

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

"DISEÑO Y CONSTRUCCION DE IMPLEMENTOS DE LABRANZA ACOPLADOS
A UN MOTOCULTOR"

TESIS DE GRADO
PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO

PRESENTADA POR:

VICTOR HUGO GONZALEZ JARAMILLO

GUAYAQUIL - ECUADOR
1,986

AGRADECIMIENTO

AL ING. MARCELO ESPINOSA, DIRECTOR DE TESIS, POR SU AYUDA Y COLABORACION EN LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

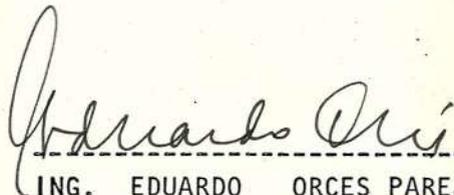
AL ING. MANUEL HELGUERO, POR SU GRAN AYUDA EN EL TALLER MECANICO DE LA ESPOL.-

DEDICATORIA

- A DIOS: MI REDENTOR Y SALVADOR

- A MI PADRE: POR SU EJEMPLO Y APOYO.

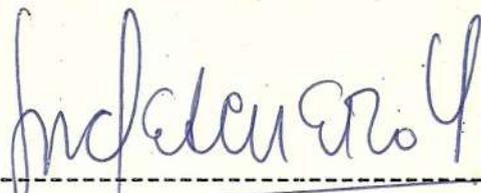
- A MI MADRE: POR SU CONFIANZA EN MI.



ING. EDUARDO ORCES PAREJA
DECANO DE LA FACULTAD DE ING.



ING. MARCELO ESPINOSA LUNA
DIRECTOR DE TESIS



ING. MANUEL HELGUERO G.
MIEMBRO PRINCIPAL DEL TRIBUNAL



ING. IGNACIO WIESNER F.
MIEMBRO PRINCIPAL DEL TRIBUNAL

DECLARACION EXPRESA

"LA RESPONSABILIDAD POR LOS HECHOS, IDEAS Y DOCTRINAS EXPUESTOS EN ESTA TESIS, ME CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE Y, EL PATRIMONIO INTELECTUAL DE LA MISMA A LA ESPOL".

(REGLAMENTO DE EXAMENES Y TITULOS PROFESIONALES DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL).



VICTOR HUGO GONZALEZ JARAMILLO

RESUMEN

El desarrollo de los implementos de labranza en nuestro país, constituiría una de las principales fuentes de ahorro de divisas, teniendo en cuenta que dichos implementos en su mayoría son importados.

Esto motivó que con esta tesis se plantee la investigación de determinados herramientales con el fin de lograr el diseño óptimo así como una fuente de información para el desarrollo de futuras tesis.

En el desarrollo de la tesis se va planteando en forma sistemática lo que el diseñador debe considerar para llegar a establecer el diseño óptimo, del diseño propuesto.

Se estudia las zonas agrícolas de influencia de ESPOL, donde puede ser utilizado el herramental, además de la cantidad de maquinaria que importa el país para su desarrollo agrícola.

Se establece las consideraciones técnicas que de los sue
los deben ser analizados, además de los métodos de ara 7
dura y posteriormente se considera el diseño propio de to
dos los elementos mecánicos más los implementos con las
debidas consideraciones sobre el dimensionamiento de los -
mismos.

Finalmente, realizamos pruebas de campo, donde se deter-
minó la efectividad del equipo, quedando en claro que los
mismos deben ser probados por mayor tiempo, para obtener
pruebas de durabilidad prolongada; logrando así, el modelo más
óptimo a ser producido en serie.

INDICE GENERAL

	<u>PAGS.</u>
RESUMEN -----	VI
INDICE GENERAL -----	VII
INDICE DE FIGURAS -----	XIII
INDICE DE FOTOS -----	XVII
INDICE DE TABLAS -----	XIX
INTRODUCCION -----	21
CAPITULO I	
JUSTIFICACION DEL PROYECTO -----	23
1.1. GENERALIDADES -----	23
1.1.1. Consideraciones sobre la actividad agrícola la en el Ecuador -----	27
1.2. ZONAS AGRICOLAS CULTIVABLES EN LA CUENCA DEL <u>GUA</u> <u>YAS</u> Y LA PENINSULA -----	30
1.3. TIPO DE MAQUINARIA DISPONIBLE EN EL PAIS -----	37

CAPITULO II

MECANICA DEL SUELO APLICADA A LOS IMPLEMENTOS DE LABRAN

ZA -----	41
2.1. GENERALIDADES -----	41
2.1.1. Tipos de suelo agrícolas -----	44
2.1.2. Textura del suelo -----	45
2.2. METODOS DE ARADURA -----	49
2.2.1. Proyección de Melgas -----	50
2.2.2. Aradura de melgas impares y pares -----	53
2.2.3. Aradura de cabeceras -----	55
2.3. CLASIFICACION DE LOS IMPLEMENTOS DE LABRANZA -----	57
2.4. PRINCIPIOS DE PREPARACION DEL SUELO Y SU IMPORTANCIA PARA EL DESARROLLO DEL CULTIVO -----	58
2.5. PROPIEDADES DINAMICAS DEL SUELO -----	61
2.5.1. Métodos para disminuir la adhesión y fricción-----	67

CAPITULO III

DISEÑO, CALCULOS Y CONSTRUCCION DE IMPLEMENTOS DE LABRANZA-

3.1. ARADO -----	69
3.2. DISEÑO Y CALCULO DE LOS ELEMENTOS DE UN ARADO DE VER TEDERA-----	75
3.2.1. Determinación de alternativas de diseño -----	79
3.2.2. Fijación de alternativas de diseño -----	87
3.2.2.1. LONGITUD DEL RESGUARDADOR:-----	94

	<u>Pags.</u>
3.2.2.2. ALTURA DE LA VERTEDERA: -----	95
3.2.2.3. EXPRESION ANALITICA DE LAS SUPERFI- CIES DE LA VERTEDERA: -----	96
3.2.2.4. DISEÑO DE LA SUPERFICIE DE LA VERTE- DERA: -----	101
3.2.3. Cálculo de los elementos de un arado de - vertedera -----	103
3.2.3.1. FUERZAS DEL ARADO: -----	107
3.2.3.2. DISEÑO DEL SOPORTE DE LA VERTEDERA-	111
3.2.3.3. CALCULO DE LA SOLDADURA DEL SOPORTE	118
3.2.3.4. CALCULO DE LOS PERNOS SUJETADORES - DEL ARADO:-----	122
3.2.3.5. CALCULO DEL PIN DEL SOPORTE Y REGU- LADOR: -----	128
3.2.3.6. CALCULO DEL CORTANTE EN LA ROSCA - DEL TORNILLO NIVELADOR:-----	132
3.2.3.7. CALCULO DEL SOPORTE DE LA VERTEDERA	133
3.2.3.8. CALCULO DEL ESPESOR OPTIMO DE LA VERTEDERA: -----	138
3.2.4. Selección de materiales -----	140
3.2.5. Proceso de fabricación -----	142
3.2.6. Pruebas de campo -----	142
3.3. DISEÑO Y CALCULO DE LOS ELEMENTOS DE UN ARADO ROTA- TIVO -----	144

	<u>Pags.</u>
3.3.1. Determinación de alternativas de diseño -----	144
3.3.2. Fijación de alternativas técnicas -----	147
3.3.3. Cálculo de los elementos de un arado rotativo-	151
3.3.3.1. CALCULO DEL EJE PRINCIPAL: -----	151
3.3.3.2. CALCULO DEL EJE DE TRANSMISION:-----	167
3.3.3.3. CALCULO Y SELECCION DE RODAMIENTOS - DEL EJE DE TRANSMISION Y DEL EJE PRIN CIPAL:-----	174
3.3.3.4. CALCULO DEL SISTEMA DE EMBRAGUE DE GA RRAS: -----	176
3.3.3.5. CALCULO DE LA CAJA SOPORTE: -----	180
3.3.4. Selección de materiales -----	183
3.3.5. Proceso de fabricación -----	184
3.3.6. Pruebas de campo -----	184
3.4. DISEÑO Y CALCULO DE UN CULTIVADOR -----	186
3.4.1. Determinación de alternativas de diseño -----	186
3.4.2. Fijación de alternativas técnicas -----	187
3.4.3. Cálculo de los elementos de un cultivador-----	190
3.4.3.1. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA:-----	193
3.4.3.2. DISEÑO DE LA SOLDADURA:-----	196
3.4.4. Selección de materiales -----	198
3.4.5. Proceso de fabricación -----	198
3.4.6. Pruebas de campo -----	199

	<u>Pags.</u>
CAPITULO IV	
PRUEBAS DE CAMPO DEFINITIVAS -----	202
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	217
APENDICES -----	220
BIBLIOGRAFIA -----	244

INDICE DE FIGURAS

<u>Nº</u>		<u>PAGS.</u>
2.1.	GRAFICO DEL TRIANGULO DE TEXTURAS -----	48
2.2.	DESCRIPCION DE PASOS EN LA PROYECCION DE MEL- GAS -----	52
2.3.	DESCRIPCION DE PASOS DE ARADURA DE MELGAS IMPA RES Y PARES -----	54
2.4.	DESCRIPCION DE PASOS DE LA ARADURA DE CABECERAS	56
2.5.	CAJA DE CIZALLA TORSIONAL -----	66
2.6.	EFFECTO DEL PULIMENTO SOBRE EL ANGULO DE FRICCION SUELO - METAL -----	68
3.1.	GRAFICO DEL DESMENUZAMIENTO DEL SUELO POR LA ACCION DEL ARADO -----	69
3.2.	VOLTEO DE PRISMA DE TIERRA -----	70
3.3.	VOLTEO DEL PRISMA DE TIERRA -----	72
3.4.	GRAFICO DEL CURSO QUE SE OBTIENE CON EL ARADO DE VERTEDERA -----	74
3.5.	TERMINOLOGIA DEL ARADO DE VERTEDERA -----	78
3.6.	TIPOS DE VERTEDERA UTILIZADAS PARA LOS DIVER SOS TIPOS DE TERRENO -----	82

<u>Nº</u>		<u>PAGS.</u>
3.7.	REJA DE CORTE COMPLETO -----	83
3.8.	REJA DE CORTE ANGOSTO -----	83
3.9.	REJA DE ALTA SUCCION -----	84
3.10.	REJA CON ENDURECIMIENTO SUPERFICIAL -----	84
3.11.	REJA DE HIERRO FUNDIDO TEMPLADO -----	85
3.12.	FUERZAS QUE ACTUAN SOBRE UNA PARTICULA DE SUELO QUE SE MUEVE SOBRE LA VERTEDERA -----	89
3.13.	TRAYECTORIA DEL CENTRO DE GRAVEDAD DEL PRIS MA DE TIERRA -----	90
3.14.	LONGITUD DEL RESGUARDADOR -----	95
3.15.	CURVA DIRECTRIZ -----	97
3.16.	TRAYECTORIA DE LA PARTICULA DE LA VERTEDERA	99
3.17.	FUERZAS EN UN ARADO-----	108
3.18.	COMPONENTES DE LAS FUERZAS EN EL ARADO ----	108
3.19.	FUERZAS QUE ACTUAN EN EL SOPORTE -----	111
3.20.	CENTRO DE ACCION DE LA RESULTANTE DE LAS FUERZAS DEL ARADO -----	112
3.21.	DISTANCIAS X_1, Y_1, Z_1 , DE APLICACION DE LAS COMPONENTES DE LAS FUERZAS -----	113
3.22.	FUERZAS RESULTANTES EN EL PUNTO 1 DEL SOPOR TE DEL ARADO -----	114
3.23.	ESFUERZOS EN EL PUNTO 3 DEL SOPORTE DEL ARA DO -----	115

<u>Nº</u>		<u>PAGS.</u>
3.24.	SOLDADURA DEL SOPORTE -----	119
3.25.	LOCALIZACION DE LOS PERNOS EN EL SOPORTE DEL ARADO DE VERTEDERA -----	122
3.26.	GRAFICO DE LAS FUERZAS EN LOS PERNOS DEL SOPOR TE DEL ARADO DE VERTEDERA -----	124
3.27.	FUERZA RESULTANTE SOBRE EL PERNO MAS CRITICO-	126
3.28.	DISTANCIA DE LA FUERZA R_y AL FIN DEL SOPORTE--	129
3.29.	FUERZAS EN EL ARADO DE VERTEDERA EN EL MOMENTO DE REALIZARSE EL TRABAJO -----	134
3.30.	GRAFICO DEL SOPORTE -----	135
3.31.	ARADO ROTATIVO MONTADO EN EL MOTOCULTIVADOR---	144
3.32.	MOVIMIENTO CICLOIDAL DEL ARADO ROTATIVO-----	146
3.33.	FRESADORA HORIZONTAL: LOS DIENTES GIRAN EN UN EJE VERTICAL, EN CONTACTO CONSTANTE EN EL SUE- LO -----	148
3.34.	ARADO ROTATIVO DE EJE TRANSVERSAL -----	150
3.35.	DISPOSICION HELICOIDAL DE LAS CUCHILLAS DEL ARADO ROTATIVO DE EJE TRANSVERSAL -----	151
3.36.	LOCALIZACION DE LA FUERZA RESULTANTE DE UN <u>AS</u> <u>PA</u> DE LA FRESADORA -----	154
3.37.	GRAFICO DE LAS FUERZAS DEL EJE PRINCIPAL-----	157
3.38.	DIAGRAMA DE FUERZA CONSTANTE, MOMENTO FLECTOR Y MOMENTO TORSOR DEL EJE PRINCIPAL EN Z y X --	160

<u>Nº</u>		<u>PAGS.</u>
3.39.	FUERZA CORTANTE, MOMENTO FLECTOR EN Y -----	161
3.40.	FUERZA ACTUANDO EN EL EJE DE TRANSMISION --	168
3.41.	DIAGRAMAS DE MOMENTO TORSOR, FUERZA CORTAN- TE Y MOMENTO FLECTOR -----	172
3.42.	GRAFICO DE LA CAJA DE TRANSMISION -----	181
3.43.	GRAFICO DE UNA SECCION DE LA CAJA CON SUS - FUERZAS TRANSMITIDAS -----	181
3.44.	FORMA DEL CULTIVADOR REGENERADOR DE PRADOS-	187
3.45.	FORMA DEL CULTIVADOR ESCARIFICADOR -----	188
3.46.	FORMA DEL CULTIVADOR BINADORAS -----	189
3.47.	CULTIVADOR COLA DE GOLONDRINA -----	190
3.48.	DIAGRAMA DE FUERZAS EN LA ESTRUCTURA DEL CULTIVADOR -----	193
3.49.	GRAFICO DE LA FUERZA ACTUANDO EN UN ELEMEN- TO DE LA ESTRUCTURA -----	194

INDICE DE FOTOS

<u>Nº</u>		<u>PAGS.</u>
3.1	ACERO DE BAJO % C -----	86
3.2.	ACERO SAE 1020 CARBONITRURADO -----	87
3.3.	FUNDICION GRIS NODULAR - - - - -	88
3.4.	ACERO SAE 4140 CARBONITRURADO QUE PUEDE SER UTILIZADO EN LA CONSTRUCCION DE CUCHI LLAS PUDIENDO HACER EL TRATAMIENTO TERMI- CO EN LA ESPOL -----	141
3.5.	ACERO CON 0.45% C -----	141
3.6.	ACERO MEDIO % C TEMPLADO Y REVENIDO UTILI ZADO EN LA REJA DEL ARADO DE VERTEDERA --	142
3.7	PRIMER MODELO DEL ARADA DE VERTEDERA	143
3.8.	PRUEBA DE ARADO ROTATIVO -----	185
3.9.	CAJA DE ARADO ROTATIVO ARMADA Y EN PROCE- SO DE CONSTRUCCION -----	185

<u>Nº</u>		<u>PAGS.</u>
3.10.	CAJA DE ARADO ROTATIVO MONTADOS EN LA FRESA DORA PARA LA RECTIFICACION DE LOS ASIENTOS- DE LAS TAPAS -----	186
3.11.	CULTIVADOR ENSAMBLADO ANTES DE LA PRUEBA DE CAMPO -----	189
3.12.	CON 18.5 Kgrf APROXIMADAMENTE TIENE UNA DE FLEXION DE 9.5 mm. -----	200
3.13.	CON 25 Kgrf APROXIMADAMENTE POSEE UNA DE FLEXION DE 13 mm. -----	200
3.14.	CULTIVADOR TRABAJANDO EN LA PRUEBA DE CAMPO PRIMERA -----	201
4.1.	QUEMA DE PANCA DEL TERRENO -----	203
4.2.	INUNDACION DEL TERRENO A MECANIZARSE -----	203
4.3.	SECCION DEL TERRENO INUNDADO -----	205
4.4.	MONTAJE DEL ARADO ROTATIVO FASE I -----	205
4.5.	MONTAJE DEL ARADO ROTATIVO FASE II -----	206
4.6.	MONTAJE DE ACOPLA HERRAMENTAL -----	206
4.7.	MONTAJE DE SOPORTE DE ARADO DE VERTEDERA---	207
4.8.	ACOPLE DEL ARADO DE VERTEDERO CON GARRAS DE AJUSTE -----	207
4.9.	ACOPLE DEL CULTIVADOR CON GARRAS DE AJUSTE-	208
4.10.	ARADO DE VERTEDERA MONTADO EN EL MOTOCULTI- VADOR -----	209

<u>Nº</u>		<u>PAGS.</u>
4.11.	ARADO EN PROCESO DE TRABAJO -----	210
4.12.	VOLTEO DEL TERRENO -----	210
4.13.	ARADO DE VEREDERA UNA VEZ REALIZADO EL TRABAJO NOTANDOSE LA SUPERFICIE DE LA VER TEREDERA LIMPIA SIN ADHERENCIA SUPERFICIAL--	211
4.14.	CULTIVADORES MONTADOS EN EL MOTOCULTIVADOR ANTES SER REALIZADO EL TRABAJO -----	212
4.15.	CULTIVADORES REALIZANDO EL TRABAJO DE PRE PARACION DE LA CAMA SUPERFICIAL, DESMENUZA MIENTO DE RAICES Y ZURCAMIENTO -----	213
4.16.	CULTIVADORES MONTADOS EN EL MOTOCULTIVADOR DESPUES DE REALIZADA LA OPERACION -----	213
4.17.	ARADO ROTATIVO MONTADO EN EL MOTOCULTIVADOR	214
4.18.	ARADO ROTATIVO REALIZANDO EL LABOREO DEL TE RRENO -----	214
4.19.	DESMENUZAMIENTO DEL TERRENO COMO RESULTADO DEL TRABAJO DEL ARADO ROTATIVO -----	215
4.20.	TERRENO TRANSPLANTADO -----	216

ÍNDICE DE TABLAS

<u>Nº</u>		<u>PAGS.</u>
2.1.	PESO ESPECIFICO, COHESION;Y,ANGULOS DE FRIC CION INTERNA PARA DISTINTOS TIPOS DE SUE LOS -----	44
2.2.	TABLA DE SUELOS CON DIAMETRO DE PARTICULAS, POR GRANO Y SUPERFICIE EXPUESTA EN UN GRANO	46
2.3.	COHESION Y ANGULO DE FRICCION -----	64
2.4.	ADHESION c_d Y ANGULO DE FRICCION INTERNA - SUELO METAL ϕ_1 -----	65
3.1.	VALORES MEDIOS DE LA CONSTANTE $1'$ -----	104
3.2.	VALORES DE LA RESISTENCIA ESPECIFICA DEL TE RRENO CON RESPECTO AL TIPO DE SUELO -----	105

SIMBOLOGIA

c	=	cohesión kg/cm^2
\varnothing	=	ángulo de fricción interna
$\zeta\alpha$	=	esfuerzo de deslizamiento
$C\alpha$	=	fuerzas adhesivas
G_n	=	esfuerzo normal
\varnothing_1	=	ángulo de fricción interna solo metal
T	=	torque de caja de cizalle torsional
τ_1	=	esfuerzo máximo de corte de caja de cizalle
r_e	=	radio de la caja de cizalle torsional
H_l	=	fuerza máxima de deslizamiento
A_l	=	área de contacto
W	=	peso normal del implemento
α	=	ángulo óptimo que permite el menor esfuerzo de trabajo
P	=	profundidad de trabajo
a	=	ancho de corte
e	=	coeficiente de cambio entre el ancho y la profundidad de corte.
A	=	apertura superior del surco
S	=	solera del surco
α_1	=	ángulo libre del arado de vertedera
β_1	=	ángulo del filo del arado de vertedera

- δ_1 = ángulo de corte entre la cara de trabajo de la reja
 y la solera del surco,
- γ_1 = complementario de δ_1
- ρ = ángulo de la reja,
- λ = ángulo de inclinación
- l_t = longitud de la trayectoria
- LT = longitud del campo total
- C = constante del arado
- LR = longitud del resguardador
- θ = ángulo formado por la reacción del suelo sobre el
 arado
- H_{max} = altura máxima del arado
- $r(u, v)$ = ecuación de la curva cilíndrica de la vertedera
- F_1 = fórmula de la resistencia del arado en función de la
 velocidad de avance.
- f = coeficiente de fricción
- $\sigma_0 (N/cm^2)$ = resistencia específica del terreno
- L = F_1
- ΔR_y = componente longitudinal debido al rozamiento provocado
 por R_x
- $\Delta R_y'$ = componente longitudinal debido al rozamiento provocado por
 R_z .
- ϕ' = ángulo de posición de la resultante en el plano vertical.
- R_y = componente de la reacción del terreno sobre la vertedera
 en la dirección y .

V	=	componente vertical del arado
L_x	=	reacción lateral de la resultante de la resistencia del terreno sobre la vertedera.
X_1	=	distancia de aplicación de la fuerza en dirección y al soporte.
Y_1	=	distancia de aplicación de la fuerza vertical al <u>so</u> porte.
Z_1	=	distancia de aplicación de la fuerza horizontal al soporte.
h'	=	altura de la sección del soporte
b	=	ancho del soporte
M_{xr}		
M_{yr}		
M_{zr}	=	componentes del momento en los puntos críticos del - soporte
$\sigma_A, \sigma_B, \sigma_C$	=	esfuerzos combinados en los puntos A, B y C
τ_A, τ_B, τ_C	=	esfuerzos de corte en los puntos A, B y C.
σ^1_B, σ^1_C	=	esfuerzos principales en los puntos B y C
nS_1	=	factor de seguridad del soporte
h''	=	ancho del cordón de soldadura
V_a	=	momento polar de inercia unitario
V	=	momento polar de inercia
τ^1_z	=	esfuerzo cortante en la soldadura provocado por la - fuerza vertical.

σ_y	=	esfuerzo combinada en la unión soldada
I_w	=	momento de inercia unitaria en la unión soldada.
τ^1_x	=	esfuerzo de corte provocado por la fuerza V_x
η_{s2}	=	factor de seguridad de la unión soldada
Y, Z	=	centrado de la resultante de los pernos de soporte
V_j^1, V_2^1, V_3^1	=	cargas cortantes primarias en los pernos del soporte
$R_{y_j^1}, R_{y_2^1}, R_{y_3^1}$	=	componentes en la dirección Y que actúan sobre los pernos
$F_1^{II}, F_2^{II}, F_3^{II}$	=	cargas cortantes secundarias
$R_{x_2}^{III}$	=	carga de corte máxima en la dirección Z
$R_{y_2}^{III}$	=	carga de corte máximo en la dirección Y
S_{sy}	=	resistencia al cortante del perno
S_p	=	resistencia de prueba del perno
n_{s3}	=	factor de seguridad de los pernos del soporte
$A_{\text{min cort}}$	=	área mínima de corte
$d_{\text{min cort}}$	=	diámetro mínimo de corte del perno pin del soporte.
S_y	=	esfuerzo de fluencia del material
Z	=	módulo de sección del pin del soporte
d_{real}	=	diámetro del pin del soporte
ζ_R	=	esfuerzo de corte en la rosca
N_{ss}	=	factor de seguridad
σ_s	=	esfuerzo combinado en el soporte
A_s	=	área del soporte
Z_s	=	módulo de sección del soporte

$\sigma_1^I, \sigma_2^I, \sigma_3^I, \sigma_4^I, \sigma_5^I, \sigma_6^I$	=	esfuerzos combinados
Vd	=	volumen de desgaste
K	=	coeficiente de desgaste adimensional
X'	=	distancia deslizada
Mts	=	momento torsor
R	=	radio del aspa
Mts*4	=	energía consumida (4 aspas)
S	=	sobretensión de la cadena
T'	=	fuerza necesaria para la transmisión
T ₁ T ₂	=	componentes de la reacción de la cadena
R ₁ , R ₂ , R ₃ , R ₄	=	reacciones en los puntos 1, 2, 3, 4.
Ftt	=	fuerza generada por el torque de transmisión
K	=	número de dientes
ζ_{tt}	=	esfuerzo de corte
tn	=	espesor del diente
θ'	=	ángulo que forma el diente
N ₁	=	factor de seguridad para impacto
P _{cr}	=	fuerza de crítica de pandeo
Falt _{total}	=	fuerza del cultivador total
ζ_{cult}^{max}	=	esfuerzo máximo de corte en una sección rectangular
σ^{wlt}	=	esfuerzo principal en el cultivador
Ns	=	factor de seguridad en la estructura
σ_{cs}	=	esfuerzo combinado en la soldadura del cultivador
Nssc	=	factor de seguridad en la soldadura del cultivador.

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

Todo desarrollo tecnológico va ligado a la investigación que se promueve en las instituciones de educación superior.

La Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, como impulsadora de este desarrollo, por intermedio de la Facultad de Ingeniería Mecánica ha incursionado en el desarrollo de maquinaria agrícola para agricultura en pequeña escala, favoreciendo con este aporte al agricultor independiente y de recursos limitados.

El desarrollo de esta tesis nos permite determinar los parámetros exactos de diseño de herramientas para las condiciones de suelo de los cultivos de arroz y hortalizas, además de recomendar los materiales y procesos de fabricación - en concordancia con el mercado y tecnología disponible en nuestro país.

Esta tesis deja abierto el camino para que se impulse el desarrollo de tecnología apropiada; la que generará nuevas

fuentes de trabajo y propenderá al ahorro de divisas para el país al limitar la importación de equipos similares a los desarrollados en este estudio.

C A P Í T U L O I

JUSTIFICACION DEL PROYECTO

1.1. GENERALIDADES

El Ecuador a través de toda su historia, se ha caracterizado por su vocación agrícola. En efecto, su variado clima combinado con la fertilidad de su suelo, ha permitido la implantación de una gran variedad de cultivos que han servido como de fuente de alimentación, al igual que soporte para el desarrollo de empresas industriales y agroindustriales, aparte de ser fuente de ingresos para el país a través de sus exportaciones. Sin embargo el rendimiento óptimo de sus cultivos no se lo ha logrado en muchos casos debido al uso inapropiado de equipos, técnicas de cultivo coloniales y la falta de financiamiento en el momento oportuno.

De estudios de mercado realizados en el país, se establece la necesidad de incursionar en la agricultura con implementos y equipos agrícolas no autopropulsados, con

el objeto de contribuir al incremento de la producción agrícola por el agricultor con agricultura en pequeña - escala, donde las grandes inversiones en equipos sofisticados son una utopía; además del estudio se detecta la posibilidad para la fabricación de este tipo de bienes, que satisfaga las actuales y futuras condiciones del mercado nacional.

La demanda actual de insumos agrícolas es cubierta mediante importaciones, ya que no existe producción local salvo la construcción esporádicas realizadas bajo pedidos específicos por algunos talleres menores. Los fabricantes de marcas internacionales, facilitan las maquinarias a los distribuidores por lo general con crédito de hasta dos años, lo que permite planificar el crédito nacional en períodos similares.

Los arados y rastras son implementos agrícolas que sirven para la preparación de la tierra. El arado se lo usa para remover, voltear y ablandar la capa arable a profundidades variables. La rastra, es un implemento empleado para desmenuzar o desagregar la tierra luego de arada, además sirve para enterrar las semillas y abonos, extirpar las malezas y nivelar los suelos.

En nuestro país se usan casi exclusivamente arados de discos; para tracción mecánica, debido a que tienen mayor durabilidad que los de vertedera y que pueden utilizarse en terrenos pesados, secos o pedregosos.

En cuanto a las rastras, el tipo más usado es el de discos, aunque también existen de púas dirigidas y de dientes elásticos. Esto se debe a que las rastras de disco - ofrecen ventajas para arrancar la hierba o rastrojo - que hay en la superficie de la tierra y para la pulverización del suelo. En lo que tiene que ver con - sembradoras, estas son máquinas que depositan las semillas en el suelo distribuyéndolas a voleo o en líneas, en cantidades y profundidad prefijadas; unas veces grano a grano y otras reunidas en golpes equidistantes es utilizada también para la incorporación de abono en el suelo.

Hay dos tipos de sembradoras: a chorrillos y las de hileras. Las primeras se emplean principalmente en la siembra de gramíneas y cereales, para colocar la semilla en surcos muy juntos y a profundidad uniforme. Las sembradoras de hileras ponen las semillas a distancias lo suficientemente separadas para permitir las labores posteriores de cultivo y algunas de ellas pue

den utilizarse en varios tipos de semillas como las -
de maíz y algodón.

La maquinaria agrícola antes mencionada debe ser selec- } ?
cionada apropiadamente para cada región, considerando -
las características del suelo donde va a trabajar es
decir, relieves, durezas, etc., y el cultivo a que se
aplicará. Se explica de esta manera la composición de
los parques de maquinaria e implementos agrícolas en
la Costa, Sierra y Oriente.

La región interandina, cuenta con la mayoría de los imple-
mentos que se han descrito, mientras que en la Costa y
Oriente, los centros de mecanización en su mayoría no sa-
tisfacen los requerimientos existentes, contando tan solo -
con desgranadoras, despulpadoras de café, seleccionadora
de café, trapiches, etc.

Además de los implementos agrícolas no autopropulsados
mencionados anteriormente, existen otros que también son
utilizados en los cultivos del país tales como: las cul-
tivadoras, llamadas también binadoras; que son imple-
mentos que se emplean para el laboreo complementario -
de cultivo y que permite desmenuzar y pulverizar el
suelo al igual que la lucha mecánica contra las malas

hierbas; y, otras máquinas agrícolas como las cortadoras, rastrillos, etc., que más bien son complementarias de las descritas arriba.

1.1.1. Consideraciones sobre la actividad agrícola en el Ecuador

El Ecuador es un país tradicionalmente agrícola. Lo demuestra el hecho de que gran parte de su economía se sustenta en la exportación de productos alimenticios. Los cultivos tradicionales como cacao, café, banano, han sido las bases con las que se ha sustentado la economía del país por muchos años. Sin embargo, en nuestro país se incursiona en otros tipos de cultivos que si bien no alcanza la significación de los primeros, son cultivados con intensidad. La extensa gama de sembríos existentes se debe a las condiciones geográficas y climáticas, con que la naturaleza ha favorecido a nuestro país; por lo que es posible hablar de tres zonas bastante definidas: Costa, Sierra y Oriente.

Cada una de las zonas geográficas antes mencionadas poseen características propias en lo que al terreno se refiere, esto combinado con el clima, hidro-

logía, etc., permite la obtención de productos ta les como: frutas tropicales, oleaginosas, café, fi bras, cacao y pastos; en la Costa: frutas templadas, cereales, granos, tubérculos, hortalizas y pastos; en la Sierra: oleaginosas, cereales, tubérculos, palma africana, té y pasto en el Oriente. Se puede ha blar en este sentido de la existencia de cultivos permanentes y cíclicos. Los primeros son aquellos que viven varios años, produciendo numerosas ve ces durante su existencia. Son cultivos que necesi- tan de un mantenimiento adecuado durante cada - año tal como el café, cacao, etc. Los segundos como su nombre lo indica son los que se cultivan y cosechan dentro de un año agrícola (temporada) , siendo necesario acondicionar la tierra para cada siembra. Tal es el caso de ciertos productos de la Sierra como son los cereales, papas, fréjol , hortalizas, etc.

De estudios realizados, en base de la variedad de las condiciones tanto del clima como topográficas los cultivos en el Ecuador son muy diversos. La mayor parte de la tierra está ocupada por ocho variedades del cultivo, siendo los más importantes:

- maíz	19.9 %
- café	10.10%
- cacao	15.1 %
- arroz	14.3 %
- banano	11.9 %
- cebada	6.2 %
- trigo	5.9 %
- papas	3.6 %.

En base a lo analizado anteriormente se deduce que la implementación de equipos de labranza para la tierra es indispensable para el desarrollo de la actividad agrícola en el Ecuador. Además la implementación de equipos para la construcción de estas maquinarias es necesario para abaratar los costos de producción, disminuyendo de esta manera la importación de dichas maquinarias agrícolas e incrementando la ocupación técnica en el país.

1.2. ZONAS AGRICOLAS CULTIVABLES EN LA CUENCA DEL GUAYAS Y LA
PENINSULA

ZONA	CLASES Y SUBCLASES DE CAPACIDADES DE SUELO	TEXTURA
Anita	-Limitaciones severas en la <u>rendi</u> ción de cultivos.	Franco arenoso
	-Textura	Franco limoso
Baquerizo	-Limitaciones moderadamente <u>seve</u> ras.	Arcilloso
Moreno	-Textura	Franco arcilloso
	-Lluvias insuficientes	
	-Limitaciones severas en la <u>selec</u> ción de cultivos o en <u>rendimien</u> to.	
Calabí	-Limitaciones severas en la <u>selec</u> ción de cultivos o en <u>rendimien</u> to.	Franco arenoso
	-Topografía	
	-Textura	
Caracas	-Limitaciones muy severas <u>apropia</u> das para pasto mejorado o árbo- les.	Arcilloso
	-Estructura	
	-Textura	
	-Inundaciones por corrientes	
	-Lluvias insuficientes.	

Cascajal	<ul style="list-style-type: none"> -Limitaciones severas en la selección de cultivos o en rendimiento. -Lluvias insuficientes -Textura -Estructura. 	Arcilloso
Cadel	<ul style="list-style-type: none"> -Limitaciones moderadamente severas en la selección de cultivos o en rendimiento. -Limitaciones moderadamente severas -Textura -Heliofanía insuficiente. 	Arcilloso
Clementina	<ul style="list-style-type: none"> -Limitaciones moderadamente severas -Limitaciones severas o en la selección de cultivos o en rendimiento. -Estructura -Topografía -Lluvias insuficientes 	<p>Franco arcilloso</p> <p>Arcilloso limoso</p>
Daule	<ul style="list-style-type: none"> -Limitaciones severas en la selección de cultivos o en rendimiento. -Textura -Propiedades adversas del suelo -Lluvias insuficientes Inundaciones por corrientes -Exceso de agua 	Arcilloso
Felícita	<ul style="list-style-type: none"> -Apropiado solo pastos no mejorados o árboles. 	Arcilloso

	-Estructura	
	-Textura	
	-Inundaciones por corriente	
	-Lluvias insuficientes	
Huayjas	-Limitaciones severas en la selección de cultivos o en rendimiento.	Franco arenoso, fino.
	-Estructura	
	-Textura	
	-Pobre drenado	
	-Lluvias insuficientes	
Jujan	-Limitaciones muy severas apropiadas para pasto mejorado o árboles.	Arcilloso
	-Estructura	
	-Lluvias insuficientes	
	-Sales	
	-Inundaciones por corriente	
La Julia	-Limitaciones moderadamente severas	Arcilla limosa
	-Textura	Franco arcilloso
	-Lluvias insuficientes	Arcilloso
	-Pobre drenado	
La Maravilla	-Limitaciones severas en la selección de cultivos o en rendimiento.	Arcilla limosa
	-Textura	Arcilloso
	-Lluvias insuficientes	Franco arcilloso, limoso.

	-Pobre drenado	Franco arcilloso
	-Inundaciones por corriente	
Laurel	-Limitaciones severas en la <u>selec</u> ción de cultivos o en rendimien- to.	Arcilloso
	-Textura	
	-Lluvias insuficientes	
	-Estructura	
	-Pobre drenado	
	-Inundaciones por corriente	
Montalvo	-Limitaciones severas en la <u>selec</u> ción de cultivos o en rendimien- to.	Franco arcilloso
	-Topografía	
	-Pobre drenado	
Milagro	-Limitaciones moderadamente seve- ras.	Franco arcilloso
	-Limitaciones moderadas que redu- cen el alcance o rendimiento del cultivo.	
	-Topografía	
	-Lluvias insuficientes	
Mocache	-Limitaciones muy severas apropia- das para pasto mejorado o árboles	Franco limoso
	-Estructura	
	-Pobre drenado	
	-Exceso de agua	

Palestina	<ul style="list-style-type: none"> -Limitaciones severas en la selección de cultivos o en rendimiento. -Estructura -Textura -Lluvias insuficientes 	Arcilloso
Quinzaloma	<ul style="list-style-type: none"> -Limitaciones moderadas que reducen el alcance de rendimiento. -Topografía -Heliofonía insuficiente. 	Franco arcilloso
San Miguel	<ul style="list-style-type: none"> -Limitaciones moderadas que reducen el alcance de rendimiento de cultivos. -Textura -Topografía. 	Franco arcilloso
San Joaquín	<ul style="list-style-type: none"> -Limitaciones moderadamente severas -Pobre drenado -Textura 	Franco Arenoso
San José	<ul style="list-style-type: none"> -Limitaciones moderadamente severas. -Textura -Lluvias insuficientes -Pobre drenado. 	Franco arcilloso Franco limoso

San Pablo	-Limitaciones moderadamente severas.	Franco arcilloso
	-Limitaciones severas en la selección de cultivos o en rendimiento.	Arcilloso
	-Textura	Arenoso
	-Pobre drenado	
	-Lluvias insuficientes	
San Román	-Limitaciones severas en la selección de cultivos o en rendimiento.	Arcilloso
	-Limitaciones moderadamente severas	Franco arcilloso
	-Pobre drenado	Franco limoso
	-Textura	Franco arcilloso, limoso.
	-Lluvias insuficientes	Arcilloso limoso
	-Inundaciones por corriente	
	-Propiedades adversas al suelo	
Semira	-Limitaciones moderadamente severas	Franco arcilloso
	-Topografía	Franco limoso
	-Exceso de agua	
	-Estructura	
	-Lluvias insuficientes	

Sonia	-Limitaciones moderadamente <u>seve</u> ras.	Arcilloso
	-Topografía	Franco arcilloso,
	-Pobre drenado	limoso.
	-Textura	Franco limoso
	-Lluvias insuficientes	
	-Inundaciones por corriente	
Yolanda	-Limitaciones severas en la <u>selec</u> ción de cultivos o en rendimien- to.	Arcilloso
	-Limitaciones muy severas <u>apropia</u> das para pasto mejorado o árbo- les.	Franco arcilloso, limoso.
	-Textura	Arcilloso limoso
	-Pobre drenado	
	-Lluvias insuficientes	
	-Inundaciones por corriente	

1.3. TIPO DE MAQUINARIA DISPONIBLE EN EL PAIS

En el país existen diversos tipos de máquinas agrícolas que en su mayoría han sido importadas y en un porcentaje mínimo se han fabricado bajo pedido en algunos talleres nacionales.

El principal proveedor en Estados Unidos, el mismo que cubre más del 50 % de las importaciones de este tipo de maquinarias y que anualmente incrementa su porcentaje.

Entre los países que nos venden máquinas agrícolas se encuentran los siguientes:

- Estados Unidos
- Italia
- Alemania
- Inglaterra
- Chile
- Brasil
- México
- Colombia

Las marcas de mayor comercialización nacional son:

- JOHN DEERE
- MASSEY FERGUSON
- INTERAGRO
- RAMSONES
- INTERNATIONAL HARVESTER
- AMCO
- EBRO
- ALLIS CHALMERS
- BUSH - HOG
- TAYLOR

MAQUINARIAS AGRICOLAS IMPORTADAS

1982

MAQUINARIA	CANTIDAD	MAYOR VENDEDOR
Arados	424	Brasil y Colombia
Rastras	425	Estados Unidos
Sembradoras	285	Brasil
Rejas	36	Estados Unidos
Cosechadoras-trilladoras	197	Alemania Occidental
Prensa para paja y follaje	13	Francia
Cortadora de cesped	986	Estados Unidos
Máquina para limpieza, clasificación y cribado de granos	98	Brasil

Por estudios realizados en el Centro de Desarrollo Industrial del Ecuador -CENDES-, se obtuvo que la demanda de arados de discos en el país en el año de 1.982 fue de 571 unidades, lo que nos lleva a concluir que la diferencia existente con respecto al cuadro anterior son maquinarias fabricadas en el país o recuperadas.

En el estudio de CENDES, se establece que la proyección de demandas de arados de discos es la siguiente:

AÑOS:	1986	1987
UNIDADES:	719	756

En lo que se refiere a los arados de vertedera, el cuadro de proyección de demanda es el siguiente:

AÑOS	UNIDADES
1979	43
1980	47
1981	50
1982	54
1983	57
1984	61
1985	64
1986	67
1987	71

Incluyendo todos los discos de arados (De 2, 3, 4, 5, 24, 28 discos de vertedera, de rejas y otros) y rastras la siguiente tabla nos dá la proyección de demanda para dichos implementos agrícolas.

AÑO	ARADOS	RASTRAS
	(Unidades)	(Unidades)
1979	666	532
1980	720	581
1985	986	827
1987	1092	926

CAPITULO II

MECANICA DEL SUELO APLICADA A LOS IMPLEMENTOS DE LABRANZA

2.1. GENERALIDADES

Los suelos cultivables en la cuenca baja del Guayas, y del área donde se cultiva el arroz, presenta fundamentalmente dos clasificaciones:

- Suelos con sedimentos aluviales no influenciados por las mareas.
- Suelos finos depositados por las mareas denominados estuarios.

La primera clasificación corresponde a los suelos que siendo de origen netamente aluvial son arcillosos, pero que también tienen otros suelos como los línos y las arenas finas. m?

Los suelos estuarios son los suelos más finos existen

tes siendo el caso típico de los arcillosos muy blandos existentes en los manglares.

Otro aspecto muy importante a considerar, constituye la posición del nivel freático natural, que no es otra cosa que el nivel casi estático que tienen los mantos - aquíferos en el interior del terreno.

La posición del nivel freático va a conferir al te rreno distintos tipos de propiedades y comportamiento de acuerdo a que este nivel se encuentre superficialmente o bajo la superficie del terreno. En el primer caso se ten drá los suelos saturados, esto es con máximo contenido de humedad y el segundo caso se tendrán suelos parcial mente saturados.

El grado de saturación de un suelo o el contenido de humedad del mismo es el parámetro que mayor influencia tiene en la resistencia de los suelos finos, tal es el caso de los que cubren al área de nuestro interés. Este aspecto es fácilmente comprensible cuando se observa en el campo suelos inundados blandos, de mínima resistencia, inclusive a la pisada de un hombre, esto ocurre en la llamada

pozas o ciénegas. Si estas pozas se secan en el período de verano, el nivel frático baja notablemente y entonces los mismos suelos que antes fueron blandos por efectos de su saturación se transforman en suelos de alta resistencia que pueden permitir incluso el paso de vehículos pesados. Estos suelos pertenecen al grupo de agrietados y duros.

En general los suelos secos son denominados sobreconsolidados, pues debido a la pérdida gradual de humedad llegan a un estado de densificación y de compactación extrema.

Siendo los suelos superficiales las capas cultivables o humus, motivo de nuestro interés, a continuación mostramos un cuadro resumido de las propiedades geomecánicas de suelos secos, en algunos lugares de la cuenca baja del río Guayas. (Ver Tabla N° 2,1.),

De lo anterior se desprende que la resistencia del suelo - depende de dos componentes: Resistencia cohesiva, derivada de la cohesión y resistencia friccional; y del ángulo de fricción interna.

TABLA N° 2.1.

DATOS OBTENIDOS DE LA FACULTAD IGMP

LOCALIZACION	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	COHESION ^c (Kg/cm ²)	ANGULO DE FRICCION ∅°
PALESTINA	800	3.5	35
DAULE	780	3.2	34
NOBOL	750	3.3	33
SAMBORONDON	790	3.6	34
JUJAN	770	3.5	33

2.1.1. Tipos de suelo agrícolas

En el campo de la agronomía se ha realizado una clasificación detallada de los suelos en base a las propiedades agrícolas de acuerdo a su uso potencial en el cultivo.

En lo concerniente a nuestro trabajo, nos interesa - fundamentalmente los suelos agrícolamente aptos para

el cultivo de arroz. Estos suelos se encuentran en la cuenca baja del río Guayas, en torno a los ríos Babahoyo, Vinces y Daule.

En el plano N° 1, se presenta la localización de las áreas de cultivo de arroz; las principales ciudades y poblados.

2.1.2. Textura del suelo

La textura del suelo está dada por la proporción en que se encuentran presentes los distintos tamaños de las partículas.

En la tabla N° 2.2., se dan los nombres de los agregados del suelo, juntamente con el tamaño de las partículas el número de partículas, contenidas en un gramo, y la superficie expuesta en un gramo de cada agregado. La superficie expuesta por las partículas es importante debido a que la mayoría de los nutrientes y aguas a utilizar por la planta se alojan en dicha superficie.

TABLA N^o 2.2.

COLABORACION DE LA FIGMP

AGREGADO	DIAMETRO (mm)	NUMERO DE PARTICULAS		SUPERFICIE EXPUESTA	
		POR	GRANO	EN UN GRAMO	(cm ²)
Arena muy gruesa	2.00 - 1.00		90		11
Arena gruesa	1.00 - 0.50		720		23
Arena medja	0.50 - 0.25		5.700		45
Arena fina	0.25 - 0.10		46.000		91
Arena muy fina	0.10 - 0.05		722.000		227
Limo	0.05 - 0.002		5.776.000		454
Arcilla	Menor que 0.002		90.260.853.000		8.000.000

.....

Generalmente los suelos contienen siempre más de un agregado. La mayoría de las veces se requiere una gran cantidad de agregado grueso, como la arena para modificar las propiedades del suelo en la misma medida que lo hace un agregado de los más finos.

Podemos clasificar a los suelos de acuerdo a su textura, y en términos más generales se suele referir a estas como sigue: Suelos franco y franco arenosos como textura medias; suelos franco arcillosos, franco arcillosos limosos y arcillosos, como textura finas o suelos pesados y suelos franco arenosos y arenosos como suelo de textura gruesa o liviana. Desde el punto de vista de los implementos de labranza, estas distintas clases de suelos afectan los requerimientos de potencia de la barra de tiro debido a la resistencia propia del terreno.

En la siguiente página podemos apreciar la figura N° 2.1., que nos indica el gráfico del triángulo de texturas.

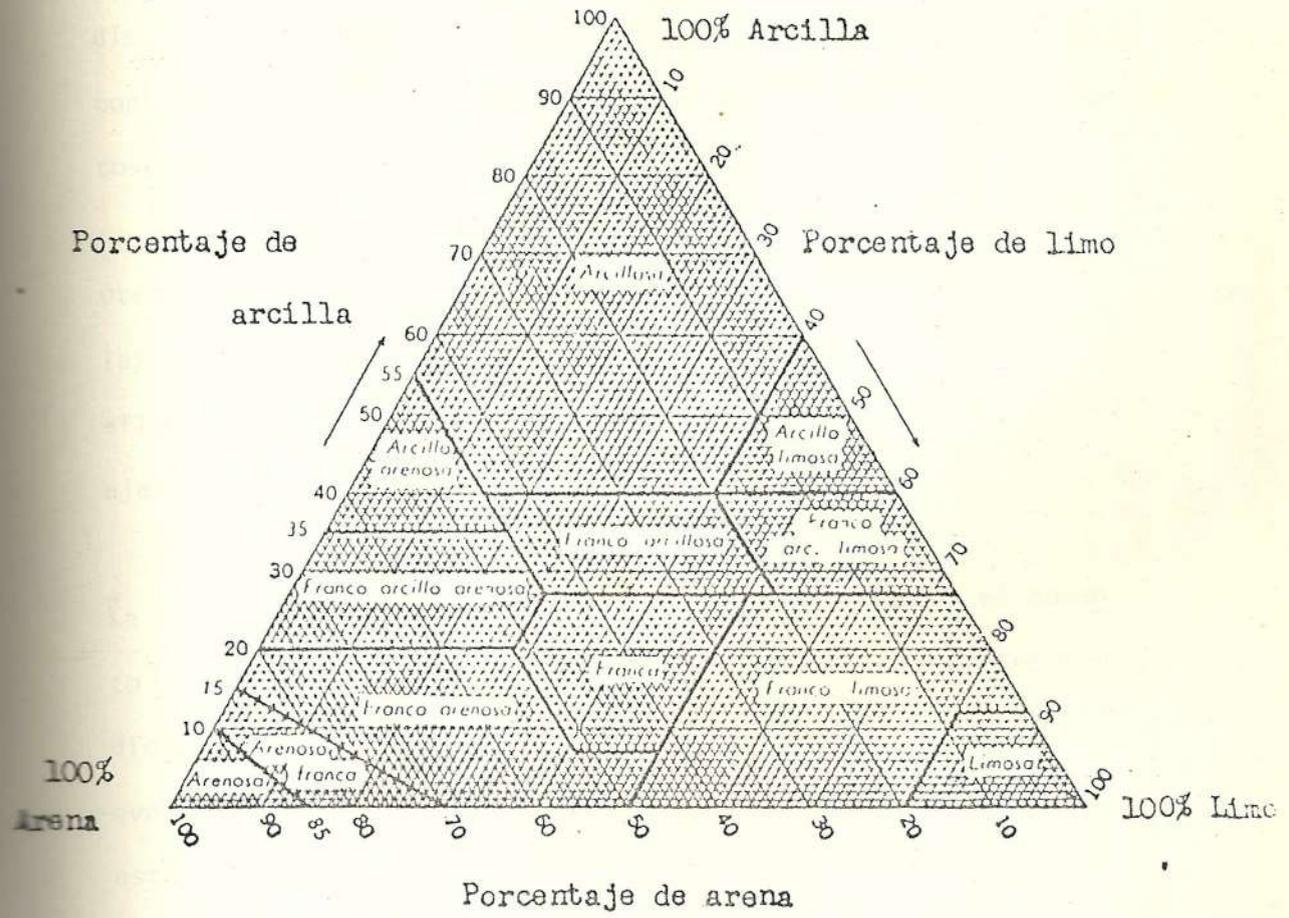


FIGURA N° 2.1. GRAFICO DEL TRIANGULO DE TEXTURAS

2.2. METODOS DE ARADURA

De la forma como se efectúa la aradura depende el rendimiento del cultivo, fundamentalmente las post-operaciones como son la labranza secundaria, la siembra, y hasta la cosecha.

Otro factor importante es el sistema y la secuencia de las operaciones, que determinan la calidad, así como la eficiencia del trabajo, lo cual incluye al arador para ejecutar el trabajo en un tiempo menor.

La disminución del tiempo no se logra mediante el aumento de la velocidad de avance, porque depende de las condiciones físicas del suelo y del grado de roturación - que se requiere. Por consiguiente, la capacidad del trabajo está relacionada con el sistema o método de aradura que se adopta; o sea, que el agricultor debe ser capaz de seleccionar el método adecuado con el cual logre arar todo el campo de la manera más óptima.

La aradura depende de las condiciones y las características - del campo. Los métodos más usados son la aradura en cuadrado, la aradura en melgas y la aradura en contornos o según curvas de nivel. La aradura en melgas consiste -

en dividir el terreno en un número de campos rectangulares, llamándose a estos melgas.

El que utilizaremos para nuestro caso es el método de melgas ya que este es utilizado en arados de una sola vía. También tenemos que considerar las pérdidas de tiempo durante los viajes en vacío sobre la cabecera del campo.

Para este fin deben proyectarse las melgas de tal manera que su longitud sea lo más larga posible, lo cual no siempre es factible. Si la pendiente del terreno se encuentra paralela al eje horizontal del campo, se debe necesariamente proyectar las melgas a lo ancho con el objeto de que los surcos queden perpendiculares respecto a la pendiente para evitar la erosión del suelo.

2.2.1. Proyección de melgas

Además de las pérdidas de tiempo por viajes en vacío, en la proyección de las melgas en el campo se considera también saber limitar el número de contrasurcos y surcos muertos. La proyección de las melgas y el método de la aradura en melgas se explica a través del siguiente ejemplo:

Un terreno mide $171 \times 166 \text{ m}^2$ o sea 2,84 hectáreas aproximadamente (1). Para el movimiento del motocultor y arado se decide mantener las cabeceras con un ancho de 2 m(2). Se divide en el campo en un número impar de cinco melgas, cada una con un ancho de 30m(3). La longitud de las melgas será entonces de $171 - 2 - 2 = 167 \text{ m}$ (4). Se marcan con estacas las dos líneas divisorias entre las cabeceras y el campo, así como los ejes centrales de las melgas impares(5).

Después de efectuarse la proyección de melgas, se inicia la obra con algunas operaciones básicas: Se marca la cabecera superior, luego se abre un surco a un lado del eje central de la última melga hasta llegar a la cabecera inferior(7). El operador marca la cabecera inferior (8), y abre un doble surco en el centro de la primera melga (9). Se abre posteriormente un doble surco en la última melga(11) . Terminación del trabajo inicial (12).

Después de estas operaciones, el operador podría nivelar con el motocultor los panes de tierra a lo largo de los dobles surcos, antes de empezar con la aradura.

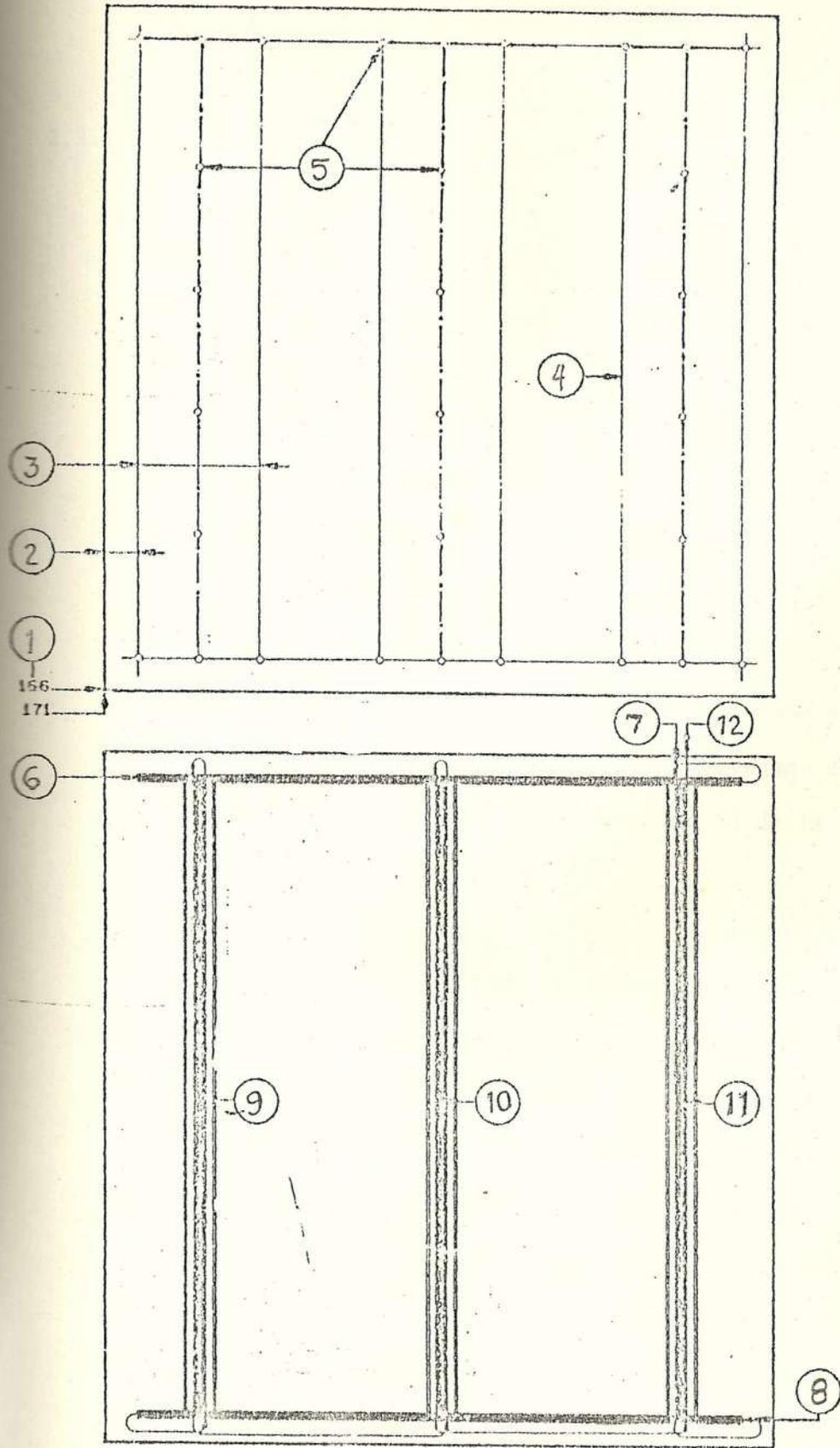


FIGURA Nº 2.2. DESCRIPCION DE PASOS EN LA PROYECCION DE MELGAS.

2.2.2. Aradura de melgas impares y pares

Luego de preparar el campo, el operador inicia la aradura de las melgas impares, empezando con la última.

Se construye primero el contrasurco, dando la vuelta hacia la derecha sobre las cabeceras (a). Luego se ara la melga alrededor del contrasurco (b). Se mueve la tierra hacia el centroide de la melga (c). Después se ara la melga central de la misma manera (d). Por fin, se ara la primera melga (e). Quedan surcos a los lados de las melgas (f). Terminación de la aradura de las melgas impares (g).

Una vez terminada la aradura de melgas impares, el operador inicia la aradura de las melgas pares: Se inicia la aradura de la segunda melga (h). Las vueltas se hacen hacia la izquierda (i). Se construye un surco muerto en el centro de la melga (j). Después, el operador procede a arar la cuarta melga (k). En el centro de la cuarta melga, queda un surco muerto (l). Se mueve la tierra de las melgas pares hacia afuera (m). Terminación de la aradura del campo.

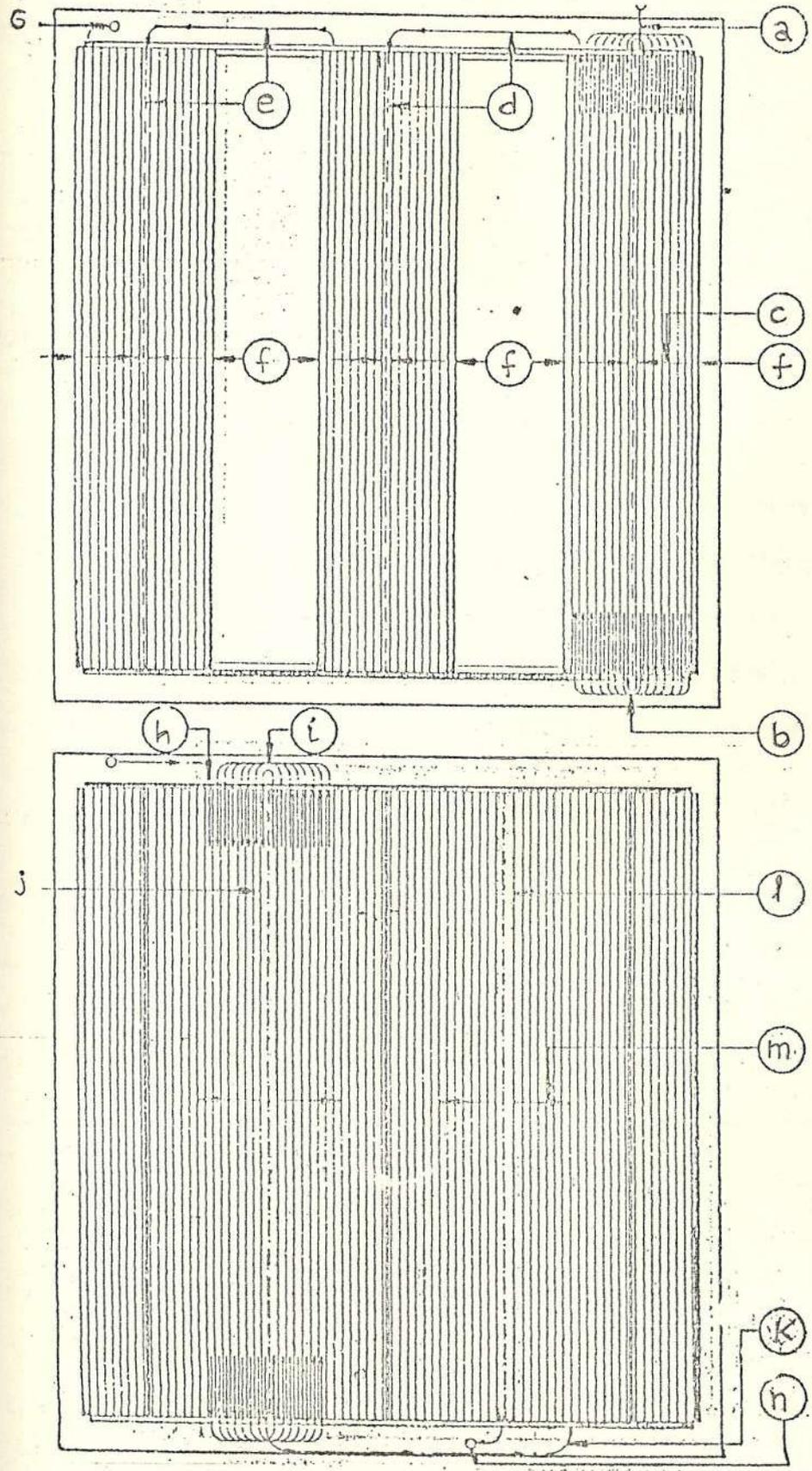


FIGURA Nº 2.3. DESCRIPCION DE PASOS DE ARADURA DE MELGAS
IMPARES Y PARES.

En estos momentos el campo ha sido arado, quedando como residuo dos surcos muertos, encontrándose además surcos en los bordes exteriores de la primera y de la última melga.

2.2.3. Aradura de cabeceras

La aradura de las cabeceras se efectúa en una operación en cuadrado, empezando a lo largo de los bordes del terreno, moviendo la tierra hacia los bordes. Para hacer obra buena, o sea cortar bien las malas hierbas, el operador podría en primer lugar, cortar los bordes hacia adentro y luego iniciar la aradura de las cabeceras.

Trayectoria de la aradura por ejecutar (1). Para poder dar las vueltas, no se deben arar las esquinas (2). Se empieza a arar a lo largo de los bordes del terreno (3). Terminación de la aradura de las cabeceras (4). Durante la última pasada, queda un surco en la línea divisoria entre la cabecera y el campo (5). Durante la última pasada, queda un surco muerto a los lados del campo (6). La tierra de las cabeceras fue desplazada hacia afuera. Se entiende que, en la realidad, hay más surcos que los señalados en la figura (7).

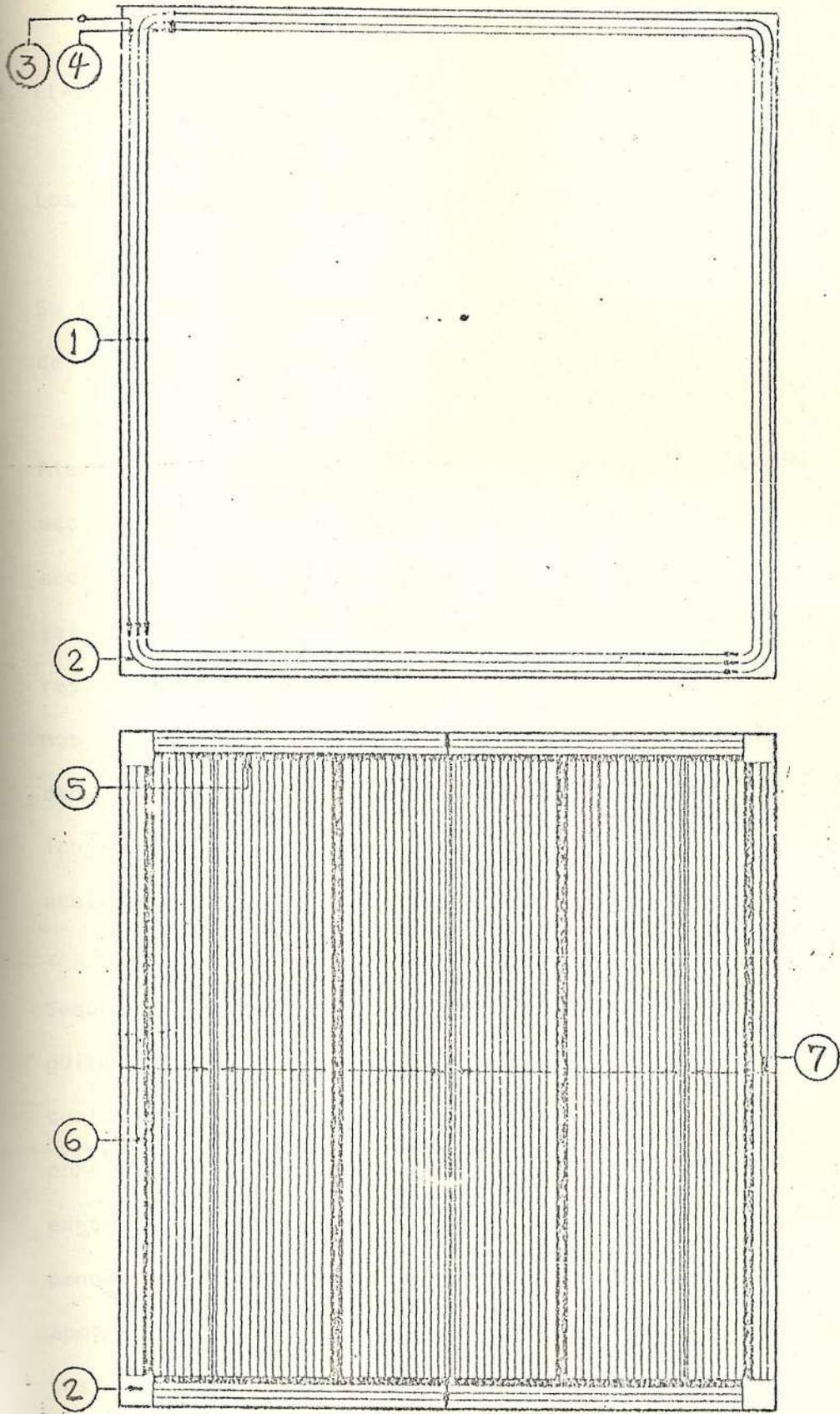


FIGURA Nº 2.4. DESCRIPCION DE PASOS DE LA ARADURA DE CABECERAS

2.3. CLASIFICACION DE LOS IMPLEMENTOS DE LABRANZA

Los implementos de labranza se clasifican de acuerdo a:

Su forma de funcionamiento, su acoplamiento, al tractor y de acuerdo a la labor que realiza.

Atendiendo a su forma de funcionamiento, se dividen en accionados por la tracción de fuerza del tractor y no accionados. Los no accionados son los arados, que pueden ser de vertedera y de discos, las gradas, los cultivadores, las rastras y los rodillos. Entre los accionados tenemos las fresadoras o arados rotativos, las cuales pueden ser de eje transversal, de eje vertical, y de eje longitudinal, las azadas mecánicas, los arados de discos accionados y las gradas de púas oscilantes.

Según su acoplamiento al tractor, se distinguen los siguientes tipos de implementos: Arrastrados o remolcados los cuales son enganchados al tractor en un solo punto y nunca soportados totalmente por el mismo y tienen la facilidad de ser enganchados y desenganchados fácil y rápidamente; semisuspendidos los cuales son implementos suspendidos pero con apoyo sobre una rueda trasera; y, por último suspendidos, los cuales son acoplados al tractor en el enganche en tres puntos, de tal forma que permite facilidad de maniobra y transporte.

Dentro del grupo de acuerdo a la labor que realizan se encuentran los implementos de alzar o primarios que son los arados de vertedera y de discos, escarificadores e incluso implementos accionados. También pertenecen a esta clasificación los implementos para labores complementarias o secundarios que son las gradas, cultivadores, rastras, rodillos, arados rotativos, etc.

En nuestro trabajo en particular consideraremos los parámetros de diseño para la construcción de un arado rotativo, cultivador y arado de vertedera, implementos utilizados en la preparación del terreno para el cultivo.

2.4. PRINCIPIOS DE PREPARACION DEL SUELO Y SU IMPORTANCIA PARA EL DESARROLLO DEL CULTIVO

Los factores que se deben considerar en el desarrollo del cultivo son:

- Temperatura
- Aireación
- Contenido de humedad
- Elementos nutritivos y materia orgánica
- Impedimentos mecánicos

En regiones donde sea importante podremos aumentar la tem-

peratura de la cama de semilla para prolongar la época - disponible para los cultivos y para lograr este efecto, es necesario sacar agua del suelo. Si queremos lograr conservar el agua y nivelar las fluctuaciones en la temperatura del suelo sería mejor dejar una cobertura vegetati-va sobre la superficie del suelo, lo cual se obtiene - con el desmenuzamiento propio de un arado rotativo.

En los suelos, el intercambio de gases entre suelo y atmósfera, depende de:

- Porosidad
- Tamaño de los pozos ^(r)
- Contenido de humedad

Por medio de labores en el suelo es posible alterar el tamaño de los agregados y disgregar los aglomerados, y por lo tanto, modificar su aireación. En suelos sueltos se han observado que el consumo de oxígeno aumenta; pero es muy probable que este consumo sobrepase las necesidades de las plantas.

Con respecto al contenido de humedad de un suelo, que es la capacidad de este para retener el agua, es afectado por la porosidad y el tamaño de los poros.

En suelos compactos, las labores de suelo pueden mejorar la porosidad y por lo tanto la infiltración del agua.

Las labores que eliminan malezas pueden ser valiosas evitando así a la competencia por agua entre las malezas y el cultivo. Durante el proceso de sacar malezas, son cortadas y elevadas al mismo tiempo las raíces del cultivo, que pueden ser cortadas y su capacidad de absorber agua sería reducida.

Cuando germinan las semillas es importante tener el comcompactado alrededor de estas para que ellas puedan absorber agua. La producción de una cama de semillas, donde estas no están, sirve solamente para las semillas de malezas y además, puede producir capas que impiden la infiltración de agua.

Pensando en estos puntos, parece que la solución sería - producir una cama de semilla alrededor de estas, y dejar el suelo donde no hay semillas con sus terrones.

Con el laboreo se puede mejorar las condiciones de humedad, temperatura y aireación, promoviendo la actividad biológica y favoreciendo el desarrollo de las plantas.

Los impedimentos mecánicos son los factores físicos del suelo que impiden, o afectan, el crecimiento de las plantas directa o indirectamente.

Un impedimento sería la compactación del suelo que disminuye su porosidad y aumenta su densidad en masa. Para la disminución de la compactación, podría ser una solución del uso de maquinaria liviana, para la preparación del cultivo como por ejemplo motocultivadores y accesorios.

2.5. PROPIEDADES DINAMICAS DEL SUELO

Como hablamos anteriormente en el Apartado 2.1., la resistencia del suelo consiste en dos componentes: Resistencia cohesiva y resistencia friccional.

Estos valores de resistencia varían considerablemente dependiendo del contenido de humedad, tamaño de las partículas, tamaño de los agregados y consolidación. Estos valores, entre otros existen en tantas combinaciones diferentes que solo la mediación directa de los componentes de cohesión y fricción pueden determinar la resistencia real de un suelo determinado y en una condición determinada.

Los suelos con respecto a sus propiedades físicas y conteni

do de humedad diversos pueden variar desde estado rígido, estado sólido elástico pasando a través del estado plástico, hasta el estado de líquido muy viscoso.

Cuando el suelo está en una condición elástica y se somete a una carga se deforma rápidamente en una magnitud que es linealmente proporcional a la magnitud de la carga para luego retornar rápidamente a su forma original cuando la carga es removida.

Cuando nosotros tenemos una masa de suelo en estado plástico se deforma indefinidamente, bajo la acción de una carga finita constante, con una condición anisotrópica de resistencia. La deformación se mantiene cuando la carga es removida, y la magnitud de la deformación es proporcional al tiempo de duración de la carga así como también a la magnitud de la carga. La resistencia a la deformación es proporcional a la magnitud de la deformación.

Cuando nosotros hablamos del comportamiento de un suelo determinado tendremos que ver su comportamiento con respecto a tensión, compresión y esfuerzo de corte. Los suelos fallan generalmente cuando son sometidos a esfuerzos de corte, ya que en el límite son infinitamente resistentes en compresión y difícilmente pueden ser sometidos a esfuerzos de tensión.

Cuando un suelo falla debido a las fuerzas aplicadas por una hoja, escarificador, oruga o pestaña de un neumático, etc., entran en juego los siguientes parámetros de resistencia que son: Suelo/suelo y suelo/metal.

En el parámetro Suelo/suelo consideramos: cohesión, fricción suelo/suelo (ángulo de fricción interna), densidad aparente del suelo.

En el parámetro suelo/metal consideramos: adhesión, fricción suelo/metal.

Algunos valores normales de cohesión y ángulo de fricción interna son descritos en la tabla N° 2.3.

La resistencia del esfuerzo de corte de la masa del suelo y los terrones varía para un suelo determinado con el contenido de humedad.

Sobre la base de la ley de Coulomb es posible establecer que:

$$\begin{aligned} \text{Esfuerzo de deslizamiento} &= \text{Fuerzas Adhesivas} + \text{Fuerzas friccionales} \\ \tau_{\alpha} &= C_{\alpha} + G_n \operatorname{tg} \Phi_1 \quad (1) \end{aligned}$$

Donde:

- C_{α} = adhesión
 ϕ_1 = ángulo de fricción interna suelo/metal
 G_n = esfuerzo normal

FABLA N° 2.3.

COHESION Y ANGULO DE FRICCION		
TIPO DE SUELO	C (K grf/dm ²)	ANGULO DE FRICCION ϕ°
Suelo franco	10.5 - 14	30 - 35
Arcilla plástica	28 - 56	0 - 10
Arcilla seca cuarteada sin alterar	56 - - 70	30
Arcilla seca cuarteada y alterada	0	-

La adhesión representa, en general, las fuerzas que se desarrollan entre dos materiales distintos y que tienden a evitar el deslizamiento entre ellos. Este componente normalmente es muy pequeña, excepto en algunos suelos en estado plástico en los cuales se produce una condición antideslizante a causa de la adhesión.

TABLA Nº 2.4.

OBTENIDA DE "FUNCION Y DISEÑO DEL TRACTOR E IMPLEMENTOS DE LABRANZA DEL SUELO" (INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS - ECUADOR)

C_{α}	θ_1
Insignificante en la mayoría de los casos.	Superficie pulida 5°
Con alto contenido de humedad ; cerca del límite de fluidez (arcilla plástica) = 10.5 kgf/dm^2	Superficie limpia $5 - 15^{\circ}$ Superficie oxidada $15-25^{\circ}$

El esfuerzo del deslizamiento varía con respecto al contenido de humedad, bajo condiciones de suelos friables, la adhesión es normalmente cero y el ángulo de fricción interna suelo/metal para un implemento razonable pulido es 15° .

Algunos valores característicos de C_{α} y θ_1 aparecen en la tabla Nº 2.4.

Una manera práctica para medir el esfuerzo de corte de un suelo determinado es utilizando una caja para cizalle torsional, que consta de un cilindro metálico y una tapa

adaptada para transmitir al cilindro el esfuerzo torsional que se le aplique. La determinación se realiza midiendo el torque aplicado y deduciendo la fuerza requerida para cortar el suelo. En este caso el esfuerzo máximo de corte se calcula de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \text{Torque (T)} &= \int_0^r 2 \pi r^2 \zeta_1 dr \\ \text{Torque (T)} &= \frac{2 \pi r^3 \zeta_1}{3} \\ \zeta_1 &= \frac{3T}{2 \pi r^3} \end{aligned} \quad (2)$$

La prueba consistiría en lo siguiente:

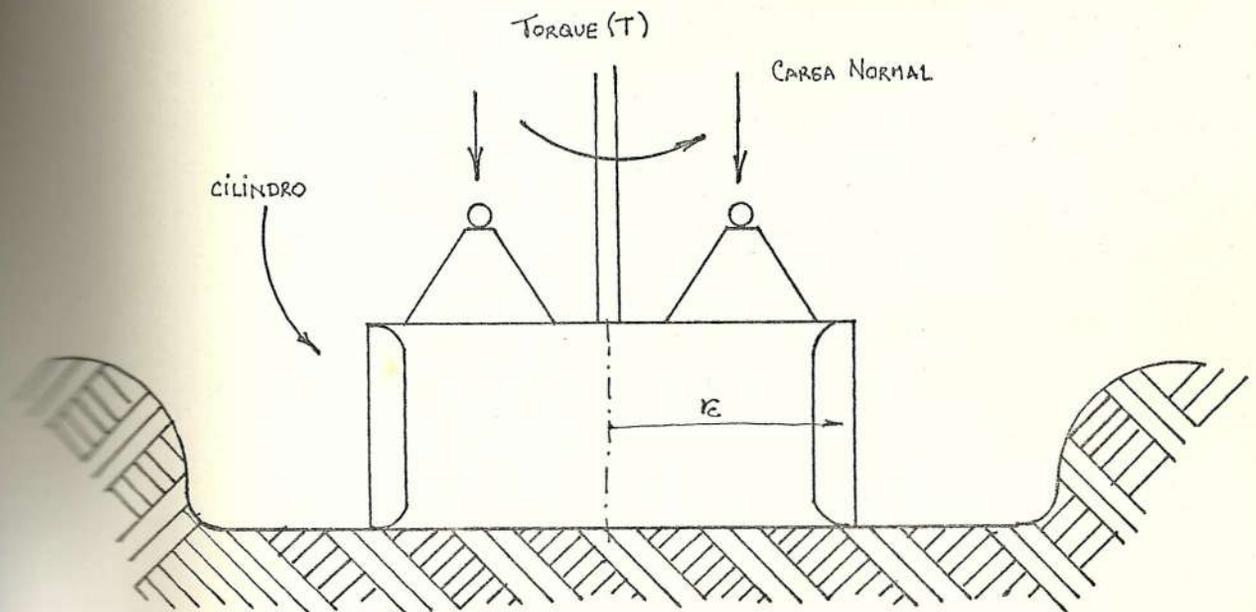


FIGURA N° 2.5. CAJA DE CIZALLE TORSIONAL

2.5.1. Métodos para disminuir la adhesión y fricción

Entre los métodos para disminuir la adhesión, tenemos el material, el cambio de humedad del suelo y el área de contacto, vamos a hablar sobre el área de contacto.

De la ecuación del apartado anterior (Ver fórmula N° 1), se puede multiplicar por el área de contacto para dar la fuerza máxima de deslizamiento.

$$H' = C_{\alpha} A_1 + W \operatorname{tg} \varnothing_1$$

H' = fuerza máxima de deslizamiento

A_1 = área de contacto

W = peso normal del implemento = 18.2 Kgrf

Por esta fórmula decimos que para reducir la fuerza de deslizamiento, se puede disminuir el área de contacto entre suelo y metal. Para lograr esta disminución, se usan vertederas listoneadas, las mismas que son muy ventajosas en suelos arcillosos en estados plásticos.

Otro factor importante el cual se emplea para disminuir la fricción es el pulimento de metal. Como se puede observar en la figura N° 2.2., es posible obtener

una reducción en el ángulo de fricción del implemento, simplemente sacando la oxidación del implemento.

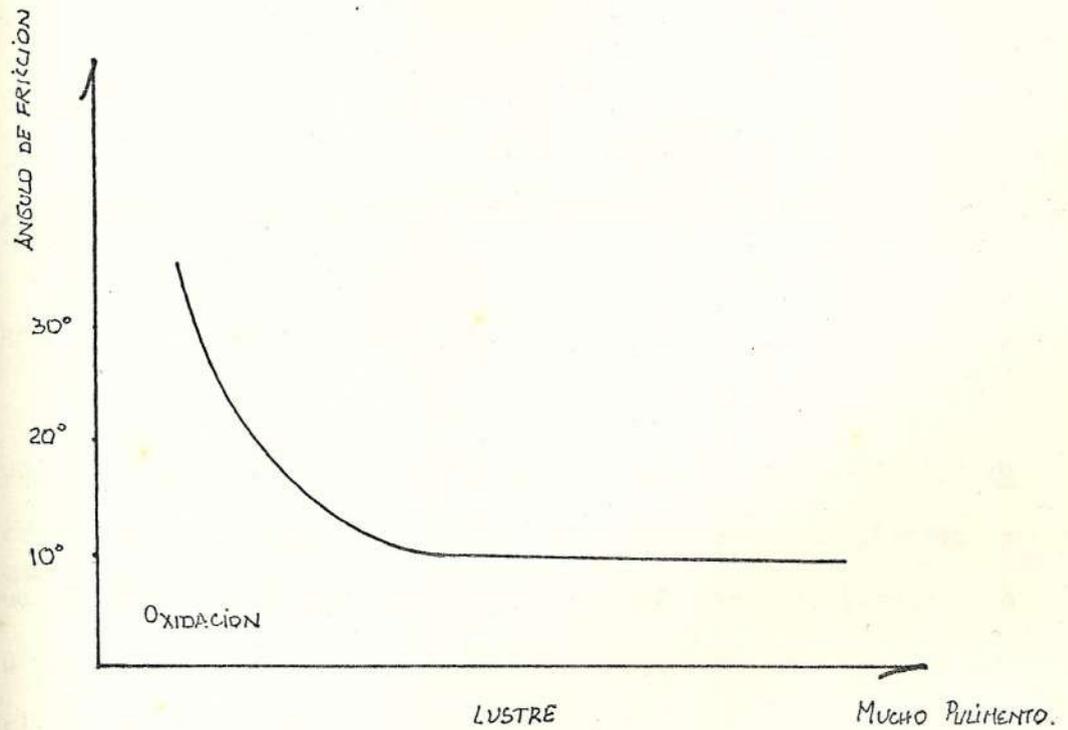


FIGURA Nº 2.6. EFECTO DEL PULIMENTO SOBRE EL ANGULO DE FRICCIÓN SUELO / METAL

Con oxidación un valor típico del ángulo de fricción suelo/metal con un suelo friable sería entre 15° y 25°. Para un implemento lustrado, el valor bajaría hasta 5 y 10°.

CAPITULO III

DISEÑO, CALCULOS Y CONSTRUCCION DE IMPLEMENTOS DE LABRANZA

3.1. ARADO

Cuando se realiza el arado de un terreno la tierra resbala so
bre un metal formando diferentes capas separadas por grietas -
que se denominan primarios, dentro de esas capas se forman a
su vez grietas, perpendiculares a las anteriores denominadas -
grietas secundarias.

En el caso del arado de vertedera se consigue, por lo anterior,
mente explicado, el desmenuzamiento del terreno cuyo proceso -
termina con el volteo total con el auxilio de la vertedera.

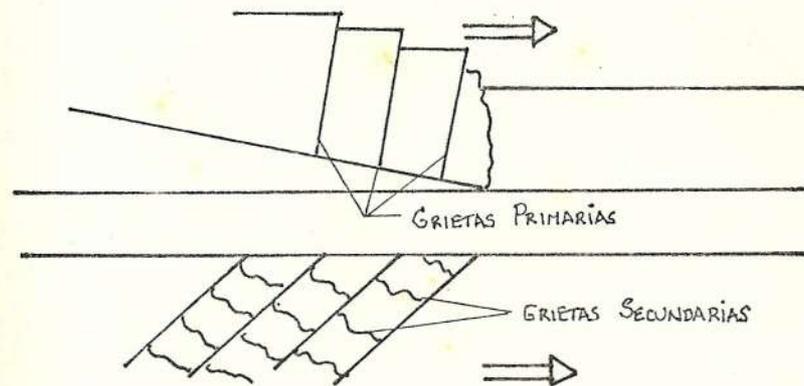


FIGURA N° 3.1. GRAFICO DEL DESMENUZAMIENTO DEL SUELO POR LA ACCION DEL ARADO.

En la labor de labranza existe una relación entre anchura de corte, profundidad de trabajo y el ángulo óptimo que permita el menor esfuerzo de trabajo.

El ángulo α crece con la profundidad de trabajo, p , y disminuye con la anchura de trabajo, a . Si α disminuye se entierran mejor los restos orgánicos y se realiza una mejor mezcla del suelo:

$$\text{sen } \alpha = \frac{p}{a}$$

El volumen hueco disponible para almacenar aire y agua después de la labor es un prisma de base $B'B''C''$. Si queremos que este volumen sea máximo:

$$S = \frac{B'C'' \times B''C''}{2}$$

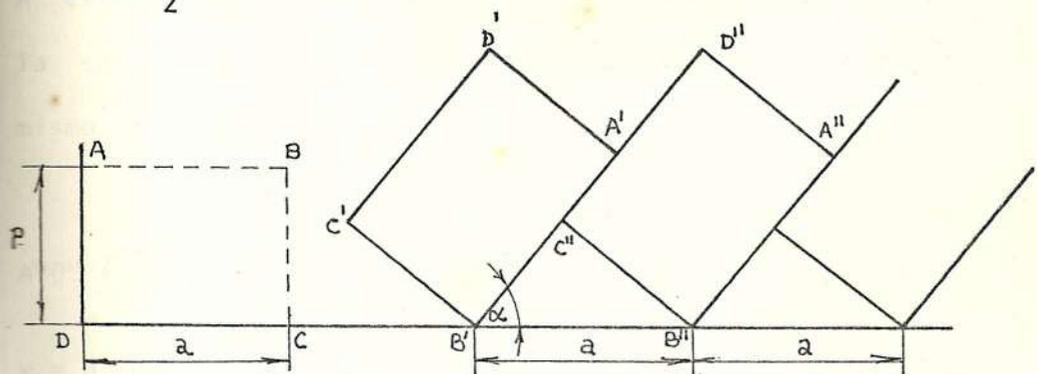


FIGURA N° 3.2. VOLTEO DEL PRISMA DE TIERRA

Pero $B'C'' = a \cos \alpha$ y $B''C'' = a \text{ sen } \alpha$

$$S = \frac{a^2 \operatorname{sen} \alpha \operatorname{cos} \alpha}{2}$$

$$\frac{dS}{d\alpha} = \frac{a^2}{2} (\operatorname{Cos}^2 \alpha - \operatorname{sen}^2 \alpha) = \frac{a^2}{2} \operatorname{Cos} 2\alpha = 0$$

$$2\alpha = 90^\circ$$

$$\alpha = 45^\circ$$

Luego:

$$p = a \operatorname{sen} 45^\circ = a \frac{\sqrt{2}}{2} = 0,707$$

$$p = 0,707 a \quad a = 1,41 p$$

A este mismo resultado se llega cuando queremos que la superficie de aireación sea máxima o lo que es lo mismo la suma de los lados:

$$A'D'' + A'D' = B''C'' + B'C' = y$$

$$y = a \operatorname{sen} \alpha + a \operatorname{cos} \alpha$$

$$y' = a(\operatorname{cos} \alpha - \operatorname{sen} \alpha) = 0$$

$$\operatorname{tg} \alpha = 1$$

$$\alpha = 45^\circ$$

Con respecto al punto de equilibrio inestable partiendo -
del gráfico:

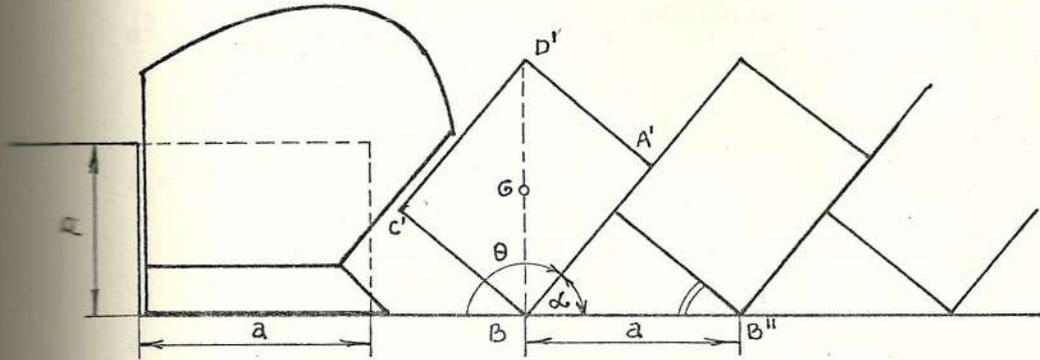


FIGURA N° 3.3. VOLTEO DEL PRISMA DE TIERRA

De la semejanza de los triángulos B'A'D' deducimos:

$$\frac{a}{\sqrt{a^2 + p^2}} = \frac{p}{a}$$

$$a^2 = p \sqrt{a^2 + p^2}$$

$$a^4 = a^2 p^2 + p^4$$

$$a^4 - p^2 a^2 - p^4 = 0$$

$$\left(\frac{a^2}{p^2}\right)^2 - \frac{a^2}{p^2} - 1 = 0$$

$$\frac{a^2}{p} = \frac{1 + \sqrt{1+4}}{2}$$

$$a^2 = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} p^2$$

$$a = p \sqrt{\frac{1 + \sqrt{5}}{2}}$$

$$a = 1.27 p$$

En general $a = 2 p$; los valores de "e" varían de 1.27 a 2.

El uso más frecuente de e es:

$$e = 1.3 - 1.77$$

Para nuestro caso usaremos la relación

$$a = 1.3 p \tag{4}$$

Generalmente la fórmula N° 4, debe cumplirse para lograr voltear la tierra, quedando determinada la profundidad de arado por $p = 0,77 a$

Estas formas teóricas, de los prismas de tierra, en realidad en la práctica se desmoronan al mismo tiempo que se forman quedando una apertura superior del surco A (m) medida desde el borde de la pared del surco y a la misma altura del suelo hasta el montón de tierra y una zona libre de la solera del surco S (m). Se forma además un caballón previo, provocado por la misma apertura del surco.

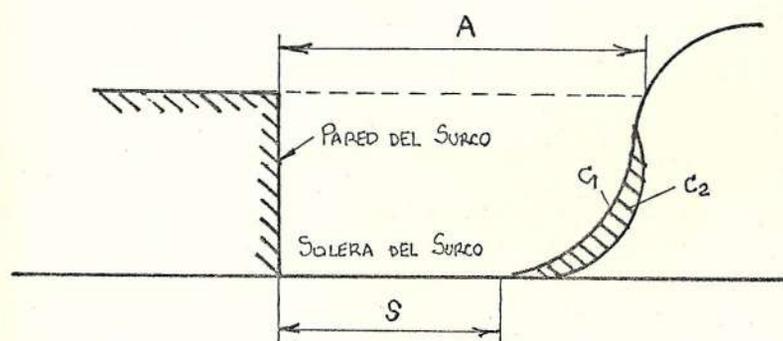


FIGURA N° 3.4. GRAFICO DEL SURCO QUE SE OBTIENE CON EL ARADO DE VERTEDERA.

Existe distinción de la forma de trabajo de los arados fijos y reversibles, con los arados fijos (tanto de vertederas como de discos) se divide la parcela que se va a arar en melgas, labrando de tal manera que el arado vaya por un

lado de la melga y vuelva por el otro.

El tipo de labor debe ser planificado para evitar que se produzcan surcos innecesarios o acumulación, lo que perjudicaría la labor posterior de siembre.

La profundidad de labor para terrenos arroceros está en alrededor de 15 centímetros; con este valor y partiendo de la fórmula N^o 4, obtenemos que $a = 0.195$ m.

3.2. DISEÑO Y CALCULO DE LOS ELEMENTOS DE UN ARADO DE VERTEDERA

Los elementos fundamentales los cuales constituyen el arado son los órganos de trabajo y el bastidor que los soporta.

La cama o bastidor del arado es la parte a la cual se sujetan los órganos de trabajo. Tiene en la mayoría de los casos forma de J girada 90° a la izquierda en el caso de arados de una sola vertedera.

Los órganos de trabajo son:

1. Dental o cuerpo del arado, que el soporte de los de más útiles.

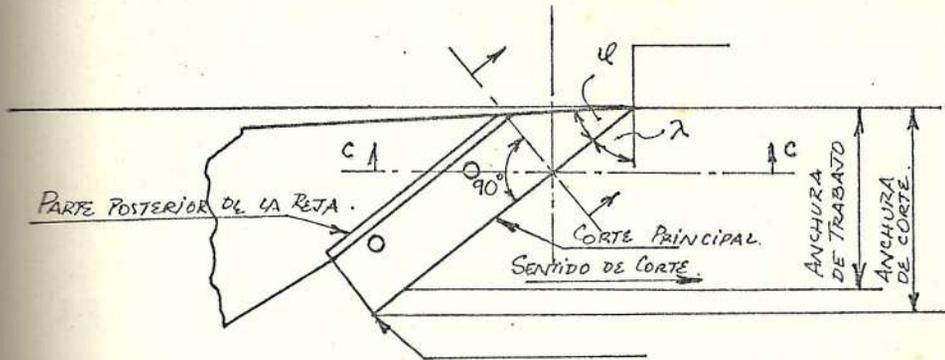
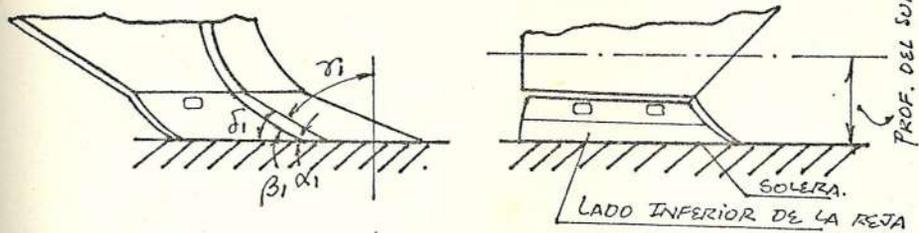
2. Reja que es la que realiza el corte horizontal del prisma de tierra (solera). El extremo anterior se denomina punta, que en algunos casos está formada por una pieza independiente llamada formón y el posterior o ala.
3. Vertedera que es una chapa ondulada que verifica el volteo del prisma de tierra. Moderadamente suelen ser tres capas de material que posee distintas propiedades o tratamientos con el fin de impedir el desgaste producido por la fricción en el proceso de labranza.
4. Resguardador que consiste en una platina lateral encargada exclusivamente a absorber los esfuerzos laterales.
5. Talón que es el extremo del resguardador que apoya en el canto formado por la pared y la solera del surco.

La nomenclatura para el diseño de los elementos del arado nos hace distinguir los siguientes términos:

- a. Línea directrices la que une la punta de la reja con el punto extra o del talón, correspondiendo a la intersección de la solera y la pared del surco.

- b. Anchura de corte es la distancia entre el extremo posterior de la reja y la línea diretriz. En general, se sigue empleando y su denominación está en pulgadas. (12", 14", etc.).
- c. Profundidad de trabajo es la diferencia de altura entre la superficie del suelo sin labrar y la solera. También se denomina profundidad del surco.
- d. Sección de trabajo es la sección rectangular formada por la anchura y la profundidad de trabajo.
- e. Succión vertical es la mayor distancia entre el horde inferior del resguardador y la solera del surco.
- f. Succión lateral es la mayor distancia entre el borde inferior del resguardador y la solera del surco.
- g. Ángulo libre α_1 es el ángulo entre el lado inferior de la reja y la solera del surco.
- h. Ángulo del filo β_1 es el ángulo entre el lado inferior y la cara de trabajo de ésta.
- i. Ángulo de corte δ_1 que es el ángulo de corte entre la ca

SECCION C-C.



SECCION D-D.

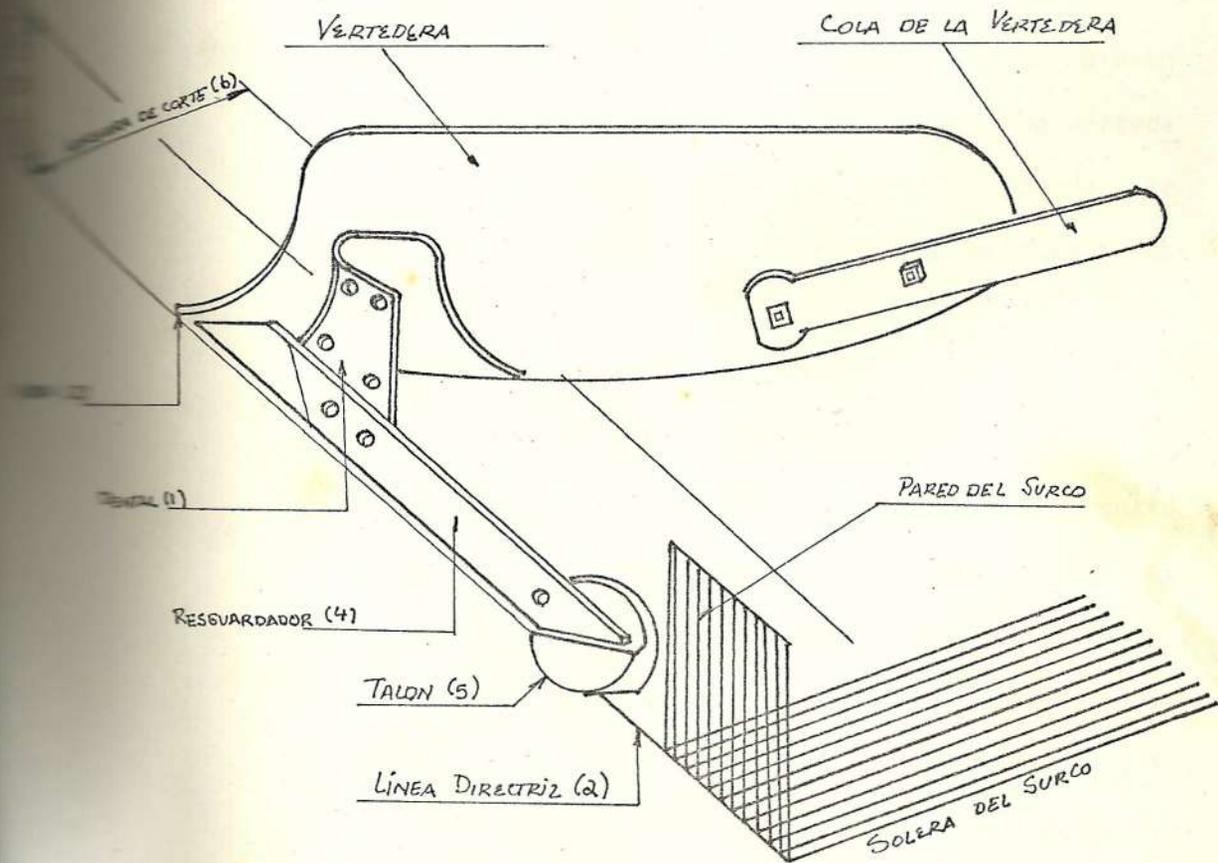
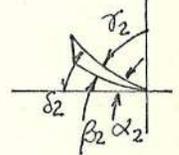


FIGURA Nº 3.5. TERMINOLOGIA DEL ARADO DE VERTEDERA

ra de trabajo de la reja y la solera del surco.

(γ_1 el ángulo complementario de δ_1).

j. Angulo de la reja φ es el ángulo entre el corte principal de la reja y la línea diretriz.

k. Angulo de inclinación λ es el complementario de φ .

3.2.1. Determinación de alternativas de diseño

Las alternativas técnicas que debemos tener presente, en cuanto a los elementos del arado de vertedera, son las variables que nos dá el tipo de terreno, la profundidad de labor y la anchura de labor.

Dos variantes importantes son la succión y la inclinación. La succión es la luz que existe entre la punta de la reja y el extremo del talón, esta distancia fluctúa entre valores de 3 a 10 mm., La inclinación es la luz que debe inclinarse la punta de la reja en la unión de la reja y el talón, este valor está comprendido entre valores de 9 a 13 mm.

Para nuestro caso en particular se analiza también los sistemas niveladores para el cuerpo del arado. Entre estos sistemas uno de los más sencillos es el nivelador de tornillo, el cual también es muy usado en maquinaria liviana. Más adelante se indicarán los cálculos correspondientes a dicho sistema.

Los suelos varían desde arcillas pesadas a suelos ligeros como la arena. Las condiciones físicas del suelo también pueden variar, desde un suelo suelto con una estructura bien granular a un suelo duro bien compactado. La humedad también varía. Ningún arado está diseñado de tal manera que pueda realizar un trabajo satisfactorio bajo cualquier conjunto de condiciones que se puedan presentar.

Cientos de cuerpos de arados de diferentes formas y diseños han sido construídos con el propósito de que se desempeñen mejor bajo condiciones específicas de aradura. Sin embargo, estos pueden ser clasificados en cinco grupos principales: rastrojero , de uso general, de alta velocidad de rejilla y pa

ra suelos compactados.

Los cuerpos rastrojeros son cortos, altos y tienen una curvatura pronunciada, producen una inversión más rápida del prisma de tierra, un mejor desmenuzamiento y es utilizado en suelos pegajoso y arcillosos.

El cuerpo de arado de uso general tiene una vertedera más larga con menos curvatura que la del cuerpo rastrojero, lo cual hace una inversión del prisma de tierra de una manera moderada, también puede ser utilizado en suelos arcillosos, pero se recomienda en suelos pesados.

La vertedera para altas velocidades tiene una curvatura poco menor que la vertedera de uso general, ocasionando una menor acción de volteo y por esto, una operación a mayor velocidad sin arrojar el suelo demasiado lejos.

La vertedera de tipo rejilla está formada por listones de metal asemejándose a una rejilla. Esto hace que la presión del suelo sobre las partes que quedan de la vertedera aumente, lo que ayuda a limpiarla en suelos arcillosos o pegajosos.

En general las formas de las vertederas varían desde la forma corta con una superficie fuertemente curvada - con una acción severa de torsión y desmenuzamiento, a la vertedera larga con una curvatura gradual que invierte el prisma de tierra con poco desmenuzamiento.

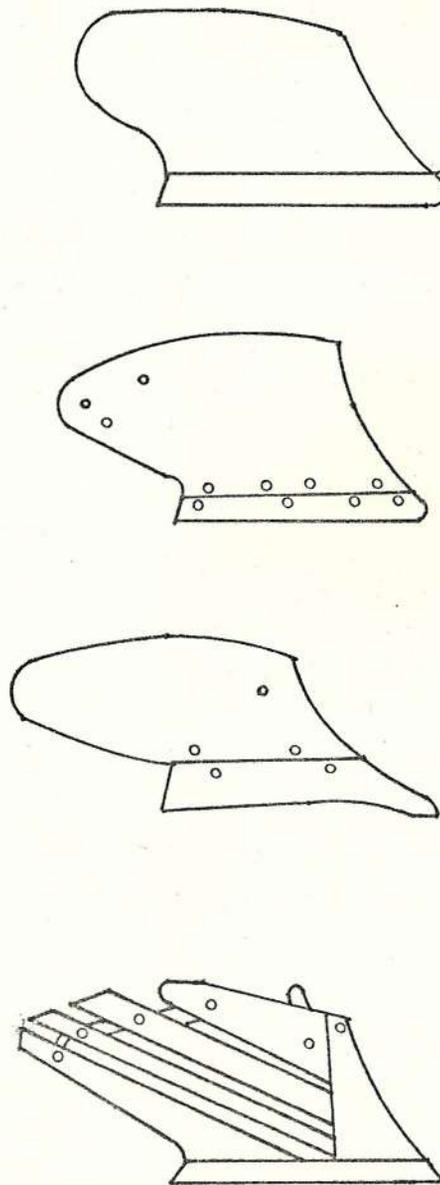


FIGURA N°3.6. TIPOS DE VERTEDERA UTILIZADOS PARA LOS DIVERSOS TIPOS DE TERRENOS.

La reja es la que realiza la labor de elevación y giro del prisma de tierra, que luego se completará en la vertedera. Este elemento se construye de diversas formas, de acuerdo a las distintas condiciones de arado, entre las principales tenemos:

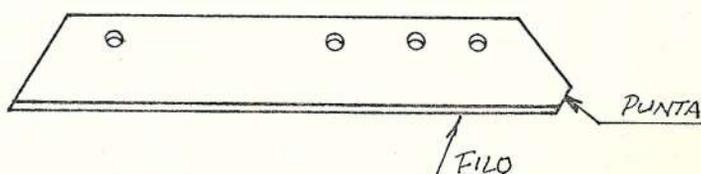


FIGURA N° 3.7. REJA DE CORTE COMPLETO

Reja de corte completo: Es utilizado para vertedera de alta velocidad, y tipo de rejilla. Proporciona un corte más completo en suelos con abundantes raíces.

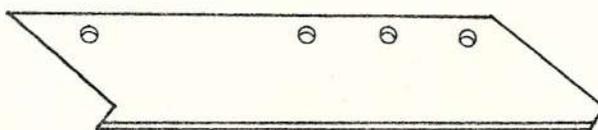


FIGURA N° 3.8. REJA DE CORTE ANGOSTO.

Reja de corte angosto: Este tipo penetra mejor y con menos fuerza de tiro que la anterior en suelos libres de raíces.

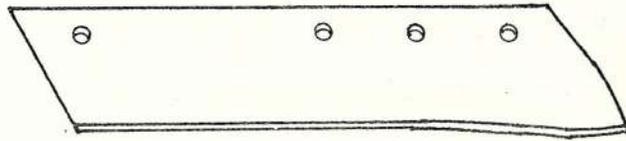


FIGURA N° 3.9. REJA DE ALTA SUCCION

Reja de alta succión: Es utilizada para suelos duros, rocosos y abrasivos. Puede ser de corte completo o corte angosto.

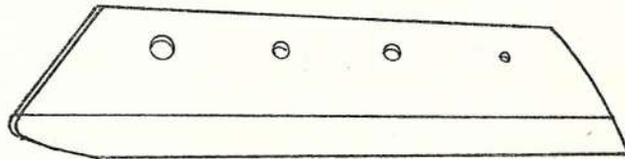


FIGURA N° 3.10. REJA CON ENDURECIMIENTO SUPERFICIAL

Reja con endurecimiento superficial: recomendada en suelos abrasivos donde las rejas normales se desgastan rápidamente.

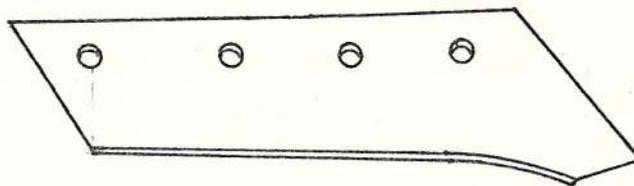


FIGURA N° 3.11. REJA DE HIERRO FUNDIDO TEMPLADO

Para el diseño de arados es importante hacer consideraciones de la relación suelos y fuerzas requeridas. Para lograr este objetivo de demandar una mínima fuerza de tiro del elemento motriz.

Diversos constructores de arados usan el material adecuado para las condiciones en que el arado trabaja, dichos materiales son: acero triplex, acero forjado y hierro fundido.

Los aceros triplex poseen dos capas superficiales de alto contenido de carbono, mientras que la del centro posee bajo contenido de carbono. Puede ser comparable a un acero de bajo contenido de carbono con tratamiento térmico de cementación.

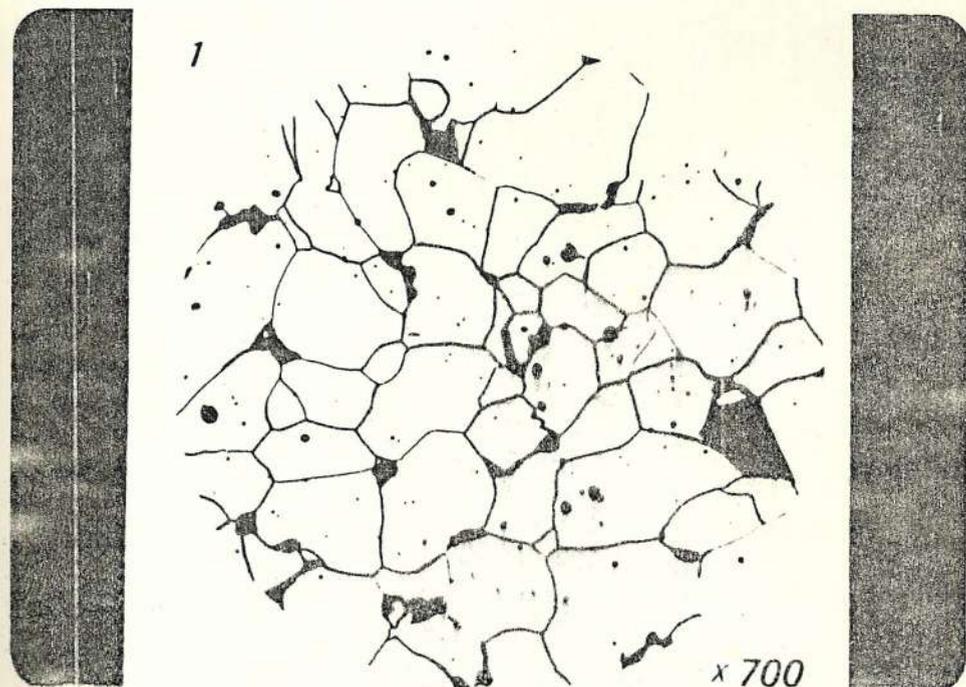


FOTO N^o 3.1. ACERO DE BAJO % C (0.15 - 0.18)

Los aceros forjados poseen un sólo material sin capa dura y blanda. Este tipo de acero tiene un contenido de

carbono de 0.45 % C aproximadamente y se usan en suelos no demasiado pegajoso y donde se requiera buena resistencia - al impacto por presencia de obstáculos.

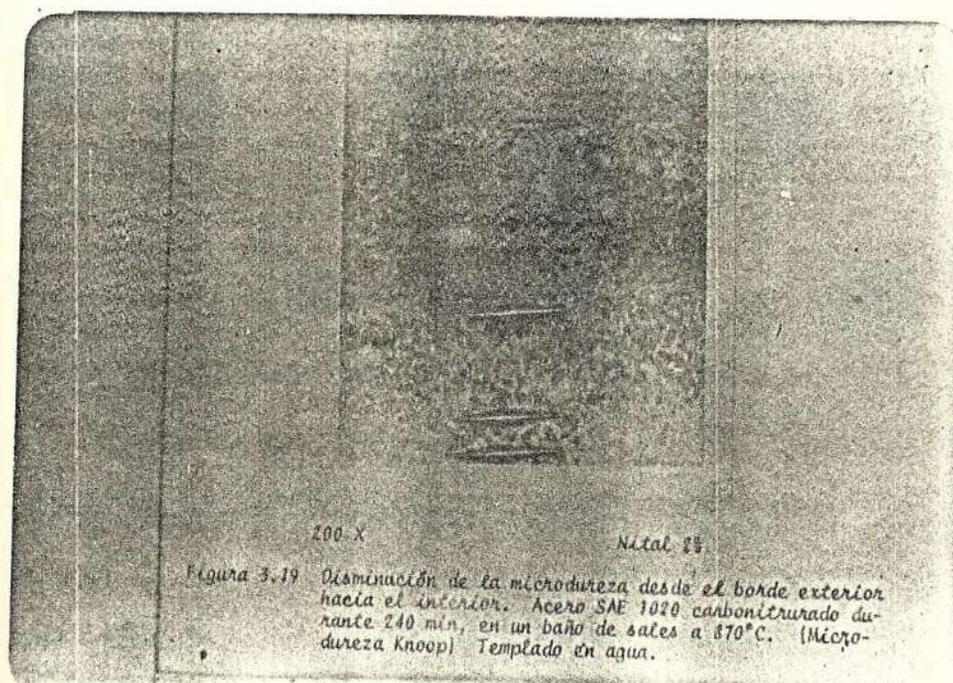


FOTO N° 3.2. SAE 1020 CARBONITRURADO

El hierro fundido es usado en suelos demasiado abrasivos tales como arena y suelos gravoso, los cuerpos de hierro fundido se comportarán mejor que el acero y son más económicos. Este tipo no se usa en suelos rocosos - donde puedan chocar con rocas grandes y quebrarse.

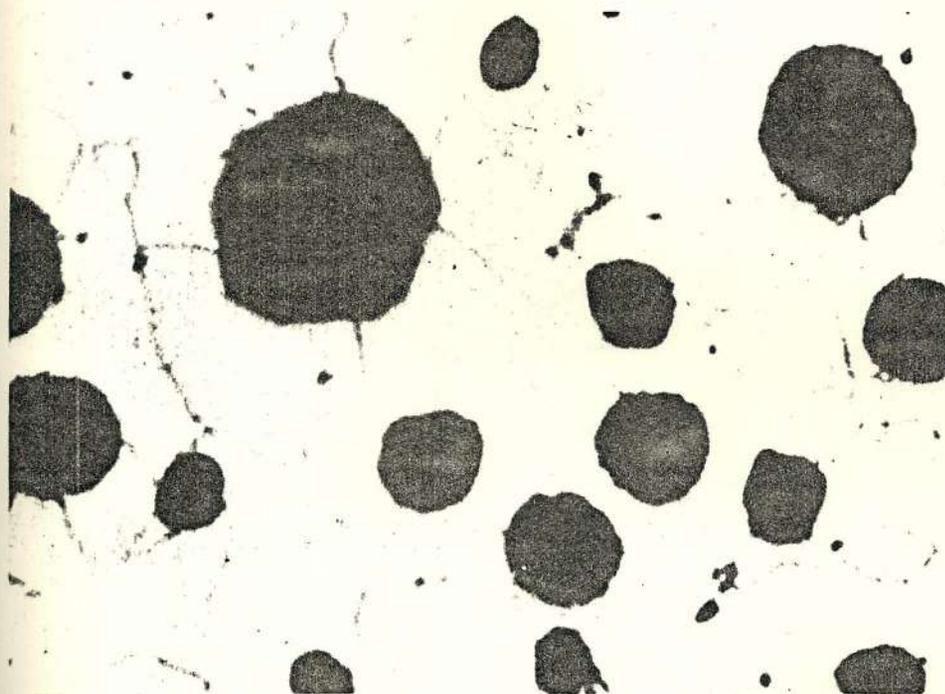


FOTO N° 3.3. FUNDICION GRIS NODULAR

3.2.2. Fijación de alternativas de diseño

La vertedera se puede considerar como una cuña en forma de triedro en dos planos - horizontal y vertical; perpendicular entre sí y una superficie curva formada por la reja y la vertedera.

Para hallar el ángulo mínimo de corte para vencer la resistencia debida al rozamiento con el suelo y elevar el prisma de tierra sobre un plano inclinado debemos considerar el trabajo de la vertedera. más rápida del prisma de tierra, un mejor desmenuzamiento y es

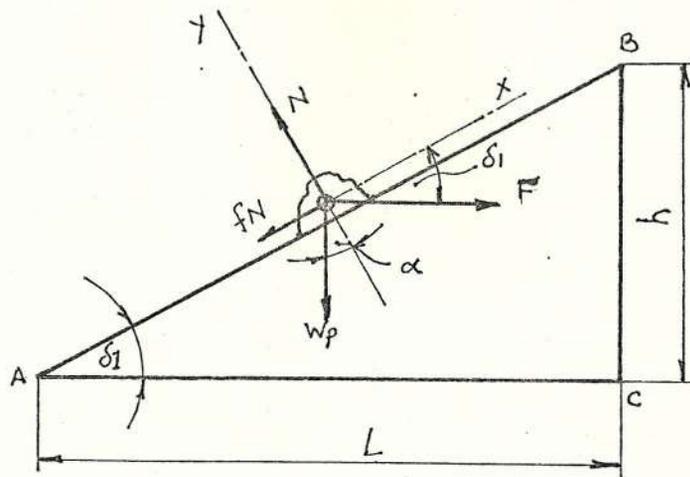


FIGURA N^o 3.12. FUERZAS QUE ACTUAN SOBRE UNA PARTICULA DE SUELO QUE SE MUEVE SOBRE LA VEREDERA.

h = altura de la vertera

L = longitud de la verterera

F = fuerza de empuje del suelo dirigida horizontalmente.

W_p = peso de una partícula de tierra elemental - con las mismas características mecánicas que el total de la banda cortada.

ϕ_1 = ángulo de fricción entre el suelo y metal

δ_1 = ángulo de corte

$$f = \text{tg } \phi_1$$

$$F_x = 0$$

$$F \cos \delta_1 = W_p \sin \delta_1 - fN = 0$$

$$F_y = 0$$

$$N - F \sin \delta_1 - P \cos \delta_1 = 0$$

Así:

$$F = W_p \text{ tang}(\phi_1 + \delta_1)$$

El trabajo necesario para mover la partícula en el recorrido AB será:

$$T_r = F \cdot L \tag{5}$$

$$l = \frac{h}{\text{tg} \delta_1}$$

$$T_r = h \times W_p \frac{(\text{tg}(\phi_1 + \delta_1))}{\text{tg} \delta_1}$$

Para obtener el ángulo de corte con un trabajo mínimo derivamos la expresión anterior con respecto a δ_1 e igualando a cero:

$$\frac{dTr}{d\delta_1} = h \cdot P \frac{1}{\cos^2(\theta_1 + \delta_1)} \cdot \operatorname{tg} \theta_1 - \frac{1}{\cos^2 \delta_1} \cdot \operatorname{tg}(\delta_1 + \theta_1) \cdot \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \delta_1}$$

$$\left(\frac{\operatorname{tg} \delta_1}{\cos^2(\delta_1 + \theta_1)} \right) = \left(\frac{\operatorname{tg}(\delta_1 + \theta_1)}{\cos^2 \delta_1} \right)$$

$$\operatorname{sen} \delta_1 \cos \delta_1 = \operatorname{sen}(\delta_1 + \theta_1) \cos(\delta_1 + \theta_1)$$

$$\operatorname{sen} 2\delta_1 = \operatorname{sen} 2(\delta_1 + \theta_1)$$

$$2(\delta_1 + \theta_1) = \pi - 2\delta_1$$

$$\delta_1 = \frac{\pi}{4} - \frac{\theta_1}{2}$$

Teniendo presente el θ_1 para terreno arcilloso tiene un valor de 30° en condiciones extremas, el valor del ángulo de corte será:

$$\delta_1 = 45^\circ - 15 = 30.0^\circ$$

$$\delta_1 = 30.0^\circ$$

Generalmente el valor fluctúa entre 10 a 30° dependiendo

do de la velocidad de avance de la maquinaria.

En base al desarrollo del cuerpo del arado y sabiendo la trayectoria del centro de gravedad del prisma de tierra con un ángulo de volteo óptimo, podemos calcular la longitud de la trayectoria en función de la velocidad con que queremos realizar la labor.

La longitud de la trayectoria del centro de gravedad de la sección ABCB de la figura es:

$$l_t = GG' + G'G'' = \frac{2\pi r \cdot 135^\circ}{360^\circ} = 2,36 r$$

$$l_t = 2.36r$$

(6)

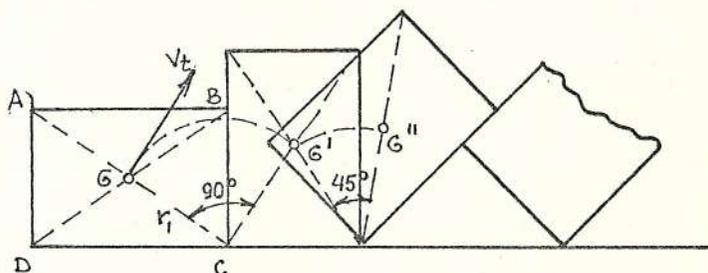


FIGURA Nº 3.13. TRAYECTORIA DEL CENTRO DE GRAVEDAD DEL PRISMA DE TIERRA.

Con esto la velocidad tangencial está dada:

$$V_t = \frac{lt}{t}$$

Donde esta velocidad permanece constante y es la adecuada para desmenuzar la tierra, considerándose tal tiempo que tarda el centroide en recorrer la trayectoria.

Si por otra parte sabemos que la velocidad del arado V , en relación con la longitud del cuerpo total y del tiempo t es:

$$V = \frac{LT \cdot V_t}{lt} \quad (7)$$

Sabiendo que la longitud del cuerpo total está dada por:

$$LT = 3.6 a \quad (8)$$

Podemos sacar una constante C la cual va a depender de la velocidad de laboreo y de la longitud del cuerpo del arado, esto es:

$$C = \frac{V}{LT} \quad (9)$$

Teniendo presente que la velocidad de laboreo en un motocultivador está alrededor de 0.1388 m/seg., o sea 0.5 Km/h tendríamos:

$$c = \frac{0.1388 \text{ m/seg}}{3.6(0.195 \text{ m})} = 0.1977 \text{ seg}^{-1}$$

Con la fórmula 9 tenemos:

$$V_t = c \cdot l_t$$

$$V_t = 0.1977 \text{ seg}^{-1} \cdot 2.36(0.246 \text{ m}) =$$

$$V_t = 0.1147 \text{ m/seg.}$$

lo que significa que el tiempo con que se realiza el volteo del prisma de tierra está alrededor de 5.06 segundos.

3.2.2.1. LONGITUD DEL RESGUARDADOR:

El resguardador se toma de longitud $AB=LR$ siendo B el punto de unión entre la vertedera y la reja, y A está en la prolongación de la resultante horizontal R_h de las fuerzas que se ejercen sobre el arado.

Su expresión matemática resulta de acuerdo a la figura:

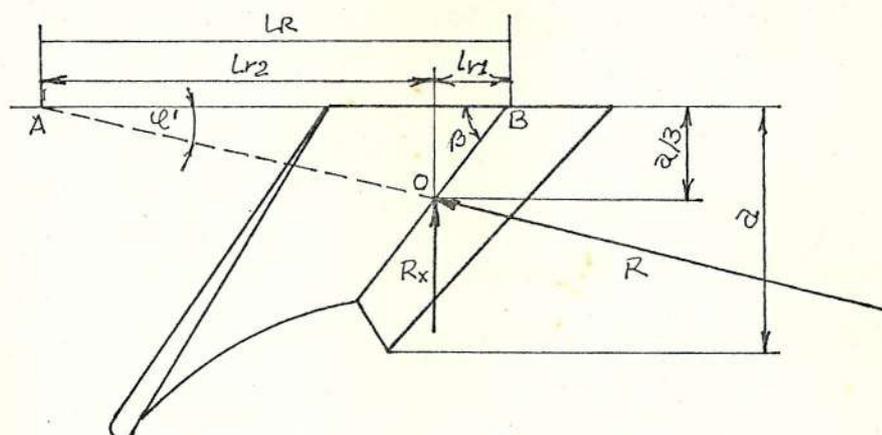


FIGURA N°3.14. LONGITUD DEL RESGUARDADOR

$$LR = Lr1 + Lr2 = \frac{a}{3} \left(\frac{1}{\operatorname{tg} \varphi'} + \frac{1}{\operatorname{tg} \beta} \right)$$

$$LR = \frac{a}{3} \left(\frac{1}{\operatorname{tg} \varphi'} + \frac{1}{\operatorname{tg} \beta} \right)$$

Teniendo presente que el φ' para suelos arcillosos es de 15° y el ángulo de B ataque del arado de 45° ; y, aplicado la fórmula anterior (Ref.2).

$$LR = 0.3075 \text{ m}$$

3.2.2.2. ALTURA DE LA VERTEDERA:

La altura de la vertedera necesaria para el volteo

por regla general podría tomarse como:

$$H_{\max} = \sqrt{a^2 + p^2} \quad (10)$$

Esta altura para grandes profundidades y anchos de trabajo es más pequeña que el valor indicado en la fórmula anterior, generalmente se acepta que cuanto mayor sea la velocidad, H_{\max} debe ser mayor, para que la tierra no salga despedida por encima de la vertedera.

En base a la fórmula 10, en nuestro caso particular obtenemos:

$$H_{\max} = \sqrt{(0.195)^2 + (0.15)^2}$$

$$H_{\max} = 0.246 \text{ m.}$$

3.2.2.3. EXPRESION ANALITICA DE LAS SUPERFICIES DE LA VERTEDERA:

La trayectoria que describe la partícula de tierra en la vertedera es de una hélice esto demuestra partiendo inicialmente de la forma de la ecuación de la superficie cilíndrica de la vertedera.

$$\vec{r}(u,v) = \vec{f}(u) + \lambda \vec{a} \quad (11)$$

Siendo $\vec{f}(u)$ la curva directriz y \vec{a} el vector unitario de la recta generatriz.

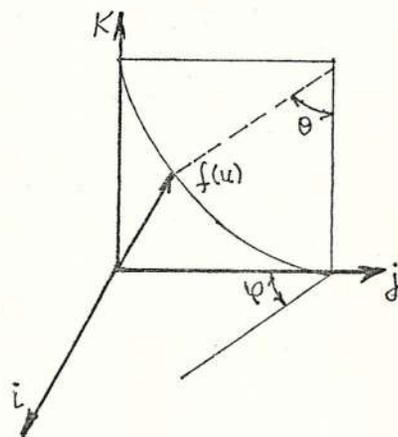
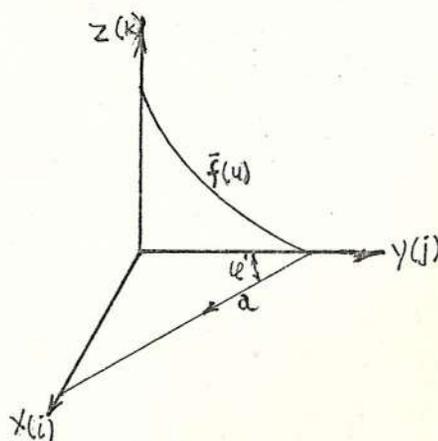


FIGURA N° 3.15. CURVA DIRECTRIZ

Si $\vec{f}(u)$ es una circunsferencia:

$$\vec{f}(u) = (R-R\text{sen } \theta)\mathbf{j} + (R-R\text{cos}\theta)\mathbf{k}$$

Si la sección recta de la vertedera es ci
lindrica:

$$f(u) = \begin{cases} x = (R-R\text{sen}\theta) * \text{cos } \varphi \\ y = (R-R\text{sen}\theta) * \text{sen } \varphi \\ z = (R-R\text{cos}\theta) \end{cases}$$

y el vector unitario de dirección:

$$\vec{a} = \begin{cases} \text{sen } \varphi \\ -\text{cos } \varphi \\ 0 \end{cases}$$

La expresión del vector de posición será:

$$\vec{r}(\theta, \lambda) = \{R(1-\text{sen}\theta) \text{cos}\varphi + \lambda \text{sen}\varphi\} \vec{i} +$$

$$\{R(1-\text{sen}\theta) \text{sen}\varphi - \lambda \text{cos}\varphi\} \vec{j} + R \{1 - \text{cos}\theta\} \vec{k}$$

En suelos de consistencia media el ángulo -

vertical de corte no es tan empinado y el de ataque de la reja es también algo más agudo.

Supongamos ahora que una partícula del terreno situado originalmente en P_0 y que al desplazarse sobre la vertedera describe una trayectoria P_0P cuya ecuación vamos a expresar referida al sistema de ejes del arado.

El triángulo AP_0C , originariamente apoyado en el plano OXY , lo encontramos ahora en la posición APC , apoyado en la superficie cilíndrica.

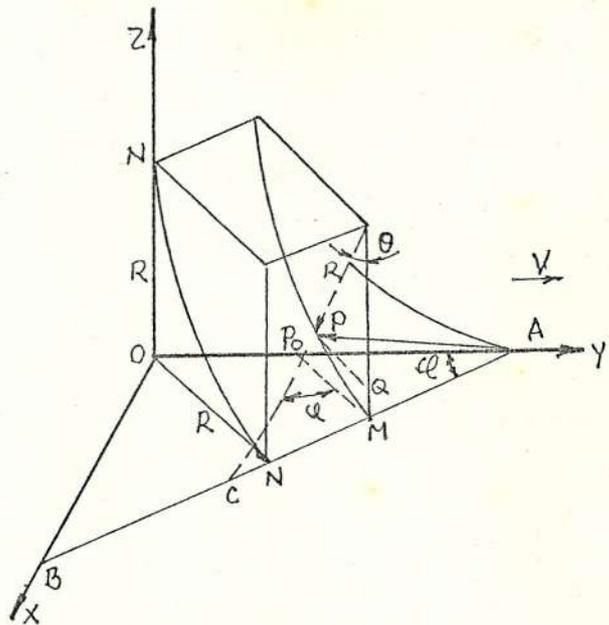


FIGURA N° 3.16. TRAYECTORIA DE LA PARTICULA EN LA VERTEDERA.

Las coordenadas del punto P serán:

$$X = PoH \cos \varphi = (PoM - PQ) \cos \varphi$$

$$APo = Vt$$

$$PoM = Vt \sin \varphi$$

$$PQ = R \sin \theta$$

$$RQ = Vt \sin \varphi$$

$$\} X = \left\{ Vt \sin \varphi - R \sin \left(\frac{Vt \sin \varphi}{R} \right) \right\} \cos \varphi$$

$$Y = 0Po + PoH \sin \varphi = 0A - Vt + \left\{ Vt \sin \varphi - R \sin \left(\frac{Vt \sin \varphi}{R} \right) \right\} \sin \varphi$$

$$Z = PH = R = R \cos \theta = R \left\{ 1 - \cos \left(\frac{Vt \sin \varphi}{R} \right) \right\}$$

Esta ecuación de la partícula P sobre la -
vertedera cilíndrica es la de una hélice, ya
que se transforma en una línea recta al
desarrollar el cilindro sobre un plano.

Podemos ver, además que cumple la condición
de la que la tangente a la hélice forma -
un ángulo constante con el eje del cilindro, de
rivando:

$$X' = V \sin \varphi \cos \varphi \left\{ 1 - \cos \left(\frac{Vt \sin \varphi}{R} \right) \right\}$$

$$Y' = -V \left\{ \cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi \cos \left(\frac{Vt \sin \varphi}{R} \right) \right\}$$

$$Z' = V \sin \varphi \sin \left(\frac{Vt \sin \varphi}{R} \right)$$

con esto:

$$x = \sin \varphi$$

DIRECCION AB y $= -\cos \varphi$

$$z = 0$$

$$\vec{V} \cdot \vec{AB} = V \sin^2 \varphi \cos \varphi \left\{ 1 - \cos \left(\frac{Vt \sin \varphi}{R} \right) \right\} + V \cos \varphi$$

$$\cdot \left\{ \cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi \cos \left(\frac{Vt \sin \varphi}{R} \right) \right\} =$$

$$= V \cos \left\{ 1 - \sin^2 \varphi \cos \left(\frac{Vt \sin \varphi}{R} \right) + \sin^2 \varphi \cos \left(\frac{Vt \sin \varphi}{R} \right) \right\}$$

$$= V \cos \varphi$$

$$\vec{V} \cdot \vec{AB} = V \cos \varphi \text{ (cte)}$$

3.2.2.4. DISEÑO DE LA SUPERFICIE DE LA VERTEDERA:

La vertedera corta y desmenuza el prisma del

suelo cortado por la reja. La mayor parte del desmenuzamiento se produce en el primer tramo de la vertedera. La acción de rotación del prisma de tierra se produce casi totalmente en la parte superior de la vertedera, en esta zona el prisma de tierra recibe el empuje final que lo arroja hacia el surco abierto anteriormente: la distancia a que es arrojado depende de la velocidad de avance y de la curvatura de la vertedera.

La curvatura de la vertedera está relacionada con la ecuación siguiente y depende del tipo de suelo.

$$X^2 + Y^2 = R^2$$

Ecuación generalmente considerada para vertederas utilizadas en suelos arcillosos.

Para nuestro caso en particular se ha determinado un tipo de superficie de la vertedera especial, la cual se sacó por pruebas de laboratorio. Dicha curvatura mediante un programa de regresión múltiple (Apéndice A), tiene la

siguiente ecuación:

$$Y=14.82+0.04378X+0.0521X^2-0.00335X^3+0.0000805X^4$$

La cual corresponde a un polinomio de 4to. grado.

3.2.3. Cálculos de los elementos de un arado de vertedera

Uno de los principales factores a considerar para el diseño de las partes del arado, es la resistencia - que opone el suelo al movimiento del arado y depende de varios factores que son:

- El tipo de suelo que trabajamos
- El estado del suelo en cuanto a su humedad
- De la profundidad de labor
- De la relación anchura y profundidad
- De la velocidad de avance del arado
- De la forma del arado
- Del estado que se encuentra el cuerpo del arado
- Del enganche del tractor

En el capítulo de Mecánica de suelos vimos la influencia de la humedad sobre las propiedades físicas de los suelos, en

cuanto a su resistencia al corte.

Cuando se experimente variaciones en la velocidad de avance del arado, existe a su vez fluctuaciones en los valores de las fuerzas del arado.

Según Gorjatschkin la fórmula que da la resistencia de un arado en función de la velocidad de avance es:

$$F_1 = W_1 \cdot f + Moap + 1' a p v^2 \quad (12)$$

Ref, 2

Donde:

Mo = resistencia específica del terreno N/cm^2 , a una velocidad muy lenta.

a = anchura de trabajo en cm.

p = profundidad de trabajo en cm

$1'$ = coeficiente en $N \cdot s^2/cm^2 \cdot m^3$

v = velocidad en m/s

Valores medios están considerados en las siguientes tablas:

Suelo	$1'$	
Suelos medios	$3 \cdot 10^{-3}$	$(N \cdot s^2/cm^2 \cdot m^2)$
Suelos ligeros	$4 \cdot 10^{-3}$	$(N \cdot s^2/cm^2 \cdot m^2)$
Suelos fuertes	$5 \cdot 10^{-3}$	$(N \cdot s^2/cm^2 \cdot m^2)$

TABLA 3.1.
VALORES MEDIOS DE LA CONSTANTE $1'$

TABLA N°3.2.

VALORES MEDIOS DE RESISTENCIA ESPECIFICA DEL TERRENO, CON
RESPECTO AL TIPO DE SUELO

suelo	Mo (N/cm ²)
Ligero	4
Medio	6
pesado	8

Asheley y Gloves, mediante estudios realizados en Ohio, indican un incremento de la tracción de 1.5 N/cm^2 de tierra para un incremento de velocidad de 1 m/seg.

En el caso más general tenemos actuando sobre el cuerpo del arado, la resultante de todas las fuerzas R , aplicadas en un punto G y un momento resultante respecto a ese punto. Si a la resultante R y al momento resultante M los descomponemos de acuerdo a ejes X , Y y Z tendremos resultantes antes de las debidas coordenadas R_x , R_y , R_z , sobre el cuerpo y M_x , M_y , M_z , que nos definen la acción de las fuerzas sobre el cuerpo del arado y su movimiento a través del suelo.

Donde R es la fuerza o resistencia que opone el suelo al movimiento del arado, S es la fuerza del talón, Z la fuerza de tiro, W_p el peso del arado y Q a la fuerza de fricción.

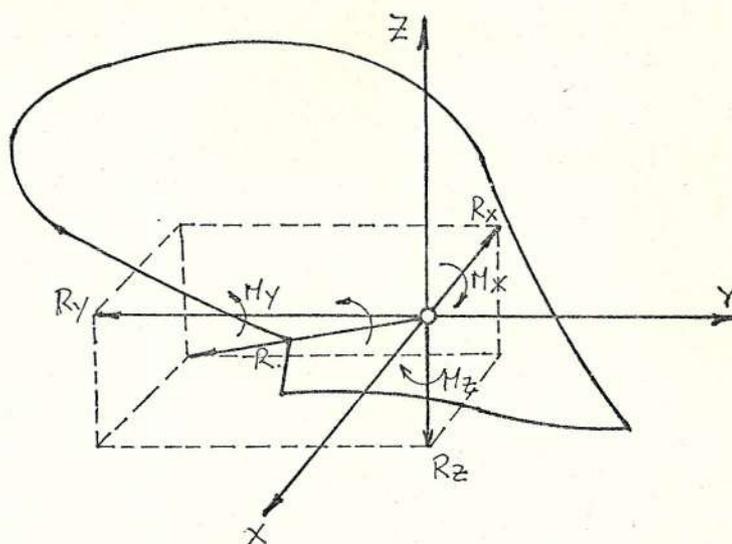


FIGURA N° 3.17. FUERZAS EN UN ARADO

Para condiciones de diseño lo importante sería calcular la resistencia que opone el suelo al movimiento del arado o la fuerza de tiro, y con esta fuerza proceder a diseñar la estructura soporte de los elementos del arado.

De la fórmula 12, considerando las variaciones de los términos con respecto a la humedad que se dan en las tablas, obtenemos:

- La resistencia varía con la humedad. (El intervalo en el cual la resistencia específica es mínima, se dice que hay tempero).

- La velocidad máxima a considerarse es de 0.5 m/seg.
- La constante l' del terreno es $5 \cdot 10^{-3} \text{ N/cm}^2 \cdot \text{m}^2/\text{seg}^2$.
- La profundidad de trabajo es de 15 cm.

Consideramos un terreno que contiene un 14 % de humedad, por tanto, el valor de la resistencia específica para este caso es de 0.9 veces el valor máximo; en el Apéndice B, obtenemos:

$$M_o = 0.9 (8 \text{ N/cm}^2) = 7.2 \text{ N/cm}^2$$

Reemplazando los valores anteriormente descritos en la fórmula 12, obtenemos que:

$$L = F_1 = 2106.36 \text{ N}$$

Con este valor se procede a realizar el cálculo estructural del sistema de sujección de todos los elementos del arado.

3.2.3.1. FUERZAS DEL ARADO:

Las fuerzas que actúan en el arado de vertedera , considerando tres componentes están localizadas de

acuerdo al siguiente gráfico:

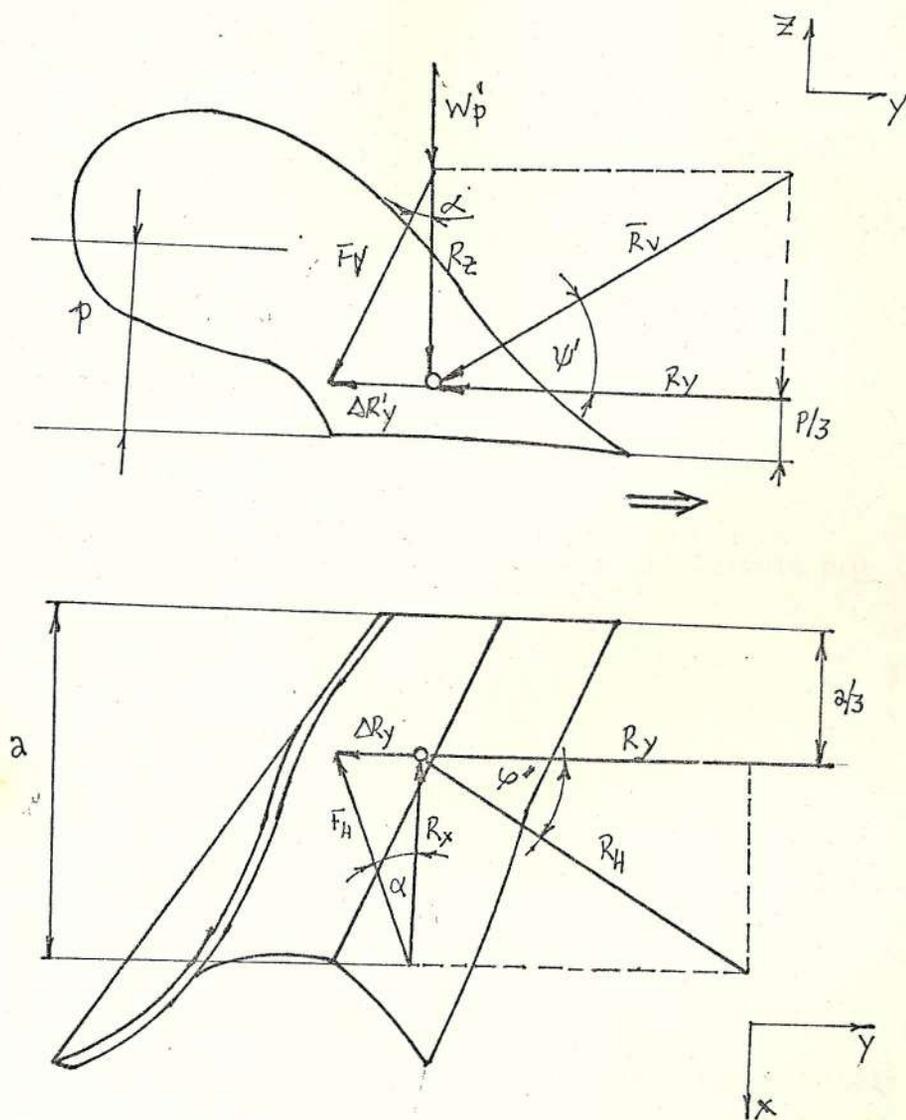


FIGURA N° 3.18. FUERZA DEL ARADO DE VERTEDERA

Donde:

Fuerza lateral:

$$R_x = R_h \sin \varphi'' = R_y \tan \varphi''$$

Fuerza vertical:

$$R_z = R_v \sin \varphi' = R_y \tan \psi$$

Componente longitudinal debido al rozamiento pro
vocado por R_x :

$$\Delta R_y = f R_x = f R_y \tan \varphi''$$

Componente longitudinal debido al rozamiento pro
vocado por R_z :

$$\Delta R_y' = f R_z = f R_y \tan \psi$$

$$\Delta R_y' = f R_y \tan \psi$$

Siendo φ'' el ángulo de posición de la resultante -
en el plano horizontal, con un valor tomado usual-
mente fluctuante entre 11 y 22°.

El ángulo de posición de la resultante en el plano
vertical es ψ' y tiene valores de 15° hasta 22° (Ref.2).

Reemplazando los valores medios $f = 0.45$; $\varphi'' = 14^\circ$

$$y \psi' = 18.5^\circ$$

Para terrenos arcillosos, obtenemos que:

La fuerza longitudinal total o la fuerza de tiro es:

$$L = R_y + \Delta R_y + \Delta R'_y = R_y + f R_y (\operatorname{tg}'' + \operatorname{tg}\psi) =$$

$$L = R_y (1 + f (\operatorname{tg}'' + \operatorname{tg}\psi'))$$

$$L = 1.27 R_y$$

La fuerza vertical total es:

$$V = R_z + \text{peso implemento} = R_y \operatorname{tg}\psi + W_{\text{imp}}$$

$$V = 0.25 R_y + W_{\text{imp}}$$

Donde:

$$W_{\text{imp}} = 40 \text{ lb.} = 178 \text{ N}$$

La fuerza de reacción lateral es:

$$L_x = R_x = R_y \operatorname{tg}'' = 0.3346 R_y$$

$$L_x = 0.3346 R_y$$

Reemplazando los valores tenemos que con respecto a la fuerza de tiro obtenemos:

$$L = 2106.36$$

$$R_y = 1658.55 \text{ N}$$

$$V = 414.63 \text{ N} + 178 \text{ N} = 592.63 \text{ N}$$

$$L_x = 554.95 \approx 555 \text{ N}$$

Con el valor de la reacción lateral verificamos que - la presión ejercida sobre la pared del surco sea inferior a 0.25 Bar o sea 0.025 N(Ref.2), sabiendo que el

área de la vertedera es de 34320 mm^2 (considerando - que está a 15 cm. de profundidad) tenemos que:

$$\text{Presión lateral} = \frac{Lx}{A_{\text{vert}}} = \frac{555 \text{ N}}{34320 \text{ mm}^2} =$$

$$= 0.016 \text{ n/mm}^2 < 0.025 \text{ N/mm}^2$$

Lo cual se encontraría dentro del rango establecido.

La presión sobre el talón siguiendo el procedimiento anterior:

$$\text{Presión talón} = 0.018 < 0.025 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Estando también sobre los rangos recomendados.

3.2.3.2. DISEÑO DEL SOPORTE DE VERTEDERA:

El soporte de la vertedera al lograr su posición de trabajo con el mecanismo de profundidad permanece en una posición constante y perpendicular a la superficie del suelo.

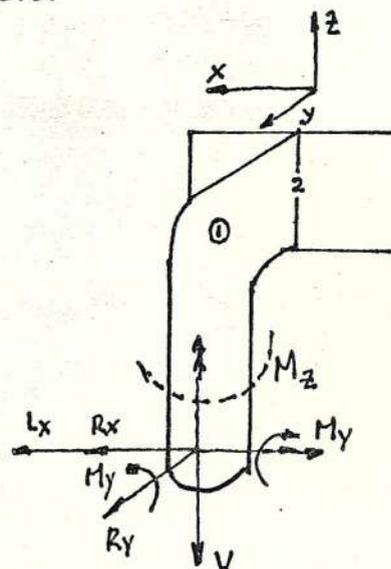


FIGURA N°3.19. FUERZAS QUE ACTUAN EN EL SOPORTE

Realizando el cálculo estructural del soporte con el trazado posterior de las fuerzas resultantes ejercidas por el prisma de tierra, tenemos la figura N° 3.19., de las fuerzas que actúan en el soporte.

Según la Ref.2, la acción de la fuerza resultante del suelo actúa a $1/3$ de la profundidad del prisma y a $1/3$ del ancho y tenemos lo siguiente:

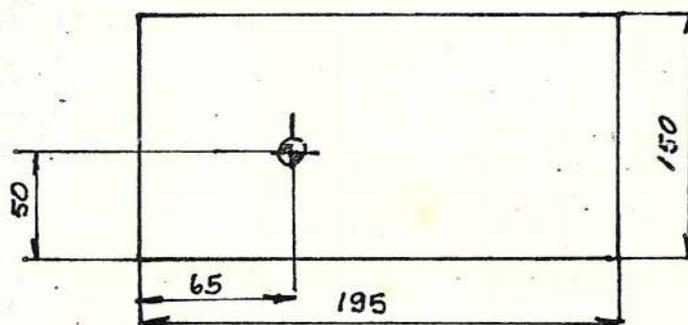


FIGURA N° 3.20. CENTRO DE ACCION DE LA RESULTANTE DE LAS FUERZAS DEL ARADO.

Sabiendo que:

$$L_x = 555 \text{ N}$$

$$V = 592.63 \text{ N}$$

$$R_y = 1658.55 \text{ N}$$

Donde:

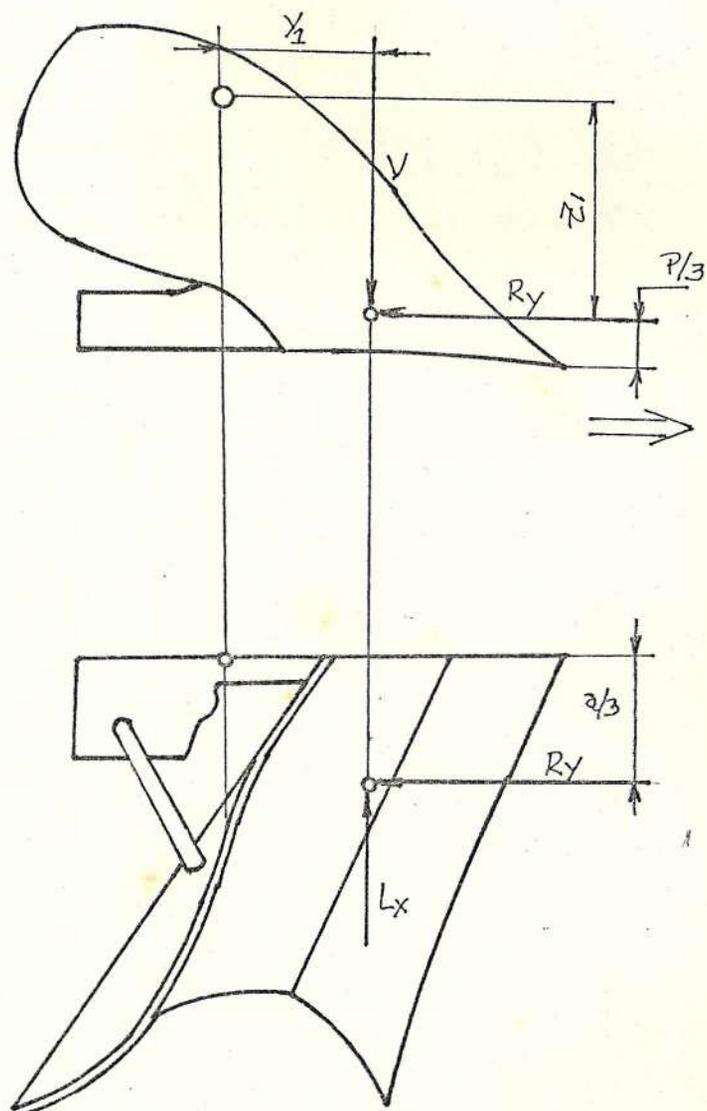


FIGURA N° 3.21. DISTANCIAS x_1, y_1, z_1 , de APLICACION DE LAS COMPONENTES DE LAS FUERZAS.

obtenemos :

$$M_x = (592.63)(0.23) + (1658.55)(0.303) =$$

$$M_x = 639,438 \text{ N-m}$$

$$M_y = -(555 \cdot (0.303) + 592.63 \cdot (0.05)) = 197.8 \text{ N-m}$$

$$M_z = -1658.55(0.05) + 555(0.231) = 45.2775$$

Considerando el punto 2 como el más crítico en la estructura del soporte, analizaremos diversas posiciones las cuales son: A, B y C.

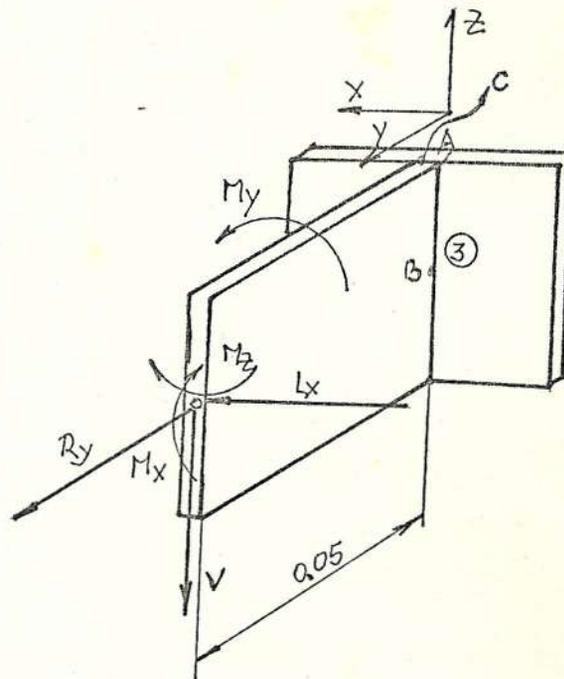


FIGURA N° 3.22. FUERZAS RESULTANTES EN EL PUNTO 1 DEL SOPORTE DEL ARADO.

Los esfuerzos en la sección donde se encuentran los puntos A, B y C son los siguientes:

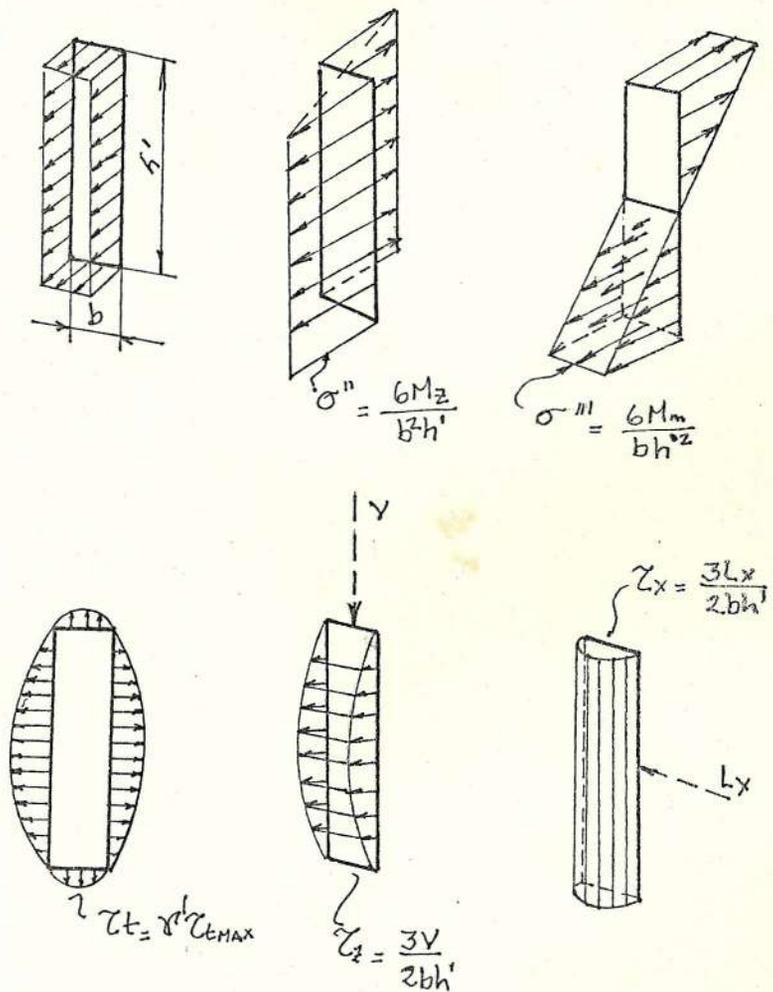


FIGURA N° 3.23. ESFUERZOS EN EL PUNTO 3 DEL SOPORTE DEL ARADO

En el vértice A tenemos:

$$M_{xr} = M_x - V(0.05) = 639.438 - 592.63(0.05) = 609.80 \text{ N-m.}$$

$$M_{yr} = M_y = 197.8 \text{ N-m}$$

$$M_{zr} = M_z + L_x(0.05) = 45.28 + 555(0.05) = 73.03 \text{ N-m}$$

$$\sigma_A = \frac{R_y}{bh} + \frac{6M_z}{b^2h} + \frac{6M_x}{bh^2}$$

En el punto B tenemos que:

$$\sigma_B = \frac{R_y}{bh} + \frac{6M_z}{b^2h}$$

$$\sigma_B = \frac{M_y}{Bbh^2} + \zeta_z = \frac{M_y}{Bb^3} + \frac{3V}{2bh}$$

Donde B es una constante utilizada en el caso de secciones no rectangulares.

En el punto C obtenemos que:

$$\sigma_C = \frac{R_y}{bh} + \frac{6M_x}{bh^2}$$

$$\sigma_C = \zeta_t + \zeta_x = \gamma' \zeta_{tmax} + \zeta_x = \zeta_{tmax} + \frac{3}{2} \frac{L_x}{bh}$$

Donde γ' es el coeficiente de deslizamiento al cortante en caso de secciones rectangulares (Ver referencia N° 9).

Considerando $b/h' = 10$, $b = 10 H'$ y asumiendo los espesores más comunes para la construcción tenemos:

b (mm)	h (mm)	Decisión de diseño
1.58	15.8	Descartada
6.35	63.5	falla
9.525	95.25	okey

Para los casos expuestos anteriormente, veamos los esfuerzos y el factor de seguridad. Primero consideremos un espesor de 6.35 mm., con una altura de 63.5. Reemplazando los valores en A, B y C, obtenemos:

$$\sigma_A = 318.14 * 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\zeta_A = 0$$

Por el círculo de MOHR

$$\sigma_B = 147.00 * 10^6 \quad \sigma_B' = \frac{\sigma_B}{2} + \frac{1}{2} \sigma_B^2 + 4 \zeta_B^2$$

$$\zeta_B = 26.96 * 10^6 \quad \sigma_B' = 303.6 * 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_C = 159.95 \cdot 10^6$$

$$\sigma'_C = 245.92 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\zeta_C = 22.095 \cdot 10^6$$

En A con un material de $S_y = 220.48 \cdot 10^6$
 N/m^2 falla, probemos con:

$$b = 9.525 \text{ MM} \quad h = 95.25$$

$$\sigma_A = 94.8732 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 \quad \sigma_B = 52.534 \cdot 10^6$$

$$\zeta_A = 0 \quad \zeta_B = 8.32 \cdot 10^6 \quad \sigma'_B = 42.9 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_C = 44.16 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\zeta_C = 7.12 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 \quad \sigma'_C = 68.48 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

El punto crítico sería A y para nuestro caso tomando en cuenta los esfuerzos reales y el límite de fluencia del material, el factor de seguridad es:

$$\eta_{S1} = \frac{220.48 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2}{94.8732 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2} = 2.324$$

Lo que se podría considerar como seguro.

3.2.3.3. CALCULO DE LA SOLDADURA DEL SOPORTE:

De lo anteriormente dicho tenemos que los es

fuerzas que actúan en la soldadura son:

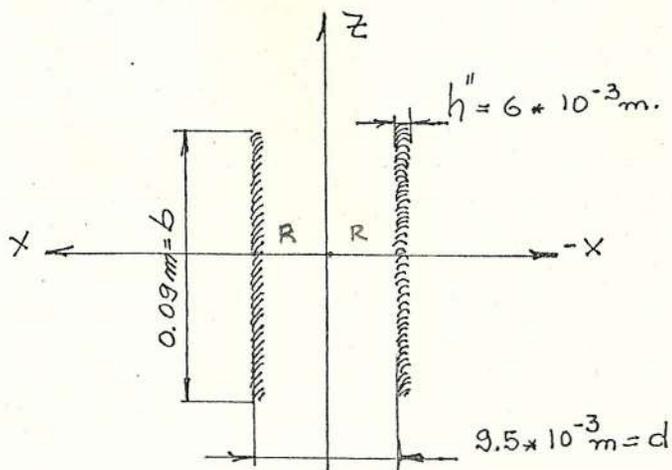


FIGURA N° 3.24. SOLDADURAS DEL SOPORTE

El centroide de la soldadura será:

$$\bar{X} = d/2 = 4.75 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$\bar{Z} = b/2 = 0.045 \text{ M}$$

El momento polar de inercia unitario de la soldadura según la referencia N° 5, es:

$$\bar{V}_u = \frac{b(3d^2 + b^2)}{6}$$

Reemplazando valores:

$$V_u = 1.25 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

Considerando que el momento polar de inercia total es :

$$\bar{V} = 0.707 h \bar{V}_u \therefore \bar{V} = 5.3025 * 10^{-7} \text{ m}^3$$

Con esto y si $R = 1.75 * 10^{-3}$ entonces:

$$\zeta_z'' = \frac{MR}{\bar{V}} = \frac{197.8 * 1.75 * 10^{-3}}{5.3025 * 10^{-7}} =$$

$$\zeta_z'' = 0.653 * 10^6 \text{ N/m}^2$$

El área de soldadura es:

$$A = 1.414 h'' + b \text{ si } h'' = 6 \text{ mm}, b = 0.09$$

Así:

$$A = 7.636 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

Considerando los esfuerzos actuando sobre dicha soldadura serían:

$$\zeta'z = \frac{Vz}{A} = \frac{592.63 \text{ N}}{7.636 * 10^{-4} \text{ m}^2} = 7.76 * 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_{ay} = \frac{Ry}{A} + \frac{Mxc}{Iz} + \frac{Mzc}{Ix}$$

Tomando que: $I_w = b^3/6$ (Ref.5), tenemos:

$$I = 0.707 h I_w = 5.154 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3$$

Entonces:

$$\sigma_{ay} = \frac{1658.55}{7.636 \cdot 10^{-4}} + \frac{609.8}{1.145 \cdot 10^{-5}} + \frac{73.03}{1.085 \cdot 10^{-4}}$$

$$\sigma_{ay} = 56.1 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

También:

$$\zeta'_x = \frac{|V_x|}{A} = \frac{555 \text{ N}}{7.636 \cdot 10^{-4}} = 8.76 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

Con esto aplicando la teoría de fallas decimos que:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma^2 + \zeta^2} = \sqrt{\sigma^2 + 3(\zeta_x'^2 + (\zeta_z' + \zeta_z'')^2)}$$

$$\sigma' = \sqrt{(51.04)^2 + 3(78.78)^2} \cdot 10^6$$

$$\sigma' = 58.168 \text{ N/m}^2 \cdot 10^6$$

El factor de seguridad involucrado en la soldadura sería de:

$$\eta_{s2} = \frac{0.6 S_y}{\sigma'}$$

Para nuestro caso si soldamos con un electro-

do E6011-C3, el cual posee un límite de fluencia de 50 Ksi o también $344.5 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$, así:

$$\eta_{s2} = \frac{0.6(344.5 \cdot 10^6)}{58.2 \cdot 10^6} = 3.55$$

$$\eta_{s2} = 4.28$$

3.2.3.4. CALCULO DE LOS PERNOS SUJETADORES DEL SOPORTE:

La localización de los pernos es la siguiente:

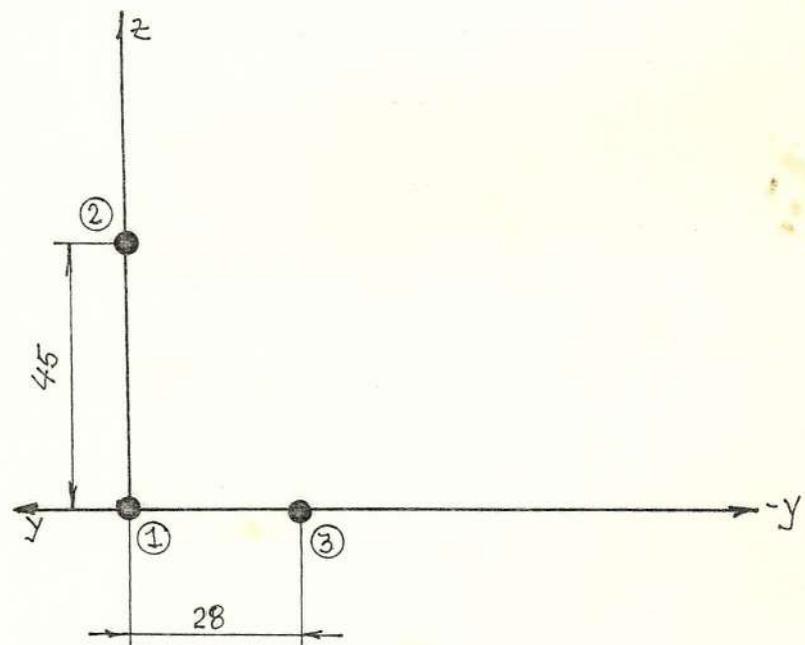


FIGURA N° 3.25. LOCALIZACION DE LOS PERNOS EN EL SOPORTE DEL ARADODE VERTEDERA.

Si tomamos el eje de coordenadas Y-Z y asumimos

que las áreas de los tres pernos son iguales; los centroides serán:

$$\bar{Y} = \frac{A_1Y_1 + A_2Y_2 + A_3Y_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

$$\bar{Z} = \frac{A_1Z_1 + A_2Z_2 + A_3Z_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

Si:

$$A_1 = A_2 = A_3 = A_p$$

$$Y_1 = 0 \quad Z_1 = 0$$

$$Y_2 = 28 \quad Z_2 = 0$$

$$Y_3 = 0 \quad Z_3 = 45$$

Nos quedaría:

$$\bar{Y} = \frac{A_p}{A_p} \frac{(28)}{3} = 9.33$$

$$\bar{Z} = \frac{A_p}{A_p} \frac{(45)}{3} = 15$$

Con esto:

$$y = 9.33$$

$$\bar{z} = 15$$

Las fuerzas que actúan el dicho centroide son:

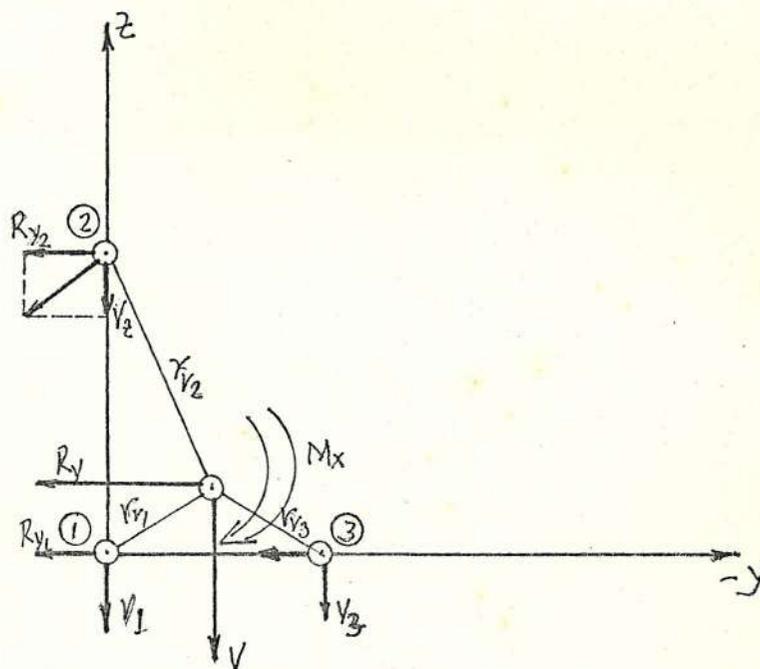


FIGURA N° 3.26. GRAFICO DE LAS FUERZAS EN LOS PERNOS DEL SOPORTE DEL ARADO DE VERTEDERA.

La distancia del centroide al centro de cada perno es:

$$\gamma_{V1} = \sqrt{(9.33)^2 + (15)^2} = 17.665$$

$$\gamma_{V2} = \sqrt{(30)^2 + (9.33)^2} = 31.42$$

$$\gamma_{V3} = \sqrt{(18.67)^2 + (15)^2} = 23.95$$

Las cargas cortantes primarias están relacionadas con las fuerzas que actúan en el centroide, por esto:

$$V_1' = V_2' = V_3' = \frac{V}{n}, \quad R_{y1}' = R_{y2}' = R_{y3}' = \frac{R_y}{n}$$

Donde n es igual al número de pernos. Con esto :

$$V_1' = V_2' = V_3' = \frac{592.63}{3} = 197.54 \text{ N}$$

$$R_{y1}' = R_{y2}' = R_{y3}' = \frac{1658.55}{3} = 552.85 \text{ N}$$

Las cargas cortantes secundarias son:

$$F_1'' = \frac{M_x \gamma_{v1}}{\gamma_{v1}^2 + \gamma_{v2}^2 + \gamma_{v3}^2}$$

$$F_2'' = \frac{M_x \gamma_{v2}}{\gamma_{v1}^2 + \gamma_{v2}^2 + \gamma_{v3}^2}$$

$$F_3'' = \frac{M_x \gamma_{v3}}{\gamma_{v1}^2 + \gamma_{v2}^2 + \gamma_{v3}^2}$$

Así:

$$F_1'' = \frac{639.44 (17.55)}{(17.55)^2 + (31.42)^2 + (23.95)^2} = 6 \text{ N}$$

$$F_2'' = \frac{639.44 (31.42)}{(17.55)^2 + (31.42)^2 + (23.95)^2} = 10.75 \text{ N}$$

$$F_3'' = \frac{639.44 (23.95)}{(17.55)^2 + (31.42)^2 + (23.95)^2} = 8.195 \text{ N}$$

El perno más crítico es el perno Z, sacando la carga de corte máxima, obtenemos:

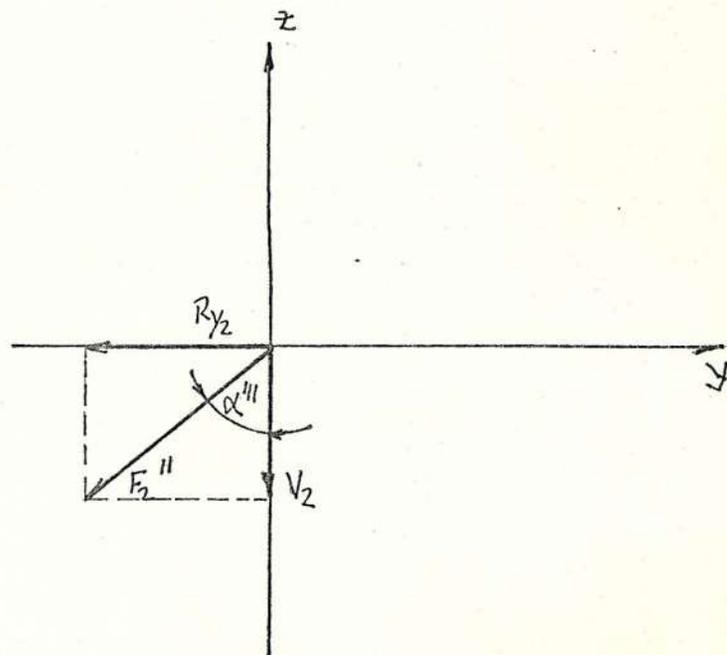


FIGURA N° 3.27. FUERZA RESULTANTE SOBRE EL PERNO MAS CRITICO(2)

Así la carga de corte máxima será:

$$R_z''' = -(V_2' + F_2'' \cos \alpha''') = -(197.54 + 10.75 \cos 72.72) = -200.73 \text{ N}$$

$$R_{y'''} = (R_{y''} + F_2'' \sin \alpha) = (552.85 + 10.75 \sin 72.72) = 563.115 \text{ N}$$

$$R''' = \sqrt{\left(\frac{R_{z''}^2}{2}\right) + R_{y'''}^2} = 597.82 \text{ N}$$

Con esta fuerza calculamos el área de corte necesaria sabiendo que: por la energía de distorsión predice que la resistencia al cortante es:

$$S_{sy} = 0.577 S_p$$

$$S_{sy} = 0.577 (227.37 \cdot 10^6)$$

$$S_{sy} = 131.19 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$S_{sy} = \frac{R'''}{A}$$

$$A = \frac{597.82 \text{ N}}{131.19 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2} = 4.5568 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Si:

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \quad d_{\min} = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{4(4.5568 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2)}{\pi}} = 0.0024 \text{ m}$$

$$d_{\min} = 2.4 \text{ mm}$$

El diámetro mínimo está dentro del rango de 2.4 mm. Para casos de maquinaria agrícola en los cuales las fuerzas de corte fluctúan con el terreno, es necesario un factor de seguridad elevado de 4-6, así para nuestro caso elegimos un perno de 1/2" ó 12.7 mm., lo que nos dá un factor de:

$$d_{\text{perno}} = N_{s3} d_{\min}$$

$$N_{s3} = \frac{d_{\text{perno}}}{d_{\min}} = \frac{12.7}{2.4} = 5.29$$

$$N_{s3} = 5.29$$

3.2.3.5. CALCULO DEL PIN DEL SOPORTE Y REGULADOR:

Del gráfico se obtiene que la distancia del centroide del prisma de tierra a donde está actuando la resultante, al pin del soporte es $D_2 = 0.496 \text{ m}$, así: como lo observamos en la figura N° 3.28., que encontraremos en la siguiente página.

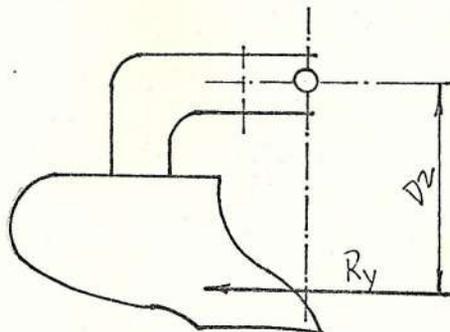
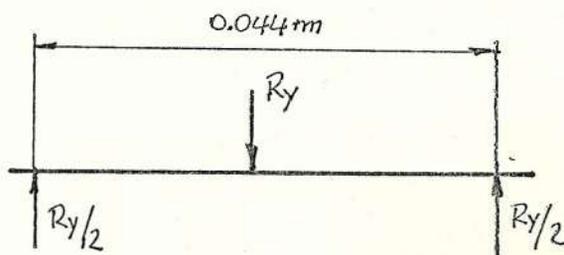
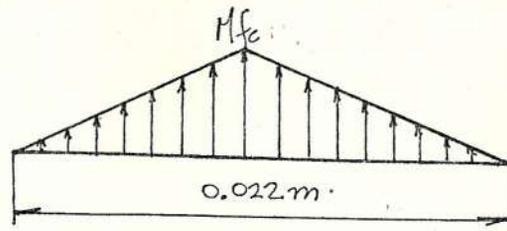


FIGURA N° 3.28. DISTANCIA DE LA FUERZA R_y AL PIN DEL SOPORTE

Por tanto en el pin del soporte tendríamos:



El diagrama de momento sería:



Las condiciones críticas en el pin son flexión y cortante, para el caso de cortante:

$$A_{\text{min cort}} = \frac{Ry/2}{S_y} = \frac{829.275\text{N}}{220.48\text{N/m}^2 \cdot 10^6} = 3.7612 \cdot 10^6 \text{m}^2$$

$$A_{\text{min corte}} = 0.00376 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \quad d = \sqrt{\frac{4A_{\text{min corte}}}{\pi}}$$

$$d_{\text{min cort}} = 2.2 \cdot 10^{-3} \text{ m } \text{ ó } 2.2 \text{ mm.}$$

Para el caso de flexión:

$$S_y \geq M/Z \quad Z = M/S_y = \frac{18.244\text{N}\cdot\text{m}}{220.48 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2}$$

$$Z = 8.36 \cdot 10^{-8} \text{m}^3$$

Para una sección circular macisa:

$$Z = \frac{\pi d^3}{32}$$

$$d_{\min} = \sqrt[3]{\frac{32Z}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32(8.36 \cdot 10^{-8})}{\pi}}$$

$$d_{\min} = 9.48 \text{ mm.}$$

Lo más crítico es la flexión, y para este caso recalculemos con un factor de 6 de seguridad así:

$$\frac{S_y}{N^4} = \frac{M}{Z} \quad Z = \frac{n^4 M}{S_y} \quad Z = \frac{6^4 \cdot 18.244}{220.48 \cdot 10^6} = 5.02 \cdot 10^{-7}$$

Así:

$$Z = \frac{\pi d^3}{32} \quad d_{\text{real}} = \sqrt[3]{\frac{32Z}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32(5.02 \cdot 10^{-7})}{\pi}} =$$

$$= 0.01722 = 17.22 \text{ mm.}$$

Así escogemos un diámetro de 20 mm., por facilidad de construcción y disponibilidad en el mercado.

3.2.3.6. CALCULO DEL CORTANTE EN LA ROSCA DEL TORNILLO NIVELADOR:

Si se supone que la carga está distribuída uniformemente a la carga de la altura del sujetador h' y que los hilos de la rosca del tornillo. Fallarían por cortante sobre el diámetro menor, entonces el esfuerzo cortante medio en esta risca es:

$$\zeta_R = \frac{2 * Ft}{\pi dr * h'}$$

Elegimos una rosca de $D_{nominal} = 0.75$ pulgadas con 10 hilos/pulg. de paso. Con este tipo de rosca el área de la raíz es de $0.302 \dots \text{pulg}^2$. tomando que:

$$A_r = \frac{\pi dr^2}{4} \quad dr = \sqrt{\frac{4A_r}{\pi}}$$

Así:

$$dr = 0.62 \text{ pulg. o sea } dr = 15.75 \text{ mm.}$$

y siendo:

$$h' = 25 \text{ mm.}$$

Con esto el esfuerzo de corte considerando que la fuerza resultante en el perno es de 6971, entonces la componente que ejerce el esfuerzo - directo sobre la rosca será: $6971.53 \cdot \cos 45^\circ = 4929.62$, así:

$$\zeta_R = \frac{2(4929.62)N}{\pi \cdot (0.01575)m \cdot 0.025 m}$$

$$\zeta_R = 7.97 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

Sabiendo que: $S_{sy} = 0.5 S_y$ y que S_y para acero SKF, CEAX o SAE 1045 es de $313.6 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$.

$$N_{ss} = \frac{S_{sy}}{\zeta_R} = \frac{313.6 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2}{7.97 \cdot 10^6} = 39.27$$

Ahora la facilidad de desplazamiento de este tipo de rosca es buena y con lo anteriormente calculado la seguridad con la carga actuante es buena.

— 3.2.3.7. CALCULO DEL SOPORTE DE LA VERTEDERA :

Para nuestro caso tenemos que la componente l_{on}

gitudinal de la resultante pasa por el punto de enganche así:

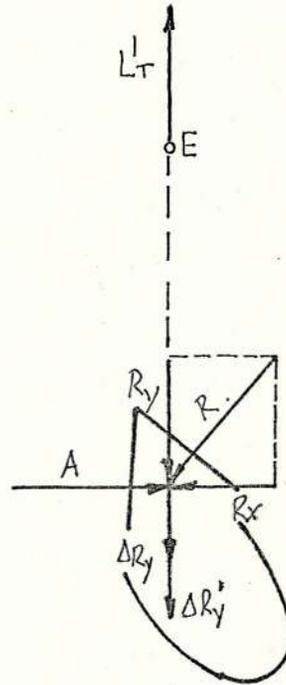


FIGURA N° 3.29. FUERZAS EN EL ARADO DE VERTEDERA, EN EL MOMENTO DE REALIZARSE EL TRABAJO.

Con esto la reacción de la pared del surco es $A = R_x$. Se tiene que tomar en cuenta las componentes $\Delta R_y, \Delta R_y'$ definidas anteriormente en

el apartado 3.2.3.1., así:

$$L_T' = R_y + \Delta R_y + \Delta R''_y$$

Con esto:

$$L = 2106.36\text{N}$$

La fuerza actuando en el soporte de la estructura sería:

Y momento

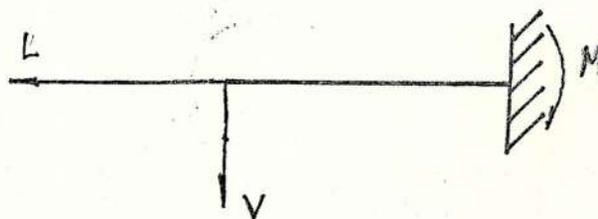


FIGURA Nº 3.30. GRAFICO DEL SOPORTE

Donde M es el momento generado por la componente vertical de la fuerza resultante, dicha componente tiene un valor de 592.63 N sacado del apartado 3.2.3.1., así:

$$M = \text{componente vertical (V)} * \text{distancia del soporte (D}^3\text{)}$$

$$M = 592.63 \text{ N} * 0.524 \text{ m}$$

$$M = 310.538 \text{ N}\cdot\text{m} * \approx 310.54 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Con esto el esfuerzo en el soporte será un esfuerzo combinado:

$$\sigma_s = M/Z_s + L'/A_s$$

Dicho esfuerzo será igual al esfuerzo s_y en el caso del material del soporte, acero de construcción, $S_y = 36000 \text{ Lb/pul}^2$ o $S_y = 248.04 * 10^6 \text{ N/m}^2$; con esto realizamos un proceso de interacción y encontramos lo siguiente:

(Ver tabla en la siguiente página)

$\frac{(SY)}{\sigma}$ Factor de seguridad.	$\frac{(N/m^2)}{(10^6)}$ σ''	$\frac{A(m^2)}{(10^{-3})}$	$\frac{Z(m^3)}{(10^{-4})}$	Perfil
68.80	3.605	4.10	1.0045 (12.7)	4''x4'' (101.6x101.6)
59.25	4.186	3.27	0.8767	e=(9.525)
52.72	4.705	2.81	0.785	e=(7.9375)
44.91	5.522	2.32	0.673	e=(6.35)
35.82	6.923	1.78	0.541	e=(4.76)
23.35	10.62	1.14	0.354	e=(3)

$$\sigma_1'' = \frac{310.54 \text{ N-m}}{1.0045 \times 10^{-4} \text{ m}^3} + \frac{2106.36 \text{ N}}{4.1 \times 10^{-3} \text{ m}^2} = 3.605 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_2'' = \frac{310.54 \text{ N-m}}{0.876 \times 10^{-4} \text{ m}^3} + \frac{2106.36 \text{ N}}{3.27 \times 10^{-3} \text{ m}^2} = 4.1863 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_3'' = \frac{310.54 \text{ N-m}}{0.785 \times 10^{-4} \text{ m}^3} + \frac{2106.36 \text{ N}}{2.81 \times 10^{-3} \text{ m}^2} = 4.705 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_4'' = \frac{310.54 \text{ N-m}}{0.673 \times 10^{-4} \text{ m}^3} + \frac{2106.36 \text{ N}}{2.32 \times 10^{-3} \text{ m}^2} = 5.522 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_5'' = \frac{310.54 \text{ N-m}}{0.541 \times 10^{-4} \text{ m}^3} + \frac{2106.36 \text{ N}}{1.78 \times 10^{-3} \text{ m}^2} = 6.923 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_6'' = \frac{310.54 \text{ N-m}}{0.354 \times 10^{-4} \text{ m}^3} + \frac{2106.36 \text{ N}}{1.14 \times 10^{-3} \text{ m}^2} = 10.62 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

Elegimos un perfil de 101.6*101.6*3 mm. de acero de construcción, el cual posee un factor de seguridad al 23.35.

3.2.3.8. CALCULO DEL ESPESOR OPTIMO DE LA VERTEDERA:

En la vertedera se producen fuerzas de atracción entre átomos las cuales cuando están acompañadas por deslizamiento causan la remoción de fragmentos de desgaste de forma de partículas sueltas. Para encontrar estimativos del desgaste producido en la vertedera se utiliza:

$$V_d = \frac{KFx^1}{3P_f^1} \quad (\text{Ref.12}) \quad (13)$$

Donde:

V_d = volumen de pérdida de material

K = coeficiente de desgaste adimensional que depende del tipo de superficie.

X^1 = distancia deslizada

P_f^1 = dureza o flujo de presión para la superficie a gastarse (Pa).

El coeficiente K del Apéndice C es de $5 \cdot 10^{-6}$. Así considerando que el flujo de presión P_f^1 es de 3Sy - tenemos:

$$V_d = \frac{KFx'}{3S_y}$$

Reemplazando valores:

$$S_y = 220.48 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$K = 5 \cdot 10^{-6}$$

$$X' = 0.7 \text{ m}$$

$$F = 2106.36 \text{ N} = L \text{ (fuerza de tiro)}$$

Con esto:

$$V = \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 2106.36 \text{ N} \cdot 0.7 \text{ m}}{220.40 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 \cdot 3}$$

$$V = 0.01114 \text{ mm}^3$$

Así el volumen desgastado es:

Volumen desgastado = área de la vertedera * espesor

Si:

$$\text{Área de la vertedera} = 131000 \text{ mm}^2$$

Entonces el espesor desgastado por adhesión es:

$$= \frac{0.01114 \text{ mm}^3}{131000 \text{ mm}^2} = 8.504 \cdot 10^{-8} \text{ mm}$$

Seleccionamos el espesor de 3.175 mm., lo que nos daría un diseño de vida infinita.

Considerando que la velocidad del arado es de 2.5 km/hr o sea 0.6944 m/seg. y que el tiempo en que se desliza el prisma de tierra es de 1.01 segundos (apartado 3.2.2.) basándonos en el criterio de que este volumen obtenido se desgasta en el volteo completo del prisma de tierra, tenemos:

$$V_{\text{desgastado por segundo}} = \frac{0.01114 \text{ mm}^3}{1.01 \text{ seg.}}$$

$$= 0.01103 \text{ mm}^3/\text{seg.}$$

Considerando el volumen de la vertedera de 1 mm. de espesor:

$$V_{\text{vert.}} = 131000 \text{ mm}^3$$

El tiempo de vida de la vertedera con 1 mm. de desgaste es:

$$t_{\text{vida}} = \frac{V_{\text{vert}}}{V_{\text{desgastado por segundo}}}$$

$$t_{\text{vida}} = 0.01187 \cdot 10^9 \text{ seg.}$$

$$t_{\text{vida}} = 3299 \text{ hrs.}$$

En base a la velocidad de arado:

$$\text{Distancia de vida total} = 8247 \text{ Km.}$$

3.2.4. Selección de materiales

Para la selección del material indicado en el arado de vertedera, consideramos los esfuerzos y las condiciones de trabajo de los distintos elementos. Así en la siguiente tabla describimos el elemento, las condiciones y el material recomendado:

ARADO DE VERTEDERA		
ELEMENTO	SOMETIDO A	MATERIAL RECOMENDADO
Reja	Impacto, adhesión, fatiga de superficie, oxidación	Acero tratado térmicamente aleado al Cr, Ni.
Vertedera	Adhesión, fatiga de superficie, oxidación.	Acero común (varias rejas) o acero cementado.
Estructura	Flexión, torsión o esfuerzos combinados.	Acero de construcción.

Dichos materiales son mostrados a continuación:

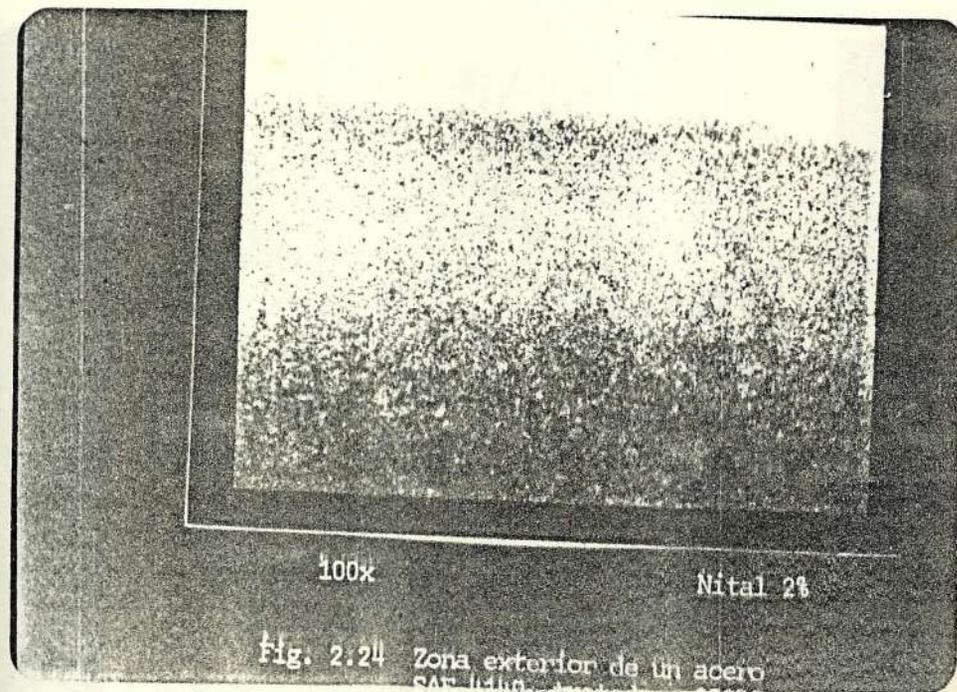


FOTO N° 3.4. ACERO SAE 4140 CARBONITRURADO QUE PUEDE SER UTILIZADO EN LA CONSTRUCCION DE CUCHILLAS PUDIENDO HACER EL TRATAMIENTO TERMICO DE LA ESPOL.

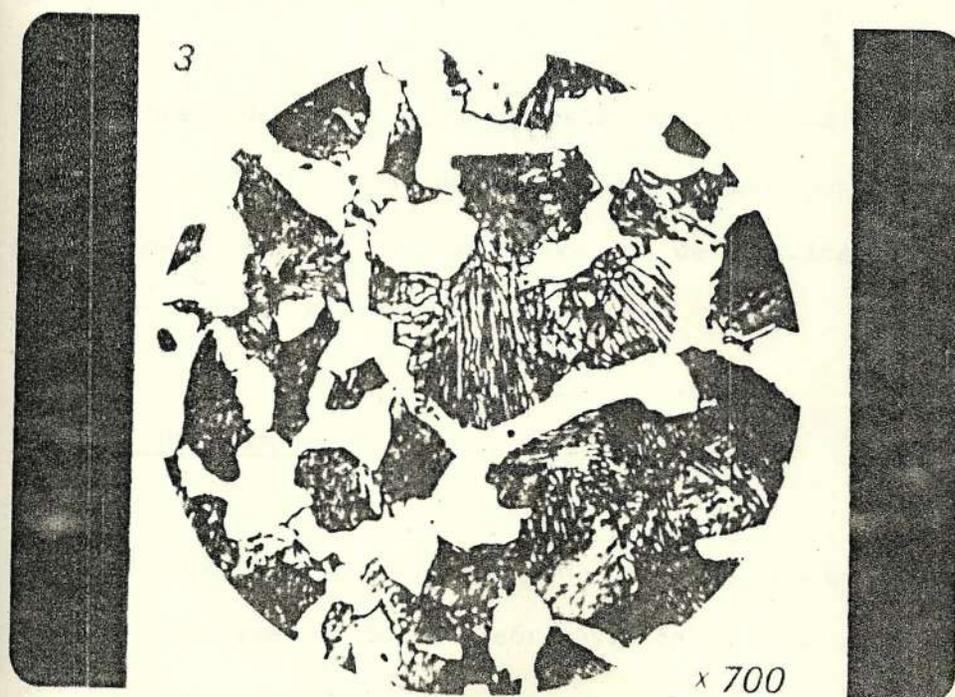


FOTO N°3,5. ACERO DE ALTA RESISTENCIA CON UN % C DE 0.45

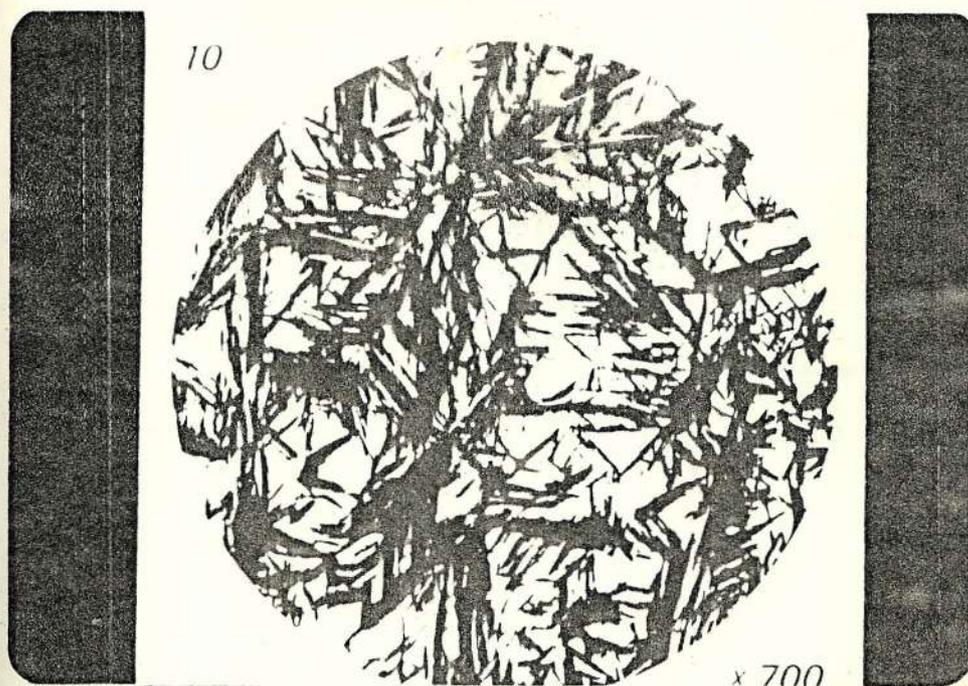


FOTO N° 3.6. ACERO DE MEDIO % C TEMPLADO Y REVENIDO UTILIZADO EN LA REJA DEL ARADO DE VERTEDERA.

3.2.5. Proceso de fabricación

En el proceso de fabricación se estableció el medio de fabricar los elementos en el menor tiempo posible, teniendo para esto hojas de procesos de fabricación - mostradas en el Apéndice.

3.2.6. Pruebas de campo

Se realizaron varias pruebas en base a diseños realizados conforme a bases teóricas. En la práctica se

notó una diferencia notable llegándose a rediseñar el primer modelo de acuerdo a la experiencia realizada.

El primer modelo del arado probado, generó un volteo óptimo del terreno, pero no satisficieron las condiciones de potencia. Posteriormente con el segundo modelo se obtuvieron resultados que fueron aceptables a las condiciones requeridas.

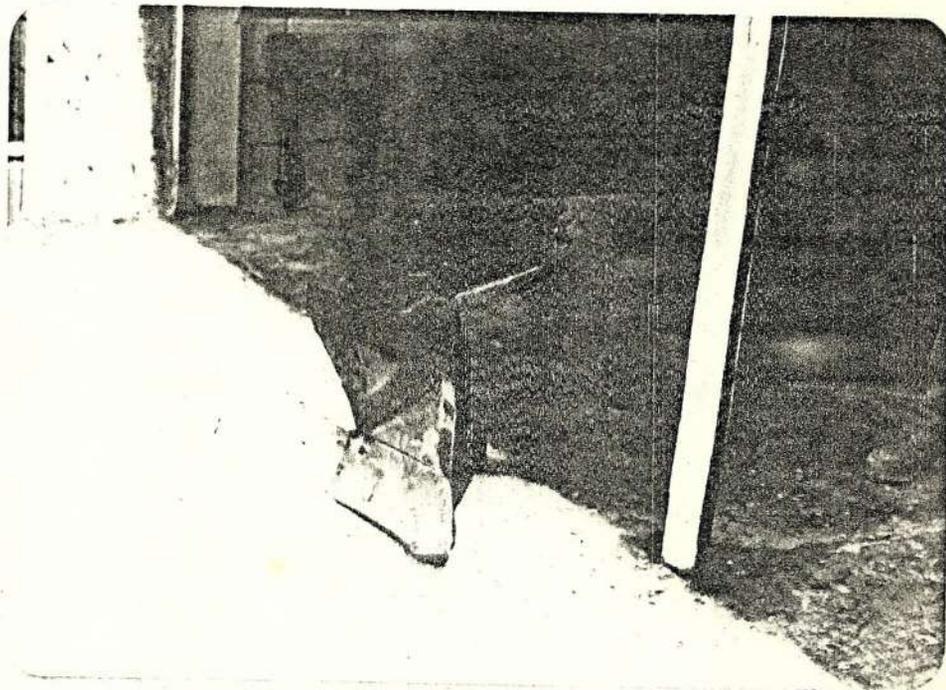


FOTO Nº 3.7. PRIMER MODELO DE ARADO DE VERTEDERA

3.3. DISEÑO Y CALCULO DE LOS ELEMENTOS DE UN ARADO ROTATIVO

3.3.1. Determinación de alternativas de diseño

El arado rotativo es una máquina que corta o desmenuza el terreno mediante cuchillas montadas sobre un rotor. El rotor gira mediante un mecanismo de transmisión diseñado para trabajar con la toma de fuerza del motocultivador.

En nuestro caso específico, nuestro sistema consistiría en el siguiente:

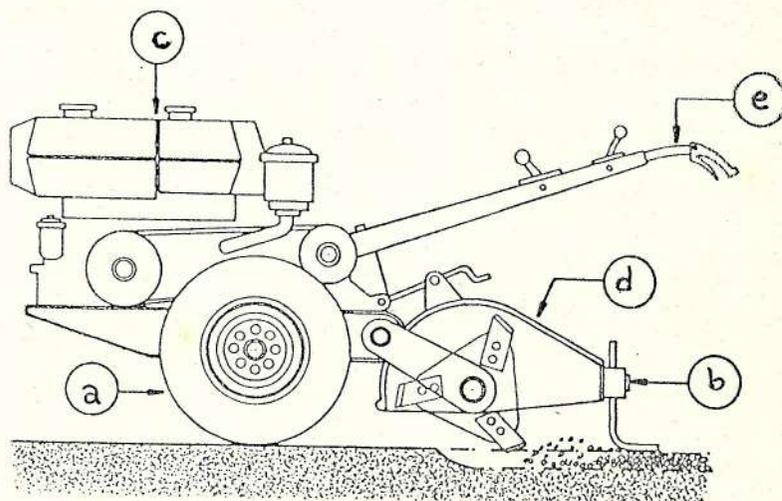


FIGURA N°3.31. ARADO ROTATIVO MONTADO EN EL MOTOCULTIVADOR

En la figura observamos lo siguiente:

- a. Ruedas de propulsión de una máquina motocultivadora.
- b. Nivelador para controlar la profundidad de trabajo.
- c. Motor del motocultivador para el mando de las -
ruedas y del arado rotativo.
- d. Rotor de la unidad del arado rotativo.
- e. Manijas para guiar la máquina
- f. Mecanismo de embrague del arado rotativo.

El trabajo de los arados rotativos depende de la velocidad de avance de la máquina y de la velocidad del rotor. La trayectoria combinada debido al avance de las cuchillas y al movimiento rectilíneo de la máquina es cicloidal. El operador puede cambiar la velocidad de avance de la máquina o el número de revoluciones del eje de la rueda que determina el avance rectilíneo de la máquina; logrando así un mayor o menor desmenuzamiento del terreno.

Para nuestro caso consideraremos tres ejemplos:

- Si queremos obtener un trabajo intenso de desmenuza

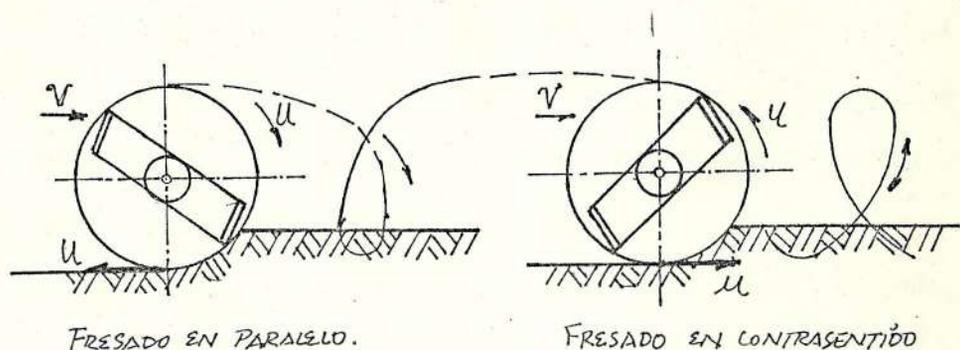


FIGURA N° 3.32. MOVIMIENTO CICLOIDAL DEL ARADO ROTATIVO

miento de la tierra, el operador elige una marcha lenta del motocultivador y hace girar el rotor de la máquina a una velocidad alta.

- Si queremos obtener una capa de tierra medio gruesa el operador puede aumentar la velocidad de avance pero conservando la misma velocidad.

Para obtener una capa de tierra gruesa, el operador tendría que bajar tanto la velocidad de avance como la velocidad del rotor. (Con el consumo de mayor potencia).

Con el siguiente ejemplo podemos sacar el grado de desmenuzamiento del terreno.

Si el operador hace girar el rotor a una velocidad de 250 rpm y elige una velocidad de avance de 0.5 Km/hr, en este caso la máquina avanza 0.5 Km/hr o sea 500 m/hr, igual a 500 m. cada 60 minutos o 833.33 cm/min. como cada minuto el rotor gira 250 rev., y en cada revolución pasan 3 cuchillas, esto quiere decir que en cada minuto corta 750 veces.

La tierra por consiguiente será cortada en pedazos de $833.33/750 = 1.11$ cm.

3.3.2. Fijación de alternativas técnicas

Los arados rotativos también llamados rotocultores o fresadoras, trabajan el terreno mediante unas cuchillas giratorias accionadas mediante la toma de fuerza del motocultivador.

Este dispositivo, en una sola pasada airean el terreno, lo deshacen en partículas de diversos tamaños y lo mezclan de una forma intensa, con esto, se consigue una descomposición rápida del humus. Su uso es

recomendado como complemento de la labor de alzar con arado de vertedera o sustituyéndolo totalmente.

Los arados rotativos se clasifican de acuerdo a la posición de su eje que puede ser transversal, vertical y longitudinal. El último tipo es muy poco común y no es muy utilizado, el segundo, de eje vertical, se emplea en un número limitado de casos y tiene una marcha muy uniforme debido a que los dientes se encuentran en contacto con el terreno.

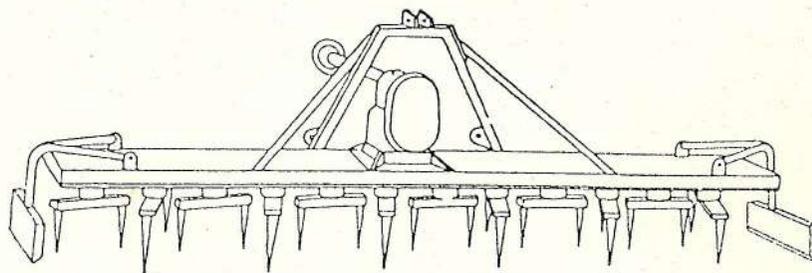


FIGURA N° 3.33. FRESADORA HORIZONTAL: LOS DIENTES GIRAN EN UN EJE VERTICAL, EN CONTACTO CONSTANTE CON EL SUELO.

La forma más usual es la de eje transversal, en la cual el eje mira en el mismo sentido de la marcha, con lo que el motocultivador o tractor, en vez de necesitar tirar de la máquina, es empujado por ella.

La profundidad de trabajo suelo normalmente ser de 12 a 25 centímetros y es regulada por un patín o una rueda, dependiendo del tipo de terreno donde se trabaja. Las cuchillas están dispuestas de forma helicoidal, con objeto de que los momentos ejercidos sobre el eje por las cuchillas al chocar contra el suelo, estén distribuidos de la forma más uniforme posible. La forma de las cuchillas puede ser recta o acodada con más o menos anchura según se trabaje en terrenos más duros o más blandos, también existen cuchillas del tipo rígido y del tipo flexible, quedando el terreno más pulverizado en este último caso, debido a la acción vibrante de las cuchillas.

A continuación podemos observar la figura N^o 3.34. en la que se nos muestra el arado rotativo de eje transversal.

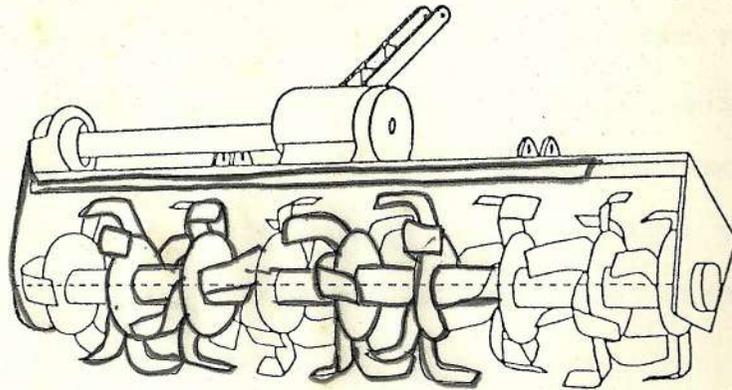


FIGURA N° 3.34. ARADO ROTATIVO DE EJE TRANSVERSAL

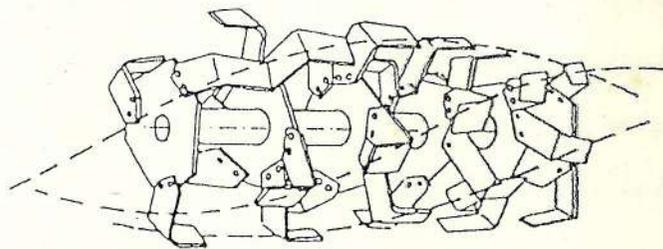


FIGURA N° 3.35. DISPOSICION HELICOIDAL DE LAS CUCHILLAS DEL ARADO ROTATIVO DE EJE TRANSVERSAL.

Para nuestro caso elegimos un tipo de arado rotativo de eje transversal por facilidad de transmisión y, dos tipos de cuchilla, la primera del tipo recta - acodada, la cual es utilizada en un terreno seco y la segunda del tipo curva, que es utilizada en terrenos arcillosos húmedos.

3.3.3. Cálculo de los elementos de un arado rotativo

3.3.3.1. CALCULO DEL EJE PRINCIPAL:

Para el cálculo del eje principal se considera que dicho eje está arando a una velocidad de rotación de 250 - 300, 350 rpm, con el fin de obtener distintos tipos de granulaciones en el terreno. Si el ancho del aspa de corte, la cual se encuentra montada sobre el eje principal, es de 10 cm., podemos obtener directamente de la gráfica del Apéndice D, los valores correspondientes a cada caso.

El gráfico nos da valores de un arado rotativo cuyo ancho es de 0.61 m., y una profundidad de corte de 10 cm., en un terreno arcilloso seco, condiciones que son apropiadas a las nuestras. Tomando en consideración el núme-

ro de revoluciones del eje encontramos que los valores de energía específica consumida son de 350 KJ/m^3 y 320 KJ/m^3 para 305 y 213, respectivamente.

Para un giro de 250 rpm del eje principal (consideraciones reales de diseño) de acuerdo al apartado 3.3.1., el desplazamiento será de:

$$F = 1,11 \text{ cm.}$$

Con este valor y del gráfico obtenido del apéndice E., el cual nos da el área de la región de corte del aspa, y considerando que el ancho del aspa es de 10 cm., obtenemos que:

$$\text{Volumen desmenuzado por aspa} = \text{Area región} * \text{longitud del aspa (Del Apéndice)}$$

$$\text{Volumen desmenuzado (m}^3\text{)} = 560 \text{ mm}^2 * 125 \text{ mm} * \frac{\text{m}^3}{(1000 \text{ mm})^3}$$

$$\text{Volumen desmenuzado} = 7 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

Partiendo de este valor la cantidad de energía necesaria para desmenuzar el terreno será:

Energía (KJ)=Volumen desmenuzado(m³)*energía específica (KJ/m³)

$$\text{Energía} = 7 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot 350 \text{ KJ/m}^3 = 0.0245 \text{ KJ} \\ \text{(HJ)}$$

$$\text{Energía} = 24.5 \text{ N-m} = \text{Mts.}$$

La dirección de la fuerza resultante de corte y de deformación del terreno F_{ts} , la suponemos inclinada 15° con respecto a la tangente a la circunferencia y su punto de aplicación D lo suponemos localizado aproximadamente a una distancia de $0.95R$.

Con esto:

$$F_{ts} = \frac{\text{Mts.}}{0.95R \cdot \cos 15^\circ} \quad (\text{Ref.2})$$

Reemplazando valores:

$$F_{ts} = 106.8 \text{ N}$$

Los componentes horizontal y vertical dispuestas con respecto al gráfico N° 3.36., donde $\alpha = 30^\circ$ son:

$$F_1 = F \sin (X + 15^\circ)$$

$$F_2 = F \cos (X + 15^\circ)$$

Donde:

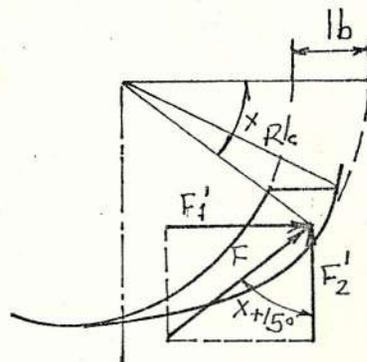


FIGURA N° 3.36. GRAFICO DE LA LOCALIZACION DE LA FUERZA RESULTANTE DE UN ASPA DE LA FRESADORA.

La componente horizontal F_1 tiene gran importancia en el empuje del arado rotativo, mientras que la componente F_2 se opone al peso del mismo así:

$$F_1 = 75.52 \text{ N}$$

$$F_2 = 75.52 \text{ N}$$

Si tomamos en cuenta el momento de cada aspa que es de 41.3 N_m y lo multiplicamos por el número de aspas que actúan, estaríamos encontrando la potencia consumida por el arado rotativo, la cual es (valor máximo para terreno seco):

$$(Mts*4) = 24.5*4 = 98 \text{ N}_m$$

$$\text{Pot} = (Mts*4)*w = 3079 \text{ w} = 3.1 \text{ Kw}$$

$$\text{Pot} = 4.154 \text{ HP}$$

consumida

Considerando que la sobretensión de la cadena (tomada del libro elementos de máquinas V.

Dobrovolski. K. Iza Blonski, A. Zaochix, L.Erlj)

Página 360 fórmula 19.1) de transmisión es:

$$S = \frac{ga^2}{8F}$$

Donde:

q = masa por mm lineal de cadena

a = distancia entre centros

f' = flecha de pandeo o deflexión de la cadena.

$$q = 6.084 \cdot 10^{-3} \text{ Kgr/mm}$$

$$a = 562.5 \text{ mm}$$

$$f' = 15.875 \text{ mm}$$

Reemplazando valores:

$$S = 15.1576 \text{ Kgr} \cdot \frac{9.8 \text{ N}}{\text{Kgf}} = 148.544 \text{ N}$$

La fuerza necesaria para la transmisión sería

T' la cual es:

$$T = \frac{(Mts \cdot 4)}{R}$$

$$T' = T + S$$

Reemplazando valores nos dá:

$$T' = 540.54 \text{ N}$$

Realizando el diagrama de cuerpo libre del eje, y tomando en cuenta todas las fuerzas y torques actuando en el mismo tenemos:

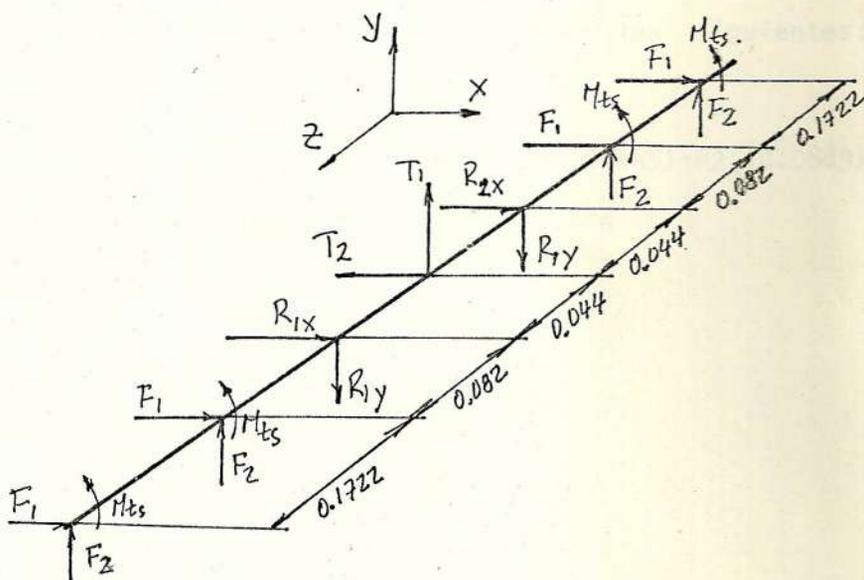


FIGURA N° 3.37. GRAFICO DE LAS FUERZAS EN EL EJE PRINCIPAL

El ángulo de inclinación del arado es de 25° , por tanto sus componentes serán:

$$T1 = T' \text{ sen } 25^\circ$$

$$T_2 = T' \cos 25^\circ$$

Reemplazando valores:

$$T_1 = 228.44 \text{ N}$$

$$T_2 = 489.89 \text{ N}$$

Con esto, establecemos nuestras ecuaciones para hallar las reacciones en los rodamientos de las tapas, las cuales son las siguientes:

$$\begin{aligned} \Sigma M_1 = & F'1(0.2542) + F'1(0.082) + F'2(0.04445) - R_{2x}(0.0889) \\ & - F'1(0.170688) - F'1(0.3432) = 0 \end{aligned}$$

Donde:

$$R_{2x} = 94 \text{ N} \left(\overset{+}{\rightarrow} \right)$$

$$\Sigma F_x = .0$$

$$4 F'1 + R_{2x} + R_{1x} - T_2 = 0$$

Donde:

$$R_{1x} = 93.8 \text{ N} = 94 \text{ N} \left(\overset{+}{\rightarrow} \right)$$

$$\Sigma M_2 = 0$$

$$F'1(0.045)+F'2(0.3429)+F'2(0.17018)-F'2(0.082)-$$

$$F'2(0.254) - R_y(0.0889) = 0$$

Donde:

$$R_{1y} = 264.8 \text{ N } (\uparrow) = 265 \text{ N}$$

$$\Sigma F_{y2} = 0$$

$$4F'2 - R_{1y} - R_{2y} + T_1 = 0$$

Donde:

$$R_{2y} = 265 \text{ N } (\downarrow)$$

Realizando los diagramas de momentos tor
sor, momento flexionante y fuerza cortan
te tenemos:

Mts'Z

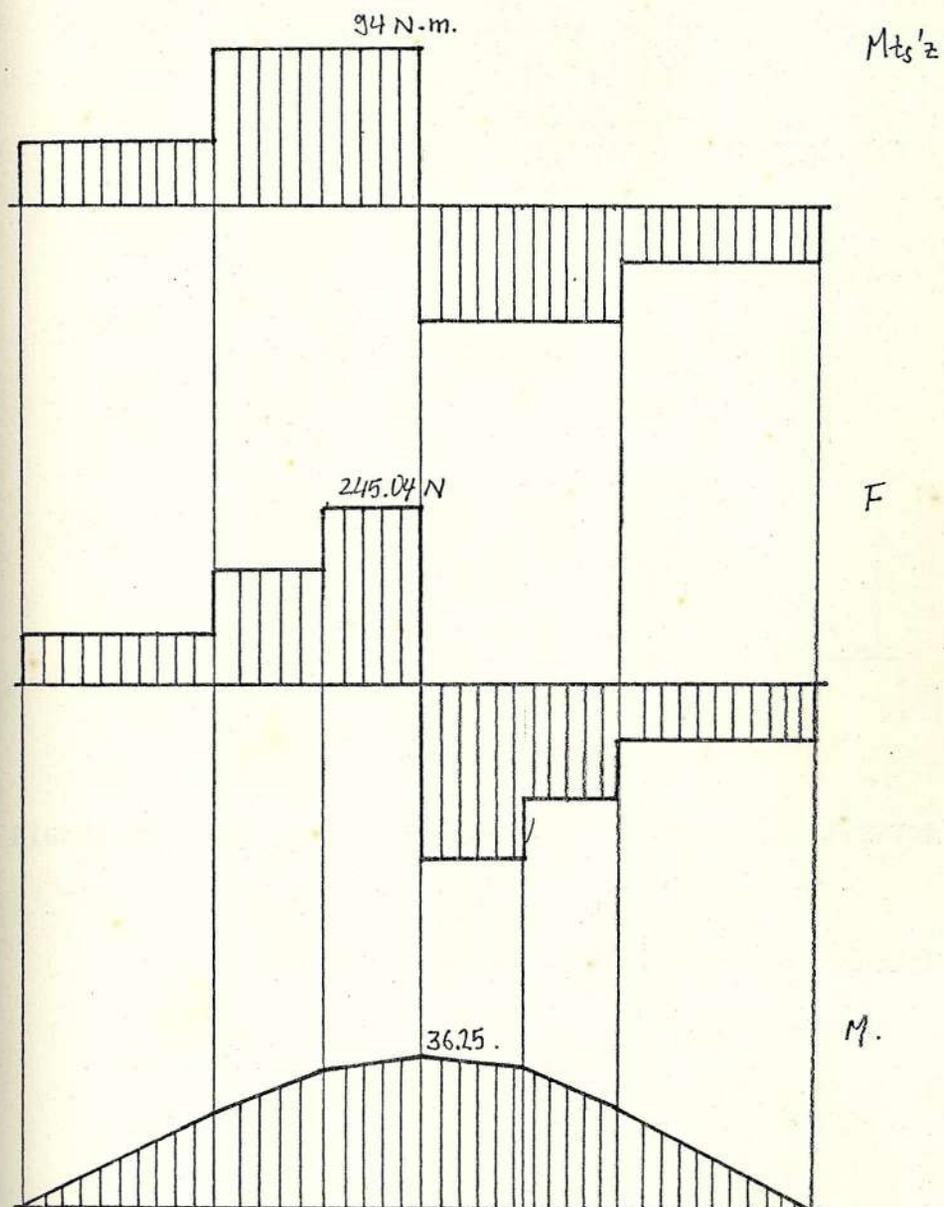


FIGURA N° 3.38. DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE; MOMENTO FLECTOR Y MOMENTO TORSOR.

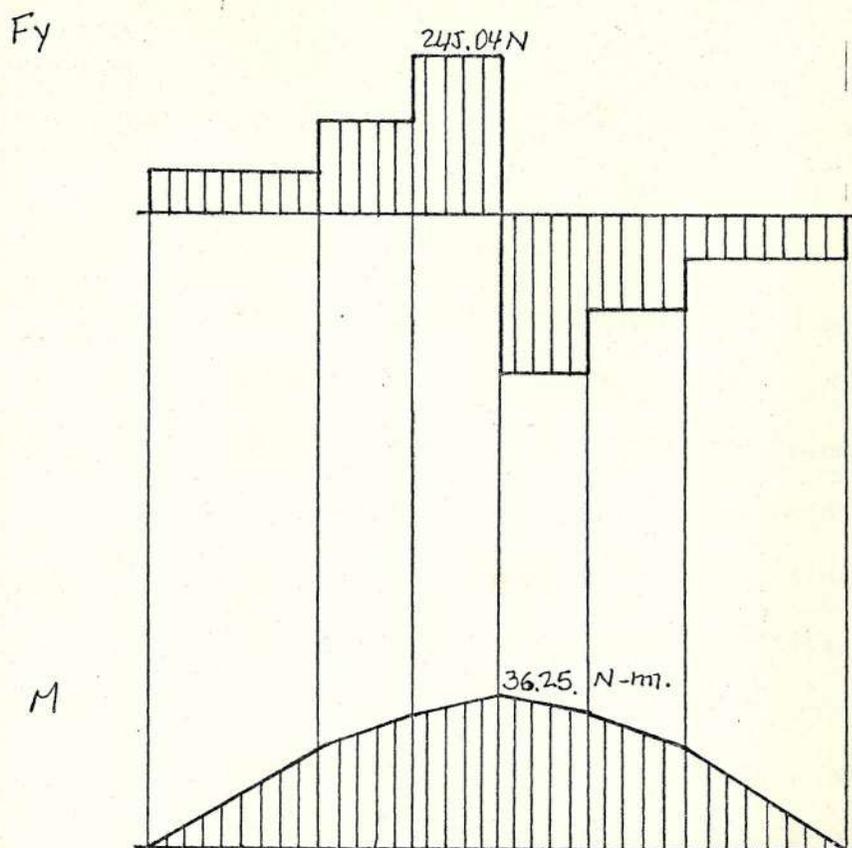


FIGURA N° 3.39. FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLEXTOR

De los diagramas anteriormente expuestos, no tamos que los momentos flexionantes y de torsión actuarían en el punto C y estos son:

$$M_x = 36.25 \text{ N-m} ; M_y = 36.25 \text{ N-m}$$

$$M_{tsz} = 94 \text{ N-m}$$

Partiendo del criterio de usar los máximos momentos actuantes en el eje del arado con el fin de seleccionar debidamente el diámetro del mismo. Escogemos inicialmente un material assab 705 (SKF), el cual posee en su constitución química Cr - Ni, elementos que proporcionan la cualidad de inoxidable y una buena resistencia a la torsión, siendo esta nuestra condición más crítica.

Introduciendo factores de fatiga, considerando que el límite de resistencia a la fatiga se encuentra afectado por los factores siguientes:

- Material (composición química, base de falla , variabilidad).
- Manufactura (método de fabricación, tratamiento térmico, corrosión por desgaste, condición de superficie, concentradores de esfuerzo).
- Condiciones ambientales (corrosión, temperatura).
- Diseño (Tamaño, configuración, duración, estado de esfuerzo, velocidad).

Según Marín (Joseph Marin, Mechanical Mechavior of Materials), los factores que modifican el límite de fatiga son:

k_a = factor de superficie

k_b = factor de tamaño

k_c = factor de confiabilidad

k_d = factor de temperatura

k_e = factor de modificación por concentración de esfuerzo,

k_f = factor de efectos diversos,

De acuerdo a esto nuestro límite de fatiga sería:

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f * S'_e$$

Donde:

S_e = límite de resistencia a la fatiga del elemento.

S'_e = límite de resistencia a la fatiga de la - muestra de la viga rotatoria.

Para partir con la selección de nuestros factores podemos realizar nuestros cálculos del eje asumiendo cargas estáticas y posi-

ción no muy conservadora, debido al hecho de considerar esfuerzos constantes, con el fin de poder seleccionar los factores correctos de diseño.

Así:

$$d = \left[\left(\frac{32N'}{S_y} \right) (M^2 + T^2)^{1/2} \right]^{1/3} \quad (14)$$

Donde:

M = momento flexionante resultante total x,y

T = momento torsor total actuando sobre el eje= (Mts*4)

N' = factor de seguridad (4 para el caso condiciones de choque)

S_y = esfuerzo de fluencia

El esfuerzo de fluencia, S_y, se saca a partir del catálogo de materiales de SKF y es de 70 Kgr/mm² o 0.686*10⁹ N/m², y el momento flexionante M sería:

$$M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} = (36.25)^2 + (36.25)^2 = 2(36.25)N_m$$

$$M = 51.27 N_m$$

Reemplazando valores de la fórmula:

$$d = 25.217 \text{ mm.}$$

Partimos de este valor y tenemos:

$$K_a = \text{tabla (Ver figura 7-10 apéndice)} \cdot (S_{ut} = 200 \text{ Kip/pul}^2) = 0.64$$

$$K_b = \text{según Kuguek (Pág. 313 4ta. edición Shigley)} \\ -1.189 d^{-0.097}$$

$$K_c = 1 - 0.08 Z_r \text{ (para un 95 \% confiabilidad)} \\ Z_r = 1.645)$$

$$K_d = 1 \text{ (fórmula 7-22 pág. 321 Shigley)}$$

$$K_e = 1/K_f$$

Donde:

K_f = factor de reducción de resistencia a la fatiga.

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$

K_t = Determinada en base a la configuración geométr

trica de la pieza. (Se parte de $D/d = 1.25$
y $r/d = 0.125$

$q =$ radio de ranura = 5 mm (Tabla A-26-8) Ref. 10)

Reemplazando valores:

$$K_a = 0.64$$

$$K_b = 0.73427$$

$$K_c = 0.868$$

$$K_d = 1$$

$$K_e = 0.776A$$

Con esto sacamos que S'_e es igual a:

$$S'_e = 0.5 S_{ut} = 0.5(0.882 \cdot 10^{-9}) = 0.441 \cdot 10^{-9} \text{ N/m}^2$$

De la fórmula sacamos S_e :

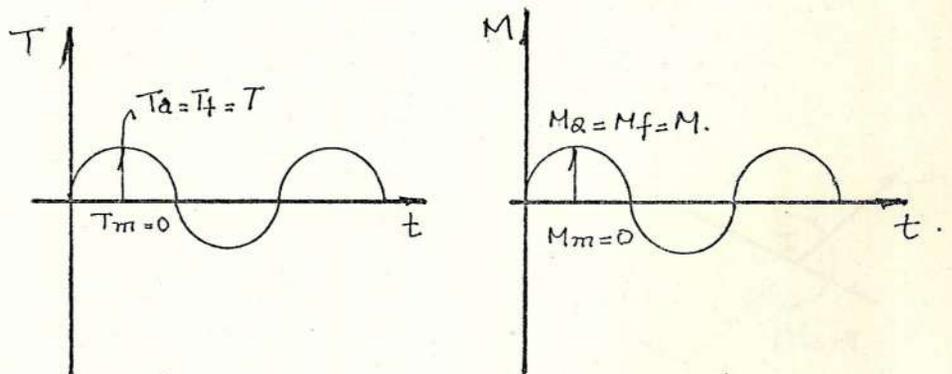
$$S_e = (0.64)(0.7342)(0.868)(1)(0.7764) \cdot 0.441 \cdot 10^{-9} \text{ N/m}^2$$

$$S_e = 0.1396 \cdot 10^{-9} \text{ N/m}^2$$

Con este factor de fatiga, introducimos los valores sacados en la fórmula del código - Westinghouse la cual es:

$$d = \left\{ \frac{48N'}{\pi} \left[\left(\frac{T_a}{S_e} + \frac{T_m}{S_y} \right)^2 + \left(\frac{M_a}{S_e} + \frac{M_m}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3} \quad (15)$$

Y considerando que los momentos son fluctuantes y actúan:



Reemplazando valores:

$$d = 38 \text{ mm.}$$

Debido a la disponibilidad de rodamientos del mercado y al coeficiente de fatiga K_e donde $D/d = 1.25$, encontramos que el $d=40$ y por consiguiente $D = 50 \text{ mm.}$

3.3.3.2. CALCULO DEL EJE DE TRANSMISION:

Teniendo en cuenta las fuerzas requeridas

de acuerdo a los requerimientos de potencia del implemento, nuestro diagrama de cuerpo libre sería:

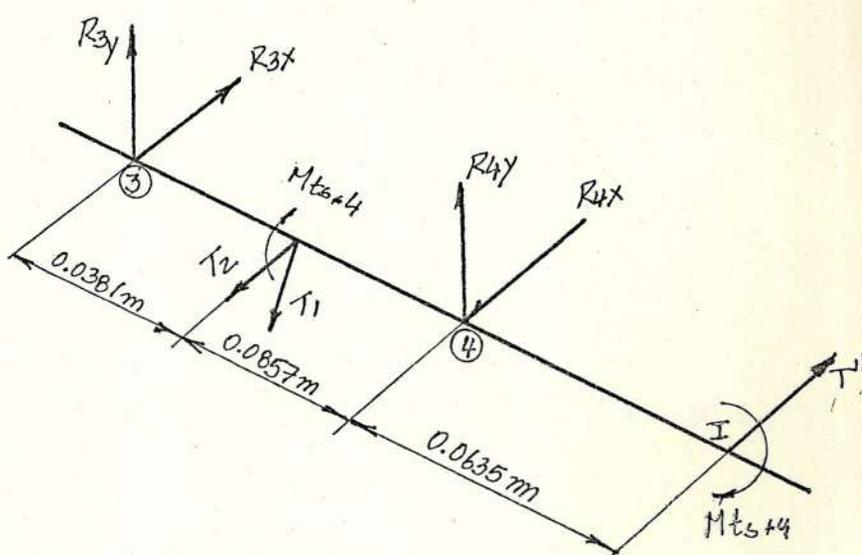


FIGURA N° 3.40. FUERZAS ACTUANDO EN EL EJE DE TRANSMISION

Para hallar T'' la cual es la tensión de la cadena, dividimos el torque total para el radio de la catalina de transmisión el cual es 52.5 mm., y considerando que el momento torsor de entrada es igual al momento torsor de salida tenemos lo siguiente:

$$T'' = \frac{(M_{ts+4})}{R}$$

Reemplazando los valores:

$$T'' = 1866.66 \text{ N}$$

Realizando la sumatoria de momentos con respecto al punto 4 obtenemos R_{3x} ; así:

$$\Sigma M_4y = T'(0.0635) - R_{3x}(0.1238) + T_2(0.0957) = 0$$

$$R_{3x} = \frac{T_2(0.0857) + T''(0.0635)}{0.1238}$$

$$R_{3x} = \frac{489.89(0.0857) + 1866.66(0.0635)}{0.1238} = 1296.6$$

$$R_{3x} = 1296.6 \text{ N}$$

Realizando la sumatoria de fuerzas en la dirección x tendríamos:

$$F_x = 0$$

$$T'' - R_{4x} + R_{3x} - T_2 = 0$$

Reemplazando:

$$1866.66 - R_{4x} + 1296.6 - 489.89 = 0$$

$$R_{4x} = \underline{\underline{2673.37 \text{ N}}} \quad (\leftarrow)$$

Tomando el punto 4 como referencia y realizando la sumatoria con respecto al eje x tenemos:

$$M_{4x} = R_{3y}(0.1238) - T_1(0.0857) = 0$$

$$R_{3y} = \frac{228.44(0.0857)}{0.1238} = 158.14 \text{ N}$$

$$R_{3y} = 158.14 \text{ N } (\uparrow +)$$

Con este valor, reemplazándolo en la ΣF_y , y obtenemos:

$$R_{3y} - T_1 + R_{4y} = 0$$

$$R_{4y} = T_1 - R_{3y}$$

$$R_{4y} = 228.44 - 158.14 = 70.3 \text{ N}$$

$$R_{4y} = 70.3 \text{ N } (\uparrow +)$$

Con estos valores calculados sacamos R_1 ; R_2 , R_3 y R_4 ; así por lo tanto:

$$R_1 = \sqrt{R_{1x}^2 + R_{1y}^2} = \sqrt{94^2 + 265^2} = 281.17 \text{ N}$$

$$R2 = \sqrt{R2x^2 + R2y^2} = \sqrt{94^2 + 265^2} = 281.17 \text{ N}$$

$$R3 = \sqrt{R3x^2 + R3y^2} = \sqrt{1296.6^2 + 158.14^2} = 1306.21 \text{ N}$$

$$R4 = \sqrt{R4x^2 + R4y^2} = \sqrt{2673.37^2 + 70.3^2} = 2674.3 \text{ N}$$

Realizando los diagramas respectivos de momento torsor, momento flexionante y fuerza cortante, tenemos el diagrama de momento torsor en la figura N° 3.41.

Analizando independientemente los puntos 3,4,I,K, tenemos:

$$M3 = \sqrt{Mx^2 + My^2} = \sqrt{0+0} = 0$$

$$Mk = \sqrt{Mx^2 + My^2} = \sqrt{(49.4)^2 + (6.025)^2} = 49.766 \text{ N}_m$$

$$M4 = \sqrt{Mx^2 + My^2} = \sqrt{(118.53)^2 + 0} = 118.53 \text{ N}_m$$

$$MI = \sqrt{Mx^2 + My^2} = \sqrt{0 + 0} = 0$$

Consideremos la fórmula N° 14, del inciso 3.3.3.1. y tomamos el valor máximo donde está actuando el momento flexionante.

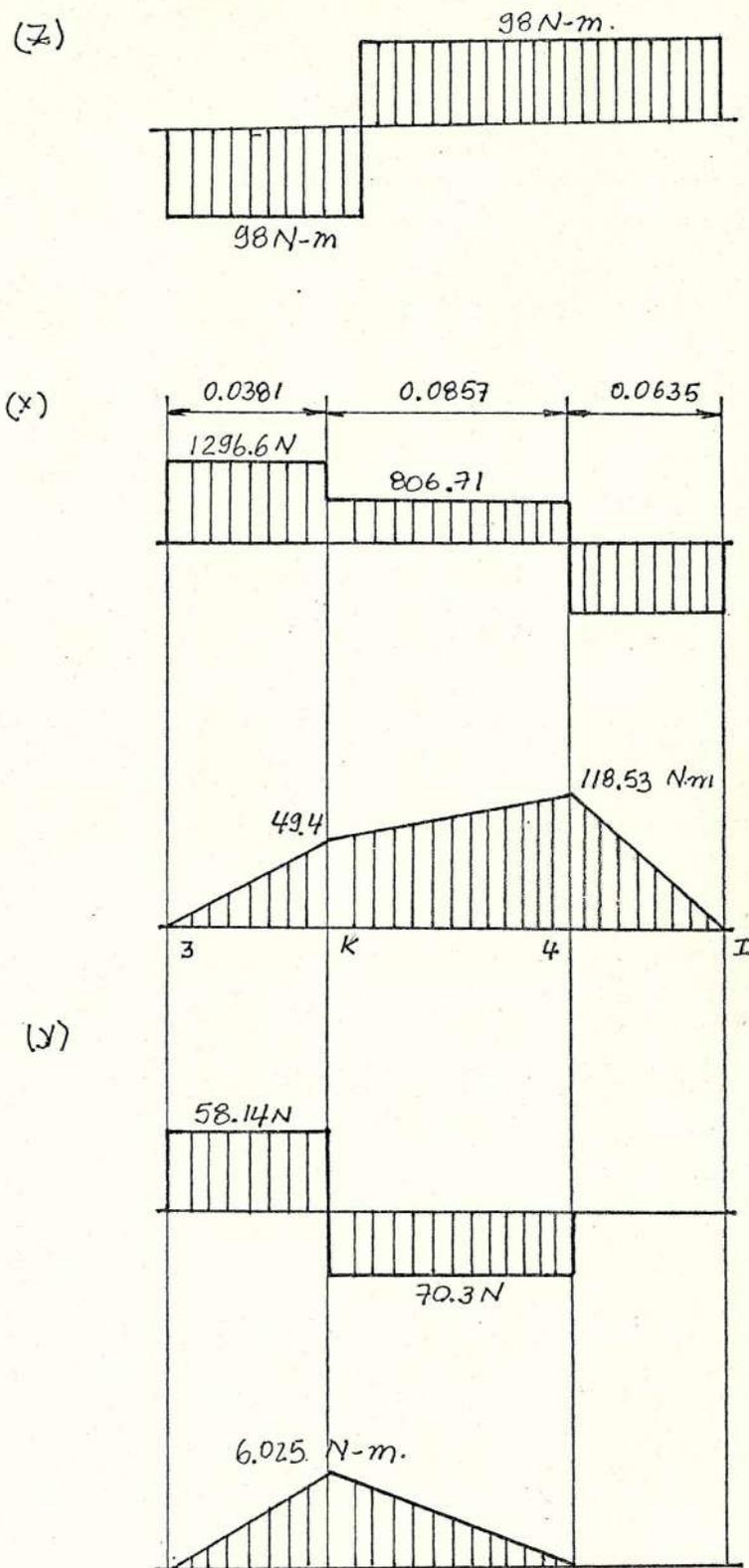


FIGURA N° 3.41. DIAGRAMAS DE MOMENTO TORSOR, FUERZAS EXISTENTES Y MOMENTO FLECTOR.

$$d = \left[\left(\frac{32N'}{S_y} \right) (M^2 + T^2)^{1/2} \right]^{1/3}$$

De esto obtenemos que:

S_y = esfuerzo de fluencia (N/m^2)

N' = factor de seguridad (2,5 en el caso de transmisión de maquinaria liviana sometida a vibración.

M = momento flexionante total x, y

T = momento torsor total actuando sobre el eje.

Tomando como esfuerzo de fluencia del catálogo de materiales SKF como 50 Kgr/mm^2 , osea $0.489304 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$. Reemplazando en la fórmula N° 14:

$$d = 0.01857 M = 18.57 \text{ mm} = 20 \text{ mm.}$$

Tomando en cuenta que:

$$K_a = \text{tabla (fig.7-10. Ref.10)} = 0.64$$

$$K_b = \text{según Kugel} = 0.889164$$

$$K_c = 0.868$$

$$K_d = 1$$

$$K_e = 0.7964$$

Con esto:

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * S'_e$$

$$S'_e = 0.5 S_{ut} = 0.5(1.117 * 10^9) \text{ N/m}^2 = 0.5585 * 10^9 \text{ N/m}^2$$

$$S_e = (0.64)(0.889)(0.868)(1)(0.7764)(0.5585 * 10^9 \text{ N/m}^2) = 0.214146 * 10^9 \text{ N/m}^2$$

Con este factor de fatiga introducimos los valores sacados en la fórmula del código Westinghouse la cual es:

$$d = \left\{ \frac{48N'}{\pi} \left[\left(\frac{T_a}{S_e} + \frac{T_m}{S_y} \right)^2 + \left(\frac{M_a}{S_e} + \frac{M_n}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

Con esto:

$$d = 0.03016 \text{ m} = 30.16 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$$

3.3.3.3. CALCULO Y SELECCION DE RODAMIENTOS DEL EJE DE TRANSMISION Y DEL EJE PRINCIPAL:

La fórmula que determina la duración nominal y la relación entre la carga dinámica y la

aplicada al rodamiento viene expresada por:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^{p'} \quad (16)$$

Donde:

L_{10} = duración nominal en millones de revoluciones.

C = capacidad de carga dinámica (New).

P = capacidad dinámica equivalente sobre el rodamiento.

p' = exponente (3 para rodamientos de bolas y 10/3 para rodillos)

Si lo más importante saber es la duración nominal en base a las horas de servicio, su fórmula es:

$$L_{10h} = \frac{1000000}{60 n} \left(\frac{C}{P}\right)^{p'} \quad (17)$$

Donde:

L_{10h} = duración nominal en horas de servicio

N = número de revoluciones (rpm)

Para el caso de eje principal:

$L_{10h} = 25000h$ (pág. 31 catálogo SKF)

$N = 500$ rpm

$P = 281.17$ N

Con esto:

$$\frac{C}{P} = 9.11 \quad C = 9.11 P$$

Así el valor de $C \geq 2561.45$ New o sea que considerando adicionalmente que debe poseer el eje, flexibilidad lateral y un mayor apoyo lateral - elegimos el rodamiento de rótula 1310 K cuyo diámetro interior es de 50 mm.

Para el eje de transmisión $C \geq 24362$ New, así elegimos un rodamiento 3206 en el extremo del embrague y un rodamiento de bolas 6307 en el otro extremo del eje.

3.3.3.4. CALCULO DEL SISTEMA DE EMBRAGUE DE GARRAS:

Este tipo de embrague seleccionado sirve cuando se desea una operación sincronizada y tienen las siguientes características:

- No tiene deslizamiento
- No genera calor
- No puede conectarse a altas velocidades (sobre los 800 rpm).
- A veces no puede cerrarse cuando los ejes es tán en reposo.
- Su conexión a cualquier velocidad va acompañada de choque.

Para el cálculo asumimos que la fuerza generada por el torque de transmisión actúa en el centro de cada diente y está determinada por la ecuación:

$$F_{tt} = \frac{Mts * 4}{K(Vo + Vi) / 2}$$

Donde:

$Mts * 4$ = torque de transmisión

K = número de dientes

Vo = radio externo del diente

Vi = radio interno del diente

Ahora el esfuerzo de corte actuando sobre un diente está dado por:

$$\tau_{tt} = \frac{F}{\frac{\pi 2 (Vo + Vi)}{2} * \frac{t_D * \theta'}{360}}$$

Reemplazando F obtenemos que:

$$\zeta_{tt} = \frac{2(Mts*4) * 360}{K\pi(Vo+Vi)^2 * t_D * \theta'}$$

Donde t_D es el espesor del diente que es $(Vo-Vi)$ y θ' es el ángulo que forma el diente. Para nuestro caso:

$$\theta' = 45^\circ$$

$$t_D = Vo - Vi = 42 - 32 = 10 \text{ mm.}$$

$$Vo = 42 \text{ mm.}$$

$$Vi = 32 \text{ mm.}$$

$$Mts*4 = 98 \text{ N-m}$$

Con esto:

$$\zeta_{tt} = 2.278 * 10^6 \text{ N/m}^2$$

Para el caso del acero AISI/SAE 3215 cementado (ASSAB 7210) obtenemos que:

$$Sy = 45 \text{ Kgrf/mm}^2$$

$$Sy = 441 * 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\begin{array}{l} \text{Resistencia} \\ \text{al} \\ \text{Impacto} \end{array} = \frac{6 \text{Kgrf-m}}{\text{cm}^2} = \frac{588 * 10^3}{1} \frac{\text{N-m}}{\text{m}^2}$$

Verifiquemos el factor para el cortante:

$$N = \frac{S_y}{\zeta_{tt}} = \frac{441 * 10^6 \text{ N/m}^2}{2.278 * 10^6 \text{ N/m}^2} = 193.59$$

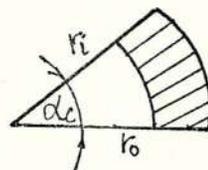
El área para impacto será:

$$A_{MI} \text{ área mínima para impacto} = \frac{(\text{Mts} * 4)}{\text{Resistencia al impacto}}$$

Así:

$$A_{MI} = \frac{98 \text{ N-m}}{588 \frac{\text{N-m}}{\text{m}^2} * 10^3} = 1.666 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

Teniendo presente que el área de un sector circular es A_{sc} , y para nuestro caso la crítica para impacto:



$$A_{sc} = \frac{\alpha_c}{360} * \pi * (V_o^2 - V_i^2)$$

$$A_{sc} = \frac{45}{360} * \pi * (7.4 * 10^{-4})$$

$$A_{sc} = 2.906 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

Verificando el factor de seguridad para im
pacto será:

$$N_I = \frac{A_{sc} \text{ (Area del sector del diente)}}{A_{mi} \text{ (área mínima del impacto)}}$$

$$N_I = \frac{2.906 * 10^{-4} \text{ m}^2}{1.666 * 10^{-4} \text{ m}^2} = 1.744$$

Tenemos un factor de 74.4 % de sobrecarga en
impacto lo que supera nuestras exigencias.

3.3.3.5. CALCULO DE LA CAJA SOPORTE:

Para este cálculo procedemos a realizar el -
análisis de la sección de la caja que reci
be todos los esfuerzos producidos por el la
boreo. En dicha sección podemos realizar un
análisis conservador del espesor mínimo de la
placa con respecto a las fuerzas de tensión
involucradas así:

(Ver figura N° 3.42. en la siguiente página)

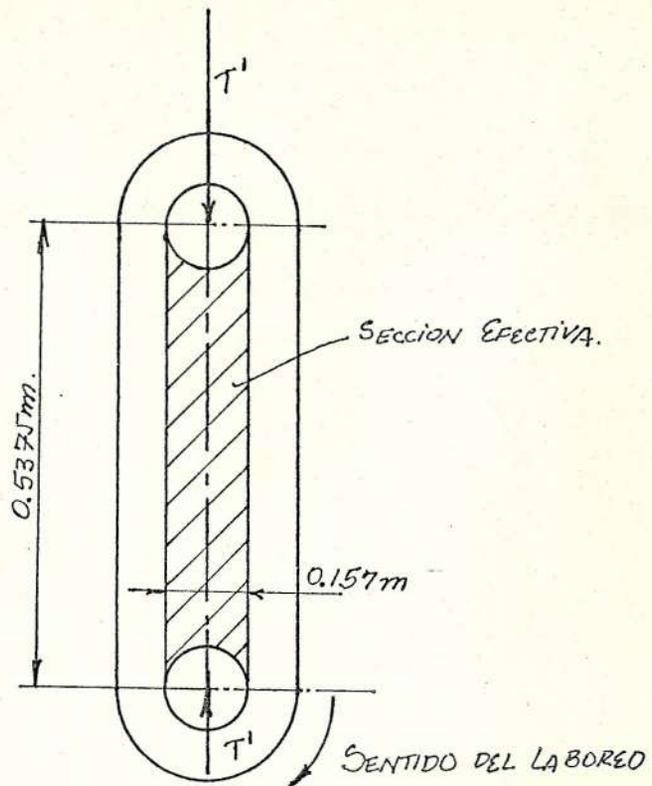


FIGURA N° 3.42. GRAFICO DE LA CAJA DE TRANSMISION

El caso crítico sería:

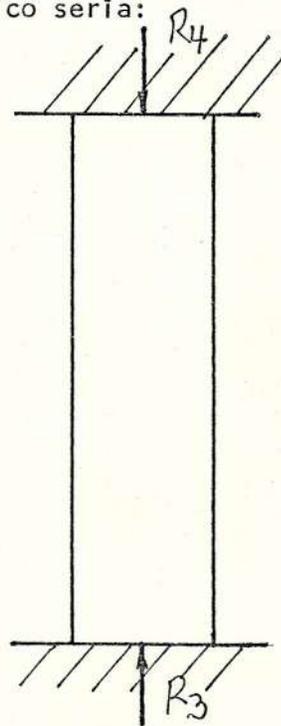


FIGURA N° 3.43. GRAFICO DE UNA SECCION DE LA CAJA CON SUS FUERZAS TRANSMITIDAS.

Así si $R_4 = 2674.3$ si $S_y = 220.48 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$ entonces:

$$R_3 = 1306.21. \text{ Si sabemos que } P_{cr} = \frac{4\pi^2 EI'}{L^2}$$

$$I_1 = \frac{(0.157)(2 \cdot 10^{-3})^3}{12} = 1.04 \cdot 10^{-10}$$

$$I_2 = 3.532 \cdot 10^{-10}$$

$$I_3 = 8.37 \cdot 10^{-10}$$

Así P_{cr} de la placa es:

$$e = 2 \text{ mm} \quad P_{cr} = 2941.75 \text{ N}$$

$$e = 3 \text{ mm} \quad P_{cr} = 9990.65 \text{ N}$$

$$e = 4 \text{ mm} \quad P_{cr} = 23675.47 \text{ N}$$

Elegimos el espesor de 3 mm., lo cual conserva
dormente hablando nos da un factor de segu
ridad de:

$$N_{sca} = \frac{P_{cr}}{R_4} = \frac{9990.65 \text{ N}}{2674.3 \text{ N}}$$

$$N_{sca} = 3.74$$

3.3.4. Selección de materiales:

De acuerdo al tipo de suelo en el que se vaya a realizarse la labor y al tipo de fresadora que se elige - el material de las cuchillas.

Tomando en cuenta el tipo de trabajo a realizarse procedemos a una elección apropiada del material.

En la siguiente tabla de acuerdo al tipo de esfuerzo realizaremos una elección del material recomendado para cada caso y su equivalencia internacional:

ELEMENTO	ESFUERZO	MATERIAL
CUCHILLAS	Sometido a impacto y a desgaste abrasivo.	Acero cementado o tratado térmicamente con con austempering.
EJE PRINCIPAL.	Sometido a torsión y a factores corrosivos.	Acero aleado del Cr-Ni Mo con una resistencia a la torsión elevada.
CAJA TRANSMISION	Sometida a vibración y pandeo.	Acero fundido Acero SAE 1018 por ser prototipo experimental.
TAPAS DE ALOJAMIENTO.	Sometida a esfuerzos cortantes	Acero fundido Acero SAE 1018 por ser prototipo experimental.

3.3.5. Proceso de fabricación

Los tiempos de mecanizado de las diversas partes tratadas en el apartado anterior fueron prefijados con respecto a condiciones de corte óptimas para estos tipos de materiales, un ejemplo de un programa de computadora - descrito en el apéndice, así como algunos procesos de fabricación de los elementos más importantes.

3.3.6. Pruebas de campo

En la prueba de campo preliminar se obtuvieron resultados favorables, pero llegado a rediseñar las cuchillas, debido a que las cuchillas acodadas son utilizadas en terrenos secos y franco - arenosos.

Los resultados que se obtuvieron luego de las correcciones favorables, los podemos observar en las fotografías que están en la siguiente página.

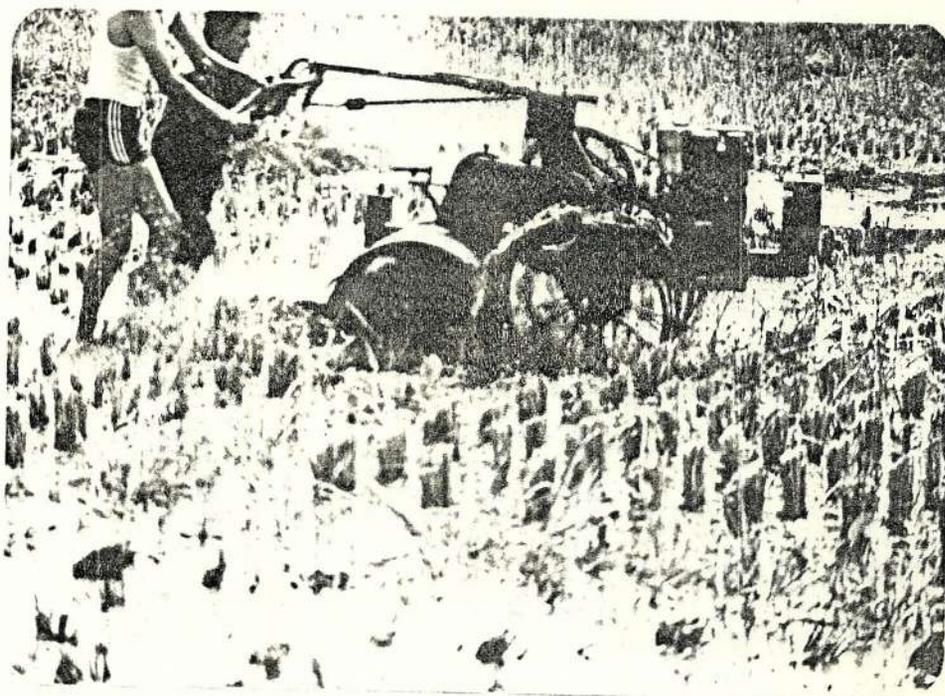


FOTO N° 3.8 . PRUEBA DEL ARADO ROTATIVO



FOTO N° 3.9 . CAJA DE ARADO ROTATIVO ARMADA Y EN PROCESO DE CONSTRUCCION.

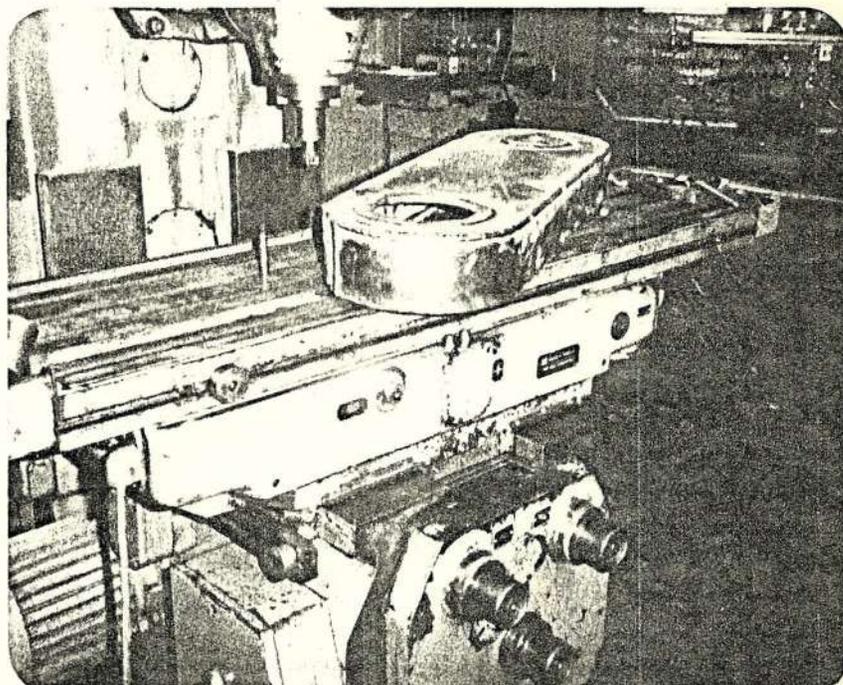


FOTO N° 3.10. CAJA DE ARADO ROTATIVO MONTADA EN LA FRESADORA PARA LA RECTIFICACION DE LOS ASIENTOS DE LAS TAPAS.

3.4. DISEÑO Y CALCULO DE UN CULTIVADOR

3.4.1. Determinación de alternativas de diseño

El objetivo principal de los cultivadores es de crear una cama superficial con una estructura adecuada para la germinación de las semillas.

Las semillas, para obtener un contacto adecuado entre ellas y la tierra requieren una cama con una relación de aire / agua muy estrecha la cual es necesaria para el desarrollo del cultiyo (Germinación).

Basicamente, estos implementos son utilizados para - mantener la aireación y capacidad de absorción de agua en la cama superior y se usan para flojar la tierra entre las hileras, mezclando la tierra con fertilizantes aplicados con el cultivo ya implantado.

3.4.2. Fijación de alternativas técnicas

La mayor diferencia entre los diferentes cultivadores es triba en la forma de sus rejas, y de acuerdo a esto se clasifican en:

REGENERADORAS DE PRADO:

Estrechas y cortantes empleadas para sanear praderas.

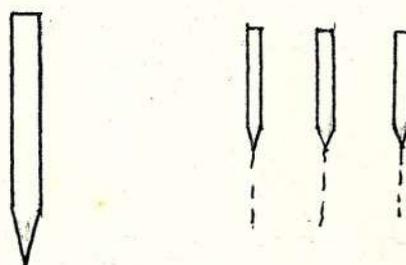


FIGURA N° 3.44. FORMA DEL CULTIVADOR REGENERADOR DE PRADO

ESCARIFICADORAS:

Robustas y trabajan a bastante profundidad.

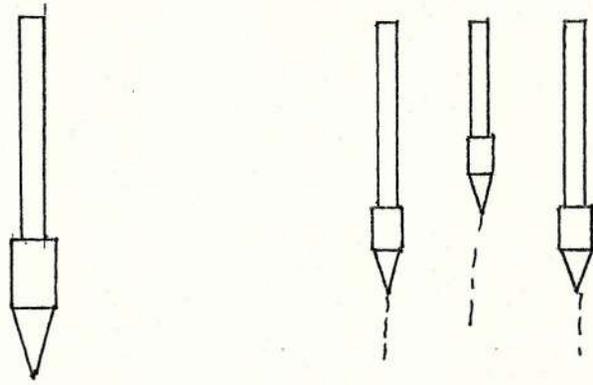


FIGURA Nº 3.45. FORMA DEL CULTIVADOR ESCARIFICADOR

BINADORAS:

Estrechas, las más empleadas.

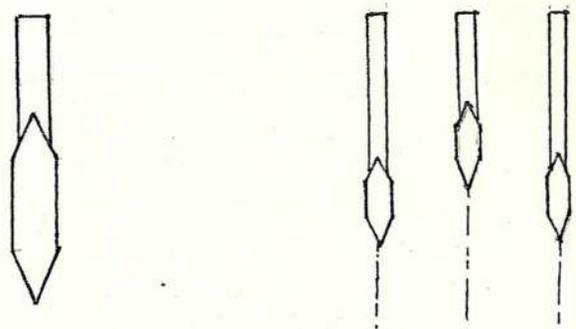


FIGURA Nº. 3.46. FORMA DEL CULTIVADOR BINADORAS

COLA DE GOLONDRINA:

Utilizada para combatir las malas hierbas

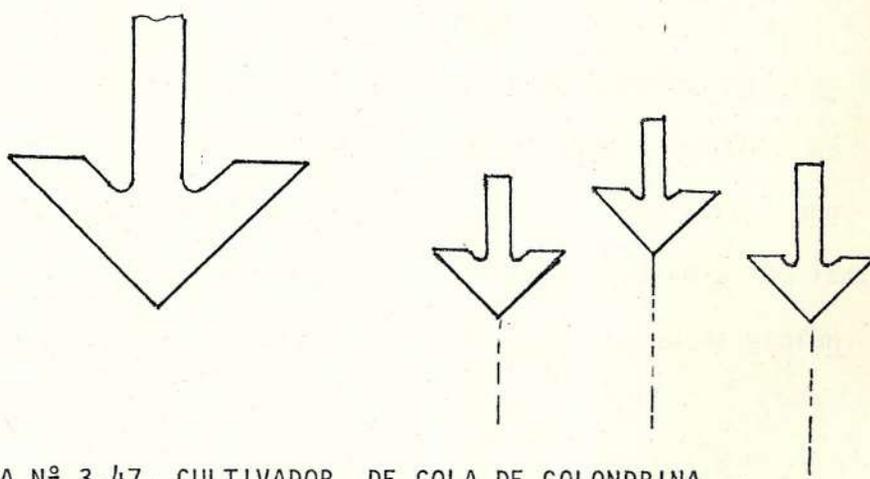


FIGURA N^o 3.47. CULTIVADOR DE COLA DE GOLONDRINA

Otra distinción entre los cultivadores se establece a partir de los distintos tipos de brazos:

- a. Rígidos: prácticamente no se utilizan
- b. Rígidos con muelle: deshacen mejor los terrones por la vibración debida al muelle.
- c. Flexibles de ballesta: especiales para malas hierbas.
- d. Flexibles en espiral: usadas en labores profundas.

Lo que se quiere en el cultivo de arroz es un combate efectivo de las malas hierbas y el deshacer los terrones, para esto combinamos las alternativas anteriores, seleccionando

un cultivado cola de golondrina con brazos rígidos con muelle.

3.4.3. Cálculo de los elementos de un cultivador

Para definir los valores de diseño, requerimos de datos recomendados en diferentes tablas. En el Apéndice E nos dá que la fuerza de fracción de un cultivador para una profundidad de 10 cm., es de aproximadamente 40 a 120 lbs. o lo que es lo mismo 392-117 por cada pulgada de profundidad.

Por esto la fuerza de tiro en cada cultivador será:

$$F_{cult1} = 60 \frac{lb}{pul} * 4 pul = 240 lb \text{ o } 2352 N$$

Esta corresponde a un escarificador

Según la referencia 6 en el cultivador en líneas tenemos un consumo de :

$$F_{culttotal} = 585 - 1200 N/m$$

Si tomamos el valor máximo de 1200 N y dividimos para 4 cultivadores actuando en el terreno, podemos decir que la fuerza

za real en cada cultivador es de 400 N.

Otro método de hallar la F de cada cultivador es mediante el esfuerzo cortante del terreno, en apartados anteriores MAX. Así de apartados anteriores considerando que el peso del implemento es 105 lbs., repartidas a su vez en 4 partes, el esfuerzo normal será:

$$\sigma_N = \frac{\text{fuerza sobre un cultivador}}{\text{Area normal (AN)}} = \frac{11.93 \text{ N}}{0.01 \text{ m}^2} = 1193 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$\zeta_{\text{Max}_C} = 352800 + (1193) \text{tg } 35^\circ = 353635.35$$

$$\zeta_{\text{Max}_C} = 353635.35 \text{ N/m}^2$$

Así con el área de corte del implemento obtendríamos la fuerza de corte. Si dicha área es de 0.0225 m^2 aproximadamente la fuerza en cada cultivador será:

$$F_{\text{cult}} = 7956.79 \text{ N}$$

Teniendo en cuenta esto, considerando un muelle de hojas - rectas apiladas con los siguientes datos:

N = número de espiras

b = ancho de espiras: 45 mm

h = espesor de espiras: 6,35 mm.

L = longitud de las espiras: 430 mm.

Sy = esfuerzo de fluencia acero 1045 A 90 Re

$$= 180000 \text{ lb/pul}^2 = 1240.2 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

De la referencia N° 7, obtenemos que:

$$F_{\max} = \frac{Nbh^2Sy}{6L} \quad (18)$$

Tomando un mínimo de dos espiras:

$$F_{\max_C} = \frac{2 \cdot (0.045) (6.35 \cdot 10^{-3})^2 1240.2 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2}{6 \cdot (0.43)}$$

$$F_{\max_C} = 174418.25 \text{ N}$$

Tomando este valor, nuestro factor de seguridad será:

$$N_{S_w} = \frac{174418.25 \text{ N}}{7956.79 \text{ N}} = 21.92$$

Factor apropiado previniendo impacto y vibraciones excesivas.

3.4.3.1. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA:

Para este caso consideremos los extremos del cultivador en donde se realizan los máximos esfuerzos, así:

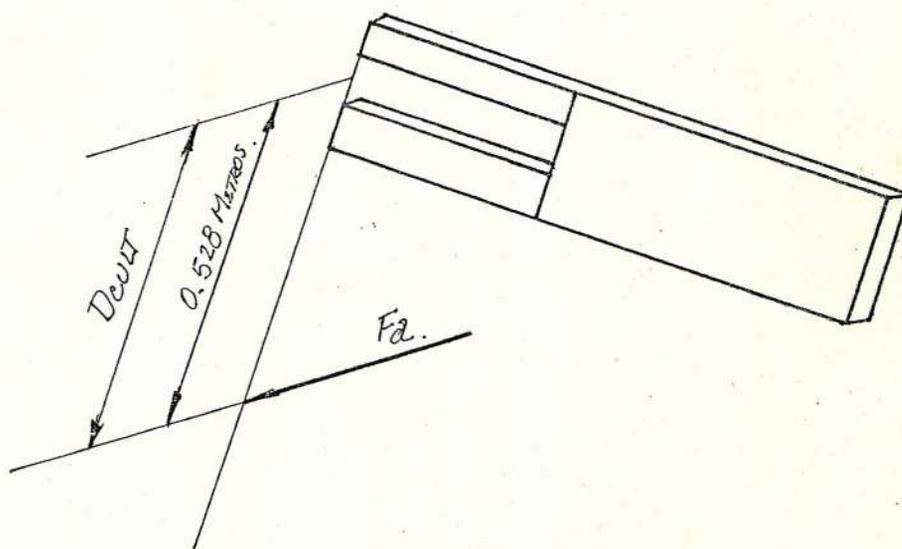


FIGURA N° 3.48. DIAGRAMA DE FUERZAS EN LA ESTRUCTURA

El momento torsor del cultivador será:

$$M_{cul} = F_{cult} * deult$$

Así en el elemento 1 tendremos:

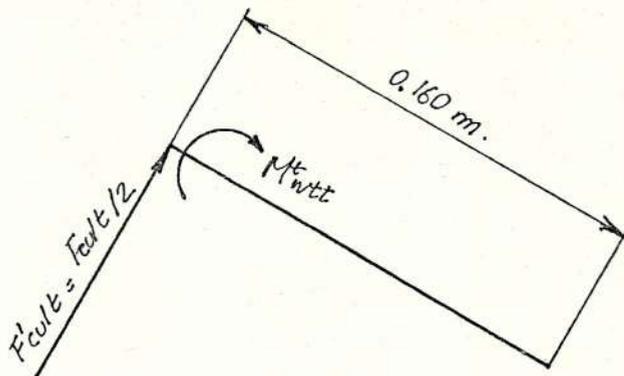


FIGURA N° 3.49. GRAFICO DE LA FUERZA ACTUANDO EN UN ELEMENTO DE LA ESTRUCTURA.

Así:

$$F'_{cult} = 400 \text{ N}/2 = 200 \text{ N}$$

$$M_{cult} = 400 \text{ N} * 0.528 = 211.2 \text{ N-m}$$

De la referencia N° 8 (curso superior de resistencia de materiales, pág. 272, fórm. 310), obtenemos:

$$\zeta_{cult}^{\max} = \frac{M_{cult} * h}{1/3 \Sigma b h^3} = \frac{M_{cult} * \text{Espesor}}{1/3 \Sigma (\text{ancho}) (\text{espesor})} \quad (19)$$

Donde h es el espesor del elemento y b el lado mayor, por facilidad de montaje escogemos un ángulo de $50 \times 50 \times 3$ cuyo módulo de sección es: 2.13×10^{-6} . Así el esfuerzo de flexión será:

$$\sigma_{fcult} = \frac{M_{cult}}{Z_{cult}}$$

Verificando:

$$\zeta_{cult}^{\max} = 1.408 * 10^6 \text{ N/m}^2$$

y;

$$\sigma_{fcult} = 15,021 * 10^6 \text{ N/m}^2$$

Con esto es esfuerzo principal es:

$$\sigma'_{cult} = \sqrt{\sigma_{fcult}^2 + 3 \zeta_{cult}^{\max 2}} =$$

$$\sigma'_{cult} = 15.087 * 10^6 \text{ N/m}^2$$

Así el factor de seguridad es:

$$N_s = \frac{S_y}{\sigma'_{cult}} = \frac{220.48}{15.087} = 14.614$$

3.4.3.2. DISEÑO DE LA SOLDADURA:

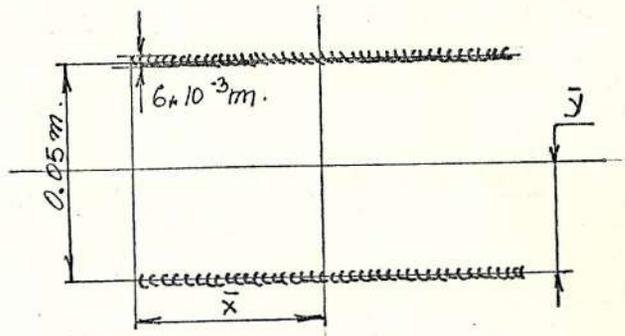
Con la fuerza total del cultivador considerando la estructura podemos sacar el esfuerzo en la soldadura será:

$$\sigma_{SC} = \frac{F_{cult \text{ total}}}{A_{sold-corte}} + \frac{M_{fc}}{I}$$

Tomando que:

$$I = 0.707 I_U * h$$

Donde:



$$A = 0.1 * 6 * 10^{-3} = 0.6 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\bar{x} = 0.05 \text{ m}$$

$$\bar{y} = 0.025 \text{ m}$$

$$I_U = \frac{(0.1)(0.05)^2}{2} = 1.25 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

Así:

$$I = 0.707(1.25 \cdot 10^{-4}) \cdot 6 \cdot 10^{-3} =$$

$$I = 5.3025 \cdot 10^{-7}$$

Con esto:

$$\sigma_{\text{cult}} = \sigma_{\text{cs}} = \frac{800\text{N}}{2(0.6 \cdot 10^{-3})\text{m}^2} + \frac{422.4 \cdot 0.025}{5.3025 \cdot 10^{-7}} =$$

$$\sigma_{\text{cult}} = \sigma_{\text{cs}} = 20.581 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

El factor de seguridad por tanto será para un electrodo E6011 \emptyset 1/8".

$$N_{\text{ssc}} = \frac{0.6 S_y}{\sigma_{\text{cs}}} = \frac{(344.5 \cdot 10^6) \cdot 0.6}{20.58 \cdot 10^6} =$$

$$N_{\text{ssc}} = 10.04$$

3.4.4. Selección de materiales

Para el cultivador tenemos lo siguiente:

ELEMENTO	SOMETIDO A	MATERIAL RECOMEN- DADO.
CUCHILLA	Adhesión, fatiga de super- ficie, impacto.	Acero 1045 templado y revenido.
FLEJES	Flexión	Acero medio % de C para flejes.
ESTRUCTURA	Esfuerzos combinados	Acero de construcción.

Dichos materiales son seleccionados en base a experiencias adquiridas.

3.4.5. Proceso de fabricación

Para el proceso de fabricación simplemente se considera el taladro de las platinas de los flejes, el soldado de la estructura; y, el acople de la misma al motocultivador.

El gráfico del cultivador ya armado está mostrado a continuación. (antes de la prueba de campo).

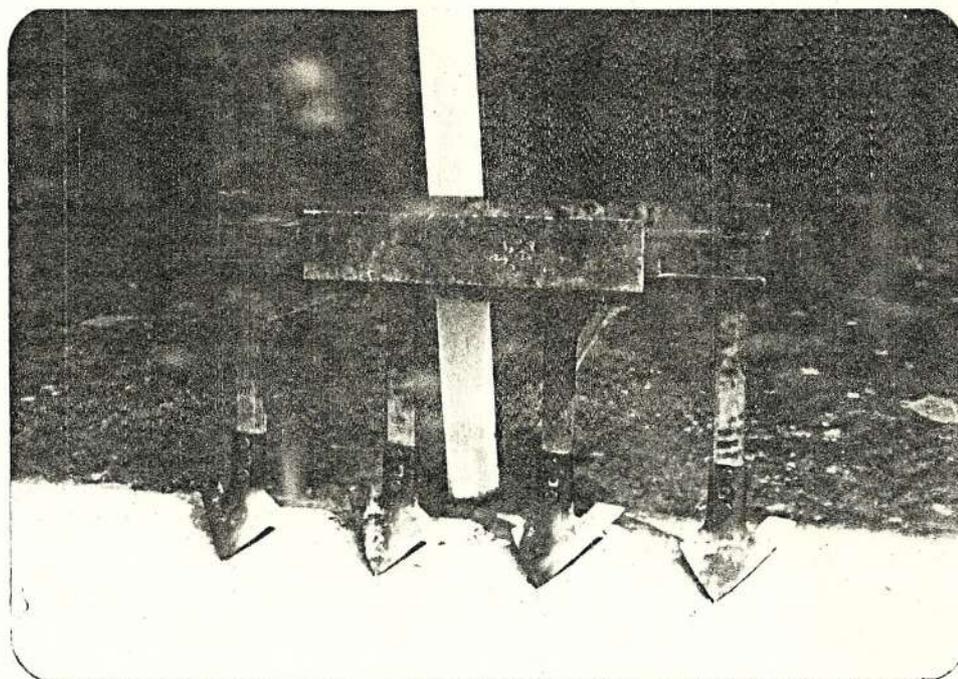


FOTO N° 3.11. CULTIVADOR ENSAMBLADO ANTES DE LA PRUEBA DE CAMPO.

3.4.6. Pruebas de campo

De acuerdo al punto de vista práctico antes de procederse a realizar la prueba en el campo se realizó la verificación de la fuerza con respecto a la de flexión del fleje del cultivador. Se observó que la deflexión era de media pulgada por cada 25 Kgrf de fuerza o sea 245 N.

(Ver foto N° 3.14.)

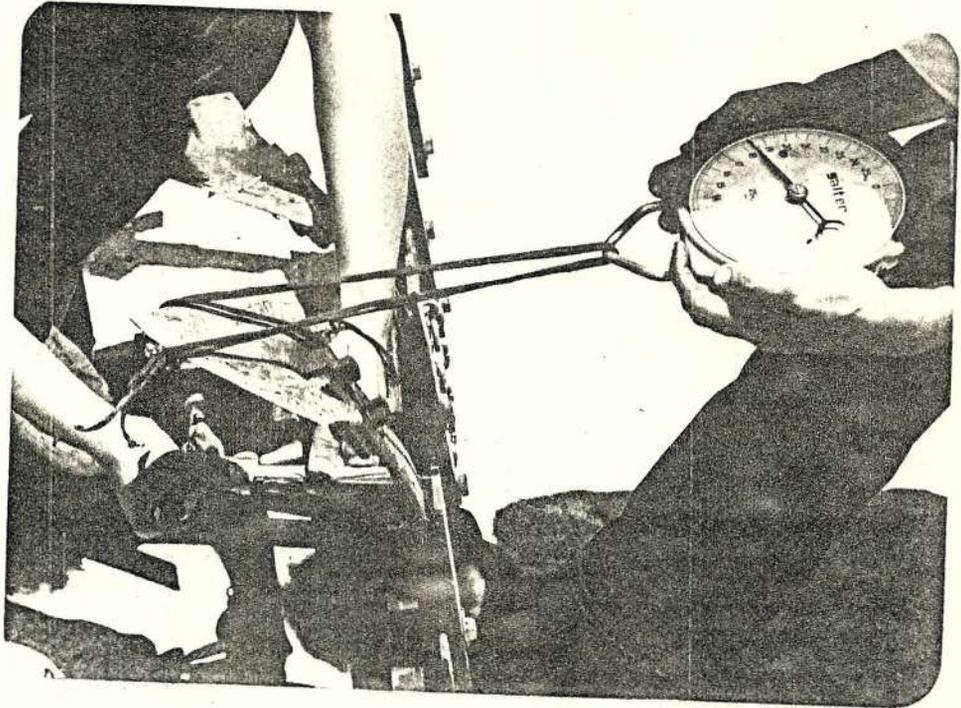


FOTO N° 3.12. CON 18.5 Kgrf, APROXIMADAMENTE TIENE UNA DEFLEXION DE 9.5 mm.

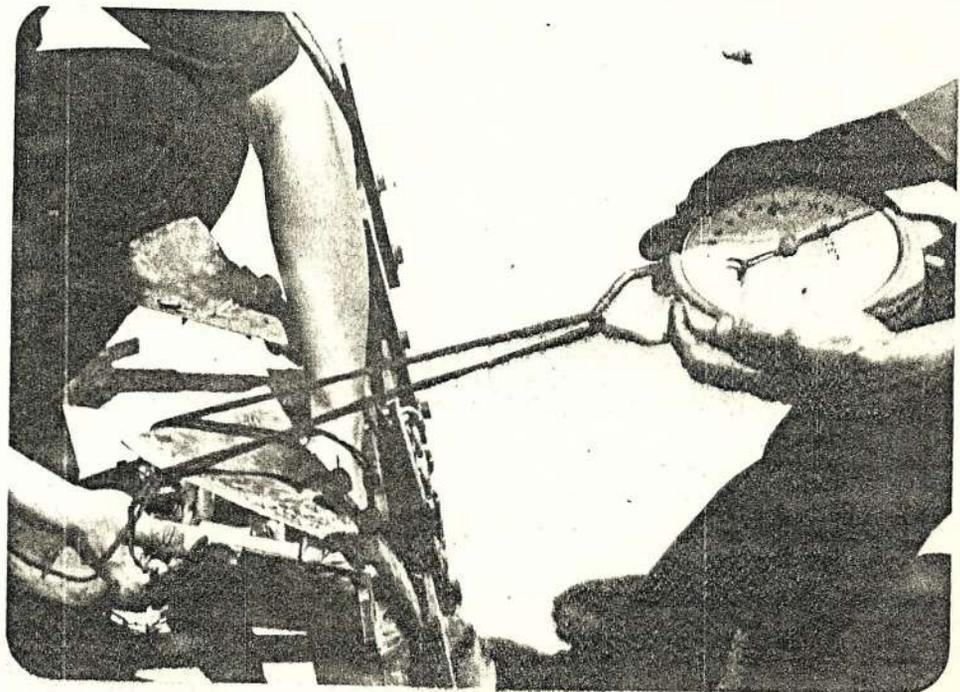


FOTO N° 3.13. CON 25 Kgrf DE FUERZA APROXIMADAMENTE POSEE UNA DEFLEXION DE 13 mm.

Procediendo posteriormente al acople del cultivador, y posteriormente a la prueba en el campo se obtuvieron resultados favorables.

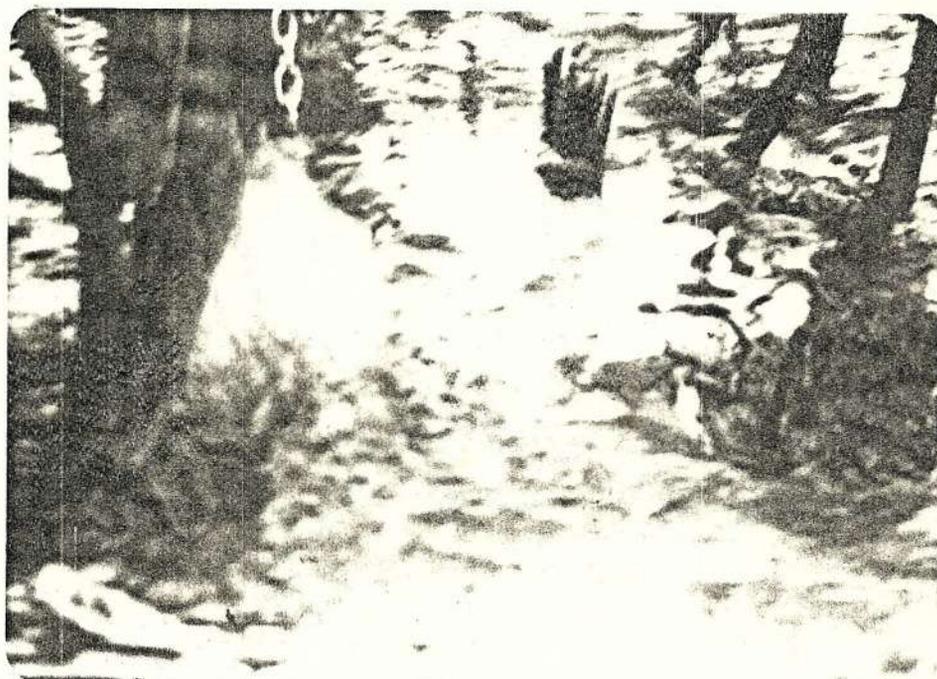


FOTO Nº 3,14. CULTIVADOR TRABAJANDO EN LA PRIMERA PRUEBA DE CAMPO.

C A P I T U L O I V

PRUEBAS DE CAMPO DEFINITIVAS

Las pruebas de campo definitivas se realizaron enfocando dos aspectos fundamentales:

1. Preparación del terreno:

Es de suma importancia hacerlo adecuadamente y considerando - la resistencia que el suelo ofrece para ser labrado; en - nuestro caso, siembra de arroz, se deben satisfacer las siguientes condiciones:

- a. La humedad apropiada del campo es importante ya que el peso del motocultor será soportado por el terreno inundado; además, esta disminuye la resistencia al corte y cohesión facilitando la operación de la labranza y exigiendo un bajo caballaje. La humedad está relacionada con el tiempo de permanencia del agua en el terreno el cual, para nuestro caso en particular, debe de ser inundado cuando menos por 24 horas, previa a la operación de labranza.

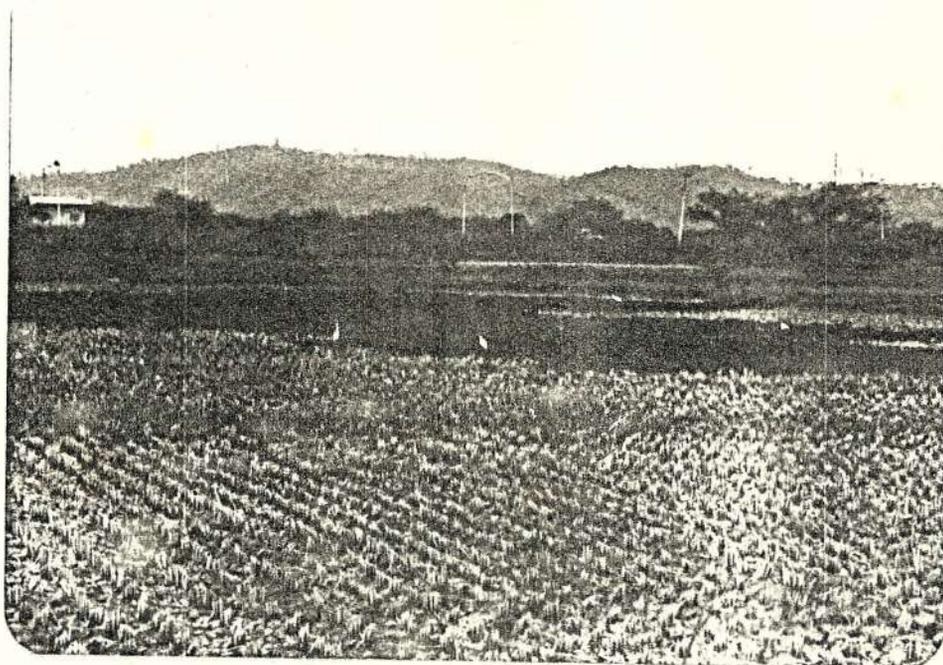


FOTO Nº 4.1. QUEMA DE PANCA DEL TERRENO

b. De preferencia el terreno debe encontrarse libre de tallos y residuos del corte lo cual puede evitarse quemando el terreno.



FOTO Nº 4.2. INUNDACION DEL TERRENO A MECANIZARSE

2. Preparación de la máquina:

La preparación de la máquina responde a una operación previamente planificada y que tiene como objetivo principal establecer la facilidad, rapidez y precisión con que tanto el arado de vertedera, cultivador y arado rotativo, deben ser acoplados a la máquina motríz, o sea al motocultivador.

A este respecto, podemos decir que con el cultivador y el arado rotativo, se cumplen a cabalidad con las éxigencias anotadas, pero con el arado rotativo tenemos una mayor exigencia, tanto de alineamiento de sus respectivos mecanismos como el de mantener un equipo equilibrado; lo cual hace un poco complejo su acoplamiento en campo. Por lo que una vez planificada la operación a realizar con el arado rotativo, debemos preparar la máquina considerando todos los factores anotados.

A continuación podremos apreciar las fotos N^os. 4.3, 4.4., 4.5, - 4.6., 4.7., 4.8., y 4.9.



FOTO N° 4.3. SECCION DEL TERRENO INUNDADO

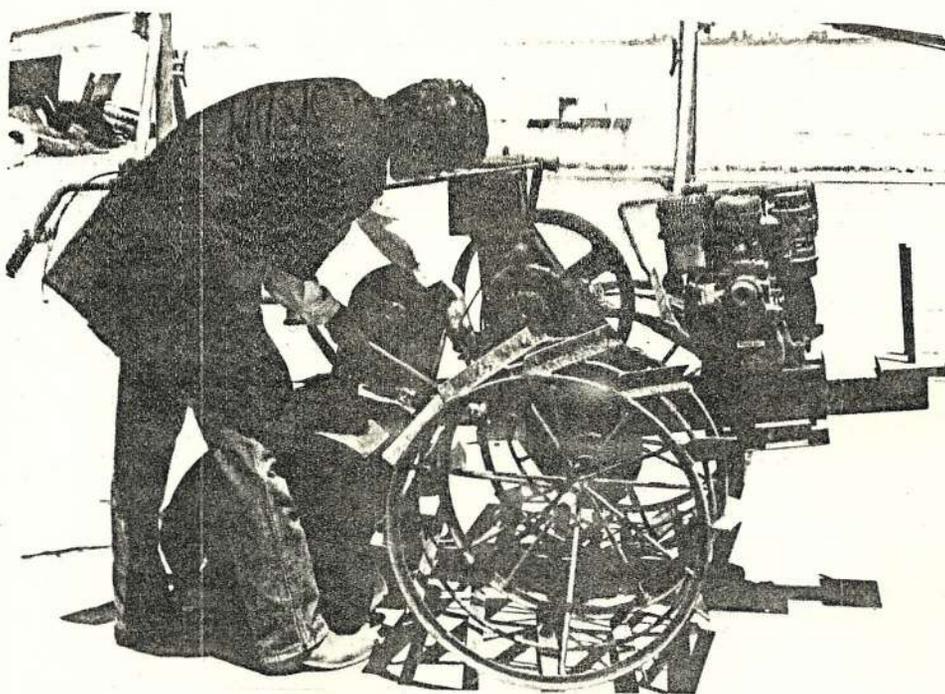


FOTO N° 4.4. MONTAJE DEL ARADO ROTATIVO FASE I (ACOPLE)

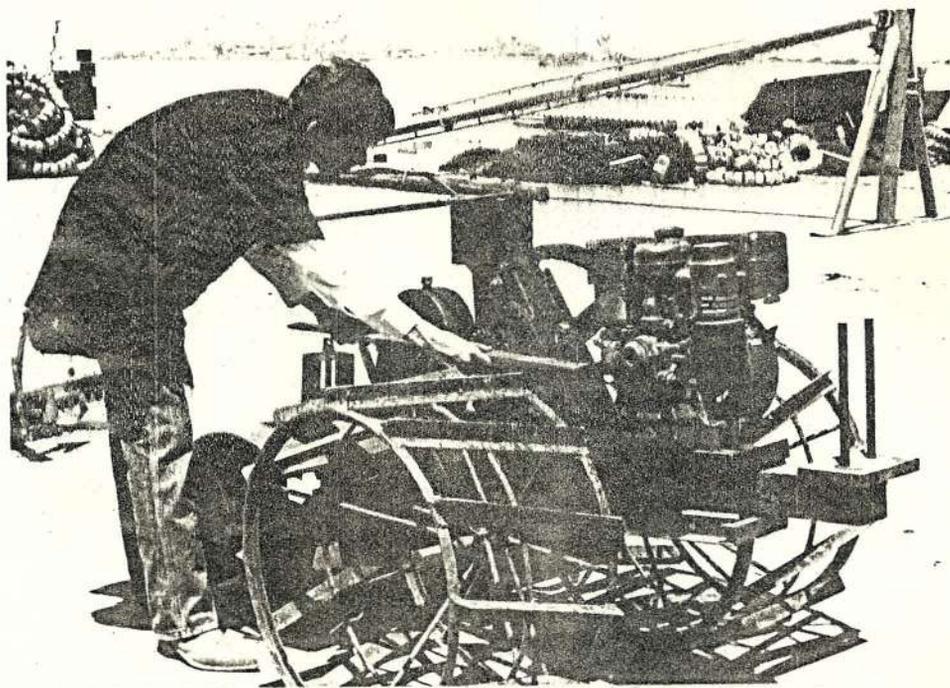


FOTO N° 4.5. MONTAJE DEL ARADO ROTATIVO FASE II (ALINEAMIENTO)

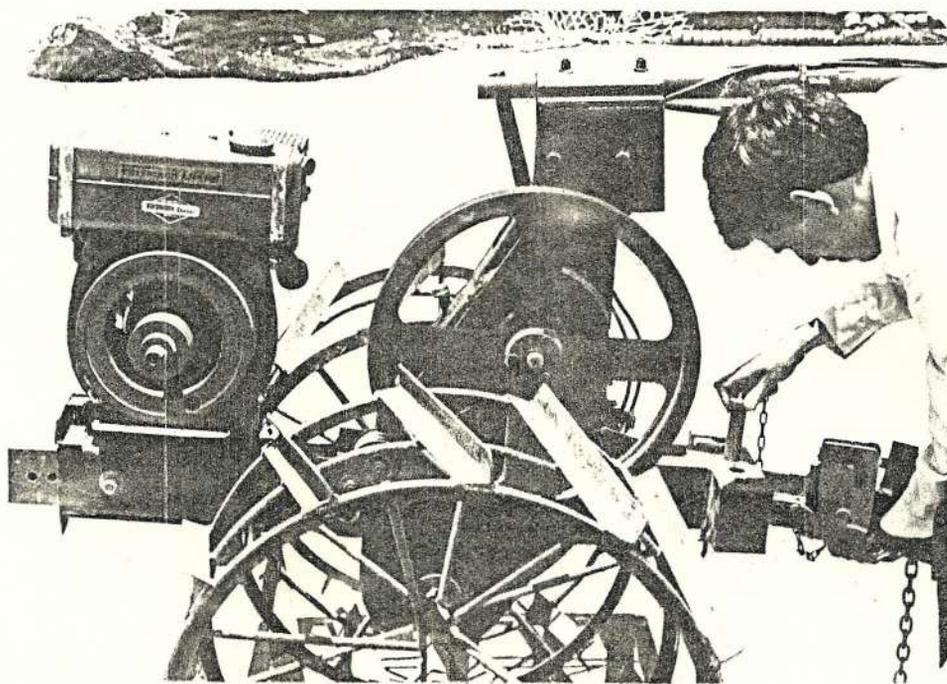


FOTO N° 4.6. MONTAJE DE ACOPLA HERRAMENTAL

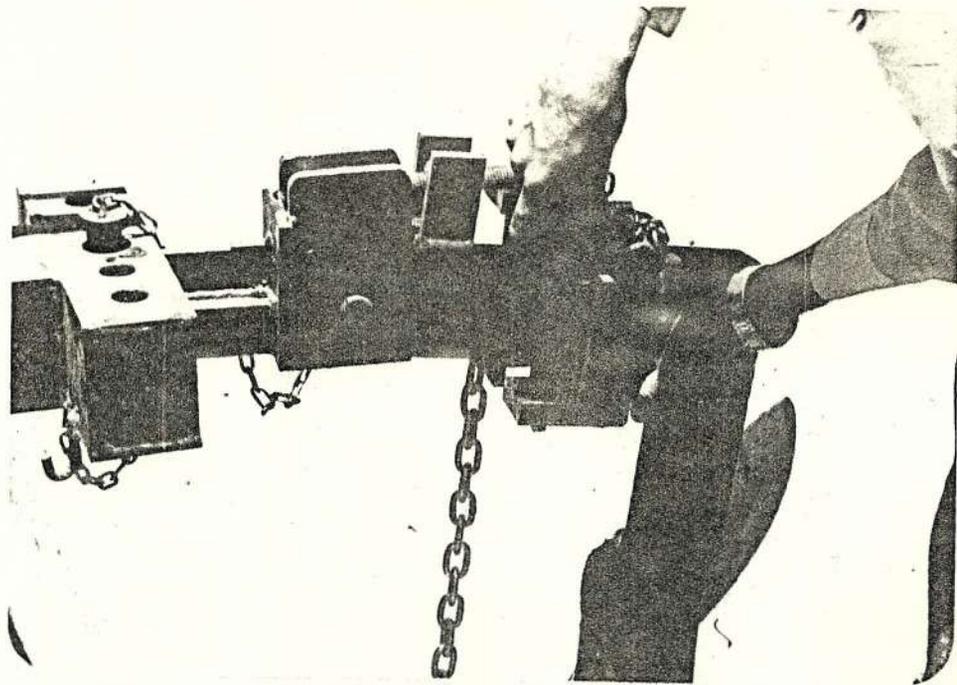


FOTO N° 4.7. MONTAJE DE SOPORTE DE ARADO DE VERTEDERA

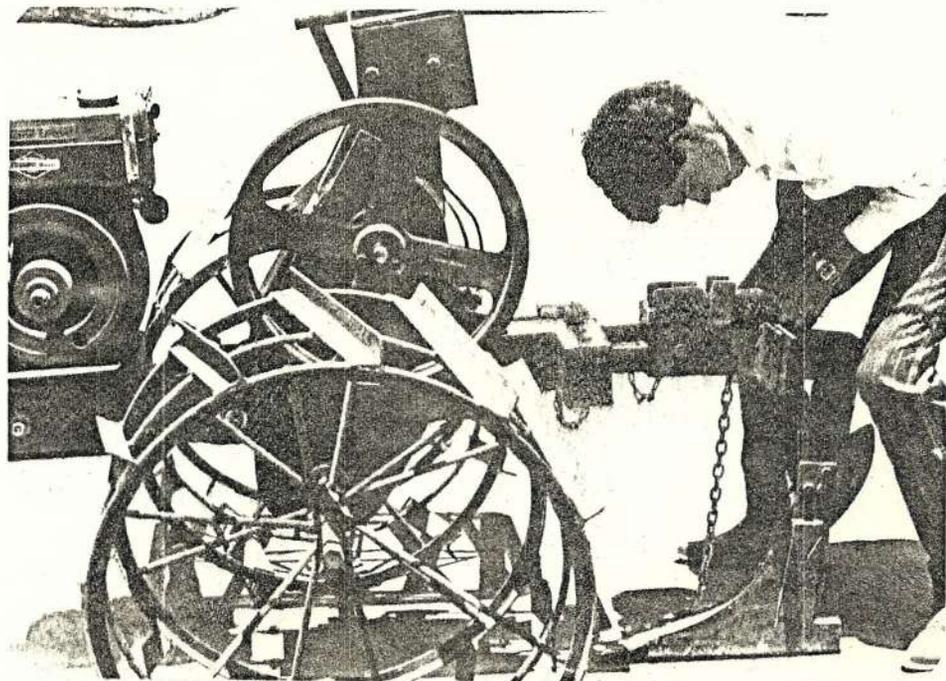


FOTO N° 4.8. ACOPLA DE ARADO DE VERTEDERA CON GARRAS DE AJUSTE

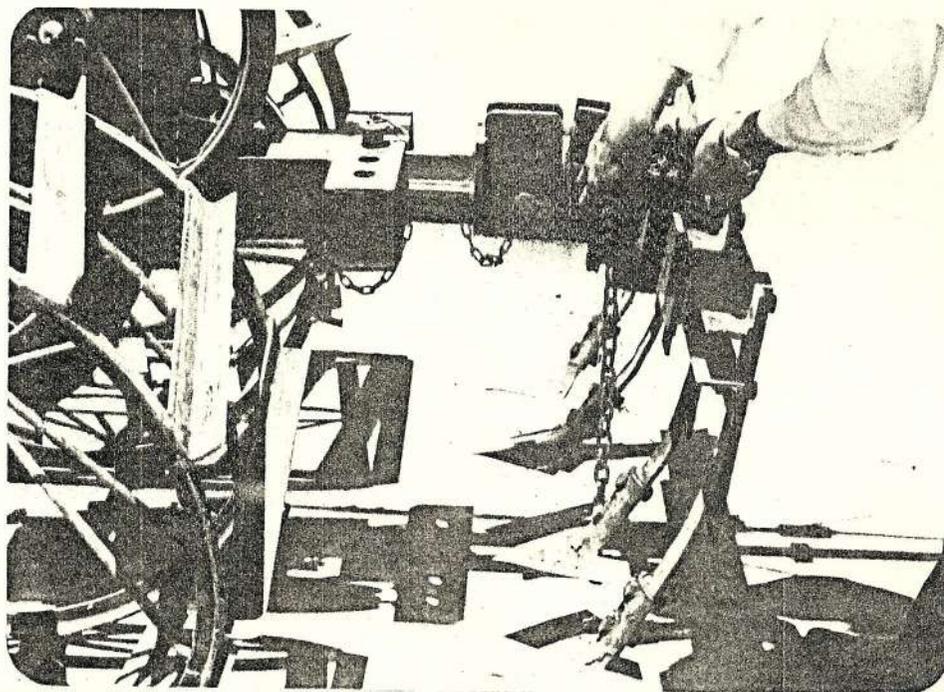


FOTO N° 4.9. ACOPLA DEL CULTIVADOR CON GARRAS DE AJUSTE

3. Comportamiento de la máquina y de los equipos en el terreno:

Analizaremos en primer lugar al arado de vertedera, el cual una vez acoplado al motocultivador entra a realizar el laboreo del terreno; observándose que la función específica de este equipo, el volteo del terreno, se cumplía a cabalidad, notándose un deslizamiento del prisma de tierra sobre la superficie de la vertedera - muy regular y un fácil deslizamiento del motocultor en la zona de trabajo. Los ángulos de la cuchilla del arado

demonstraron ser los apropiados para un terreno arcilloso y limoso y de igual manera se nota una compensación de las reacciones laterales producidas por el prisma de tierra , que permite el transporte del motocultor en línea recta. Las fotos que se presentan a continuación explican lo anteriormente dicho.

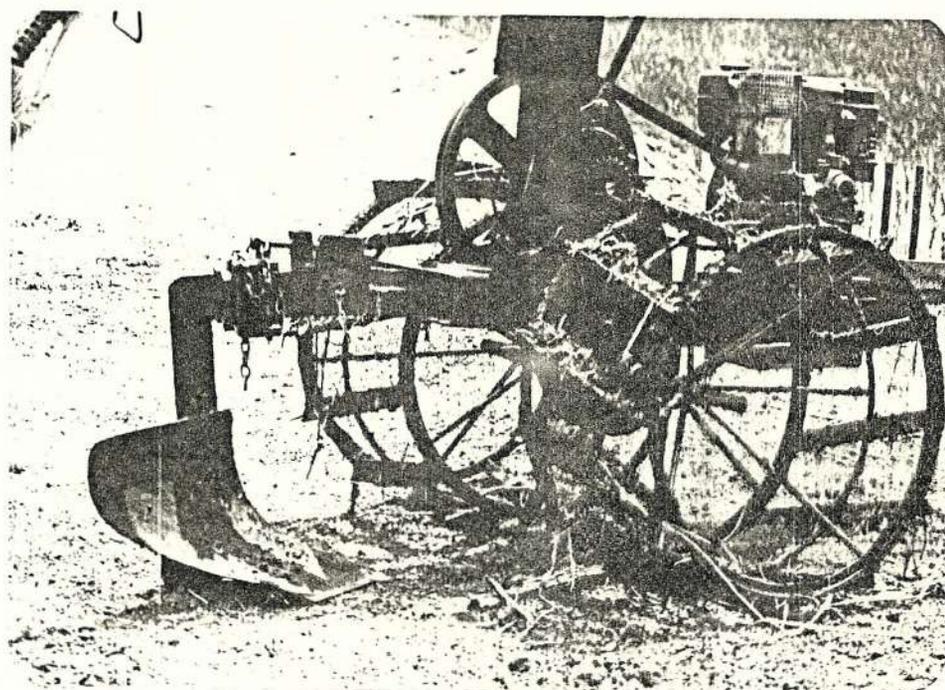


FOTO N° 4.10. ARADO DE VERTEDERA MONTADO EN EL MOTOCULTIVADOR

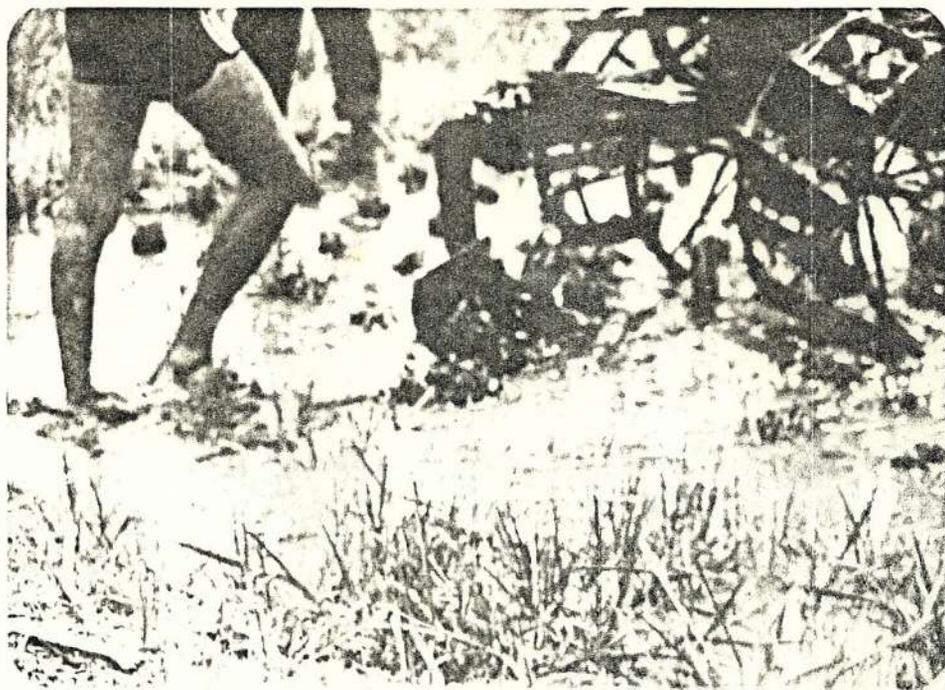


FOTO N° 4.11. ARADOEN PROCESO DE TRABAJO



FOTO N° 4.12. VOLTEO DEL TERRENO

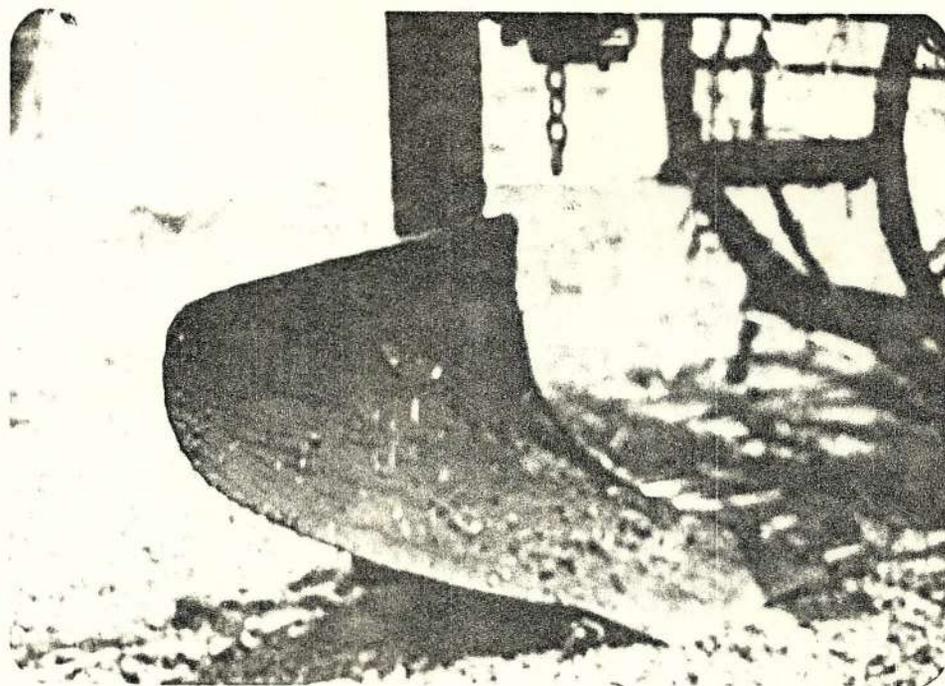


FOTO N^o 4.13. ARADO DE VERTEDERA UNA VEZ REALIZADO EL TRABAJO NOTANDOSE LA SUPERFICIE DE LA VERTEDERA LIMPIA SIN ADHERENCIA SUPERFICIAL.

A continuación procedimos a la prueba del cultivador, el cual una vez montado en el motocultivador, nos permitió la preparación del terreno para la germinación de las semillas. Se nota en la prueba un zurcamiento adecuado con el desmenuzamiento de las raíces; así mismo la resistencia ofrecida por el suelo puede ser vencida fácilmente por la potencia del motocultivador,



FOTO N°4.14. CULTIVADORES MONTADOS EN EL MOTOcultivador ANTES DE REALIZADO EL TRABAJO,

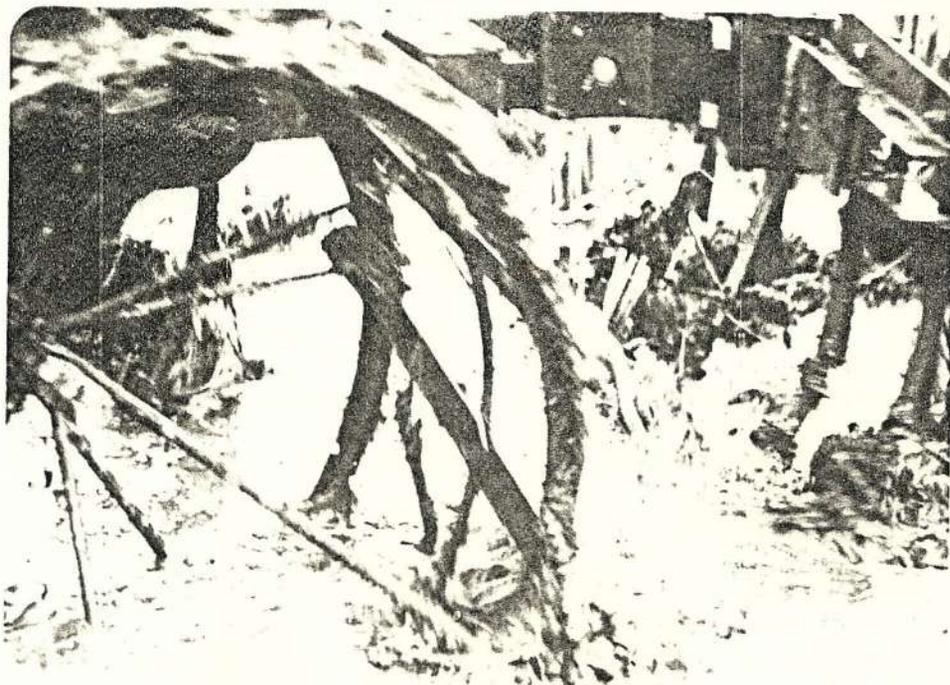


FOTO N°4.15. CULTIVADORES REALIZANDO EL TRABAJO DE PREPARACION DE LA CAMA SUPERFICIAL, DESMENUZAMIENTO DE RAICES Y ZURCAMIENTO.

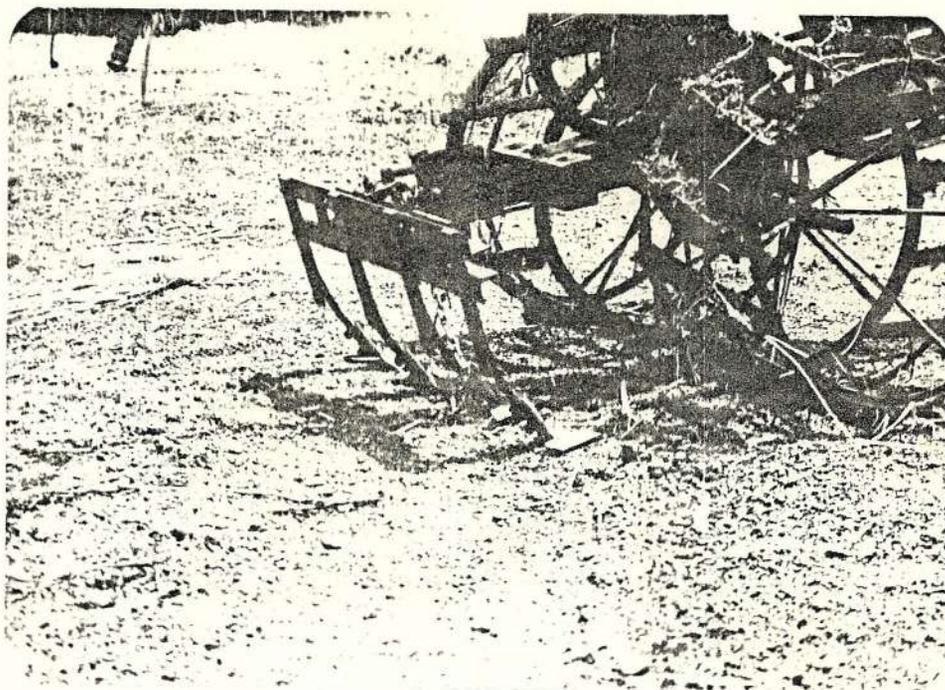


FOTO N^o 4.16. CULTIVADORES MONTADOS EN EL MOTOCULTIVADOR DESPUES DE SER REALIZADA LA OPERACION

En vez del arado rotativo podemos mencionar lo siguiente:

Una vez montado el equipo y procedido a la labor de desmenuzamiento, notamos la efectividad de la máquina en la profundidad de trabajo máximo de 12 cm., aunque se pudo anotar siempre que la capacidad del motor del motocultivador se veía limitada, bien sea por los tallos dejados en el terreno - leguo de la cosecha, como por una profundidad excesiva de corte. En las gráficas siguientes se aprecia el ingreso, el laboreo mismo y posteriormente el terreno desmenuzado.

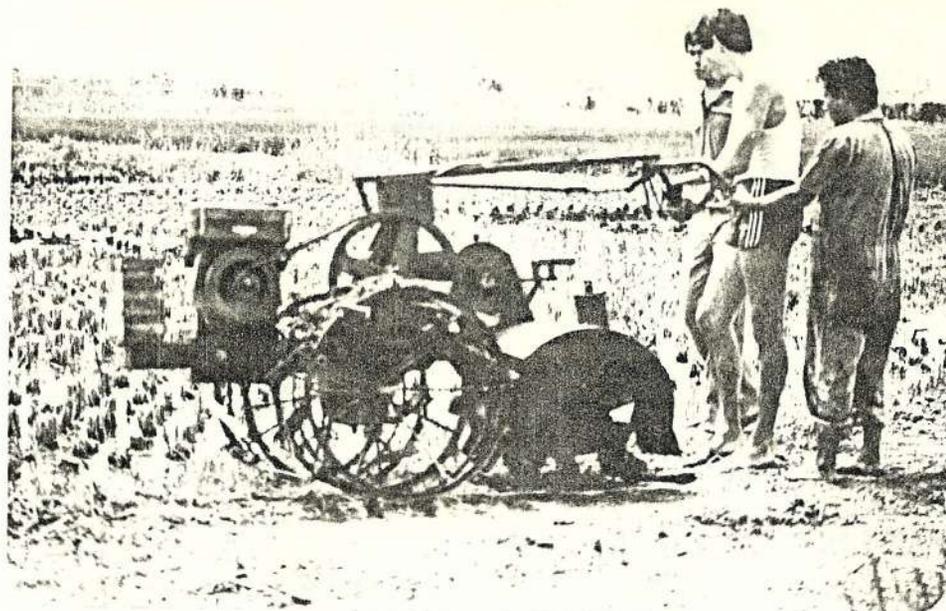


FOTO N° 4.17. ARADO ROTATIVO MONTADO EN EL MOTOCULTIVADOR

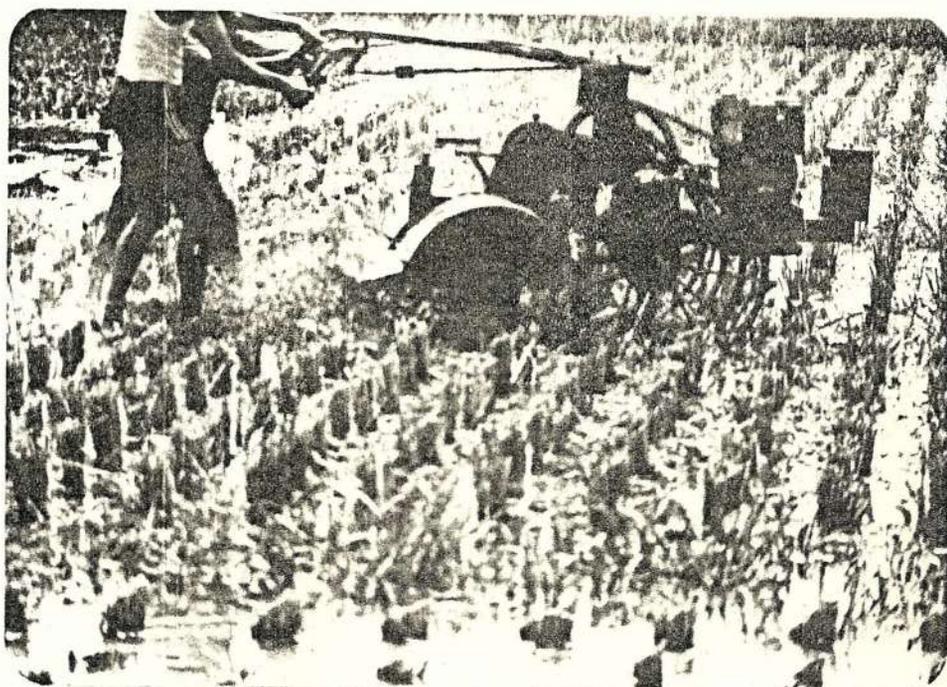


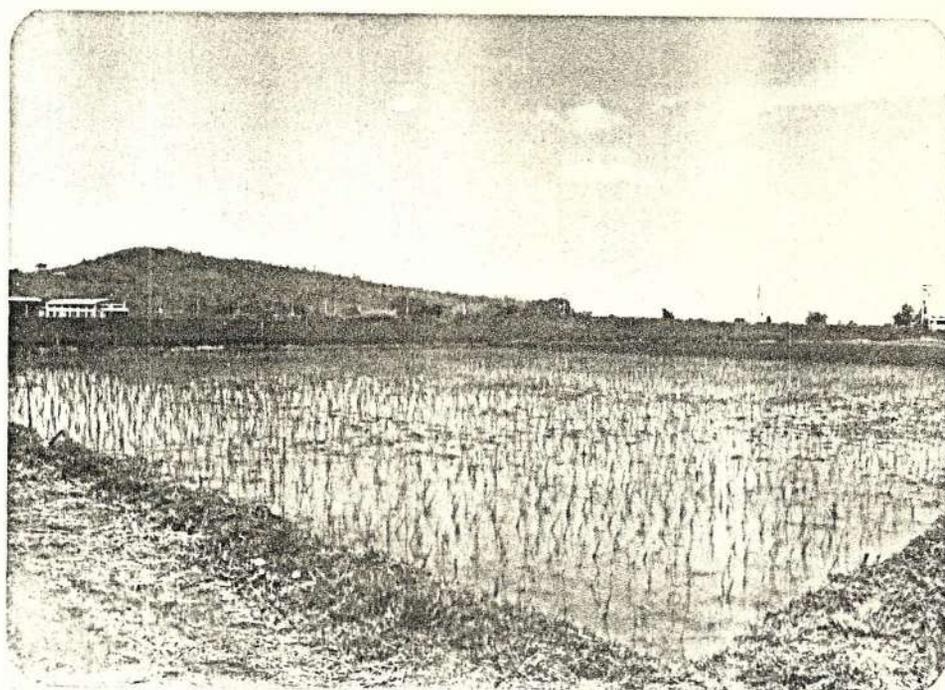
FOTO N° 4.18. ARADO ROTATIVO REALIZANDO EL LABOREO DEL TERRENO



FOTO N^o 4.19. DESMENUZAMIENTO DEL TERRENO COMO RESULTADO DEL TRABAJO DEL ARADO ROTATIVO

Análisis del terreno mecanizado:

Después del proceso descrito o sea, primero el arado de vertedera, luego el cultivador o solamente el arado rotativo, se aprecia un terreno preparado para las necesidades de siembra del agricultor notándose la eficacia de los imple-
mentos.

FOTO N^o 4.20.

TERRENO

TRANSPLANTADO

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del trabajo desarrollado en esta tesis determinamos aspectos que dependen tanto de la efectividad del diseño, construcción y pruebas físicas de las máquinas.

En cuanto al diseño podemos acotar que su efectividad puede ser apreciada en el hecho de no haber fallado los elementos cuando fueron sometidas a las sollicitaciones para los que fueron calculados y a las que fueron sometidos, lo cual se analizó al desarmar la maquinaria y observar dichos elementos mecánicos.

Al hablar de la construcción de la maquinaria, tenemos que primeramente considerar la selección de materiales, partiendo del hecho que de los implementos como prototipos presentó cierta complejidad; principalmente, en lo referente a la carcaza y a la estructura misma.

La carcaza del futuro tendría que ser fabricada en fundición, con el fin de reducir tiempos de fabricación y costos adicionales. Los elementos mecánicos de transmisión de movimiento no

brindaron complejidad en su proceso de construcción, lo cual nos dá como pauta el hecho de que pueden ser confeccionados a nivel de cualquier taller mecánico con equipos estandares.

En lo que se refiere a las pruebas de campo se observó lo siguiente:

- Que el motor de 8HP, del motocultivador satisfizo los requerimientos de potencia del arado de vertedera y cultivador.
- Con el arado de vertedera se obtuvo un volteo óptimo del terreno, lo que demuestra que la curvatura de la vertedera es la indicada para el tipo de terreno trabajado (Ver foto 4:12.).
- Del trabajo realizado con el cultivador se observa (Ver foto 4.15), el desmenuzamiento de raíces y zurcamiento adecuado para éste tipo de cultivo.
- Con el arado rotativo se observó un adecuado desmenuzamiento del terreno, indicándose en la foto 4.19.

En las recomendaciones creó necesario considerar lo siguiente:

1. Los elementos como la carcaza de transmisión del arado

rotativo, la reja del arado de vertedera deben de ser hechos por procesos de fundición para considerar la fabricación en serie de los elementos, debido a la complejidad de construcción.

2. Para un prototipo de arado rotativo considero conveniente corregir la carcasa de transmisión, en cuanto a su distancia. Entre centros, entre el eje principal y el de transmisión, y así reducir costos improductivos.
3. Hay que realizar un mayor análisis del tipo de motocultivador a utilizarse con el arado rotativo, a fin de que satisfaga las condiciones de diseño y potencia requeridas por este implemento.
4. Por último hay que dejar bien en claro que los prototipos aquí construidos tienen que ser probados un tiempo prolongado, y poder así determinar alguna falla por defectos de operación o materiales.

A P E N D I C E S

APENDICE A

RESULTADOS DEL PROGRAMA DE REGRESION MULTIPLE DE
LA CURVA DE VERTEDERA

24	2.30000000000000D+01
25	2.40000000000000D+01
26	2.50000000000000D+01
27	2.60000000000000D+01
28	2.70000000000000D+01
29	2.80000000000000D+01
30	2.90000000000000D+01
31	3.00000000000000D+01

SE IMPRIME LA VARIABLE X 2

1	0.00000000000000D+00
2	1.00000000000000D+00
3	4.00000000000000D+00
4	9.00000000000000D+00
5	1.60000000000000D+01
6	2.50000000000000D+01
7	3.60000000000000D+01
8	4.90000000000000D+01
9	6.40000000000000D+01
10	8.10000000000000D+01
11	1.00000000000000D+02
12	1.21000000000000D+02
13	1.44000000000000D+02
14	1.69000000000000D+02
15	1.96000000000000D+02
16	2.25000000000000D+02
17	2.56000000000000D+02
18	2.89000000000000D+02
19	3.24000000000000D+02
20	3.61000000000000D+02
21	4.00000000000000D+02
22	4.41000000000000D+02
23	4.84000000000000D+02
24	5.29000000000000D+02
25	5.76000000000000D+02
26	6.25000000000000D+02
27	6.76000000000000D+02
28	7.29000000000000D+02
29	7.84000000000000D+02
30	8.41000000000000D+02
31	9.00000000000000D+02

SE IMPRIME LA VARIABLE X 3

1	0.00000000000000D+00
2	1.00000000000000D+00
3	8.00000000000000D+00
4	2.70000000000000D+01
5	6.40000000000000D+01
6	1.25000000000000D+02
7	2.16000000000000D+02



4	14	2.1978000000000000+03
	15	2.7440000000000000+03
	16	3.3750000000000000+03
	17	4.0960000000000000+03
6	18	4.9130000000000000+03
	19	5.8320000000000000+03
	20	6.8590000000000000+03
	21	8.0000000000000000+03
8	22	9.2610000000000000+03
	23	1.0648000000000000+04
	24	1.2167000000000000+04
	25	1.3824000000000000+04
10	26	1.5625000000000000+04
	27	1.7576000000000000+04
	28	1.9683000000000000+04
	29	2.1952000000000000+04
12	30	2.4389000000000000+04
	31	2.7000000000000000+04

SE IMPRIME LA VARIABLE X 4

14	1	0.0000000000000000+00
	2	1.0000000000000000+00
16	3	1.6000000000000000+01
	4	8.1000000000000000+01
	5	2.5600000000000000+02
	6	6.2500000000000000+02
18	7	1.2960000000000000+03
	8	2.4010000000000000+03
	9	4.0960000000000000+03
20	10	6.5610000000000000+03
	11	1.0000000000000000+04
	12	1.4641000000000000+04
	13	2.0736000000000000+04
22	14	2.8561000000000000+04
	15	3.8416000000000000+04
	16	5.0625000000000000+04
	17	6.5536000000000000+04
	18	8.3521000000000000+04
24	19	1.0497600000000000+05
	20	1.3032100000000000+05
	21	1.6000000000000000+05
	22	1.9448100000000000+05
26	23	2.3425600000000000+05
	24	2.7984100000000000+05
	25	3.3177600000000000+05
	26	3.9062500000000000+05
28	27	4.5697600000000000+05
	28	5.3144100000000000+05
	29	6.1465600000000000+05
	30	7.0728100000000000+05
30	31	8.1000000000000000+05

REGMUL



BETA 1 4.378665689167D-02
 BETA 2 5.211535544543D-02
 BETA 3 -3.351651865113D-03
 BETA 4 8.052619369114D-05

T A B L A A N O V A
 =====

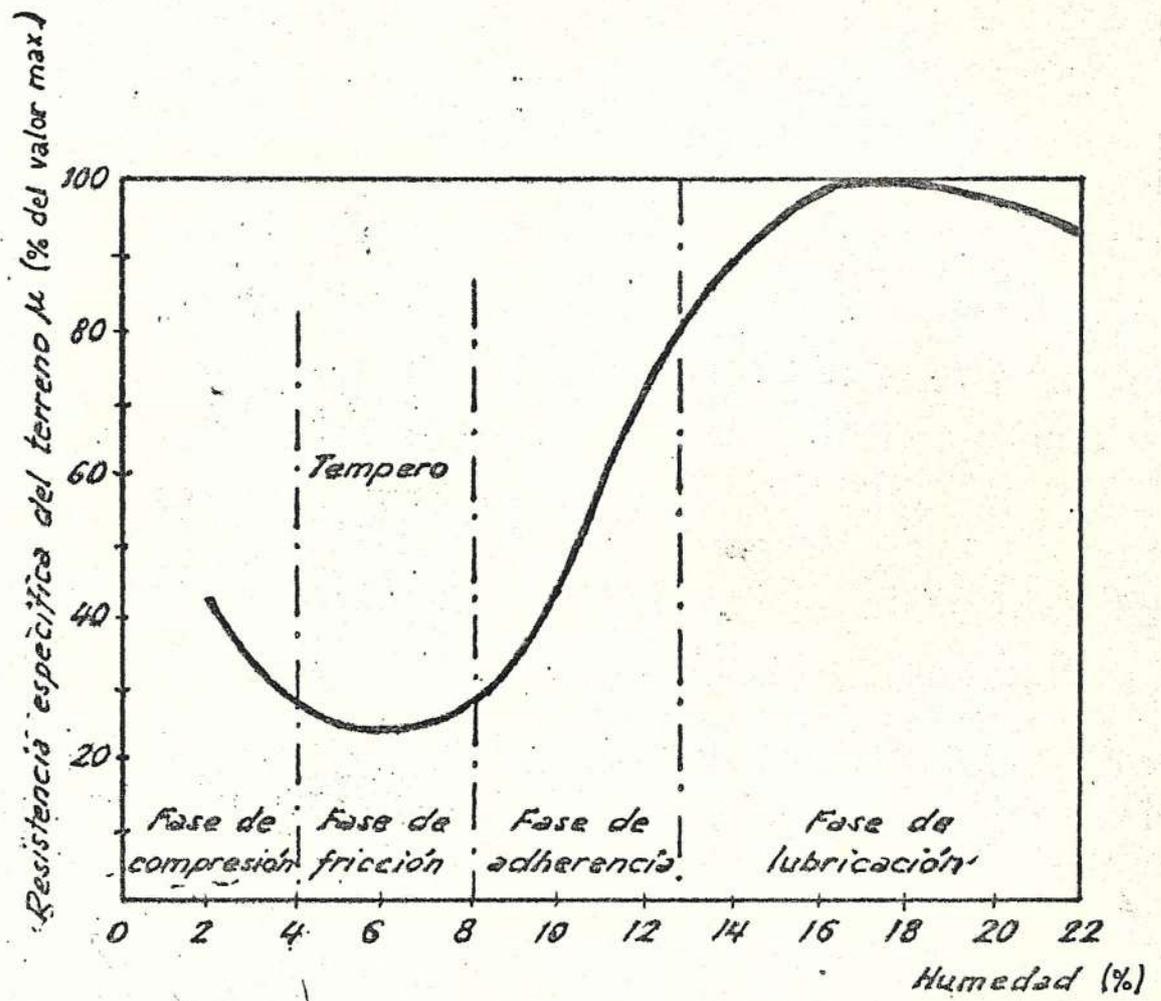
FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS
REGRESION	4.	1.167262996306D+03	2.918156740000E+02
ERROR	26.	9.344230484070D-01	3.593934700000E-02
TOTAL	30.	1.168197419355D+03	

F 8.119667970000E+03
 R-CUADRADO 9.992001060000E-01

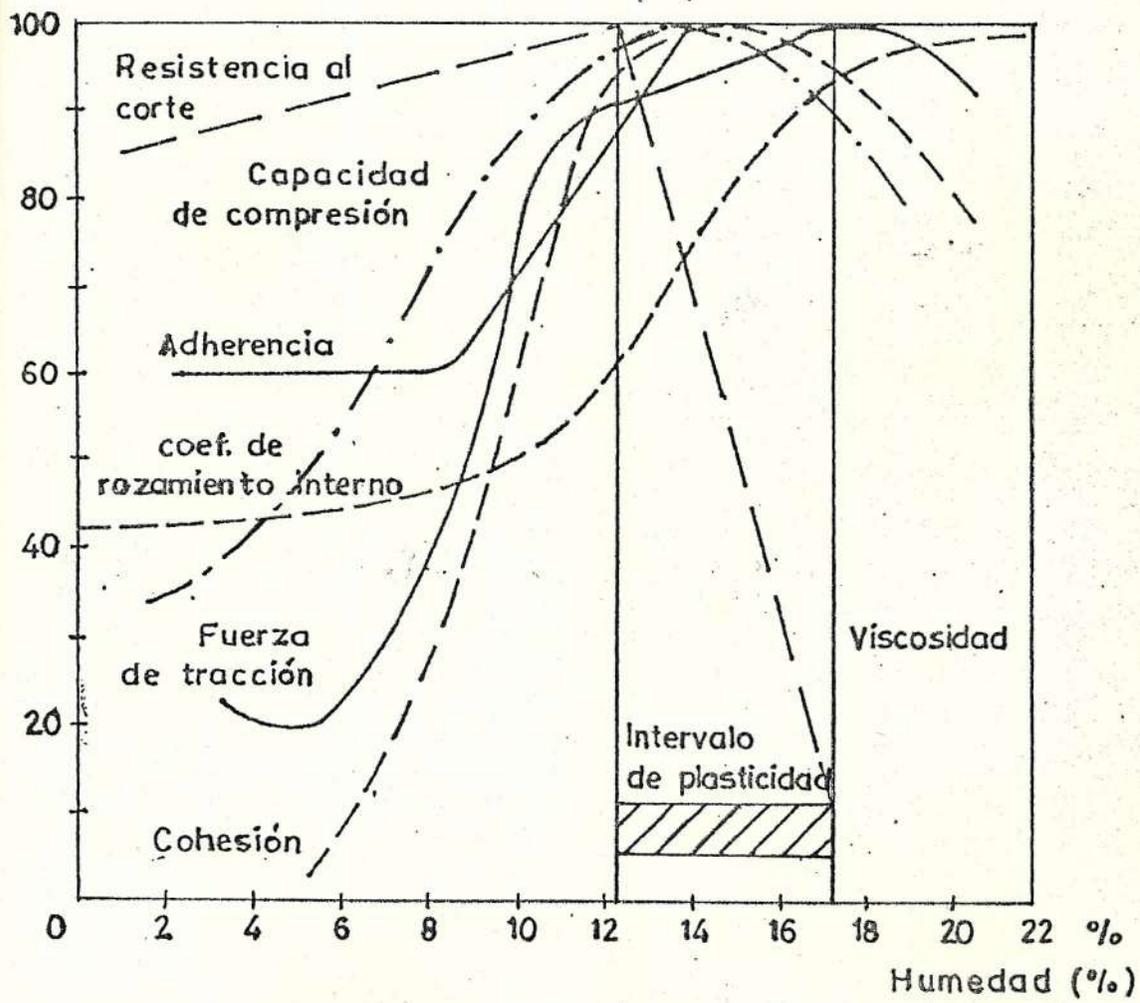


APENDICE B

VARIACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS CON LA HUMEDAD



Propiedades físicas (% del valor máximo)



APENDICE C

VALORES TIPICOS DEL COEFICIENTE DE DESGASTE

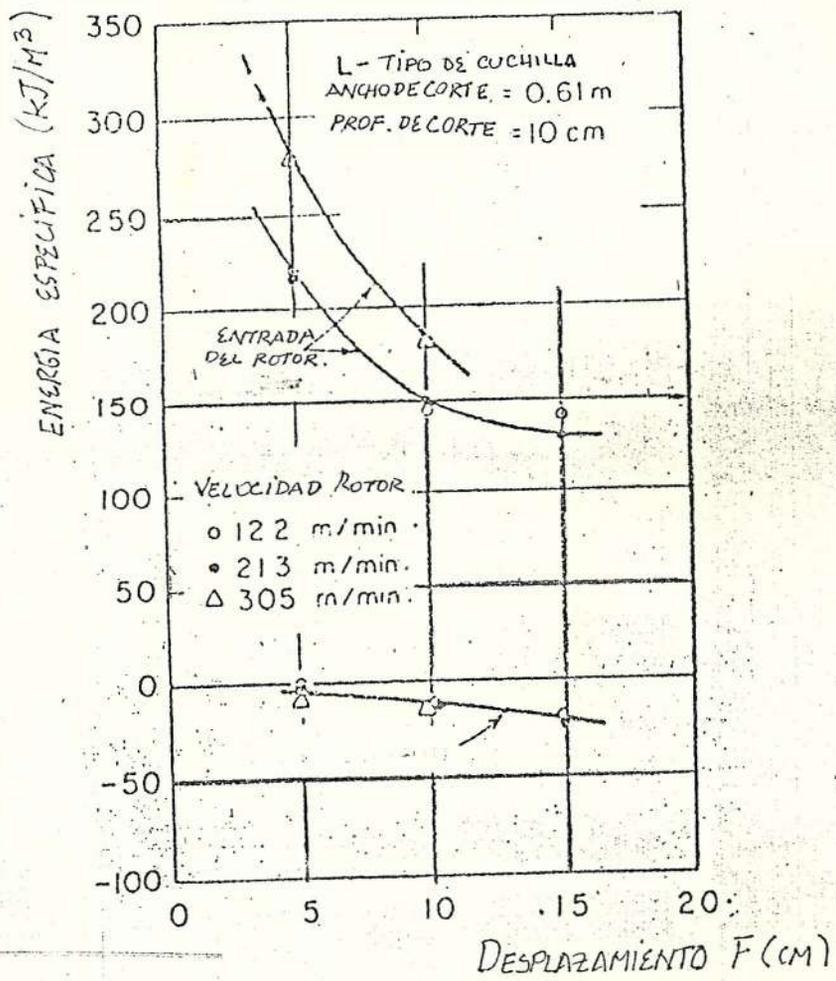
VALORES TÍPICOS DEL COEFICIENTE DE DESGASTE K

NO METAL EN METAL

Limpia	5×10^{-6}
Pobre	5×10^{-6}
Promedio	5×10^{-6}
Excelente	2×10^{-6}

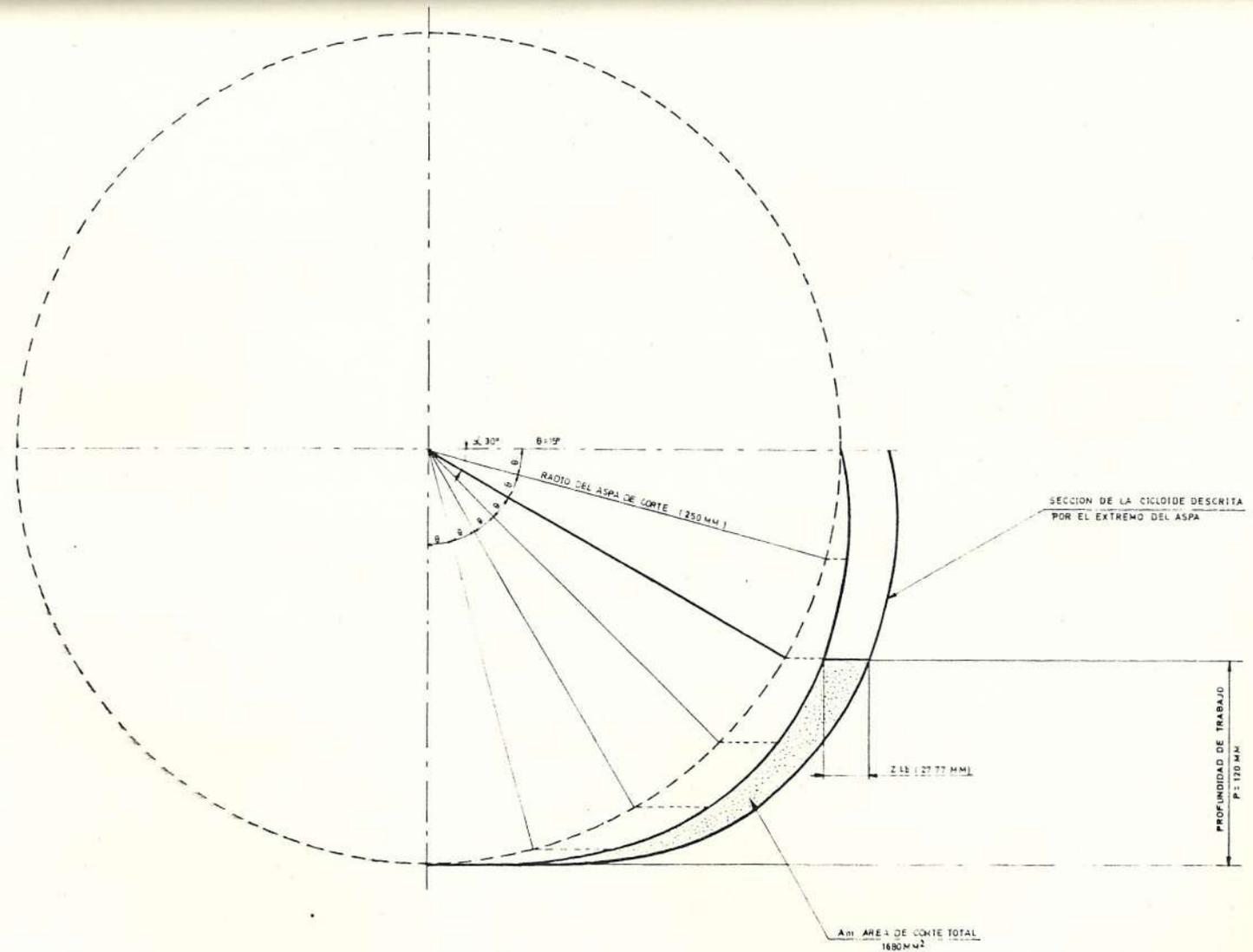
APENDICE D

GRAFICA DE LA ENERGIA ESPECIFICA EN KJ/M^3 POR DESPLAZAMIENTO
F DEL ARADO ROTATIVO



APENDICE E

GRAFICA DEL AREA DE LA REGION DE CORTE DEL ASPA, CONSIDERANDO
EL ANCHO DEL ASPA



	FECHA	NOMBRE	FACULTAD DE ING MECANICA	E SPOL
DISEÑO	10/11/85	GONZALEZ		
REVISO	10/11/85	GONZALEZ		
COMPR	10/11/85	ESPINOSA		
E1.2	AREA DE LA REGION DE CORTE DEL ASPA			
				TESIS

APENDICE F

FUERZA DE TRACCION O POTENCIA L NETAS NECESARIAS PARA
LAS DIFERENTES MAQUINAS .

TRACCION Y POTENCIA NETAS NECESARIAS PARA LAS DIVERSAS MAQUINAS

Máquina	Fuerza de tracción o potencia
<i>Laboreo</i>	
Arado de vertedera o discos.....	
Suelos ligeros	20-30 kPa (\approx kg/dm ²)
Suelos medios	30-50 kPa (\approx kg/dm ²)
Suelos pesados	50-80 kPa (\approx kg/dm ²)
Subsolador	
Suelos ligeros	125-195 N (12-19 kg) por cm de profundidad.
Suelos pesados	195-280 N (19-28 kg) por cm de profundidad.
Cultivador con rejas escarificadoras, 7-13 cm de profundidad.	1.400-4.400 N por m (140-440 kg por metro).
Cultivador entre líneas	
Labor superficial	585-1.200 N por m
Labor profunda	115- 230 N por m por cm de profundidad.
Grada de discos pesada	2.600-3.800 N por m.
Grada de discos ligera	750-1.300 N por m.
Grada de discos media	1.300-2.600 N por m.
Grada de púas flexibles	1.100-3.000 N por m.
Grada de púas rígidas	295- 875 N por m.
Fresadora	100-170, 170-240, 200-270 kPa ó 15-25 kW por m (20-34 CV).
Rodillo desterronador	295-2.200 N por m.
Grada de cuchillas rotativas.....	450-1.500 N por m.

APENDICE G

CICLOS DE FABRICACION Y PROGRAMA DE CALCULO DE TIEMPOS
FUNDAMENTALES EN MAQUINAS HERRAMIENTAS



```

M L(20),TF1(20),TF2(20)
M PROGRAMA DE CALCULO DE PARAMETROS DE CORTE Y TIEMPOS DE PRODUCCION
M EN MAQUINAS HERRAMIENTAS (TORNC,FRESA,LIMADORA,TALADRO,RECTIF.
INT 'CUAL ES EL MATERIAL EN BRUTO'
INT 'ANOTE LAS CARACTERISTICAS PRINCIPALES EN EL SIGUIENTE ORDEN
INT 'REDONDO X LONGITUD O LARGO X ANCHO X ESPESOR (TODO EN MM)'
PUT D1,L1,L2,A1,E1
INT 'AHORA DIGA EL TIPO DE MATERIAL INDICANDO EL NUMERO DEL PARENTESIS'
INT 'DF2(1),XW5(2),ASSAB718(3),ASSAB760(4),CEAX(5),ASSAB 7210(6)'
INT 'SKF280(7),ASSAB705(8),AISI304(9),FUNDICION GRIS(10),FUNDICION BLANCA(
PUT A
  A=1 THEN GOTO 140
  TO 160
  1=10 A2=0.35 VC2=80 A3=.8
  3=12 A4=40 VC4=100 A5=70
  A=2 THEN GOTO 180
  TO 200
  1=14 A2=.35 VC2=45 A3=.2
  3=10 A4=40 VC4=45 A5=70
  A=3 THEN GOTO 220
  TO 240
  1=20 A2=.9 VC2=120 A3=1.5
  2=14 A4=50 VC4=80 A5=70
  A=4 THEN GOTO 260
  TO 280
  1=18 A2=.8 VC2=80 A3=1
  3=14 A4=60 VC4=80 A5=70
  A=5 THEN GOTO 300
  TO 320
  1=20 A2=1 VC2=150 A3=1
  3=14 A4=60 VC4=150 A5=70
  A=6 THEN GOTO 340
  TO 360
  1=15 A2=.8 VC2=80 A3=1
  3=14 A4=70 VC4=80 A5=70
  A=7 THEN GOTO 380
  TO 400
  1=15 A2=.4 VC2=80 A3=15
  3=16 A4=60 VC4=20 A5=70
  A=8 THEN GOTO 420
  TO 440
  1=15 A2=.4 VC2=80 A3=.8
  3=16 A4=60 VC4=80 A5=70
  A=9 THEN GOTO 460
  TO 480
  1=10 A2=.3 VC2=30 A3=.6
  3=16 A4=60 VC4=20 A5=70
  A=10 THEN GOTO 500
  TO 520
  1=20 A2=.6 VC2=30 A3=.6
  3=15 A4=40 VC4=200 A5=100
  A=11 THEN GOTO 540
  TO 560
  1=10 A2=.2 VC2=20 A3=.5
  3=15 A4=60 VC4=150 A5=70
INT 'QUE OPERACION ESTA REALIZANDO'
INT 'TORNEADO EXTERIOR(1),REFRENTADO(2),TRONZADO(3),LIMADO(4)'
INT 'TALADRADO(5),FRESADO CILINDRICO PERIFERICO(6),FRESADO FRONTAL(7)'
    
```



CE SERCOMP - ESPOL

```
INT ' BROCHADO(8), RECTIFICADO CILINDRICO(9), RECTIFICADO PLANO(10) '
PUT B
B=1 THEN GOTO 710
B=2 THEN GOTO 1275
B=3 THEN GOTO 1325
B=4 THEN GOTO 1380
B=5 THEN GOTO 1470
B=6 THEN GOTO 1610
B=7 THEN GOTO 2200
B=8 THEN GOTO 2310
B=9 THEN GOTO 2400
B=10 THEN GOTO 2560
INT ' SUS PARAMETROS DE CORTE SON '
INT ' VELOCIDAD DE CORTE CON HSS=' VC1
INT ' VELOCIDAD DE CORTE CON CARBURC=' VC2
INT ' AVANCE CON HSS=' A2
INT ' AVANCE CON CARBURC=' A3
=1000*VC1/(3.1416*D1)
=1000*VC2/(3.1416*D1)
INT ' NUMERO DE RPM CON HSS=' N1
INT ' NUMERO DE RPM CON CARBURC=' N2
INT ' QUIERE CAMBIAR ALGUNO DE ESTOS PARAMETROS SI(1) O NO(2) '
PUT AA1
AA1=1 THEN GOTO 840
AA1=2 THEN GOTO 1040
INT ' AVANCE CON CARBURC(1), AVANCE CON HSS(2), RPM CON CARBURC(3) '
INT ' RPM CON HSS(4) '
PUT C
C=1 THEN GOTO 910
C=2 THEN GOTO 940
C=3 THEN GOTO 970
C=4 THEN GOTO 990
INT ' DIGITE LA CANTIDAD EN MM/VUELTA '
PUT A3
TO 1010
INT ' DIGITE LA CANTIDAD EN MM/VUELTA '
PUT A2
TO 1010
INT ' DIGITE LA CANTIDAD EN RPM '
PUT N2
TO 1010
INT ' DIGITE LA CANTIDAD EN RPM '
PUT N1
INT ' QUIERE CAMBIAR OTRO PARAMETRO , SI(1) O NO(2) '
PUT AA1
AA1=1 THEN GOTO 840
AA1=2 THEN GOTO 1040
INT ' CUAL ES SU PROFUNDIDAD DE PASADA '
PUT P1
INT ' CUANTAS LONGITUDES SON A MECANIZAR EN ESTA OPERACION '
PUT N
R I=1 TO N
INT ' DIGITE SU LONGITUD '
PUT L(I)
INT ' DIGITE LA PROFUNDIDAD TOTAL '
PUT P
L(I)=L(I)*P/(P1*N1*A2)
L(I)=L(I)*P/(P1*N2*A2)
INT ' SU TIEMPO EN ESTA OPERACION ES='
INT ' CON ACERO HSS ' TF1(I)
```



CESERCOMP - ESPOL

```
INT 'CON CARBURC ' TF2(1)
XT 1
R I=1 TO N
=TF1(1)
=TF2(1)
1=KT1+K1
2=KT2+K2
XT 1
INT
INT 'SU TIEMPO TOTAL CON HSS ES= ' KT1
INT 'SU TIEMPO TOTAL CON CARBURC ES = ' KT2
INT 'DIGITE SU TIEMPO DE MONTAJE' INPUT Z
=0.5*N
INT 'TIENE ALGUNA OTRA OPERACION , SI(1) O NO(2) '
PUT BB1
  BB1=1 THEN GOTO 560
  BB1=2 THEN GOTO 2710
INT 'REFRENTADO'
3=D1/(N1*A2)
4=D1/(N2*A3)
INT 'EL TIEMPO DE REFRENTADO ES = ' KT3
INT 'EL TIEMPO TOTAL DE REFRENTADO CON CARBURC ES = ' KT4
INT 'DIGITE EL TIEMPO DE MONTAJE DE LA PIEZA EN REF.' INPUT Z2
INT 'TIENE ALGUNA OTRA OPERACION , SI(1) O NO(2) '
PUT BB1
  BB1=1 THEN GOTO 560
  BB1=2 THEN GOTO 2710
INT 'TRONZADO'
5=D1/(N1*A2)
6=D1/(N2*A3)
INT 'SU TIEMPO DE TRONZADO CON CARBURC ES= ' KT6
INT 'SU TIEMPO DE TRONZADO CON HSS ES= ' KT5
INT 'TIENE ALGUNA OTRA OPERACION, SI(1) O NO(2) '
PUT BB1
  BB1=1 THEN GOTO 560
  BB1=2 THEN GOTO 2710
INT 'LIMADO'
INT 'CUANTAS CARRERAS POR MINUTO SON LAS USADAS '
PUT N3
INT 'CUAL ES LA PROFUNDIDAD DE PASADA'
PUT P2
INT 'CUAL ES LA PROFUNDIDAD TCTAL EN MM'
PUT P3
7=A1*P3/(0.1*N3*P2)
INT 'SU TIEMPO TOTAL EN LA OPERACION ES =' KT7
INT 'DIGITE EL TIEMPO DE MONTAJE' INPUT Z3
INT 'TIENE ALGUNA OTRA OPERACION,SI(1) O NO(2) '
PUT BB1
  BB1=1 THEN GOTO 560
  BB1=2 THEN GOTO 2710
INT 'TALADRADO'
INT 'DIGITE LA LONGITUD DE TALADRADO'
PUT L4
INT 'CUAL ES EL DIAMETRO DE LA BROCA (EN MM)'
PUT D2
=VC1*1000/(3.1416*D2)
INT 'EL AVANCE ASUMIDO ES DE 0.2 MM/VUELTA'
8=(L4+0.3*D2)/(N4*0.2)
INT 'SU TIEMPO EN UN AGUJERO ES = ' KT8
INT 'CUANTOS AGUJEROS SON LOS DEL ELEMENTO '
```



CE SERCOMP - ESPOL

```
PUT Z
Z=KT8*Z
INT 'SU TIEMPO TOTAL DE TALADRADO ES ' KTZ
INT 'SU TIEMPO DE MEDIDA ES =' INPUT 24
INT 'TIENE ALGUNA OTRA OPERACION, SI(1) O NO(2) '
PUT BB1
BB1=1 THEN GOTO 560
BB1=2 THEN GOTO 2710
INT 'FRESADO PERIFERICO'
INT 'INGRESE EL DIAMETRO DE LA FRESA'
PUT D3
INT 'ES FRESA DE CARBURC(1) O ACERO HSS(2)'
INT 'DIGITE EL NUMERO INDICADO EN EL PARENTESIS'
PUT D
D=1 THEN N5=1000*VC1/(3.1416*D3)
D=2 THEN N5=1000*VC4/(3.1416*D3)
INT 'CUAL ES EL ANCHO DE LA FRESA'
PUT F
INT 'CUAL ES LA LONGITUD DE MECANIZADO'
PUT G
INT 'CUAL ES LA PROFUNDIDAD DE PASADA'
PUT H
INT 'CUAL ES LA PROFUNDIDAD TCTAL'
PUT J
INT 'CUAL ES EL ANCHO DE LA PIEZA'
PUT K
K/F+1
G+SQR(H*(D3-H))
D=1 THEN M=A4
D=2 THEN M=A5
INT 'SUS PARAMETROS DE CORTE SON '
=1000*VC3/(3.1416*D3)
=1000*VC4/(3.1416*D3)
INT 'NUMERO DE REVOLUCIONES DE LA FRESA CON HSS = ' O1
INT 'NUMERO DE REVOLUCIONES CON CARBURC = ' O2
INT 'AVANCE CON HSS EN MM/MIN = ' A4
INT 'AVANCE CON CARBURC EN MM/MIN = ' A5
INT 'QUIERE CAMBIAR ALGUNO DE ESTOS PARAMETROS, SI(1) O NO(2) '
PUT CCI
CCI=1 THEN GOTO 1970
CCI=2 THEN GOTO 2180
INT 'CUAL ES '
INT 'RPM DE FRESA CON CARBURC(1),RPM DE FRESA CON HSS(2)'
INT 'AVANCE CON HSS(3),AVANCE CON CARBURC(4)'
PUT P
P=1 THEN GOTO 2030
TO 2065
INT 'DIGITE LA CANTIDAD INDICADA EN RPM'
PUT O2
P=2 THEN GOTO 2070
TO 2090
INT 'DIGITE LA CANTIDAD INDICADA EN RPM'
PUT O1
P=3 THEN GOTO 2100
TO 2120
INT 'DIGITE LA CANTIDAD EN MM/MIN'
PUT A4
P=4 THEN GOTO 2130
TO 2150
INT 'DIGITE LA CANTIDAD EN MM/MIN'
```



```
3 10 PUT A5
100 INT 'QUIERE CAMBIAR ALGUN OTRO PARAMETRO, SI (1) O NO (2) '
101 PUT DD1
102 DD1=1 THEN GOTO 1970
103 DD1=2 THEN GOTO 2180
104 B=G1/M
105 INT 'SU TIEMPO TOTAL EN FRESAR ESA LONGITUD CON EL ANCHO ES
106 =0.48*TF3
107 INT 'TIENE ALGUNA OTRA OPERACION, SI(1) O NO(2) '
108 PUT BBI
109 BBI=1 THEN GOTO 560
110 BBI=2 THEN GOTO 2710
111 INT 'FRESADO FRONTAL'
112 INT 'CUAL ES EL DIAMETRO DE LA FRESA'
113 PUT Q
114 INT 'CUAL ES SU LONGITUD DE LA PIEZA'
115 PUT G3
116 =G3+Q
117 INT 'CUAL ES EL ANCHO DE LA PIEZA'
118 PUT A8
119 INT 'ES FRESA DE ACERO HSS(1) O CARBURO(2)'
120 PUT D
121 D=1 THEN M=A4
122 D=2 THEN M=A5
123 M=G3*(A8/Q+1)/M
124 INT 'SU TIEMPO EN EL FRESADO FRONTAL ES DE ' TF4
125 =.4*TF4
126 INT 'TIENE ALGUNA OTRA OPERACION, SI(1) O NO(2) '
127 PUT BBI
128 BBI=1 THEN GOTO 560
129 BBI=2 THEN GOTO 2710
130 INT 'BROCHADO'
131 INT 'CUAL ES EL TIEMPO DE MONTAJE DE LA PIEZA (EN MINUTOS)'
132 PUT R
133 =R+0.5
134 INT 'SU TIEMPO DE BROCHADO ES DE ' RR
135 INT 'TIENE ALGUNA OTRA OPERACION, SI(1) O NO(2) '
136 PUT BBI
137 BBI=1 THEN GOTO 560
138 BBI=2 THEN GOTO 2710
139 INT 'RECTIFICADO CILINDRICO'
140 INT 'CUAL ES LA LONGITUD DE LA PIEZA '
141 PUT S
142 =S+15
143 =20
144 INT 'CUAL ES EL ESPESOR RADIAL A ELIMINAR'
145 PUT ER
146 INT 'CUAL ES LA PROFUNDIDAD DE PASADA'
147 PUT PP
148 =2*S1*ER/(VM*PP)
149 INT 'SU TIEMPO TOTAL DE RECTIFICADO CILINDRICO ES ' S2
150 INT 'TIENE ALGUNA OTRA OPERACION, SI(1) O NO(2) '
151 PUT BBI
152 BBI=1 THEN GOTO 560
153 BBI=2 THEN GOTO 2710
154 INT 'RECTIFICADO PLANO TANGENCIAL'
155 INT 'CUAL ES LA LONGITUD DE RECTIFICADO'
156 PUT S3
157 INT 'CUAL ES EL ANCHO DE LA PIEZA'
158 PUT S4
```




CESERCOMP - ESPOL

A PROFUNDIDAD TOTAL

D EN ESTA OPERACION ES=

D HSS 2.090043648

URC .391883184

U LONGITUD

A PROFUNDIDAD TOTAL

D EN ESTA OPERACION ES=

D HSS 1.53058752

URO .28698516

U LONGITUD

A PROFUNDIDAD TOTAL

D EN ESTA OPERACION ES=

D HSS 2.090043648

URO .391883184

U LONGITUD

A PROFUNDIDAD TOTAL

D EN ESTA OPERACION ES=

D HSS 63.672440832

URO 11.938582656

D TOTAL CON HSS ES= 133.05555648

D TOTAL CON CARBURO ES = 24.94791684

U TIEMPO DE MONTAJE

ALGUNA OTRA OPERACION, SI(1) O NO(2)

OPERACION ESTA REALIZANDO

EXTERIOR(1),REFRENTADO(2),TRCNZADO(3),LIMADO(4)

FRONTAL(5),FRESADO CILINDRICO PERIFERICO(6),FRESADO FRONTAL(7)

RECTIFICADO CILINDRICO(9),RECTIFICADO PLANO(10)

D

U LONGITUD DE TALADRADO

EL DIAMETRO DE LA BROCA (EN MM)

VE ASUMIDO ES DE 0.2 MM/VUELTA

D EN UN AGUJERO ES = .45246894

AGUJEROS SON LCS DEL ELEMENTO

D TOTAL DE TALADRADO ES .90493788

D DE MEDIDA ES =

ALGUNA OTRA OPERACION, SI(1) O NO(2)

OPERACION ESTA REALIZANDO

EXTERIOR(1),REFRENTADO(2),TRCNZADO(3),LIMADO(4)

FRONTAL(5),FRESADO CILINDRICO PERIFERICO(6),FRESADO FRONTAL(7)

RECTIFICADO CILINDRICO(9),RECTIFICADO PLANO(10)

FRONTAL

EL DIAMETRO DE LA FRESA

TIEMPO TOTAL

TO:
Rotativo

CICLO DE FABRICACION

DESUJO: 4.4.33

LANT: 1

HOJA: 1/2

DESCRIPCION DE LA PIEZA:
ARBOL DE PORTAASPAS

MATERIAL: SAE 1045
ACERO ASSAB 705

Máquina	Descripción de la operación y croquis	Utilillaje Calibres	TIEMPO DE OPERACION		
			Maniob	Manejo	Mecan
			5	8	2
			20	10	164
			5	5	11

TIEMPO PARCIAL: 30 - 23 133
TIEMPO TOTAL:

DESIGNACION DE LA PIEZA:

ARBOLE DE PORTAASPAS

MATERIAL:

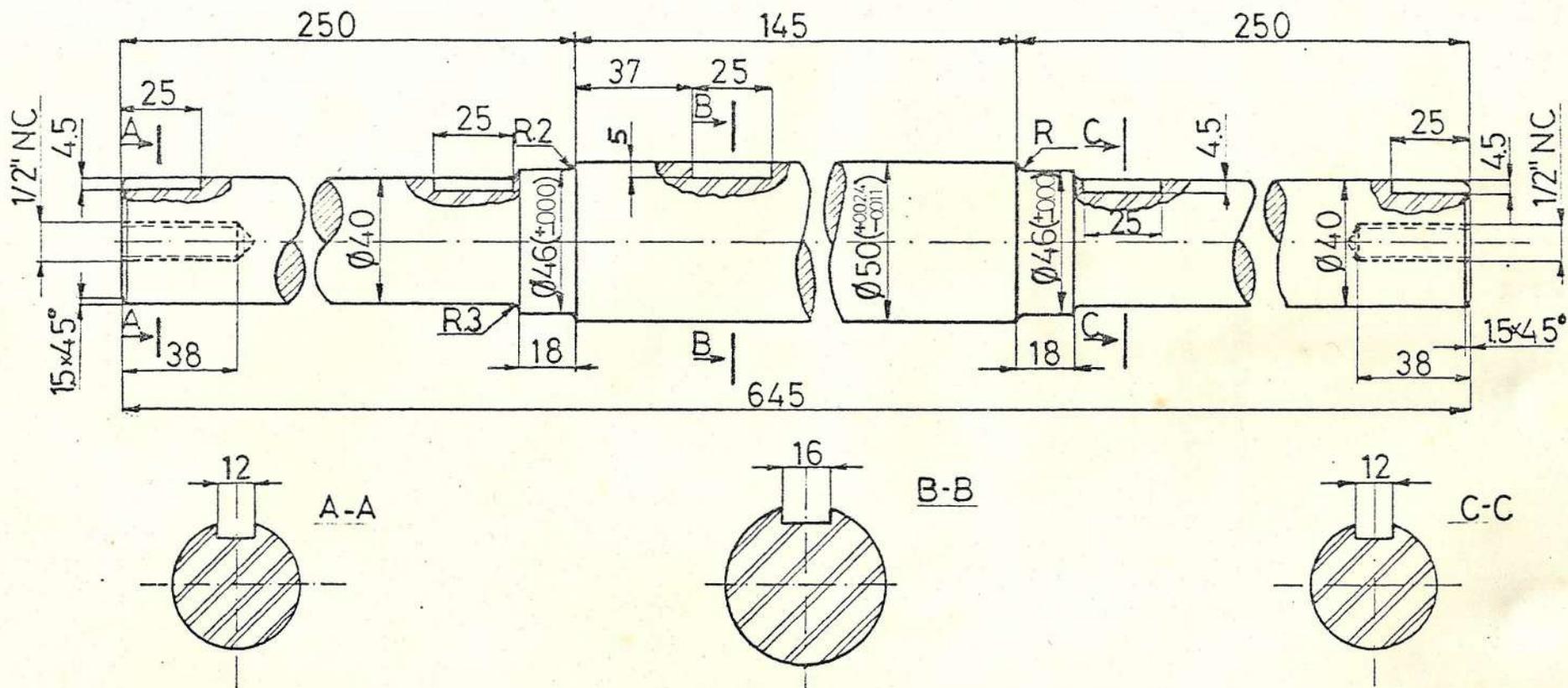
SAE 1045

ACERO ASSAB 705

Máquina	Descripción de la operación y croquis	Utillaje Calibres	TIEMPO DE OPERACION		
			Maniob	Manejo	Mecan
	<p>1/4" NC 38</p>		5	5	5
	<p>50 (+0.024 / -0.01)</p>		2	8	2
	<p>25 26 37 25 25 25</p>		15	5	10

TIEMPO PARCIAL: 52 6/8 194

TIEMPO TOTAL: 253



	FECHA	NOMBRE	FACULTAD DE ING. MECANICA	ESPOL
DIBUJO	15-4-66	J. LEON B.		
REVISO	20-4-66	GONZALEZ		
COMPR	30-4-66	ESPINOSA		
E 1:2	ARBOL DE PORTA-ASPAS			4.4.33
				MATERIAL ACERO

BIBLIOGRAFIA

1. J. ORTIZ-CAÑAVATE, "Las máquinas agrícolas y su aplicación", Diciembre de 1.983, Editorial Mundo - Prensa.
2. J. ORTIZ-CAÑAVATE, "Técnica de la mecanización agraria", 1976. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Madrid, 1.975.
3. JOHN E. ASHBURNER, "Función y diseño del tractor e implementos de Labranza del suelo", 1978, Estación Experimental "Santa Catalina", INIAP. Quito - Ecuador.
4. DR JOHAN BERLJN, "Labranza Secundaria", Colección Trillas.
5. DR JOHAN BERLJN, "Arador de rejas", Colección Trillas.
6. SELLY FRED-SMITH JAMES, "Curso Superior de Resistencia de materiales", 1952, John Wiley and Sons.
7. P.M. DENEZHNIK-STISKIN, "Manual del tornero", 1978, Editorial Mir Moscú.
8. MIROLYBOV, ENGALICHEV, SERGUREVSKI, YASHINA, "Problemas de Resistencia de materiales", Cuarta Edición, 1981, Editorial MIR Moscú.
9. EGOR B. POPOV, "Introducción a la Mecánica de Sólidos", 1980. Editorial LIMUSA.
10. SHIGLEY-MITCHELL, "Diseño en Ingeniería Mecánica", 1985, Mc Graw Hill Inc. U.S.A.
11. A.L. CASILLAS, "Máquinas, Cálculos de taller", 1982, Gráficas Unidas.

12. DEUTSCHMAN, MICHELS, WILSON, "Machine design, theory and practice"
13. JOHNSON, "Optimum design of Mechanical Elements", 1986, Segunda Edición. Wiley - Interscience.