

METODO DE "MINIMOS CUADRADOS" EN LA
NIVELACION DE TERRENOS AGRICOLAS.

TESIS

Sometida a la consideración de la
Escuela de Agricultura y Ganadería

de la

Universidad de Sonora

por

Mario Fernando García Gutiérrez.

Como requisito parcial para obtener
el título de Ingeniero Agrónomo con
especialidad en Fitotécnia.

Mayo de 1983.

26

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

PAGINA DEL CONSEJO PARTICULAR

Esta tesis fué realizada bajo la dirección del Consejo Particular y aprobada y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

INGENIERO AGRONOMO EN :

FITOTECNIA.

CONSEJO PARTICULAR

ASESOR : Ing. Roberto García Soto. _____
CONSEJERO : Ing. Jesús M. Avila Salazar. _____
CONSEJERO : Ing. Alfredo Serrano Esquer. _____

I N D I C E

	PAGINA
INTRODUCCION - - - - -	1
ANTECEDENTES - - - - -	4
FACTORES QUE SE TOMAN EN CUENTA ANTES DE LA NIVELACION	5
GRADOS DE NIVELACION - - - - -	8
TRABAJOS PREVIOS - - - - -	10
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO - - - - -	11
PROYECTO DE TABLAS - - - - -	15
CALCULO DE LA PENDIENTE DEL TERRENO - - - - -	17
CALCULO Y AJUSTE DE VOLUMENES DE CORTE Y RELLENO TO - MANDO EN CUENTA FACTORES DE COMPACTACION - - - - -	23
METODOS PARA CALCULO DE VOLUMENES DE TIERRA - - - - -	25
PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION Y CHEQUEO DE LA NIVELA- CION - - - - -	55
CONCLUSIONES - - - - -	57
BIBLIOGRAFIA - - - - -	59

INDICE DE CUADROS, FIGURAS Y TABLAS.

	PAGINA
CUADRO 1.- Sentido de la niveladora o Land-Plane recomendable cuando en un terreno no es necesario remover la tierra. - - - - -	8
CUADRO 2.- Cuadrícula indicando identificación de estacas.	11
CUADRO 3.- Cuadrícula indicando la colocación de la línea base en un terreno con linderos irregulares. -	12
CUADRO 4.- Forma de anotar Km., lecturas y cotas en la libreta. - - - - -	13
CUADRO 5.- Lotificación del terreno de acuerdo a su topografía. - - - - -	15
CUADRO 6.- Tabulación de valores para el cálculo de la pendiente del terreno. - - - - -	18
CUADRO 7.- Cálculo y ajuste de volúmenes de corte y relleno de acuerdo al factor de compactación. - - -	23
CUADRO 8.- Cálculo de la correlación existente entre los de volúmenes obtenidos con el método DR-38 y el método de los cuatro puntos. (Usando tablas)	45
CUADRO 9.- Comparación de volúmenes de tierra en diferentes métodos de cálculo (4 puntos, DR-38 y proporcional).	51
FIGURA 1.- Forma de colocar el estadal en el trmpo. - - -	13
FIGURA 2.- Plano No. 1 con topografía original, mostrando lecturas, cotas y curvas de nivel. - - - - -	16
FIGURA 3.- Efecto que causa la modificación de la pendiente Este-Oeste (E-W). - - - - -	20
FIGURA 4.- Efecto que causa la modificación de la pendiente Norte-Sur (N-S). - - - - -	20
FIGURA 5.- Plano No. 2 cálculo del centroide y pendientes del terreno.	21
FIGURA 6.- Plano No. 3 cálculo de las cotas de la rasante con su cálculo de corte o relleno. - - - - -	22
FIGURA 7.- Efecto que causa al terreno al bajar el centroide 20ms. de profundidad para incrementar el área de corte y disminuir el área de relleno sin alterar la pendiente del terreno. - - -	24

FIGURA 8.-	Perspectiva de un cuadro de 20 x 20 Mts., indicando el movimiento de tierra a reali- zar tanto de corte como relleno. - - - -	25
FIGURA 9.-	Perfil de un solo lado del cuadro 20 x 20 Mts. - - - - -	26
FIGURA 10.-	Perspectiva de un cuadro de 20 x 20 Mts. indicando lo que se va a remover de tie- rra en sus cuatro esquinas.- - - - -	29
FIGURA 11.-	Consideraciones en número de veces en el plano de las esquinas, orillas e interio- res en el terreno. - - - - -	39
FIGURA 12.-	Valorización convencional con literales en las esquinas, orillas e interiores en el terreno. - - - - -	40
FIGURA 13.-	Perspectiva de los volúmenes en exceso - tanto de corte como de relleno en las - cuadrículas de 20 x 20 Mts., donde encon- tramos ceros. - - - - -	42
FIGURA 14.-	Consideraciones generales cuando el lími- te de la cuadrícula no coincide con el - terreno. - - - - -	48
FIGURA 15.-	Plano No. 4, se indican los cortes y los rellenos corregidos con el factor de - compactación. - - - - -	52
FIGURA 16.-	Plano No. 5, Se indican los cortes y re- lLENOS en cada cuadrícula, para el cálcu- lo se utilizaron las tablas únicas. (Mé- todo de los cuatro puntos). - - - - -	53
FIGURA 17.-	Plano No. 6, se indican las cotas y cur- vas de nivel después de haber nivelado.	54
FIGURA 18.-	Detalle de chequeos en los cortes. - - -	55
FIGURA 19.-	Detalle de chequeos en los rellenos. - -	56
TABLAS UNICAS .-	Para calcular el volúmen de corte ó re- lleno. - - - - -	31

I N T R O D U C C I O N

La nivelación ha sido preocupación del hombre desde los tiempos más remotos. En Asia, los chinos, los Aztecas, los Incas y los Mayas en América, construían sus terrazas para detener la erosión, ese trabajo incesante de la naturaleza que de destructivo se convirtió en constructivo por la intervención inteligente del hombre.

La erosión ocasionada por el agua y viento, es uno de los combates constantes que tiene el hombre con la naturaleza, aunque la lucha más fuerte es la que ocasiona el agua por el azolve que arrastra, que es un producto normal de la Naturaleza. Pero también influyen mucho los programas de desmonte de grandes áreas mal planificadas, porque dejan la tierra tan suelta que se facilita el arrastre del suelo, y no se les hace el complemento principal que es la nivelación.

En México, los agricultores y ejidatarios con parcelas de riego o de temporal tienen sus tierras con la superficie que la naturaleza les formó. Si a estas tierras no se les prepara adecuadamente, el agua de lluvia o riego no se distribuye uniformemente, sino que provoca por un lado encharcamientos y por otro, arrastre de gran cantidad de suelo, además de una baja eficiencia en la aplicación de los fertilizantes, la emergencia no es uniforme y el vigor de las plantas en las partes muy altas no es parejo por la falta de humedad. Esta situación es muy mala para la agricultura, ya que compromete la redituabilidad de la Tierra y esto se evitaría en gran medida nivelando las Tierras; por lo tanto la nivelación de terrenos es una necesidad urgente que debe ser planeada con gran visión y en forma inmediata.

La nivelación de Tierras es un trabajo que requiere de cierto criterio matemático, pero principalmente de un gran criterio agronómico.

Desde el punto de vista agrícola, la nivelación de Terrenos que tienen una topografía irregular, tiene por objeto facilitar y perfeccionar la mecanización de todas las labores, tales como la preparación de tierra, siembra, combate de plagas, fertilización, cosecha, con la ventaja de reducir los costos, ahorro de agua, aumento de los rendimientos y conservación del suelo.

Desde el punto de vista del Ingeniero Agrónomo, la Nivelación de Tierras en un Terreno Agrícola consiste en la remoción de tierra de las partes altas, su acarreo y depósito en las partes bajas, con el fin de dejar una superficie plana que facilite las labores agrícolas; y desde el punto de vista económico, no necesariamente debe ser horizontal, sino que implica un movimiento mínimo de metros cúbicos de excavación, acarreo y rellenos.

Por su desconocimiento, la Nivelación de Terrenos Agrícolas, es un término que resulta confuso para la generalidad de la gente de campo, unos creen que se trata simplemente de alisar la superficie, otros que se trata de remover protuberancias y rellenar depresiones, para así construir una superficie que parezca mesa de billar. Otros más piensan que es la remoción de la tierra fértil superficial por los cortes efectuados y dejar expuesta la tierra infértil que tardará algunos años en recobrar su fertilidad normal.

Desde luego, los anteriores criterios son ciertos y aplicables a los trabajos que en general son mal planeados y ejecutados, comunmente a cálculo y con equipo totalmente inapropiado, tales como tractores D-8 con Bulldozer, o bien con motoconformadoras; el resultado en estas condiciones tiene que ser totalmente desastroso y lo realizan algunos agricultores particulares.

Esta situación angustiosa de la falta de nivelación de tierras en México, ha sido encarada por la Secretaría de Agricultura y Recursos -- Hidráulicos, aunque en pequenísima escala, se ha avocado a la ejecución de estos trabajos con la ayuda del Banco de México, I.M.M.S.A. (*) y - M.C.C.S.A. (**), estas dos últimas de la iniciativa privada, con la ma-- quinaria más moderna y altamente tecnificada y con la ayuda del Rayo - Laser. Sin embargo, el volúmen de obra ejecutada es sumamente pequeño - comparado con las necesidades del País, que requiere este tratamiento y esta atención en gran escala.

(*) Industrial Minera México, S.A.

(**) México Compañía Constructora, S.A.

ANTECEDENTES.

Uno de los principales problemas que tiene que resolver el País y la humanidad para que no se detenga el proceso de su desarrollo, es el de mantener un equilibrio entre el aumento de la población y el de la producción agrícola, considerando que nuestra población aumenta en un 3.6% anual y tenemos grandes limitaciones de agua y tierras que pueden ser puestas al cultivo ya que la mayoría del territorio nacional tiene una topografía bastante irregular, aunado a que también hacen falta - obras hidráulicas adecuadas tanto de gran envergadura como pequeñas obras de riego. Teniendo el siguiente panorama: Que mientras en el Norte del País donde tenemos grandes extensiones aptas para la agricultura, la principal limitante es el agua y en el Centro y Sur, donde las precipitaciones son mayores y abundantes, la topografía del suelo es - muy irregular, además de que hacen falta obras hidráulicas que satisfagan los problemas de almacenaje y conducción del agua hacia los terrenos que son susceptibles a la explotación agrícola, para que se puedan nivelar, revestir y construir drenes.

En el caso de Sonora, hemos tenido algunos años de constante sequía ya que las precipitaciones anuales apenas alcanzan en los distritos de riego para un solo cultivo, dándose rara vez agua para un segundo cultivo, solamente con ayuda de pozos de perforación profunda, se - vé pues, que una de las soluciones más baratas y prácticas para hacer rendir más el agua de riego, es la nivelación de tierras ya que gran parte de la misma se desperdicia, por falta de una adecuada uniformidad del terreno. Entonces podemos concluir que un terreno desnivelado nos produce encharcamientos en las partes bajas y una escasa humedad o poca infiltración en las partes altas, que a veces se puede disminuir con un adecuado trazo de riego.

FACTORES QUE SE TOMAN EN CUENTA ANTES DE LA NIVELACION.

1.- Suelos permeables, son terrenos arenosos a gravosos, se debe investigar en todo caso el perfil del suelo a una profundidad mínima de 2 Mts. para no dejar al descubierto la arena, grava o material indeseable para la agricultura en cuyo caso se deben desechar.

2.- Suelos poco profundos, con capa arable muy delgada. En estos casos se debe de estudiar el perfil del suelo para poder determinar los cortes máximos o si es factible o económico el acarreo de tierra de un cercano banco de tierra, para no dejar al descubierto también material indeseable como arena, grava, tepetate, roca, etc.

3.- Carencia de drenaje. En estos casos en donde el manto freático es poco profundo, en caso de no poder hacer drenes parcelarios debe de proyectarse con las pendientes naturales que presente el terreno.

4.- Suelos inestables. En terrenos que presenten resumideros grandes, se pierde agua y suelo en tan grandes cantidades que a veces no se hace consteable la nivelación.

5.- Terrenos con pendientes fuertes. Se aconseja la formación de terrazas o escalones o los trazos de riego de surquería en contorno y si no es económicamente costeable, se recomiendan otros sistemas de riego como es el de aspersion.

6.- Terrenos con topografía accidentada. Se aconseja la nivelación por etapas, es decir, ir modificando la topografía del terreno año con año y los beneficios obtenidos en la primera etapa, se reinvierten en la segunda etapa y así sucesivamente hasta quedar el proyecto lo más deseable posible, para una mejor distribución del agua y el consiguiente aumento de las cosechas al final de este proyecto.

7.- Disponibilidad del agua. Cuando el agua de que se dispone es escasa no se recomienda la nivelación y es mejor usar otros sistemas de riego, como lo es el riego por goteo o el de aspersión. Aunque la inversión es un poco mayor, pero aquí el factor limitante número uno es el agua.

8.- También se toman en cuenta los canales principales, regaderas, tomas de agua y desagües, drenes, así como el nivel de aguas máximo de la toma para una mejor operación de canales y drenes.

9.- También se consideran en levantamientos grandes, los linderos de parcela.

DESVENTAJAS DE LOS TERRENOS DESNIVELADOS.

- a).- Dificultad en las labores agrícolas.
- b).- Dificultad en el trazo del riego como el riego mismo.
- c).- Germinación irregular.
- d).- Mayor erosión en terrenos con pendientes fuertes.
- e).- Encharcamiento en las partes bajas predisponiendo al cultivo al ataque de enfermedades.
- f).- Infiltración de agua en las partes altas.
- g).- Mayor pérdida de fertilizantes e insecticidas así como su menor eficiencia.
- h).- Menor calidad de la producción.
- i).- Dificultad en la cosecha por exceso de bordos de las curvas de nivel.
- j).- Menor producción.

VENTAJAS DE LA NIVELACION.

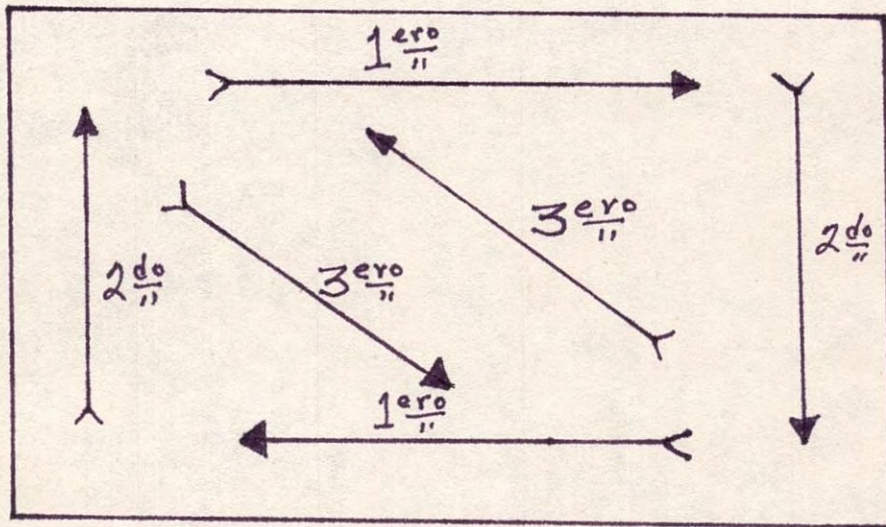
- a).- Facilita las labores agrícolas.
- b).- Se logra una mejor distribución del agua.
- c).- Ahorro de tiempo en los riesgos.
- d).- Evita erosión.
- e).- Menor pérdida de agua por lixiviación.
- f).- Mayor eficiencia de los fertilizantes e insecticidas.
- g).- Se evita complicados trazos de riego.
- h).- Se obtiene una germinación más uniforme.
- i).- Mejor drenaje superficial.
- j).- Una mayor producción.

GRADOS DE NIVELACION.

La nivelación de tierra requiere mover tierra en grandes a -
pequeñas cantidades por Ha., mediante el uso de escrepas o pasos de ni-
veladoras de acuerdo al volúmen que se va a mover, es por eso que los -
podemos clasificar en tres grados que son:

1er. GRADO.- Se consideran nivelaciones a terrenos que tienen Volúmen -
de 0-350 M3/Ha. y se lleva a cabo con paso de niveladora o LAND PLANE -
en 3 sentidos para corregir pequeñas irregularidades del terreno.

CUADRO # 1



Ya que en estos grados de nivelación el promedio de cortes y -
rellenos nunca es mayor de 5 cm. y es lo que comunmente se llama empare-
je.

2do. GRADO.- Estas nivelaciones requieren movimientos de Tierra de 351 a 800 M³/Ha. Los terrenos que se encuentran en este rango tienen un promedio de cortes y rellenos de 13 Cm., en este caso si se requiere el empleo de maquinaria pesada, como son las escrepas, para poder eliminar los accidentes del terreno aunado a 2 o 3 pasos de niveladora al final.

3er. GRADO.- Los terrenos que se encuentran en este grado son aquellos en los que se necesita mover un volumen de tierra mayor de 800 M³/Ha., y son terrenos donde se aprecian muy bien los accidentes topográficos, considerándose un promedio de cortes y rellenos mayor de 18 Cm. Donde se requiere también el uso de maquinaria pesada como son las escrepas en tandem (Juego de 2), motoescrepas auto-cargables, siendo necesario a veces proyectar terrazas o escalones para disminuir los volúmenes de tierra a mover, así como la construcción de regaderas con obras de caídas de agua rápidas para un mejor manejo del agua y evitar la erosión del terreno.

TRABAJOS PREVIOS.

- a).- Desmote en caso de existir vegetación natural.
- b).- Desenraice.
- c).- Quema del producto del desmote.
- d).- Barbecho.
- e).- Rastreo doble.
- f).- Paso de niveladora para tener una superficie más lisa del terreno por nivelar y que no se disparen mucho las cotas que se obtendrán al hacer el levantamiento.

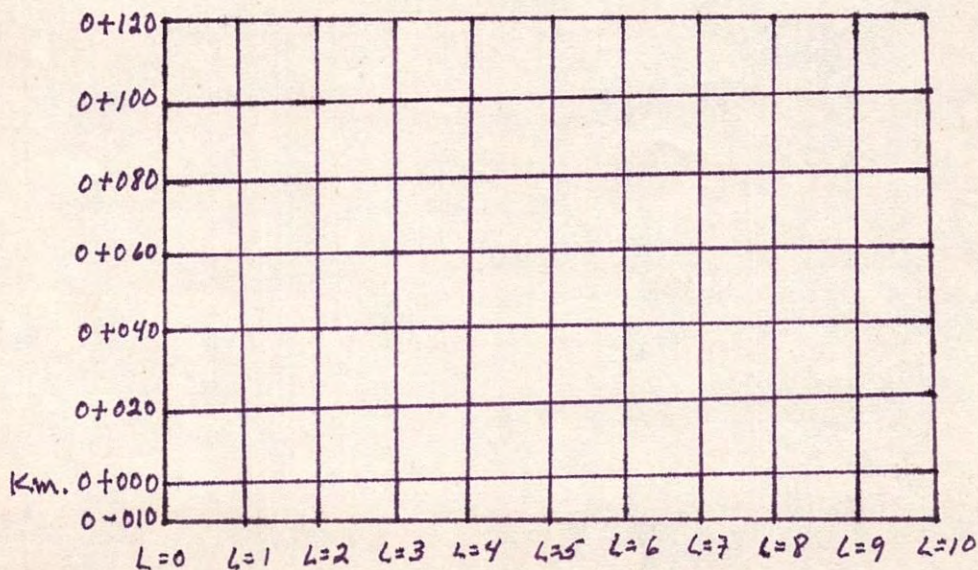
En los casos en que los Terrenos estén en producción se procede a la quema o incorporación de residuos de cosecha del cultivo anterior para posteriormente borrar bordos o surquería del trazo de riego, y dar un paso de rastra o dos Land-Plane (Niveladora).

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.

Para recabar los datos Topográficos del terreno y nivelar, se trazan dos líneas bases con tránsito, para marcarlas perpendicularmente entre sí y estacando a cada 20 Mts., mismos que servirán de apoyo en el trazo de toda la cuadrícula de 20x20 colocando el banco de nivel (B.N.) en lugares convenientes, generalmente estos B.N. están referenciados al nivel del mar o pueden ser arbitrarios. Se debe cuidar mucho en las nivelaciones al correr o poner bancos y checarlos con especial cuidado para poder ligar las elevaciones del terreno adyacente al cambiar de aparato cuando ya no se alcance a ver las lecturas que no deben pasar de 200 Mts. de distancia.

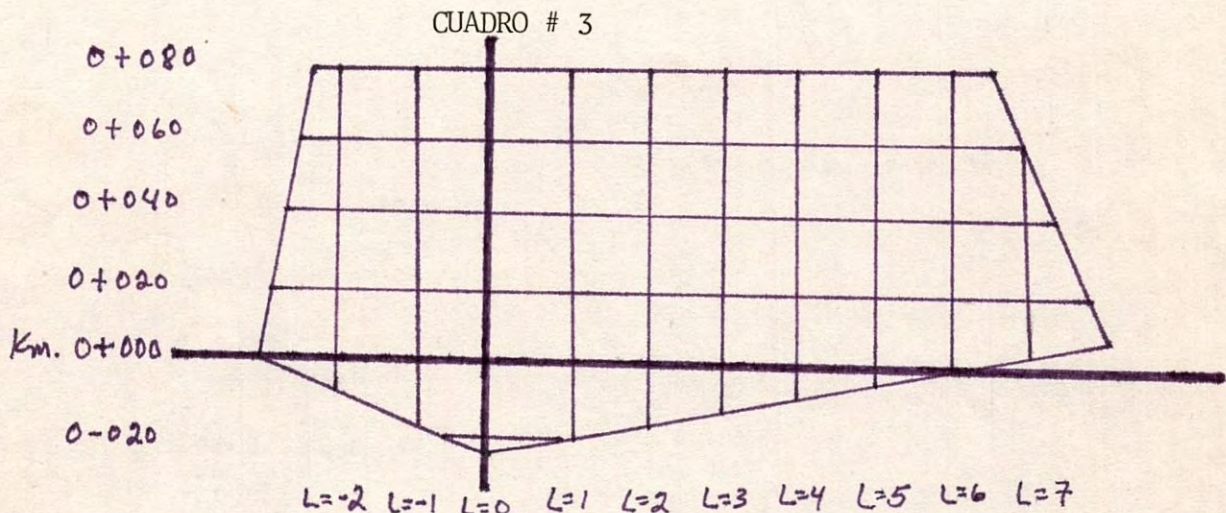
Habiendo trazado las líneas bases se identificarán marcando las es tacas de una línea correspondiente y en la otra el kilometraje, después se llenará la cuadrícula de 20x20.

CUADRO # 2



Poniendo en cada estaca un trompo al raz del suelo que es donde se pone el estadal para tomar la lectura y es precisamente ahí donde queda representado el terreno natural que posteriormente servirá de apoyo para marcar el corte o relleno en la estaca y esta a la vez, indicará el operador hasta donde cortará o rellenará de tierra estos puntos tomados con el nivel.

Si el terreno es irregular conviene trazar las dos líneas bases - perpendiculares lo más cerca posible de los límites del terreno a los linderos irregulares. (Ejemplo)



Después se llena la cuadrícula de 20x20 se recorre hasta todos los sentidos a 20 Mts. En caso de que quede una distancia igual o mayor de 10 Mts. y menor de 20, el lindero se pone una última estaca indicando la distancia que tiene.

El levantamiento topográfico se debe hacer con nivel fijo y el registro de datos puede hacerse en libreta o directamente en el papel cuadrículado, pudiendo todos los datos que se necesitan para el Proyecto, (Ejemplo).

a).- En libreta. Se lleva a cabo de la siguiente manera:

Elevación B.N. - 10.000
Lectura B.N. - 1.230
Altura del Aparato- 11.23

CUADRO # 4

KM	L ₁		L ₂	
	LECT.	COTA	LECT.	COTA
0+000	1.37	9.86	1.28	9.95
0+020	1.36	9.87	1.41	9.82
0+040	1.42	9.81	1.44	9.79
0+060	1.45	9.78	1.45	9.78

Después se dibuja el croquis teniendo cuidado en indicar todas las referencias así como datos de regadera y del canal que abastece el lote, complementar con altura de bordos, piso del canal, drenes y desagues, - los linderos de la parcela, el nombre del propietario y el Norte magnético.

DETALLE DE ESTACA Y TROMPO

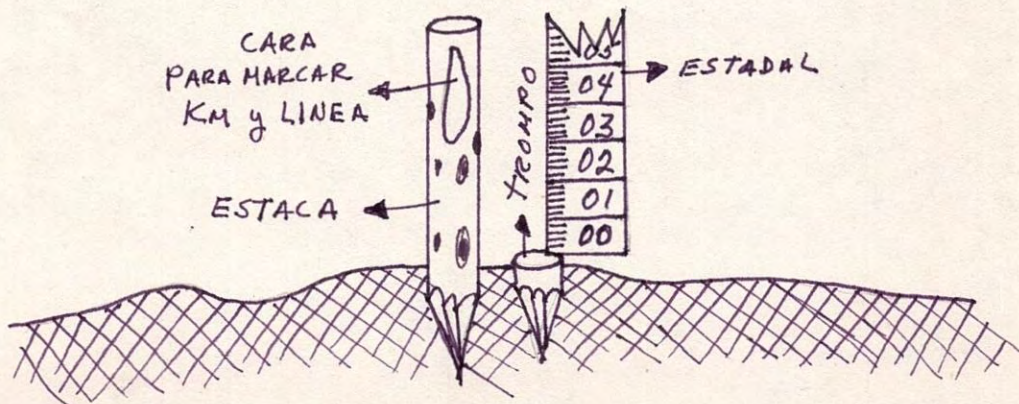


FIGURA # 1

b).- En papel cuadriculado sale directamente el plano con todos sus detalles, calculando el topógrafo las cotas topográficas naturales en el mismo papel y configurar las curvas de nivel al mismo tiempo, o sea sacar las curvas de nivel a una equi-distancia. De 10 a 20 Cm. dependiendo de lo accidentado que esté el terreno, indicándose en una nota visible.

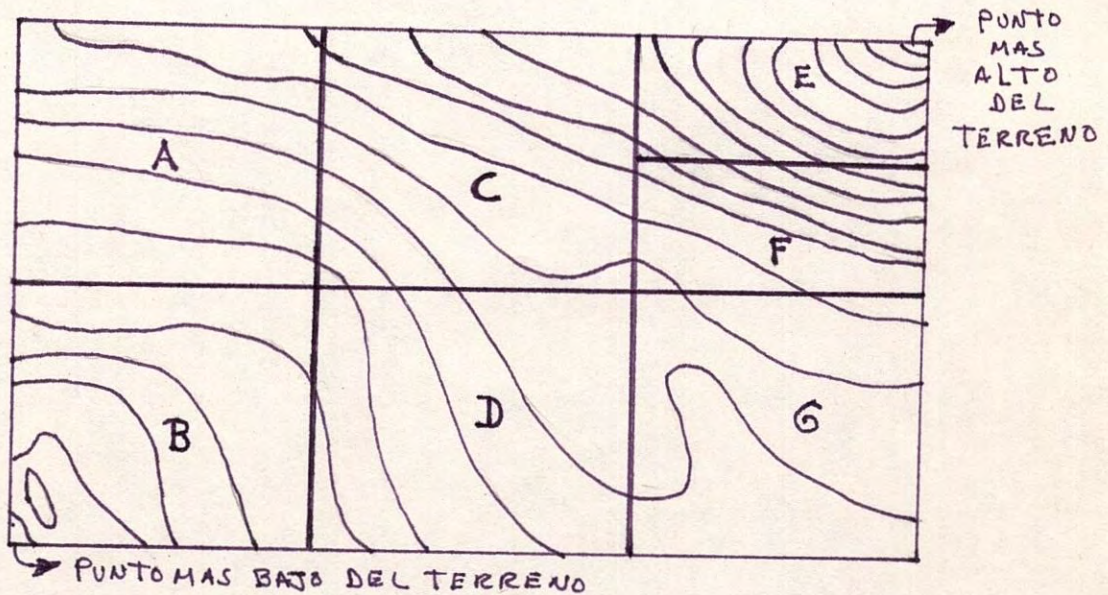
DIBUJO DEL PLANO.

Se recomienda dibujarlo en copias de papel maduro sacadas de las originales que contienen la cuadrícula dibujada, para facilitar al dibujante y calculista la elaboración completa del proyecto que se va a realizar sin olvidar detalles. Posteriormente se sacan 1, 2 o más copias en papel heliográfico para hacer los proyectos o decisión de tablas.

PROYECTO DE TABLAS O LOTES.

Cuando la superficie levantada es grande, se procede a dividir el terreno en tablas de acuerdo a la topografía del terreno para evitar grandes volúmenes de tierra y acarreo demasiado lejos y aprovechar las pendientes óptimas para riego, de acuerdo a la configuración del terreno.

CUADRO # 5



Como muestra la figura se divide en el terreno en siete tablas de acuerdo a la topografía.

Las longitudes máximas de acarreo no deben pasar de cuatrocientos metros de distancia y se debe evitar en la medida de lo posible los cortes fuertes para no quitar la capa fértil del suelo que generalmente está en el horizonte A. También se pueden hacer tablas en terrenos más o menos uniformes entre 10 y 20 Hectáreas.

FIGURA # 2

PLANO No.1 MOSTRANDO LECTURAS, COTAS Y LAS CURVAS DE NIVEL ORIGINALES.

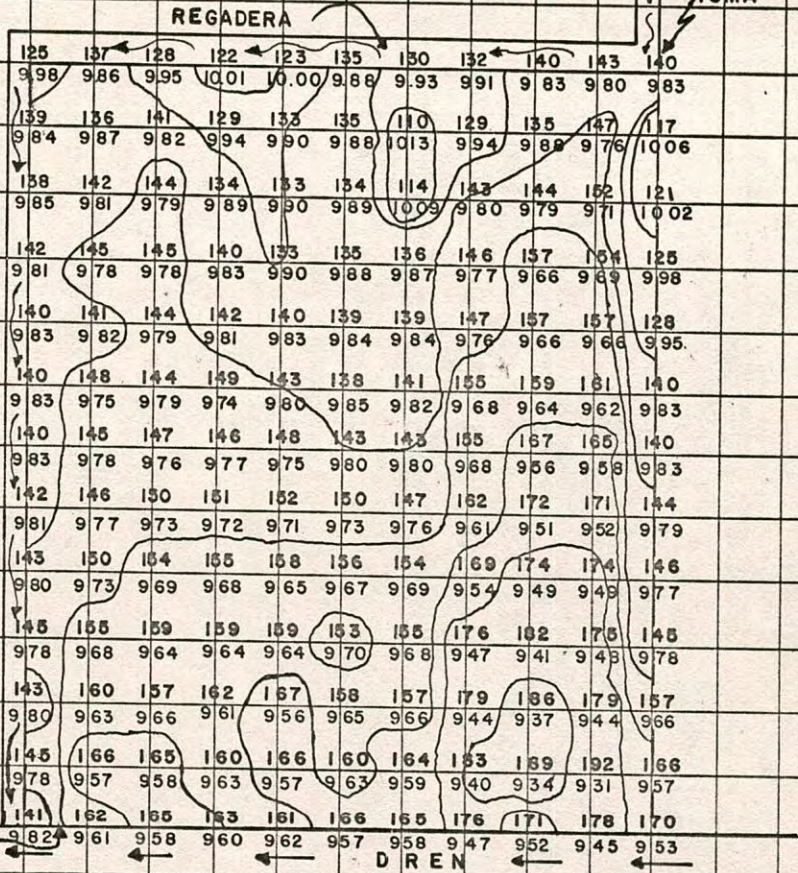
N

LECT. B.N. 1.230 $\alpha = 11.23$

0+000

0+100

0+240



DESAGUE

B.N. = 10.00

ESC. 1:1600

CALCULO DE LA PENDIENTE DEL TERRENO.

Frecuentemente se observa entre los agricultores que en su afán de nivelar las tierras, mueven considerables volúmenes a cálculo, basados en el conocimiento empírico del relieve de su lote, esto causa generalmente movimientos algunas veces insuficientes y otras veces excesivos, lo que ocasiona pérdidas económicas por una y otra parte.

Existe un procedimiento sencillo y fácil de usar para el cálculo de la rasante, este nos proporciona una base técnica para minimizar el movimiento de tierra por medio de las rectas de mínimos cuadrados, que en varias investigaciones se puede usar para hacer predicciones de Ingeniería.

CALCULO DE LAS PENDIENTES " X y Y "

De la fórmula de los mínimos cuadrados

$$P = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{N}}{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N}}$$

P = Pendiente

X = Cotas analizadas E-W

Y = Cotas analizadas N-S

N = Número de columna o Hilera.

CUADRO N. 6

CALCULO DE PENDIENTES

PARTE 1 DE 1

PENDIENTE E - W

ESTACION	DISTANCIA X	COTAS Z	X ²	XZ
	1	9.82	1	9.82
	2	9.74	4	19.48
	3	9.73	9	29.19
	4	9.75	16	39.00
	5	9.75	25	48.75
	6	9.76	36	58.56
	7	9.80	49	68.60
	8	9.65	64	77.20
	9	9.58	81	86.22
	10	9.57	100	95.70
	11	9.81	121	107.91
	12		144	
	13		169	
	14		196	
	15		225	
	16		256	
	17		289	
	18		324	
	19		361	
	20		400	
	21		441	
	22		484	
	23		529	
	24		576	
	25		625	
	26		676	
	27		729	
	28		784	
	29		841	
	30		900	
SUMAS	66	106.96	506	640.43

PENDIENTE N - S

ESTACION	DISTANCIA Y	COTAS Z	Y ²	YZ
	1	9.90	1	9.90
	2	9.91	4	19.82
	3	9.86	9	29.58
	4	9.81	16	39.24
	5	9.79	25	48.95
	6	9.75	36	58.50
	7	9.74	49	68.18
	8	9.69	64	77.52
	9	9.65	81	86.85
	10	9.62	100	96.20
	11	9.58	121	105.38
	12	9.54	144	114.48
	13	9.57	169	124.41
	14		196	
	15		225	
	16		256	
	17		289	
	18		324	
	19		361	
	20		400	
	21		441	
	22		484	
	23		529	
	24		576	
	25		625	
	26		676	
	27		729	
	28		784	
	29		841	
	30		900	
SUMAS	91	126.41	819	879.01

$P_{E-W} (6) - .0120$

$P_{N-S} (7) - .0321$

$C_{de} \frac{(X,Y)}{(6,7)} 9.72$

FORMULA

PARA EL

CALCULO DE PENDIENTES:

$$= \frac{\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{N}}{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N}}$$

NOTAS La Pendiente Natural en el Eje X = -.01 C/20 Mts. de Oeste a Este por necesidades de la toma de Agua, la obligaremos a +.01 C/20Mts. de Este a Oeste. La Pendiente Natural en el Eje Y = -.03 C/20 Mts. la obligaremos a -.02 C/20 Mts. de Norte a Sur por tener mejor ajuste entre volúmenes de corte y relleno (Ver figuras en páginas anteriores)

Sustituimos para el eje X y obtenemos:

$$P = \frac{640.43 - \frac{(66)(106.96)}{11}}{506 - \frac{(66)^2}{11}} = \frac{640.43 - (641.76)}{506 - 396}$$

$$EW = \frac{-1.330}{110} = -0.012090$$

Sustituimos para el eje Y y obtenemos:

$$P = \frac{879.01 - \frac{(91)(126.41)}{13}}{819 - \frac{(91)^2}{13}} = \frac{879.01 - 884.87}{819 - 637.0}$$

$$NS = \frac{-5.860}{182}$$

$$P = -0.032197$$

$$NS$$

FIGURA #3

ILUSTRACION DEL EFECTO QUE CAUSA LA MODIFICACION DE LA PENDIENTE E-W

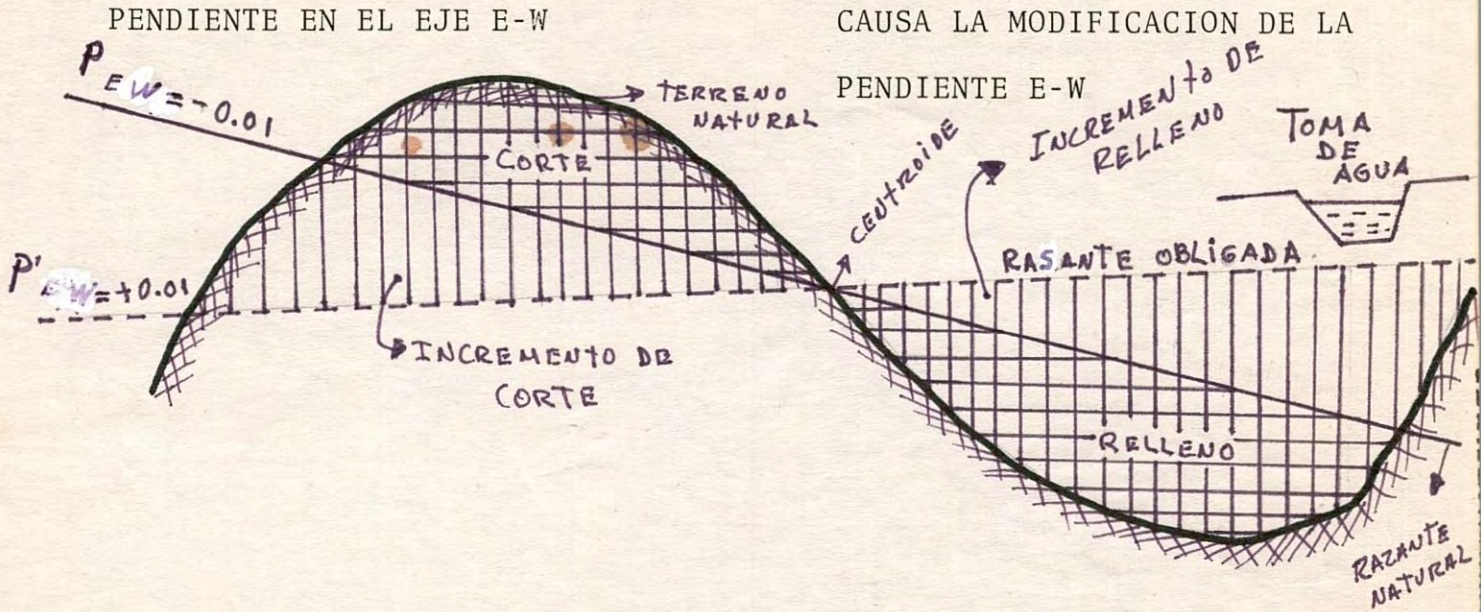
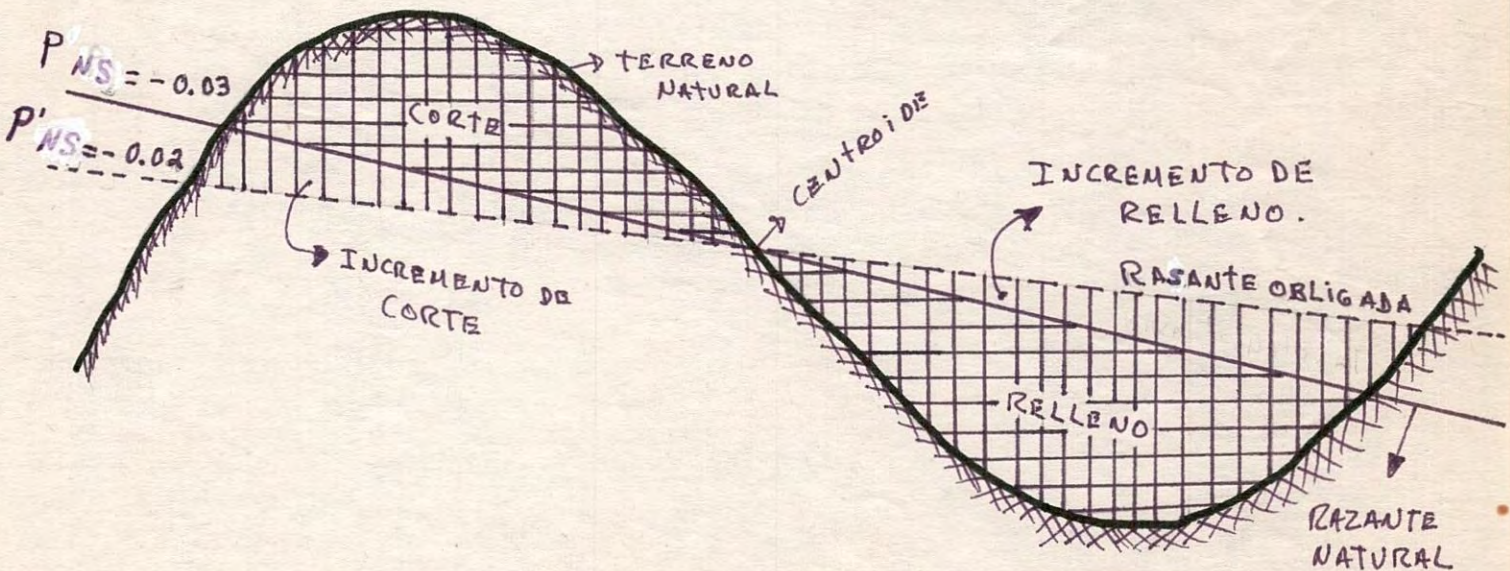


FIGURA #4

PENDIENTE EN EL EJE N-S

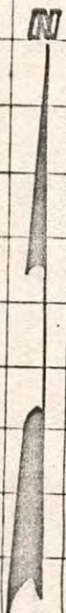
ILUSTRACION DEL EFECTO QUE CAUSA LA MODIFICACION DE LA PENDIENTE N-S



PLANO No. 2 MOSTRANDO EL CALCULO DEL CENTROIDE Y LAS PENDIENTES IDEALES QUE DEBE LLEVAR EL TERRENO.

(L=10,0+000)

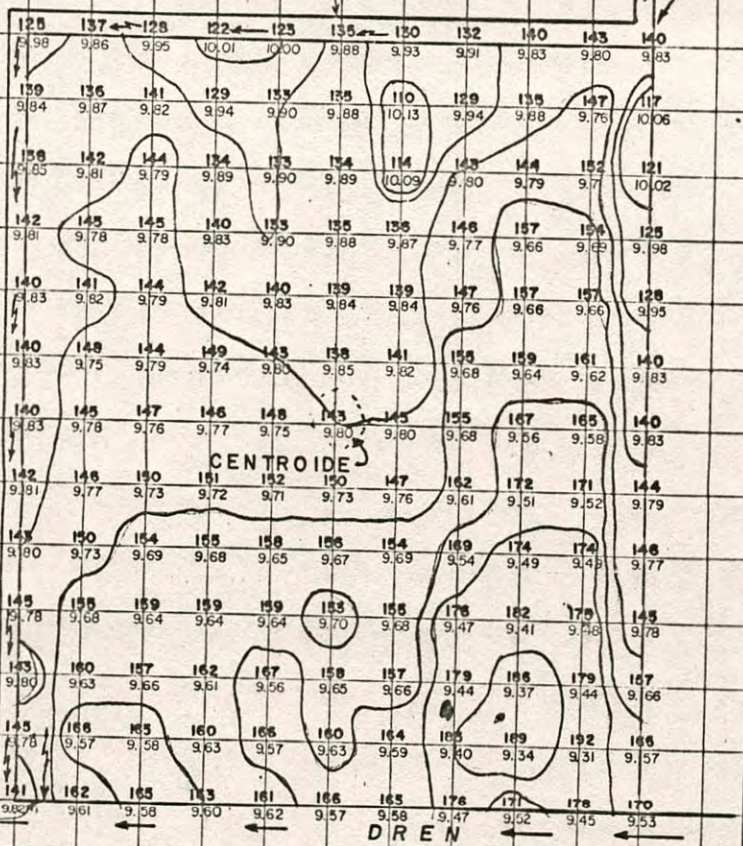
LLEVAR EL TERRENO.



0+000
0+100
0+240

B.N. 1.230 $\pi = 11.23$
REGADERA

CANAL
TOMA



	Y	Z	Y ²	YZ
1	9.90	1	9.90	
2	9.91	4	19.82	
3	9.86	9	29.58	
4	9.81	16	39.24	
5	9.79	25	48.95	
6	9.75	36	58.50	
7	9.74	49	68.18	
8	9.69	64	78.62	
9	9.65	81	88.85	
10	9.62	100	98.20	
11	9.58	121	105.38	
12	9.54	144	114.48	
13	9.57	169	124.41	
Σ	91	1261	819	879.01

$P_{E.W} = -0.0120$
 $P_{N.S} = -0.0321$
 $C_{de} = 9.72$

B.N. = 10.00

L-0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	L-10	Σ
X	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	66
Z	9.82	9.74	9.73	9.75	9.76	9.80	9.65	9.58	9.57	9.81	106.96
X ²	4	9	16	25	36	49	64	81	100	121	
XZ	19.64	29.22	38.92	48.75	58.56	68.60	77.80	86.22	95.70	107.91	640.43

$$P = \frac{\Sigma XY - \frac{\Sigma X \cdot \Sigma Y}{N}}{\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{N}}$$

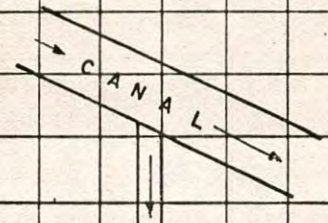
ESC. 1:1600

FIGURA # 6

PLANO No. 3 INDICANDO LAS COTAS DE LA RASANTE Y SU CORTE O RELLENO

DATOS DE OPERACION:

PISO = 1.62 9.61
 NIVEL DE AGUAS MAXIMAS = 1.15 = 10.08
 ALTURA DEL BORDO = 1.00 = 10.23



Station	9.98	9.86 R	9.95 E	10.01 G	10.00 A	9.88 D	9.93 E	9.91 R	9.83 A	9.80	9.83
0+000	9.79 C.19	9.60 C.06	9.81 C.14	9.82 C.19	9.83 C.17	9.84 C.04	9.85 C.08	9.86 C.05	9.87 R.04	9.88 R.08	9.89 R.06
	9.84 C.07	9.87 C.09	9.82 C.03	9.94 C.14	9.90 C.09	9.88 C.06	10.13 C.30	9.94 C.10	9.88 C.03	9.76 R.10	10.06 C.19
	9.85 C.10	9.81 C.05	9.79 C.02	9.89 C.11	9.90 C.11	9.89 C.09	10.09 C.28	9.80 R.02	9.79 R.04	9.71 R.13	10.02 C.17
	9.81 C.08	9.78 C.04	9.78 C.03	9.83 C.07	9.90 C.13	9.88 C.10	9.87 C.08	9.77 R.03	9.66 R.15	9.69 R.13	9.88 C.15
	9.83 C.12	9.82 C.10	9.79 C.06	9.81 C.07	9.83 C.08	9.84 C.08	9.84 C.07	9.78 R.02	9.66 R.13	9.66 R.14	9.85 C.14
0+100	9.83 C.14	9.75 C.05	9.79 C.08	9.74 C.02	9.80 C.07	9.85 C.11	9.82 C.07	9.68 R.08	9.64 R.13	9.62 R.16	9.83 C.04
	9.83 C.16	9.78 C.10	9.76 C.07	9.77 C.04	9.75 C.04	9.80 C.07	9.60 C.07	9.68 R.06	9.56 R.19	9.58 R.18	9.83 C.06
	9.81 C.16	9.77 C.11	9.73 C.06	9.72 C.04	9.71 C.02	9.73 C.03	9.76 C.05	9.61 R.11	9.51 R.22	9.52 R.22	9.79 C.04
	9.80 C.17	9.73 C.09	9.69 C.04	9.68 C.02	9.65 R.02	9.67 R.01	9.69 -	9.54 R.16	9.49 R.22	9.49 R.23	9.77 C.04
	9.78 C.17	9.68 C.06	9.64 C.01	9.64 -	9.64 R.01	9.70 C.04	9.68 C.01	9.47 R.21	9.41 R.28	9.48 R.22	9.78 C.07
0+200	9.80 C.21	9.63 C.03	9.66 C.05	9.61 R.01	9.56 R.07	9.65 C.01	9.66 C.01	9.44 R.22	9.37 R.30	9.44 R.24	9.66 R.03
	9.57 C.21	9.57 R.01	9.58 R.01	9.63 C.03	9.57 C.04	9.53 C.01	9.59 R.04	9.40 R.24	9.34 R.31	9.31 R.35	9.57 R.10
0+240	9.82 C.27	9.61 C.05	9.58 C.01	9.60 C.02	9.62 D.03	9.57 R.03	9.58 E.03	9.47 N.15	9.52 R.11	9.45 R.19	9.53 R.12

CALCULO DEL CORTE
 O
 RELLENO

COTA NATURAL = 9.98
 COTA PROYECTADA = 9.79
 CORTE +.19

COTA NATURAL = 9.83
 COTA PROYECTADA = 9.89
 RELLENO -.06

DESAGUE L=0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 L=10 BN = 10.000

BANCO DE NIVEL = 1.230 ∇ = 11.23

ESC. 1:1600

CALCULO Y AJUSTE DE VOLUMENES DE

CUADRO N.º 7

CORTE Y RELLENO

1er. TANTEO CON LA RASANTE CALCULADA Cde. 9.72

VOLUMEN DE CORTE				
Nº	LOCALIZACION	SUMA DE ALTURAS	FACTOR	VOLUMEN
2	ESQUINAS	46	1	46
31	ORILLAS	333	2	666
58	INTERIORES	400	4	1600
2	CEROS	0	0	0
93	SUMAS	779	XXX	2312 M ³

VOLUMEN DE RELLENO				
Nº	LOCALIZACION	SUMA DE ALTURAS	FACTOR	VOLUMEN
2	ESQUINAS	18	1	18
9	ORILLAS	76	2	152
39	INTERIORES	540	4	2160
	CEROS			
50	SUMAS	634	XXXXX	2330 M ³

RELACION $V_c/V_r = 0.992$

(NO) SE ACEPTA

2do. TANTEO SE PROPONE (BAJAR)

2	ESQUINAS	48	1	48
31	ORILLAS	364	2	728
58	INTERIORES	458	4	1832
2	CEROS	2	4	8
93	SUMAS	872	XXXX	2616

RELACION $V_c/V_r = 1.214$

LA RASANTE (1) Cms. Cde. = 9.71

2	ESQUINAS	16	1	16
9	ORILLAS	67	2	134
39	INTERIORES	501	4	2004
	CEROS			
50	SUMAS	584	XXXX	2154

(NO) SE ACEPTA

3er TANTEO SE PROPONE (BAJAR)

2	ESQUINAS	50	1	50
31	ORILLAS	395	2	790
58	INTERIORES	516	4	2064
2	CEROS	4	4	16
93	SUMAS	965	XXXX	2920

RELACION $V_c/V_r = 1.476$

LA RASANTE (2) Cms. Cde. = 9.70

2	ESQUINA	14	1	14
9	ORILLAS	58	2	116
39	INTERIORES	462	4	1848
	CEROS			
50	SUMAS	534	XXXX	1978

(SI) SE ACEPTA

AJUSTANDO CON LA ECUACION $Y = 0.96 X - 108$

SUSTITUYENDO TENEMOS :

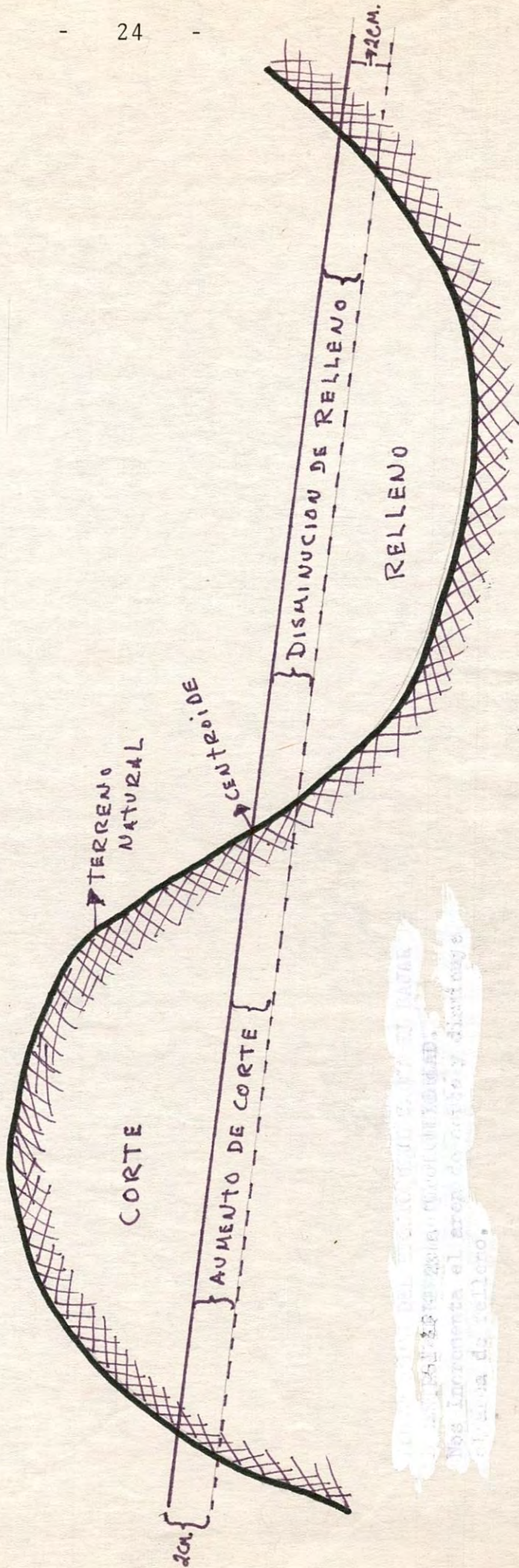
$$\text{VOLUMEN DE CORTE} = 2,695.2 \text{ M}^3$$

$$\text{VOLUMEN DE RELLENO} = 1,790.88 \text{ M}^3$$

$$\text{RELACION } V_c/V_r = 1.504$$

FIGURA #7

ILUSTRACION DEL EFECTO QUE CAUSA EL BAJAR
 EL CENTROIDE, 2 CM. DE PROFUNDIDAD.
 NOS INCREMENTA EL AREA DE CORTE Y
 NOS DISMINUYE EL AREA DE RELLENO, SIN ALTERAR
 LA PENDIENTE DEL TERRENO.



El centro de gravedad del terreno se baja 2 cm.
 Nos incrementa el area de corte y disminuimos el area de relleno.

METODOS PARA CALCULO DE VOLUMENES DE TIERRA

EXISTEN TRES PROCEDIMIENTOS O METODOS

- 1.- METODO DEL PRISMOIDE.
- 2.- METODO DE LOS 4 PUNTOS.
- 3.- METODO DR-38

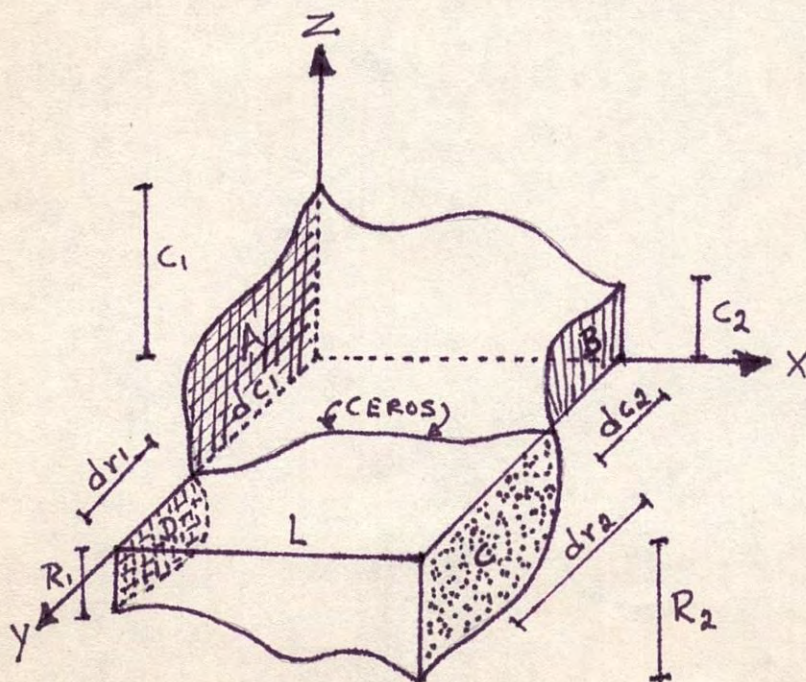
Método para cálculo de volúmenes cuando la cuadrícula no coincide con el límite del terreno. Se usa un cuarto método que es el método PROPORCIONAL.

1.- METODO DEL PRISMOIDE.

Se calculan cuadro por cuadro los volúmenes, este procedimiento es bastante laborioso y el tiempo que dura para su cálculo es bastante largo, por lo que resulta impráctico, aunque es el más exacto, ya que se apega a las formas estrictamente geométricas, ejemplo:

Tomamos un cuadro de long. L. visto en perspectivas.

FIGURA # 8



- L = 20.00 Mts.
- C1 = 0.20 Mts.
- C2 = 0.10 Mts.
- R1 = 0.08 Mts.
- R2 = 0.12 Mts.

Calculando las distancias a los puntos de cero o sea, donde no existe ni corte ni relleno. Visto de perfil tenemos:

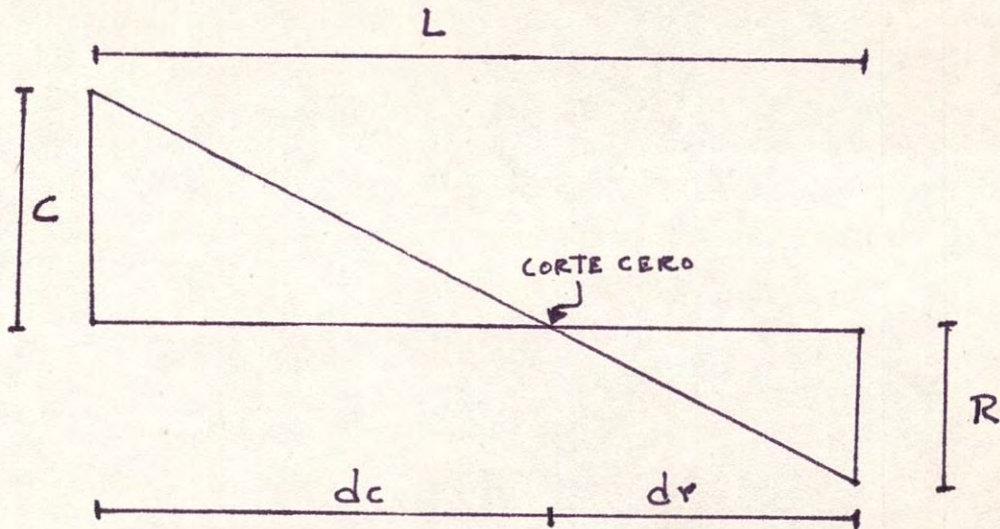


FIGURA # 9

- L = Longitud de la cuadrícula
- dc = Distancia de corte.
- dr = Distancia de relleno.
- R = Relleno.
- C = Corte.

Planteamos las siguientes ecuaciones:

$$L = dc + dr \quad (1)$$

$$\frac{C}{dc} = \frac{R}{dr} \quad (2)$$

Despejando dc en (1) y sustituyendo en (2)

$$dc = L - dr \text{ Tenemos}$$

$$\frac{C}{L - dr} = \frac{R}{dr}$$

$$C \, dr = LR - Rdr$$

$$C \, dr + Rdr = LR$$

$$d r = \frac{LR}{C + R} \quad \text{Distancia del cero al relleno.}$$

$$d c = L - dr \quad \text{Distancia del cero al corte.}$$

Sustituyendo Valores.

$$dr1 = (20) \cdot 0.08 \div 0.20 + 0.08 = 5.71 \text{ Mts.}$$

$$dc1 = L - dr1$$

$$dc1 = 20 - 5.71$$

$$dc1 = 14.29 \text{ Mts.}$$

$$dr2 = 20 \times 0.12 \div 0.10 + 0.12 = 10.99 \text{ Mts.}$$

$$dc2 = L - dr2$$

$$dc2 = 20.00 - 10.99$$

$$dc2 = 9.01 \text{ Mts.}$$

Calculando volúmen de corte y relleno tenemos:

$$\frac{(\Delta A + \Delta B)}{2} \times L = Vc$$

$$VC = \left[\frac{\left(\frac{(.20)(14.29)}{2} + \frac{(.10)(9.01)}{2} \right)}{2} \right] \times 20 = 18.79 \text{ M}^3$$

$$(\Delta C + \Delta D) \div 2 \times L = VR$$

$$VR = \left[\frac{\left(\frac{(.12)(10.99)}{2} + \frac{(.08)(5.71)}{2} \right)}{2} \right] \times 20 = 8.87 \text{ M}^3.$$

2.- METODO DE LOS CUATRO PUNTOS:

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$VC = \frac{L^2}{4} \frac{\sum C^2}{\sum C + \sum R} \quad \text{Volúmen del corte.}$$

$$VR = \frac{L^2}{4} \frac{\sum R^2}{\sum C + \sum R} \quad \text{Volúmen del relleno.}$$

Donde : L = Distancia.

$\sum C$ = Suma de cortes.

$\sum R$ = Suma de rellenos.

Sustituyendo tenemos:

$$VC = \left[\frac{20^2}{4} \right] \left[\frac{(.20 + .10)^2}{.20 + .10 + .08 + .12} \right] = 18.00 \text{ M}^3$$

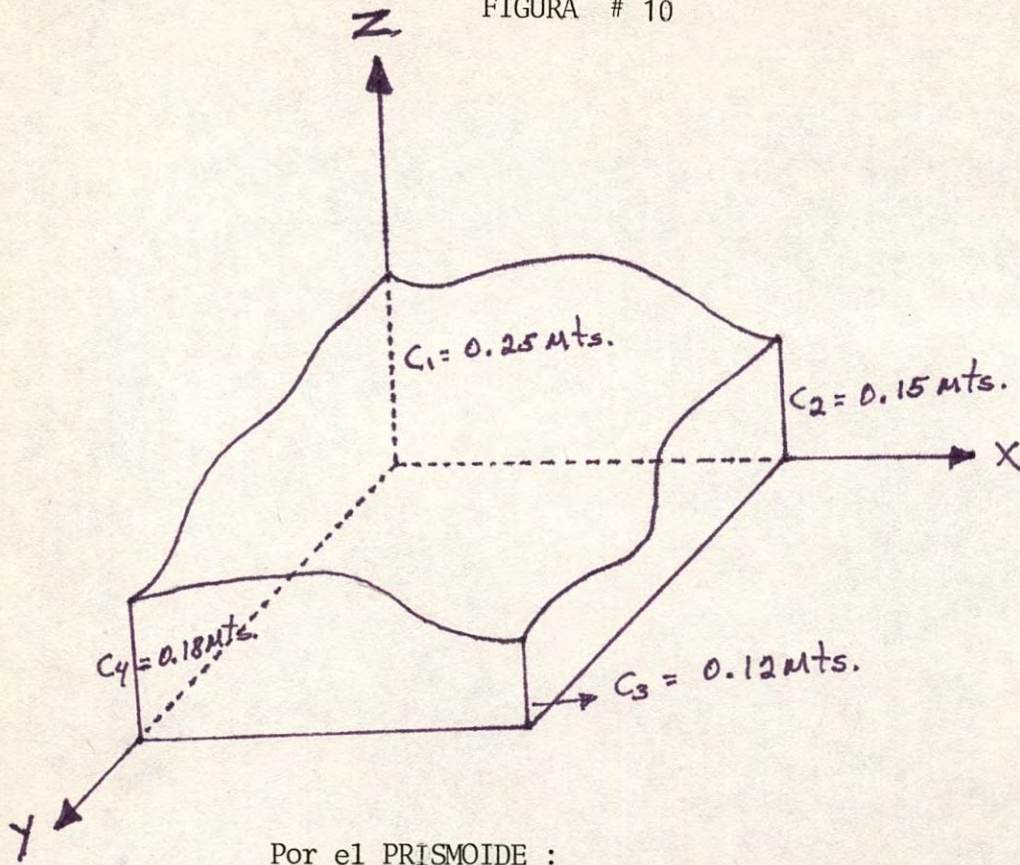
$$VR = \left[\frac{20^2}{4} \right] \left[\frac{(.08 + .12)^2}{.20 + .10 + .08 + .12} \right] = 8.00 \text{ M}^3$$

Comparando tenemos:

	<u>PRISMOIDE</u>	<u>4 PUNTOS</u>
VC	18.79 M ³	18.00 M ³
VR	8.87 M ³	8.00 M ³

La diferencia entre los dos métodos es inapreciable, pero el correcto es el del PRISMOIDE ya que se rige más geométricamente y el de los cuatro puntos es solo una aproximación. Estas diferencias solo existen en las cuadrículas donde hay ceros, o sea, cortes y rellenos en el mismo cuadro - pero donde solo existe en la cuadrícula corte o relleno no existe diferencia, ejemplo:

FIGURA # 10



Por el PRISMOIDE :

$$VC = \frac{C1 + C2 + C3 + C4}{4} L^2$$

$$VC = \left(\frac{.25 + .15 + .12 + .18}{4} \right) 20^2 = \frac{70}{4} \times 400 = 70 M^3$$

Por los CUATRO PUNTOS :

$$VC = \frac{L}{4} \frac{\sum C^2}{\sum C + \sum R} = \frac{400}{4} \times \frac{(.70)^2}{.70} = 70 M^3$$

Lo mismo sucede cuando son rellenos en las cuatro esquinas. Aunque se puede simplificar el cálculo usando tablas para el cálculo de volúmenes que se muestran en las siguientes páginas hecha para cuadrícula de 20 X 20.

Instrucciones para el uso de Tablas.

A).- Se busca en la parte superior derecha ($\leq C + \leq R$) que está dado en Cm., y se localiza en la parte izquierda $\leq C$ ó $\leq R$ y la intersección hilera y columna, nos dá directamente el volúmen, ejemplo:

Para el mismo caso:

$$\leq C = 30$$

$$\leq C + \leq R = 50$$

En la tabla de la página (32) localizamos la intersección de 30 en el 50 y nos dá $18.00 M^3$.

Cuando se usa otra cuadrícula diferente a 20 X 20 o sea 25 X 25 el resultado se multiplica por 1.56, ejemplo:

$$18.00 \times 1.56 = \underline{28.08 M^3}$$

La multiplicación x 1.56 se origina del siguiente valor de:

$$\frac{(25)^2}{400} = \frac{625}{400} = \underline{1.56}$$

La suma de los volúmenes que salen en cada cuadro nos dá el volúmen total.

TABLAS PARA EL CALCULO DE VOLUMENES DE CORTE O RELLENO

Σ

(ΣC + ΣR)

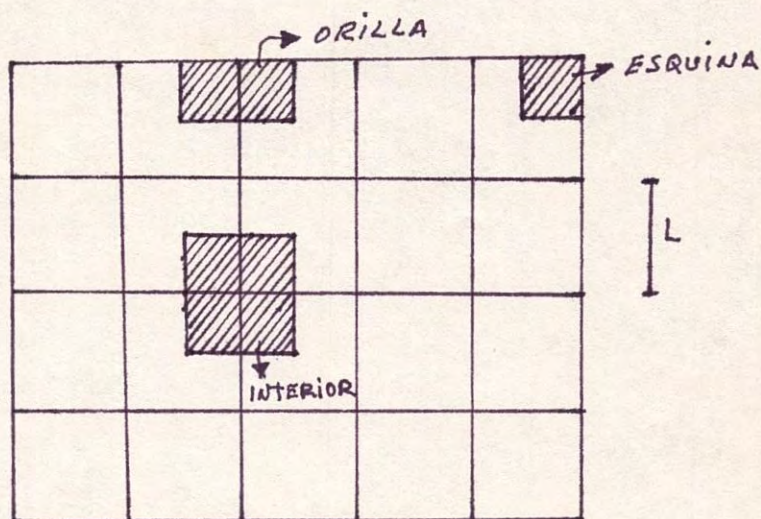
Co'R	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
37	37.00	36.03	35.10	34.22	33.39	32.59	31.84	31.11	30.42	29.76	29.13	28.52	27.94	27.38	26.84	26.33	25.83	25.36
38		38.00	37.02	36.10	35.22	34.38	33.58	32.82	32.09	31.39	30.72	30.08	29.47	28.88	28.31	27.77	27.24	26.74
39			39.00	38.02	37.10	36.21	35.37	34.57	33.80	33.06	32.36	31.69	31.04	30.42	29.82	29.25	28.70	28.17
40				40.00	39.02	38.09	37.21	36.36	35.55	34.78	34.05	33.33	32.65	32.00	31.37	30.77	30.19	29.63
41					41.00	40.02	39.09	38.20	37.35	36.54	35.72	35.02	34.31	33.62	32.96	32.33	31.72	31.13
42						42.00	41.02	40.09	39.20	38.35	37.58	36.75	36.00	35.28	34.59	33.92	33.28	32.67
43							43.00	42.02	41.09	40.20	39.34	38.52	37.73	36.98	36.25	35.56	34.89	34.24
44								44.00	43.02	42.09	41.19	40.33	39.51	38.72	37.96	37.23	36.53	35.85
45									45.00	44.02	43.08	42.19	41.33	40.50	39.70	38.94	38.21	37.50
46										46.00	45.02	44.08	43.18	42.32	41.49	40.69	39.92	39.18
47											47.00	46.02	45.08	44.18	43.31	42.48	41.68	40.91
48												48.00	47.02	46.08	45.18	44.31	43.47	42.67
49													49.00	48.02	47.08	46.17	45.30	44.46
50														50.00	49.02	48.08	47.17	46.30
51															51.00	50.02	49.07	48.17
52																52.00	51.02	50.07
53																	53.00	52.02
54																		54.00
55																		
56																		
57																		
58																		
59																		
60																		
61																		
62																		
63																		
64																		
65																		
66																		
67																		
68																		
69																		
70																		
71																		
72																		
37	24.89	24.45	24.02	23.60	23.20	22.82	22.44	22.08	21.73	21.39	21.00	20.74	20.43	20.13	19.84	19.56	19.28	19.01
38	26.25	25.78	25.33	24.90	24.47	24.07	23.67	23.29	22.92	22.56	22.21	21.88	21.55	21.23	20.93	20.63	20.34	20.05
39	27.65	27.16	26.68	26.22	25.78	25.35	24.93	24.53	24.14	23.76	23.42	23.04	22.70	22.37	22.04	21.73	21.42	21.12
40	29.09	28.57	28.07	27.59	27.12	26.67	26.23	25.81	25.40	25.00	24.61	24.24	23.88	23.53	23.19	22.86	22.53	22.22
41	30.56	30.02	29.49	28.98	28.49	28.02	27.56	27.11	26.68	26.26	25.82	25.47	25.09	24.72	24.36	24.01	23.68	23.35
42	32.07	31.50	30.95	30.41	29.90	29.40	28.92	28.45	28.00	27.56	27.14	26.73	26.33	25.94	25.56	25.20	24.84	24.50
43	33.62	33.02	32.44	31.88	31.34	30.82	30.31	29.82	29.35	28.89	28.43	28.01	27.60	27.19	26.80	26.41	26.04	25.68
44	35.20	34.57	33.96	33.38	32.81	32.27	31.74	31.22	30.73	30.25	29.70	29.33	28.89	28.47	28.06	27.66	27.27	26.89
45	36.82	36.16	35.53	34.91	34.32	33.75	33.20	32.66	32.14	31.64	31.15	30.67	30.22	29.78	29.36	28.93	28.52	28.12
46	38.47	37.78	37.12	36.48	35.86	35.27	34.69	34.13	33.59	33.06	32.53	32.06	31.68	31.12	30.67	30.23	29.80	29.39
47	40.16	39.45	38.75	38.07	37.44	36.82	36.21	35.63	35.06	34.51	33.98	33.47	32.97	32.48	32.01	31.56	31.11	30.68
48	41.89	41.14	40.42	39.72	39.05	38.40	37.77	37.16	36.57	36.00	35.45	34.91	34.39	33.88	33.39	32.91	32.46	32.00
49	43.65	42.87	42.12	41.40	40.69	40.02	39.36	38.72	38.11	37.51	36.91	36.38	35.84	35.31	34.80	34.30	33.82	33.35
50	45.45	44.64	43.86	43.10	42.37	41.67	40.98	40.32	39.68	39.06	38.41	37.88	37.31	36.76	36.23	35.71	35.21	34.72
51	47.29	46.45	45.63	44.84	44.08	43.35	42.64	41.95	41.28	40.64	40.01	39.41	38.82	38.25	37.70	37.16	36.63	36.12
52	49.16	48.28	47.44	46.62	45.83	45.07	44.33	43.61	42.92	42.25	41.64	40.97	40.36	39.76	39.19	38.63	38.08	37.55
53	51.07	50.16	49.28	48.43	47.61	46.82	46.05	45.31	44.59	43.89	43.25	42.56	41.92	41.31	40.71	40.13	39.56	39.01
54	53.02	52.07	51.16	50.27	49.42	48.60	47.80	47.03	46.28	45.56	44.83	44.18	43.52	42.88	42.26	41.66	41.07	40.50

3.- METODO D.R. - 38.

Este método de cálculo de volúmenes es más rápido, los errores que se cometen son mínimos, puesto que se suman una sola vez los cortes y rellenos y una sola persona realiza el cálculo, no hay necesidad de usar tablas, se asegura un ajuste confiable entre los volúmenes de cortes y rellenos y el material utilizado es una sola hoja, donde se pueden hacer todas las operaciones.

El procedimiento es sencillo y accesible para la personal que se disponga a hacer el cálculo. Puesto que los límites de la cuadrícula coinciden con los límites del terreno, las sumas de cortes y de relleno no son proporcionales a los volúmenes respectivos ya que los puntos de las esquinas, representan una superficie = $L^2 / 4$, los puntos de las orillas representan una superficie = $L^2 / 2$ y los puntos interiores representan una superficie = L^2 como se aprecia en la siguiente figura:

FIGURA # 11

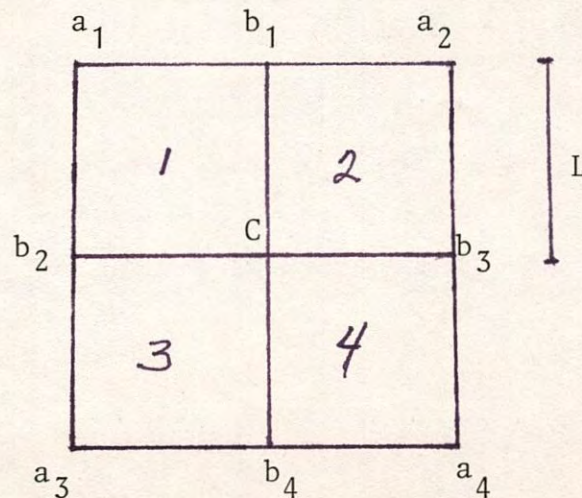


CONSIDERACIONES

- 1.- Los límites de la cuadrícula coinciden con el lote.
- 2.- Los puntos de las esquinas intervienen una sola vez en el cálculo, punto (a) de la figura siguiente.
- 3.- Los puntos de las orillas intervienen dos veces en el cálculo, puntos (b) de la siguiente figura.
- 4.- Los puntos interiores intervienen cuatro veces en el cálculo, puntos (c) de la siguiente figura.
- 5.- En un cuadro que contenga cortes y rellenos al momento de calcular el volúmen del corte, los puntos con relleno se toman como $C = 0.00$ y el cálculo del relleno los puntos con corte se toman como $R = 0.00$, lo que provoca un cálculo de volúmen en exceso, que posteriormente se restará según análisis propuesto en páginas posteriores.

CONSIDERANDO COMO MODELO UNA PARTE DE LA CUADRICULA, TENEMOS LA SIGUIENTE FIGURA.

FIGURA # 12.



El volúmen de corte y relleno en el cuadro No. Uno es:

$$V_1 = \left(\frac{a_1 + b_1 + b_2 + C}{4} \right) (L^2)$$

En el cuadro No. dos es:

$$V_2 = \left(\frac{b_1 + a_2 + C + b_3}{4} \right) (L^2)$$

En el cuadro No. tres es:

$$V_3 = \left(\frac{b_2 + C + a_3 + b_4}{4} \right) (L^2)$$

En el cuadro No. cuatro es:

$$V_4 = \left(\frac{C + b_3 + b_4 + a_4}{4} \right) (L^2)$$

El volúmen total será:

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

Sustituyendo y sacando como factor

$L^2/4$ Tenemos:

$$V_t = \frac{L^2}{4} (a_1 + b_1 + b_2 + C + b_1 + a_2 + C + b_3 + b_2 + C \\ + a_3 + b_4 + C + b_3 + b_4 + a_4)$$

Simplificando tenemos:

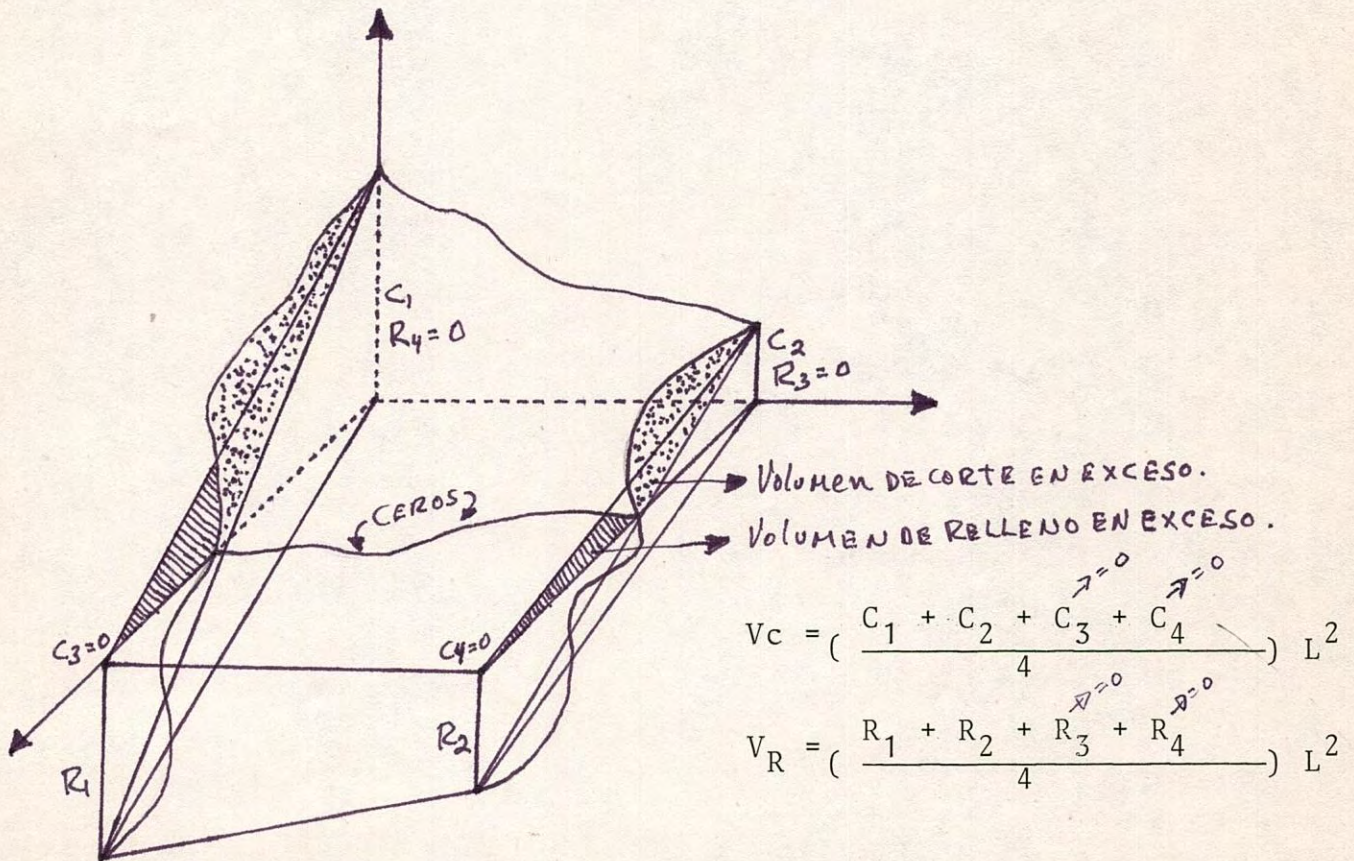
$$V_t = \frac{L^2}{4} (a_1 + 2b_1 + 2b_2 + 4C + a_2 + 2b_3 + 2b_4 + a_3 + a_4)$$

Puesto que "a" representa las esquinas, "b" las orillas y "c" la parte interior de la cuadrícula, podemos obtener la siguiente formula:

$$V_t = \frac{L^2}{4} \times (\sum a + 2 \sum b + 4 \sum c)$$

Esta fórmula nos dá un volúmen en exceso en las partes donde la cuadrícula hay "ceros", tanto en los volúmenes de corte como en los rellenos, debido a que se está tomando una área adicional que está fuera de los volúmenes considerados, ver la figura siguiente:

FIGURA # 13.



De lo anterior podemos decir que los volúmenes de corte o relleno están dados por las siguientes fórmulas:

$$VC = \left[(\sum C_e \times 1) + (\sum C_o \times 2) + (\sum C_i \times 4) \right] \left[\frac{L^2}{4} \right]$$

$$VR = \left[(\sum R_e \times 1) + (\sum R_o \times 2) + (\sum R_i \times 4) \right] \left[\frac{L^2}{4} \right]$$

Donde:

$\sum C_e$ = Suma de cortes en las esquinas.

$\sum C_o$ = Suma de cortes en las orillas.

$\sum C_i$ = Suma de cortes en los interiores.

$\sum R_e$ = Suma de relleno en las esquinas.

$\sum R_o$ = Suma de relleno en las orillas.

$\sum R_i$ = Suma de relleno en los interiores.

Quando al cuadrícula es de 20 x 20 Mts., el factor $L^2/4 = 100$, por lo que al hacer las sumas correspondientes se toman cortes y rellenos multiplicados x 100 y al efectuar las operaciones de la fórmula, se obtiene directamente el volumen en M^3 . Pero cuando la cuadrícula es diferente de 20 x 20, el resultado de la suma de cortes y rellenos se multiplica por $L^2/400$ para obtener el volumen correcto.

REGRESION

Tratando de llegar a una solución justa para restar los volúmenes en exceso se hizo un estudio de Regresión y se calculó la correlación existente entre el método de los cuatro puntos y el método DR-38 para obtener una ecuación de ajuste por el método de mínimos cuadrados.

Tal estudio se hizo con 21 observaciones operadas con volúmenes que son desde 337 M^3 a $11,117 \text{ M}^3$. Se dará el nombre de regresión de una variable sobre otra, a la expresión de variaciones de la primera como consecuencia de la variación de la segunda. El concepto de regresión está ligado intimamente con el de correlación que se refiere al modo en que los cambios sufridos por una variable se reflejan en los cambios o variaciones de otra variable, relacionados con el primero.

CUADRO # 8

CALCULO DE LA CORRELACION EXISTENTE ENTRE LOS VALORES DE VOLUMENES OBTENIDOS CON EL METODO DR-38 Y EL METODO DE LOS CUATRO PUNTOS.

	<u>DR - 38</u>	<u>METODO (4 P)</u>			
	X M ³	Y M ³	X ²	Y ²	X Y
1.-	9050	8702	81902500	75724804	78753100
2.-	6439	5828	41460721	33965584	37526492
3.-	11117	10454	123587689	109286116	116217118
4.-	8416	8303	70829056	68939809	69878048
5.-	3253	2736	10582009	7485696	8900208
6.-	4812	4631	23155344	21446161	22284372
7.-	3626	3537	13147876	12510369	12825162
8.-	4027	3574	16216729	12773476	14392498
9.-	2794	2145	7806436	4601025	5993130
10.-	2285	1878	5221225	3526884	4291280
11.-	1550	1429	2402500	2042041	2214950
12.-	1037	931	1075369	866761	965447
13.-	1493	1365	2229049	1863225	2037945
14.-	6534	6011	42693156	36132121	39275874
15.-	5349	5101	28611801	26020201	27285249
16.-	519	393	269361	154449	203967
17.-	1042	914	1085764	835396	952388
18.-	371	352	137641	123904	130592
19.-	337	325	113569	105625	109525
20.-	385	371	148225	137641	142835
21.-	412	399	169744	159201	164388
	<u>74848</u>	<u>69379</u>	<u>472845764</u>	<u>418700489</u>	<u>444544568</u>

Aplicando la fórmula del coeficiente de correlación lineal:

$$r = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2] [N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

Donde N = Número de observaciones.

Tenemos:

$$\phi = \frac{21 (444,544,568) - (74,848) (69,379)}{\sqrt{[21 (472,845,764) - (74,348)^2] [(21) (418,700,489) - (69,379)^2]}}$$

Resolviendo tenemos:

$$\phi = \frac{4,142,556.536}{\sqrt{(4,327,537,940) (3,979,264,628)}} = 0.99827$$

Cuando es igual a ± 1 hay una correlación perfecta entre las dos variables aleatorias y cuando es igual a 0, no hay correlación entre las dos variables. Del resultado obtenido se observa que la correlación es positiva, puesto que su valor está cercano a uno.

Calculando los parámetros de la ecuación de la recta.

$$Y = aX + b$$

$$a = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{N}}{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N}} = \text{Pendiente de la recta.}$$

$$b = \frac{\sum Y - a \sum X}{N} = \text{Punto donde se corta la recta al eje "Y"}$$

Tenemos:

$$\phi = \frac{21 (444,544,568) - (74,848) (69,379)}{\sqrt{[21 (472,845,764) - (74,348)^2] [(21) (418,700,489) - (69,379)^2]}}$$

Resolviendo tenemos:

$$\phi = \frac{4,142,556.536}{\sqrt{(4,327,537,940) (3,979,264,628)}} = 0.99827$$

Cuando es igual a ± 1 hay una correlación perfecta entre las dos variables aleatorias y cuando es igual a 0, no hay correlación entre las dos variables. Del resultado obtenido se observa que la correlación es positiva, puesto que su valor está cercano a uno.

Calculando los parámetros de la ecuación de la recta.

$$Y = aX + b$$

$$a = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{N}}{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N}} = \text{Pendiente de la recta.}$$

$$b = \frac{\sum Y - a \sum X}{N} = \text{Punto donde se corta la recta al eje "Y"}$$

Sustituyendo:

$$a = \frac{444544568 - \frac{(74848)(69379)}{21}}{472845764 - \frac{(74848)^2}{21}} = 0.9572548$$

$$b = \frac{69739 - 0.9572548(74848)}{21} = 108.08$$

La ecuación de la recta es:

$$Y = 0.96 X - 108 \quad \text{Que se considera constante.}$$

Donde:

$$Y = \text{Volúmen DR - 38 Ajustado.}$$

$$X = \text{Volúmen DR - 38 Sin ajustar.}$$

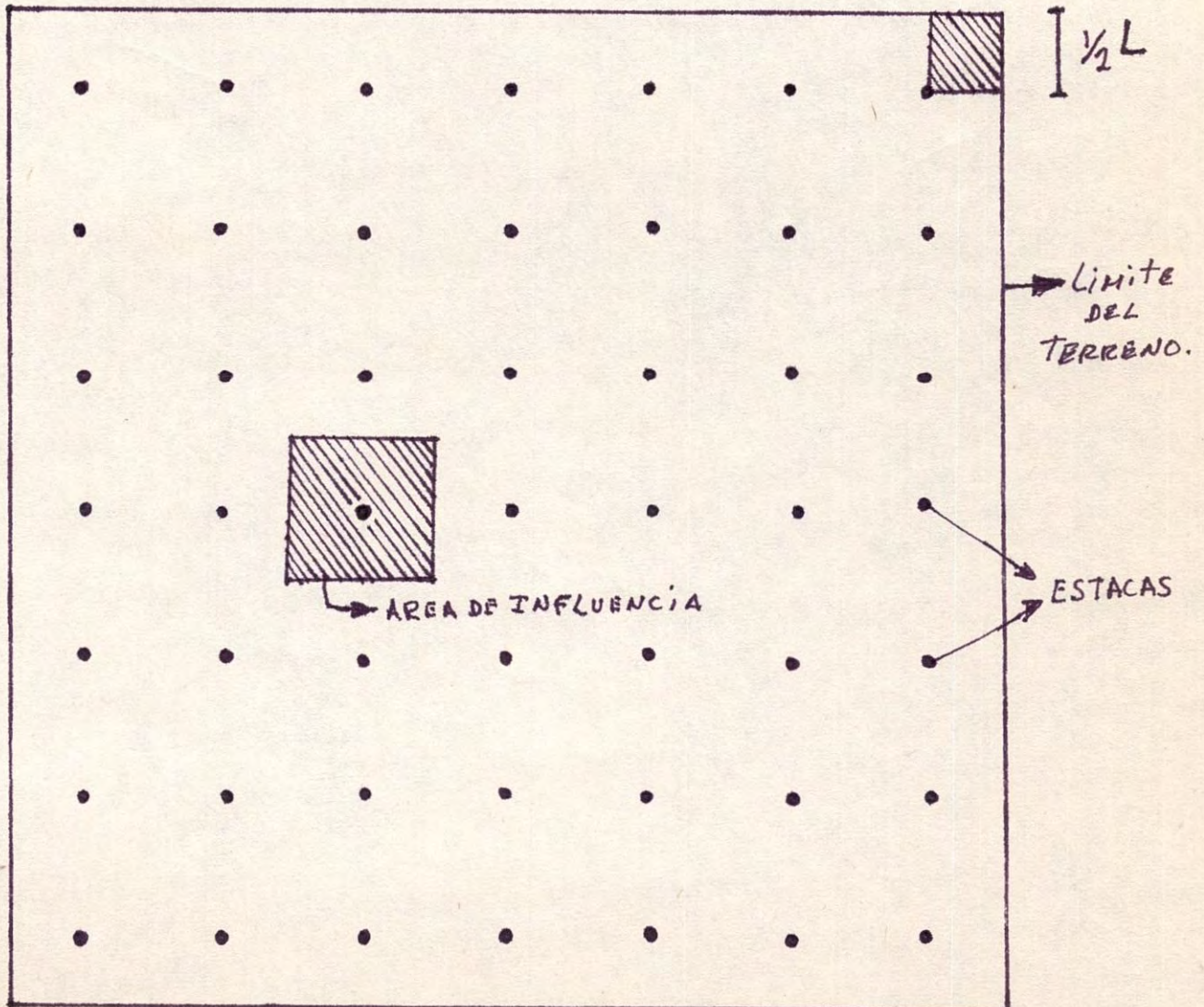
Habiendo calculado los volúmenes de corte y de relleno se compara la relación.

$\frac{V_c}{V_r}$ = Debe ser igual o cercana a 1 + el coeficiente de compactación, cuando esta relación no es satisfactoria se procede a bajar o subir la resante por tanteos hasta cumplir la relación adecuada. El ajuste debe hacerse al centímetro.

4.- PROCEDIMIENTO PARA CASOS EN EL QUE EL LIMITE DE LA CUADRICULA NO COINCIDE CON EL TERRENO.

METODO PROPORCIONAL.- No es muy recomendable este método ya que las orillas del terreno a nivelar son altas o muy bajas, como consecuencia de las labores de barbecho, y nos quedan volúmenes sin cuantificar. En este caso cada una de las estacas representa un área = $a L^2$, por lo que se deduce que la suma de corte y la suma de relleno son proporcionales a los volúmenes respectivos.

FIGURA # 14.



Se calculan las rasantes en los dos Ejes, luego se calcula el centroide, la posición del centroide, se proyectan las pendientes en caso necesario, posteriormente se calculan cortes y rellenos, se compara la relación = $\sum C / \sum R = \pm$ Coeficiente de compactación.

Para el ajuste se procede de la siguiente forma:

α = Cof. de compactación.

$$R = 1 + \alpha$$

$$H = \sum C / \sum R$$

Se debe cumplir la condición con diferencia de + 5% $R = H$.

Si no se cumple se emplea la siguiente corrección:

$$Q = \frac{(1 + \alpha) \sum R - \sum C}{(1 + \alpha) NR + NC}$$

Donde:

Q = Corrección en Mts. aproximado a dos decimales.

NR = No. de puntos de cuadrícula donde hay relleno.

NC = No. de puntos de la cuadrícula donde hay corte.

Ejemplo:

Este cálculo se adapta exclusivamente al sistema de cuadrícula cuando los límites de la cuadrícula se encuentran a la 1/2 L de los límites del terreno.

Después de calcular pendientes, centros de cotas resultantes y los cortes y rellenos, se suman las alturas de corte y relleno y se obtiene:

$$\begin{aligned} \sum C &= 7.79 & N C &= 91 \\ \sum R &= 6.34 & N R &= 50 \\ & & N E N &= 2 \end{aligned}$$

N E N = Número de estaciones nulas.

Puesto que debe satisfacer la condición $\sum C / \sum R = 1.40 \pm 5\%$ tenemos

$$\frac{\sum C}{\sum R} = 1.22$$

Suponiendo que $\sum C$ y $\sum R$ son proporcionales a los volúmenes respectivos se procede a hacer el ajuste:

$$Q = \frac{(1 + \lambda) \sum R - \sum C}{(1 + \lambda) N R + N C} = \frac{(1+0.40) 6.34 - 7.79}{(1+0.40) 50 + 91}$$

$$Q = \frac{1.08}{161} = 0.0067 \text{ Se convierte en } 0.01$$

Como la relación nos dá a 1.22 y queremos 1.40 se propone bajar el centroide 1 Cm., aumentando los cortes y disminuyendo el relleno en la misma proporción y tenemos:

$$\sum C = (N C) Q + \sum C$$

$$\sum C = (91) .01 + 7.79 = 8.70$$

$$\sum R = (N R) Q - \sum R$$

$$\sum R = (50) .01 - 6.34 = - 5.84$$

$$\frac{\sum C}{\sum R} = 1.48 \text{ Se acepta bajando } 1 \text{ Cm. el centroide.}$$

$$V C = \sum C \times L^2 = (8.70) 20^2 = 3,480 \text{ M}^3.$$

Cuando el ajuste se hace bajando más de 3 Cms. se tiene que recalcular ya que rellenos ≤ 3 Cm. se transforman en cero o en cortes y esto afecta los volúmenes, ya que la tolerancia específica es de ± 3 Cm. en corte y en relleno.

Conclusiones:

Cuadro comparativo :

CUADRO # 9

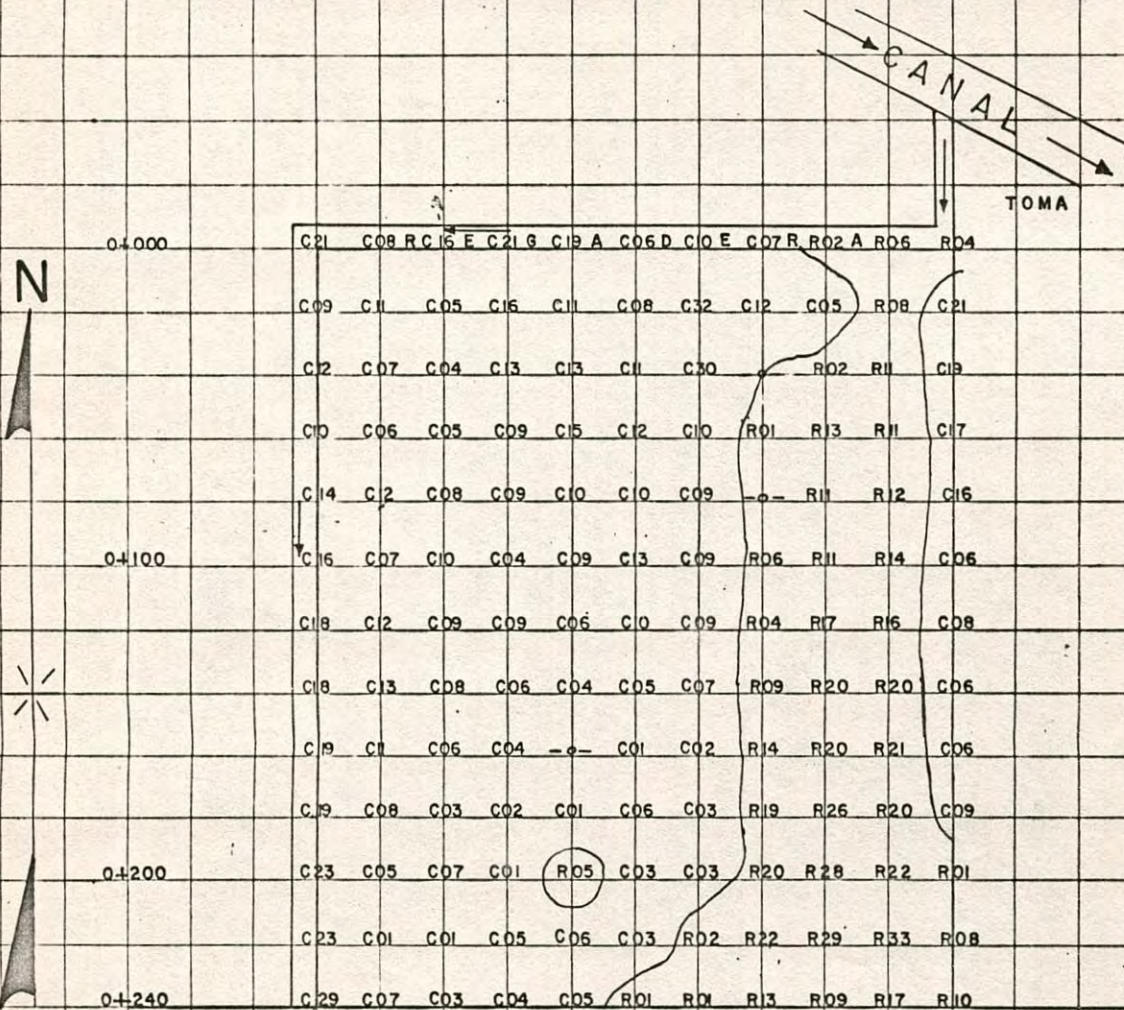
TIPO DE CUADRICULA	METODO	VOL. CORTE	RELACION	DIFERENCIAS
A	4 Puntos	2,979.08 M ³	1.47	+ 295.40 M ³
A	DR - 38	2,695.20 M ³	1.49	---
B	Proporcional	3,480 M ³	1.48	+ 796.32 M ³

El método que se deberá usar para el cálculo de volúmenes dependerá de la cuadrícula, ya que las diferencias son practicamente nulas a diferencia del método proporcional, ya que incluye volúmenes que están fuera del límite de la cuadrícula (1/2 L).

FIGURA # 15

PLANO N.º 4 INDICANDO LOS CORTES O RELLENOS

YA CORREGIDAS POR EL FACTOR DE COMPACTACION

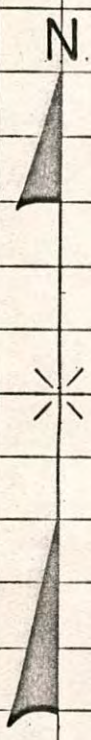


ESC. 1:1600

FIGURA # 16

PLANO No. 5 MOSTRANDO EL VOLUMEN DE CORTE Y VOLUMEN DE RELLENO METODO DE LOS 4 PUNTOS (USANDO TABLAS)

(L-10, 0+000)



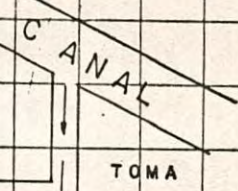
0+000

0+100

0+200

0+240

REGADERA									
C 46.00	C 32.0	C 50.0	C 59.0	C 36.0	C 48.00	C 53.0	C 14.73	C 0.36	C 8.39
							R 0.73	R 1936	R 13.39
C 31.00	C 19.00	C 30.0	C 45.0	C 35.0	C 73.0	C 66.06	C 8.89	C 0.30	C 21.97
						R 0.06	R 1.89	R 2430	R 8.97
C 27.0	C 14.00	C 23.00	C 42.00	C 43.00	C 55.00	C 31.61			C 17.65
						R 0.61	R 24.0	R 45.0	R 11.65
C 34.0	C 23.0	C 23.0	C 35.0	C 39.0	C 33.0	C 11.25			C 15.02
						R 1.25	R 33.0	R 55.0	R 13.02
C 46.0	C 29.0	C 23.0	C 24.0	C 34.0	C 33.0	C 8.17			C 6.75
						R 4.17	R 36.0	R 56.0	R 18.75
C 45.0	C 30.00	C 24.00	C 20.00	C 30.00	C 33.0	C 7.00			C 2.27
						R 7.00	R 46.0	R 66.0	R 26.27
C 53.00	C 34.00	C 24.00	C 17.00	C 17.00	C 23.00	C 4.96			C 2.00
						R 9.96	R 58.0	R 81.0	R 32.00
C 53.00	C 30.00	C 16.00	C 6.40	C 31.2	C 7.11	C 0.78			C 1.21
			R 0.40	R 1.12	R 0.11	R 22.78	R 78.00	R 89.00	R 36.21
C 49.0	C 20.00	C 7.00	C 0.80	C 2.00	C 4.17	C 0.03			C 2.16
			R 1.80	R 2.00	R 0.20	R 36.03	R 87.0	R 95.0	R 36.16
C 47.0	C 15.00	C 5.14		C 1.92	C 7.00	C 0.09			C 0.87
		R 0.14	R 9.00	R 4.92		R 41.09	R 101.0	R 104.0	R 42.87
C 44.02	C 6.40	C 6.40	C 3.27	C 2.77	C 1.29	C 0.02			
R 0.02	R 0.40	R 0.40	R 4.27	R 4.77	R 2.29	R 49.02	R 107.0	R 120.0	R 72.00
C 52.02	C 4.50	C 5.14	C 12.00	C 5.82	C 0.09				
R 0.02	R 0.50	R 0.14		R 0.82	R 9.09	R 46.0	R 81.0	R 96.00	R 76.00



DESAGUE

L=0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 L=10

B.N. = 10.000

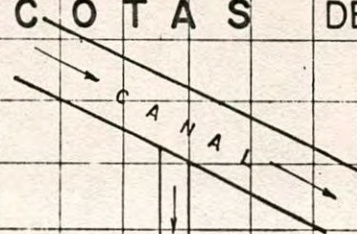
ESC. 1:1600

VC = 2979.08 M³
DEN = 595.81 M³/Ha.

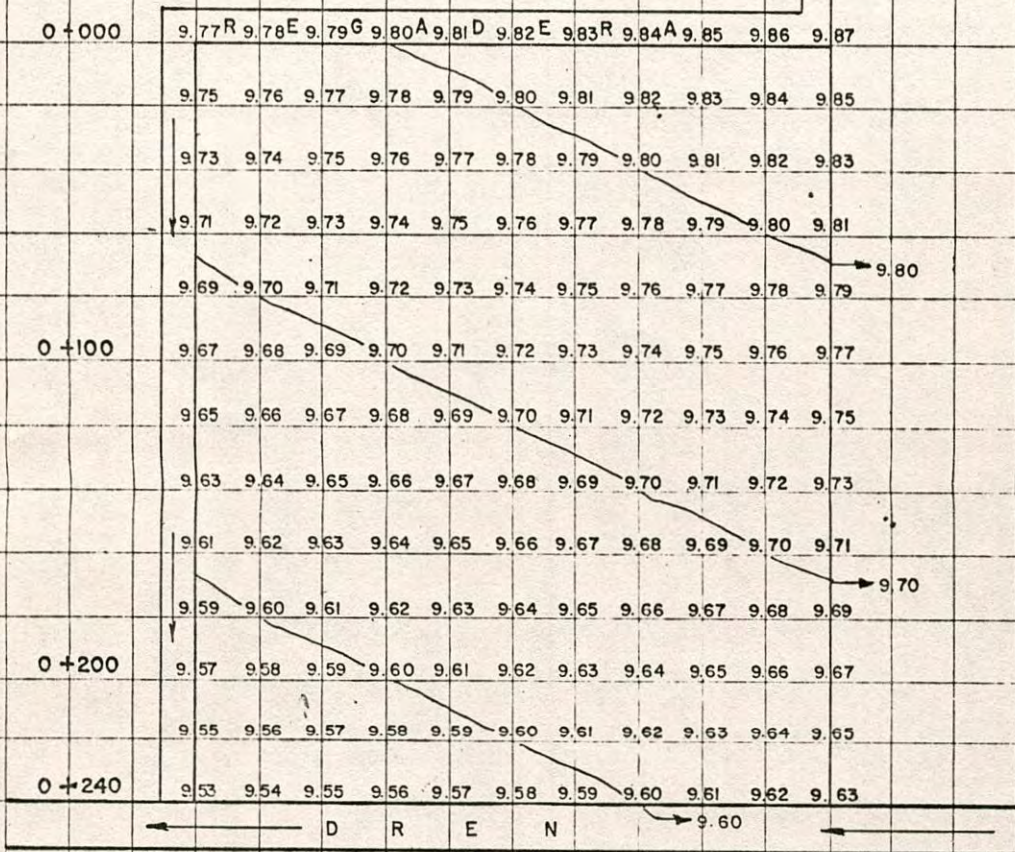
FIGURA # 17

NIVELACION DE TIERRAS

PLANO No. 6 MOSTRANDO LAS COTAS DESPUES DE HABER EFECTUADO EL MOVIMIENTO DE TIERRA



N



DESAGUE

BN = 10.000

L = 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 L = 10

ESC. 1:1600

PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION Y CHEQUEO DE LA NIVELACION.

Es el conjunto de operaciones que deben hacerse para que los trabajos de nivelación cumplan los requisitos de calidad y cantidad de tierra a mover como lo indica el proyecto.

Los trabajos de construcción son:

- Poner datos en las estacas.
- Movimiento de tierra con las escrepas.
- Subsoleo en caso necesario, si se compacta el suelo.
- Rastreo doble en caso necesario.
- Y paso de niveladora cruzada.

El movimiento de tierra se hace después de poner los datos en las estacas de la cuadrícula, se debe planificar el movimiento de las escrepas indicando la dirección de los acarrees en el plano para dar mejor orientación al operador de la máquina, y el checador le vaya indicando las estacas ya terminadas con una señal convenida que puede ser la estaca colocada al revés o cualquier otra seña.

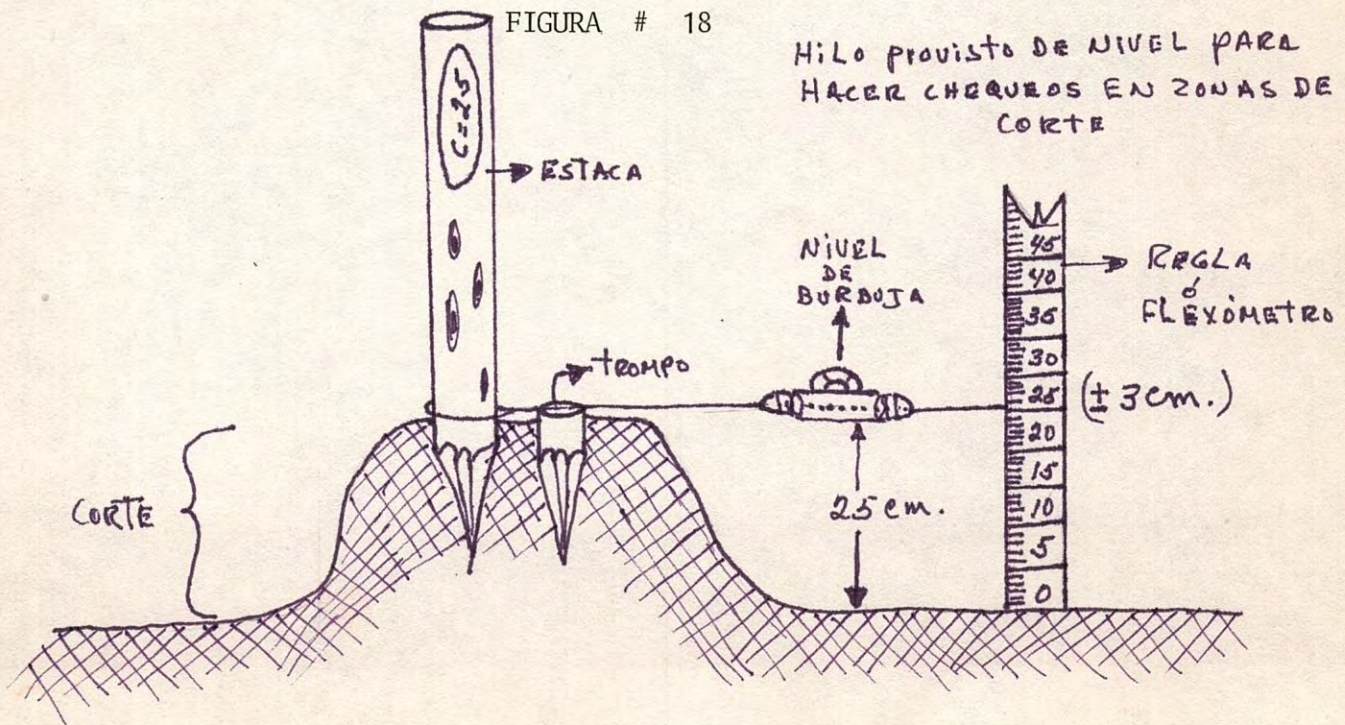
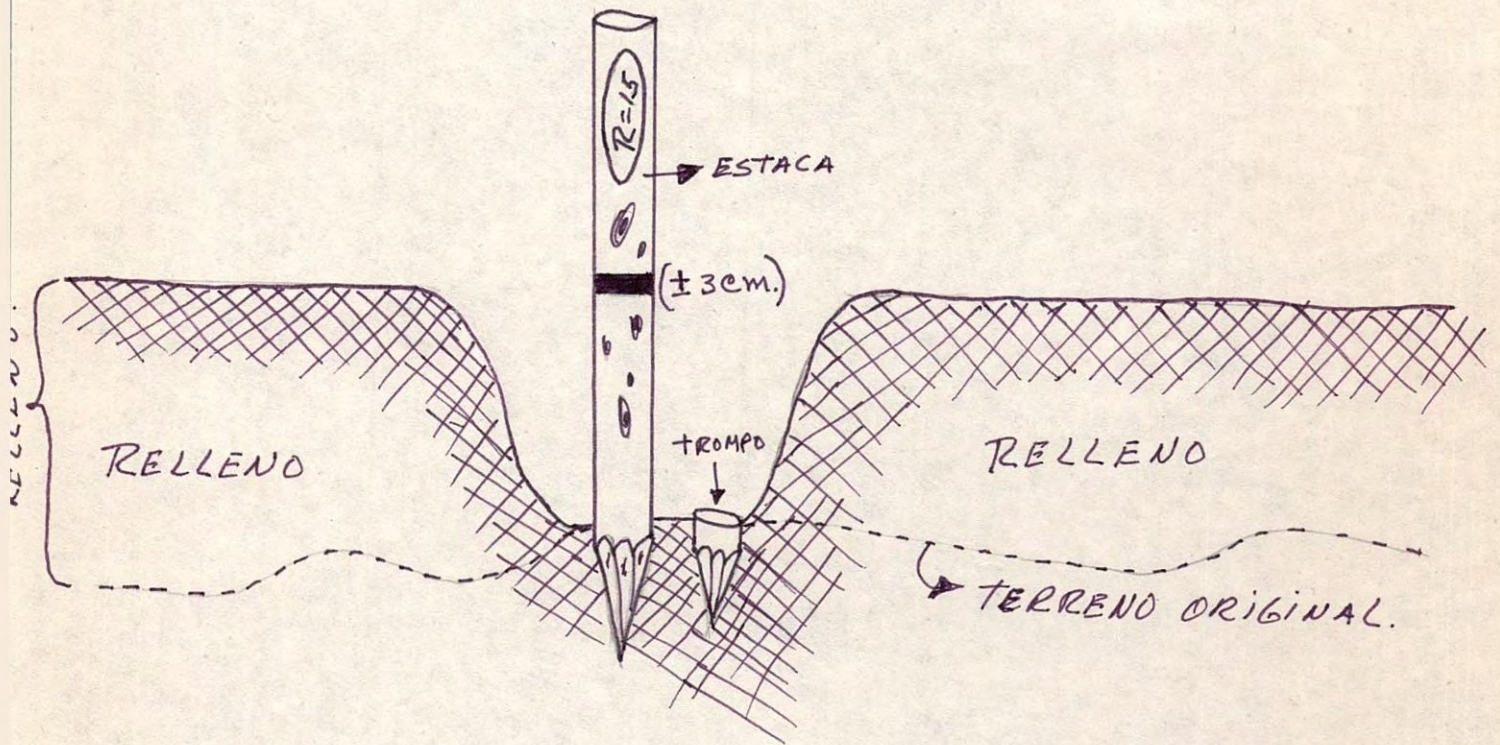


FIGURA # 19

LOS CHEQUEOS EN LOS RELLENOS SE PONE UN LISTON EN LA ESTACA A LA ALTURA QUE INDICA EL RELLENO.



C O N C L U S I O N E S .-

Los terrenos que se deben nivelar, son aquellos que lo ameriten siempre y cuando el aspecto económico sea favorable, pues en este trabajo se presentan diferentes criterios para calcular volúmenes. Se propone como más práctico el DR-38 aunque en el vida práctica se utiliza el método de los cuatro puntos y cuando se tienen al alcance las computadoras; estas decisiones se toman de acuerdo a los criterios de un Residente de Nivelación de Tierras ó sus técnicos, también se consideran otros criterios como son: El del ingeniero contratista, contratado particularmente ó el dueño de la parcela si es que conoce el proceso de nivelación de tierras.

Además de los beneficios lógicos dela nivelación como son el ahorro de agua, mejor necencia, mayor eficiencia en la aplicación de riegos, insecticidas, herbicidas, mejores labores de cultivos y una mayor producción ya que se incrementa hasta un 30%.

Otros de los casos en que se debe tener cuidado es en la conservación dela nivelación, teniendose las siguientes medidas preventivas:

- 1.- Usar solo arados reversibles.
- 2.- El paso de niveladora hacerlo paralelo a las curvas de nivel.

Para una pronta recuperación de los terrenos nivelados donde se hacen cortes mayores de 30 Cms. (En ocasiones queda estéril al quitar la capa fértil) se recomienda hacer aplicaciones de materia orgánica como son la gallinaza y el estiércol, en 15 toneladas por hectárea y 24 toneladas por hectárea respectivamente.

En cuanto al estiércol, este deberá tenerse cuidado en que sea generalmente de establos donde al ganado le den alimentos preparados y concentrados porque está libre de malas hierbas que pueden germinar si aplicamos estiércol de ganado que pastorea silvestremente.

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

His. T. 1266

- 1.- Grijalba J. y Noriega F. 1980. Programación de métodos para la nivelación de tierras en lenguaje Basic. Hermosillo, Sonora. Universidad de Sonora. Facultad de Ingeniería Civil. P.3-52 (Tesis).
- 2.- Navarro L. y Torres N. 1981. Métodos usuales para la nivelación de tierras. Hermosillo, Sonora. Universidad de Sonora. Escuela de Ingeniería P. 3-64 (Tesis).
- 3.- Puebla H.L. 1966. Aplicación de un sistema de nivelación para los terrenos en la Costa de Hermosillo. Hermosillo, Sonora. Universidad de Sonora. Escuela de Agricultura y Ganadería. 18 PP. (Tesis).
- 4.- Spiegel, H.M. 1972. Estadística. Colección Schaum editorial Mcgran. México P. 217 - 248.
- 5.- Torres, R.E. 1981. Manual de conservación de suelos. Editorial Diana. México P. 86-95.
- 6.- Trueba, C.S. 1971. La nivelación de terrenos agrícolas coeficientes de trueba para el cálculo. México, C.E.C.S.A. 124 PP.
- 7.- U.S.D.A. 1972. Nivelación de suelos, colección ingeniería de suelos, servicio de conservación de suelos. 45 PP.