

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA TRILLADORA DE PEDAL PARA  
TRIGO (Triticum vulgare L.) Y CEBADA (Hordeum vulgare L.)**

**Por**

**JOSE A. HERNANDEZ PARRA  
WILLIAM TORO OROZCO**

"Las ideas y conclusiones aportadas en la Tesis de  
Grado son de responsabilidad exclusiva de sus au-  
tores".

**Tesis de Grado presentada como requisito  
Artículo parcial para optar al título de (Octubre  
11), cuando de "INGENIERO AGRONOMO" Directivo de la  
Universidad de Nariño.**

**Presidente de Tesis  
JORGE CASTRO POLANCO I.A.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS  
Pasto - Colombia  
1.975**

A MI PADRE

A MI MADRE

A MIS FAMILIARES

A MIS AMIGOS

AL CAMPESINATO COLOMBIANO

"Las ideas y conclusiones aportadas en la Tesis de Grado son de responsabilidad exclusiva de sus autores".

Artículo 10. del Acuerdo No. 324 de 1.966 (Octubre 11), emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

JOSÉ A. HERRERA F.

A MIS PADRES  
A MI MADRE  
A MI HERMANA  
A MIS FAMILIARES  
A MIS AMIGOS  
AL CAMPESINO COLOMBIANO

DEDICO:

JOSE A. HERNANDEZ P.

**UNIVERSIDAD DE MARINO**  
 DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO  
 ALBERTO CUBEL DE GUERRA

16688

---

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

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

**AGRADECIMIENTOS A:**

**A MIS PADRES**

**A MIS HERMANOS**

**A MIS FAMILIARES**

**A MIS AMIGOS**

JOSÉ CASTRO POLARDO, I.A.

JOSÉ GONZÁLEZ, I. Petróleos y Geología

FRANCISCO CIVILLY P., I.A., M.Sc.

EDUARDO LUNA TORRES I.A., M.Sc.

BENIGNO RAMÍREZ SORIANO I.A.

EDUARDO GONZÁLEZ GONZÁLEZ I.A., M.Sc.

MIGUEL RIVERA GONZÁLEZ I.A., M.Sc.

EDUARDO GONZÁLEZ G., I.A.

JOSÉ GONZÁLEZ

**DEDICO:**

ALBERTO VILLALBA

**WILLIAM TORO OROZCO**

Trabajadores del Taller de la Zona  
Minera.

Esperanza que en una u otra forma contribuya  
toda su colaboración para el feliz  
éxito de este trabajo.

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO**  
 BIBLIOTECA  
 ALBERTO OJUMA GUERRERO

No. **1.6866**

Ej. \_\_\_\_\_ Vol. \_\_\_\_\_ Lib. \_\_\_\_\_

Valor \$ \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_ Resp. \_\_\_\_\_

I. INTRODUCCION ..... 1

II. AGRADecIMIENTOS A :

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Observaciones preliminares ..... 5

3.1.1 Inspección de las instalaciones de Petróleos y Geología ..... 5

3.1.2 Observaciones de FRANCISCO CITELLY P. I.A., M.Sc. ..... 5

3.1.3 Visitas para conocer el funcionamiento de las instalaciones de las plantas de energía ..... 5

3.2 Consecución de HERNAN BURBANO ORJUELA I.A. M.Sc. ..... 5

3.3 Diseño de la GLORIA GONZALEZ G. I.A. .... 6

3.4 Construcción de CARLOS CEBALLOS ..... 7

3.4.1 Faltas de ALBERTO VILLOTA ..... 7

3.4.2 Calidad ..... 7

3.4.3 Concurrencia de Trabajadores del Taller de la Zona Minera. .... 8

3.4.4 Bases Minera. .... 8

3.4.5 Ventilador ..... 8

3.4.6 Otras Personas que en una u otra forma presentaron su colaboración para el feliz término de este trabajo. .... 8

3.4.7 Zonas ..... 8

3.4.8 Cables ..... 8

3.4.9 Cubierta ..... 9

3.4.10 Otros ..... 9

3.5 Fuente generadora de movimiento ..... 9

IV. RESULTADOS Y DISCUSION ..... 11

4.1 Características de la Máquina ..... 11

4.1.1 Generalidades ..... 11

	CONTENIDO	Pag.
	4.2 Diseño del Ventilador .....	22
I.	INTRODUCCION .....	1
II.	REVISION DE LITERATURA .....	3
III.	MATERIALES Y METODOS .....	5
	3.1 Observaciones preliminares .....	5
	3.1.1 Inspección de trilladoras .....	5
	3.1.2 Observación de una trilladora se-	
	leccionadora de años .....	5
	3.1.3 Visitas para conocer el funciona-	
	miento de trilladoras de trigo y	
	cebada .....	5
	3.2 Consecución de Variedades .....	5
	3.3 Diseño de la Máquina .....	6
	3.4 Construcción de la Trilladora de Pedal ..	7
	3.4.1 Poleas .....	7
	3.4.2 Cilindro .....	7
	3.4.3 Cóncavo .....	7
	3.4.4 Ejes .....	8
	3.4.5 Ventilador .....	8
	3.4.6 Chumaceras .....	8
	3.4.7 Zaranda .....	8
	3.4.8 Canales .....	8n
	3.4.9 Cubierta .....	9
	3.4.10 Otros .....	9
	3.5 Fuente generadora de movimiento .....	9
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION .....	11
	4.1 Características de la Máquina .....	11
	4.1.1 Generalidades .....	11

	Pag.
4.2 Diseño del Ventilador .....	22
4.2.1 Cálculo del ventilador .....	22
4.3 Funcionamiento .....	27
4.4 Instalación .....	30
4.5 Mantenimiento .....	30
4.6 Rendimiento .....	33
4.7 Pruebas efectuadas con motor eléctrico ...	33
4.8 Capacidad de desgrane .....	37
4.9 Costos .....	40
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	41
VI. RESUMEN .....	42
SUMMARY .....	44
VII. BIBLIOGRAFIA .....	45
APENDICE .....	48

TABLAS

Página

Tabla I	Cálculo de la velocidad terminal promedio de 50 granos de trigo ( <u>Triticum vulgare</u> L.) y cebada ( <u>Hordeum vulgare</u> L.) en base al principio de Arquímedes .....	25
Tabla II	Capacidad de desgrane para trigo y cebada	34
Tabla III	Prueba final del rendimiento de trigo ( <u>Triticum vulgare</u> L.) .....	35
Tabla IV	Prueba final del rendimiento de cebada ( <u>Hordeum vulgare</u> L.) .....	36
Tabla V	Determinación de impurezas en material trillado y repaso en base a 100 gr trigo ( <u>Triticum vulgare</u> L.) .....	38
Tabla VI	Determinación de impurezas en el material trillado y repaso en base a 100 gr cebada ( <u>Hordeum vulgare</u> L.) .....	39

Figura 7. Vista lateral izquierda, indicando el aspecto para el operativo, los pedales que acoplan a la polea motriz y el cilindro con los dientes desgranadores .....

Figura 8. Vista lateral derecha, donde se observa el juego de poleas las cuales se acoplan por medio de bandas, para transmitir desde los pedales el movimiento a la trilladora .....

FIGURAS

Pag.

Figura 1	Obsérvese la facilidad de transporte de la máquina .....	12
Figura 2	Vista frontal lateral derecha. Se observa en orden descendente: el elemento de trilla y tolva de alimentación, inmediatamente después la abertura que permite la calibración de separación del cóncavo con el cilindro; seguidamente está el canal rectangular de salida de la cáscara del grano .....	13
Figura 3	Vista de frente .....	15
Figura 4	Vista posterior .....	16
Figura 5	Perfil lateral izquierdo .....	17
Figura 6	Vista lateral izquierda de la trilladora, que muestra parte del ventilador, el cilindro y su tapa, las poleas que mueven la zaranda y el canal recolector de grano en la parte inferior el canal de desecho y el canal recolector de grano limpio .....	19
Figura 7.	Vista lateral izquierda, indicando el asiento para el operario, los pedales que acoplan a la polea matriz y el cilindro con los dientes desgranadores .....	20
Figura 8.	Vista lateral derecha, donde se observa el juego de poleas las cuales se acoplan por medio de bandas, para transmitir desde los pedales el movimiento a la trilladora .....	21

	Pag.
Figura 9 Perfil Lateral derecho .....	23
Figura 10 Se observa la polea loca de doble canal para evitar rozamiento de la banda conductora de los pedales al cilindro ....	24
Figura 11 Entrada de los manojos de material para los efectos de trilla .....	28
Figura 12 Se observa los canales de desecho y salida de grano .....	29
Figura 13 Productos finales de trilla realizada en trigo. A. Grano, B. Desecho, C. Glumas y D. Tamo .....	31
Figura 14 Productos finales de la trilla realizada en cebada. A. Grano, B. Desechos, C. Barbas y D. Tamo .....	32

(\*) Tesista de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Jorge Castro Polanco, 1964.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA TRILLADORA DE PEDAL PARA TRIGO  
(Triticum vulgare L.) Y CEBADA (Hordeum vulgare L.) (")

Por

JOSE ARTURO HERNANDEZ PARRA

WILLIAM TORO OROZCO

I. INTRODUCCION

Dentro de la economía nacional merecen especial importancia los cultivos de trigo y cebada. Los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Nariño son considerados como los primeros productores, a pesar de que las explotaciones son de tipo tradicional minifundista (4).

Las zonas productoras de estos cereales en el Departamento de Nariño, se caracterizan por presentar una topografía quebrada y vías de comunicación adecuadas, lo cual trae consigo dificultades en el acceso de trilladoras, bien sean móviles o estacionarias. Estos factores sumados a la escasez de maquinaria, dificultan muchas veces las labores de recolección, especialmente cuando la cosecha de trigo y cebada es simultánea en una región, presentándose, por lo tanto, problemas de diversa índole en los lugares de trilla.

En las explotaciones minifundistas de trigo y cebada, la labor de trilla se dificulta aún más, pues la cosecha se debe transportar al sitio donde se encuentre una trilladora disponible.

---

(") Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Jorge Castro Polanco, I.A.

De acuerdo a lo anterior, se hace necesario la construcción de máquinas trilladoras estacionarias que sean de fácil transporte y de bajo costo, con el objeto de buscar una ayuda para el pequeño agricultor de trigo y cebada.

Con el presente trabajo, se ha querido contribuir a la solución de uno de los principales problemas que afrontan los pequeños productores de estos cereales, con miras a que en un futuro inmediato se obtenga maquinaria de este tipo, que esté al alcance del pequeño agricultor.

#### Objetivos:

1. Diseño y construcción de una Trilladora de pedal para trigo y cebada.

2. Con esta construcción se trata de rebajar los costos a un mínimo para que sea de fácil consecución al pequeño agricultor.

3. Tratar de rebajar el peso de la máquina para facilitar su transporte al sitio donde va a ser utilizada, ya que las empleadas en la actualidad son de un peso exagerado.

4. Rebajar el número de operarios que efectúan la labor de trilla.

5. La posible adaptación de un pequeño motor de bajas revoluciones por minuto para así agilizar el proceso de trilla.

## II. REVISION DE LITERATURA

Las condiciones actuales de explotación agrícola demandan gran tecnificación en el campo por problemas de período de cosecha, mejor utilización del área cultivada, factores fitosanitarios de las regiones productoras, etc., de ahí que el uso de maquinaria encargada de realizar los diferentes procesos es de vital importancia. A simple vista, el problema de mecanización radica en que el área mecanizada es mínima comparada con el área mecanizable y dada las condiciones de producción en que se encuentra el trigo y la cebada, conviene emplear máquinas manuales (3).

Estas máquinas son muy comunes en algunos países aunque costosas, oscilando su peso entre 35 y 70 Kg; con rendimiento aproximado de 1,5 Kg de grano por hora, a una velocidad en el tambor de 300 a 400 rpm (8).

En Inglaterra existe una fábrica productora de implementos agrícolas, entre los que figura una desgranadora de maíz accionada por manivela y que tiene como ventajas de alta versatilidad y el rendimiento. Dentro del modelo convencional se pueden realizar una serie de cambios como son: accionada por pedales, motor a gasolina y motor eléctrico de bajo cabalaje. El peso de la máquina es de 95 Kg, prácticamente bajo comparado con el de otras que realizan la misma labor (1).

De acuerdo a Hall y Salas (5), la limpieza y clasificación son dos cosas muy importantes en la producción de semillas y granos de trigo de buena calidad, por la eliminación de las impurezas. Anteriormente la limpieza de las semillas se hacía en forma manual; este método resultó demasiado lento, debido a los aumentos constantes en la producción, razón por la cual se comenzó la fabricación de máquinas para lim-

piar las semillas y en muchos casos para separarlas en diferentes grados, basados especialmente en el tamaño de los granos, peso, color, textura, forma y gravedad específica.

Los anteriores autores indican, además, que la densidad o gravedad específica de las partículas en una mezcla también es factor muy usado para separar materiales, particularmente para limpieza. Cuando se usa aire para la separación, algunos de los granos ligeros y tamaño aceptable, se eliminan, lo cual ayuda a la clasificación. El aire circula a una velocidad suficiente para que puedan pasar las semillas y separar un material de otro de acuerdo a su peso.

Está comprobado que la potencia desarrollada por un hombre (motor sangre), en un trabajo normal, durante una jornada de trabajo de 8 horas, es de 17.300 a 28.300 Kgm/hora de trabajo útil, con una potencia aproximada de 8 Kgm/segundo. El uso de maquinaria incrementa la intensidad de trabajo útil, a la vez que se rebaja el empleo de la mano de obra (7).

(10). En el Departamento de Nariño, la firma "Zutta Hnos" (2) produce trilladoras estacionarias para trilla de trigo y cebada en terrenos quebrados. Las maquinarias número medio poseen un motor de gasolina cuya capacidad es mayor de 5 HP con 3.200 a 3.600 rpm y las maquinarias números 1 y 2 con motores de 8 HP con las mismas revoluciones, teniendo en cuenta que el eje del cilindro trillador proporcione 1.200 a 1.300 rpm, o bien con motores eléctricos de igual capacidad.

### III. MATERIALES Y METODOS

En un principio, para la construcción de la maquinaria se tomaron los siguientes datos:

#### 3.1 Observaciones Preliminares

##### 3.1.1 Inspección de trilladoras

Con este propósito se efectuaron visitas a los talleres "Zutta Hnos", Granja "Lope" del SENA, Granja Experimental de Obonuco (ICA), con el objeto de observar detenidamente las trilladoras.

##### 3.1.2 Observación de una trilladora seleccionada de años

Esta labor se cumplió detallando la construcción y funcionamiento de una máquina diseñada y fabricada en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño (10).

##### 3.1.3 Visitas para conocer el funcionamiento de trilladoras de trigo y cebada

Se realizaron salidas al campo con el fin de observar en detalle el funcionamiento de las máquinas trilladoras de trigo y cebada que se utilizan en la región.

#### 3.2 Consecución de Variedades

Se consiguieron tres variedades de trigo Bonza 63, Tota 63 y Samaca 68 y tres variedades de cebada Funza, Galeas y 124.

y en base a esto se procedió a la construcción definitiva.

### 3.3 Diseño de la Máquina

#### 3.4 Construcción de la Trilladora de Peñal

Para la construcción de la máquina, se procedió de la siguiente manera:

Tomando como base las observaciones de la maquinaria existente en la región, se adelantaron los cálculos, así:

Para el diseño del cilindro, se consideró el caso de una trilladora en la que el grano salga limpio. Se necesitaba, entonces, una velocidad tangencial de los dientes del cilindro de 25 a 29 mt/seg; como la máquina es manual, se escogió la velocidad mínima.

El cálculo de longitud de las correas o bandas se hizo con base en la siguiente fórmula:

en donde: 
$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (D + d) + \frac{(D - d)^2}{4C}$$

L = Longitud de la correa

c = Longitud entre los centros

d = Diámetro mínimo de la polea

D = Diámetro máximo de la polea

Como el mecanismo de trilla es convencional, en este caso se adoptó el que se emplea en todo este tipo de maquinaria. Además se tomaron medidas de las diferentes partes de la maquinaria observada, para integrarlas a la máquina que se estaba diseñando.

Posteriormente, se averiguó en las casas comerciales la facilidad de consecución de los materiales requeridos para la construcción y, por último, se llegó al diseño final

y en base a éste se procedió a la construcción definitiva.

### 3.4 Construcción de la Trilladora de Pedal

Teniendo como base toda la información conseguida, se procedió a la construcción de la máquina en cuestión. Se debieron hacer ensayos y cambios de piezas para llegar al diseño final. A continuación se detallan los materiales utilizados, indicando la finalidad de cada uno de ellos.

#### 3.4.1 Poleas

Se utilizaron tres poleas conductoras: una general de 6" acoplada a los pedales; otra, conductora del ventilador de 10" colocada en el eje del cilindro, la cual además sirve de volante; la tercera, conductora de la polea excéntrica de 2". También se emplearon tres poleas conducidas acopladas al eje del cilindro de 3", al eje del ventilador de 1½" y al eje de la polea excéntrica de 1½". Dichas poleas están fabricadas a base de aluminio y se unen por medio de bandas en "A".

#### 3.4.2 Cilindro

Fabricado a base de hierro y cuyo conjunto está compuesto por 8 largueros horizontales de 26,6 cm de longitud, en los cuales van distribuidos 4 dientes espaciados 5,64 cm.

#### 3.4.3 Cóncavo

Este implemento es graduable y está fabricado en hierro. Se compone de un cuarto de circunferencia, lleva 3 largueros horizontales separados a 0,70 cm, que contiene 5 dientes el primero, 4 dientes el segundo y 5 dientes el tercero, espaciados 5,64 cms.

3.4.4 Ejes Se tienen 4 ejes de hierro, cuyas medidas y funciones son: ejes soporte de la polea general con una longitud de 14,3 cm y un diámetro de  $5/8''$ , eje del cilindro con una longitud de 47 cm y un diámetro de  $5/8''$ , eje del ventilador con una longitud de 35 cm y un diámetro de  $1/4''$  y eje del ex-céntrico con una longitud de 4,7 cm y un diámetro de  $1/8''$ .

3.4.5 Ventilador Posee 6 paletas de madera de forma trapezoidal, acopladas a un cuerpo de hierro con tornillos, el cual va acoplado al eje.

3.4.6 Chumaceras Se emplearon 6 chumaceras: dos en el eje de los pedales, dos en el eje del cilindro y dos en el eje del ventilador. Las balineras de la chumaceras tienen un diámetro inferior de  $5/8''$  y exterior de  $1,1/4''$  para los ejes de los pedales y el cilindro; las del ventilador poseen un diámetro interior de  $3/8''$  y exterior de  $1''$ .

3.4.7 Zaranda Fabricada en alambre de malla de  $1/4''$  proporcional al ancho promedio de grano de trigo y cebada; el marco de este implemento está hecho en madera y va sujeto a la zaranda por medio de puntillas.

3.4.8 Canales Se utilizaron tres canales, de los cuales

dos son cóncavos: uno de desechos y otro de salida de grano. El canal de salida de grano con una longitud de 36 cm y un diámetro de 9 cm, el de desecho, con 37 cm de longitud y diámetro de 11 cm y uno rectangular para la salida de la gluma del grano, con un ancho de 18 cm, altura de 3 cm y una longitud de 32 cm.

#### 3.4.9 Cubierta

El cilindro está cubierto por un cóncavo de mica gruesa y la máquina en su totalidad por lámina de hierro, calibre 26.

#### 3.4.10 Otros

Se emplearon dos pedales con sus bielas y pasadores, un asiento de madera con su tornillo de graduación y un trípode de soporte del tubo donde está colocado el asiento y que se ramifica para dar lugar al soporte rectangular de la polea motriz.

#### 3.5 Fuente Generadora de Movimiento

Para la fuente generadora de movimiento se utiliza el "motor sangre", el hombre. Para esto se hicieron ensayos con tres operarios en condiciones normales de trabajo, con el fin de determinar entre un mínimo y un máximo permisibles de rpm del cilindro, el mejor rango, para la calidad y rendimiento de trilla. Se comenzó con un mínimo, incrementándose sucesivamente así: 200, 250, 300, 350 y 400, llegando al máximo, y tomando los respectivos tiempos de cada operario. Posteriormente se contabilizó el tiempo máximo en que el operario mantenía el rango de rpm; de cada lectura se realizaron dos repeticiones.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Finalmente con cada operario se efectuó la trilla para determinar cual tratamiento daba mejores resultados cualitativos y cuantitativos.

y cebada, tubo metálico de cambiar varias piezas, entre otras, el ventilador, poleas, ejes, zaranda, canal de salida de grano y canal de desecho.

Se hace una descripción de la máquina, el funcionamiento mecánico de la misma y el establecimiento de las cantidades de material dentro del funcionamiento.

#### 4.1 Características de la máquina

##### 4.1.1 Características

La estructura de la máquina está construida en Angulo de 1/8" x 1", con las siguientes dimensiones: altura, 95 cm; ancho 33 cm y largo 34 cm, para la parte superior. En la parte inferior o base, las medidas son 33 x 48 cm. Tiene un peso de 42 kilos (Figura 1).

En la parte frontal de la máquina, se aprecia una tolva por donde se introducen los manojes de trigo y cebada, los cuales llegan directamente al cilindro y cónico respectivamente para ser trillados (Figura 2).

El cilindro está formado por dos discos de 1/8"; el conjunto está compuesto por unos largueros de hierro de 1/8" x 1" con una serie de dientes construidos en hierro de 1" cuadrados y rematados en un punto de 1/8"; estos dientes están distribuidos en respectiva izquierda y derecha. El eje cilíndrico está sujeción en un eje de 1/8" de diámetro por 47 cm de largo. El eje va montado en dos chumaceras, formadas por cuñas y vol-

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

En el transcurso de la construcción de la máquina trilladora de pedal para trigo y cebada, hubo necesidad de cambiar varias piezas, entre otras; el ventilador, poleas, ejes, zaranda, canal de salida de granos y canal de desecho.

Se hace una descripción de la máquina, el funcionamiento mecánico de la misma y el establecimiento de las cantidades de material dentro del funcionamiento.

### 4.1 Características de la Máquina

#### 4.1.1 Generalidades

La estructura de la máquina está construída en ángulo de  $1/8''$  x  $1''$ , con las siguientes dimensiones: altura, 95 cm; ancho 33 cm y largo 34 cm, para la parte superior, En la parte inferior o base, un marco de 33 x 48 cm. Tiene un peso de 42 kilos (Figura 1).

En la parte frontal de la máquina, se aprecia una tolva por donde se introducen los manojos de trigo y cebada, los cuales llegan directamente al cilindro y cóncavo respectivamente para efectos de la trilla (Figura 2).

El cilindro está formado por dos discos de  $1/8''$ ; el conjunto está compuesto por ocho largueros de hierro de  $1/4''$  x  $1''$  con una serie de dientes construídos en hierro de  $1/2''$  cuadrados y terminados en un perno de  $1/4''$ , rosca ordinaria con su respectiva arandela y tuerca. Dicho cilindro está suspendido en un eje de  $5/8''$  de diámetro por 47 cm de largo; el eje va montado en dos chumaceras, formadas por camisa y roda-



Figura 1. Obsérvese la facilidad de transporte de la máquina.

Foto: AUTORES

diámetro de 5/8" de diámetro interior por 1/2" de espesor y 2" de longitud; posea una pulida de 1", un tallo de 1/2" de diámetro y una velocidad de 170 a 300 rpm (Figura 3).

En la parte superior y en el lado lateral,

se encuentra el cóncavo que forma un ángulo de 120° con el eje de rotación.

El eje de rotación

tiene un diámetro

de 1/2" y una longitud

de 2".

El eje de rotación

tiene un diámetro

de 1/2" y una longitud

de 2".

El eje de rotación

tiene un diámetro

de 1/2" y una longitud

de 2".

El eje de rotación

tiene un diámetro

de 1/2" y una longitud

de 2".



**Figura 2.** Vista frontal lateral derecha. Se observa en orden descendente: el elemento de trilla y tolva de alimentación, inmediatamente después la abertura - que permite la calibración de separación del cóncavo con el cilindro; seguidamente está el canal rectangular de salida de la cáscara del grano.

**Foto: AUTORES.**

miento de  $5/8$ " de diámetro interior por  $1/4$ " exterior; el cilindro además, posee una polea de 3", la cual da en promedio de 170 a 300 rpm (Figura 3).

De la parte superior y sujetado a la parte lateral, se encuentra el cóncavo que forma un cuarto de circunferencia, el cual lleva cuatro largueros de 28 y 26 cm con 4 y 5 dientes intercalados y espaciados 5 cm, respectivamente (Figura 4).

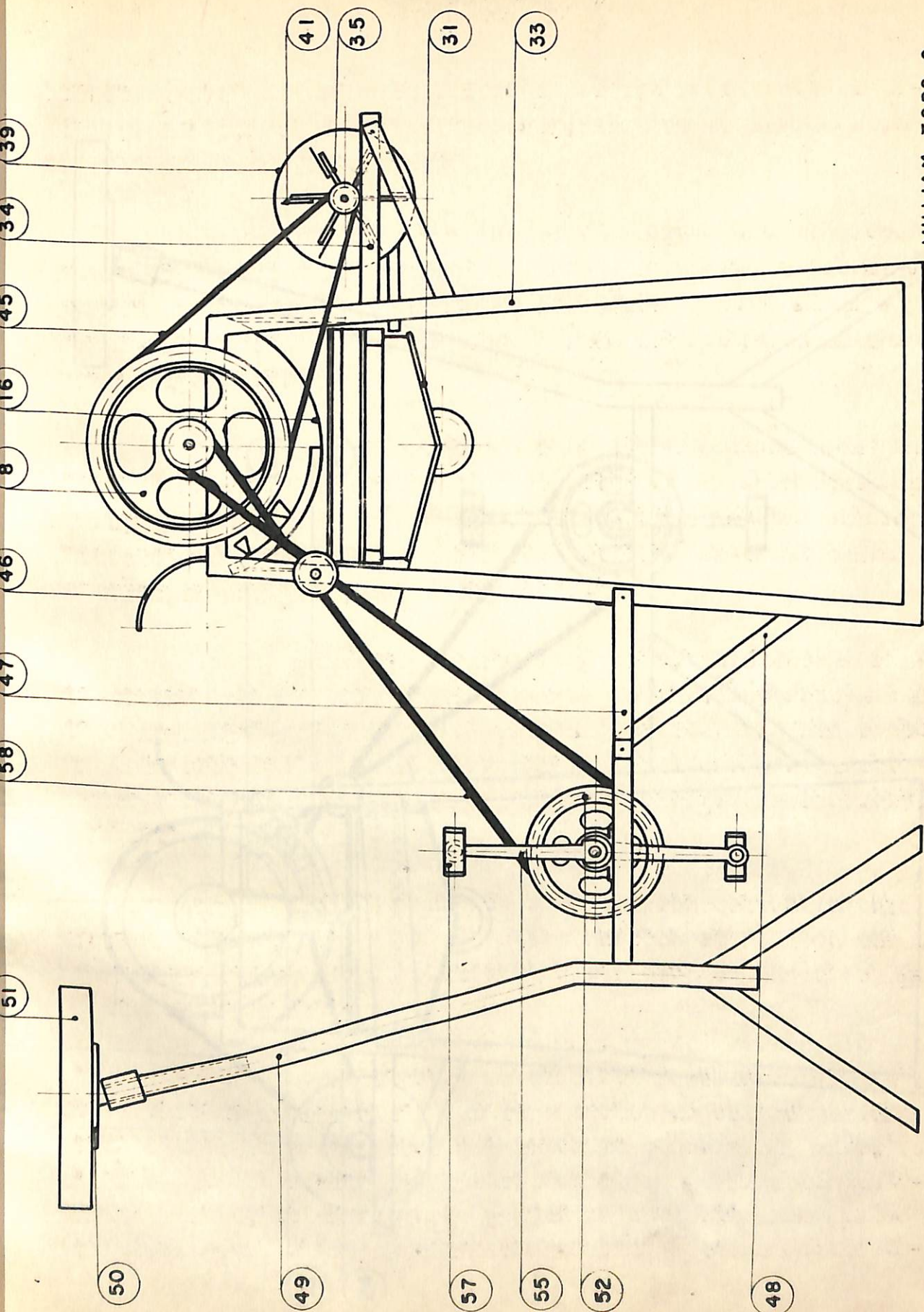
En la parte superior van colocadas unas platinas de hierro, que sirven como soporte de la zaranda; igualmente, se encuentra una platina horizontal en la cual va un tornillo que sirve para tensionar o calibrar el cóncavo con el cilindro para efectos de la trilla.

A 8 cm del marco superior, está colocada una platina que une los dos lados de la estructura, la cual lleva un eje fijo que recibe una polea de  $1\frac{1}{2}$ " con una excéntrica de rosca interior que genera movimiento a la zaranda y al recolector de grano con sus respectivos canales de salida (Figura 5).

A 28 cm de la parte superior se halla un marco de hierro, asegurado con dos pernos de  $1/4$ " de rosca ordinaria, con el fin de sostener un ventilador que tiene como características:

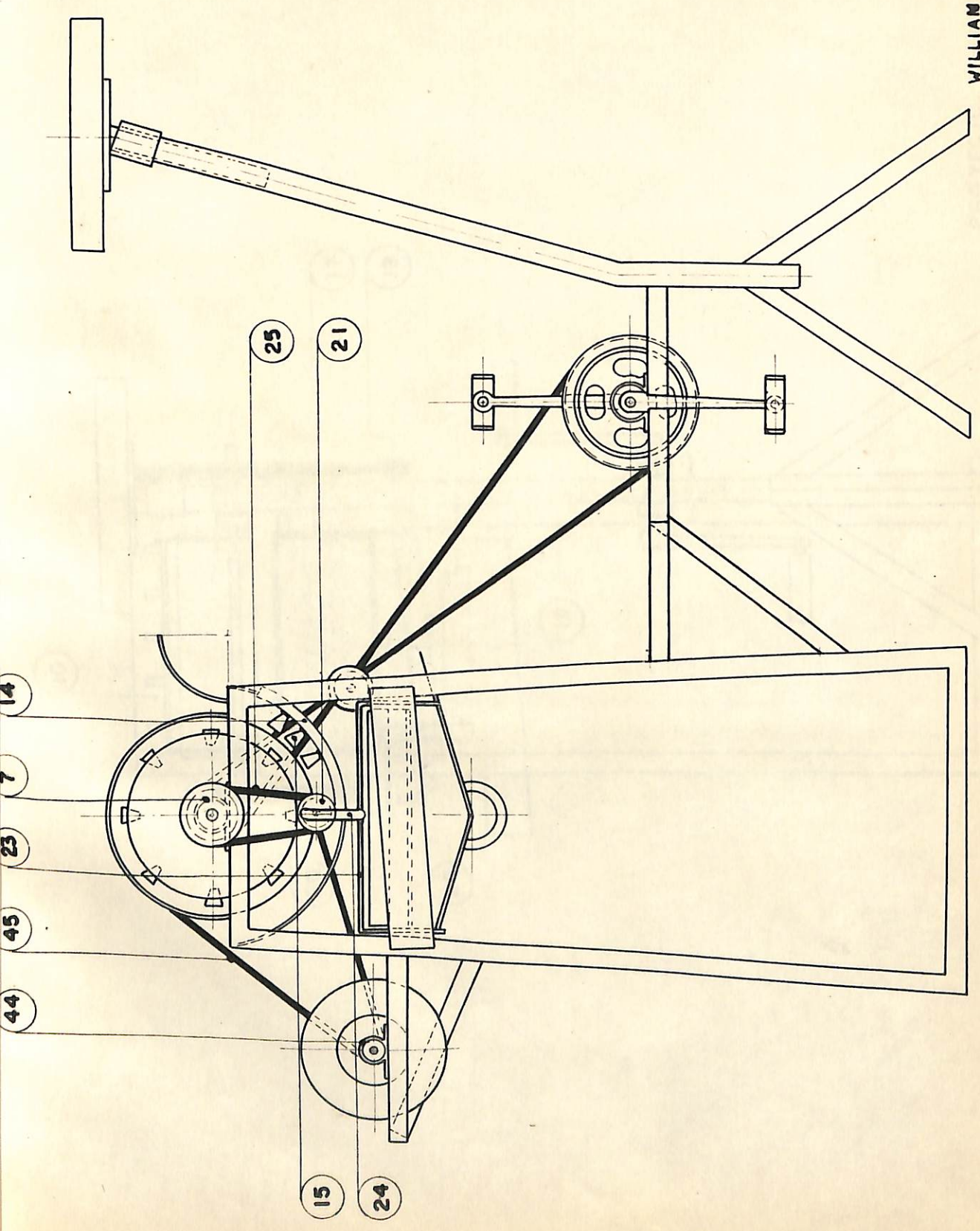
Un cilindro en lámina, de 18 cm de diámetro por 19 cm de largo con sus respectivas tapas; en el interior de este se encuentra el ventilador propiamente dicho, formado por una serie de paletas construídas en madera de 4 mm de espesor, 19 cm de largo y 5 cm de altura; estas paletas van sujetas a una estructura metálica que, a su vez, va

PROYECTO: JOSÉ HERNÁNDEZ...  
DIBUJO: ALBERTO...  
VISTA DE FRENTE ESCALA 1:2



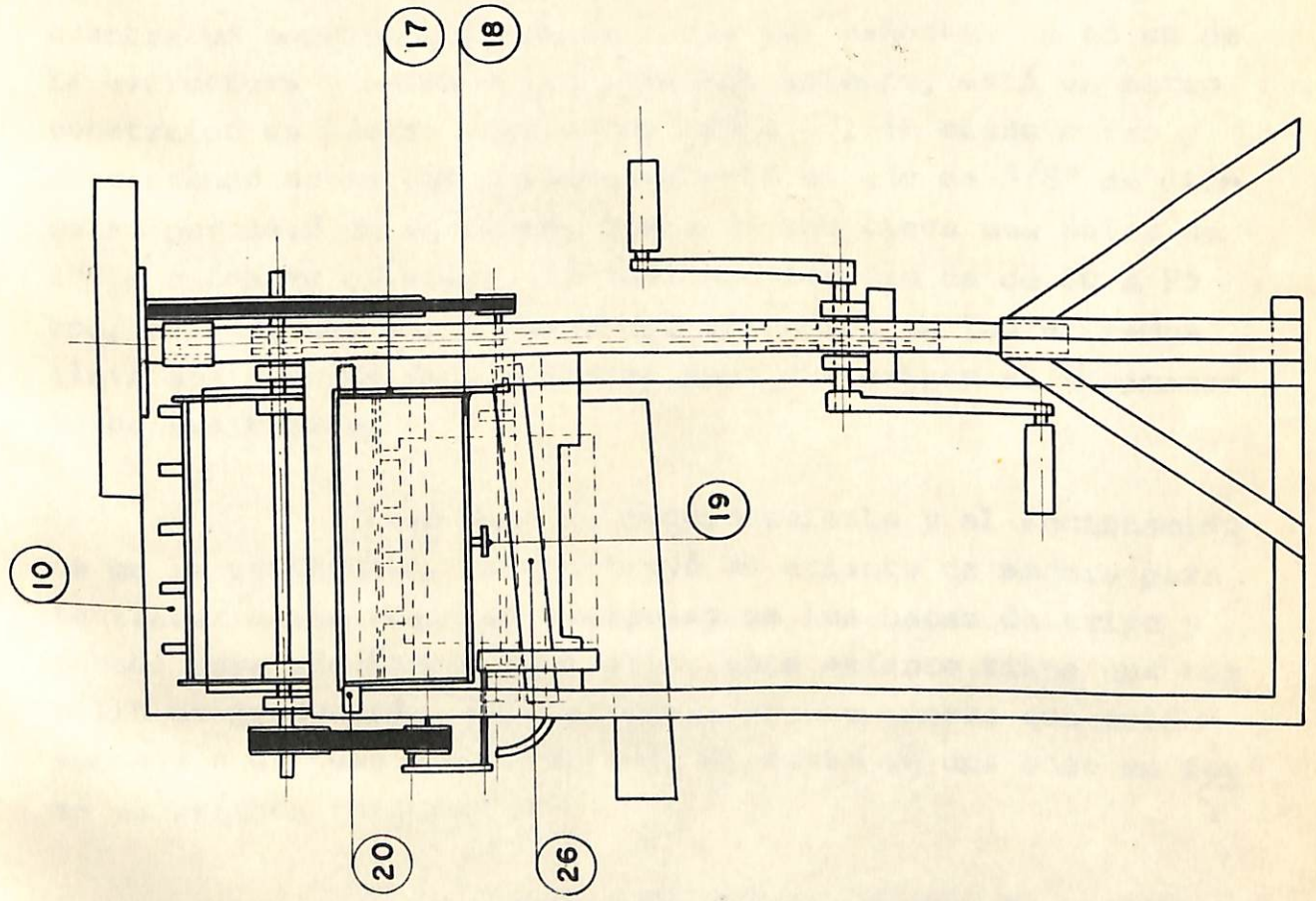
WILLIAM TORO O.  
 PROYECTO: JOSE HERNANDEZ P.  
 DIBUJO : ALBERTO G. VILLOTA N.  
 ESCALA : 1:7

VISTA DE FRENTE  
 Fig. 3



WILLIAM TORO O.  
PROYECTO : JOSE HERNANDEZ P.  
DIBUJO : ALBERTO G. VILLOTA N.  
ESCALA : 1 : 7

**VISTA POSTERIOR**  
**Fig. 4**



PROYECTO: WILLIAM TORO O.  
JOSE HERNANDEZ P.  
DIBUJO : ALBERTO G. VILLOTA N.  
ESCALA : 1:7

PERFIL LATERAL IZQUIERDO

Fig. 5

acoplada a un eje de  $5/8''$  de diámetro por 35 cm de largo. En sus extremos descansa en dos chumaceras formadas por camisa y rodamiento de  $3/8''$  de diámetro interior por  $1''$  de diámetro exterior; además, posee una polea de  $1\frac{1}{2}''$ , dando un promedio de 1.160 a 1.220 rpm (Figura 6).

De la parte anterior de la estructura y a 47 cm de la parte superior del lado derecho del marco se encuentra un soporte que une la barra del asiento. A 18 cm de la estructura y unida a la barra del asiento, está un marco construido en hierro angular de  $1/8'' \times 1''$ ; en dicho marco y descansando sobre dos chumaceras, está un eje de  $5/8''$  de diámetro por 14,3 cm de largo, que a su vez lleva una polea de  $6''$  de diámetro exterior, la cual en promedio da de 60 a 95 rpm, dependiendo del trabajo del operario; en los extremos lleva dos pedales de bicicleta, para dar origen al movimiento de las bandas.

En base al funcionamiento y al accionamiento de la trilladora, se construyó un asiento de madera para facilitar al operario el manipuleo de los haces de trigo y cebada para efectos de la trilla; este asiento tiene un tornillo de graduación, el cual entra en una tuerca que está soldada a un tubo que, a su vez, descansa en una base en forma de trípode (Figura 7).

La transmisión del movimiento se realiza por medio de bandas de caucho. El movimiento se origina por pedaleo y se transmite de una polea a otra, por sus respectivas bandas (Figura 8).

La transmisión del movimiento es directa, de los pedales al cilindro pasando por una polea de doble canal de  $3\frac{1}{2}''$ , llamada "polea loca", cuya función es evitar ro-



Figura 6. Vista lateral izquierda de la trilladora, que muestra parte del ventilador, el cilindro y su tapa, las poleas que mueven la zaranda y el canal recolector de grano, en la parte inferior el canal de desecho y el canal recolector de grano limpio.

Foto: AUTORES.

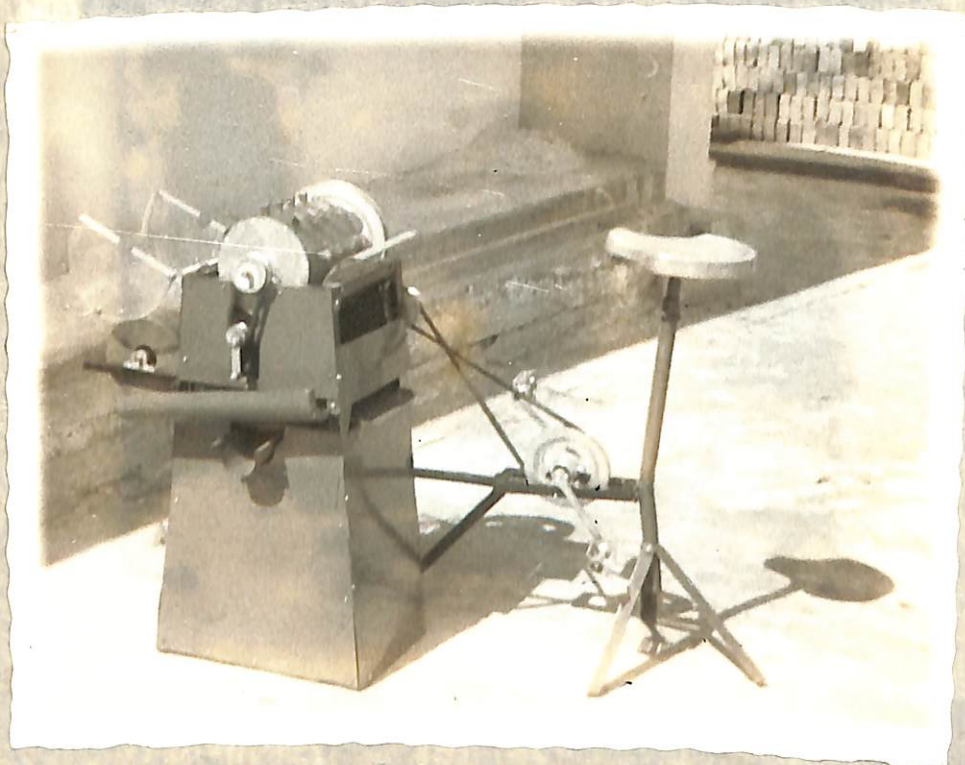
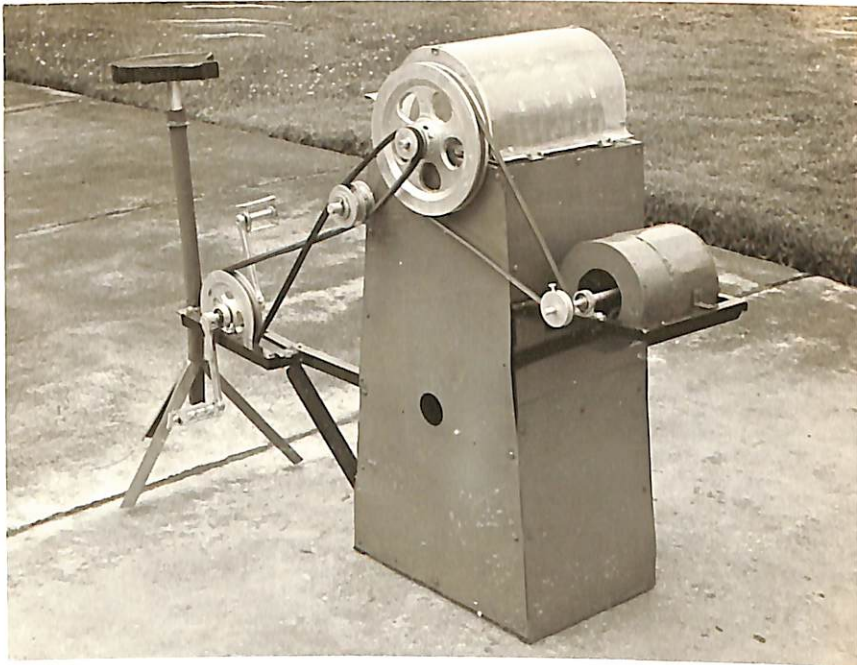


Figura 7. Vista lateral izquierda, indicando el asiento para el operario, los pedales que acoplan a la polea motriz y el cilindro con los dientes desgranadores.

Foto: AUTORES.



**Figura 8.** Vista lateral derecha, donde se observa el juego de poleas las cuales se acoplan por medio de bandas, para transmitir desde los pedales el movimiento a la trilladora.

**Foto: AUTORES.**

zamiento de la banda, este lo trasmite al ventilador que ayuda a la limpieza del grano; a la excéntrica que da movimiento tanto a la zaranda, al recolector de grano y a sus respectivos canales (Figura 9 y 10).

#### 4.2 Diseño del Ventilador

Con base a la evaluación de las velocidades terminales, se procedió a tomar un máximo y un mínimo de estas para el diseño del ventilador, por cuanto debe funcionar para cualquier caso de variedad tanto de trigo como de cebada.

La velocidad terminal corresponde a la velocidad tangencial del ventilador que deberá impulsar aire con velocidad muy cercana a este valor. Lógicamente, la velocidad de diseño debe ser un tanto superior y se evalúa traduciéndola en revoluciones por minuto (rpm).

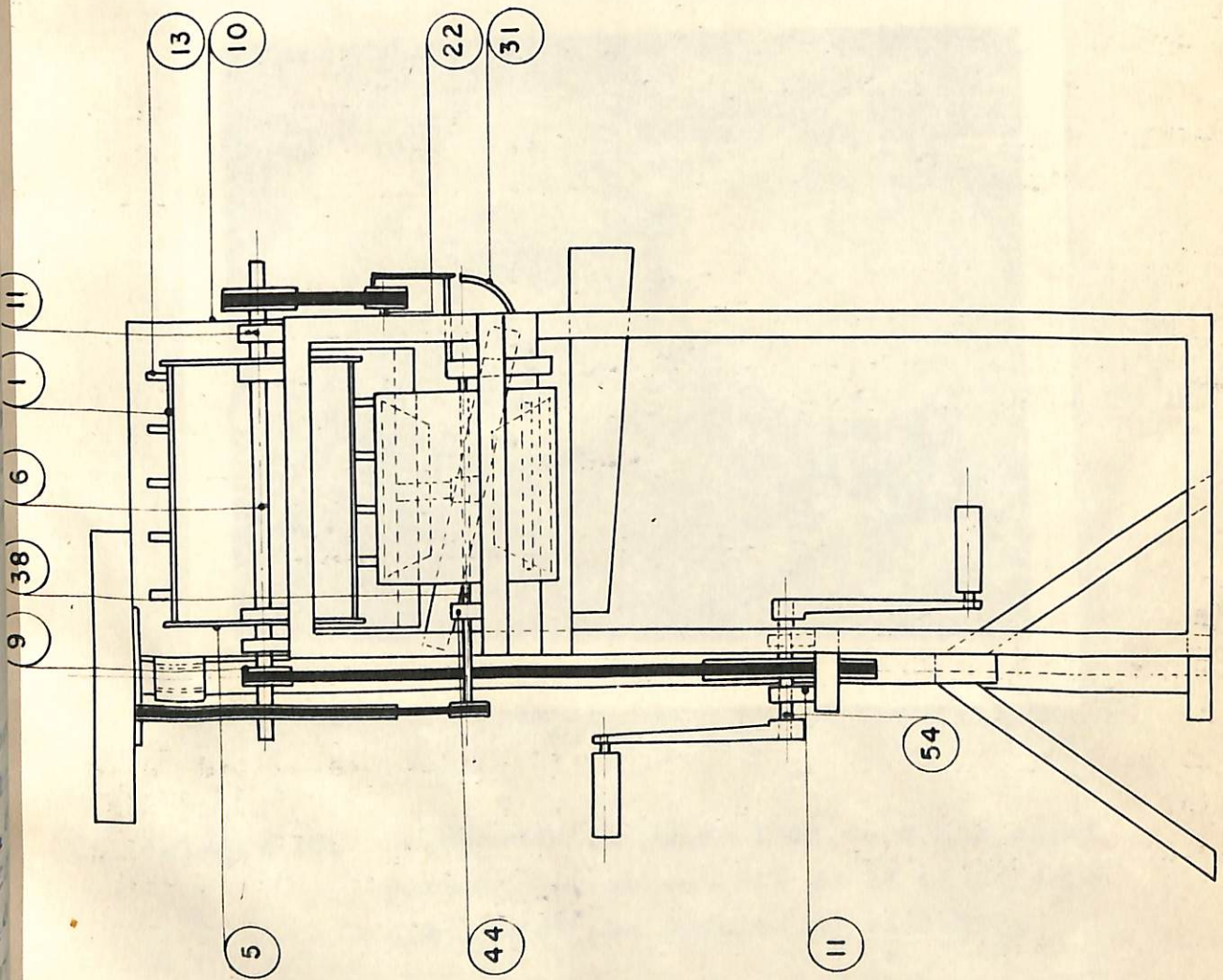
##### 4.2.1 Cálculo del ventilador

De las propiedades aerodinámicas de los granos de acuerdo a la metodología enunciada en el capítulo anterior se deduce que las cifras de velocidad terminal fueron de: 8,96, 8,81 y 9,19 m/seg, para las variedades de trigo Bonza 63, Tota 63 y Samaca 68; para cebada, se obtuvo valores de 7,41, 6,93 y 6,76 m/seg, para las variedades 124, Funza y Galeras, respectivamente (Tabla I).

De estos valores, el menor se observa para cebada, variedad Galeras; siendo el mayor para trigo, variedad Samacá, es decir, que oscilan entre 6,76 y 9,19 m/seg, valores que se toman para el diseño de las revoluciones del ventilador, con una disminución del 10% para provocar caída libre de los granos y no de las glumas y demás impurezas, estos valo-

WILLIAM TORO O.  
PROYECTO: JOSE HERRANDEZ P.  
DIBUJO: ALBERTO G. VILLOTA N.  
ESCALA: 1:1

CENTRO LATERAL DERECHO



PERFIL LATERAL DERECHO

Fig. 9

PROYECTO: WILLIAM TORO O.  
 DIBUJO : JOSE HERNANDEZ P.  
 ESCALA : ALBERTO G. VILLOTA N.  
 ESCALA : 1:7

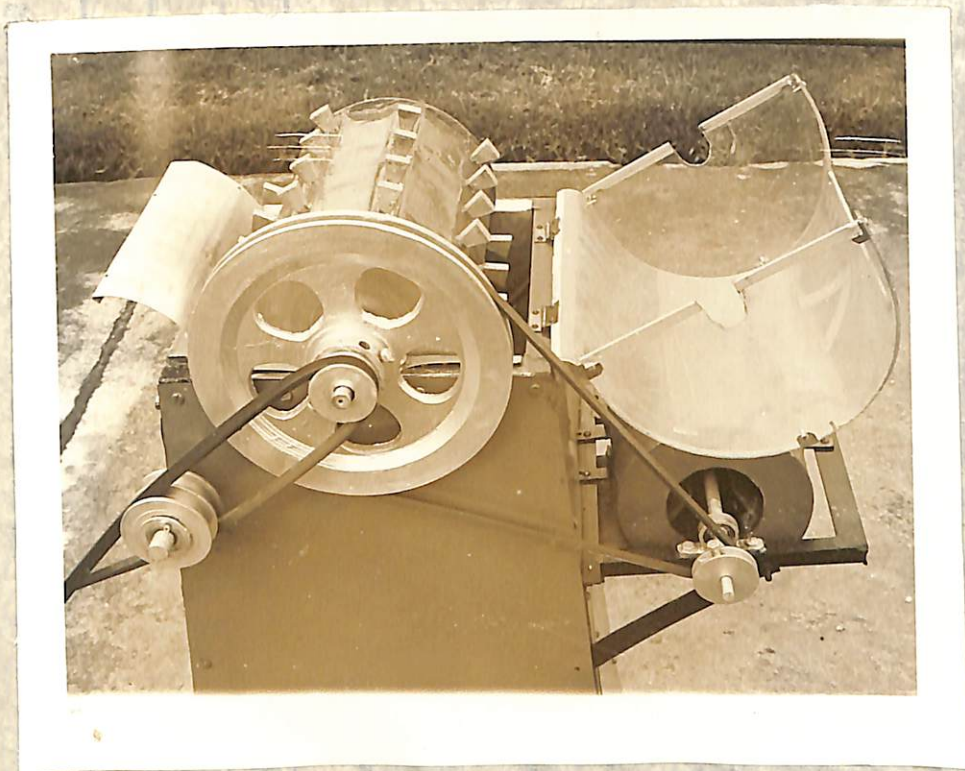


Figura 10. Se observa la polea loca de doble canal para evitar rozamiento de la banda conductora de los pedales al cilindro.

Foto: AUTORES.

TABLA I

CALCULO DE LA VELOCIDAD TERMINAL PROMEDIA DE 50 GRANOS DE TRIGO (Triticum vulgare L.)  
Y CEBADA (Hordeum vulgare L.) EN BASE AL PRINCIPIO DE ARQUIMEDES (9)

D A T O	V A R I E D A D				GALERAS	
	T R I G O	SAMACA 68	124	FUNZA		
	BONZA 63	TOTA 63	SAMACA 68	124	FUNZA	GALERAS
1. Vol. de los granos + cuerpo aux, en cc	4,046	4,0769	4,3046	4,3146	4,2445	4,3045
2. Volumen del cuerpo aux, en cc	2,1757	2,1757	2,1757	2,1757	2,1757	2,1757
3. Vol de 50 granos, en cc	1,8689	1,9012	2,1289	2,1401	2,0688	2,1288
4. Peso (W) de 50 semi- llas, en gr	2,1928	2,2962	2,6610	2,1745	2,0002	2,0453
5. Peso (W) unitario, en gr	0,043856	0,045924	0,05322	0,043490	0,040004	0,040906
6. Volumen unit, en cc	0,037378	0,038024	0,04257	0,042778	0,04137	0,042576
7. Peso especifico ( $\rho_p$ ) del grano, en gr/cc	1,1733	1,2078	1,25	1,0166	0,9669	0,95664
8. Peso especifico del aire ( $\rho_a$ ) a 13°C y 70% HR en gr/cc	0,001227	0,00122	0,00122	0,00122	0,00122	0,00122

TABLA I

(Continuación)

D A T O	V A R I E D A D			C E B A D A		GALLERAS
	T R I G O		124	F U E R Z A		
	BONZA 63	TOTA 63		SAMACA 68	124	
9. Peso de los granos en el aire + cuerpo aux, en gr	8,2091	8,3125	8,6773	8,1908	8,0165	8,0616
10. Area (A), en cm <sup>2</sup>	0,182935	0,1980	0,2108	0,2949	0,2703	0,273
11. Diámetro (D) promedio de cada grano, en cm	0,5035	0,521	0,538	0,692	0,6794	0,6771
12. Viscosidad del aire ( $\mu$ ), en gr seg/cm <sup>2</sup>	563x10 <sup>-8</sup>	563x10 <sup>-8</sup>	563x10 <sup>-8</sup>	563x10 <sup>-8</sup>	563x10 <sup>-8</sup>	563x10 <sup>-8</sup>
13. CRe <sup>2</sup>	45,24x10 <sup>8</sup>	47,50x10 <sup>8</sup>	55,04x10 <sup>8</sup>	53,16x10 <sup>8</sup>	50x10 <sup>8</sup>	51,72x10 <sup>8</sup>
14. C	0,38	0,48	0,48	0,47	0,48	0,48
15. Velocidad terminal promedio (V) en mt+seg	8,96	8,81	9,19	7,41	6,93	6,76

res quedarían en 6,08 y 8,27 mt/seg. Como la entrada del aire del ventilador puede ser regulada, se creyó conveniente tomar el de 8,27 que da con un radio de 7 cm del ventilador:

$$\text{rpm} = \frac{8,27}{0,07} \times \frac{60}{2\pi} = 1.128 \text{ rpm}$$

#### 4.3 Funcionamiento

La trilla se efectúa así: el operario toma los haces de trigo y cebada, los dirige al cilindro y cóncavo con un movimiento de vaiven con el fin de uniformizar la trilla, la cual se realiza gracias al movimiento rotacional del cilindro que impulsa el material vegetal, para que las espigas pasen por el espacio o luz previamente establecido entre los dientes del cilindro y del cóncavo, ya sea por fricción o golpe se produce el desgrane.

Los manojos a trillar deben poseer un número relativamente pequeño de espigas, para evitar atascamiento de la máquina y al mismo tiempo para lograr que la zaranda con su movimiento efectúe el proceso de separación lo mejor posible en base al material que cae sobre ella (Figura 11).

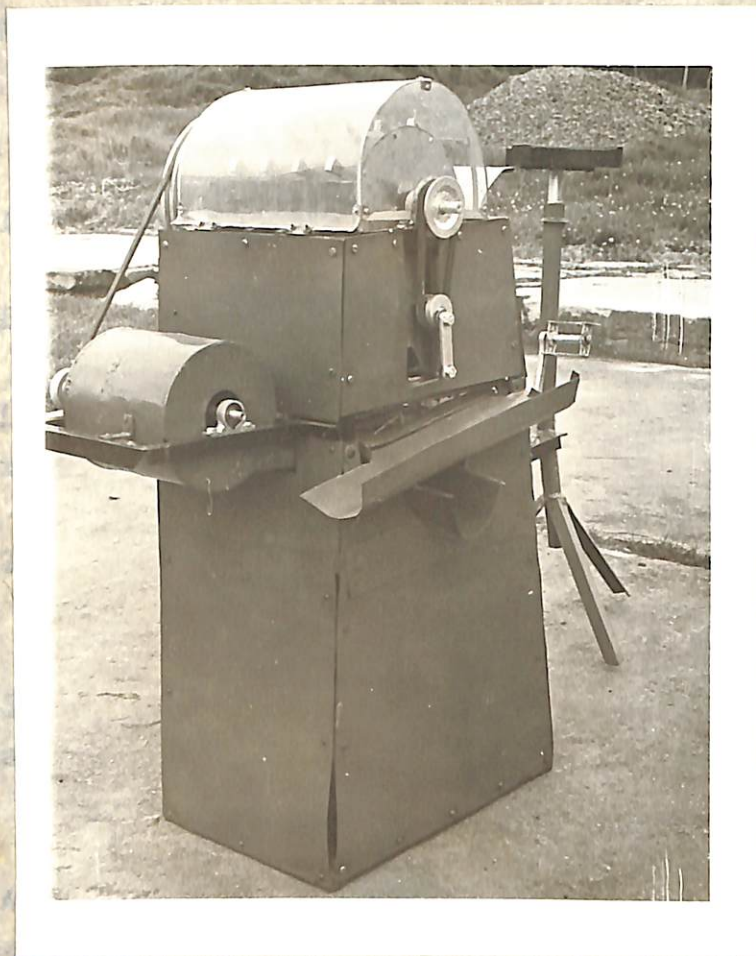
La salida del material se efectúa así: uno por el canal de desecho y otro por el canal de grano, mientras que por la parte posterior y por efecto del flujo de aire que suministre el ventilador sale el material liviano desechable como son las glumas o barbas (Figura 12).

Es conveniente antes de comenzar la trilla, revisar la graduación del cóncavo con el cilindro para efectuar una trilla adecuada de acuerdo a la humedad y calidad del material empleado.



**Figura 11.** En la cual se muestra la operación de entrada de los manojos de material para los efectos de trilla.

**Foto: AUTORES.**



**Figura 12. Se observa los canales de desecho y salida de grano.**

**Foto: AUTORES.**

1. Revisar periódicamente el ajuste de las piezas móviles de mayor desgaste.
2. Lubricar las piezas de desgaste excesivo con el

Debido al pequeño espacio que tiene el cilindro, es conveniente no dejar entrar el tallo o tamo totalmente, sino que ya comprobada la trilla se separa. Luego de hacer la trilla de todo el material; se debe efectuar una retrilla del grano con la máquina, para eliminar una cantidad adicional de impurezas. En las Figuras 13 y 14 se pueden observar los productos finales de la trilla de trigo y cebada.

#### 4.4 Instalación

Para la instalación se debe tener presente:

1. Evitar en lo posible corrientes de aire con el fin de controlar mejor la trilla.
2. La superficie de colocación de la maquinaria, debe ser lo más nivelada posible.
3. Tratar de colocar al pie de la máquina costales o una carpa de lona con el fin de recoger en mejor forma el material trillado.
4. El operario se proveerá de recipientes adecuados para recibir los distintos tipos de productos que salen por los canales.

#### 4.5 Mantenimiento

Este es muy sencillo, reduciéndose exclusivamente a los siguientes puntos:

1. Revisar periódicamente el ajuste de las piezas móviles de mayor desgaste.
2. Lubricar las piezas de desgaste excesivo con el

Universidad de Navarra  
Escuela de Ingenieros  
de Agrónomos

Figuras 13 y 14. Se observan los canales de desecho y  
línea de grano.

Foto: A. Urbina

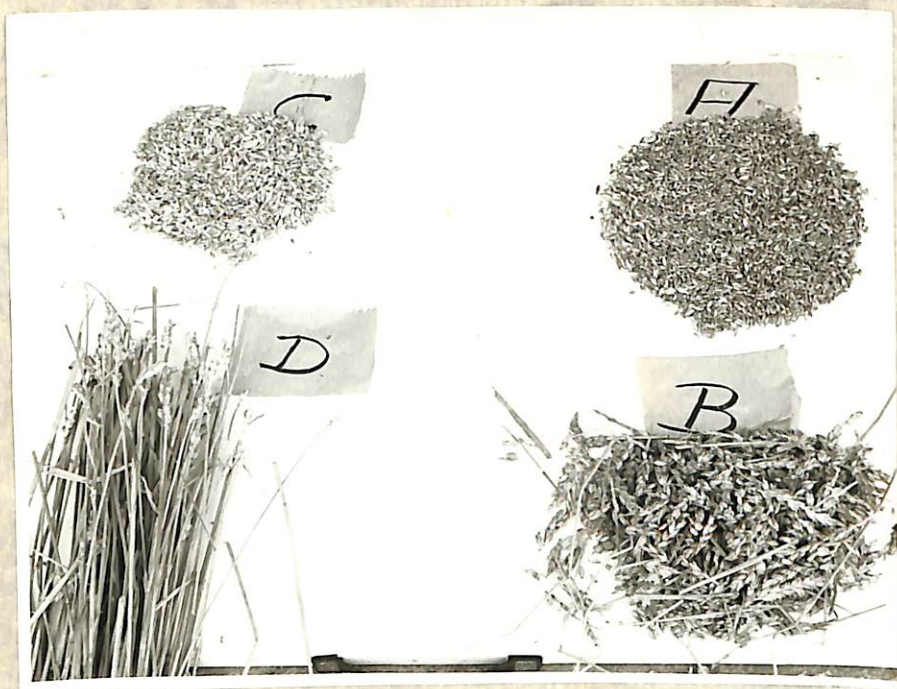


Figura 13. Productos finales de trilla realizada en trigo. A. Grano, B., Desecho, C. Glumas y D. Tamo.

Foto: Autores.

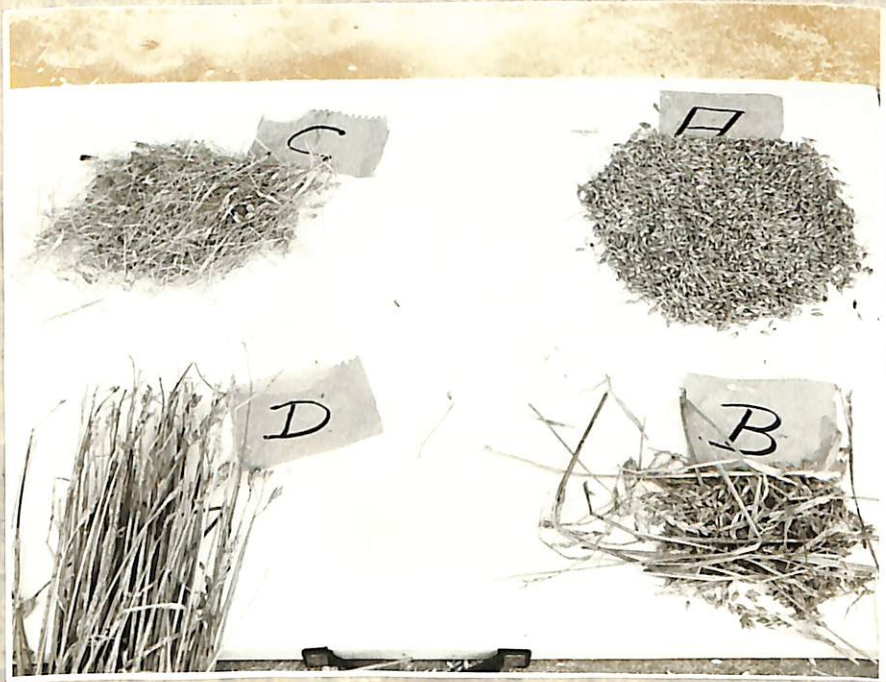


Figura 14. Productos finales de la trilla realizada en cebada. A. Grano, B. Desechos, C. Barbas y D. Tamo.

Foto: AUTORES.

objeto de tener la máquina en el mejor estado de trabajo posible.

3. Limpiar la máquina luego de efectuado el trabajo.

4. protección en épocas de receso con lonas o material plástico; en lo posible mantenerla en un lugar seco.

#### 4.6 Rendimiento

De acuerdo a resultados experimentales, la máquina tiene una capacidad promedio de desgrane o trilla en trigo de 47,3 gr/minuto, con una promedio de 194 rpm para cebada un rendimiento promedio de 65,5 gr/minuto, con 193 rpm en promedio (Tabla II).

En las Tablas III y IV se observa que la mayor cantidad promedio trillada en grano con repaso para trigo es de 240 gr/3'07" y de 1.200 gr/27'28", y para cebada de 35 gr/3'10" y de 2.285 gr/36'10" como resultado de las pruebas experimentales. Con el repaso del grano se obtiene un mayor incremento en la calidad del mismo, lo cual influye directamente en el precio del producto obtenido.

#### 4.7 Pruebas efectuadas con motor electrico

El funcionamiento es el mismo, solo que la fuente de movimiento no es el hombre, sino el motor eléctrico al acoplarse a la polea del cilindro por medio de una banda. Se debe tener en cuenta que el motor no debe desarrollar más de las revoluciones óptimas para la trilla, ya que las espigas se trillan mal o no se realiza el proceso de desgrane satisfactoriamente.

TABLA II

CAPACIDAD DE DESGRANE PARA TRIGO Y CEBADA

C U L T I V O      Rendimiento gramos/min      Rendimiento gramos/hr      Rendimiento kilos/8 hr

TRIGO

47,3

2.839,00

22,71

CEBADA

65,5

3.932,00

31,45

(\*) Datos de los sistemas de limpieza, secado y trilla.



TABLA IV

PRUEBA FINAL DEL RENDIMIENTO DE CEBADA (Hordeum vulgare L.)

Material para trilla (grs)	Peso ma trilla (grs)	Peso gra no sin repaso (grs)	Peso gra no con repaso (grs)	Peso di ferenc. del re- (grs)	Peso de sechos mo. (grs)	Ta trigo repaso	Tiempo de limpieza	Tiempo de repaso	Tiempo de operación (")	Total de tiempo de operación (")	Prome dio rim d/ven en el trilla- cilin dor.	Prome dio rim mater. en el trilla do
Mochaca 1000	420	330	90	150	430	3' 00"	1' 00"	00' 00"	4' 00"	775	155	16.9
Mochaca 1000	410	350	60	120	470	2' 00"	1' 10"	00' 00"	3' 10"	1065	213	16.9
Mochaca 1000	420	350	70	140	440	2' 30"	1' 13"	00' 00"	3' 43"	990	198	15.5
Mochaca 1000	360	320	60	170	450	2' 40"	1' 17"	00' 00"	3' 57"	970	194	15.5
Mochaca 7500	2930	2285	645	1020	3550	23' 15"	2' 30"	10' 25"	36' 10"	1015	203	16.9
Mochaca 5000	1950	1950	1575	375	865	20' 30"	2' 50"	5' 30"	28' 50"	975	195	15.5
<b>TOTALES</b> 16500	6490	5210	1300	2465	7525	53' 55"	10' 00"	15' 55"	79' 50"			

(") Suma de los tiempos de limpieza, repaso y trilla.

Se efectuaron pruebas con un motor General Electric de 1/20 HP, trabajando a 1.725 rpm; este motor no dió el resultado esperado por superar las rpm adecuada para la trilla.

Otro ensayo se realizó con un motor reductor trifásico de 1/4 HP, que daba 90 rpm en su eje. Se colocó una polea que diera las rpm adecuadas para la trilla; estas rpm se calcularon en base a las pruebas finales de rendimiento en la máquina accionada por pedales, obteniéndose un promedio de rpm que se adaptaron tanto a la trilla de trigo (194 rpm) como la de la cebada (193 rpm). Los resultados obtenidos fueron para trigo de 128,5 gr/minuto y para cebada de 151,7 gr/minuto, lo cual produce un rendimiento de 7,72 kilos/hora y 61,7 kilos/8 horas para trigo; para cebada, un rendimiento de 9,1 kilos/hora y de 72,8 kilos/8 horas.

Por consiguiente, en los ensayos con el motor eléctrico, se elevaron los rendimientos de la máquina, pues el operario puede durante el proceso de alimentación y trilla, ir a la vez despajando la máquina, con lo cual economiza tiempo e incrementa el rendimiento total ya que las revoluciones del cilindro serán siempre constantes.

El porcentaje de pérdidas y ruptura de grano son mínimas, tanto con el motor como con el pedal. Por otra parte, el porcentaje de impurezas en el producto de trilla alcanza valores para trigo de 19,70 y para cebada de 8,76, niveles que no demeritan el puntaje para mercadeo (Tablas V y VI).

#### 4.8 Capacidad de desgrane

Una de las causas para que el rendimiento promedio de trigo y cebada sea bajo es la utilización de un solo operario para pedalear y alimentar la máquina con el material a tri

TABLA V

DETERMINACION DE IMPUREZAS EN MATERIAL TRILLADO Y REPASO EN BASE A 100 grs

TRIGO (Triticum vulgare L.)

Promedio de rpm del ventilador.	Peso grano sin repaso (gr)	Peso grano con repaso (gr)	Peso de impurezas en el grano con repaso (gr)	% de impurezas (2) (Muestra s/total)
950	230	180	35,46	5,75
910	280	240	47,28	7,67
1.005	260	240	47,28	7,67
935	280	240	47,28	7,67
1.045	1.140	1.030	202,91	32,91
985	1.350	1.200	236,40	38,34
TOTALES	3.550	3.130	616,61	100,00
% IMPUREZAS			19,7	

(2) % calculado en base a 616,61 gr de impurezas.

TABLA VI

DETERMINACION DE IMPUREZAS EN EL MATERIAL TRILLADO Y PESADO EN BASE A 100 GR  
 CEBADA ( Hordeum vulgare L.)

Promedio de rpm del ventilador	Peso grano sin repaso (gr)	Peso grano con repaso (gr)	Peso de impurezas en el grano con repaso (gr)	% impurezas (") Muestra/total.
775	420	330	28,90	6,33
1.065	410	350	30,66	6,72
990	420	350	30,66	6,72
970	360	320	28,03	6,14
1.015	2.930	2.285	200,16	43,86
975	1.950	1.575	137,97	30,23
TOTALES	6.490	5.210	456,38	100,00
% IMPUREZAS			8,76	

(") % calculado en base a 456,38 gr de impurezas.

llar, lo que se traduce en la dificultad para despajar la zarranda, en especial cuando se hace con manojos de material para trilla superiores a los 1.000 gramos.

Se puede observar en las Tablas III y IV de rendimiento, que cuando se utilizan 1.000 gramos de material para trilla, no hay necesidad de despaje y el tiempo individual para ese peso incrementa el rendimiento; en las mismas tablas, se puede observar que si se analiza el peso de grano trillado y repasado más bajo por cada 1.000 gramos de material, el rendimiento para trigo es de 3.600 gramos/hora y de 28,8 kilos/8 horas; para cebada es de 4.860 gramos/hora y de 38,4 kilos/8 horas, esto independiente de las rpm del cilindro, de la calidad del material y del tipo de operario, ya que un operario calificado puede incrementar el rendimiento si su pedaleo es constante y la alimentación de la máquina es regulada. Si lo ayudase otro operario en el despaje, el rendimiento sería superior al anteriormente citado, aproximadamente comparable al obtenido en el acople del motor.

#### 4.9 Costos

La máquina durante su fabricación tuvo una serie de cambios, los cuales incrementaron su valor debido a que el acople y funcionamiento de algunas piezas no era satisfactorio.

El costo total fue de \$ 5.773,50 discriminados así: mano de obra aproximada \$ 2.500,00, materiales y accesorios empleados \$ 3.273,50.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La máquina trilladora de pedal para trigo y cebada tiene las siguientes características: fácil transporte e instalación en el área de beneficio, baja pérdida del producto, mínima ruptura de grano y su porcentaje de impurezas de 19,7% para trigo y 8,7% para cebada.

2. La máquina es un prototipo que sirve de base para estudios posteriores y con cambios mecánicos se logre mejor perfeccionamiento haciéndola mas rendidora, rentable y aceptable a la trilla de otros productos.

3. Es posible adaptar un pequeño motor, ya sea eléctrico o de gasolina con un mínimo de caballaje y de bajas revoluciones, con lo cual se logra un mayor rendimiento en la labor de trilla.

4. Se estima que el presente trabajo es un aporte inicial que contribuye a resolver la dificultad de nuestro campesino minifundista que no tiene acceso a trilladoras.

5. Según el diseño final, el costo de la máquina fué de \$ 5.773,50, discriminados así: mano de obra \$ 2.500,00, materiales \$ 3.273,50.

6. Es importante que en el futuro se continúen los estudios sobre este tipo de maquinaria tendientes a su perfeccionamiento en aspectos tales como: ampliación del tamaño o capacidad, adaptación de un pequeño motor y sobre su utilización para trilla de otros productos.

## VI. RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objeto de diseñar y construir una trilladora de pedal, iniciándose su fabricación en el segundo semestre de 1.974, en los Talleres de la Zona Minera de Pasto, Nariño.

Dada la importancia del trigo y la cebada en el Departamento de Nariño y la escasez de maquinaria existente en épocas de cosecha, se pretendió contribuir a la solución de este problema, sobre todo para los pequeños agricultores.

Las partes más importantes de que consta la máquina son:

1. Un cilindro y un cóncavo provistos de dientes de hierro, que efectúan el proceso de trilla.
2. Un ventilador, con seis aspas de madera que ayuda a la limpieza, sacando las cubiertas y barbas del grano.
3. Una zaranda que con su movimiento complementa la limpieza.
4. Un canal colector de grano y otro por donde salen las impurezas.
5. Un par de pedales, que son la fuente de movimiento.

En base a los resultados obtenidos, esta máquina posee un futuro promisorio, constituyéndose en una vía de solución a los problemas de los pequeños cerealistas, por su fácil transporte, bajo costo, bajo porcentaje de pérdida y ruptura de grano y por la entrega de material con un porcentaje de impurezas de 19,7

para trigo y 8,7 para cebada, un rendimiento de 22,71 kilos/8 horas para trigo y 31, 45 kilos/8 horas para cebada.

The present work was carried out in order to design and construct a treadle threshing machine, in the second semester of 1974, at Mining Zone Workshop, Pasto, Nariño.

Wheat and barley crops are important for Nariño department, but there is a machine deficiency at harvest time. This work is intended contribute to the solution of this problem, especially for small farmers.

Most important parts of this machine are:

1. A roller and a concave both with iron teeth, which carry out threshing.
2. A blower, with 6 wooden blades for cleaning, removing covers and awns of the grain.
3. A sieve or strainer for cleaning.
4. A grain collector canal and another for trash.
5. Two pedals, that are movement source.

According to results, this machine has a promissory future, as a solution to the small farmer problems, by its easy transportation, low cost, low percentage of losses and grain rupture and impurities.

## SUMMARY

The present work was carried out in order to design and construct a treadle threshing machine, in the second semester of 1.974, at Mining Zone Workshop, Pasto, Nariño.

Wheat and barley crops are important for Nariño department, but there is a machine deficiency at harvest time. This work is intended contribute to the solution of this problem, specially for small farmers.

Most important parts of this machine are:

1. A roller and a concave both with iron teeth, which carry out threshing.
2. A blower, with 6 wooden blades for cleaning, removing covers and awns of the grain.
3. A sieve or strainer for cleaning.
4. A grain collector canal and another for trash.
5. Two pedals, that are movement source.

According to results, this machine has a promissory future, as a solution to the small farmer problems, by its easy transportation, low cost, low percentage of losses and grain rupture and impurities.

9. MARGENTHAU, R. H. VII. BIBLIOGRAFIA of plant and animal materials. Part I and II of vol. 1. Department of

1. ANONIMO. Twin feed maize sheller. Ipswich, Ransomes, 1974. 1 p. (Publication No. 21673E).
2. \_\_\_\_\_ Manual de Instrucciones para el manejo de Trilladoras para Trigo, Arroz y Cebada. Perfecta No. 1/2, 1 y 2 Patentes No. 60-69 y 9981. Zutta Hermanos. Pasto 6p.
3. ARIAS, A. Maquinaria Agrícola. Pasto, Universidad de Nariño, Instituto Tecnológico Agrícola, 1968. 15 sp. (Publicación No. 4).
4. COLOMBIA, MINISTERIO DE AGRICULTURA. Programas Agrícolas Evaluación 1973. Programación 1974. Proyecciones 1975. Bogotá, Oficina de Planeamiento del Sector Agropecuario, 1973. pp. 95.
5. HALL, C. W. y SALAS, F. Equipo para procesamiento de productos agrícolas. Trad. de Inglés por Freddy Salas Arango. Lima, IICA, 1968. 22 op.
6. HENDERSON, S. M. and PERRY, R. C. Agricultural Process Engineering. The Ferguson Foundation. John Willey & Sons, inc, New York. 1955. 402 p.
7. HERNANDEZ, R. Manual del Ingeniero. 2o. Ed. Trad. de Alemán por Rafael Hernández. Barcelona, Gustavo Gilli, 1950. pp. 384.
8. HOPPEN, H. J. Aperos de Labranza para las regiones áridas y tropicales, Roma, Año 1960. p 165. (Cuaderno de fomento Agropecuario No. 67).

9. MOHSEENIN, N. N. Physical properties of plant and animal Materials. Part I and II of vol. I. Department of agricultural Engineering Penna. Sta Univ. March 1968.
10. MORA, M. y PEREZ, E. Diseño y construcción de una trilladora seleccionador de anis (Pimpinella anisum L.) Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia. Universidad de Nariño, 1970. 38 p.

**ESTRUC**

Costo total de la construcción de pedal para Trigo y Cebada.

1 Asiento con tornillo de producción .....	160,00
1 Tubo de soporte del asiento con tuercas .....	75,00
2 Pedales de bicicleta .....	80,00
2 Bujas .....	80,00
1 Eje para pedales de pedales .....	40,00
2 Chumaceras que se insertan en el eje .....	110,00
1 Folio de 6 pulgadas .....	89,30
1 Banda que va desde los pedales al cilindro .....	115,00
1 Cilindro compuesto por largueros, dientes, tapas del cilindro y tapas de los largueros .....	350,00
1 Eje con sus respectivas chumaceras .....	90,00
1 Folio de 3 pulgadas .....	63,00
1 Cóncono compuesto por 3 largueros y sus respectivas dientes	190,00
<b>A P E N D I C E :</b>	
1 Soporte que sostiene la zaranda, del recolector de granos, canales de salida y tornillo de producción.	25,00
1 Zaranda .....	30,00
1 Recolector de grano .....	40,00
2 Cónconos recolector de grano y recolector de paja	25,00
1 Lámina de hierro calibre 20 .....	130,00
2 Largueros de 3 cmts. de ángulo de 1/8 x 1" .....	230,00
1 Folio de 16 pulgadas .....	145,00
1 Banda de 125 cms. .....	75,00
1 Folio de 11/2 pulgadas .....	55,00
1 Ventilador .....	75,00
1 Soporte para el Ventilador .....	30,00
1 Eje de 35 cms. .....	30,00
2 Chumaceras .....	85,00
1 Eje para pedales lona .....	30,00
1 Folio de 3 pulgadas .....	70,00

1 Polea loca de doble COSTOS pulgadas ..... 20,00

1 Bielas ..... 80,00

Costo total de la trilladora de pedal para Trigo y Cebada.

1 Bielas ..... 80,00

1 Asiento con tornillo de graduación .....	160,00
1 Tubo de acople del asiento con tuerca .....	75,00
2 Pedales de bicicleta .....	80,00
2 Bielas .....	80,00
1 Eje para poleas de pedales .....	40,00
2 Chumaceras que se incrustan en el eje .....	110,00
1 Polea de 6 pulgadas .....	89,50
1 Banda que va desde los pedales al cilindro .....	125,00
1 Cilindro compuesto por largueros, dientes, tapas del cilindro y tapas de los largueros .....	350,00
1 Eje con sus respectivas chumaceras .....	90,00
1 Polea de 2 pulgadas .....	63,00
1 Cóncavo compuesto por 3 largueros y sus respectivos dientes .....	190,00
1 Soporte que sostiene la zaranda, del recolector de granos, canales de salida y tornillo de graduación. .	25,00
1 Zaranda .....	30,00
1 Recolector de grano .....	40,00
2 Canales recolector de grano y recolector de paja ---	25,00
1 Lámina de hierro calibre 26 .....	130,00
2 Largueros de 2 cmts. de ángulo de 1/8 x 1" .....	230,00
1 Polea de 10 pulgadas .....	165,00
1 Banda de 125 cmts. ....	75,00
1 Polea de 11/2 pulgadas .....	55,00
1 Ventilador .....	75,00
1 Carcaza para el Ventilador .....	90,00
1 Eje de 35 cmts. ....	30,00
2 Chumaceras .....	85,00
1 Eje para polea loca .....	20,00
1 Polea de 3 pulgadas .....	70,00

1 Polea loca de doble canal de 3½ pulgadas .....	20,00
1 Excéntrica .....	35,00
1 Banda para la excéntrica .....	18,00
1 Biela .....	15,00
1 Soporte con eje recto para la excéntrica .....	30,00
6 Docenas de tornillos 3/16 .....	30,00
4 Docenas de tornillos 1/4 rosca fija .....	48,00
1 Cubierta de plástico .....	300,00
4 Tarros de pintura .....	180,00
Mano de obra empleada en la construcción	<u>2.500,00</u>

Plano # 4. Cantidad: 1 Material: Hierro  
 Designación: Lenguas del cilindro .....

<b>COSTO TOTAL .....</b>	<b><u>5.773,50</u></b>
--------------------------	------------------------

Plano # 5. Cantidad: 2 Material: Hierro  
 Designación: Tapa superior de las lengüetas .....

Plano # 6. Cantidad: 1 Material: Hierro  
 Designación: Eje del cilindro .....

Plano # 7. Cantidad: 1 Material: Aluminio  
 Designación: Polea conductora de la banda .....

Plano # 8. Cantidad: 1 Material: Aluminio  
 Designación: Polea conductora del ventilador .....

Plano # 9. Cantidad: 1 Material: Aluminio  
 Designación: Vela superior del cilindro .....

Plano # 10. Cantidad: 1 Material: Vidrio transparente  
 Designación: Cubierta del cilindro .....

Plano # 11. Cantidad: 4 Material: Hierro  
 Designación: Carrocería del cilindro y juntas .....

- Pieza # 14. Cantidad: 1 Material Hierro  
Designación: Cóncavo .....
- Pieza # 15. Cantidad: 14 Material Hierro  
Designación: Dientes del Cóncavo .....
- Pieza # 16. Cantidad: 2 Material Hierro  
Designación: Soporte del Cóncavo .....
- Pieza # 17. Cantidad: 2 Material Hierro  
Designación: Soporte de la zaranda .....
- Pieza # 18. Cantidad: 1 Material Hierro  
Designación: Soporte del tornillo calibrador del  
cóncavo .....
- Pieza # 19. Cantidad: 1 Material Hierro  
Designación: Tornillo calibrador del cóncavo ----
- Pieza # 20. Cantidad: 2 Material Hierro  
Designación: Soporte guía del cóncavo .....
- Pieza # 21. Cantidad: 1 Material Hierro  
Designación: Folea conducida de la zaranda .....
- Pieza # 22. Cantidad: 1 Material Hierro  
Designación: Eje Pieza # 21 .....
- Pieza # 23. Cantidad: 1 Material Hierro  
Designación: Abrazadera de la zaranda .....
- Pieza # 24. Cantidad: 1 Material Hierro  
Designación: Eslabón .....

- Pieza # 25. Cantidad: 1 Material Caucho  
Designación: Banda de la zaranda .....
- Pieza # 26. Cantidad: 2 Material Madera  
Designación: Cuerpo de la zaranda .....
- Pieza # 27. Cantidad: 2 Material Madera  
Designación: Cuerpo de la zaranda .....
- Pieza # 28. Cantidad: 1 Material Madera  
Designación: Cuerpo de la zaranda .....
- Pieza # 29. Cantidad: 1 Material Hierro  
Designación: Malla de la zaranda .....
- Pieza # 30. Cantidad: 1 Material Hierro  
Designación: Tornillo de sujeción de zaranda con  
piezas 17 y 23 .....
- Pieza # 31. Cantidad: 1 Material Hierro  
Designación: Conducto de salida del grano .....
- Pieza # 32. Cantidad: 1 Material Hierro  
Designación: Conducto salida de desechos .....
- Pieza # 33. Cantidad: 1 Material Hierro  
Designación: Mesa del cilindro .....
- Pieza # 34. Cantidad: 1 Material Hierro  
Designación: Mesa del ventilador .....
- Pieza # 35. Cantidad: 1 Material Hierro  
Designación: Cuerpo del ventilador .....

- Pieza # 36. Cantidad: 1 Material Aluminio  
Designación: Polea conducida del ventilador ----
- Pieza # 37. Cantidad: 1 Material Hierro  
Designación: Prisionero pieza # 36 -----
- Pieza # 38. Cantidad: 1 Material Hierro  
Designación: Eje del ventilador -----
- Pieza # 39. Cantidad: 1 Material Hierro  
Designación: Cubierta del ventilador -----
- Pieza # 40. Cantidad: 1 Material Hierro  
Designación: Tapa pieza # 39 -----
- Pieza # 41. Cantidad: 6 Material Madera  
Designación: Aletas del ventilador -----
- Pieza # 42. Cantidad: 12 Material Hierro  
Designación: Tornillos y tuercas de sujeción  
piezas # 35 y 41 -----
- Pieza # 43. Cantidad: 1 Material Caucho  
Designación: Banda del ventilador -----
- Pieza # 44. Cantidad: 2 Material Hierro  
Designación: Chumaceras del ventilador -----
- Pieza # 45. Cantidad: 2 Material Acero  
Designación: Balinera pieza # 44 -----
- Pieza # 46. Cantidad: 1 Material Hierro  
Designación: Cufa alimentadora para efectuar la  
trilla -----

- Pieza # 47. Cantidad: 1 Material Hierro  
Designación: Dispositivo inmovilizador piezas 33  
y 39 .....
- Pieza # 48. Cantidad: 1 Material Hierro  
Designación: Soporte de los pedales .....
- Pieza # 49. Cantidad: 1 Material Hierro  
Designación: Soporte del asiento .....
- Pieza # 50. Cantidad: 1 Material Hierro  
Designación: Soporte guía pieza del asiento .....
- Pieza # 51. Cantidad: 1 Material Madera  
Designación: Asiento .....
- Pieza # 52. Cantidad: 1 Material Aluminio  
Designación: Poles conductora del cilindro .....
- Pieza # 53. Cantidad: 2 Material Hierro  
Designación: Tornillo inmovilizador piezas # 8 y  
52 .....
- Pieza # 54. Cantidad: 1 Material Hierro  
Designación: Eje pieza # 52 .....
- Pieza # 55. Cantidad: 2 Material Hierro  
Designación: Brazo de los pedales .....
- Pieza # 56. Cantidad: 2 Material Hierro  
Designación: Guía pieza # 55 .....
- Pieza # 57. Cantidad: 2 Material Hierro  
Designación: Pedales .....

2

3

4

Pieza # 58. Cantidad: 1 Material Caucho  
Designación: Banda del pedal -----

Pieza # 59. Cantidad: 1 Material Hierro  
Designación: Prisionero pieza # 5 -----

Pieza # 60. Cantidad: 2 Material Hierro  
Designación: Prisionero Pieza # 7 -----

Pieza # 61. Cantidad: 2 Material Hierro  
Designación: Prisionero pieza # 9 -----

Pieza # 62. Cantidad: 2 Material Hierro  
Designación: Bisagras pieza # 10 -----

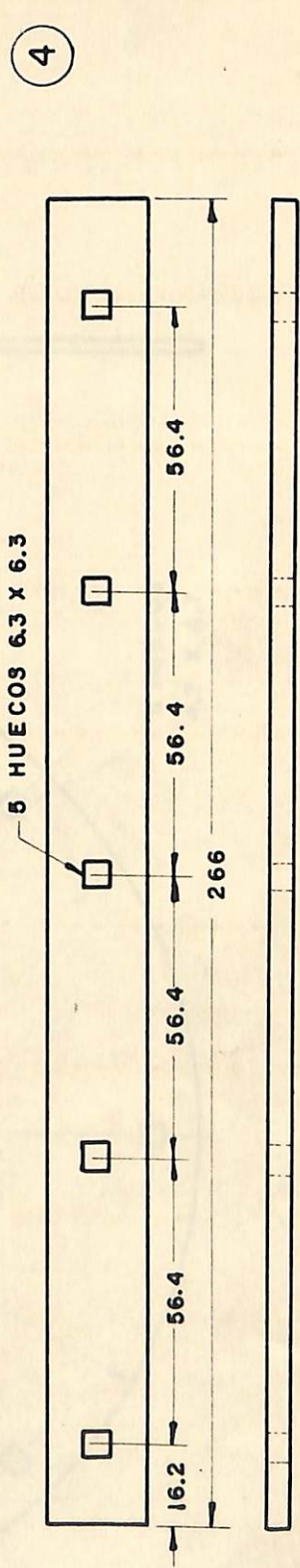
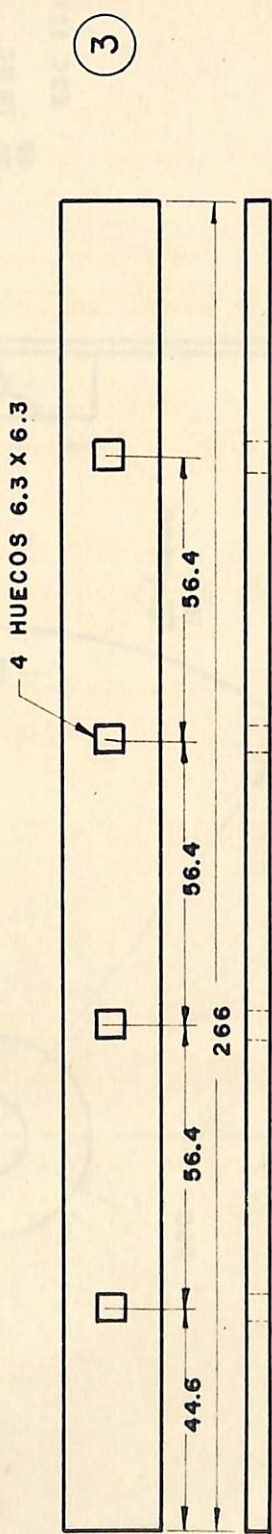
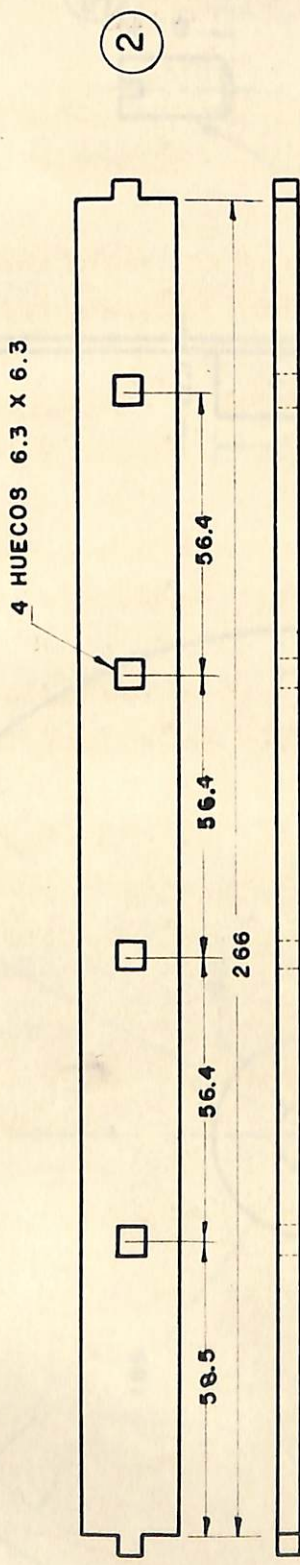
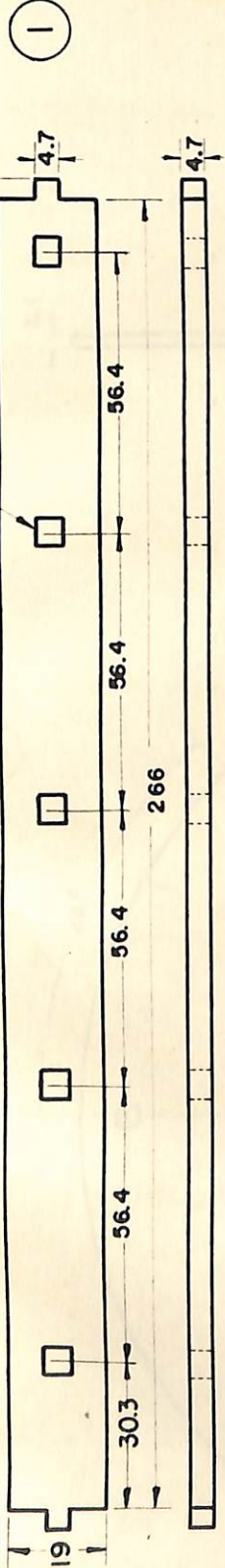
Pieza # 63. Cantidad: 28 tornillos 36 tuercas  
Material: Hierro  
Designación: Tornillos y tuercas -----

NOTA: Las piezas van en orden de importancia y en orden de construcción.

Las medidas están dadas en milímetros y pulgadas.

ESCALA 1:10

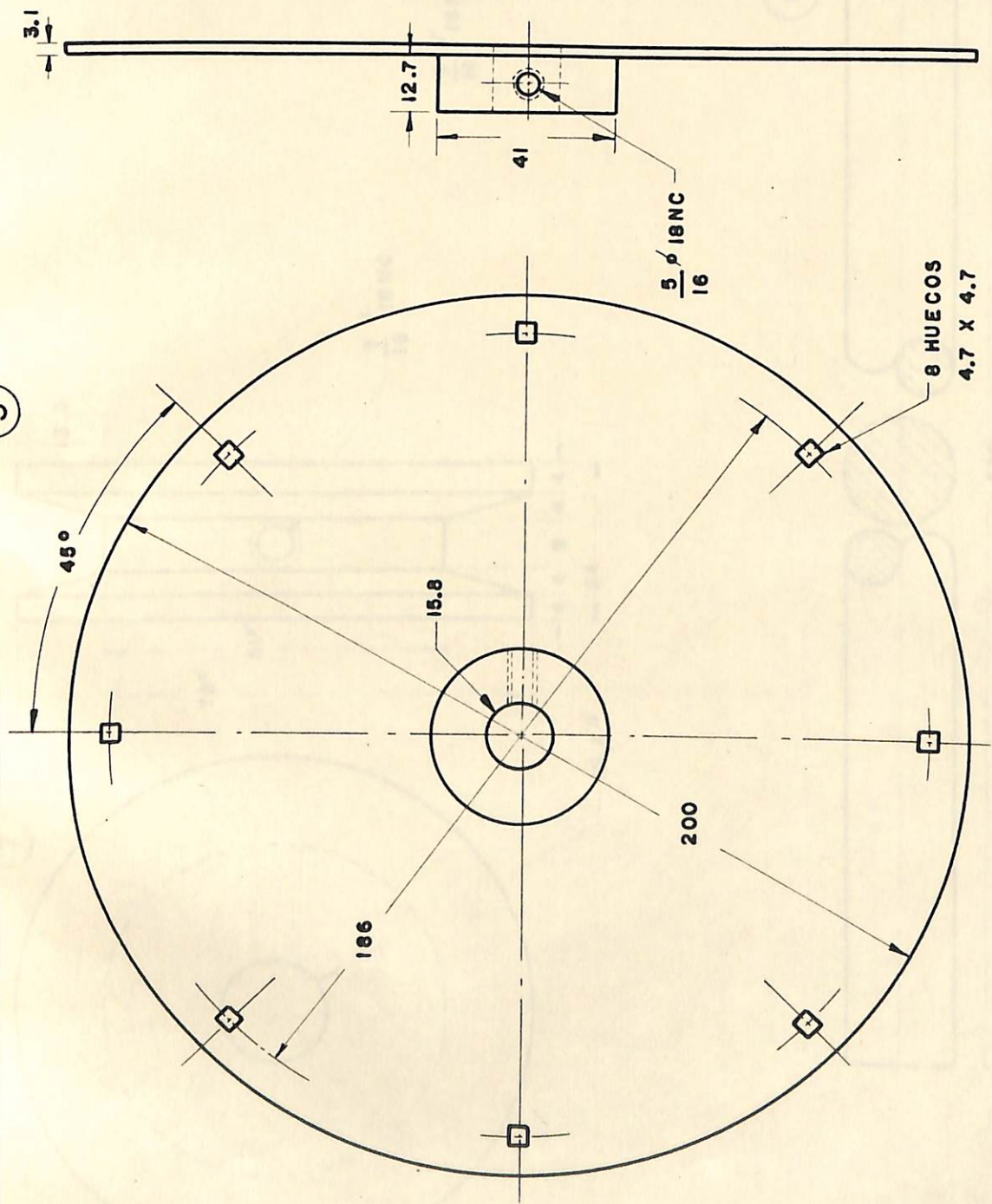
DIBUJO: ALBERTO G. VILLOTA



ESCALA 1:1.5

DIBUJO: ALBERTO G. VILLOTA

5



59



5/16 18 NC

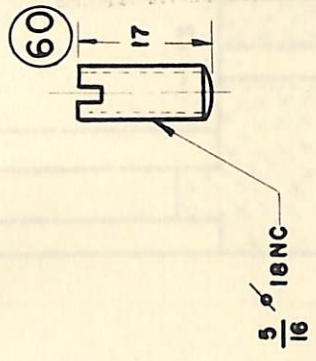
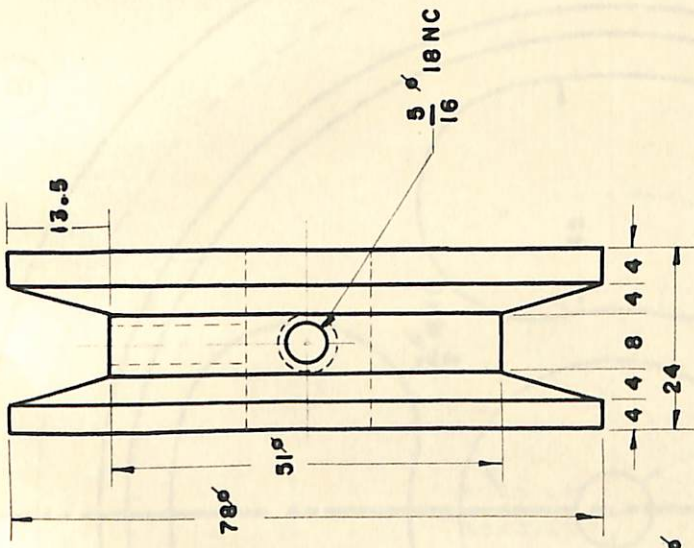
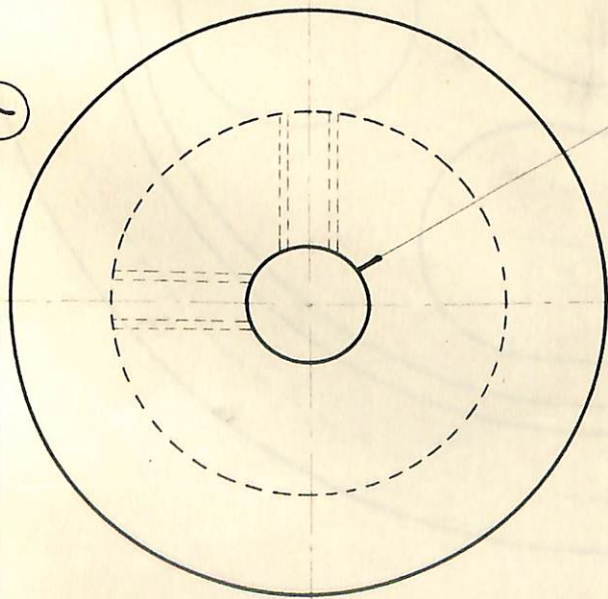
ESC 1:1

5/16 18 NC

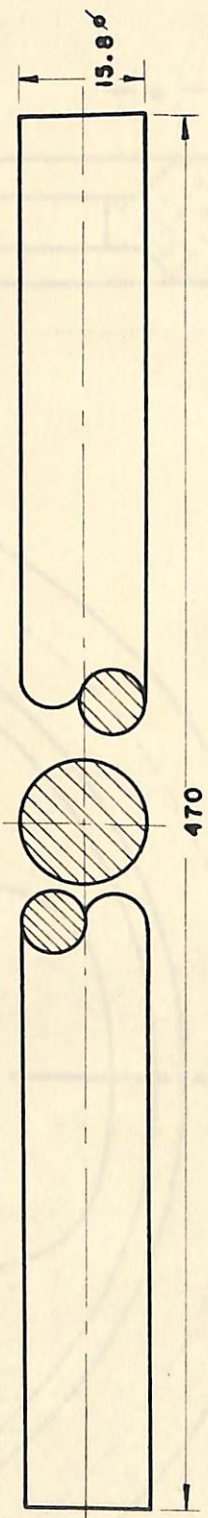
8 HUECOS  
4.7 X 4.7

ESCALA: 1:1.5

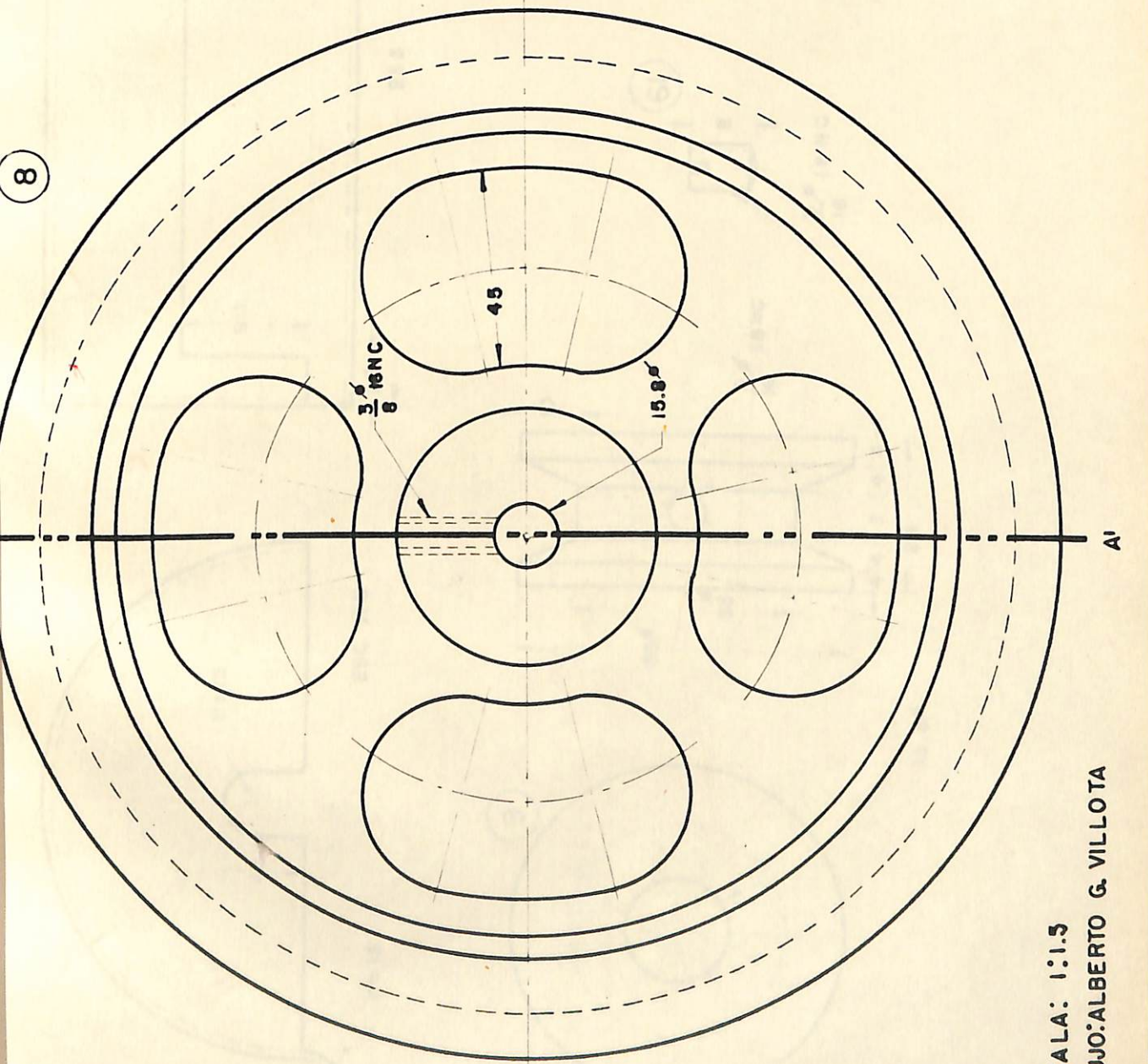
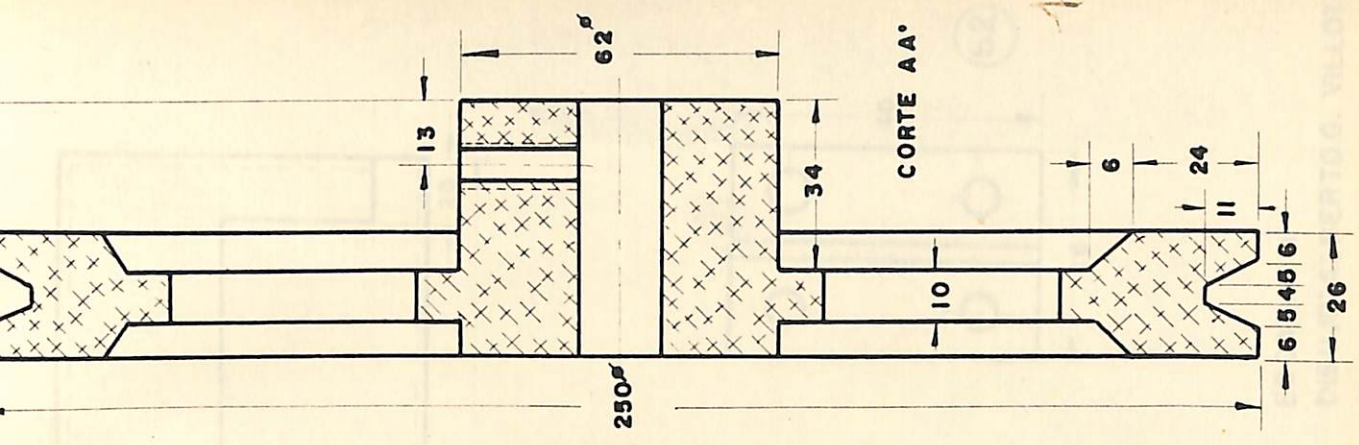
DIBUJO: ALBERTO G. VILLOTA



6

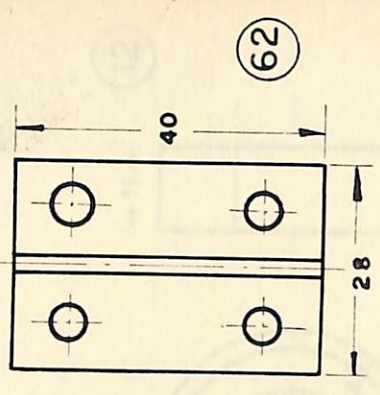
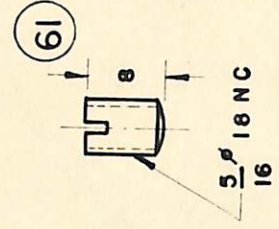
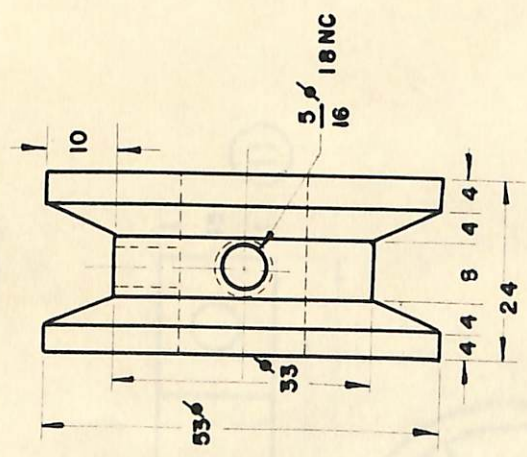
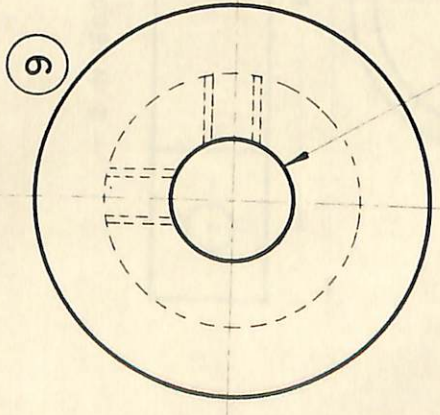
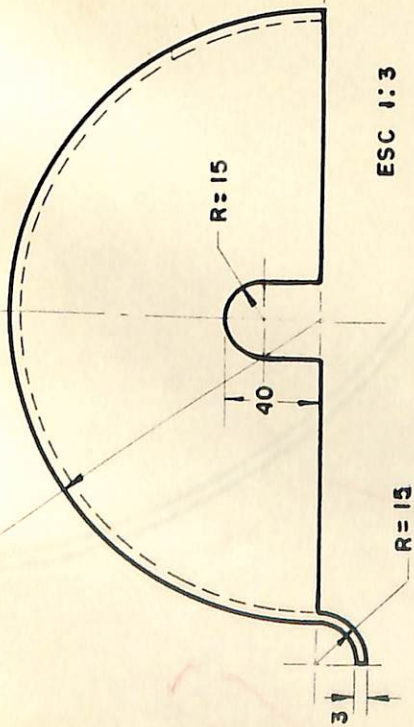
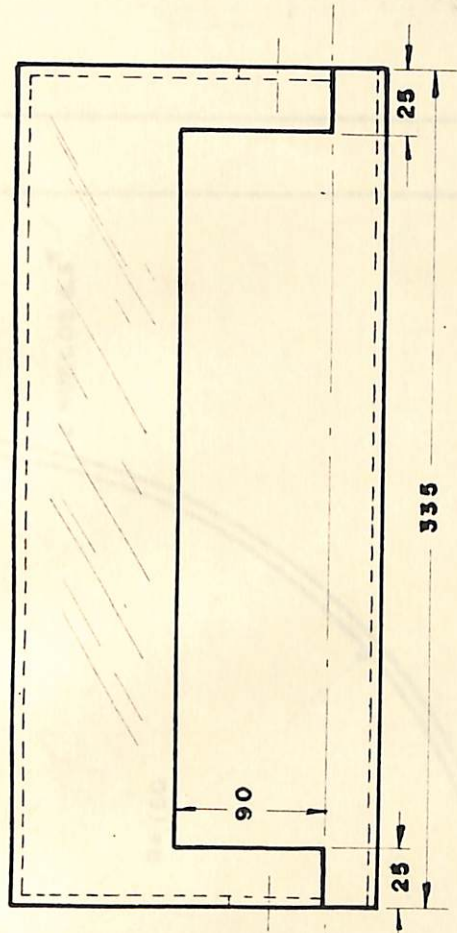


ESCALA 1:1  
 DIBUJO : ALBERTO G. VILLOTA

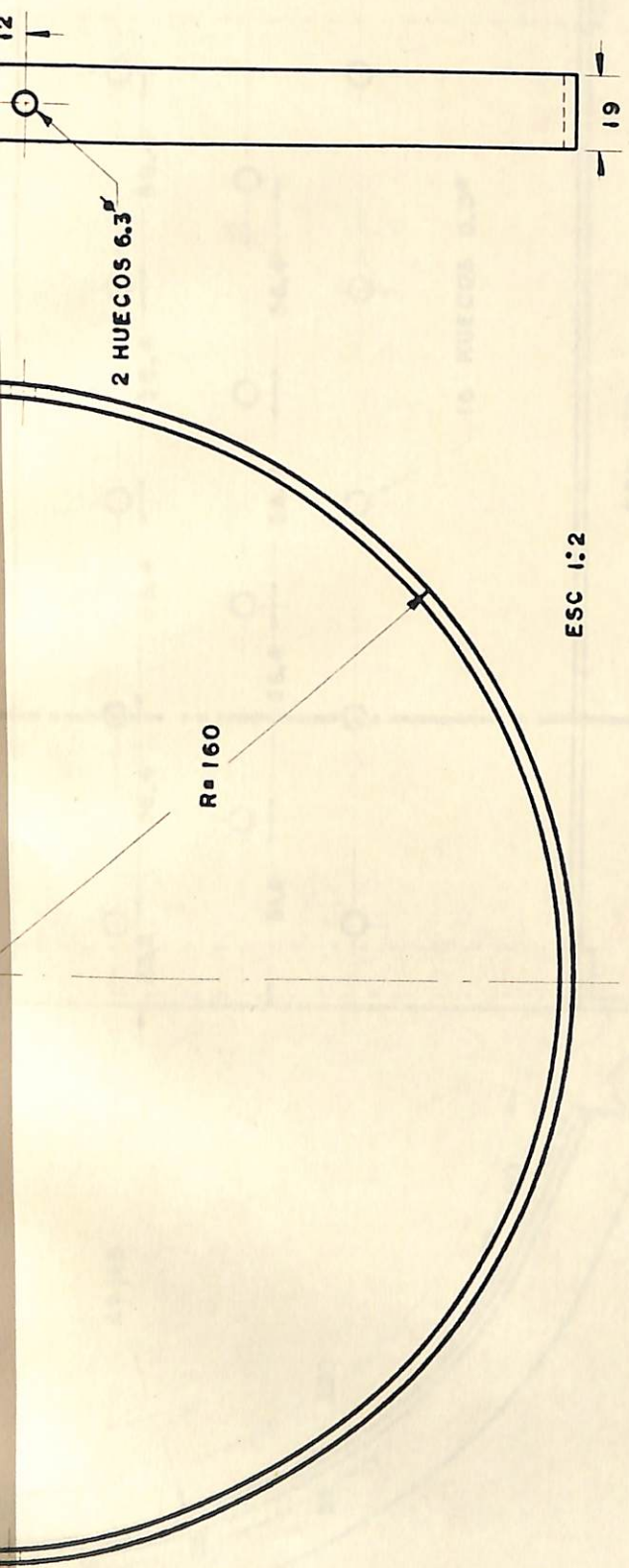


8

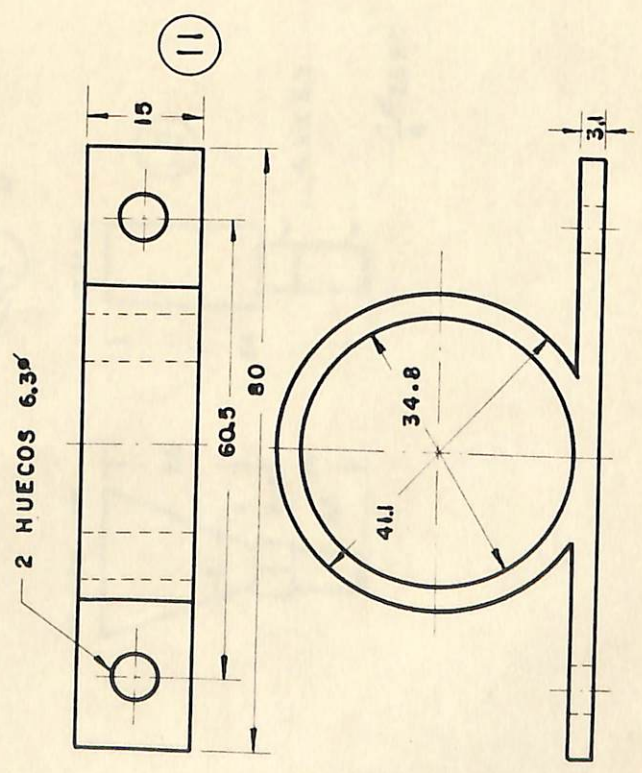
ESCALA: 1:1.5  
 DIBUJO: ALBERTO G. VILLOTA



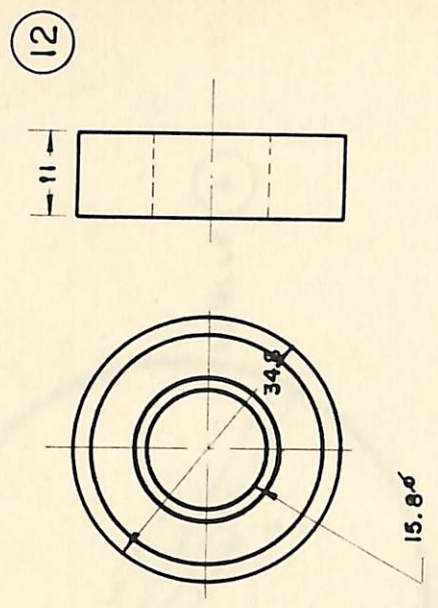
ESCALA 1:1  
 DIBUJO: ALBERTO G. VILLOTA



ESC 1:2

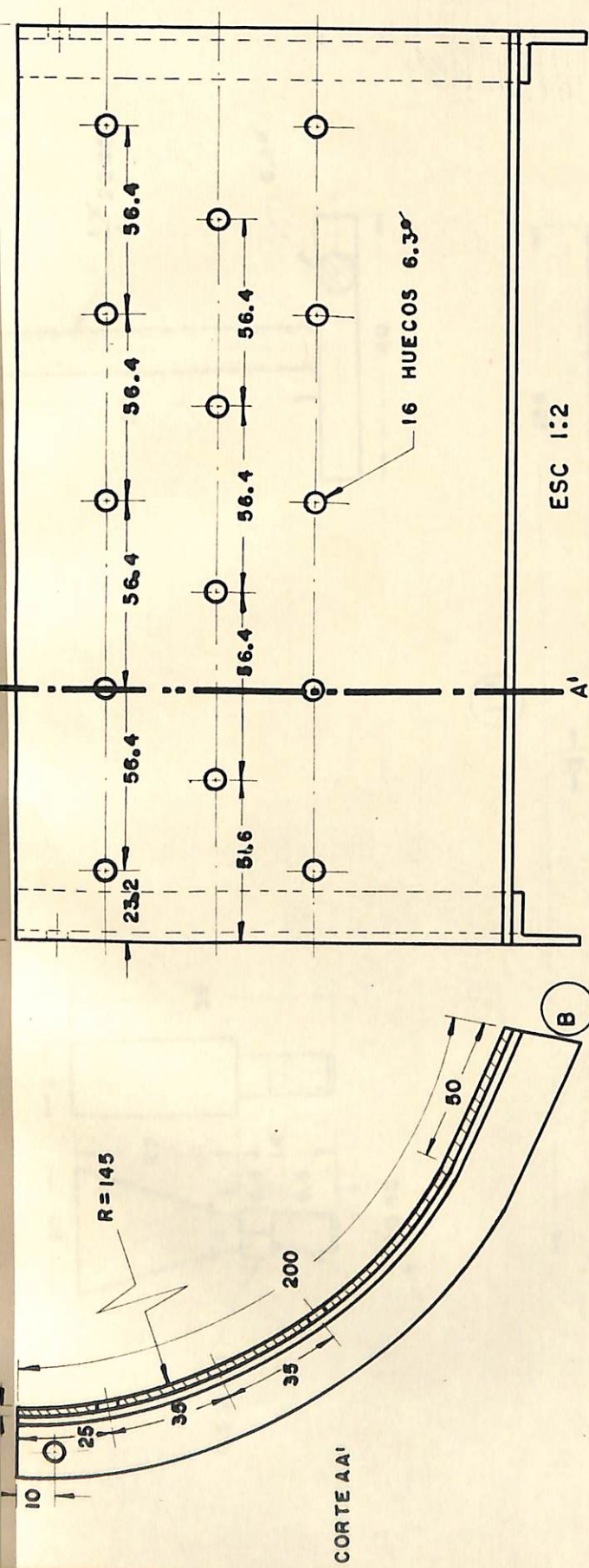


(11)

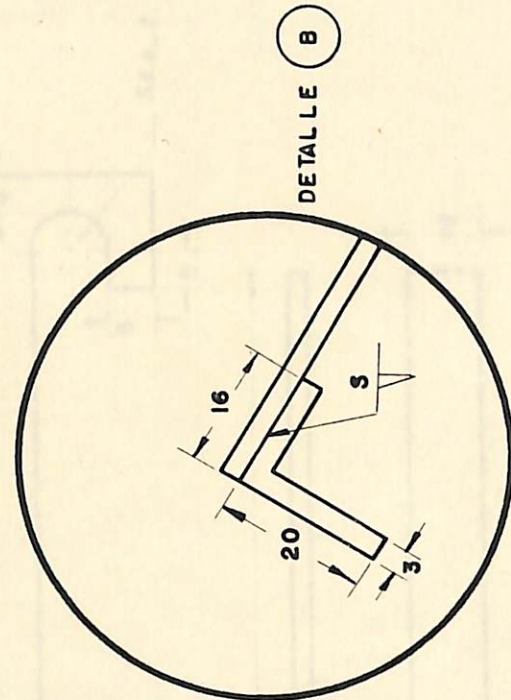
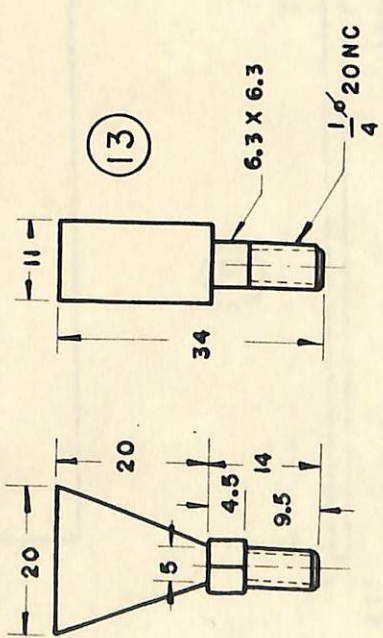


(12)

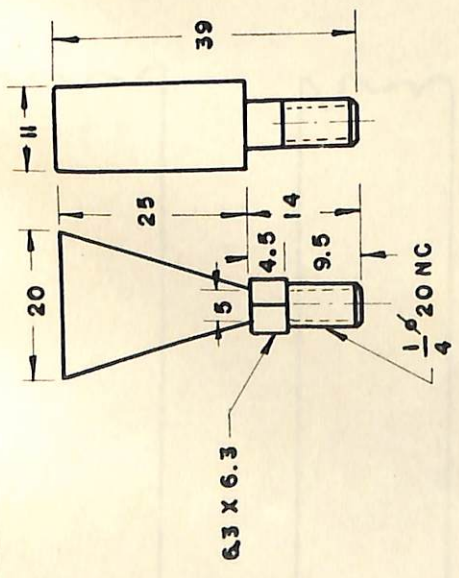
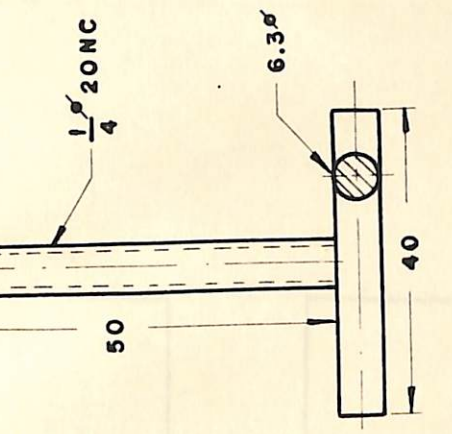
ESCALA 1:1  
 DIBUJO: ALBERTO G. VILLOTA



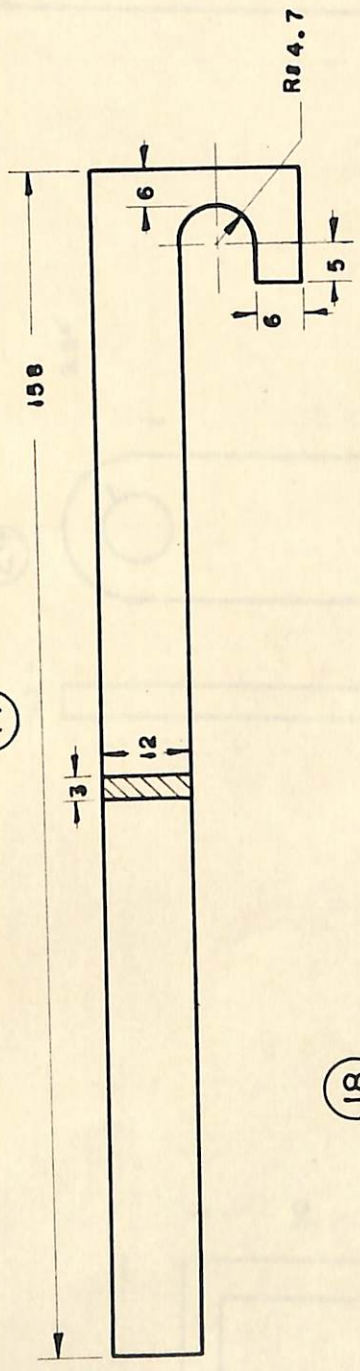
ESC 1:2



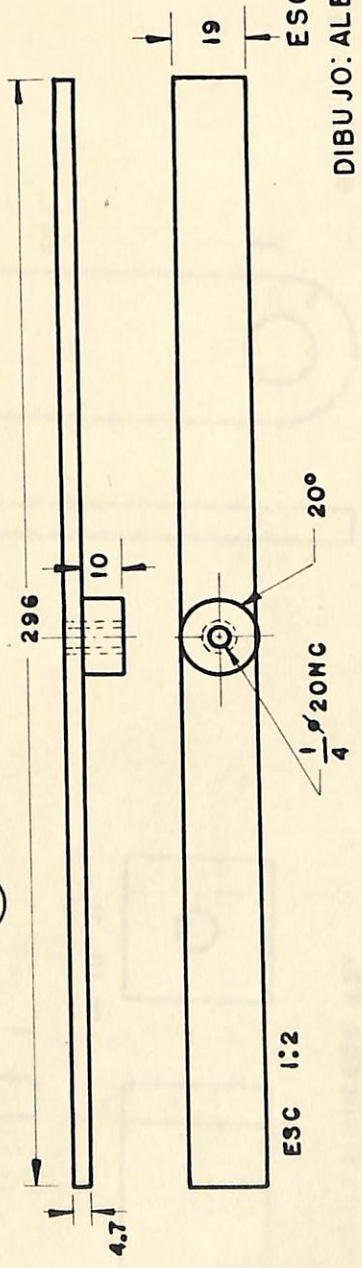
ESCALA 1:1  
 DIBUJO: ALBERTO G. VILLOTA



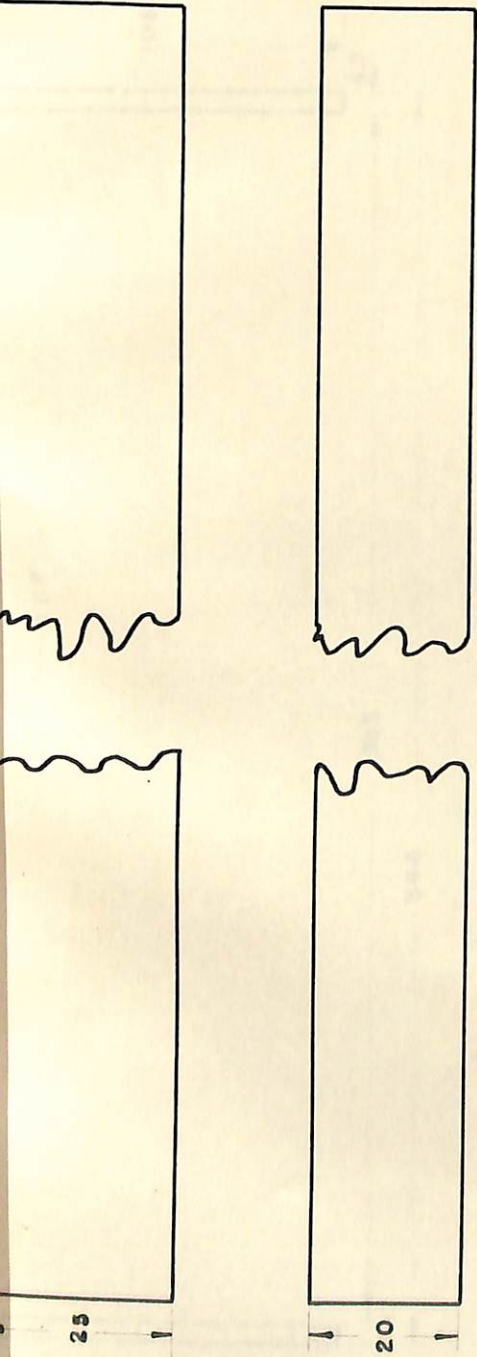
17



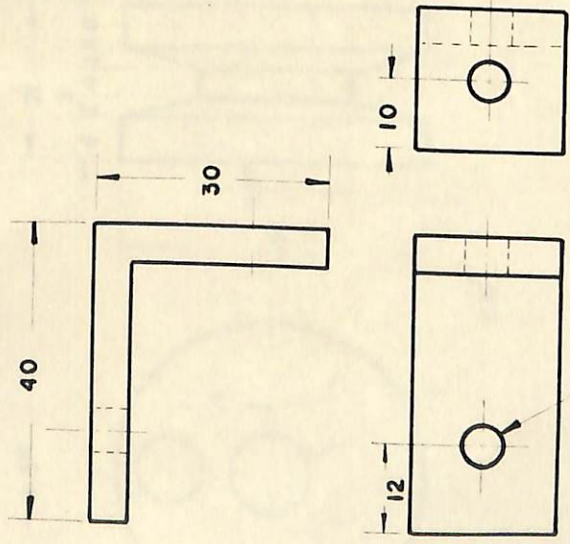
18



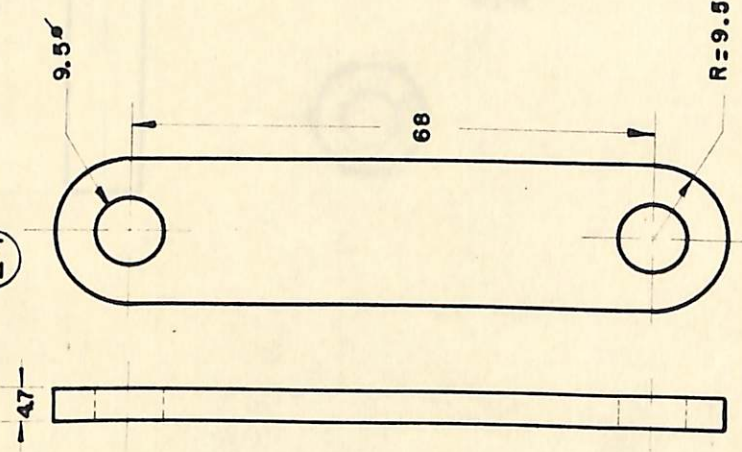
ESCALA 1:1  
DIBUJO: ALBERTO G. VILLOTA



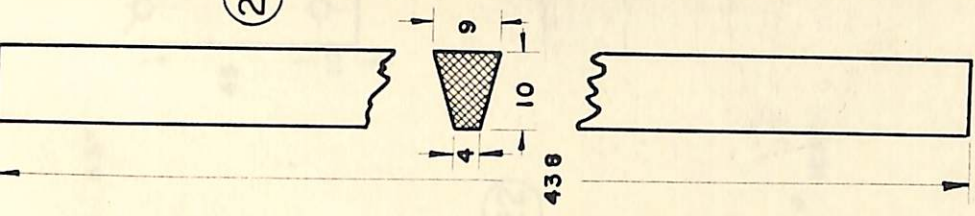
(20)



(24)

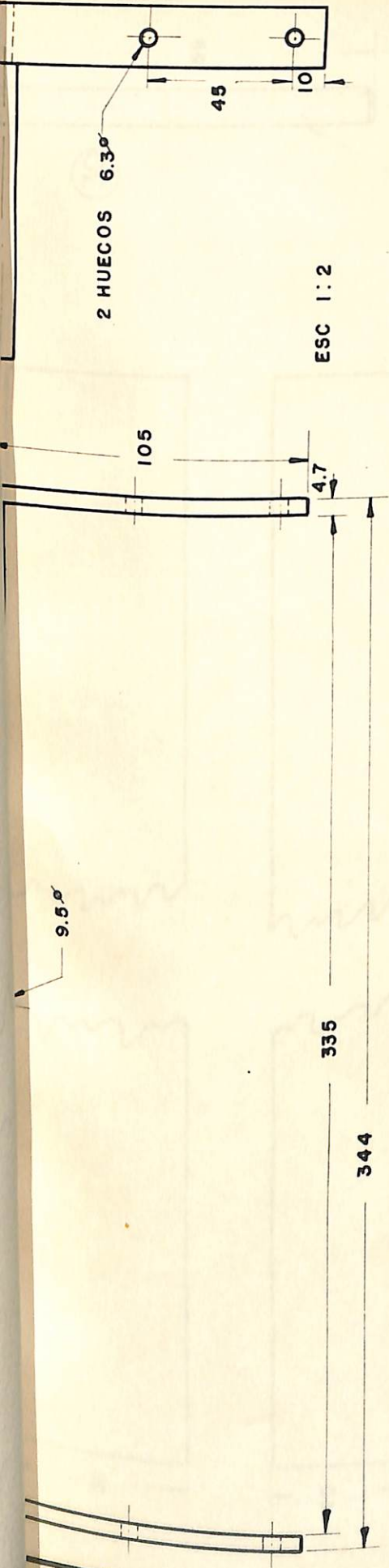


(25)

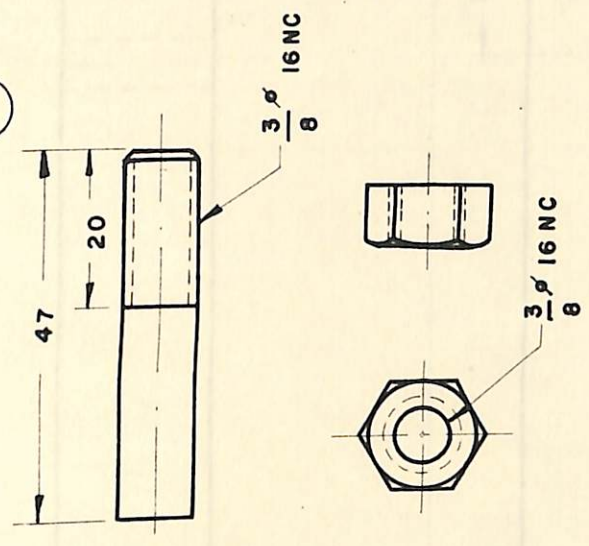


ESCALA 1:1

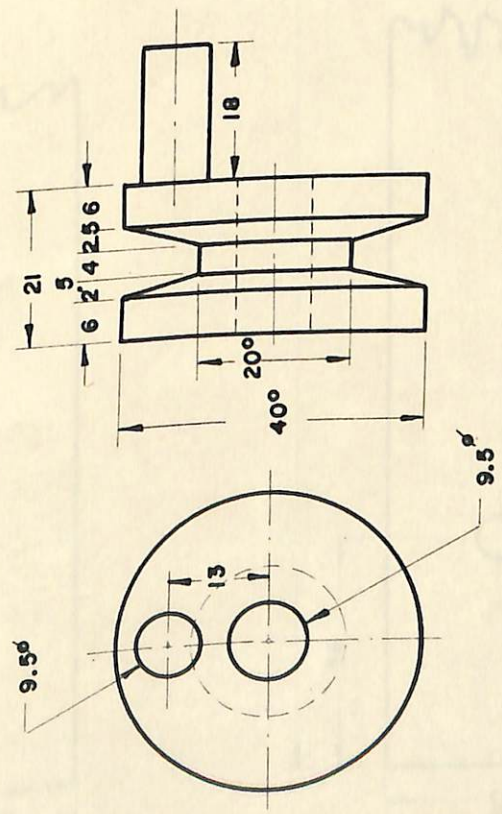
DIBUJO :ALBERTO G. VILLOTA



(22)

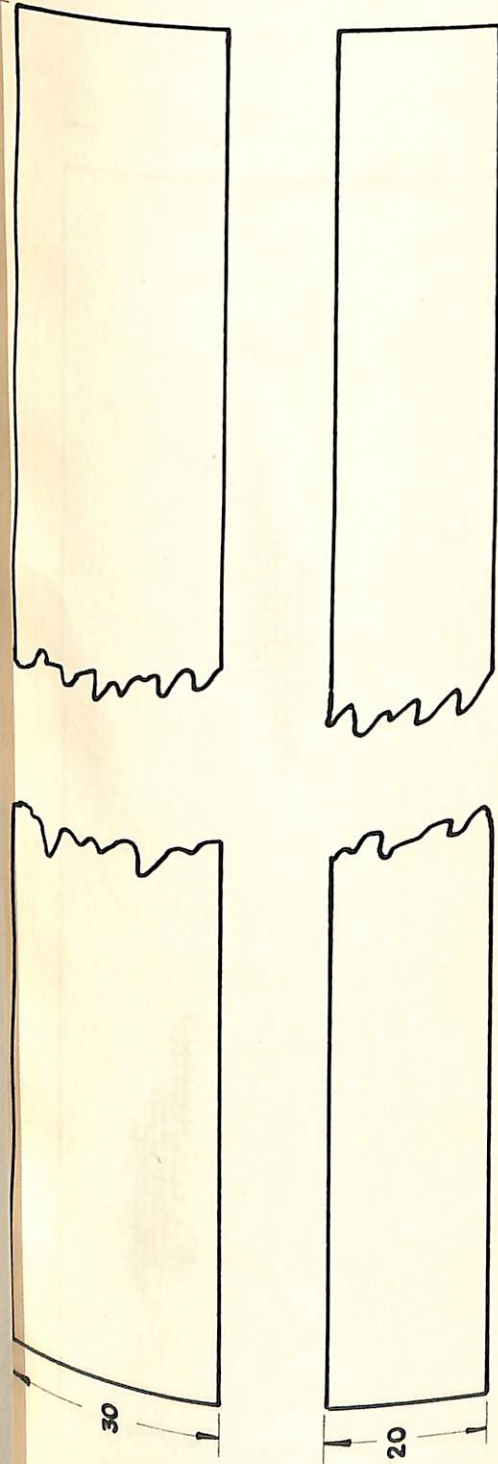
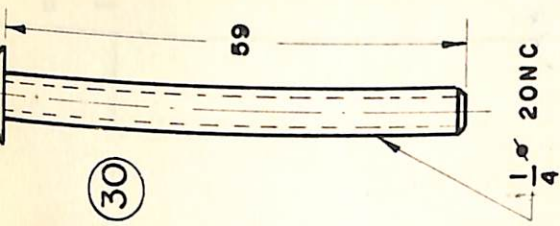


(21)

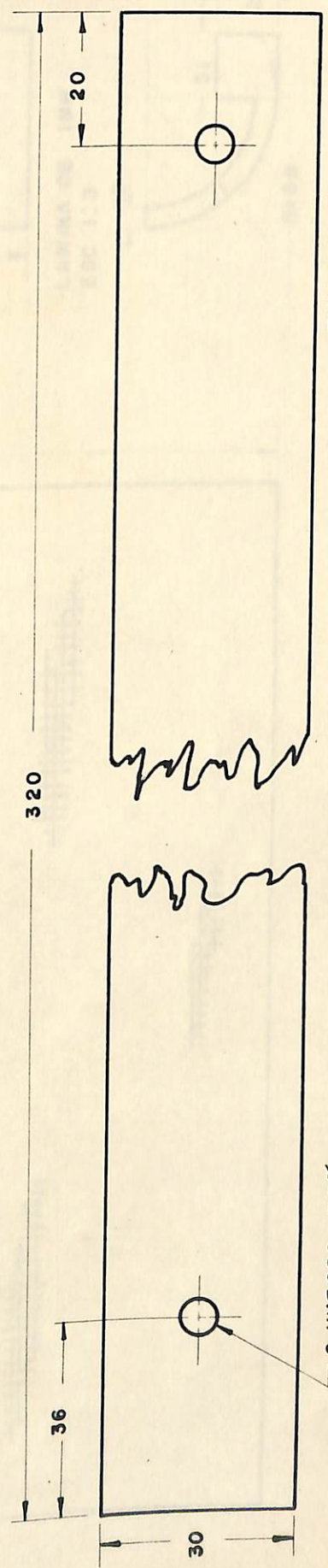
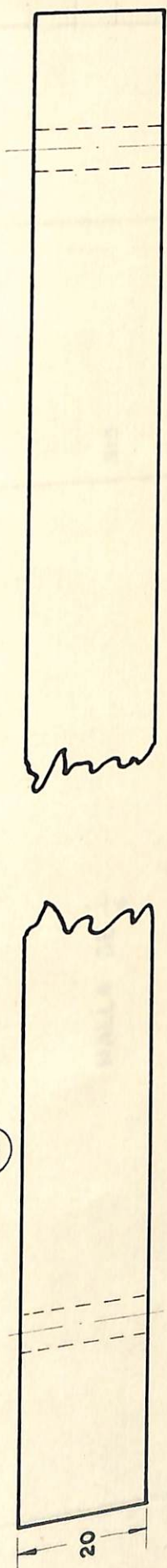


ESCALA 1:1

DIBUJO: ALBERTO G. VILLOTA



26



ESCALA 1:1  
 DIBUJO: ALBERTO G. VILLOTA

32

320

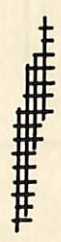
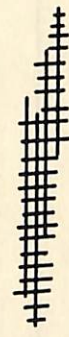
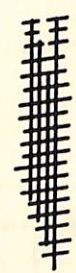
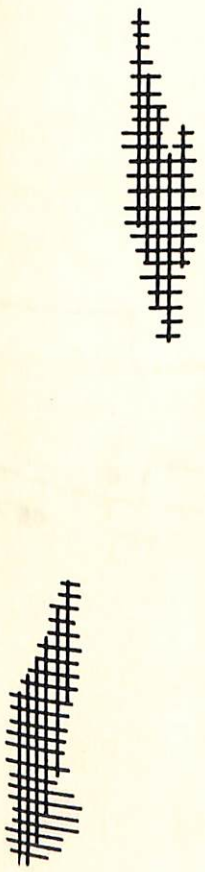
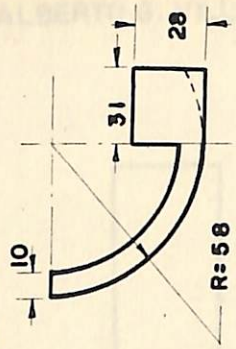
85

480

315

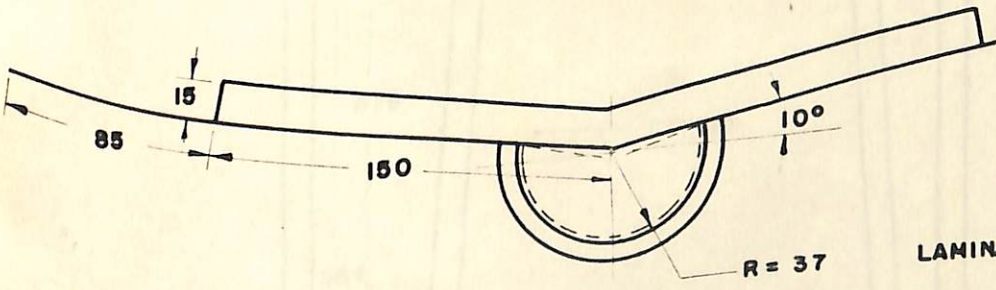
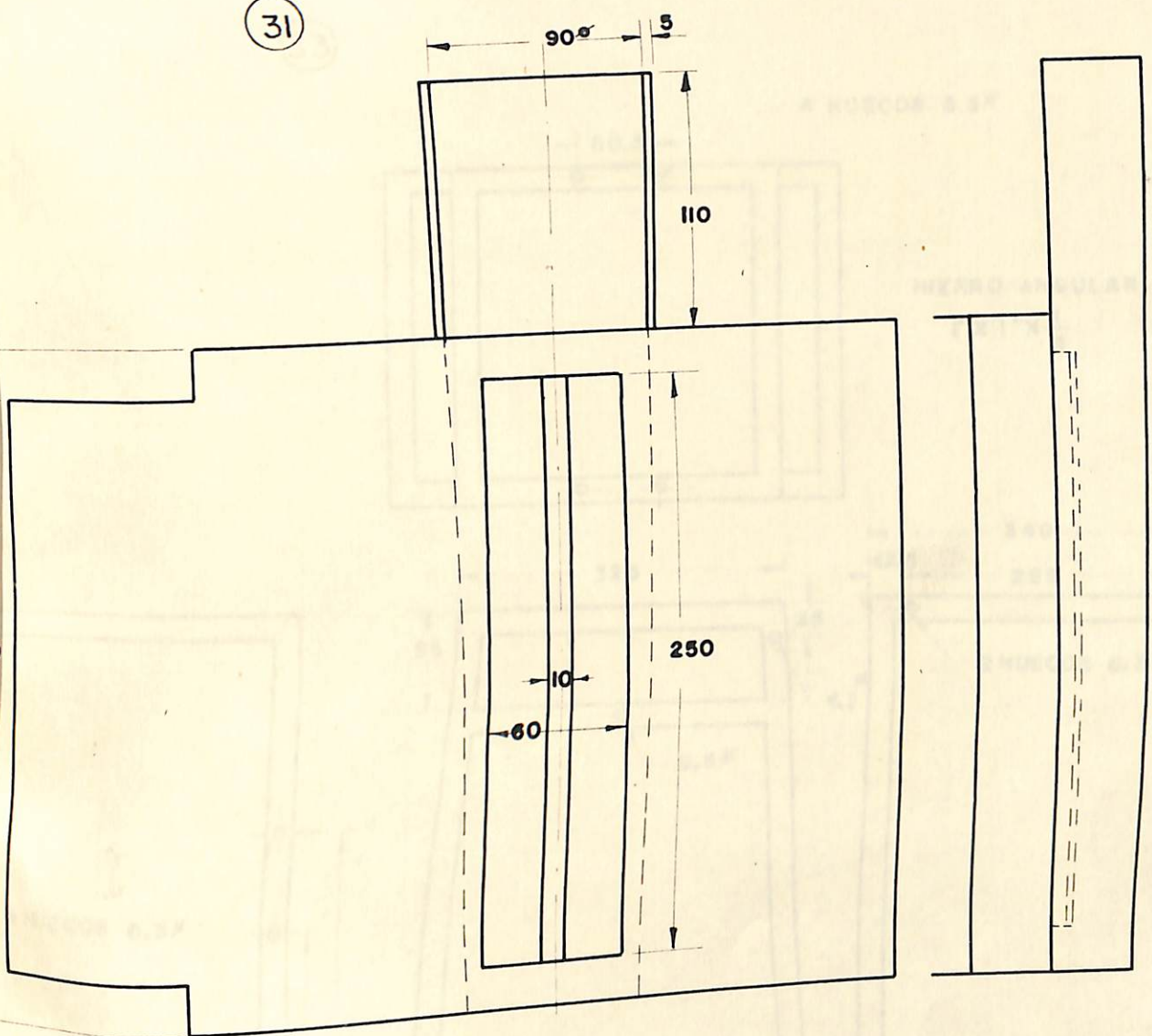
MALLA DE  $\frac{1}{4}$

LAMINA DE IMM  
ESC 1:3



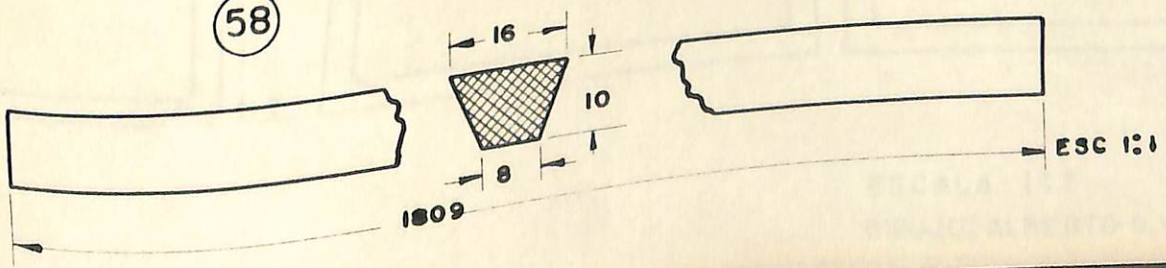
ESCALA 1:2  
DIBUJO: ALBERTO G. VILLOTA

31

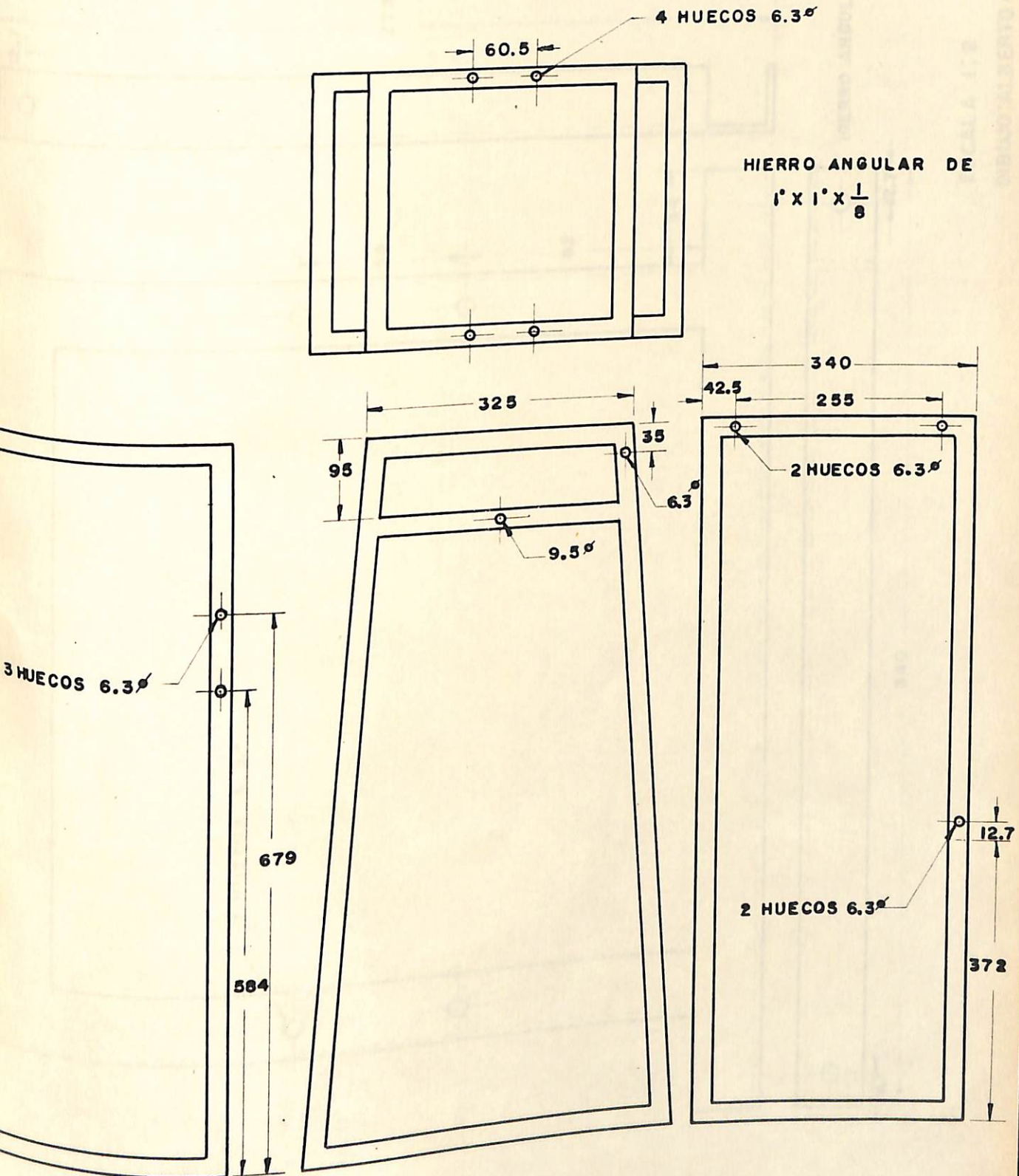


LAMINA DE 1 MM

58

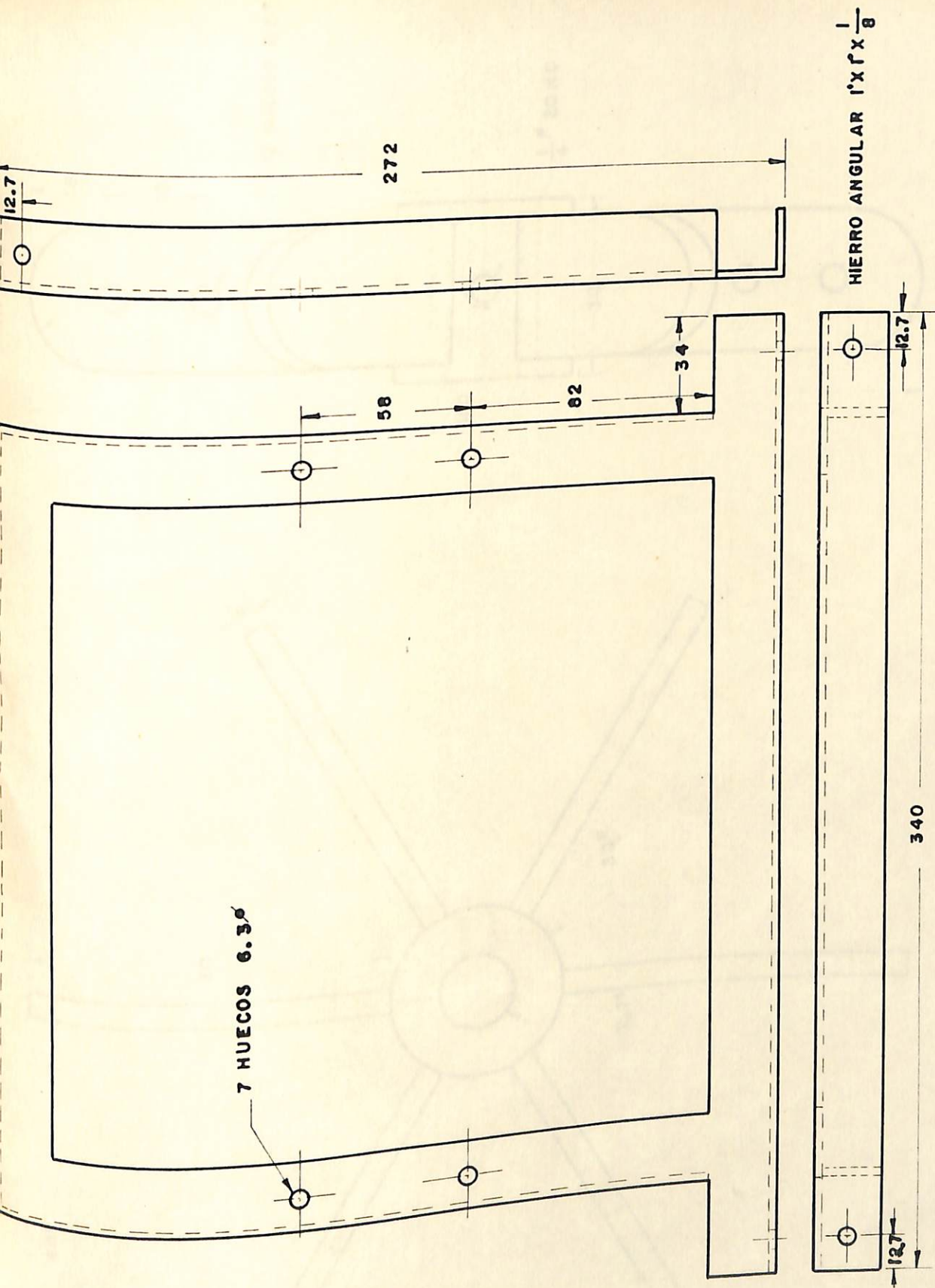


33



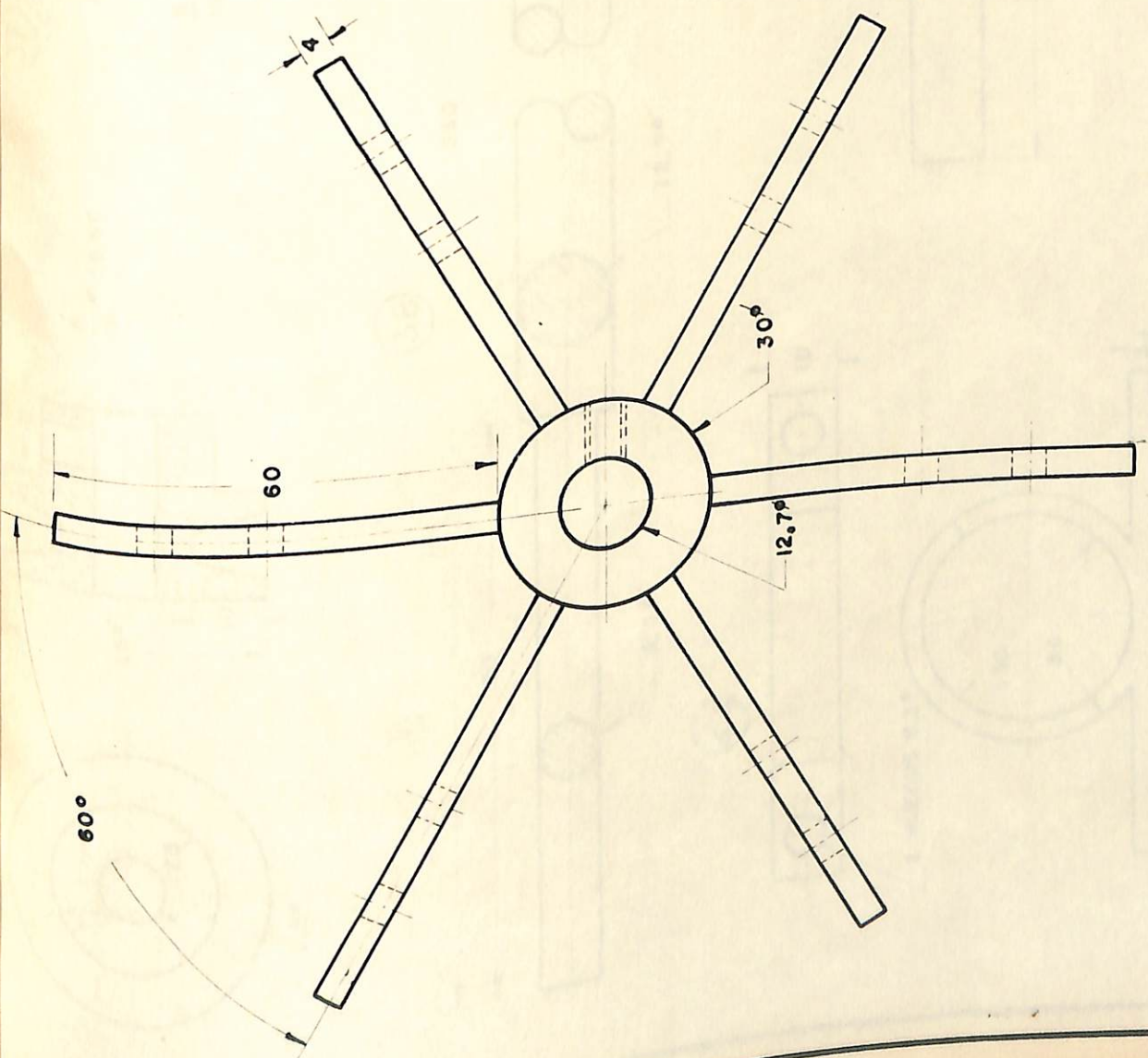
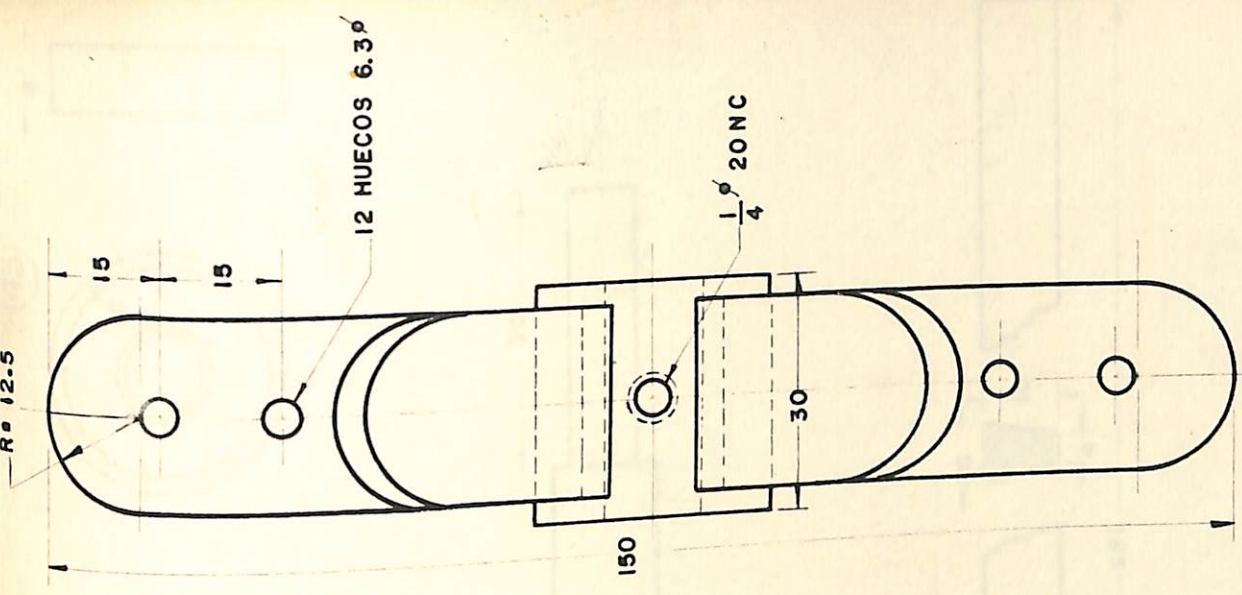
ESCALA 1:7

DIBUJO: ALBERTO G. VILLOTA

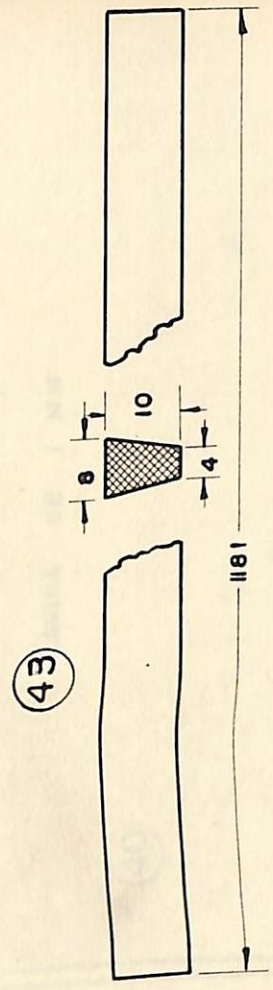
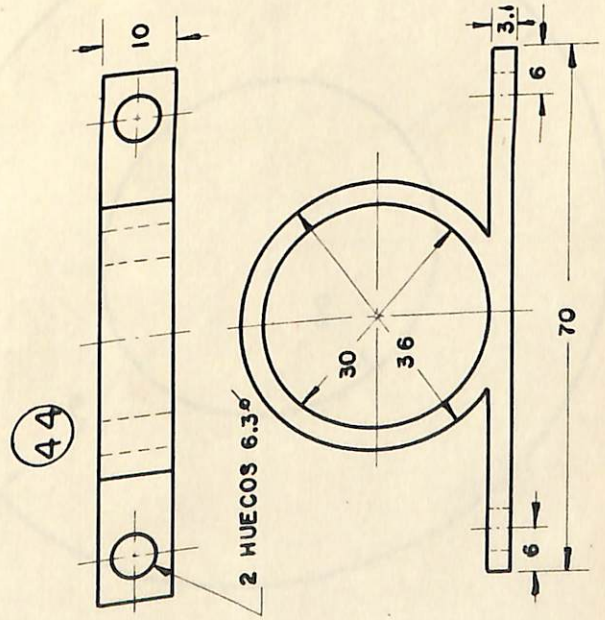
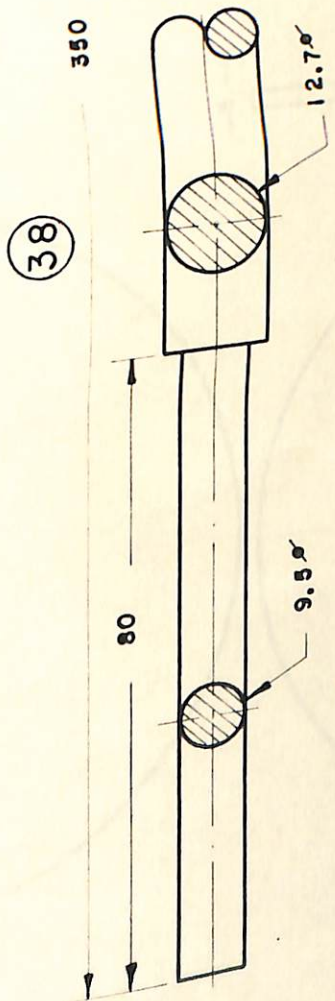
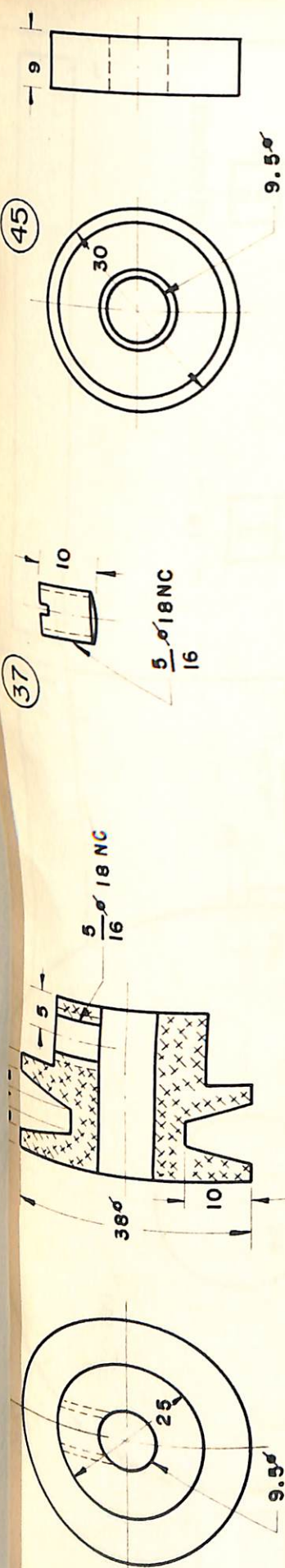


ESCALA 1:2

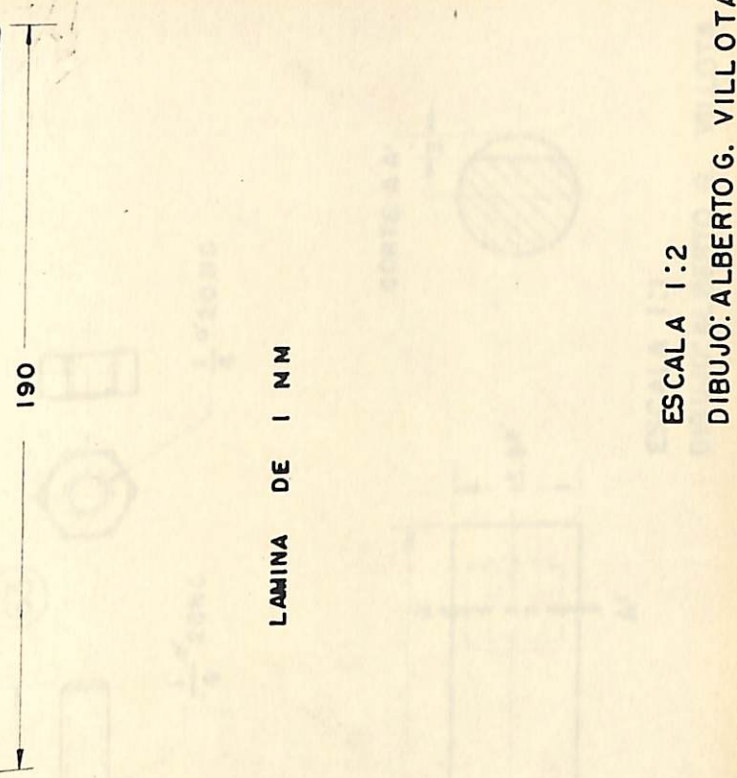
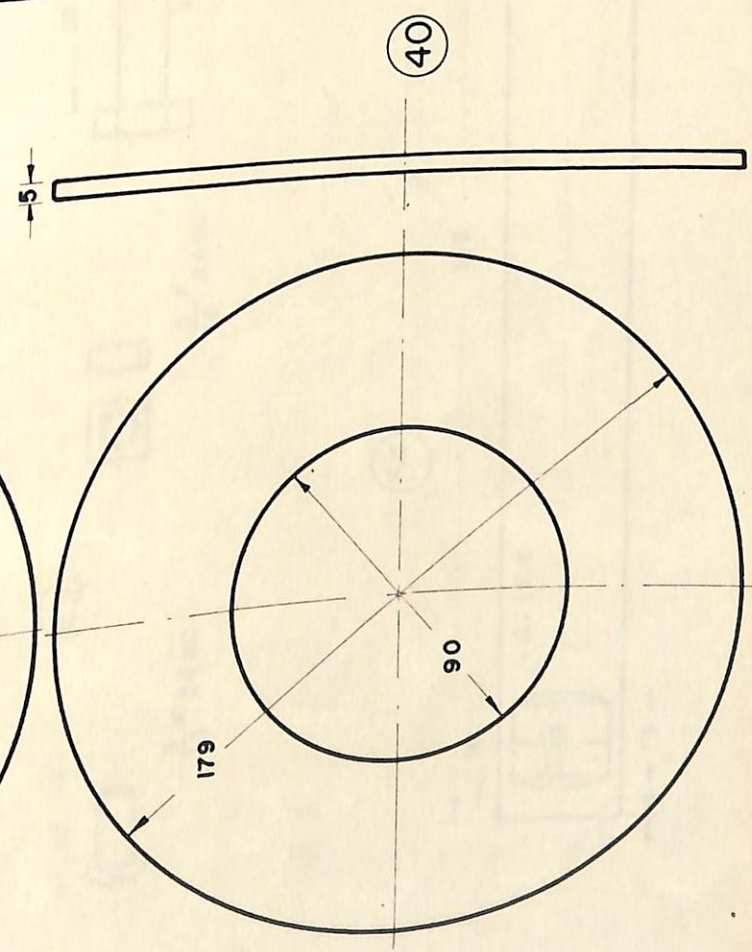
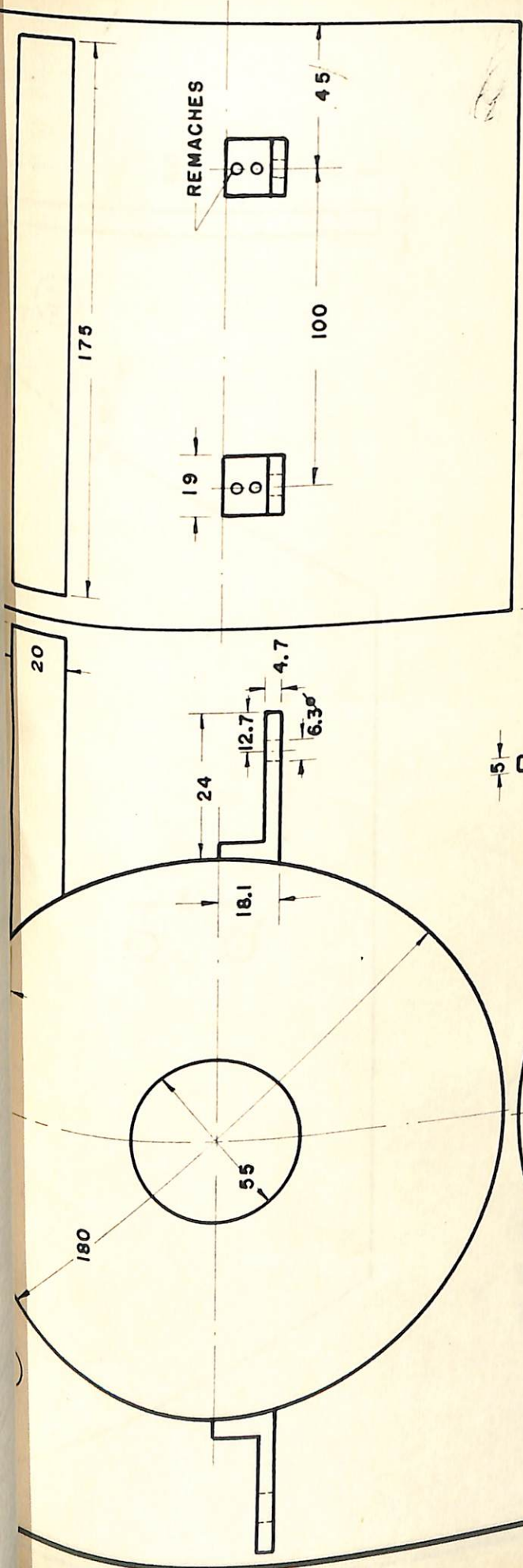
DIBUJO: ALBERTO G. VILLOTA



ESCALA 1:1  
DIBUJO: ALBERTO G. VILLOTA



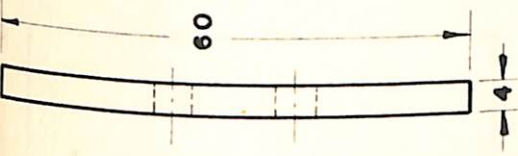
ESCALA 1:1  
 DIBUJO: ALBERTO G. VILLOTA



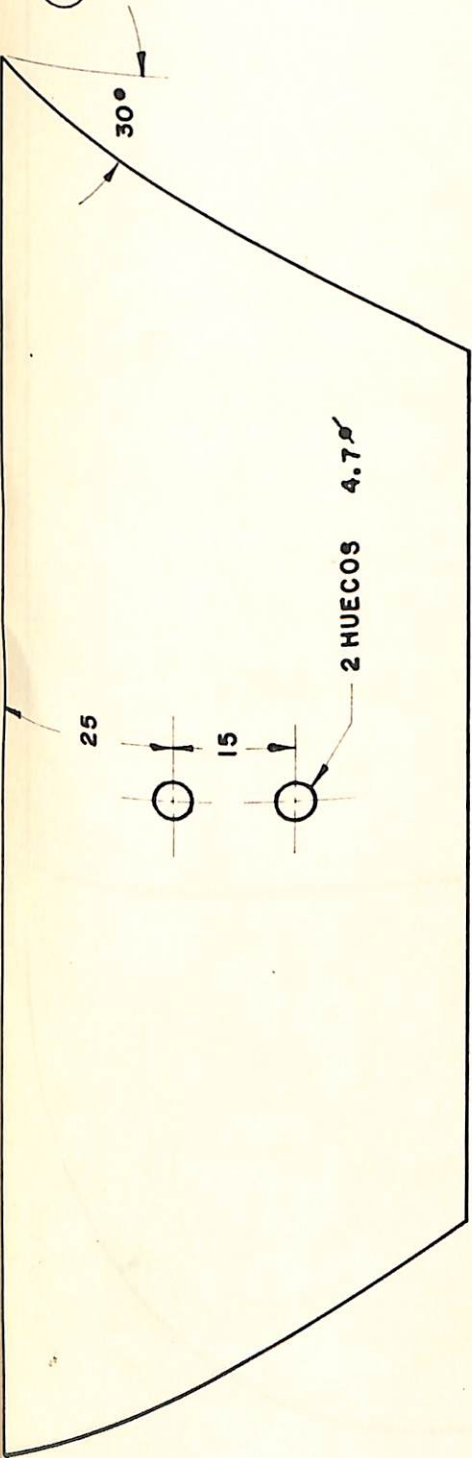
LAMINA DE 1 MM

ESCALA 1:2

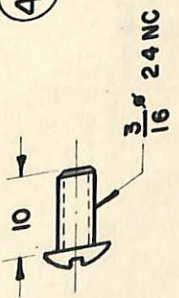
DIBUJO: ALBERTO G. VILLOTA



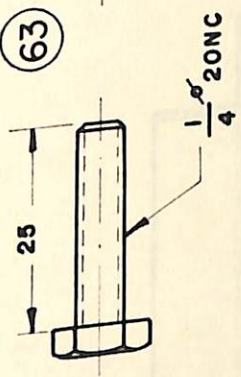
41



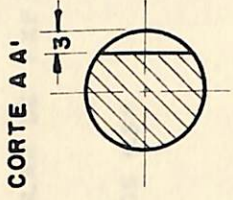
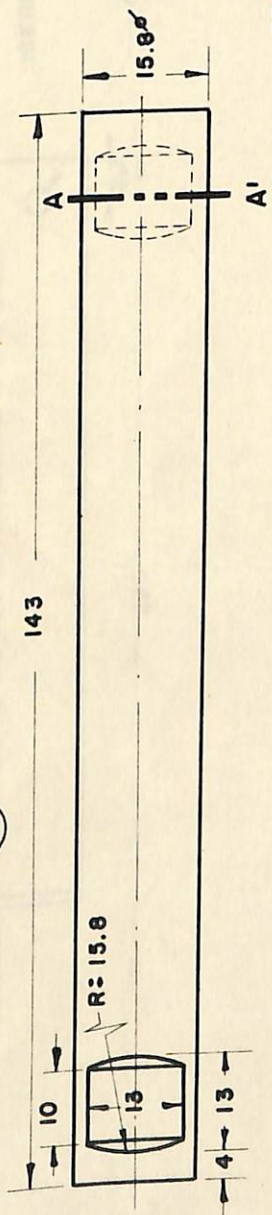
42



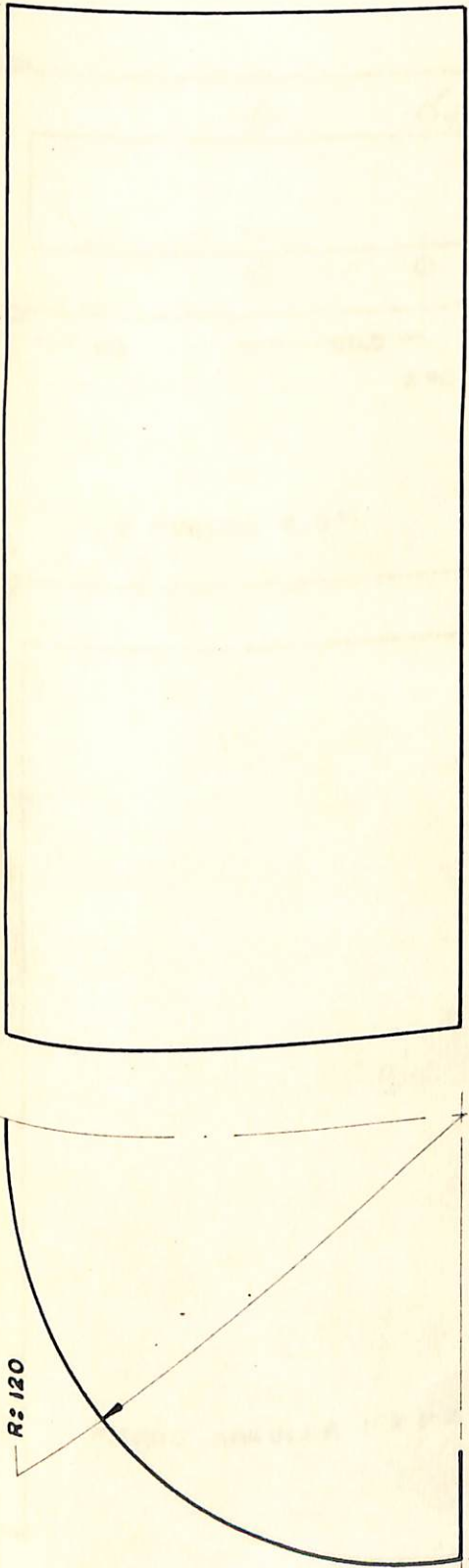
63



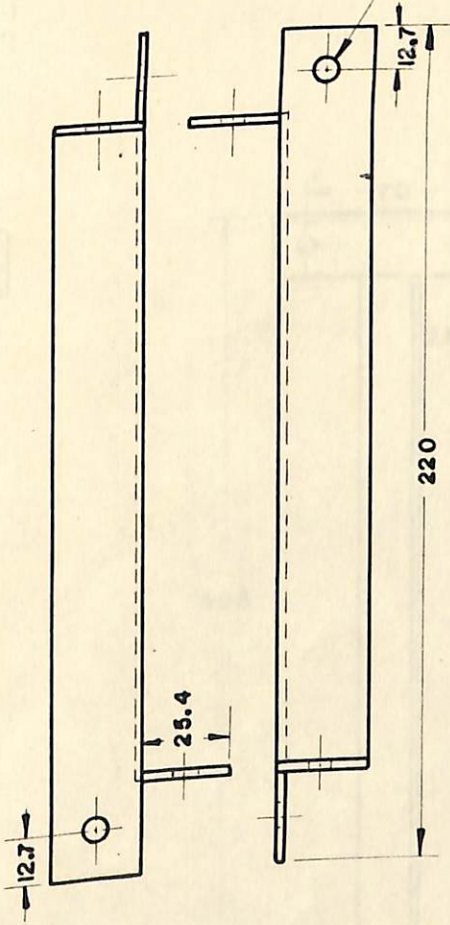
54



ESCALA 1:1  
DIBUJO: ALBERTO G. VILLOTA

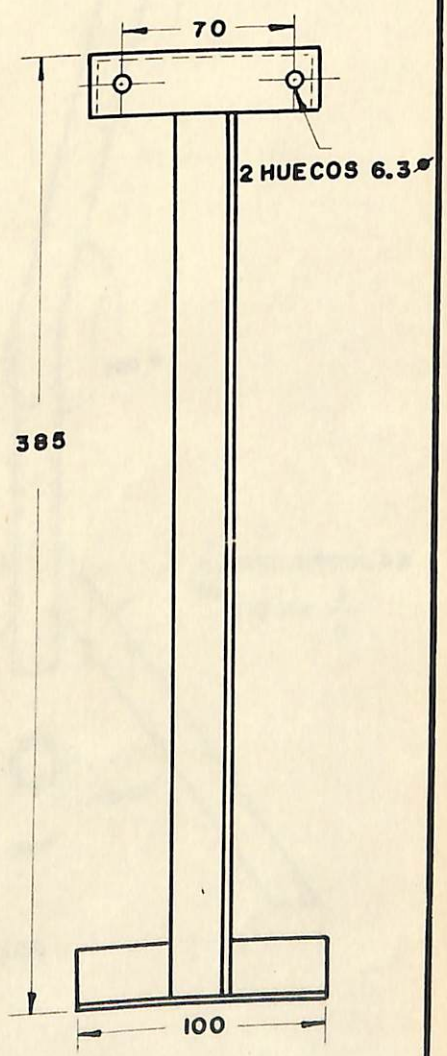
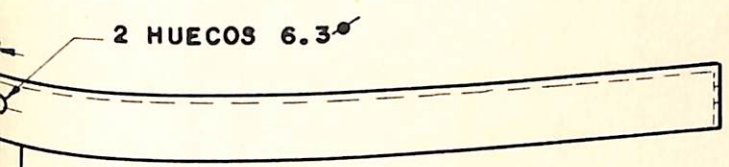
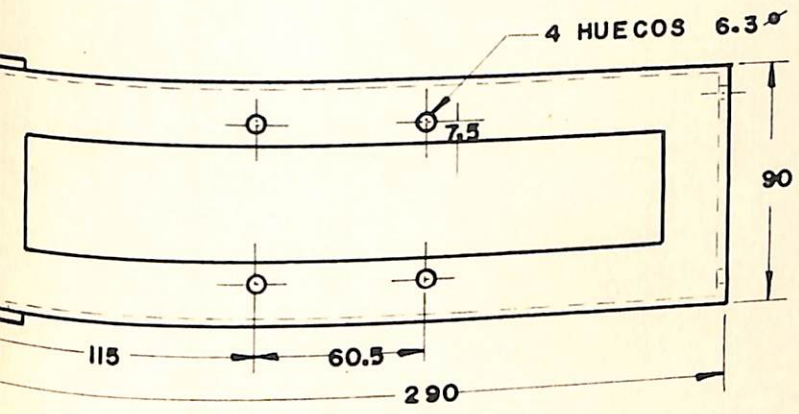


(47)



ESCALA 1:2  
 DIBUJO: ALBERTO G. VILLOTA

48

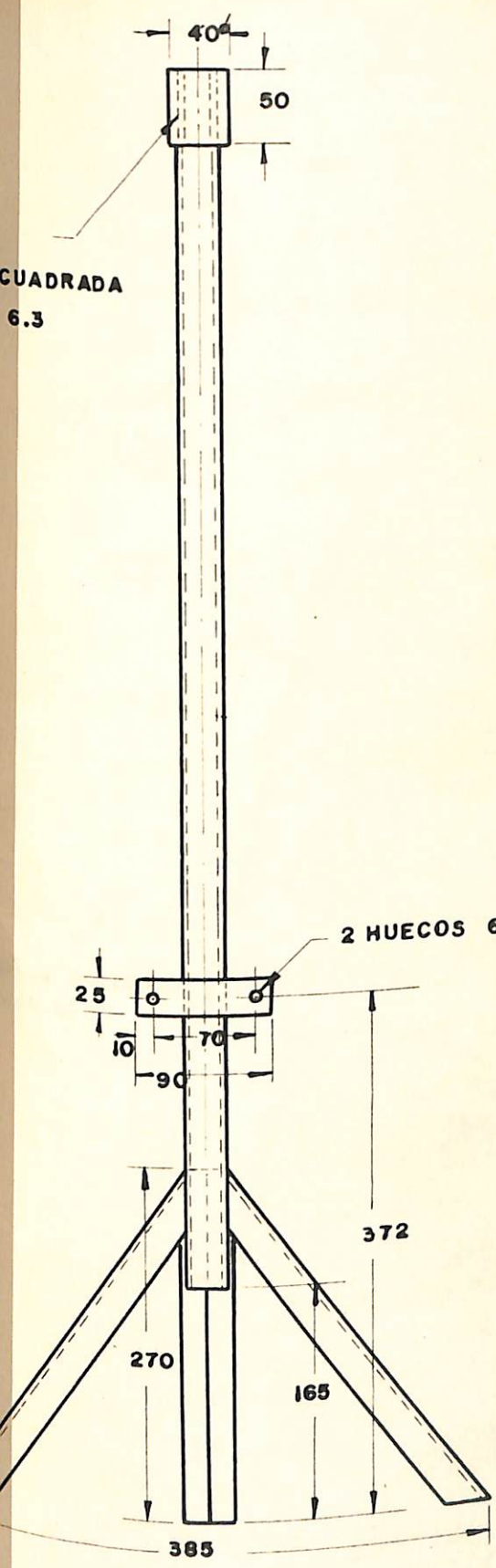


HIERRO ANGULAR 1" X 1" X  $\frac{1}{8}$

ESCALA 1:3  
DIBUJO: ALBERTO G. VILLOTA

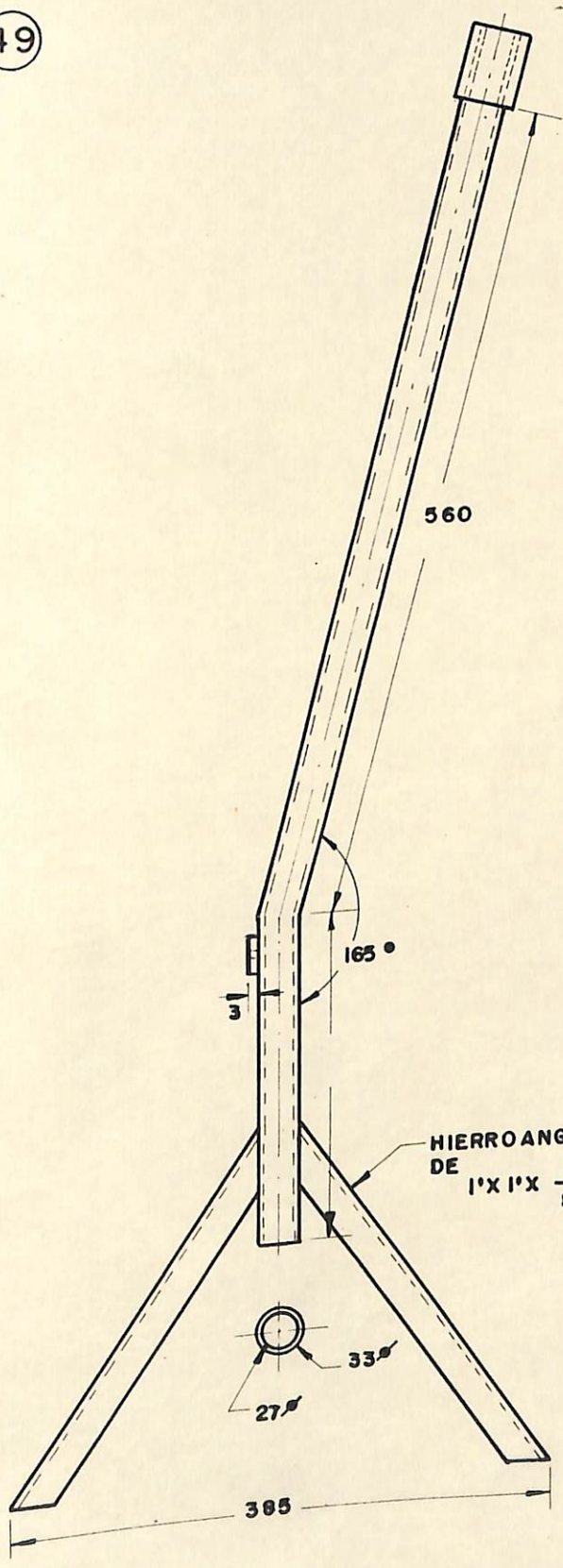
49

CUADRADA  
6.3



2 HUECOS 6.3

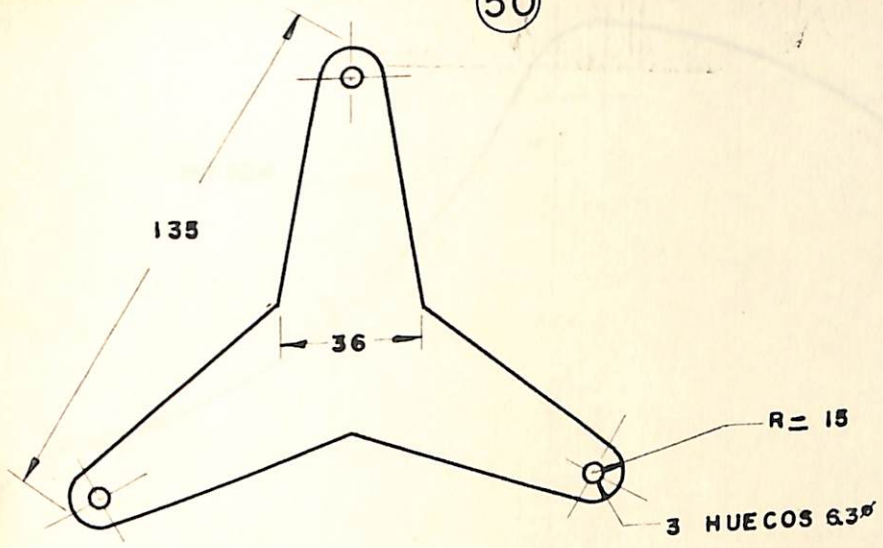
560



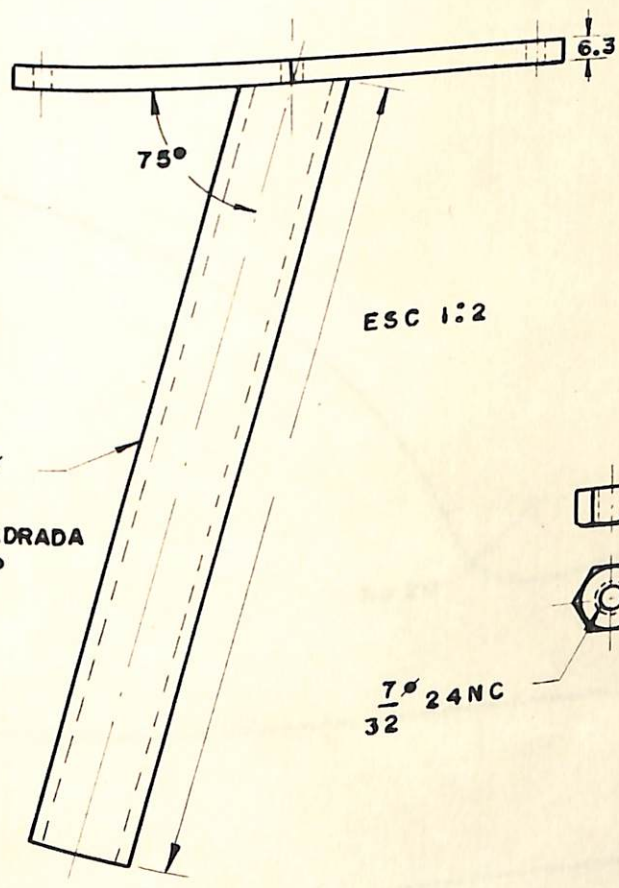
HIERROANGULAR  
DE  
1'X 1'X  $\frac{1}{8}$

ESCALA 1:3  
DIBUJO: ALBERTO G. VILLOTA

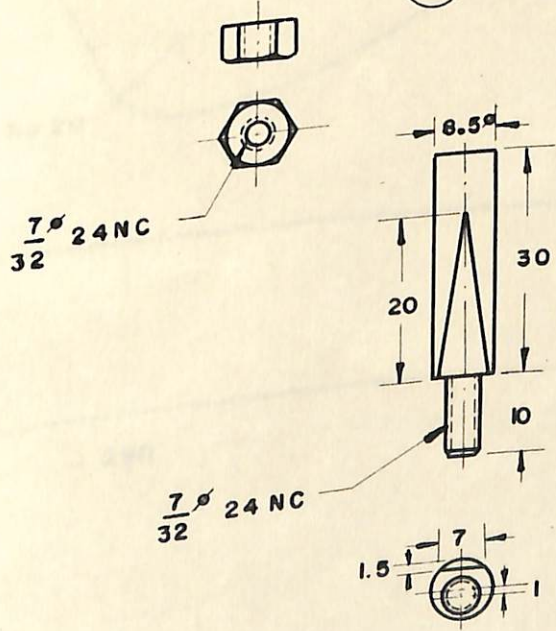
50



51



56



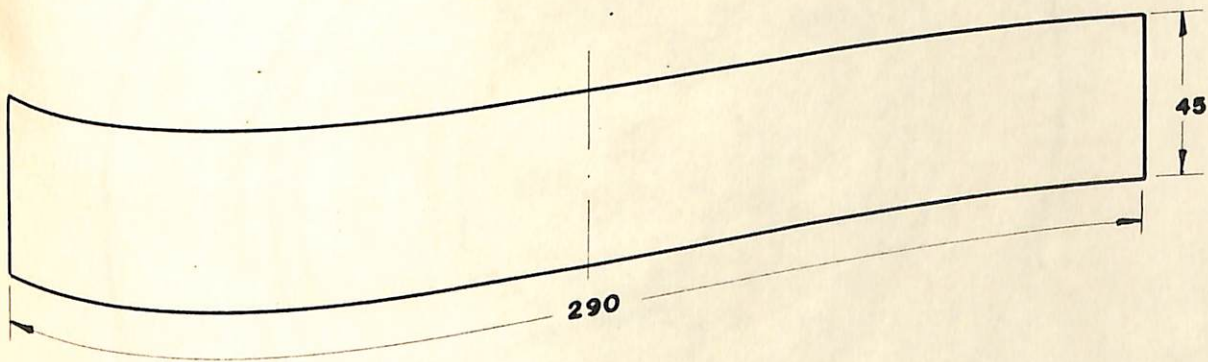
ESCALA 1:1  
 DIBUJO: ALBERTO G. VILLOTA

(51)

R=164

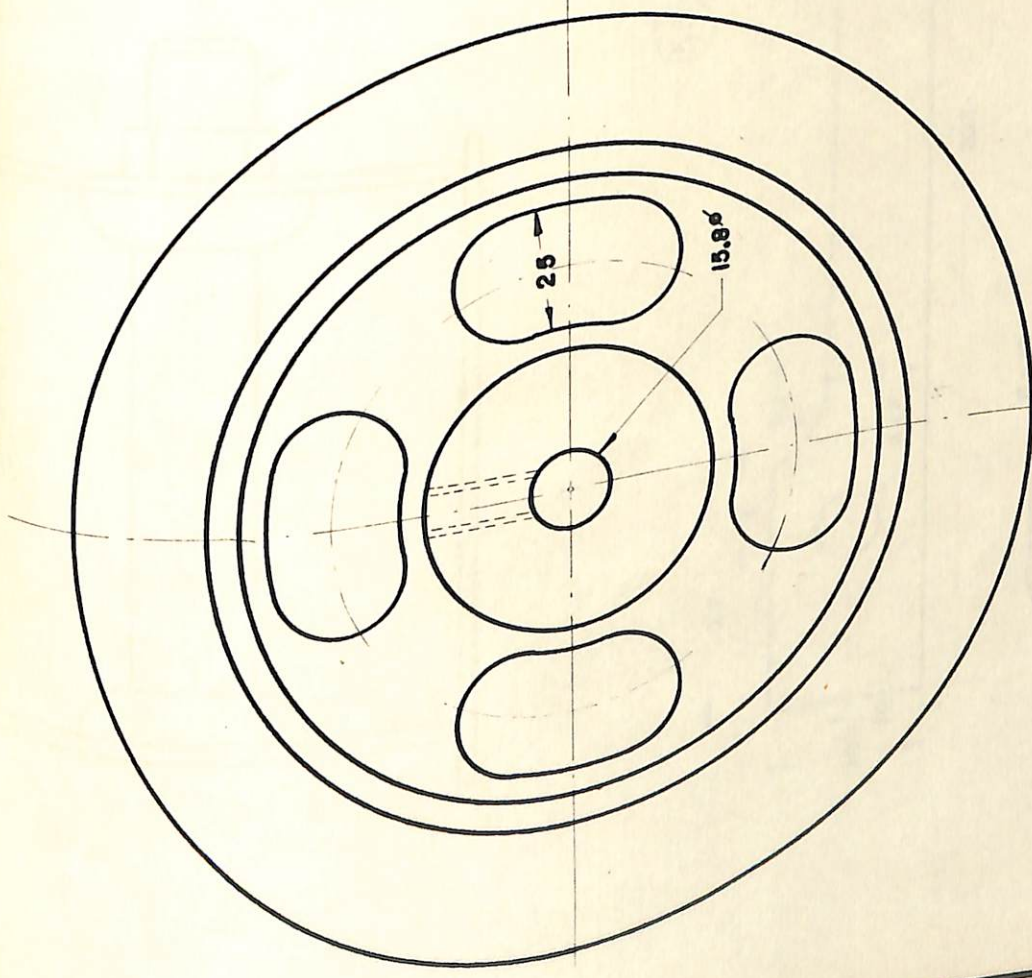
R=20

R=40

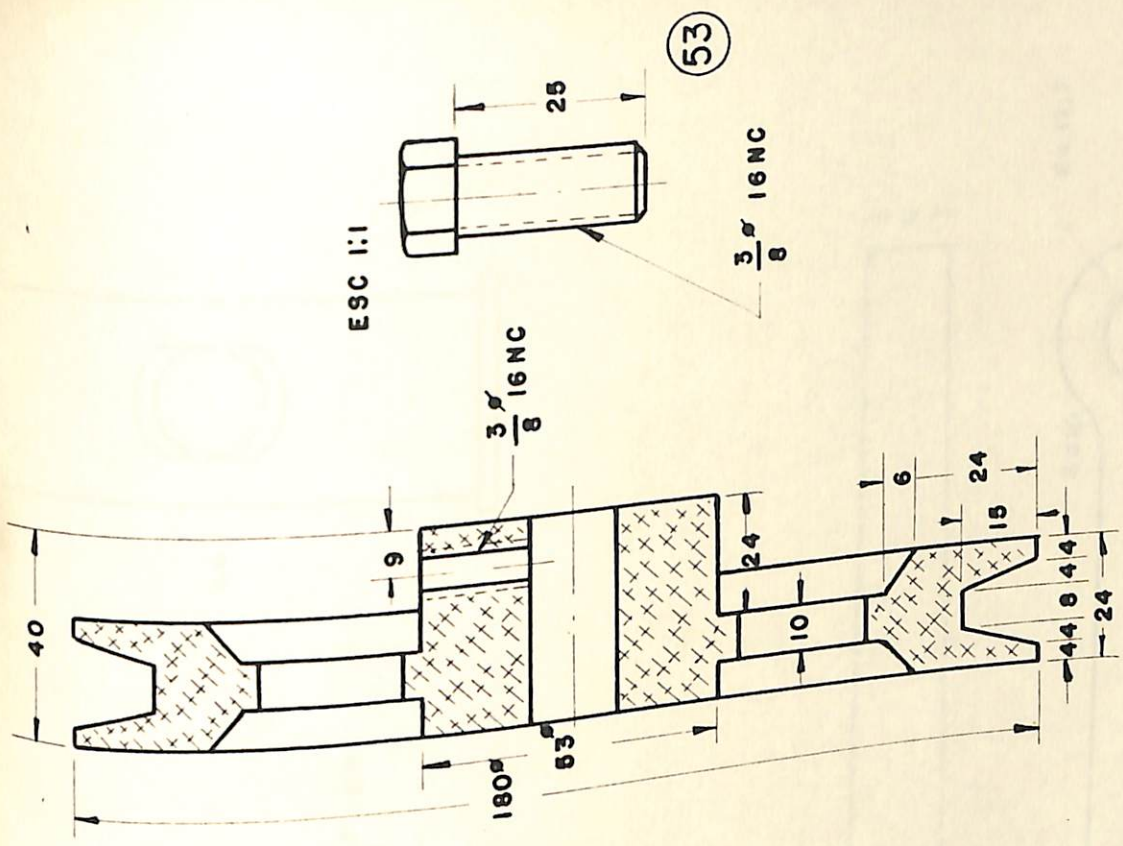


ESCALA 1:2  
DIBUJO: ALBERTO G. VILLOTA

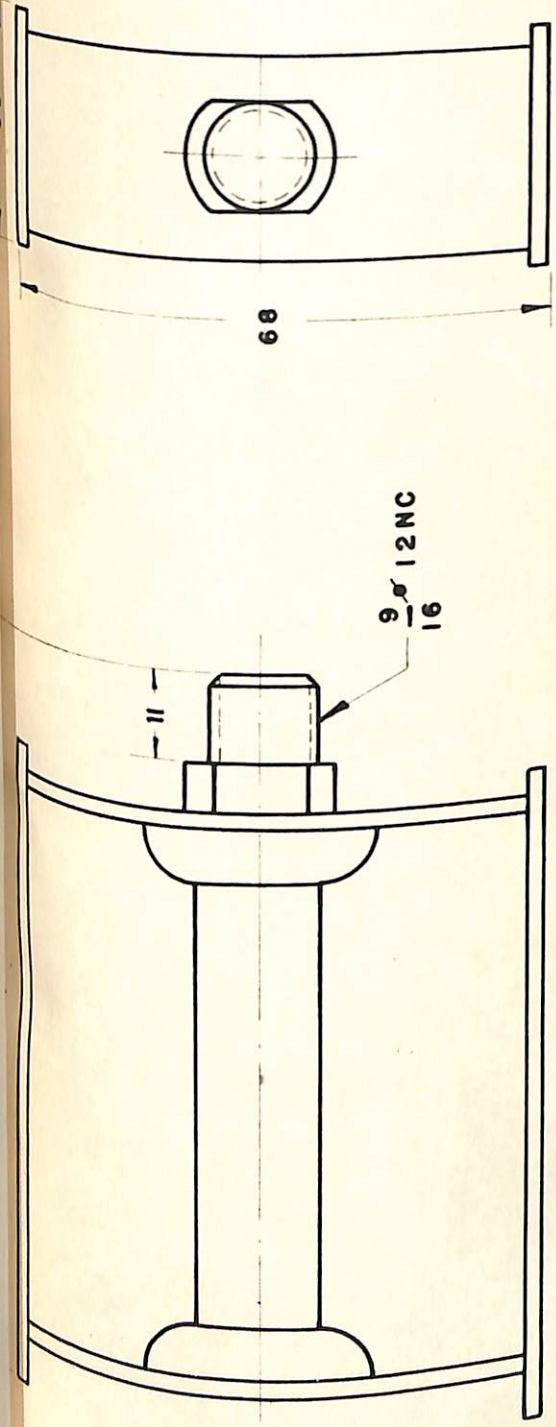
52



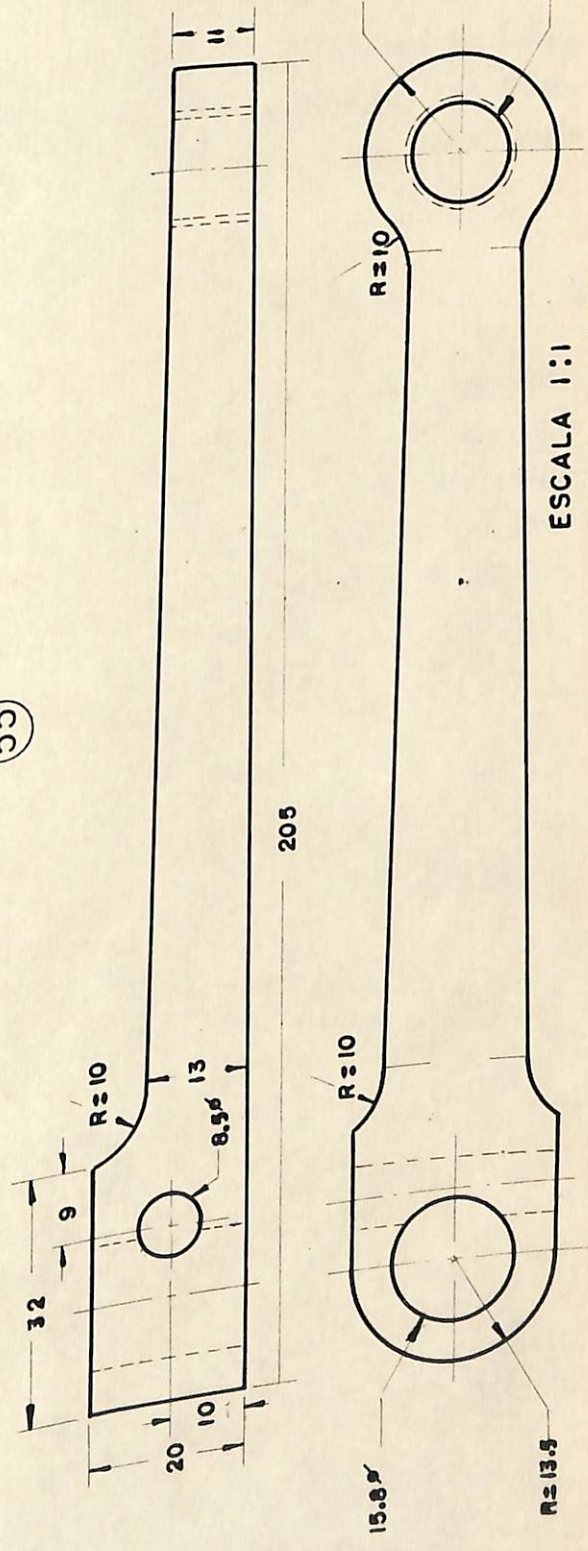
53



ESCALA 1:1.5  
 DIBUJO: ALBERTO G. VILLOTA



55



ESCALA 1:1  
 DIBUJO: ALBERTO G. VILLOTA

## Cálculo para el diseño y construcción del ventilador

Para este cálculo se siguió la técnica propuesta por Henderson y Perry (6) y Mohsenin (9), que habla sobre las propiedades aerodinámicas de las partículas, caso especial para granos, la cual se describe a continuación:

### a. Propiedades aerodinámicas de las partículas

Una partícula en caída libre consigue una velocidad que depende de sus características físicas, del fluido que atraviesa y de la gravedad. Estas propiedades son útiles para la separación por aire y el transporte; la velocidad requerida para mantener en suspensión se confunde con la velocidad del aire requerida para tal efecto. Las fuerzas que entran en juego en tal movimiento son:

$$M \frac{dv}{dt} = (v_p \gamma_p - v_p \gamma) = F \quad (1)$$

$$= Mg \left( \frac{\gamma_p - \gamma}{\gamma_p} \right) = F \quad (2)$$

Por definición:

$$F = C \left( \frac{v^2}{2g} \right) \gamma_A \quad (3)$$

La ecuación (1) se transformaría en:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{g}{2} \frac{\gamma_p - \gamma}{\gamma_p} = C \frac{v^2 \gamma_A}{2gM}$$

En donde:  $A$  = Área proyectada de la partícula,  $\text{cm}^2$   
 $\gamma$  = Peso específico del fluido, en  $\text{gr/cm}^3$

- $\gamma_p$  = Peso específico de la partícula, en  $\text{gr/cm}^3$
- $v_p$  = Volumen de la partícula, en  $\text{cm}^3$
- $C$  = Coeficiente de arrastre aerodinámico, adimensional.
- $V$  = Velocidad relativa, en  $\text{cm/seg}$
- $F$  = Fuerza, en  $\text{gr}$
- $M$  = Masa de la partícula  $\text{gr-m}$
- $W$  = Peso de la partícula en  $\text{gr-p}$
- $\theta$  = Tiempo, en segundos
- $Nr$  = Número de Reynolds
- $D$  = Diámetro promedio de las partículas, en  $\text{cm}$
- $g$  = Aceleración de la gravedad,  $\text{cm/seg}^2$

b. El signo del término que involucra la gravedad,  $g$ , es positivo para una partícula que inicia un movimiento desde condiciones de reposo o con velocidad inicial descendente. El signo es negativo, para una velocidad inicial descendente. El signo del movimiento de la partícula será descendente cuando se llegue a condiciones de equilibrio. Si el fluido es más denso que la partícula, esto es, si  $\gamma > \gamma_p$ , la partícula ascenderá durante condiciones de equilibrio.

Para condiciones de velocidad constante, condiciones de equilibrio,  $\frac{dv}{d\theta} = 0$  y la ecuación (3) se transforma:

$$V = \sqrt{\frac{2g^2 M (\gamma_p - \gamma)}{CA \gamma_p \gamma}} \quad (4)$$

Una solución inmediata de la ecuación (4) no es posible, por cuanto  $C$  es una función de  $V$ . La velocidad  $V$  puede

determinarse explícitamente mediante la Figura 1. Para el presente caso, se considera los granos como esferas ideales, ya que no existe en la literatura lo propio para la forma; elipsoidal de aquellos, esta asunción concuerda con la de Henderson y Perry (6).

La velocidad terminal o límite (V) sirve para mantener una partícula en suspensión, es decir, que cualquier valor menor que el obtenido mediante la ecuación (4) arrastraría o separaría partículas menos pesadas que el grano del medio en que fluyen y, en sentido práctico, este último valor representará la velocidad tangencial del ventilador para separar o clasificar el grano del resto de impurezas (glumas, barbas, etc), dejando que aquel caiga hacia el medio recolector.

c. Para seguir la metodología enunciada, se procedió a medir el diámetro máximo y mínimo de 50 granos representativos de tres variedades de trigo y tres variedades de cebada, la humedad del grano en base húmeda y el peso promedio de 50 granos por cada variedad (Tablas I y II)

También se evaluó el volumen promedio de 50 granos, mediante el principio de Arquímedes, sumergiéndolos en agua destilada, utilizando un cilindro hueco y pequeño de aluminio con base perforada, como cuerpo auxiliar. En la Tabla I se encuentran consignados los datos que sirvieron para evaluar dicho volumen.

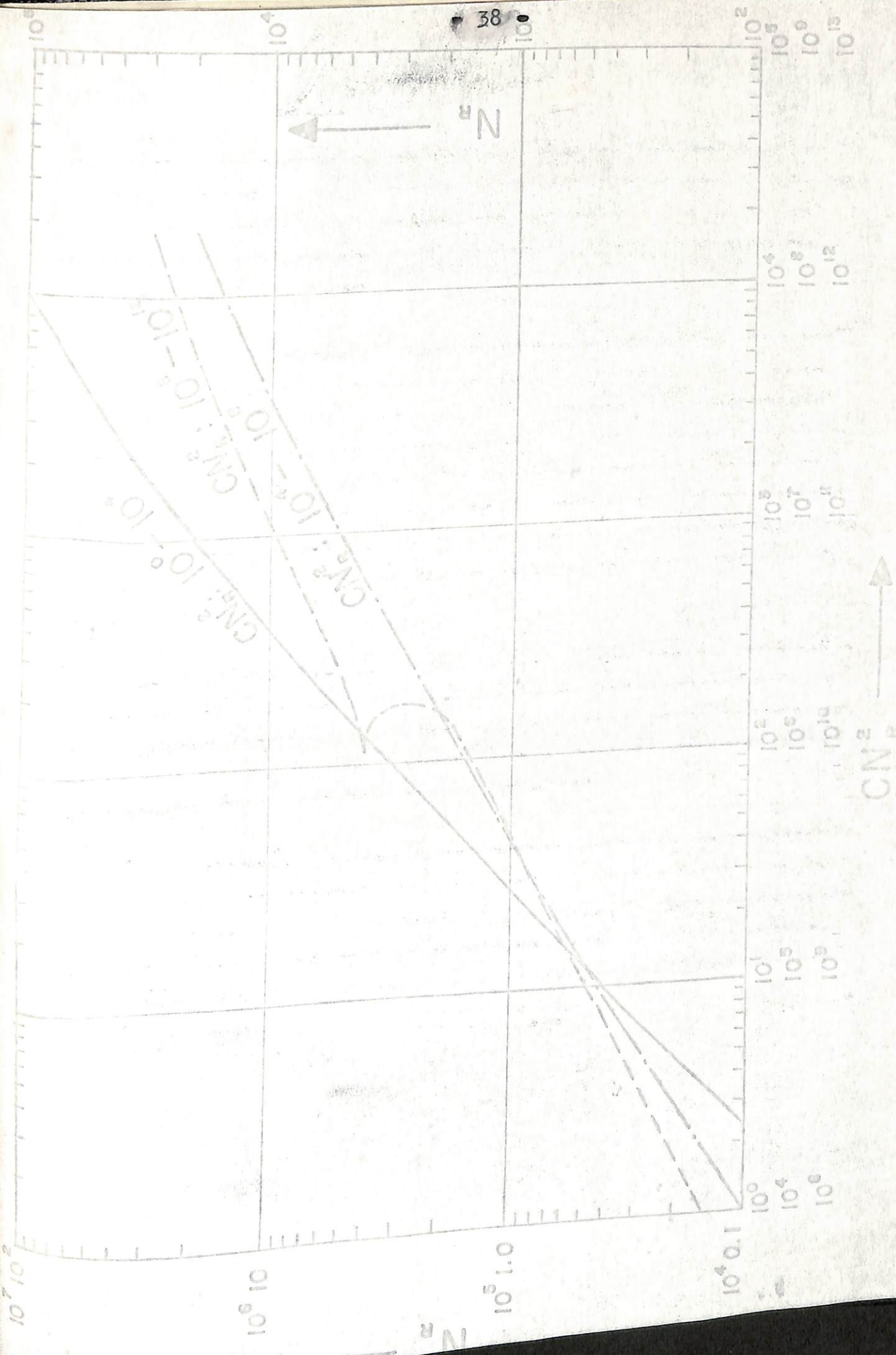


FIG. 1 EL NUMERO DE REYNOLDS  $N_r$  EN FUNCION DE EL COEFICIENTE DE ARRASTRE POR  $N_r^2$  PARA ESFERAS.

TABLA I

DIMENSIONES DE 50 GRANOS DE TRES VARIETADES DE TRIGO

(Triticum vulgare L.)

Resultados en mm

No.	BONZA 63		SAMACA 68		TOTA 63	
	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo
1	3,7	6,0	4,0	6,8	3,9	7,5
2	3,5	6,6	3,9	6,7	3,7	7,0
3	3,8	6,0	4,0	6,6	3,6	7,0
4	2,9	5,8	4,0	7,1	4,0	7,0
5	4,0	6,7	4,0	7,5	4,0	6,5
6	3,9	6,7	4,3	6,9	3,6	6,3
7	3,6	6,7	4,2	7,0	3,6	7,0
8	3,0	6,6	3,9	7,0	3,7	7,0
9	3,9	6,6	4,0	7,0	3,7	6,7
10	3,8	6,9	4,1	7,3	4,0	6,6
11	3,8	6,6	3,8	6,7	4,0	7,0
12	3,8	6,9	4,0	6,7	3,4	6,6
13	3,4	6,0	3,8	6,3	3,5	6,7
14	3,7	6,7	4,3	6,8	3,7	6,5
15	2,9	5,9	3,6	6,8	3,6	6,5
16	3,8	6,8	4,1	6,7	3,6	6,6
17	4,0	6,8	3,6	7,0	4,0	7,0
18	3,7	6,4	3,0	6,5	2,9	6,7
19	3,7	6,8	3,5	6,9	3,6	6,2
20	3,9	6,7	3,7	6,6	3,6	6,6
21	2,9	6,0	4,3	7,0	3,5	6,3
22	4,0	7,0	4,1	6,8	3,0	6,0
23	3,8	6,6	3,8	7,0	4,0	7,5
24	3,6	6,5	4,0	6,4	3,5	7,0
25	3,5	6,0	4,0	7,0	3,7	7,0

(Continuación)

Nº	BOIZA 63		SAMACA 68		TOTA 63	
	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo
26	3,0	6,4	3,7	6,3	3,3	6,4
27	3,9	7,0	4,0	6,0	3,6	7,0
28	3,3	6,0	3,6	6,8	3,5	7,0
29	3,8	6,6	3,5	6,0	3,9	7,0
30	3,9	6,3	4,0	7,5	3,7	7,4
31	3,4	6,0	3,8	6,5	3,9	7,0
32	3,2	6,3	4,0	6,6	3,4	6,7
33	3,8	6,9	4,0	7,0	3,4	6,0
34	3,4	6,7	4,5	7,5	3,6	6,5
35	3,0	5,8	3,8	6,6	4,0	7,0
36	3,8	6,6	4,0	7,5	3,3	6,5
37	3,7	6,6	4,0	6,0	3,8	6,5
38	3,8	6,4	4,0	6,6	3,0	6,4
39	3,5	6,4	3,7	6,1	3,0	6,0
40	3,9	7,0	4,0	6,9	3,0	6,4
41	3,5	6,4	4,0	7,0	3,0	6,5
42	3,5	6,0	4,7	6,6	3,8	6,5
43	3,9	6,5	4,1	6,9	3,8	6,0
44	3,7	6,7	4,0	7,0	3,0	5,9
45	3,6	6,6	4,0	6,5	3,4	6,5
46	3,6	6,4	4,0	7,4	3,6	6,6
47	3,5	6,0	3,6	7,4	3,3	6,0
48	3,7	6,8	4,3	7,6	3,4	6,0
49	3,4	6,4	4,0	7,0	3,3	6,3
50	3,9	6,6	4,0	7,0	3,5	6,0
				6,9	3,0	6,3
TOTAL	181,31	323,7	196,7	341,1	174,1	330,1
PROMEDIO	3,6	6,47	3,934	6,822	3,82	6,6

TABLA II

DIMENSIONES DE 50 GRANOS DE CEBADA (Hordeum vulgare L.)  
Resultados en mm

No,	VARIEDAD 124		GAIERAS		FUNZA	
	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo
1	3,3	10,8	3,4	9,2	3,6	11,8
2	3,5	10,8	3,3	10,4	3,7	10,9
3	3,5	10,6	3,3	9,3	3,0	10,0
4	3,6	10,3	3,2	9,2	4,0	9,0
5	4,0	11,0	3,8	9,2	3,0	12,3
6	3,6	9,8	3,7	9,0	3,8	9,9
7	3,9	11,3	3,3	9,4	4,0	10,0
8	4,0	11,3	3,9	10,4	4,1	11,7
9	3,8	9,6	3,8	10,7	3,0	10,0
10	3,8	9,5	3,0	9,0	3,6	10,0
11	4,0	10,8	3,0	10,4	3,0	7,4
12	4,0	10,0	3,0	9,4	3,0	9,9
13	4,0	10,5	3,1	10,4	3,5	9,7
14	3,7	10,9	3,8	9,8	3,8	9,8
15	3,8	9,8	3,4	11,3	4,0	9,8
16	4,2	10,6	3,9	10,8	3,5	9,4
17	3,6	10,0	4,0	9,7	3,5	11,5
18	3,6	11,6	3,6	10,4	3,0	10,7
19	4,0	11,0	3,9	11,5	3,3	9,8
20	4,0	11,5	3,4	10,0	3,7	8,4
21	3,7	11,0	3,6	11,0	3,8	11,4
22	3,7	10,0	3,7	9,2	3,6	7,8
23	4,0	10,8	2,9	11,0	4,0	11,0
24	3,6	10,6	3,4	9,6	3,8	11,0
25	3,6	9,5	3,9	9,7	4,0	11,0

TABLA II

(Continuación)

No.	VARIEDAD 124		GALERAS		FUNZA	
	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo
26	3,6	11,5	3,6	9,8	3,5	9,8
27	4,0	11,3	3,7	11,0	3,5	10,7
28	3,5	9,0	3,7	10,6	4,0	9,8
29	4,0	9,5	3,3	9,6	4,0	10,5
30	4,0	9,3	3,5	9,6	3,5	8,8
31	4,3	9,3	3,5	10,0	3,5	9,4
32	3,0	7,4	3,6	10,9	3,2	9,6
33	2,8	7,4	3,6	9,1	3,3	10,4
34	3,4	9,4	3,0	9,0	3,6	9,0
35	3,4	8,6	3,8	10,0	3,6	10,4
36	3,5	9,5	3,4	11,8	3,5	11,4
37	3,6	9,3	3,0	11,8	3,2	7,4
38	3,4	9,0	2,8	11,9	3,4	10,3
39	4,1	10,0	3,6	11,6	3,8	8,5
40	3,9	10,2	3,6	11,0	3,0	10,5
41	3,0	11,0	3,6	11,0	3,8	11,8
42	4,0	11,5	3,6	9,6	3,5	10,5
43	3,3	9,9	3,4	9,0	3,0	11,4
44	4,0	11,0	3,9	8,8	3,0	10,0
45	3,7	11,0	3,8	10,5	4,3	11,0
46	3,8	9,7	3,4	9,8	3,3	9,3
47	3,8	9,8	3,8	9,9	3,4	9,6
48	4,0	9,0	3,6	8,9	3,0	9,4
49	3,7	9,0	4,0	10,7	3,0	9,0
50	3,0	10,5	3,6	10,4	3,0	9,0
			3,7	9,6	3,5	11,0
TOTAL	185,3	506,7	177,2	504,9	175,7	505,7
PROMEDIO	3,706	10,134	3,544	10,098	3,514	10,074

Cálculo típico de velocidad terminal

Trigo - Bonza 63

Peso granos + cuerpo auxiliar = 4,1645  
 = 2,1928  
 Peso granos en aire = 3,8406  
 Peso en el cuerpo auxiliar en agua = 6,0163  
 Peso en el cuerpo auxiliar en aire = 2,1757 cc  
 Volumen del cuerpo auxiliar = 6,0163 - 3,8406 = 2,1757 cc  
 Peso en el aire granos + cuerpo auxiliar = 2,1928 + 6,0163 = 8,2091  
 Volumen de los granos + cuerpo auxiliar = 8,2091 - 4,1645 = 4,0446

Volumen de granos = 4,0446 - 2,1757 = 1,8689  
 Volumen promedio vp = 0,037378 cc  
 W (Unitario de los granos =  $\frac{2,1928}{50} = 0,043856$  gr

$$\gamma_p = \frac{0,043856}{0,037378} = 1,1733 \text{ gr/cc (Peso específico de un grano promedio)}$$

$$\gamma_{\text{aire}} = 13,1 \text{ pie}^3/\text{lb} = 0,07633 \text{ Libras/pie}^3 \times \frac{\text{kgr}}{2,2 \text{ Lbs}}$$

13°C  
70 H.R.

$$\times \frac{1.000 \text{ gr}}{\text{kgr}} \times \frac{\text{pie}^3}{28,317 \text{ cc}} = 0,001227 \text{ gr/cc}$$

$$A = \pi Ab \text{ (Area de la elipse)} \quad a = \frac{3,6}{2} = 1,8 \text{ mm}$$

$$b = \frac{6,47}{2} = 3,235 \text{ mm}$$

$$A = 0,182935 \text{ cm}^2$$

Diámetro promedio:

$$D = \frac{3,6 + 6,47}{2} = 5,035 \text{ mm} = 0,5035 \text{ cm}$$

$\mu$  viscosidad del aire

$$= 115 \times 10^{-7} \frac{\text{lb seg}}{\text{pie}^2} \times \frac{\text{Kgrs}}{2,2 \text{ Lbs}} \times \frac{1000 \text{ gr}}{\text{Kgr}} \times \frac{\text{Pie}^2}{929 \text{ cm}^2} =$$

$$= 563 \times 10^{-8} \frac{\text{gr-seg}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Cre}^2 = \frac{2g \text{ WD}^2 \gamma (\gamma_p - \gamma)}{\mu^2 A \gamma_p}$$

$$= \frac{2(98)(122)(43,856)(503)^2(1,17)(10^{-12})}{(563)^2(182,9)(1,17)(10^{-16})} = 754 \times 10^8$$

$$= 754 \times 10^8 \times 0,06 = 45,24 \times 10^8$$

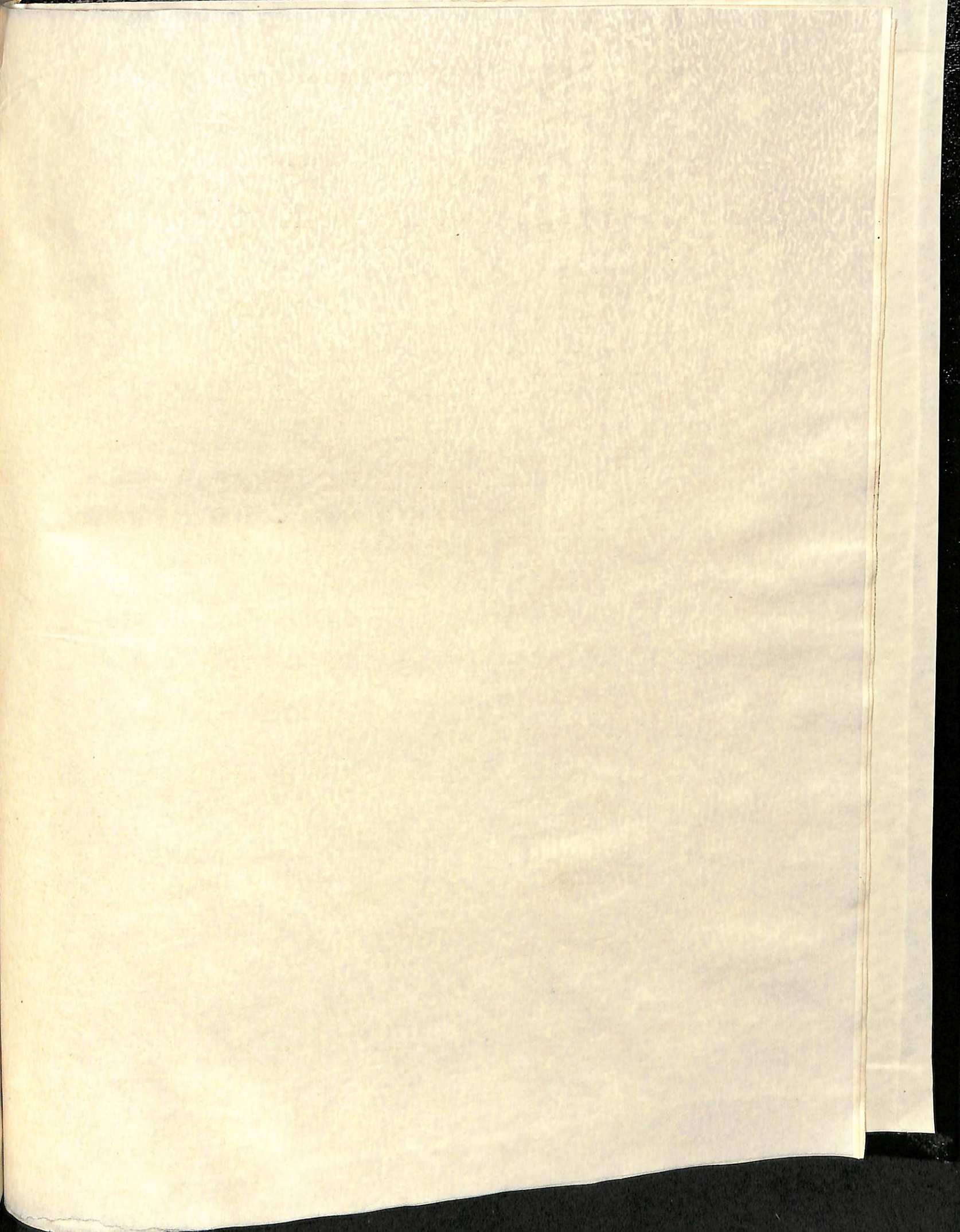
$$C = 0,38$$

$$v = \sqrt{\frac{2g W (\gamma_g - \gamma)}{C A \gamma_p \gamma}} = \sqrt{\frac{2(98)(43,856)(1,17)(10^{-4})}{0,38 (18 \times 3) (122) (10^{-7})}}$$

$$= \sqrt{\frac{2(98)(43,856)(1,17)(10^8)}{(38)(183)(122)}} = \sqrt{\frac{2(98)}{122} \times 10^4}$$

$$\sqrt{\frac{43,856(1,17)}{(38)(183)91,17}} = 1,267 \sqrt{499,291} = 1,267 \times 707 = 896 \text{ cm/seg}$$

$$= 8,96 \text{ Mt/seg (Velocidad terminal)}$$



1.6866. 1

**Universidad de Nariño**  
BIBLIOTECA  
ALBERTO QUIJANO GUERRERO