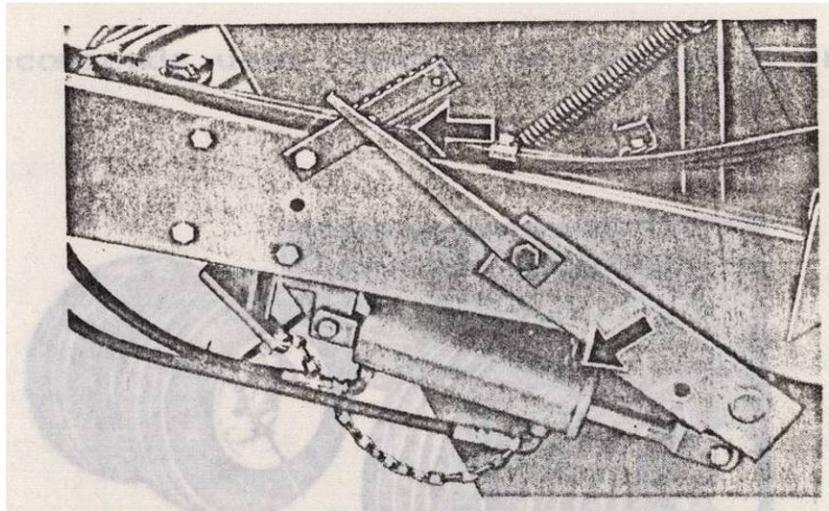


FIGURA 35. Palanca para la graduación de corte.

2.- Se sugiere utilizar cuchillas con ripper o escarificador en ambas escrepas para tener una mejor penetración, de ésta forma se evita la vibración que se tiene cuando están armadas con una sola cuchilla.



3.- se recomienda para reducir el tiempo de ciclo cambiar de tercera a cuarta velocidad en la operación de transporte.

4.- Se recomienda usar llantas de flotación en escrepas agrícolas.

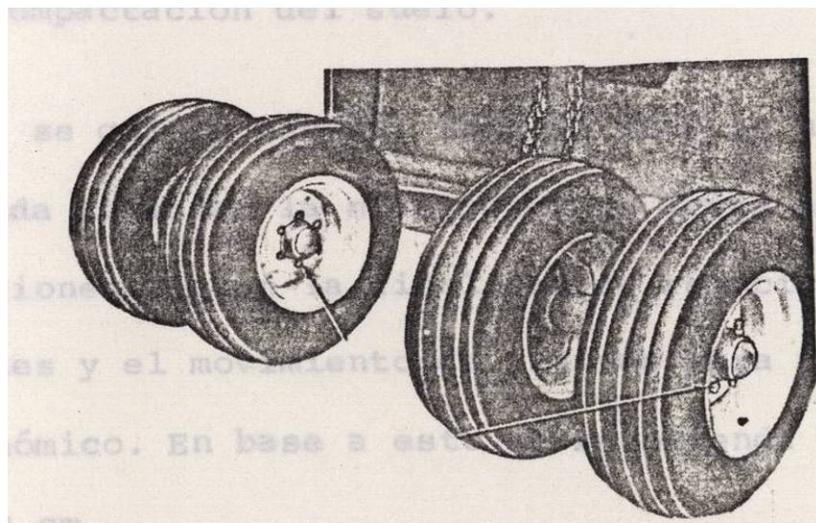


FIGURA 37. Llantas de flotación.

5.- se recomienda usar ruedas con diseño direccional en el eje delantero del tractor.

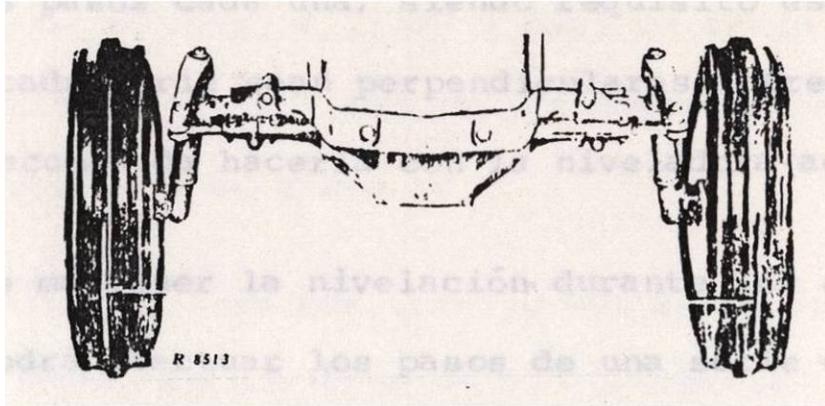


FIGURA 38. Llantas de diseño direccional.

6.- Factores que se consideran para evitar pérdida de fertilidad y compactación del suelo.

A) Si se quiere nivelar toda el área en un solo ciclo.

Se recomienda realizar la nivelación en áreas separadas, ya que éstas divisiones tienen la finalidad de reducir la profundidad de los cortes y el movimiento de tierras para asegurar un trabajo más económico. En base a esto se recomienda hacer cortes menores de 30 cm.

B) Si se desea nivelar toda el área con una sola pendiente. Esto se podría realizar a largo plazo, de manera que el movimiento del suelo en la capa arable no debe exceder de 5 a 10 cm por ciclo, por lo cual, el período de raseo será de 4 a 5 años.

Durante el período se harán dos series consecutivas de pasos, con dos pasos cada una, siendo requisito esencial que los pasos de cada serie sean perpendiculares entre sí (esta nivelación se recomienda hacerla con la niveladora agrícola).

A fin de mantener la nivelación durante los años subsecuentes, se podrá efectuar los pasos de una serie dando las series en forma alternada, es decir, una serie en un año y la otra serie en el siguiente año.

## RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en el Campo Experimental, perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León en Marín, N.L.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la eficiencia de la nivelación de una área de 5.8 hectáreas, llevada a cabo con las Escrepas Agrícolas fabricadas por la Compañía PIMSA y un análisis económico en cuanto a sus costos de operación; como también tomar en cuenta dos factores muy importantes al realizar una nivelación agrícola: a) fertilidad del suelo, b) compactación del suelo.

El desarrollo de la nivelación fue la siguiente:

1) Primeramente se hizo una cuadrícula y estacado de 20 por 20 m y luego se llevó a cabo un levantamiento de altimetría y posteriormente se determinó un lote de nivelación y el cálculo de movimiento de tierra (cálculo de cortes y rellenos) que éstos dependieron de las pendientes transversales y longitudinales que se le dio al terreno.

2) En el transcurso del trabajo se tomaron tiempos de carga, tiempos de transporte, tiempos de descarga, tiempo de transporte y ciclo completo. Como también se efectuaron las pruebas de patinaje (con marcadores de patinaje) para observar la pérdida

da de energía con diferentes cargas de las escrepas agrícolas.

Se realizaron las pruebas de compactación del suelo una vez llevada a cabo la nivelación, ésta fue realizada con el penetrómetro de cono de carga constante.

Daremos algunas características importantes de la nivelación. Los cortes y rellenos en su gran mayoría sobrepasan los 30 cm respectivamente. La compactación dejada en el suelo fue muy elevada, la pérdida de fertilidad del suelo fue muy alta; en ocasiones se dificultaba el llenado de las escrepas por la falta de control de graduación de corte y ésto originaba patinaje excesivo del tractor.

La producción teórica por hora era de  $85.87 \text{ m}^3/\text{hr}$  y la producción real por hora fue de  $63.63 \text{ m}^3/\text{hr}$ , obteniéndose una eficiencia de la nivelación de 74.10, la cual es considerada como buena.

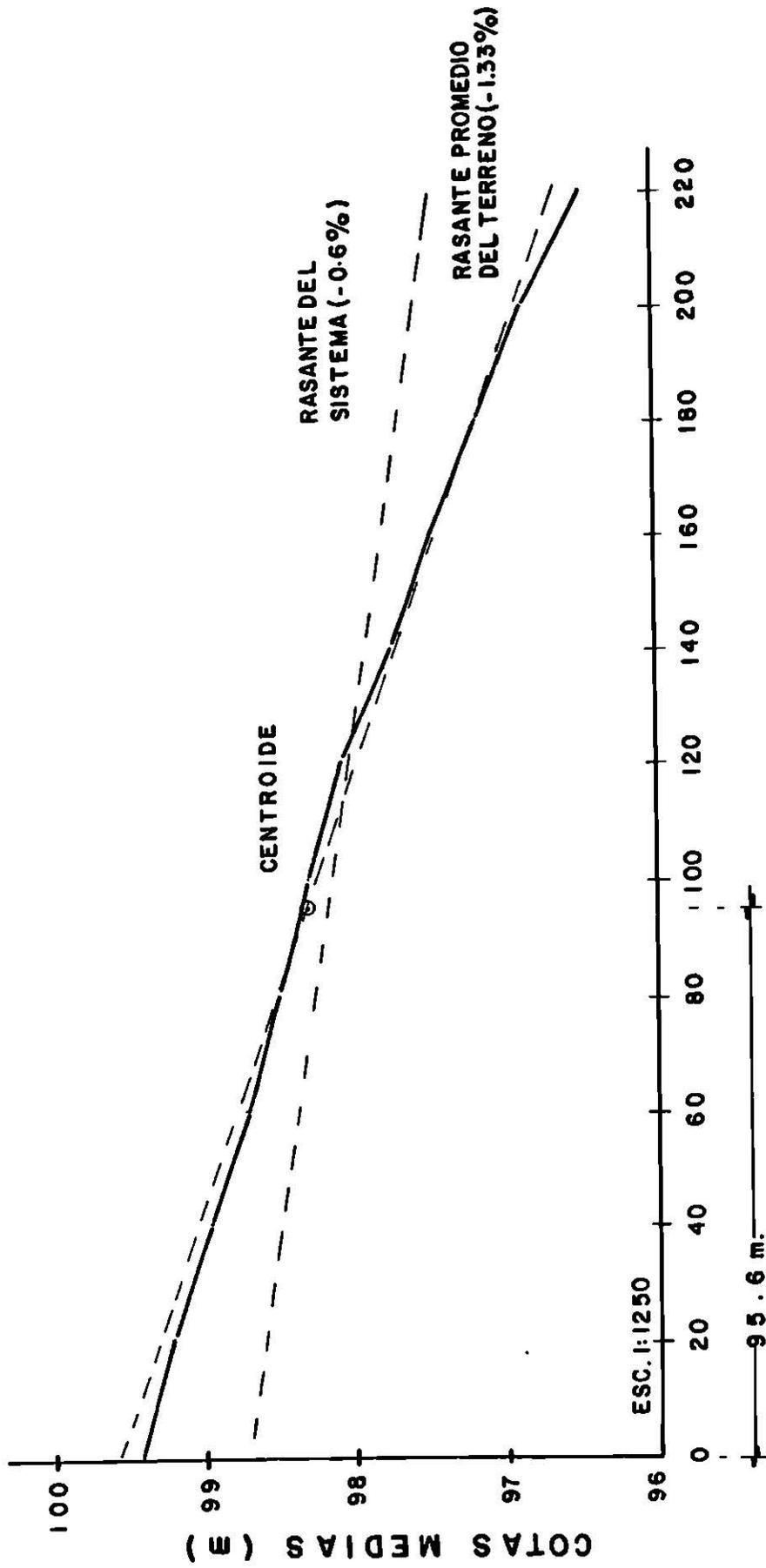
Si se quiere nivelar toda el área en un ciclo se recomienda realizar la nivelación en áreas separadas, ahora si se desea nivelar toda el área con una sola pendiente, esto se podría realizar a largo plazo, de manera que el movimiento de suelo en la capa arable no debe exceder de 5 a 10 cm por ciclo.

## BIBLIOGRAFIA

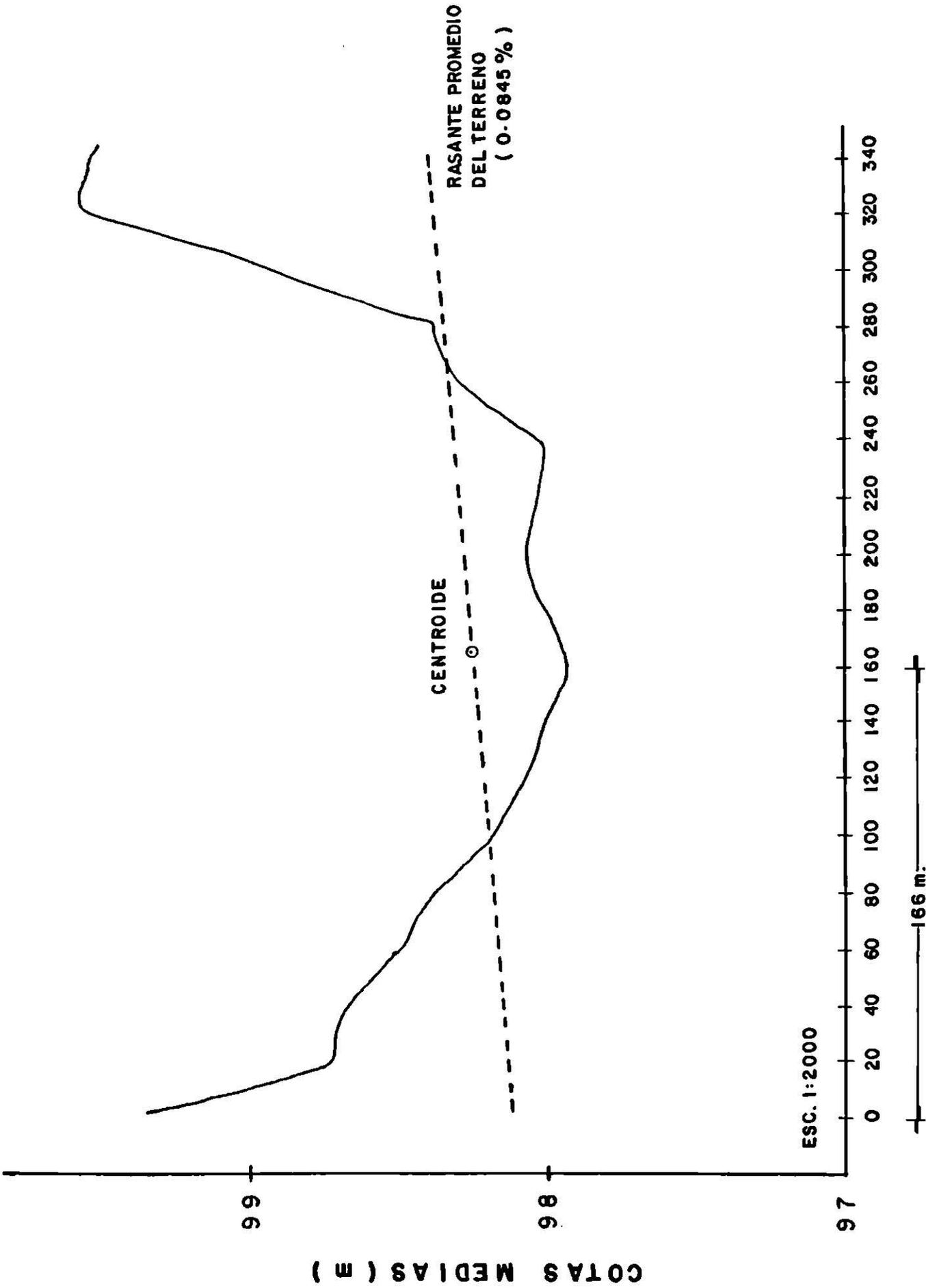
- 1.- Alvarado Díaz, C. 1985. Apuntes de Maquinaria Agrícola. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- 2.- Marr C., James. S/A. Preparación de tierras para el riego de superficie. Consejo de Bienestar Rural. Tr. Antonio Pons Caules. Caracas, Venezuela.
- 3.- Anónimo. S/A. Nivelación de tierras para riego. pp. 218-249.
- 4.- Luther D., Edwards, Land Forming, Reynolds Research & Manufacturing Corporation. McAllen, Texas.
- 5.- Jensen, M.E. 1981. Design operation of farm irrigation system. E.E.U.U.
- 6.- Bowen E., John. Kratky, A., Bernard. 1985. Compactación del suelo. Agricultura de las Américas.
- 7.- Costos de compactación de suelos para la agricultura. E.E.U.U.
- 8.- Wichols, Herbert L. Jr. 1985. Movimientos de tierras. Tr. Ing. José Luis Lepe Saucedo. 2da. Edición. C.E.C.S.A México.

- 9.- Catálogo de Agricultural Products Carry All Series. REYNOLDS.
- 10.- Sandoval L., J.L. 1985. Evaluación administrativa de maquinaria agrícola de la F.A.U.A.N.L. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, U.A.N.L. Marín, N.L.

A P E N D I C E



DISTANCIAS AL ORIGEN EN CUADRICULAS  
 FIG. I. PERFIL LONGITUDINAL



DISTANCIAS AL ORIGEN EN CUADRICULAS  
FIG. II . PERFIL TRANSVERSAL

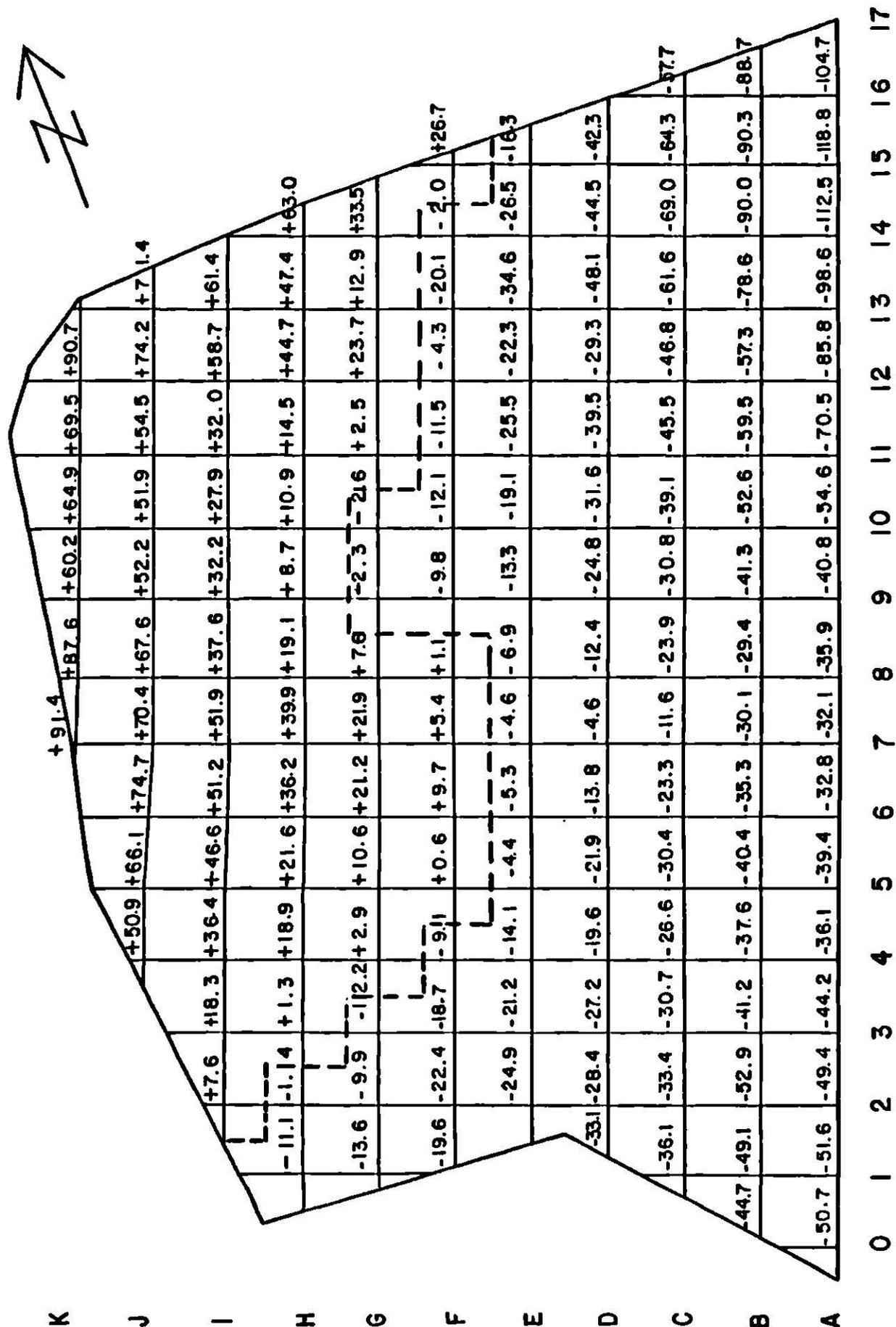
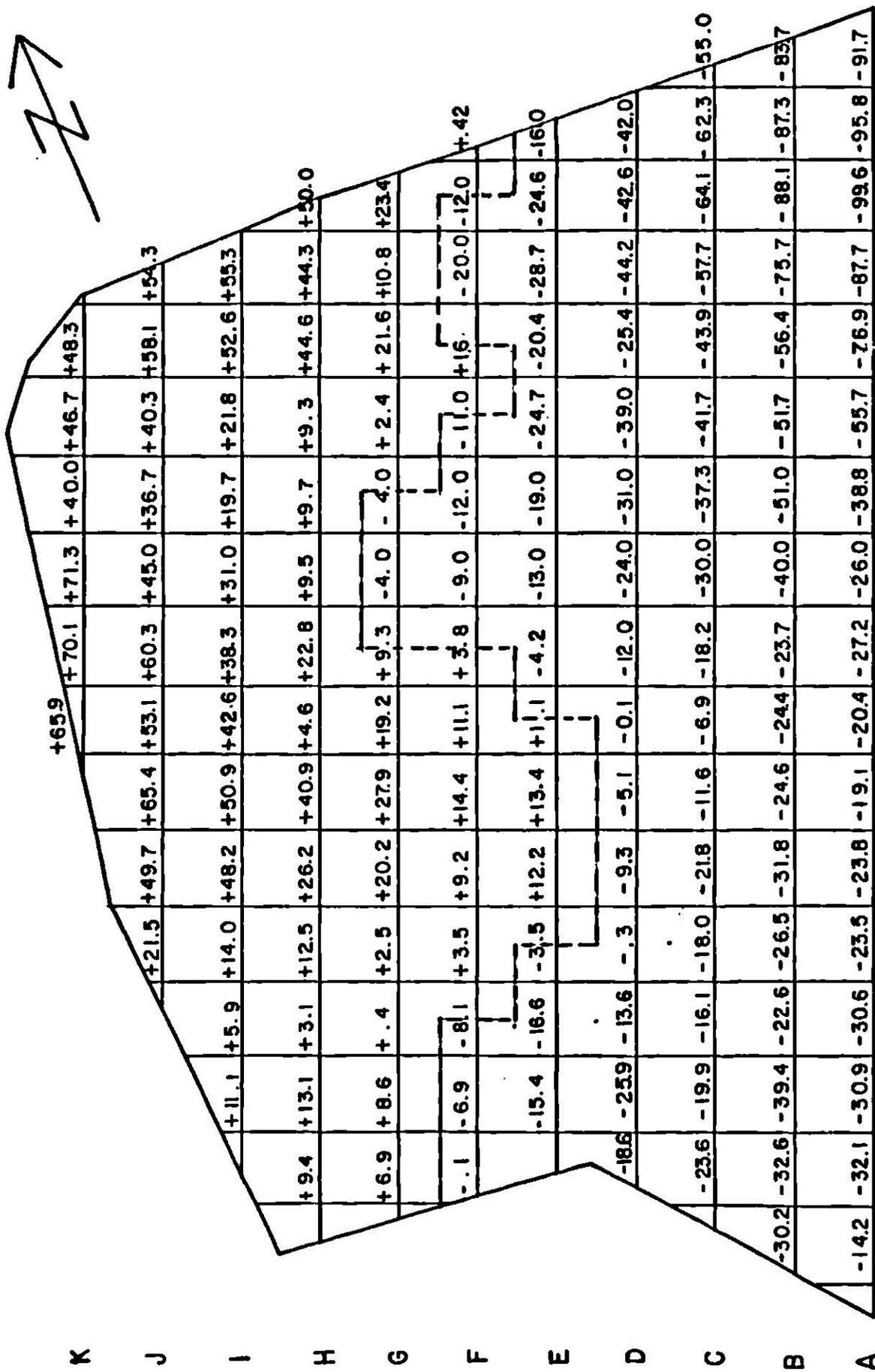


FIG.III CORTES Y RELLENOS PROYECTADOS EN GABINETE



+659

09944

FIG. IV CORTES Y RELLENOS REALIZADOS EN EL CAMPO

