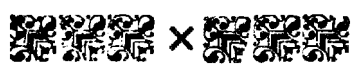


T
626.815
50R
C.2



Escuela Superior Politécnica del Litoral
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción



**“Diseño de una Máquina Prototipo
para Picar Caña Guadua”**



TESIS DE GRADO

Previa a la Obtención del Título de:
INGENIERO MECANICO

Presentada por:
Manuel Hernando Gordon Tapia



Guayaquil - Ecuador
Año - 2000



D-20389

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a las siguientes personas y fundación que hicieron posible la realización de esta tesis; de manera especial la valiosa colaboración prestada por el Ing. Edmundo Villacís director de tesis.

Fundación Hogar de Cristo

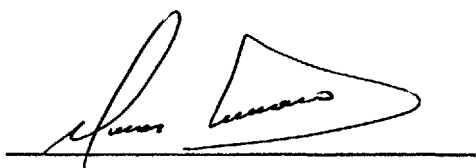
Víctor Hugo Hernández

DEDICATORIA

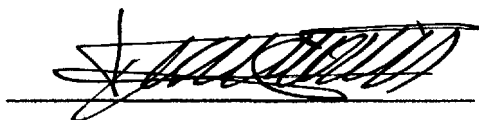
A mis padres, quienes hicieron
que todo fuera posible.

A mis hermanos, de quienes
recibí siempre paciencia y
apoyo inagotables.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Omar Serrano', written over a horizontal line.

Ing. OMAR SERRANO V.
DELEGADO DEL DECANO

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Edmundo Villacis', written over a horizontal line.

Ing. EDMUNDO VILLACIS M.
DIRECTOR DE TESIS

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ernesto Martinez', written over a horizontal line.

Ing. ERNESTO MARTINEZ L.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de graduación de la ESPOL).


MANUEL GORDON TAPIA

RESUMEN

Debido a que el problema de las viviendas en el Ecuador es crítico y tiende a agudizarse, debe ser atendido de una manera técnica, práctica y objetiva. En nuestro país existen las materias primas necesarias para poder investigar en alternativas de solución al problema habitacional. Entre ellas el recurso caña guadua que debe ser aprovechado al máximo por ser un recurso natural renovable, por su bajo costo, es abundante, su rápido crecimiento, su alta relación resistencia/peso, su característica sismorresistente, considerado como especie forestal porque es un sustituto de la madera, especialmente en la construcción de viviendas.

En esta tesis se diseñará una máquina prototipo, que a la caña guadua la abra, le corte los nudos y la aplane con el fin de hacer paredes para la fabricación de casas. El proceso de abrir y extender la caña en nuestro medio se le conoce como "Picar caña", de ahí el nombre de esta tesis: Diseño de una máquina prototipo para picar caña guadua.

Primero hay que realizar unas pruebas en el laboratorio de Mecánica de Sólidos con la caña, para determinar las fuerzas necesarias para la elaboración de la tesis.

En el desarrollo de esta tesis se presentará una descripción de la caña guadua, sus características como material de construcción, luego se presentarán varias alternativas de solución, se hará una descripción de cada una de ellas, para luego pasar a escoger el sistema óptimo.

Posteriormente se realizará el diseño de todas las partes constitutivas de la máquina, así como el diseño de su estructura, para luego realizar un análisis económico detallado de los componentes constitutivos de la máquina, para finalizar con una versión sucinta del contenido general de la tesis, extractada en las conclusiones y recomendaciones.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE PLANOS.....	X
INTRODUCCIÓN.....	1
I. FACTIBILIDAD DEL PROYECTO.....	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Información sobre la Caña Guadua.....	6
1.3. Definición del Problema.....	20
1.4. Objetivos.....	22
II. ANÁLISIS TECNOLÓGICO DE DIFERENTES ALTERNATIVAS.....	23
2.1. Procedimiento Manual.....	23
2.2. Picacaña con Sistema Leva-hacha.....	26

2.3.	Picacaña con Sistema de 4 Eslabones.....	27
2.4.	Picacaña con Sistema de Rodillos.....	29
2.5.	Selección del Sistema Óptimo.....	31
III.	INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	36
3.1.	Diseño del Sistema de Transmisión de Potencia de los Rodillos Alimentadores.....	36
3.1.1.	Cálculo de la Potencia Necesaria.....	36
3.1.2.	Selección del Motor-reductor.....	39
3.1.3.	Diseño de los Rodillos.....	40
3.2.	Diseño del Sistema de Corte.....	57
3.2.1.	Diseño del Porta Cuchilla.....	57
3.2.2.	Diseño de la Cuchilla.....	63
3.2.3.	Diseño de la Guía de la Caña.....	67
3.3.	Diseño del Sistema de Transmisión de Potencia de los Rodillos Aplanadores.....	68
3.3.1.	Cálculo de la Potencia Necesaria.....	68
3.3.2.	Selección del Motor-reductor.....	69
3.3.3.	Diseño de los Rodillos Aplanadores.....	70
3.3.4.	Selección del Sistema de Transmisión.....	75
3.4.	Diseño de la Estructura de la Máquina.....	78

IV. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	91
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	95

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

A	Area
cm	Centímetro
d	Distancia
D_i	Diámetro interior
D_o	Diámetro exterior
F	Fuerza
G	Módulo de rigidez
H	Potencia
ha	Hectárea
J	Momento polar de inercia del área transversal
kg	Kilogramo
M	Mega
m	Metro
mm	Milímetro
N	Newton
n	Factor de seguridad
Pa	Pascal
r	Radio
rad	Radian
rpm	Revoluciones por minuto
T	Torque
s	segundo

SIMBOLOGÍA

ω	Velocidad angular
μ_k	Coefficiente de fricción dinámica
σ	Esfuerzo normal
σ_a	Amplitud de esfuerzo
$\sigma_{\text{máx}}$	Esfuerzo máximo
σ_m	Esfuerzo a medio intervalo
$\sigma_{\text{mín}}$	Esfuerzo mínimo
σ_{perm}	Esfuerzo permisible
τ	Esfuerzo cortante
k_a	Factor de superficie
k_b	Factor de tamaño
k_c	Factor de carga
k_d	Factor de temperatura
k_e	Factor de efectos diversos
S_e	Límite de resistencia a la fatiga del elemento mecánico
S'_e	Límite de resistencia a la fatiga de la muestra de viga rotatoria
S_{ut}	Resistencia a la tensión mínima

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.1	Caña Guadua Verde y Caña Guadua Seca.....	6
Figura 1.2	Canuto de Caña Guadua	10
Figura 1.3	Constitución de la Caña Guadua.....	16
Figura 2.1	Procedimiento Manual de Picar Caña Guadua.....	24
Figura 2.2	Máquina para Picar Caña con Sistema Leva-hacha.....	26
Figura 2.3	Máquina para Picar Caña con Sistema de Cuatro Eslabones.....	28
Figura 2.4	Máquina para Picar Caña con Sistema de Rodillos.....	30
Figura 3.1	Motor reductor.....	39
Figura 3.2	Diagrama de Momento del Rodillo Alimentador.....	45
Figura 3.3	Fuerza Actuando Sobre el Identador.....	52
Figura 3.4	Dimensiones para el cálculo de la soldadura.....	54
Figura 3.5	Chaveta.....	56
Figura 3.6	Sistema de Corte.....	58
Figura 3.7	Dimensiones para el Cálculo de la Soldadura.....	60
Figura 3.8	Cuchilla.....	64
Figura 3.9	Pasador.....	66
Figura 3.10	Diagrama de Momento del Rodillo Aplanador.....	71
Figura 3.11	Placa Soporte de los Rodillos Alimentadores.....	81
Figura 3.12	Cojinete.....	84
Figura 3.13	Sistema de Cepillado.....	86
Figura 3.14	Columna Soporte de la Plataforma.....	87
Figura 3.15	Cálculo de la Soldadura de la Columna.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla I	Matriz de decisión 34
Tabla II	Factor de acabado de superficies 43
Tabla III	Factor de tamaño 43
Tabla IV	Factor de Carga..... 43

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 01	Placa Soporte de los Rodillos Alimentadores
Plano 02	Rodillo Alimentador Inferior
Plano 03	Rodillo Alimentador Superior
Plano 04	Identador de los Rodillos Alimentadores
Plano 05	Guía de la Caña
Plano 06	Cuchilla
Plano 07	Porta Cuchilla
Plano 08	Rodillo Guía
Plano 09	Rodillo Aplanador
Plano 10	Rodillo Identador
Plano 11	Identador del Rodillo Aplanador
Plano 12	Placa Soporte de los Rodillos Aplanadores
Plano 13	Sistema de Cepillado de los Nudos
Plano 14	Plataforma de los Rodillos Aplanadores
Plano 15	Bocines de los Rodillos
Plano 16	Pasador
Plano 17	Estructura de la Máquina
Plano 18	Subconjunto: Sistema de Alimentación
Plano 19	Subconjunto: Sistema de Corte
Plano 20	Subconjunto: Sistema de Rodillos Aplanadores
Plano 21	Plano de Construcción
Plano 22	Conjunto

INTRODUCCIÓN

Circunstancias de orden social, político, económico, o de desarrollo tecnológico, son determinantes en la elección de un cierto método o proceso que tenga por objetivo el satisfacer una necesidad, tal situación es evidente en las fundaciones dedicadas a la construcción de casas con caña, como es el caso de la fundación Hogar de Cristo. Esta fundación tiene la materia prima, sin embargo, tienen que comprar la caña picada lo cual incrementa los costos, por no disponer de la tecnología. Todos los procesos se hacen manualmente, lo cual imposibilita brindar un buen servicio. Esta fundación antes picaba la caña, pero no era rentable para ellos ya que lo hacían manualmente perdiendo tiempo, y cada hombre picaba un promedio de 60 cañas diarias lo cual implica baja productividad.

Todos los días se acercan más de 100 personas a solicitar una casa de caña, y esta fundación no puede cumplir esta demanda, solo se hacen un promedio de 60 casas diarias; a fin de solventar esta deficiencia, que cabe indicar no se ha investigado con anterioridad, se necesitan dos máquinas las cuales serán el eje de la fabricación de las casas; una máquina para hacer latillas y una máquina para picar caña guadua, esta última es la que se desarrollará en esta tesis.

Para la elaboración de esta tesis es necesario saber lo más que se pueda acerca de la caña guadua, por lo tanto es indispensable hacer pruebas en un laboratorio, en libros están los esfuerzos de compresión, tensión y flexión, pero esto no es suficiente. Es menester saber cuál es la fuerza que la corta, la fuerza que la pica, la fuerza que la aplana, la fuerza con la cual se corta los nudos.

Una vez determinadas estas fuerzas, el paso que sigue es el de seleccionar el sistema óptimo, y sobre la base de este sistema diseñar todas las partes constitutivas de la máquina, así como su estructura, seleccionar los motores y los mecanismos de transmisión.

CAPÍTULO 1

1. FACTIBILIDAD DEL PROYECTO

Los tableros de esterilla de caña picada tienen una gran diversidad de aplicaciones en la vivienda rural y urbana en la construcción de pisos, paredes de bahareque, paredes tejidas, cielorosos, como soporte de la teja de barro y como base para la aplicación de morteros o pañetes. En construcciones de concreto se emplea en cimbras, formaletas o en cajones o casetones que se involucran en la construcción de losas de concreto para aligerarlas y disminuir su costo.

1.1. Antecedentes.

El problema de la sobrepoblación urbana crea día a día un déficit de vivienda, obligando a la sociedad a buscar nuevas soluciones que se adapten a las necesidades socioeconómicas de las clases menos privilegiadas. Para evitar la mala solución de los tugurios,

es conveniente pensar en una vivienda estética al menor costo posible.

Entre los factores que elevan el costo de la vivienda se encuentran los elevados precios de la tierra y de los materiales de construcción, el primero de estos factores podría ser subsanado con la construcción de viviendas multifamiliares, en cuanto al segundo factor sería conveniente pensar en substituir los materiales más costosos.

Se ha pensado en realizar un estudio de la factibilidad de reforzar las estructuras con Guadua, al menos parcialmente. Se escogió como material sustituto la Guadua por sus propiedades mecánicas, bajo costo, abundancia en el país y su manejabilidad.

Hace algunos años que la fundación Hogar de Cristo comenzó a fabricar casas de caña guadua para la gente pobre. En esos tiempos la demanda era baja, ellos compraban la caña y ahí mismo la procesaban, todo lo hacían manualmente, tenían hombres que picaban la caña, otros que hacían latillas, y más trabajadores que armaban las paredes. El tiempo fue pasando y la demanda fue creciendo. Ya que el proceso manual tomaba

mucho tiempo, decidieron comprar la caña picada y las latillas. Como esta fundación es sin ánimo de lucro, al comprar la caña picada se incrementaron los costos, y se elevó el precio de las casas.

Como esta solución habitacional es para gente muy pobre, decidieron bajar los costos de dos maneras: la primera sembrando su propia caña guadua, y la segunda picar ellos mismos la caña guadua pero esta vez usando tecnología, es decir, mediante máquinas.

La fundación Hogar de Cristo se puso en contacto con la Espol, y se logró un convenio, es ahí donde entro a participar en el proyecto, haciéndome cargo del diseño de la máquina.

En la China como en las Filipinas hay máquinas que procesan la caña para la elaboración de pisos, paredes; en esos países primero se la revienta, luego se la abre, posteriormente se la pasa por unos rodillos para aplanarla; pero nunca la pican. Para cada proceso hay una máquina, una la corta, una la revienta y la abre, una la aplanar, otra máquina le corta los nudos, y la última la cepilla. Aquí en el Ecuador en cambio no se cepilla la caña.

1.2 Información Sobre la Caña Guadua.

Desde los comienzos de la Humanidad el hombre usa las cañas para todo tipo de usos. Desde elementos de caza y pesca, instrumentos musicales y todo tipo de utensilios, pasando por el arte, la decoración, la alimentación, la jardinería; y tal vez el futuro le depare su utilización masiva como fuente de energía y reemplazo de madera de árboles, siendo un material fácilmente renovable. Ya hoy día existen grandes proyectos que involucran al bambú en este sentido. Desde tiempos atrás a un grupo de

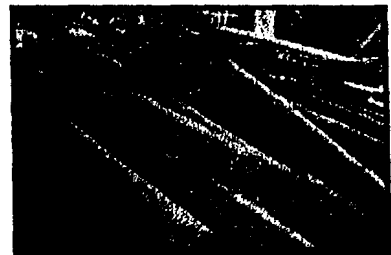


Fig. 1.1 Caña guadua verde y caña guadua seca

personas trabajan extendiendo las aplicaciones de este material para todo tipo de objetos. Para ello, el estudio de las variedades locales y extranjeras resulta imprescindible, en combinación con la investigación de tratamientos y curados que van desde milenarios métodos orientales a acabados modernos. Para la mayoría, todas las cañas son iguales. Existen 1200 variedades de bambú en el

mundo (cifra que varía según los autores), de las cuales solo algunas son útiles para la confección de artesanías. Los bambúes son gramíneas con períodos muy largos de floración (20 a 150 años). Esto complica su identificación, ya que la flor es imprescindible para ello y hace que las semillas sean muy escasas, por lo que se las suele reproducir por división de matas.

Observándolas con ojos de especialista, los materiales que nos ofrecen las distintas variedades de bambú son muy diferentes, variando en resistencia, durabilidad, flexibilidad, etc. También la edad, época de corte y tratamiento tienen una influencia decisiva en las características del material

Hicimos este muestrario de bambúes para mostrar someramente su riqueza y diversidad. Reúne las cañas más comunes de la zona del Delta del Paraná, de donde se tomo sus nombres vulgares, y otras zonas del mundo. También agregamos los nombres vulgares japoneses.

BAMBUSACEAS

Phyllostachis aurea, Tacuarita- Tacuara- Gasan chiku

Este de China Ø 10 a 70 mm

Phyllostachis nigra, Caña negra- Kuro chiku

Taiwan, China Ø 10 a 60 mm

Phyllostachis bambusoides. Caña de la India - Madake

China e India Ø 40 a 130mm

Phyllostachis heterocycla pubescens. Moso

China Ø 60 a 150 mm

Bambusa vulgaris. Bambú gigante

Japón Ø 40 a 120 mm

Bambusa tuldoides. Bambú- Take

China Ø 20 a 60 mm

Bambusa vulgaris vitatta. Bambú amarillo

Sur de China Ø 40 a 120 mm

Arundinaria amabilis. Caña japonesa- Tonkin

China, Japón Ø 10 a 35 mm

Arundinaria japonica

Japón Ø 5 a 20 mm

Chusquea culeou. Colihue

Sur de Argentina y Chile Ø 10 a 35 mm

Guadua angustifolia. Tacuaruzú o Tacuara guazú

América tropical Ø 60 a 180 mm

Pleioblastus fortunei Shima dake - Chigo sasa

Japón Ø 7 a 20 mm

Bambusa Sp. Bambú largo

Ø 15 a 40 mm Gen. Sp.

Totora, Caña boliviana o Chuki

Bolivia, lago Titicaca. Ø 7 a 25 mm

NO BAMBUSACEAS:

Arundo donax. Caña de Castilla, de vía o caña veral

Europa Ø 15 a 35 mm

Saccharum officinarum. Caña de azúcar

India, China

Según estudios botánicos el genero Bambú determina aproximadamente 1200 especies, y es menester para enmarcar el presente trabajo que la especie que se da en nuestro país especialmente en el litoral es la Guadua, primitivamente llamada "Guadúa", recibe diferentes nombres según la región donde se cultive; En Colombia, Venezuela y Ecuador se le conoce por Guadua, por "Varipa" en el amazonas, "Tacuacá" es su nombre en Argentina; "Taboca" en el Brasil y "Quile" en Chile.

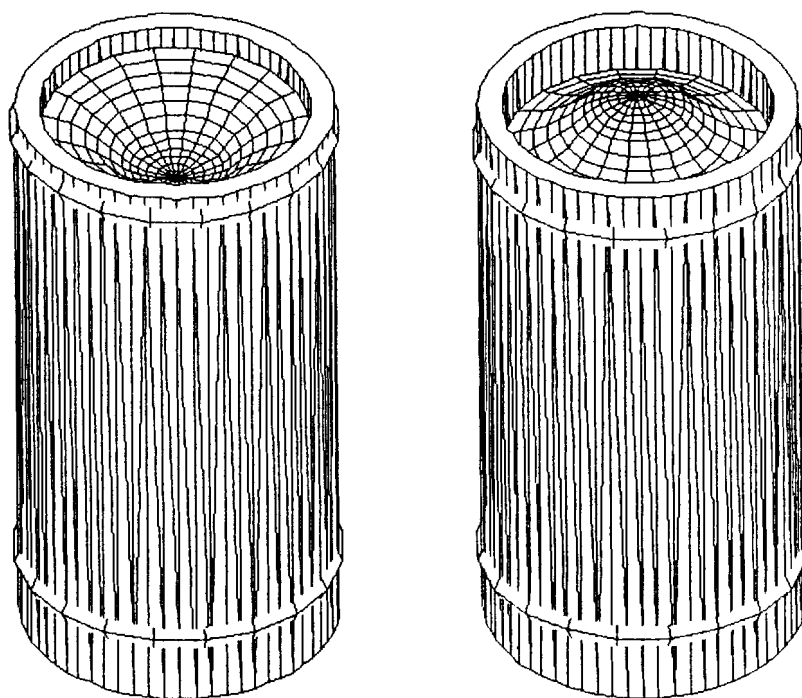


Fig.1.2 Canuto de Caña Guadua.

En la actualidad esta especie a nivel latinoamericano tiene un trato preferencial por los innumerables usos dados por los que se seguirán incorporando; en el apéndice B están los usos mas comunes en orden alfabético; pues, además de su uso ancestral en la construcción, los cogollos de bambú de 20 o 30 días de edad se utilizan como alimento humano, las cañas que tengan entre 6 meses y un año de edad se las esta empleando abundantemente en la elaboración de canastos, muebles, artesanías, esteras y otros tipos de tejidos. Entre 2 y 3 años, se utilizan en la elaboración de tableros de esterilla, latas y cables hechos con cintas de bambú. Las cañas sazonadas o sean aquellas que tienen 3 ó más años, se emplean en la construcción de todo tipo de estructuras y en fabricación de pulpa y papel; por su riqueza en carbohidratos y minerales para la elaboración del alcohol etílico y almidón. Entre 4 y 8 años, se emplean en la elaboración de productos que van a ser sometidos a desgaste, por ejemplo baldosas para pisos. El gran contenido de sílice que posee esta planta, sobre todo en la parte de la periferie del tallo, permite que se pueda construir instrumentos tan duros como cuchillos y estiletes como los usados en la India. De aquí la explicación a cerca de la ausencia de material lítico y metálico en la confección de armas contrapunzantes de nuestras culturas.

Ultimamente y en forma experimental para estructuras de poco riesgo se le está empleando como sustituto del hierro en el hormigón armado, debido a sus propiedades físicas de gran resistencia.

Desde el punto de vista ecológico, los guaduales son importantes para el control de la erosión y la preservación de las fuentes de agua, merced de su estructura radicular, basado principalmente en sus rizomas que impiden que actúen los agentes erosivos.

En el litoral Ecuatoriano, según un inventario realizado por el Programa Nacional Forestal, existen 14 619 ha de caña guadua con un número aproximado de 27 millones de plantas; de las cuales pueden explotarse anualmente 4.5 millones de unidades, cantidad suficiente para satisfacer las demandas actuales. Los guaduales inventariados son guaduales naturales, los que se han formado sin la intervención del hombre. Son raros los casos de plantaciones de caña guadua artificiales.

Según el mismo inventario en Manabí existen 4 014 ha de las accesibles que se supone es un área considerable.

Según la clasificación hecha por Humbolt, la *Guadua* gramínea "*Juss Guadua Kunth*" pertenece a la familia de las gramíneas tribu de las bambuseas y crece en todos los continentes con excepción de Europa. En América existen ciento cincuenta de las mil doscientas especies descritas.

El género Americano *Guadua* comprende cerca de 20 especies. En Ecuador solo existen las especies "*Guadua Angustifolia*" y "*Guadua Latifolia*", más conocida como "caña brava", "caña mansa" según el aspecto y las localidades, y en Botánica económica, simplemente como Bambú o Gramínea gigante. Este Bambú es espontáneo y abundante en el Trópico Ecuatoriano tanto en región oriental como en la occidental.

En esta última, la distribución se extiende desde la frontera Colombiana al norte hasta la provincia de El Oro al sur y altitudinalmente desde el nivel del mar a los 900 y 1000 metros. En la región Oriental el límite altitudinal de la *Guadua* alcanza hasta 1500 m al nivel del mar

La *Guadua*, es una de las pocas especies de la selva tropical que viven formando asociaciones naturales o "manchas" fácilmente

reconocidas desde el aire por la coloración verde-clara de sus cañas plumosas entre la masa verde de la selva. La sección más rica en guaduales en el Ecuador es la región Occidental y de ésta principalmente al noroccidente desde la Cuenca Santiago-Cayapas hasta Manabí y Guayas, de tal manera que se podrían planear una explotación ininterrumpida en el futuro; pero cambiando con la propagación artificial para obtener constantemente la materia prima necesaria para futuras industrias como por ejemplo para la fabricación del papel, y de tableros prensados, que sustituyan a los tableros de madera.

La propagación de la guadua es muy fácil por el sistema vegetativo. Por medio de rizomas crece rápidamente y se extiende por doquiera; se puede aprovechar desde el segundo año de la plantación y una vez iniciada la propagación artificial la producción no se interrumpe, por que cada año van formándose nuevas cañas o retoños. De una sola planta original llegan a formarse alrededor de hasta 120 retoños y que se transforman en otras tantas cañas. Alcanzan hasta 27 m de altura y 10 a 18 cm de diámetro, con un espesor de las paredes de 1 a 2 cm de largo y los nudos son regulares y horizontales.

El Bambú es hueco porque en su centro existen células parenquimáticas de paredes delgadas que pronto desaparecen y originan la cavidad interior. No hay haces vasculares pero sí fibras liberianas que dan dureza y protegen los tejidos delicados del floema, compuestos por tejidos de tubos y células acompañantes y son esos tejidos tubulares los encargados de transportar los alimentos hacia abajo.

Hacia el centro y debajo del floema está el xilema, compuesto también por vasos que llevan hacia arriba el agua y los materiales minerales. Como se dijo anteriormente no hay cambios entre los haces del xilema y el floema lo cual explica porque los troncos no siguen incrementado su diámetro. Cerca de la epidermis hay haces de fibra de liber subepidérmica que son las que le dan al bambú sus características de resistencia y elasticidad. Los haces fibrovasculares se extienden hacia abajo hasta las raíces y hacia arriba hasta los brotes.

Las hojas crecen a partir de los nudos como se observa en la figura 1.3, pero justo en ese punto algunos de los haces se ramifican dando origen a dos brotes de los cuales el uno continúa como tronco y el otro se dirige hacia las hojas. Esta ramificación y

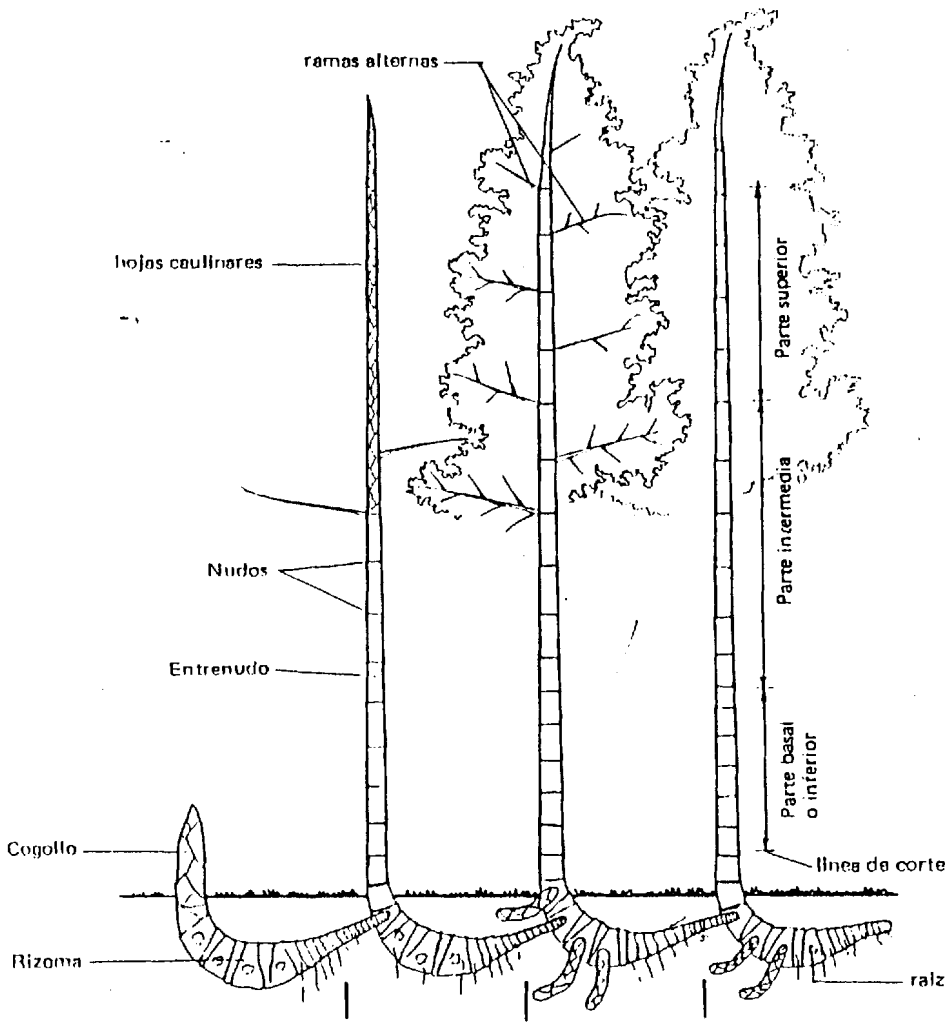


Fig. 1.3 Constitución de la Caña Guadua.

posterior reunión de los haces dan origen al nudo encima del cual se encuentran la mayor proporción de tejido merismático, para el incremento de longitud de la planta. Por eso la parte superior de los nudos es más débil en la mayoría de los casos.

En lo que respecta a las propiedades mecánicas el bambú tiene un bajo módulo de elasticidad respecto a la flexión, por lo cual su rigidez es baja.

El valor del módulo elástico no se incrementa con la edad, y el valor más probable es de 140 000 kg/cm².

El valor máximo aceptable para la resistencia a la tensión es 1200 kg/cm².

La guadua como es un material liviano, de extraordinarias cualidades para la construcción, fácil de trabajar con herramientas elementales, por su bajo peso se hace transportable, por la configuración del tronco fibroso y hueco, es de corte fácil para ser reducido a varillas o latillas y al existir en grandes cantidades, en nuestro medio se ha convertido en una solución para la construcción de viviendas para gente muy pobre.

Para cortar el bambú se utiliza un machete o una sierra. El corte debe hacerse en lo posible a ras y por encima del primero o segundo nudo localizado sobre el nivel del suelo. Para hacerlo más duradero y menos propenso al ataque de insectos y hongos, el bambú después de cortado, debe someterse ya sea a un tratamiento de curado, que tiene como fin reducir o descomponer el contenido de almidón, o a un tratamiento con preservativos químicos contra los insectos y hongos. Existen varias formas de hacer el curado como son: en la mata, por inmersión en agua, al calor y al humo.

Las fuerzas sísmicas que a de soportar un edificio son proporcionales a su peso y son predominantemente horizontales. Cuanto más pesado sea un edificio más probable es que sufra daños durante un terremoto. La caña posee una elevada relación resistencia/peso.

La experiencia en diferentes zonas sísmicas del mundo ha puesto de manifiesto que una casa construida de bambú, con ligaduras adecuadas de sus elementos es sismorresistente. En este aspecto el bambú es algo superior a la madera. Tiene capacidad para absorber más energía y admite una flexión mayor antes que se produzca la rotura. Por consiguiente, una estructura de bambú

se adapta fácilmente a las vibraciones y contorciones del terreno durante un terremoto y no se rompe fácilmente. Incluso si llega a producirse el derrumbamiento, no son elevadas las pérdidas de vidas y pérdidas materiales debido al escaso peso de la estructura.

En las estructuras de bambú deberán adoptarse detalles de construcción en las juntas de los elementos de la armadura y en los paneles murales de modo que la estructura en su totalidad se comporte como una sola unidad frente a las fuerzas sísmicas. Son adecuados para las zonas sísmicas, por ser ligeros y flexibles, los tableros de bambú, los muros de bambú trenzado, con o sin revoque, y los muros de placas de caña.

En Colombia, la experiencia ha demostrado que resiste a los terremotos la construcción de muros de bajaraque, más maciza que la de cañizo enfoscado, pero menos que la de tierra apisonada o de adobes. El cielo raso habrá de quedar también rígidamente a la cubierta. En el cielo raso deberá evitarse la aplicación de yeso o revoque o aplicarlo con un espesor mínimo. Los materiales ligeros de cubierta son también ventajosos para reducir la fuerza de inercia en la cima del edificio. A este respecto

dan resultados satisfactorios como techado las tejas de bambú, las ripias y la paja de bambú.

1.3. Definición del Problema.

La formulación del problema en su forma más amplia y sin detalles es que se desea picar caña guadua para la elaboración de paredes para las casas de los sin techo.

Para el análisis del problema hay que basarse en una considerable cantidad de deliberaciones, investigaciones y consultas, especialmente con los trabajadores de la fundación Hogar de Cristo y expertos de la caña, quienes están en estrecho contacto con la elaboración de construcciones de caña.

En todo problema hay un estado inicial de cosas; llamémoslo "estado A". Asimismo, hay otro estado que quien trata de resolver el problema busca como alcanzar; designémoslo "estado B". Estos estados A y B pueden llamarse "entrada" y "salida".

Entrada: Caña Guadua

Variables de entrada	Limitaciones de entrada
Largo	No mayor de 2,5 m
Diámetro	No mayor de 15 cm
Tipo	Angustifolia
Edad	Entre 2 y 3 años
Sección	Basal e intermedia
Preproceso	Ninguno
Curvatura	Ninguna

Salida: Caña picada

Variables de salida	Limitaciones de salida
Velocidad de avance	No menor de 0.15 m/s
Altura de los nudos	No mayor de 1 cm
Separación de incisiones	1 a 3 cm

1.4. Objetivos.

El objetivo principal de esta tesis de grado es el de diseñar una máquina para picar caña y, por ende resolver el problema de la baja productividad que presenta la picada de la caña manualmente.

El de hacer conocer el recurso caña guadua como un recurso abundante, de rápido crecimiento, de bajo costo, que es un recurso natural renovable, considerado como especie forestal porque es un sustituto de la madera, especialmente en la construcción de viviendas.

Poner en práctica todo lo aprendido a través de los años en la Espol. En épocas anteriores el desarrollo tecnológico, por razones obvias fue considerablemente menor que en la actualidad. El nivel científico de algunas ciencias auxiliares en ese tiempo, no permitía satisfacer ciertos requerimientos específicos concernientes al funcionamiento de las máquinas, pero con el transcurso del tiempo, debido al continuo avance tecnológico, tales demandas van siendo satisfechas progresivamente, gracias a que la ciencia tienen especialización en cada tema.

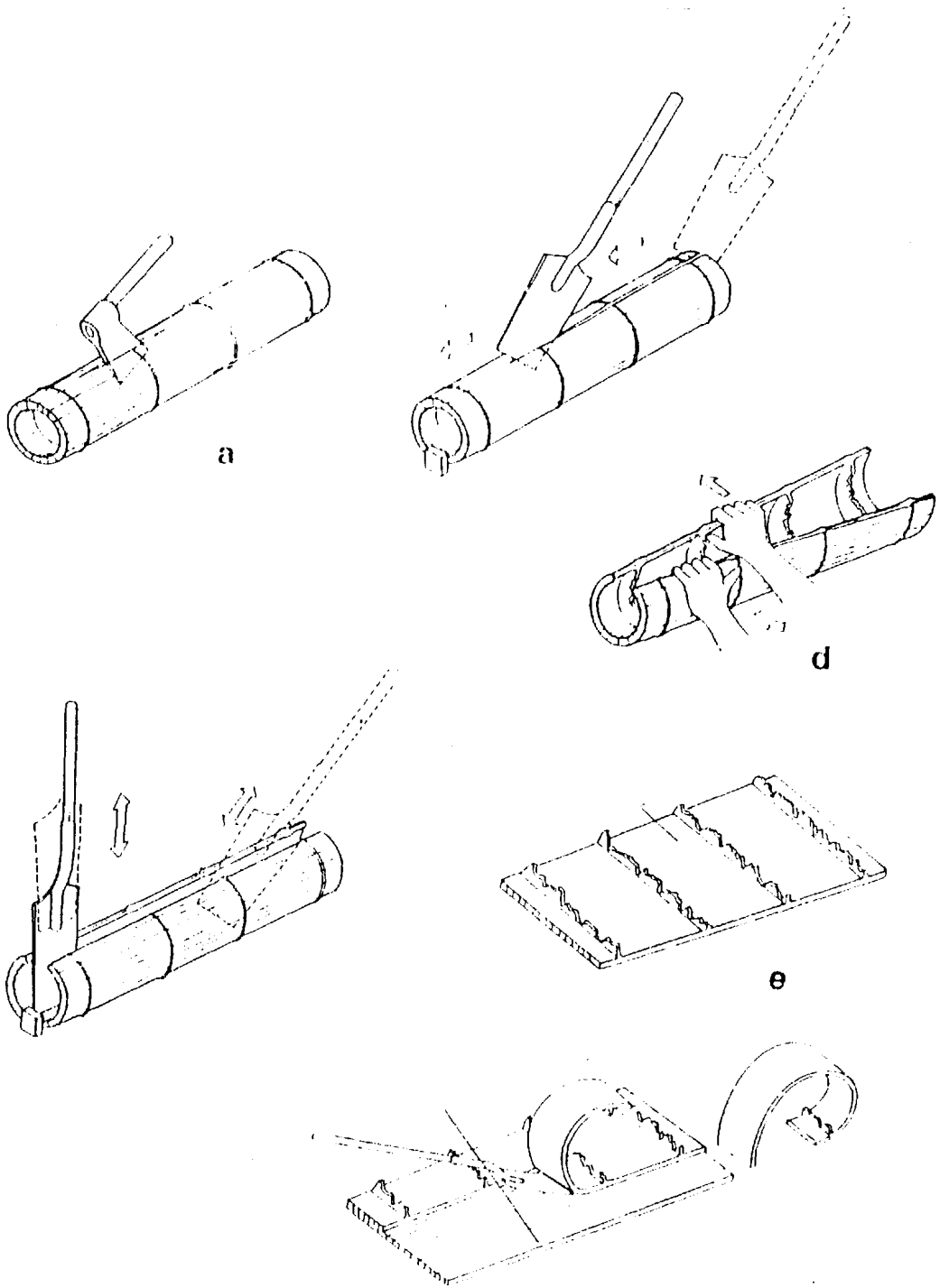


Fig. 2.1 Procedimiento Manual de Picar Caña Guadua.

haciendo girar a la caña, y se va avanzando hasta terminar. Aquí la caña ha perdido toda su resistencia, a tal punto que si se la pisa se deforma con mucha facilidad.

El siguiente paso se lo realiza con una pala y es el proceso de abrirla longitudinalmente siguiendo una sola línea de corte, rompiendo al mismo tiempo los tabiques interiores; cuando la caña esta verde, es muy fácil, no así cuando esta seca.

De ahí se pasa a extender la caña con las manos como se ve en la figura 2.1 o parándose sobre sus bordes a la vez que se camina sobre ellos. Una vez aplanada se pasa al último proceso que es el de cortarles los nudos, para esto ponen la caña en una plataforma, la flexionan un poco para que sobresalgan los nudos y los cortan con un machete.

Una vez aplanada se remueve la parte interior o más blanda, para evitar que sea atacada por los insectos. Aquí la caña queda como una alfombra compuesta de cientos de latillas que están unidas entre si. Quedando la caña lista para forrar los paneles estructurales de madera, fijándola a la madera por medio de clavos.

2.2. Pica Caña con Sistema Leva-hacha

Teniendo en cuenta el sistema anterior el mayor tiempo que se toma en el proceso de picar caña es justamente picarla con el hacha, ya que el cortarla, aplanarla y cortarle los nudos no toma tanto tiempo, convirtiéndose este en el proceso fundamental.

Tomando en cuenta lo anterior se crea una alternativa muy práctica que es capaz de resolver este problema.

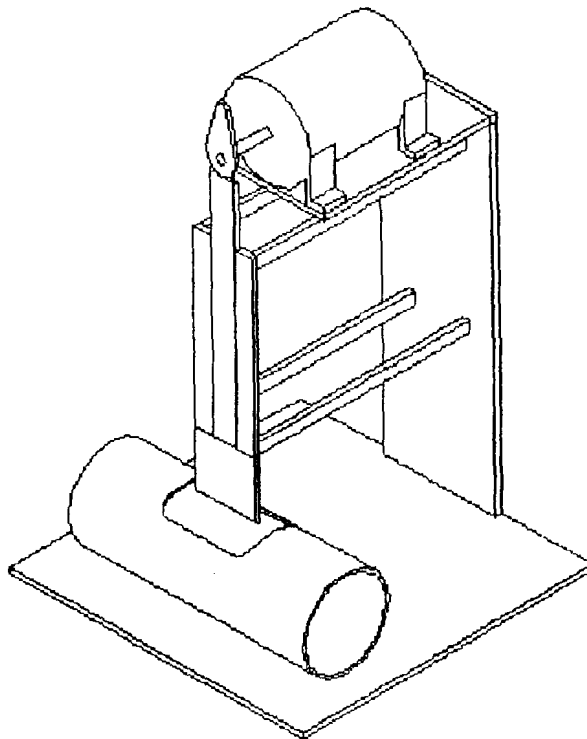


Fig. 2.2 Pica Caña con Sistema Leva-hacha

Un motor hace girar una leva, la cual transforma el movimiento rotacional en un movimiento alternativo. Esta leva hace mover el hacha, la cual se desliza por respectiva guía; la que esta unida a la estructura de la máquina.

El operario debe encender el motor para que el hacha comience a moverse. Este coge la caña y la introduce en la guía de la caña, que es un tubo que esta sujeto a la estructura de la máquina. Esta guía también servirá para que cuando el hacha penetre la caña esta no se quede pegada sino que la caña queda atrapada en este tubo.

Luego el operario debe ir introduciendo la caña e irle dando vueltas, a medida que el hacha va picando la caña.

La guía debe ser diseñada de tal forma que aguante parte del peso de la caña, para que el operador no se canse mucho.

2.3. Picacaña con Sistema de 4 Eslabones

Esta máquina estaría constituida de tres sistemas: un mecanismo de cuatro eslabones que son los encargados de empujar la caña hacia la cuchilla, el sistema de corte, y un mecanismo de 4 eslabones que serian los encargados de aplanar y picar la caña.

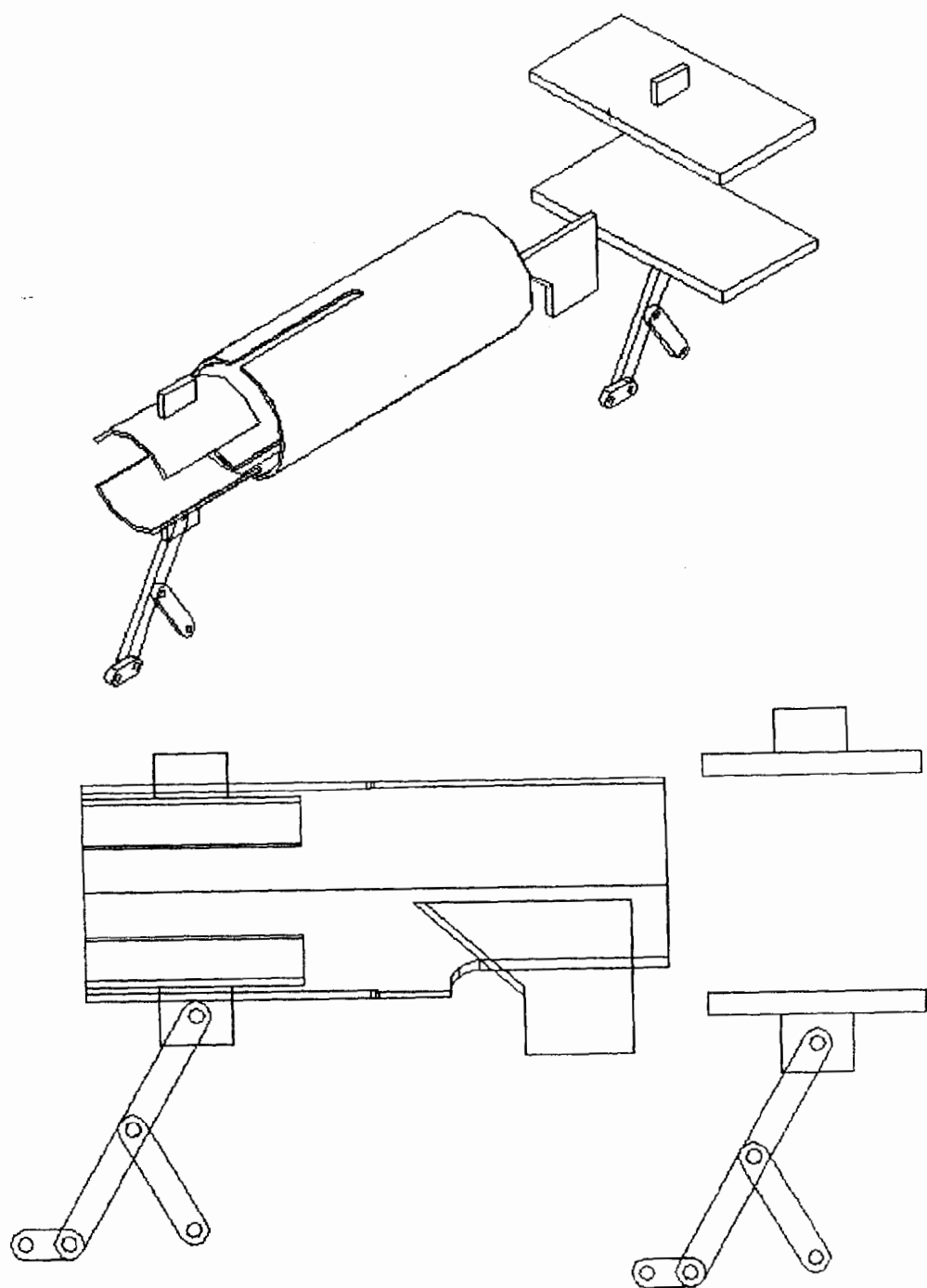


Fig. 2.3 Pica Caña con Sistema de 4 Eslabones

El primer mecanismo de cuatro eslabones se diseñará sobre la base de las curvas de seguidor, el eslabón de acople es el que seguirá la trayectoria, y por ende el que realizara el trabajo; al moverse la manivela hará que se mueva el seguidor, arrancará desde el reposo y una vez que va avanzando, también irá subiendo y agarrando la caña ya que la aprisiona con la mordaza que esta en la parte superior. La mordaza superior tiene una guía que es una abertura en la guía de la caña. El sistema anteriormente descrito también es el encargado de empujar la caña hacia la cuchilla, permitiendo cortar la caña en un extremo.

Aquí la caña es agarrada por el otro mecanismo de cuatro eslabones que aplastará a la caña con el propósito de quebrar los nudos, perdiendo así toda la resistencia de la caña.

Al moverse la manivela hará mover al acople, y este más o menos describirá una trayectoria parecida a una media elipse, entonces cuando el acople sube comprimirá la caña que es lo que se requiere.

2.4. Picacaña con Sistema de Rodillos

Esta opción constaría de cuatro sistemas básicos: los rodillos alimentadores, el sistema de corte, el sistema de rodillos aplanadores y el mecanismo de cepillado de los nudos.

Uno de los rodillos alimentadores sería movido por un motor; este motor hace dos trabajos, uno de ellos es alimentar la máquina con la caña, y suplir la fuerza necesaria para cortarla. El siguiente mecanismo es el sistema de corte que estaría constituido por una guía de la caña guadua que sería un tubo; y la cuchilla de corte.

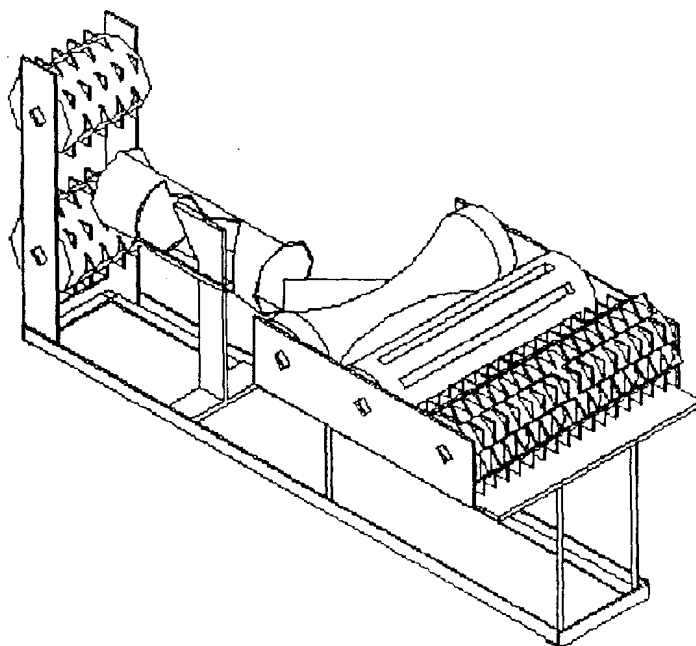


Fig. 2.4 Pica Caña con Sistema de Rodillos.

El siguiente mecanismo es el de los rodillos aplanadores, que serían los encargados de dejar la caña como una alfombra, aquí también está incluido el sistema de cepillado de los nudos. Este último mecanismo es movido por un motor, y su transmisión sería

por el sistema de cadenas. La alimentación sería de una caña a la vez, la longitud de las cañas sería de dos metros con cuarenta centímetros.

El operario solo debe poner la caña entre los dos rodillos y la maquina hará el resto; esa es la gran diferencia con la segunda opción, donde el operario debe manipular la caña.

2.5. Selección del Sistema Óptimo.

De los anteriores diseños potencialmente viables, el óptimo o mejor disponible debe ser seleccionado para el diseño detallado. En el proceso de selección incluiremos un análisis comparativo de las soluciones de diseño disponibles. Se realizará una matriz de decisión para ayudarme a identificar la mejor solución, y se tomara en consideración una variedad de factores en forma sistemática.

Cada diseño ocupa un renglón en la matriz de decisión. Las columnas corresponden a categorías asignadas según las cuales los diseños van de ser juzgados: costo, seguridad, productividad, confiabilidad. A cada categoría se asignara luego un factor de ponderación, que mide su importancia relativa. El cuerpo de la matriz de decisión se llenará entonces con números que jerarquizan cada diseño según la escala de 1 a 10, en cada una de

las categorías. Se examinarán los diseños y se decidirá una calificación para cada uno. Las calificaciones se multiplicarán luego por los factores ponderales, y los productos se suman para cada diseño. El diseño que más puntaje tenga será la solución óptima. En esta matriz de decisión los diseños serán:

Diseño 1	Sistema manual
Diseño 2	Picacaña con sistema leva-hacha
Diseño 3	Picacaña con sistema de cuatro eslabones
Diseño 4	Picacaña con sistema de rodillos

El factor de peso para el costo será de 0.3, y de 0.35 para la productividad. Estos son los dos factores que más pesan.

Entre más costoso es el sistema, el factor de ponderación es más bajo, ya que esto le quita bondades al diseño. Se le dió al sistema manual un valor de 9 por que para picar la caña solo se necesita un hacha y una hachuela. Al diseño 2, con sistema leva-hacha, se le dió un valor de 7 ya que hay que invertir en un motor, un hacha, una leva, una guía, y en la estructura de la máquina. Al diseño 3 se le dio el valor de 5 por que lleva mas componentes como lo son dos motores, una guía, dos sistemas de cuatro

eslabones y su estructura. Como el diseño 4 es el más costoso se le da un valor de 4, este diseño requiere de dos motores, dos rodillos alimentadores, una guía, un rodillo guía, un rodillo aplanador, un rodillo que pica la caña, un sistema de corte y su respectiva estructura.

En cuanto a factor de seguridad al diseño de 4 eslabones se le da el valor más bajo de 5; porque dos de sus componentes se mueven de arriba hacia abajo. Al sistema de rodillos se le da el valor de 9 ya que es el más seguro de todos, el operario solo debe de meter la caña a la máquina y recibirla del otro lado.

En cuanto al factor productividad al sistema manual se le coloca el valor de 1 ya que es el más improductivo, según se preguntó en el Hogar de Cristo un hombre pica solamente 60 cañas diarias. Al diseño leva-hacha se le dio un valor de 6, ya que resuelve gran parte del problema, este sistema no deja la esterilla lista para el ensamble. Los diseños de cuatro eslabones y de rodillos son los más productivos, dándoles un valor de 9.

	Costo	Seguridad	Producti- vidad	Confiabi- lidad	Rango
Factor de peso	0.30	0.20	0.35	0.15	1.0
Diseño 1	9 2.70	7 1.40	1 0.35	9 1.35	5.80
Diseño 2	7 2.10	6 1.20	7 2.45	8 1.20	6.95
Diseño 3	5 1.50	5 1.00	9 3.15	7 1.05	6.70
Diseño 4	4 1.20	9 1.80	9 3.15	7 1.05	7.20

TABLA I Matriz de Decisión.

En el factor confiabilidad, el sistema manual es el más confiable y se le da un valor de 9. En el sistema leva-hacha como aparecen componentes entonces baja el factor a 8. Los diseños de cuatro eslabones y rodillos como tienen muchos componentes que no son muy complejos, entonces baja el factor a 7.

Según el estudio realizado a través de la matriz de decisión de la tabla I, el sistema óptimo es el de rodillos. Esta alternativa se define como la idónea para el desarrollo de la máquina en detalle. Consecuentemente en base a ella se realizará todo el estudio posterior.

CAPÍTULO 3

3. INGENIERÍA DEL PROYECTO.

3.1. Diseño del Sistema de transmisión de Potencia de los Rodillos Alimentadores.

De las pruebas hechas a la caña en el laboratorio de Mecánica de Sólidos con la máquina Instron se determinó que la fuerza para cortarla es de 520 kg es decir de 5096 N, la fuerza para abrirla es de 500 kg es decir de 4900 N y la fuerza para penetrar la caña por cada identador es de 112 kg es decir 1100 N.

3.1.1 Cálculo de la Potencia Necesaria.

Para determinar la potencia necesaria para el funcionamiento de la máquina primero se determinaran los torques que debe de ejercer el motor.

Un motor-reductor se conectará al rodillo inferior, este último debe de proveer la fuerza para cortar, abrir, e indentar la caña y para vencer los torques de fricción.

Para determinar el torque es menester saber cual es el diámetro del rodillo, en este diseño se asume de 4 in es decir 10 cm o 0.1 m

Se calcula el valor del torque por la formula $T = F \times r$ donde F es la fuerza y r es el radio del cilindro. La fuerza para cortar y abrir la caña es de 9996 N, se tomará una fuerza de 12000 N para tener una seguridad de que el sistema no fallara, y el radio será 0.05 m

$$T_1 = F \times r$$

$$T_1 = 12000 \text{ N} \times 0,05 \text{ m} = 600 \text{ Nm}$$

Hay que vencer la fricción entre el rodillo y los cojinetes, esta fuerza se la calcula por $f_r = \mu_k N$ donde el coeficiente de fricción es de 0.15 entre metal y metal, este dato se lo obtuvo del libro de estática de Beer Jhonson. Esta fuerza de fricción provoca un torque de fricción y se lo calcula por

$$\left. \begin{aligned} T &= f_r \times r \\ f_{r1} &= \mu_k N_1 = 0.15 \times 2200 = 330 \text{ N} \end{aligned} \right\} \text{Torque de fricción}$$

$$T_2 = f_{r1} \times r = 330 \times 0.05 = 16.5 \text{ Nm}$$

También se debe vencer el torque de fricción del rodillo superior

$$f_{r2} = \mu_k N_1 = 0.15 \times 2200 = 330 \text{ N}$$

$$T_3 = f_{r2} \times r = 330 \times 0.05 = 16.5 \text{ Nm}$$

El torque para indentar la caña, como se colocaran 4 indentadores la fuerza a vencer es de 4400 N

$$T_4 = F \times r = 4400 \times 0.05 = 220 \text{ Nm}$$

La velocidad de avance de la caña se asume que será de 0.15 m/s, esta velocidad es tangencial, este dato se lo obtuvo de un vídeo llamado Pinotubo House.

La velocidad angular se la calcula por la formula $\omega = V/r$

$$\omega = V/r = 0.15 \text{ m/s} / 0.05 \text{ m} = 3 \text{ rad/s} \text{ o } 28.6 \text{ rpm}$$

Se hace una sumatoria de torques para determinar cual es el torque total

$$T = T_1 + 2T_2 + 2T_3 + T_4$$

$$T = 600 + 2 \times 16.5 + 2 \times 16.5 + 220 = 886 \text{ Nm}$$

La potencia se la calcula por la fórmula, $H = T \times \omega$ donde T es el torque total, y ω la velocidad angular del rodillo

$$H = T \times \omega = 886 \text{ Nm} \times 3 \text{ rad/s} = 2658 \text{ W} \text{ o } 3.56 \text{ Hp}$$

3.1.2 Selección del Motor reductor

Anteriormente se cálculo la potencia $H = 3.56 \text{ Hp}$, la velocidad angular $\omega = 28.6 \text{ rpm}$

Para la selección se usará los catálogos de ASEA. Se estima que la máquina estará en uso 12 por día, el motor estará libre de choques fuertes de carga, no se necesita que sea reversible, entonces del apéndice E se determina que se usará la Tabla A del catalogo.

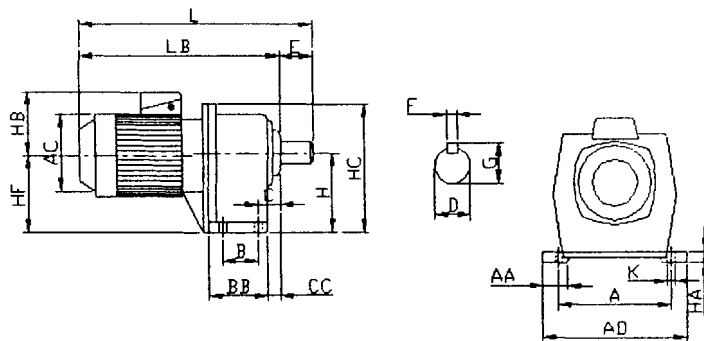


Fig. 3.1 Motor reductor

La potencia mas cercana a 3.56 Hp es 5.5 Hp y la velocidad angular mas cercana a 28.6 rpm es 30rpm, la designación es 132S-6/253 y el acoples es el BEK 412

En el apéndice F están las dimensiones del motor reductor.

Y en el apéndice Ñ están las dimensiones del acople.

3.1.3 Diseño de los Rodillos

Los rodillos están sometidos a una combinación de cargas, como lo son cargas flexionantes y torsionales. El primer esfuerzo normal por flexión lo produce la fuerza que la caña ejerce sobre el rodillo, en este rodillo se piensa soldarle 4 identadores, entonces la fuerza se transmitirá por medio de ellos. Estos identadores son una especie de triángulo que se soldan a los cilindros. Se vió necesario colocarlos, por que el rodillo sin estos no era capaz de empujar la caña a la cuchilla, como se probó en el laboratorio

En los siguientes cálculos asumimos el diámetro exterior del rodillo de 0.1 m. Se asume este diámetro por factores geométricos, ya que hay que soldar los identadores, encontraremos el factor de seguridad.

Para una mejor comprensión se tomará el eje de coordenadas de la siguiente manera: el eje X va en dirección del largo del rodillo, el eje Y le da la dirección el alto del rodillo.

Los rodillos se diseñarán por el procedimiento de combinaciones de modos de carga que dice:

- 1) En el caso de la resistencia, utilícese el límite de fatiga completamente corregido en el caso de flexión, S_e
- 2) Aplíquense los factores de concentración de esfuerzo adecuados a las componentes alternantes del esfuerzo torsional, el esfuerzo por flexión y las componentes del esfuerzo axial.
- 3) Multiplíquese cualquier componente de esfuerzo axial alternante por el factor $1/k_{c,ax} = 1.083$
- 4) Inclúyanse los esfuerzos resultantes en un análisis por círculo de Mohr y determinense los esfuerzos principales.
- 5) Utilizando los resultados del paso 4, determinese el esfuerzo alternante de Von Mises σ'_a
- 6) Compárese σ'_a con S_e a fin de obtener el factor de seguridad.

El siguiente análisis se lo realiza cuando el rodillo esta sometido a un momento de torsión con inversión completa, en fase con un momento flexionante también con inversión completa, esta combinación se da cuando la caña esta siendo picada por la máquina.

El material a usarse es el acero estirado en frío AISI 1010, del apéndice G se obtiene la resistencia última a la tensión $S_{ut} = 370$ MPa y el esfuerzo de fluencia $S_{yt} = 300$ MPa

Primero se calculará el límite de resistencia a la fatiga S_e del rodillo que es igual a $S_e = k_a k_b k_c k_d k_e S'_e$, donde k_a es el factor de superficie, k_b es el factor de tamaño, k_c factor de carga, k_d factor de temperatura, y k_e factores diversos; S'_e es el límite de resistencia a la fatiga de la muestra de la viga rotatoria.

$$S'_e = 0.504 \times S_{ut} = 0.504 \times 370 = 186.48 \text{ MPa}$$

$k_a = a S_{ut}^b$ se escogen los valores para estirado en frío, de la tabla II donde $a = 4.51$ MPa y $b = -0.265$

$$k_a = 4.51 \times 370^{-0.265} = 0.94$$

k_b según la tabla III varía de 0.6 a 0.75 en flexión y torsión entonces escogemos $k_b = 0.6$

ACABADO DE SUPERFICIE	FACTOR a kpsi	FACTOR a MPa	EXPONENTE b
Esmerilado (rectificado)	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o estirado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Forjado	39.9	272.	-0.995

Tabla II Factores de acabado de superficies

DIAMETRO	FACTOR DE TAMAÑO K_b
$0.11 \leq d \leq 2$ in	$\left(\frac{d}{0.30}\right)^{-0.1133}$ in
$2.79 \leq d \leq 51$ mm	$\left(\frac{d}{7.62}\right)^{-0.1133}$ mm
Para tamaños mayores	0.60 a 0.75 en flexión y torsión

TABLA III Factores de tamaño

	FACTOR DE CARGA K_c
Carga axial $S_{ut} \leq 220$ kpsi (1520 MPa)	0.923
Carga axial $S_{ut} > 220$ kpsi (1520 MPa)	1
Flexión	1
Torsión y cortante	0.577

TABLA IV Factor de carga

$k_c = 1$ de la tabla IV por que según el modo de combinación de cargas solo hay que corregir para el caso de flexión.

$k_d = 1$ ya que la máquina trabajará a temperatura ambiente.

$$S_e = 0.94 \times 0.6 \times 1 \times 1 \times 186.48 = 105.17 \text{ MPa}$$

El siguiente paso es determinar el esfuerzo torsional y el esfuerzo por flexión. M es el momento máximo, sacado de la figura 3.2 para este caso es de 209 Nm, C en este caso el radio tiene un valor de 0,05 m. La inercia se la calcula por la siguiente fórmula donde el diámetro es 0.1m.

$$I = \frac{\pi}{64} D^4 = \frac{\pi}{64} (0.1)^4 \doteq 4.908 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$\sigma_x = \frac{MC}{I} = \frac{209 \times 0.05}{4.908 \times 10^{-6}} = 2.13 \text{ MPa}$$

Ahora se calculará el esfuerzo cortante por torsión τ a que esta sometido el rodillo, para esto se debe conocer el torque, que es el mismo que se encontró al calcular la potencia del motor-reductor y el momento polar de inercia J que se calcula por la fórmula:

$$J = \frac{\pi}{32} D^4$$

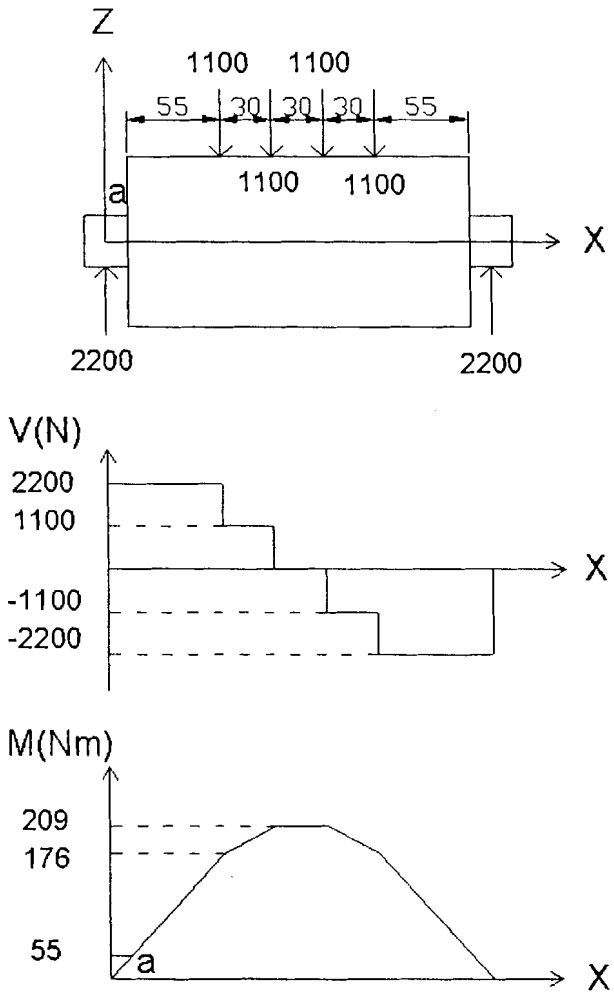


Fig. 3.2 Diagrama de Momento del Rodillo Alimentador.

$$J = \frac{\pi}{32} (0.1)^4 = 9.817 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$\tau = \frac{T\rho}{J} = \frac{886 \times 0,05}{9.817 \times 10^{-6}} = 4.51 \text{ MPa}$$

De aquí se determina que los esfuerzos principales distintos de cero, a partir de un análisis por círculo de Mohr, son

$$\sigma_A, \sigma_B = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

El σ_y es cero

$$\sigma_A, \sigma_B = \frac{2.13}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{2.13}{2}\right)^2 + 4.51^2} \text{ MPa}$$

$$\sigma_A = 5.7 \text{ MPa} \quad \sigma_B = -3.57 \text{ MPa}$$

Enseguida se calcula el esfuerzo de Von Mises

$$\sigma' = (\sigma_A^2 - \sigma_A \sigma_B + \sigma_B^2)^{1/2}$$

$$\sigma' = [(5.7)^2 - (5.7)(-3.57) + (-3.57)^2]^{1/2} = 8.1 \text{ MPa}$$

Por último, se estima el factor de seguridad contra una falla por fatiga y es:

$$n = \frac{S_e}{\sigma'} = \frac{105.17}{8.1} = 12.98$$

Una vez que la máquina a picado la caña, hay que alimentarla con otra, y así sucesivamente, cuando se alimenta hay un lapso de tiempo que en la máquina no se generan esfuerzos ya que no hay caña. Aquí el rodillo se somete a esfuerzos fluctuantes, ya que cuando la máquina no tiene caña los esfuerzos de flexión y torsión los asumimos que tienen un valor de cero.

$$\sigma_{\max} = 2.13 \text{ MPa} \qquad \sigma_{\min} = 0$$

$$\tau_{\max} = 4.51 \text{ MPa} \qquad \tau_{\min} = 0$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} = \frac{2.13 + 0}{2} = 1.065 \text{ MPa}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} = \frac{2.13 - 0}{2} = 1.065 \text{ MPa}$$

$$\tau_m = \frac{\tau_{\max} + \tau_{\min}}{2} = \frac{4.51 + 0}{2} = 2.26 \text{ MPa}$$

$$\tau_a = \frac{\tau_{\max} - \tau_{\min}}{2} = \frac{4.51 - 0}{2} = 2.26 \text{ MPa}$$

Con estas componentes se sacan los esfuerzos principales, y con estos se determinan σ'_a y σ'_m por medio de la siguiente fórmula simplificada.

$$\sigma' = (\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2)^{1/2}$$

$$\sigma'_a = \left[(1.065)^2 + 3(2.26)^2 \right]^{1/2} = 4.05 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_m = \left[(1.065)^2 + 3(2.26)^2 \right]^{1/2} = 4.05 \text{ MPa}$$

Se determina el factor de seguridad utilizando la relación de Goodman modificada

$$n = \frac{S_e S_{ut}}{\sigma'_a S_{ut} + \sigma'_m S_e} = \frac{105.17(370)}{4.05(370) + 4.05(105.17)} = 20.2$$

Se necesita este diámetro por factores geométricos ya que hay que soldar los identadores

Cálculo del Diámetro del Eje del Rodillo.

El eje del rodillo ha de ser montado sobre bocines. El diagrama de momento flexionante de la figura 3.2 muestra un momento máximo en el centro, pero el diámetro del rodillo es bastante grande, y entonces puede despreciarse el esfuerzo debido a este momento. Por otra parte, otro momento flexionante M_a actúa a ambos lados del rodillo, aquí hay una variación de diámetro lo cual se presentan concentradores de esfuerzos, por lo anterior este es el punto crítico de diseño.

Del gráfico de momento del rodillo se mira que en A el momento es 55 Nm, también se sabe que el torque es de 886 Nm.

Se opta por la teoría del esfuerzo cortante máximo para pronosticar el esfuerzo de daño y la línea de Goodman modificada para predecir la resistencia significativa. El análisis se restringe al caso de flexión invertida y momento de torsión constante. K_f lo asumimos 1, luego se lo encontrará. El factor de seguridad $n=3$.

$$d = \left\{ \frac{32n}{\pi} \left[\left(\frac{K_f M_a}{S_e} \right)^2 + \left(\frac{T_m}{S_{ut}} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

$$d = \left\{ \frac{32(3)}{\pi} \left[\left(\frac{55}{105.17 \times 10^6} \right)^2 + \left(\frac{886}{370 \times 10^6} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3} = 0.0421 \text{ m}$$

El diámetro del eje es de 43 mm. Cuando los rodillos están sometidos a esfuerzos fluctuantes el diámetro se lo calcula de la siguiente manera:

$$T_m = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} = \frac{886 + 0}{2} = 443 \text{ Nm}$$

$$T_a = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{2} = \frac{886 - 0}{2} = 443 \text{ Nm}$$

$$M_m = \frac{M_{\max} + M_{\min}}{2} = \frac{55 + 0}{2} = 27.5 \text{ Nm}$$

$$M_a = \frac{M_{max} - M_{min}}{2} = \frac{55 - 0}{2} = 27.5 \text{ Nm}$$

$$d = \left(\frac{32n}{\pi} \left\{ \left[\left(\frac{K_f M_a}{S_e} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{K_{fs} T_a}{S_e} \right)^2 \right]^{1/2} + \left[\left(\frac{M_m}{S_{ut}} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T_m}{S_{ut}} \right)^2 \right]^{1/2} \right\} \right)^{1/3}$$

$$d = 0.0523 \text{ m} \approx 53 \text{ mm}$$

Entre el rodillo y el apoyo hay un cambio de diámetro y hay un concentrador de esfuerzo, los enlaces tienen 4mm de radio.

Para determinar el factor de concentración de esfuerzo, en el apéndice I se entra con los valores.

$$D/d = 100/53 = 1.13$$

$$r/d = 5/53 = 0.094$$

Del gráfico de barra circular con entalle circunferencial sometida a flexión se obtiene $K_t = 1.75$, y del apéndice J se obtiene $q = 0.75$ que corresponde a $r = 4\text{mm}$ y $S_{ut} = 370 \text{ MPa}$

$$K_f = 1 + q(K_t - 1) = 1 + 0.75(1.75 - 1) = 1.56$$

del mismo modo en el gráfico barra circular con entalle circunferencial sometida a torsión se obtiene $K_{ts} = 1.5$. en el apéndice J se obtiene $q = 0.96$

$$K_{fs} = 1 + 0.96(1.5 - 1) = 1.48$$

Estos concentradores de esfuerzos se los mete en la fórmula anterior y se obtiene el nuevo diámetro del eje

$$d = 0.0582 \text{ m} \approx 60 \text{ mm.}$$

Diseño de los Identadores.

El identador será un triángulo con una base igual a 30 mm, una altura de 30 mm, el espesor de la chapa es de 5 mm, este está sometido a un esfuerzo de flexión como se ve en la figura 3.3. El material a usarse es acero K100, que tiene $S_y = 460 \text{ MPa}$, y $S_{ut} = 830 \text{ MPa}$

Se calculará el límite de resistencia a la fatiga del elemento usando las tablas II, III y IV. El límite de fatiga por viga rotatoria es

$$S'_e = 0.504S_{ut} = 0.504(830) = 418.32 \text{ MPa}$$

$$k_a = aS_{ut}^b = 4.51(830)^{-0.265} = 0.76$$

$$d_e = 0.808(hb)^{1/2} = 0.808(30 \times 5)^{1/2} = 9.89 \text{ mm}$$

$$k_b = \left(\frac{d}{7.62} \right)^{-0.1133} = \left(\frac{9.89}{7.62} \right)^{-0.1133} = 0.97$$

$k_c = 1$ por flexión

$$S_e = 0.76(0.97)(418.32) = 308.38 \text{ MPa}$$

El punto crítico del indentador es en la base, donde se produce el máximo momento. De la figura 3.4 se obtiene las dimensiones para calcular el momento.

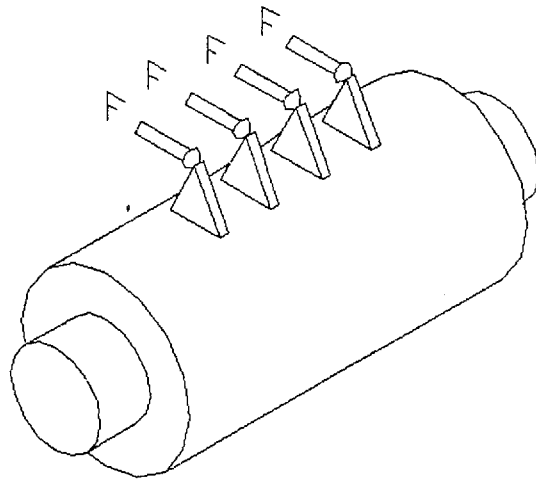


Fig. 3.3 Fuerza Actuando Sobre el Identador.

$$M = F \times d = 3000(30 \times 10^{-3}) = 90 \text{ Nm}$$

$$I = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}(5 \times 10^{-3})(30 \times 10^{-3})^3 = 1.125 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{90(15 \times 10^{-3})}{1.125 \times 10^{-8}} = 120 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = 60 \text{ MPa}$$

$$\sigma_a = 60 \text{ MPa}$$

La misma fuerza produce un esfuerzo cortante, el área de la base del indentador es $A = 30 \times 10^{-3} (5 \times 10^{-3}) = 1.5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{3000}{1.5 \times 10^{-4}} = 20 \text{ MPa}$$

$$\tau_m = 10 \text{ MPa}$$

$$\tau_a = 10 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_a = (\sigma_a^2 + 3\tau_a^2)^{1/2} = (60^2 + 3(10^2))^{1/2} = 62.45 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_m = 62.45 \text{ MPa}$$

El identador esta sometido a esfuerzos fluctuantes entonces se tiene que:

$$\sigma_m = 62.45 \text{ MPa}$$

$$\sigma_a = 62.45 \text{ MPa}$$

Usando la relación de Goodman modificada se encuentra el factor de seguridad

$$\frac{1}{n} = \frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ul}} = \frac{62.45}{308.38} + \frac{62.45}{830}$$

$$n = 3.6$$

Cálculo de la Soldadura del Identador.

Como se ve en la figura 3.4 el identador esta en voladizo unido al rodillo mediante juntas de filete o cordón en las partes izquierda y derecha de la cara en contacto con el rodillo. Un diagrama de cuerpo libre mostraría una reacción de fuerza cortante V y una reacción de par o momento M . La primera produce esfuerzo cortante primario en las juntas de magnitud igual a $\tau_1 = V/A$ donde A es el área total de la garganta, en el apéndice K se ve que $A = 1.414hd$

$$A = 1.414(5 \times 10^{-3})(30 \times 10^{-3}) = 2.121 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\tau_1 = \frac{3000}{2.121 \times 10^{-4}} = 14.14 \text{ MPa}$$

El momento M produce un esfuerzo normal por flexión σ en las juntas, del apéndice K se halla que el segundo momento de área unitario es $I_u = d^3/6$

$$I_u = \frac{(30 \times 10^{-3})^3}{6} = 4.5 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ entonces, el segundo}$$

momento de área basado en la garganta de la junta es

$$I = 0.707 h I_u = 0.707 (5 \times 10^{-3}) (4.5 \times 10^{-6}) = 1.59 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$M = Fd = 3000(30 \times 10^{-3}) = 90 \text{ Nm}$$

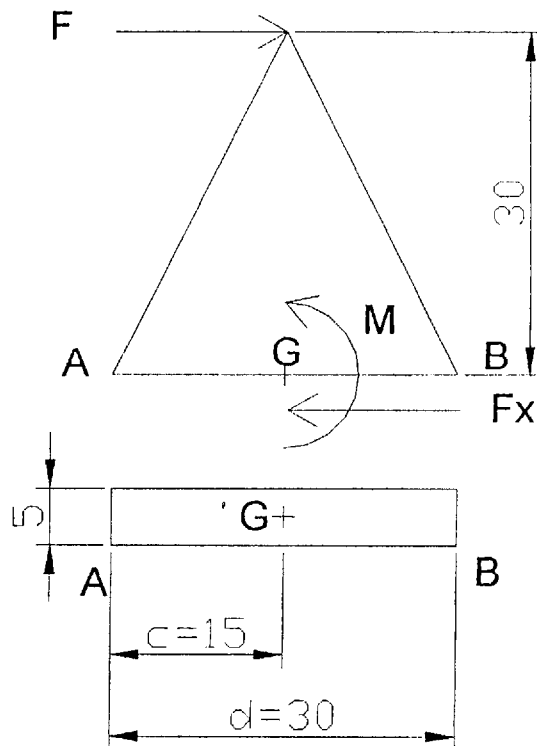


Fig. 3.4 Dimensiones para el Cálculo de la Soldadura

El esfuerzo normal se halla ahora que es

$$\tau_2 = \sigma = \frac{M(d/2)}{I} = \frac{90(15 \times 10^{-3})}{1.59 \times 10^{-8}} = 84.9 \text{ MPa}$$

los esfuerzos τ_1 y τ_2 son perpendiculares entre si, y su resultante es:

$$\tau = (\tau_1^2 + \tau_2^2)^{1/2} = (14.14^2 + 48.9^2)^{1/2} = 86.06 \text{ MPa. Se usarán}$$

las mismas propiedades del identador para el metal soldante, aunque podrían ser empleados electrodos más fuertes. Usando las tablas II, III, IV el límite de fatiga por viga rotatoria es $S'_e = 0.504S_{ut} = 0.504(370) = 186.48 \text{ MPa}$

se usará una superficie basta (sin acabado)

$$k_a = aS_{ut}^b = 4.51(370)^{-0.265} = 0.94$$

A fin de evaluar el factor de tamaño, se emplea primero la ecuación

$$d_e = 0.808(0.707hd)^{1/2} = 0.808[0.707(5)(30)]^{1/2} = 8.3 \text{ mm}$$

$$k_b = \left(\frac{d}{7.62}\right)^{-0.1133} = \left(\frac{8.3}{7.62}\right)^{-0.1133} = 0.99$$

$$k_c = 0.577 \text{ y } k_d = 1$$

$$S_{se} = 0.94(0.99)(0.577)(186.48) = 100.13 \text{ MPa}$$

Los esfuerzos de corte en la junta son

$$\tau_a = 86.06/2 = 43.03 \text{ MPa} \quad \tau_m = 86.06/2 = 43.03 \text{ MPa}$$

Se usará la teoría de falla de Goodman donde

$$S_{su} = 0.67S_{ut} = 0.67(370) = 247.9 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{S_{se} S_{su}}{\tau_a S_{su} + \tau_m S_{se}} = \frac{100.13(247.9)}{43.03(247.9) + 43.03(100.13)} = 1.65$$

Diseño de la Chaveta.

Para que el eje se acople correctamente al acople del motor reductor se necesita una chaveta de 18x20 mm de acero AISI 1010, el $S_y = 300 \text{ MPa}$, con un factor de seguridad $n = 2$. El momento de rotación $T = 886 \text{ Nm}$, la fuerza tangencial F en la superficie del eje es

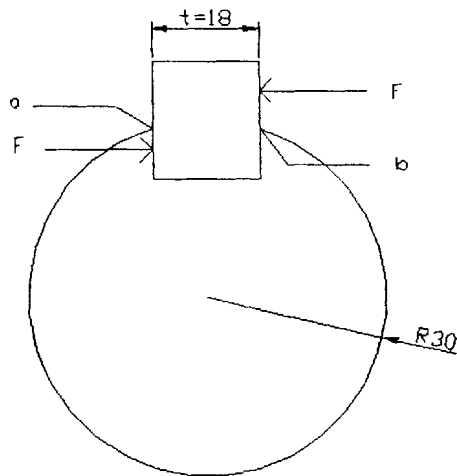


Fig. 3.5 Chaveta.

$$F = \frac{T}{r} = \frac{886}{30 \times 10^{-3}} = 29533 \text{ N}$$

Por la teoría de la energía de distorsión, la resistencia al cortante es

$$S_{sy} = 0.577S_y = 0.577 \times 300 = 173.1 \text{ MPa}$$

La falla por corte a través del área ab originará un esfuerzo $\tau = F/tL$. Sustituyendo τ por la resistencia dividida entre el factor de seguridad, resulta

$$\frac{S_{sy}}{n} = \frac{F}{tL} \text{ o bien } \frac{173.1 \times 10^6}{2} = \frac{29533}{0.018 \times L}$$

o sea, $L = 18.95 \times 10^{-3} \text{ m} \approx 20 \text{ mm}$. La resistencia al aplastamiento se determina con un área igual a la mitad de la cara de la cuña

$$\frac{S_y}{n} = \frac{F}{hL/2} \text{ o bien } \frac{300 \times 10^6}{2} = \frac{29533}{0.02 \times L/2}$$

$$L = 19.68 \times 10^{-3} \text{ m} \approx 20 \text{ mm}$$

3.2 Diseño del Sistema de Corte

3.2.1 Diseño del Porta Cuchilla

El porta cuchilla estará constituido por dos placas laterales soldadas a una base como se ve en la figura 3.5. Para el diseño se trabajará con una sola placa, y la fuerza que actúa será la mitad.

Análisis de Falla por Aplastamiento

El material del porta cuchilla será de acero AISI 1010, $S_{ut}=370$ MPa $S_y = 300$ MPa. El porta cuchilla tendrá 2 agujeros de 10 mm en los cuales se alojarán los pasadores, asumimos que en este punto el espesor de la lámina es de 5mm. Enseguida se encontrará el factor de seguridad.

El esfuerzo medio de aplastamiento es:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{7644}{t.d} = \frac{7644}{5 \times 10^{-3} \cdot 10 \times 10^{-3}} = 152.8 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma} = \frac{300}{152.8} = 1.9$$

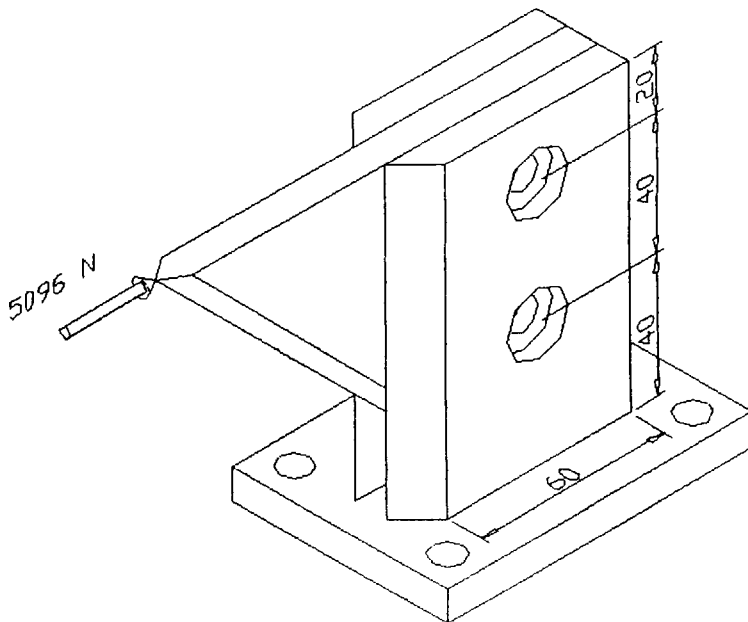


Fig. 3.6 Sistema de Corte.

Cálculo de la Soldadura del Porta Cuchilla.

La fuerza necesaria para cortar la caña de 5096N produce un esfuerzo cortante primario en las juntas. A es el área total de la garganta y se lo escoge del apéndice K.

$$A = 0.707h.d = 0.707(5 \times 10^{-3})(30 \times 10^{-3}) = 1.0605 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$I_u = d^3/12 = (30 \times 10^{-3})^3 / 12 = 2.25 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\tau_1 = \frac{F}{A} = \frac{2548}{1.065 \times 10^{-4}} = 24.02 \text{ MPa}$$

En el extremo A se produce un esfuerzo de tensión debido al momento. El segundo momento de área con respecto a un eje por G paralelo al z es

$$I = 0.707 h I_u = 0.707(5 \times 10^{-3})(2.25 \times 10^{-6}) = 7.953 \times 10^{-9} \text{ m}^4$$

$$M = F.d = 2548(0.1) = 254.8 \text{ Nm}$$

$$\tau_2 = \frac{Mc}{I} = \frac{254.8(15 \times 10^{-3})}{7.953 \times 10^{-9}} = 480.57 \text{ MPa}$$

Los esfuerzos τ_1 y τ_2 son perpendiculares entre si, y su resultante es $\tau = (\tau_1^2 + \tau_2^2)^{1/2} = (24^2 + 480.57^2)^{1/2} = 481 \text{ MPa}$

Se usará las mismas propiedades del porta cuchillas para el metal soldante, aunque podrían ser empleados electrodos más fuertes.

El factor de seguridad que previene contra la fluencia estática en la unión soldada es:

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau} = \frac{0.577(300)}{481} = 0.35 \quad \text{La unión soldada fallará, luego}$$

se procede a alargar la placa para alargar el cordón de soldadura y aumentar la garganta de la soldadura.

$$h = 6 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$d = 60 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$A = 0.707 h d = 0.707(6 \times 10^{-3})(60 \times 10^{-3}) = 2.545 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$I_u = d^3 / 12 = (60 \times 10^{-3})^3 / 12 = 1.8 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$I = 0.707 h I_u = 0.707(6 \times 10^{-3})(1.8 \times 10^{-5}) = 7.635 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

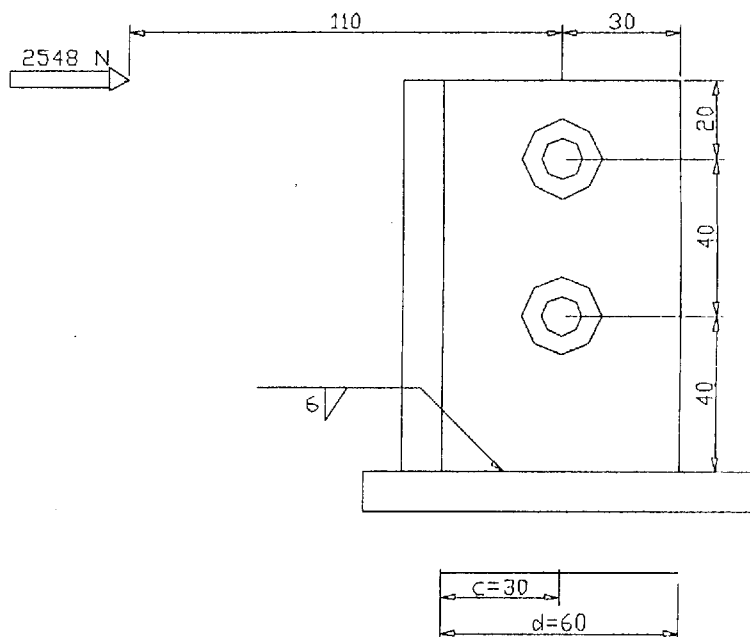


Fig. 3.7 Dimensiones para el Cálculo de la Soldadura.

$$\tau_1 = \frac{F}{A} = \frac{2548}{2.545 \times 10^{-4}} = 10 \text{ MPa}$$

$$\tau_2 = \frac{Mc}{I} = \frac{254.8(30 \times 10^{-3})}{7.635 \times 10^{-8}} = 100.11 \text{ MPa}$$

$$\tau = (\tau_1^2 + \tau_2^2)^{1/2} = (10^2 + 100.11^2)^{1/2} = 100.6 \text{ MPa}$$

$$\tau_a = 100.6 / 3 = 50.3 \text{ MPa} \quad \tau_m = 50.3 \text{ MPa}$$

Se determinará el factor de seguridad contra falla por fatiga en el metal soldante cuando esta sometido a esfuerzos fluctuantes. La resistencia S_{se} se obtiene por:

$$S_e' = 0.504 S_{ut} = 0.504(370) = 186.48 \text{ MPa}$$

Como se va a soldar la superficie es basta sin acabado

$$k_a = a S_{ut}^b = 272(370)^{-0.995} = 0.75$$

$$k_b = 1 \text{ y } k_c = 1$$

$$S_{se} = k_a k_b k_c S_e' = 0.75(1)(1)(186.48) = 139.86 \text{ MPa}$$

$$S_{su} = 0.67 S_{ut} = 0.67(370) = 247.9 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{S_{se} S_{su}}{\tau_a S_{su} + \tau_m S_{se}} = \frac{139.86(247.9)}{50.3(247.9) + 50.3(139.86)} = 1.77$$

que sobrepasa los recomendados por el AISC

Falla por Fatiga en el Metal Base

Para facilidad se tomará una placa del porta cuchilla. El área sujeta a cortante vale:

$$A = 60 \times 10^{-3} (10 \times 10^{-3}) = 6 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Así que el esfuerzo de corte en el metal base es:

$$\tau = F / A = 2548 / 6 \times 10^{-4} = 4.24 \text{ MPa}$$

La inercia del porta cuchilla en la superficie intermedia(o interfaz) de la soldadura es:

$$I = \frac{1}{12} b \cdot h^3 = \frac{1}{12} (10 \times 10^{-3}) (60 \times 10^{-3})^3 = 1.8 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$c = 30 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{254.8(30 \times 10^{-3})}{1.8 \times 10^{-7}} = 42.46 \text{ MPa}$$

$$\sigma' = (\sigma^2 + 3\tau^2)^{1/2} = (42.46^2 + 3 \times 4.24^2)^{1/2} = 43.09 \text{ MPa}$$

$$\sigma_a = 43.09/2 = 21.5 \text{ MPa} \quad \sigma_m = 21.5 \text{ MPa}$$

$$S_e' = 0.504 S_{ut} = 0.504(370) = 186.48 \text{ MPa}$$

$$k_a = a S_{ut}^b = 4.51(370)^{-0.265} = 0.94$$

$$d_e = 0.808(hb)^{1/2} = 0.808(10 \times 60)^{1/2} = 19.8 \text{ mm}$$

$$k_b = (19.8/7.62)^{-0.1133} = 0.89$$

$$k_c = 1 \text{ por flexión}$$

$$S_e = k_a k_b k_c S_e' = 0.94(0.89)(1)(186.48) = 156 \text{ MPa.}$$

El factor de seguridad con base en la fatiga es:

$$n = \frac{S_e S_{ut}}{\sigma_a S_{ut} + \sigma_m S_e} = \frac{156(370)}{21.5(370) + 21.5(156)} = 5.1$$

3.2.2 Diseño de la Cuchilla

De las pruebas hechas en el laboratorio se miró que una cuchilla que terminaba en ángulo necesitaba menos fuerza para cortar la caña. La fuerza hecha por una cuchilla terminada en ángulo era 0,8 veces menor que una cuchilla recta; por este motivo la cuchilla tendrá un ángulo.

En el laboratorio se hizo las pruebas con una cuchilla con un ángulo de corte a ambos lados. Se afiló por ambos lados para que no se desgaste con facilidad el filo, ya que la cuchilla una vez que penetra la caña se raja unos milímetros mas adelante.

El diámetro promedio de las cañas a picar es de 12 cm, la cuchilla esta diseñada para que corte la mitad de una caña de diámetro igual a 12 cm. Al levantar el porta cuchilla un centímetro y medio la cuchilla cortará sin ningún problema hasta una caña de 15 cm de diámetro por la mitad.

La fuerza promedio para cortar la caña es de 5096 N en el gráfico 3.7 se mira la fuerza que actúa y las reacciones. El primer paso es encontrar las reacciones.

$$\Sigma f_x = 0$$

$$5096 + f_{1x} + f_{2x} = 0$$

$$\Sigma M_2 = 0$$

$$5096(60 \times 10^{-3}) + f_{1x}(40 \times 10^{-3}) = 0$$

$$f_{1x} = -5096(60 \times 10^{-3}) / (40 \times 10^{-3}) = -7644 \text{ N}$$

$$f_{2x} = -f_{1x} - 5096 = 7644 - 5096 = 2548 \text{ N}$$

Se procede a calcular el espesor de la cuchilla, la fuerza hecha por el pasador puede hacer fallar a la cuchilla por aplastamiento, como se ve en la figura 3.7 el diámetro del agujero es de 10 mm. El material será acero K 100, el factor de seguridad $n = 2$ y $S_y = 460 \text{ MPa}$. Este acero es recomendado para la elaboración de cuchillas, es un acero al carbón, de la más alta calidad. Fácil de trabajar mecánicamente. Temple al agua a $760\text{-}800^\circ \text{C}$

$$\sigma_{\text{perm}} = 0.5 S_y = 0.5(460) = 230 \text{ MPa}$$

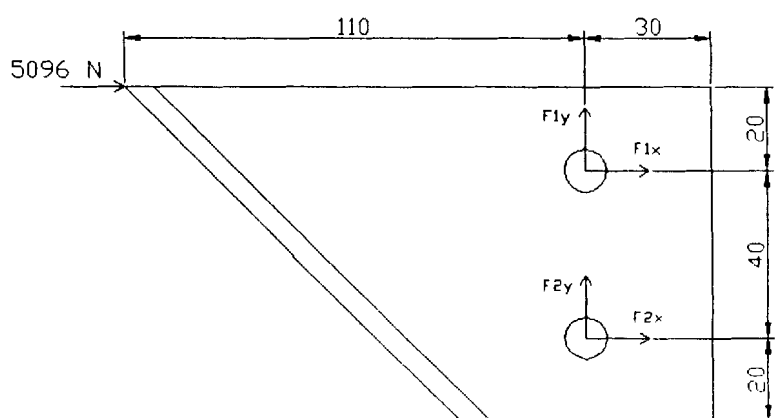


Fig. 3.8 Cuchilla

El área es igual al espesor por el diámetro $A = t \times d$

$$\sigma = F/A \quad \sigma = S/n \text{ entonces } S/n = F/A$$

$$\frac{230 \times 10^6}{2} = \frac{7644}{t \cdot 10 \times 10^{-3}}$$

$$t = \frac{7644 \times 2}{(230 \times 10^6)(10 \times 10^{-3})} = 6.6 \text{ mm}$$

El espesor de la cuchilla será de 10 mm

Las pruebas en el laboratorio se hicieron con 3 cuchillas una a 30° , una a 45° y la última a 60° .

Con la cuchilla de 60° se necesitaba más fuerza para cortar la caña que las otras dos; pero conservaba más tiempo el filo. El filo solo tocaba a la caña cuando empezaba a cortarla pues la caña se rajaba unos centímetros más adelante.

Con la cuchilla a 30° se necesitaba menos fuerza para cortar la caña que las otras dos, pero perdía el filo más rápido que las otras dos; el filo de la cuchilla siempre estaba en contacto con las fibras de la caña.

Con la cuchilla de 45° era combinación de las dos anteriores, para nuestro diseño se escogió este ángulo ya que se sacrificaba un poco de fuerza por un poco de filo. El filo de esta cuchilla solo entraba en contacto cuando cortaba los nudos.

Diseño del Pasador

Para determinar el diámetro base del pasador sobre el cual se colocará el anillo de retención, se usará la teoría del esfuerzo cortante máximo. El material es acero AISI 1010

El pasador soportara la fuerza que ejerce la cuchilla sobre el.

$$\tau_{\max} = 0.5 S_y = 0.5(300) = 150 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\max} = F/A = 7644/(\pi d^2/4)$$

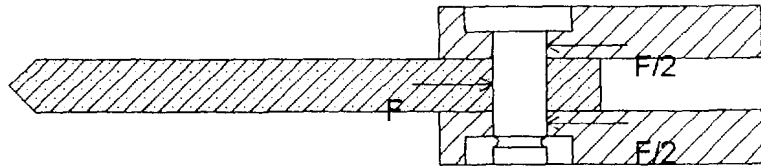


Fig. 3.9 Pasador.

$$d = \sqrt{\frac{7644 \times 4}{\pi \times 150 \times 10^6}} = 8.05 \times 10^{-3} \text{ m}$$

El diámetro será de 10 mm y el canal para el anillo de retención tendrá un radio de 2mm

3.2.3 Diseño de la Guía de la Caña

La función de la guía es que la cuchilla logre cortar por el centro a la caña. Ya que si no existiera esta guía la caña no podría pasar por la cuchilla, y al desviarse ocasionaría algún accidente o dañar alguna parte de la máquina.

La guía no está sometida a ninguna fuerza, lo que a continuación se presenta es el diseño de forma.

Para la guía se usará una tubería estándar de un tamaño nominal de 150 mm o 6 in de diámetro.

En un extremo se le soldará una lámina formando un cono, para que cuando la caña pase por los rodillos alimentadores lo oriente hacia la guía.

En la parte inferior de la guía se le hará un agujero de tal manera que entre la cuchilla y parte del portacuchilla.

La guía se sujetará a la estructura de la máquina por medio de pernos, esta no debe ser soldada ya que es

indispensable removerla cuando se vaya a cambiar o afilar la cuchilla

3.3 Diseño del Sistema de Transmisión de Potencia de los Rodillos Aplanadores

De las pruebas hechas a la caña guadua en el laboratorio de mecánica de sólidos se determinó que la fuerza para penetrar la caña por cada identador es de 112 kg es decir 1100 N, y la fuerza para cortarle los nudos una vez abierta la caña es de 130kg es decir 1274 N

3.3.1 Cálculo de la Potencia Necesaria

El motor reductor debe proveer la potencia para vencer la fricción en cada uno de los rodillos, la potencia para cortarle los nudos, y la potencia para atravesarla con 9 identadores.

La potencia se la calculará de manera similar a como se la encontró para los rodillos alimentadores.

La fuerza necesaria por los 9 identadores será de 9×1100 igual 9900 N, para tener seguridad se tomará una fuerza de 12 000 N, el radio del rodillo se asume de 0,05 m

A continuación se encontraran los torques

$$T_1 = F \cdot d = 12\,000(0.05) = 600\text{Nm}$$

Para el torque de fricción de este rodillo $\mu_k = 0.15$, N es la reacción normal del cojinete

$$f_r = \mu_k N = 0.15(4950) = 742.5\text{ N}$$

$$T_2 = f_r \times r = 742.5(0.05) = 37.125\text{ Nm}$$

Torque para cortar los nudos, ejercido por el segundo rodillo

$$F = 1274\text{ N}$$

$$T_3 = F \times r = 1274(0.05) = 63.7\text{ Nm}$$

El torque de fricción de este rodillo, la reacción del cojinete es de $F = 637\text{ N}$

$$f_r = \mu_k N = 0.15(637) = 95.5\text{ N}$$

$$T_4 = f_r \times r = 95.5(0.05) = 4.8\text{ Nm}$$

El torque total es:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 = 600 + 37.12 + 63.7 + 4.8 = 705.62\text{ Nm}$$

La velocidad angular $\omega = 3\text{ rad/s}$ o 28.6 rpm

La potencia es igual a torque por velocidad angular

$$H = T \times \omega$$

$$H = 705.62 \times 3 = 2116.87\text{ W o } 2.83\text{ Hp}$$

3.3.2 Selección del Motor-reductor

En el subcapítulo anterior se encontró que la potencia es 2.83 Hp , la velocidad angular es 28.6 rpm .

Se seleccionara el motor reductor con los catálogos de ASEA. Del apéndice E se obtiene que el valor más cercano a esta potencia es 3 Hp, y la velocidad angular más cercana es 31 rpm.

La designación del motor reductor es 112M-6/250. En el apéndice F están las dimensiones.

3.3.3 Diseño de los Rodillos Aplanadores

Los rodillos están sometidos a una combinación de cargas como lo son cargas flexionantes y torsionales.

Para el diseño de estos rodillos se usará el procedimiento de combinaciones de modos de carga que esta explicado en el libro Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley y anotado en el subcapitulo 3.1.3 de esta tesis. Asumiendo un diámetro de 100 mm encontraremos el factor de seguridad por falla a la fatiga. El material a usarse es acero

AISI 1010 que tiene un $S_{ut} = 370 \text{ MPa}$ y $S_{yt} = 300 \text{ MPa}$

$$S_e' = 0.504 S_{ut} = 0.504(370) = 186.48 \text{ MPa}$$

$$k_a = a S_{ut}^b = 451(370)^{-0.265} = 0.94$$

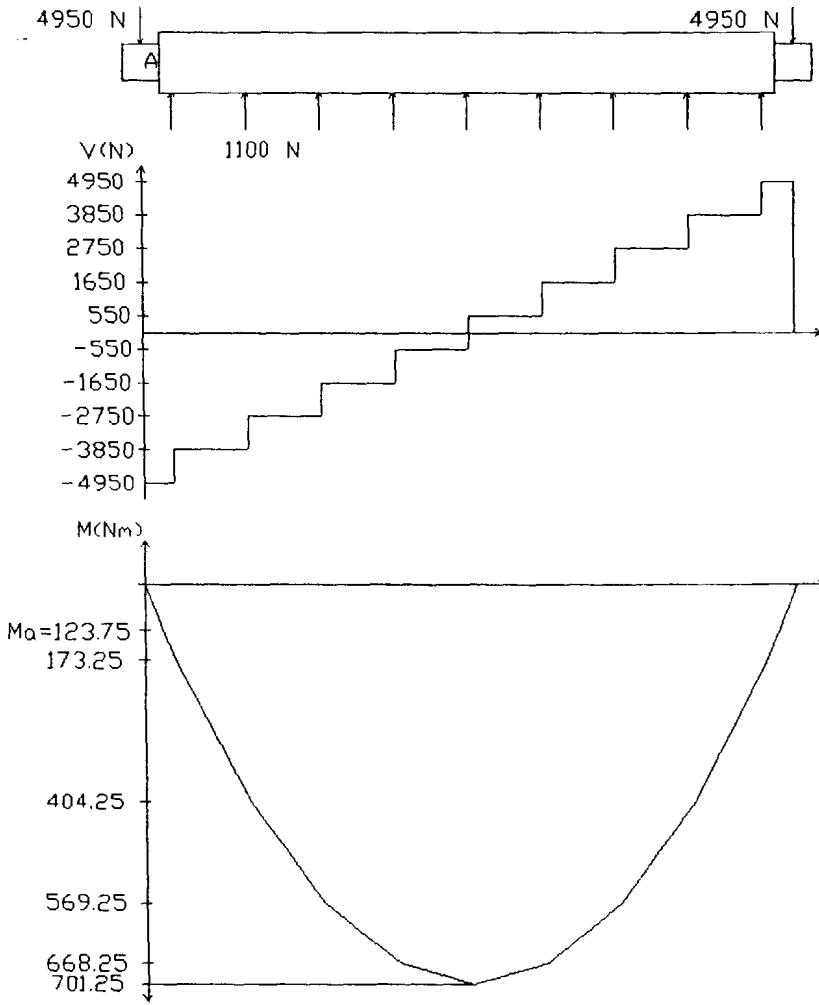


Fig. 3.10 Diagrama de Momento del Rodillo Aplanador

k_b según la tabla II varía de 0.6 a 0.75 en flexión y torsión entonces escogemos $k_b = 0.6$

$k_c = 1$ Solo se corrige para flexión

$$S_e = 0.94(0.6)(1)(186.48) = 105.17 \text{ MPa}$$

Se encontrará el esfuerzo por flexión

$M = 701.25 \text{ Nm}$ que es obtenido del gráfico anterior, este es el máximo momento y se produce en el centro del rodillo.

$$I = \frac{\pi}{64} d^4 = \frac{\pi}{64} (0.1)^4 = 4.908 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{701.25(0.05)}{4.908 \times 10^{-6}} = 7.14 \text{ MPa}$$

$$J = \frac{\pi}{32} d^4 = \frac{\pi}{32} (0.1)^4 = 9.817 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

El torque ya se calculó cuando se encontró la potencia y es

$$T = 705.63 \text{ Nm}$$

$$\tau = \frac{T\rho}{J} = \frac{705.63(0.05)}{9.817 \times 10^{-6}} = 3.6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = 3.57 \text{ MPa}$$

$$\sigma_a = 3.57 \text{ MPa}$$

$$\tau_m = 1.8 \text{ MPa}$$

$$\tau_a = 1.8 \text{ MPa}$$

Con estas componentes se sacan los esfuerzos principales y con estos se determinan σ_a' y σ_m' por medio de

$$\sigma_a' = (\sigma_a^2 + 3\tau_a^2)^{1/2} = (3.57^2 + 3 \times 1.8^2)^{1/2} = 4.74 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m' = 4.74 \text{ MPa}$$

Mediante la relación de Goodman modificada se obtiene que el factor de seguridad es:

$$n = \frac{S_e S_{ut}}{\sigma_a S_{ut} + \sigma_m S_e} = \frac{105.17(370)}{4.74(370) + 4.74(105.17)} = 17.2$$

Cálculo del Diámetro del Eje del Rodillo.

Del gráfico 3.9 de momento del rodillo se mira que en el punto A el momento es de 123.75 Nm, aquí hay una variación de diámetro, lo cual hay concentradores de esfuerzos, hallaremos el diámetro en este punto ya que es crítico. El análisis se hará cuando el rodillo este sometido a esfuerzos fluctuantes. Para encontrar el diámetro se usará la fórmula simplificada que es la combinación de la teoría de la energía de distorsión para el esfuerzo y la línea de Goodman modificada para la resistencia a la fatiga. El esfuerzo de von Mises ya ha sido reemplazado en la relación

$$d = \left(\frac{32n}{\pi} \left\{ \left[\left(\frac{K_f M_a}{S_e} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{K_{fs} T_a}{S_e} \right)^2 \right]^{1/2} + \left[\left(\frac{M_m}{S_{ut}} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T_m}{S_{ut}} \right)^2 \right]^{1/2} \right\} \right)^{1/3}$$

Del gráfico del momento del rodillo se observa que el momento en A vale 123.75 Nm

$$M_a = M/2 = 123.75 / 2 = 61.87 \text{ Nm}$$

$$M_m = 61.87 \text{ Nm}$$

$$T_a = 352.82 \text{ Nm}$$

$$T_m = 352.82 \text{ Nm}$$

$$n = 3$$

Reemplazando estos valores en la fórmula anterior se obtiene que

$$d = 0.0488 \text{ m} \approx 50 \text{ mm}$$

Una vez obtenido este diámetro se corrige con los factores de concentración de esfuerzo. Los enlaces serán de 4 mm de radio.

Para determinar el factor de concentración de esfuerzo, en el apéndice I se entra con los valores

$$\frac{D}{d} = \frac{100}{50} = 2$$

$$\frac{r}{d} = \frac{4}{50} = 0.08$$

Del gráfico de barra circular con entalle circunferencial sometida a flexión se obtiene $k_t = 1.9$ del apéndice I se obtiene $q = 0.75$ para $r = 4 \text{ mm}$ y $S_{ut} = 370$

$$k_f = 1 + q(k_t - 1) = 1 + 0.75(1.9 - 1) = 1.675$$

Del mismo modo en el gráfico barra circular con entalle circunferencial sometida a torsión se obtiene $k_{ts} = 1.6$ y en el apéndice J $q = 0.96$

$$k_{ts} = 1 + q(k_{ts} - 1) = 1 + 0.96(1.6 - 1) = 1.57$$

Con estos concentradores de esfuerzos se obtiene el nuevo factor de seguridad por la fórmula:

$$\frac{1}{n} = \frac{32}{\pi d^3} \left\{ \left[\left(\frac{K_f M_a}{S_e} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{K_{ts} T_a}{S_e} \right)^2 \right]^{1/2} + \left[\left(\frac{M_m}{S_{ut}} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T_m}{S_{ut}} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}$$

$n = 2.2$

Una vez corregido el cálculo con los factores de concentración de esfuerzo, el factor de seguridad baja de 3 a 2.2 así que el eje del rodillo no fallará a la fatiga.

Los identadores que se soldarán al rodillo ya fueron diseñados en el capítulo 3.1.3. La diferencia será que estos identadores tendrán un filo de corte en toda su extensión para que no maltrate la caña cuando la esta picando.

Para facilidad de construcción los otros rodillos tendrán el mismo diámetro de rodillo y el mismo diámetro del eje, con el propósito de que los bocines y aditamentos sean iguales.

3.3.4 Selección del Sistema de transmisión

Se escoge la transmisión de cadena, que nos proporciona una relación de velocidad constante (puesto que no hay

deslizamiento ni distensión), este sistema tiene una larga duración o vida útil.

La potencia requerida es de 2.83 Hp y la velocidad es de 28.6 r.p.m. \approx 30 rpm

En el apéndice L se determinará el tipo de carga a transmitir, escogemos Maquinaria para trabajo en Madera; según la tabla la máquina se la clasifica como carga de choque moderado.

La cadena será impulsada por un motor reductor y en este mismo apéndice se encuentra que para Carga de Shock Moderado y poder de entrada Motor Eléctrico, el factor de servicio es de 1.3

La potencia de diseño será igual a

$$H = 1.3(2.83) = 3.68 \text{ Hp}$$

En el apéndice M para 3.68 Hp y 30 rpm cae en una cadena No 100

En el apéndice M a 50 rpm se escoge 3.79 Hp que satisface la requerida. Se ve que el número de dientes de la catalina es de $N = 12$ y el paso $p = 1\frac{1}{4}"$ o 31.75 mm.

Ahora se calculará el diámetro de paso de la rueda catalina.

$$D = \frac{p}{\text{sen}(180/N)} = \frac{31.75}{\text{sen}(180/12)} = 122.6 \text{ mm}$$

Este diámetro es muy grande y ahora se probará con una No 80.

En el apéndice M se encuentra para 50 rpm una potencia de 3.81 Hp que satisface la potencia de diseño. Aquí también se ve que el número de dientes de la catalina es $N = 22$, el paso $p = 1''$ o 25.4 mm

$$D = \frac{p}{\text{sen}(180/N)} = \frac{25.4}{\text{sen}(180/22)} = 178 \text{ mm}$$

Este diámetro es mas grande que el anterior y no sirve.

Ahora se prueba una cadena de doble hilera No 80-2

En el apéndice M se mira el Factor de Hileras Múltiples que para dos hileras es 1.9. En este mismo apéndice para 50rpm y 12 dientes la potencia es 1.98 Hp. Esta cadena es de Tipo A o sea con lubricación manual.

$H_r = 1.9(1.98) = 3.76$ Hp que excede la potencia requerida de 3.68 Hp. Se calcula el diámetro de paso.

$$D = \frac{p}{\text{sen}(180/N)} = \frac{25.4}{\text{sen}(180/12)} = 98.13 \text{ mm}$$

Este diámetro es adecuado. Ahora hay que mirar si el barreno máximo de la catalina es mas grande que el diámetro del eje del motor reductor $\phi = 50 \text{ mm}$

En el apendice N se mira que para una catalina No 80-2 de 12 dientes el barreno máximo es de $1 \frac{7}{8} \text{ in}$ o 47.6 mm ; por lo tanto el eje no alcanzará en ese barreno. Se escoge la catalina siguiente de 13 dientes que como barreno máximo es $2\frac{1}{4}''$ o 57.15 mm . Aquí el eje entra satisfactoriamente.

El siguiente paso es determinar la longitud de la cadena.

$$\frac{L}{p} = \frac{2C}{p} + \frac{N_1 + N_2}{2}$$

L = longitud de la cadena

p = paso de la cadena

C = distancia entre centros

N_1 = número de dientes de la catalina 1

N_2 = número de dientes de la catalina 2

$$\frac{L}{p} = \frac{2(346)}{25.4} + \frac{13+13}{2} = 40.24 \text{ pasos}$$

El número de más próximo de pasos es 40. Se requiere un ligero ajuste en la distancia entre centros.

$$C = \left[\frac{L}{p} - \left(\frac{N_1 + N_2}{2} \right) \right] \frac{p}{2} = \left[40 - \left(\frac{13 + 13}{2} \right) \right] \frac{25.4}{2} = 343 \text{ mm}$$

Cálculo de la longitud de la cadena No 80

La distancia entre centros se la calcula por;

$$C = \sqrt{180^2 + 23^2} = 181.5 \text{ mm}$$

$$\frac{L}{p} = \frac{2C}{p} + \frac{N_1 + N_2}{2} = \frac{2(181.5)}{25.4} + \frac{13 + 13}{2} = 27.3 \text{ pasos}$$

Se tomara el más próximo 28 pasos.

3.4 Diseño de la Estructura de la Máquina

Diseño de la Placa que Sirve de Soporte a los Rodillos

Alimentadores.

Esta placa se la diseñará por aplastamiento, el material a utilizarse es el acero AISI 1010 que tiene un $S_{ut} = 370 \text{ MPa}$ y $S_{yt} = 300 \text{ MPa}$ $E = 207 \text{ Gpa}$. Sobre la lámina actúan la reacción de 2200 N que el rodillo ejerce sobre la caña; y el peso del rodillo.

El peso unitario del acero común se lo obtiene del apéndice H y es $w = 76.5 \text{ kN/m}^3$.

El volumen del rodillo es:

$$V = \frac{\pi d_r^2}{4} h_r + \frac{\pi d_e^2}{4} h_e$$

$$V = \frac{\pi(0.1)^2}{4}(0.2) + \frac{\pi(53 \times 10^{-3})^2}{4}(0.2) = 2.012 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

El peso del cilindro aplanador es

$$P = w V = 76.5 \times 10^3 (2.012 \times 10^{-3}) = 153.92 \text{ N}$$

$$F = 2200 + 153.92 = 2353.92 \text{ N}$$

Se calcula el espesor de la placa con $n = 2$

$$\sigma_{\text{perm}} = S_y / 2 = 300 / 2 = 150 \text{ MPa}$$

$$\sigma = F / A = F / td = 2353.92 / (t \cdot 53 \times 10^{-3})$$

$$t = 4.22 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Con este espesor la lámina no fallará por aplastamiento. Esta lámina esta sometida a compresión, es muy delgada respecto a su longitud, bajo la acción de una carga fallará por flexión o pandeo ante una carga mucho menor que la necesaria para romperla por aplastamiento

Falla por Pandeo

En el gráfico 3.10 se ve el diseño de forma de la placa, aquí se encontrará el espesor de la lámina por las formulas de pandeo.

$$b = 0.2 \text{ m} \quad n = 4 \quad L = 0.3 \text{ m}$$

$$I = (1/12)bh^3$$

$$P_{\text{cr}} = n P = 4(2489.3) = 9957.2 \text{ N}$$

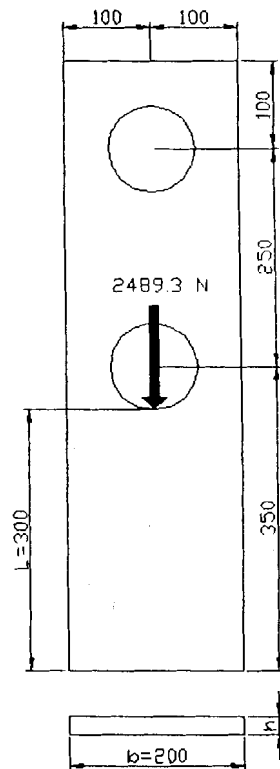


Fig. 3.11 Placa Soporte de los Rodillos Alimentadores.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{4L^2} = \frac{\pi^2 (207 \times 10^9) (1/12) (0.2) h^3}{4(0.3)^2} = 9957.2$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{9957.2 (0.3)^2 (12) (4)}{\pi^2 (207 \times 10^9) (0.2)}} = 4.72 \times 10^{-3} \text{ m o } 4.72 \text{ mm}$$

La relación de esbeltez es

$$\frac{L}{k} = \frac{L}{\sqrt{\frac{h^2}{12}}} = \frac{0.3}{\sqrt{\frac{(4.72 \times 10^{-3})^2}{12}}} = 220$$

Para cerciorarnos de que se trata de un columna de Euler

$$\left(\frac{L}{k}\right)_1 = \left(\frac{2\pi^2 CE}{S_y}\right)^{1/2} = \left(\frac{2\pi^2 (1/4)(207 \times 10^9)}{300 \times 10^6}\right)^{1/2} = 58$$

Que indica que se trata en realidad de una curva de Euler. Por efectos de corrosión, y se soldará los portabocines se cogerá una lámina de 10 mm de espesor.

Diseño de la Placa que Sirve de Soporte a los Rodillos Aplanadores.

Se determinará el espesor de la chapa por aplastamiento, el material AISI 1010. La reacción como se ve en la figura 3.9 es de 4950 N

$n = 2$, el diámetro del rodillo es igual a 50 mm.

$$F = 4950 \text{ N}$$

$$\sigma = S_y / 2 = 300 / 2 = 150 \text{ MPa}$$

$$\sigma = F / A = F / t.d = 4950 / (t.50 \times 10^{-3})$$

$$t = \frac{4950}{(150 \times 10^6)(50 \times 10^{-3})} = 6.6 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Análisis por pandeo.

Sobre la lámina solo actúa el peso del rodillo

$$V = \frac{\pi d_1^2}{4} h_1 + \frac{\pi d_2^2}{4} h_2$$

$$V = \frac{\pi(0.1)^2}{4}(0.5) + \frac{\pi(0.05)^2}{4}(0.14) = 4.2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$P = 76.5 \times 10^3 (4.2 \times 10^{-3}) = 321.3 \text{ N}$$

$$n = 4, \quad L = 0.055 \text{ m}$$

$$P_{\text{cn}} = nP = 4(160.65) = 642.6 \text{ N}$$

$$P_{\text{cr}} = \frac{\pi^2 EI}{4L^2} = \frac{\pi^2 (207 \times 10^9) (1/12) (0.15) h^3}{4(0.055)^2} = 642.6 \text{ N}$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{642.6(0.055)^2(12)(4)}{\pi^2(207 \times 10^9)(0.15)}} = 6.15 \times 10^{-4} \text{ m}$$

La relación de esbeltez es

$$\frac{L}{k} = \frac{L}{\sqrt{\frac{h^2}{12}}} = \frac{0.055}{\sqrt{\frac{(6.15 \times 10^{-4})^2}{12}}} = 309.8$$

Para cerciorarnos de que se trata de un columna de Euler

$$\left(\frac{L}{k}\right)_1 = \left(\frac{2\pi^2 CE}{S_y}\right)^{1/2} = \left(\frac{2\pi^2 (1/4)(207 \times 10^9)}{300 \times 10^6}\right)^{1/2} = 58$$

Como este valor es menor que el anterior, cae en la curva de Euler.

El espesor de la chapa será de 10 mm ya que hay que soldar a ambos lados de la placa el portabocin.

$$\sigma = \frac{S_y}{n} = \frac{290}{2} = 145 \text{ MPa}$$

$$A = 2 t e = 2(t)(40 \times 10^{-3}) = 80 \times 10^{-3} t$$

$$145 \times 10^6 = \frac{2200}{80 \times 10^{-3} t}$$

$$t = \frac{2200}{(80 \times 10^{-3})(145 \times 10^6)} = 1.89 \times 10^{-4} \text{ m}$$

t será igual a 10 mm

Cojinetes de los Rodillos Aplanadores.

$$n = 2$$

$$e = 40 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$d = 50 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$F = 4950 \text{ N}$$

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{S_y}{n} = \frac{290}{2} = 145 \text{ MPa}$$

$$A = 2 t e = 2(t)(40 \times 10^{-3}) = 80 \times 10^{-3} t$$

$$145 \times 10^6 = \frac{4950}{80 \times 10^{-3} t}$$

$$t = \frac{4950}{(80 \times 10^{-3})(145 \times 10^6)} = 4.26 \times 10^{-4} \text{ m}$$

t será igual a 10 mm

Sistema de Cepillado de los Nudos.

Para este sistema se pensó en colocar debajo del segundo rodillo aplanador una cuchilla estandar de cepilladoras de madera. Esta cuchilla es sostenida a los extremos, y por debajo mediante un perno.

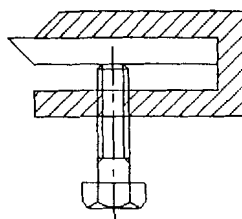


Fig. 3.13 Sistema de Cepillado.

Cálculo de los Pernos que Sujetan la Estructura con la Plataforma

Cuando la caña se esta abriendo produce una fuerza hacia atrás como se ve en la figura 3.14, los pernos deben mantener a la plataforma en su sitio. Esta fuerza es de 500 kg es decir 4900 N. Como son 4 pernos la fuerza seria de 1225 N.

Se encontrará el factor de seguridad, este perno esta sujeto a cortante. Se usará pernos M6 x 1, con $S_y = 240 \text{ Mpa}$

$$\sigma_{\text{per}} = S_y / 2 = 240 / 2 = 120 \text{ MPa}$$

El área del diámetro menor es 17.9 mm^2

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{1225}{1.79 \times 10^{-5}} = 68.43 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{\rho_{\text{perm}}}{\tau} = \frac{120}{68.43} = 1.75$$

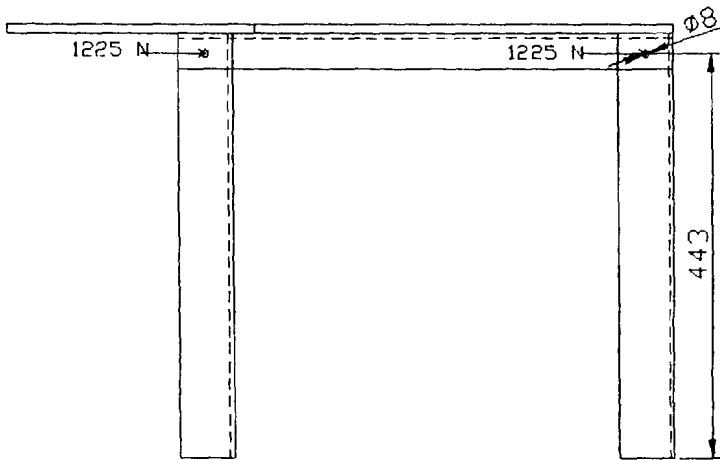


Fig. 3.14 Column Soporte de la Plataforma.

Cálculo por Aplastamiento del Perno sobre el Angulo.

Como se ve en la figura anterior el ángulo podría fallar por aplastamiento. El diámetro del perno es de 6 mm y el espesor del ángulo es de 5 mm; el material será de acero AISI 1010, $S_y = 300 \text{ MPa}$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{F}{td} = \frac{1225}{5 \times 10^{-3} (6 \times 10^{-3})} = 40.83 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma} = \frac{300}{40.83} = 7.34$$

Diseño de la Columnas que Sostienen la Plataforma.

En la figura 3.14 se ve claramente que el ángulo esta sometido a un esfuerzo de flexión.

$$M = f \times d = 1225(443 \times 10^{-3}) = 542.6 \text{ Nm}$$

$$C = 42.7 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$I = 1.94 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{542.6(42.7 \times 10^{-3})}{1.94 \times 10^{-7}} = 119.44 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = 59.72 \text{ MPa} \quad \sigma_a = 59.72 \text{ MPa}$$

$$S_e' = 0.504 S_{ut} = 0.504(370) = 186.48 \text{ MPa}$$

$$k_a = a S_{ut}^b = 57.7(370)^{-0.718} = 0.82$$

$$A = 450 \text{ mm}^2 \quad d_e = 23.9 \text{ mm}$$

$$k_b = \left(\frac{23.9}{7.62} \right)^{-0.1133} = 0.87 \quad k_c = 1 \text{ por flexión}$$

$$S_e = 0.82(0.87)(1)(186.48) = 133.03 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{S_e S_{ut}}{\sigma_a S_{ut} + \sigma_m S_e} = \frac{133.03(370)}{59.72(370) + 59.72(133.034)} = 1.63$$

Cálculo de la Soldadura de la Columna Anterior.

La soldadura esta sometida a torsión, se usará soldadura 6011, las propiedades se tomarán las del metal base que son:

$S_{ut} = 370 \text{ MPa}$ y $S_y = 300 \text{ MPa}$, del apéndice k se tiene

$$A = 1.414h(b+d) = 1.414.(5 \times 10^{-3})(55 \times 10^{-3} + 35 \times 10^{-3}) = 6.36 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

El esfuerzo primario es

$$\tau_v = \frac{V}{A} = \frac{1225}{6.35 \times 10^{-4}} = 1.92 \text{ MPa}$$

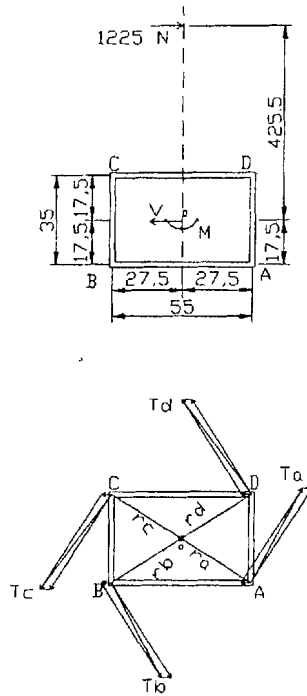


Fig. 3.15 Cálculo de la Soldadura de la Columna.

Las distancias r_i

$r_a \ r_b \ r_c \ r_d = \sqrt{27.5^2 + 17.5^2} = 32.6 \text{ mm}$. El valor de J se lo saca del apéndice K de soldadura a la torsión.

$$J_u = (b+d)^3/6 = (55 \times 10^{-3} + 35 \times 10^{-3})^3 / 6 = 1.215 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$J = 0.707 h J_u = 0.707 (5 \times 10^{-3}) (1.215 \times 10^{-4}) = 4.295 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$M = F \times d = 1225 (425.5 \times 10^{-3}) = 521.2 \text{ N m}$$

Los esfuerzos de corte secundarios en cada extremo

$$\tau''_A = \tau''_B = \tau''_C = \tau''_D = \frac{Mr}{J} = \frac{521.2(32.6 \times 10^{-3})}{4.295 \times 10^{-7}} = 44.41 \text{ MPa}$$

Sumando vectorialmente los esfuerzos de corte se tiene:

$$\tau_A = \tau_B = 43.4 \text{ MPa}$$

$$\tau_C = \tau_D = 45.47 \text{ MPa} \quad \text{entonces } \tau_{\max} = 45.47 \text{ MPa}$$

$$\tau_m = (\tau_{\max} + \tau_{\min})/2 = (45.47 + 0) / 2 = 22.8 \text{ MPa}$$

$$\tau_a = (\tau_{\max} - \tau_{\min})/2 = (45.47 - 0) / 2 = 22.8 \text{ MPa}$$

$$S'_e = 0.504 S_{ut} = 0.504(370) = 186.48 \text{ MPa}$$

$$k_a = a S_{ut}^b = 57.7(370)^{-0.718} = 0.82$$

$$d_e = 0.808(0.707 h b)^{1/2} = 0.808\{0.707(5)(55)\}^{1/2} = 11.26 \text{ mm}$$

$$k_b = \left(\frac{11.26}{7.62} \right)^{-0.1133} = 0.95$$

$$k_c = 0.577 \text{ por torsión}$$

$$S_e = 0.82(0.95)(0.577)(186.48) = 83.81 \text{ MPa}$$

$$S_{su} = 0.67 S_{ut} = 0.67(370) = 247.9 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{S_{se} S_{su}}{\tau_a S_{su} + \tau_m S_{se}} = \frac{83.81(247.9)}{22.8(247.9) + 22.8(83.81)} = 2.74$$

Este factor de seguridad sobrepasa el recomendado por el AISC

de $n = 1.44$

CAPÍTULO 4

4. ANALISIS ECONOMICO.

Costo de Materiales.

Descripción	Costo (sucres)
Motor reductor 5.5 Hp	28 900 000
Motor reductor 3 Hp	26 575 000
Cadenas	1 695 000
3 Catalinas	533 250
3 Metros de acero redondo de 4"	7 525 000
Angulos 1½	176 000
Tubo de 6"	150 000
Soldadura 6011	106 000
Plancha de acero	245 000

Mano de Obra.

Mano de Obra	7 822 687
--------------	-----------

Costo de Montaje y Puesta a Punto.

Montaje	300 000
---------	---------

Puesta a Punto	100 000
----------------	---------

Beneficio 25%	16 476 312
---------------	------------

Costo Total	90 604 249
-------------	------------

Ahora determinaremos el tiempo en que recupera la inversión. La máquina tendrá un solo operador, y lo único que gasta es la corriente eléctrica.

El sueldo del operador de la máquina será el básico que es igual a 1200000 sucres mensuales.

El precio del kilovatio – hora es 642 sucres, como la máquina trabajará 8 horas diarias serán 160 horas al mes

$$8.5 \text{ Hp} = 6.341 \text{ Kw}$$

El precio de la corriente eléctrica mensual es:

$$6.341(160)(642) = 651\ 347 \text{ Sucres}$$

El costo de operación de la máquina en un mes es 1 851 347 Sucres.

La máquina pica a la caña a razón de 0,15 m/s, tardará 16 s en picar una caña de 2.5 m. El operario debe acomodar la caña y proceder a cargar una nueva, asumimos que en estos 3 pasos el operario tarde 1.5 minutos. Entonces la máquina picará 320 cañas diarias; por otro lado un hombre pica un promedio de 60 cañas diarias.

$$No_{\text{hombres}} = \frac{320}{60} = 5.33$$

Tomaremos que la máquina sustituye a 5 hombres.

La máquina gasta al mes 1 851 347 sucres mensuales y los 5 hombres con un sueldo básico cobrarán 6 000 000 sucres mensuales, por mes hay un ahorro de

$$6\,000\,000 - 1\,851\,347 = 4\,148\,653 \text{ Sucres}$$

$$t = \frac{90604249}{4148653} = 21.8 \text{ meses}$$

En un año y 10 meses se recupera la inversión.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El recurso Caña Guadua debe ser aprovechado al máximo por ser un recurso natural renovable, bajo costo, es abundante, de rápido crecimiento, alta relación resistencia/peso, de característica sismoresistente, es liviano y fácil de trabajar; por su bajo peso se hace transportable, por la configuración del tronco fibroso y hueco es de fácil corte. Considerado como especie forestal por que es un sustituto de la madera y en el futuro puede ser utilizado como fuente de energía.

2. De las dimensiones definidas y operaciones específicas este diseño puede picar caña guadua de hasta 15 cm de diámetro, se excluyen cañas de mayor diámetro, que por su gran tamaño y resistencia demandan de una máquina de características particulares que faculten un picado adecuado.

3. De las pruebas hechas en el laboratorio se concluye la necesidad de utilizar la máxima fuerza cuando se empieza a cortar la caña en pleno nudo.
4. Se requiere el 66% de la fuerza del caso anterior siempre y cuando el nudo de la caña este alejado de la cuchilla y convexo.
5. Se necesita el 58% de la fuerza cuando se empieza a cortar la caña en pleno nudo, encontrándose el nudo alejado y cóncavo a la cuchilla.
6. De las muestras de caña utilizadas en el laboratorio se determina que es más fácil picar caña verde que seca, esta última se vuelve muy dura.
7. Para que la máquina tenga una larga vida se recomienda: picar la guadua verde, cortar a ras el primer nudo y enviarlo cóncavo a la cuchilla.
8. Se recomienda la realización de la etapa subsiguiente, la cual debería planificarse para ejecutar la construcción y pruebas; además, su posterior evaluación para establecer las medidas correctivas a tomarse y alcanzar su perfeccionamiento.

9. Finalmente se sugiere a las autoridades y organismos de investigación de la ESPOL , incentivar y apoyar proyectos que, como este, presenten soluciones a los problemas en especial de sectores marginales de la economía nacional a los que no se les ha dado la importancia que verdaderamente tienen, dadas sus implicaciones sociales.

APENDICES

APÉNDICE A

Productos utilizados para preservar el bambú

Preservativos utilizados de acuerdo a la aplicación final del bambú

Aplicación del bambú tratado	Tipo de Preservativo	Concentración %	Absorción Lbs/pie 3 Sal seca	Duración del tratamiento en horas	Año de servicio esperado
Para uso a la interperie y en contacto con el suelo Postes para cercos, astas, andamios, etc. Soportes para plantas	A a C E	A C - 8 B - 4 E - 10	A, B, C 0.3 a 0.4 0.3	3 - 4 2	10 - 15 8 - 10
Construcción de vivienda: Cerchas, pares, correas, cabios y columnas Persianas, cielo rasos, paneles para puertas	A a E F, G, H, I	A & C - 6 B - 3; D - 8 E - 10 F, G, H - 6 1 - 2	A a D - 0 0.2 a 0.3 E 0.5 0.1 - 0.2	2 - 3 1	15 - 20 10
Refuerzos Refuerzo en concreto Refuerzo en muros recubiertos con barro	F & F D & E	6 D - 6; E - 8	0.2 0.2 a 0.3	1 - 2 1	25 - 30 10 - 15
Artículos artesanales: Canastas, zarandas, tamiz, etc.	G & H	5	0.1	0.5	5 - 8
Soportes profilácticos	A a I Dependiendo del uso final del bambú	6 - 8	0.05	0.5	5
Protección del fuego: Parte interna de la casa Al aire libre	J J	25 25	2 a 3 2 a 3	6 a 8 6 a 8	15 - 20 10 - 15

óxido de arsénico sulfato de cobre cristalizado dicromato de sodio	1:3:4	G. Acido bórico Borax Dicromato de sodio	2 : 2 : 0.5
sales de Bolinden		H. Acido bórico Borax	1 : 1
sulfato de cobre dicromato de sodio ácido acético	5.6:5.6:0.25	I. Pentaclorofenato de sodio	
ácido bórico sulfato de cobre cristalizado dicromato de sodio	1.5 : 3 : 4	J. Composición antiséptica a prueba de fuego: Acido bórico Sulfato de cobre cristalizado Cloruro de zinc Dicromato de sodio	3 : 1 : 5 : 6
cloruro de zinc dicromato de sodio	1 : 1		
cloruro de zinc dicromato de sodio	5 : 1.5		

APÉNDICE B

USOS DEL BAMBÚ

A

Abanicos, abono, adornos, afrodisiaco, aguamanos, aguardiente, agujas para acupuntura, agarraderas, alarmas, alcohol, alimento, almacenamiento de vino, amuletos, anclas, andamios, anotador de puntos, argollas, armas de fuego, armaduras para casas, armarios para libros, arpones, artículos voladores, asta de bandera, azucareras

B

Bahareque, balsas, barriles, base para la aplicación de morteros y pañetes, bastón para caminar, bejucos, bicicletas, biombos, bisagras, boquillas, bombas de agua, botones, boyas, brazaletes, brochas

C

Cables, cajas, calzador, camas, campana para vacas, canastos, candeleros, canaletas, capota de botes, carbón vegetal, carreta de mano, casas, cascos, castañuelas, catalizadores, cedazos, ceniceros, cepillos de fregar, cercas, cerbatana y dardos, cerveza, cerrojos, cestos, cielorazos, cinceles, cítaras, clavos, coche de bebes, coladores, colgaderos, combustible, colmenas, construcción de todo tipo de estructuras, copas, cortadoras de papel, cortinas, cruces, cubetas, cubiertas, cucharones, cultivo de hongos, cultivo de ostras, cunas

D

Desodorantes, desván, domos, dragas, duelas

E

Escaleras, esclusas, escobas, escritorios, espantapájaros, establos, estacas, esteras, estructuras provisionales, estuches

F

Flautas, flechas y punta de flechas, floreros, fortificaciones defensivas, forraje, fuegos artificiales

G

Gaitas, gallineros, garrotes, gránulos, guardabarrros, guarda losas

H

Hieleras, horquillas, humedecedor

I

Iniciador de fuego, instrumentos musicales, invernaderos

J

Jarros, jaulas, joyeros, juegos, juguetes

K

Kioscos

L

Lamparas, latas, látigos, lavaderos, lazo para arcos, leña, listones, losas, luminarias

M

Maceteros, mallas flotantes, marcos, marimbas, mástil, mazos, mecha de lamparas, muebles, muelles, muñecas

O

Organos

P

Palas, palillos para comer, paraguas, parasoles, paredes, partes de alas para aeroplano y como piel para fuselaje, pasta para libros, peines, perchas, persianas, pilotes, pinchos para cocina, pipas de agua, piscinas, pisos, pistola de agua, plataformas de disparo, platos, plumas, porta lápices, postes, puentes, puertas, pulpa de papel, puntas, puntos de apoyo, pulverizadores

R

Ralladores, rastrillos, recogedores, red de pescador, redes, refuerzo de concreto y adobe, reglas, regla de calculo, represas, rompeviento

S

Sandalias, sarta, sembraderos, sentaderos, servilleteros, sillas, silbatos, sofás, sogas, sombreros, sonajeros, soportes de antenas, soporte de teja de barro, suela de zapato, sujetadores

T

Tableros, tablillas, tapias, tasas, techos, telares, tejas, templos, tendales, tienda de campaña, torres, trailers, transporte, tuberías

V

Vagones, Valiha (instrumento musical), vallas de nieve, vara para pescar, varas de incienso, vasijas para cocina, veleros, venenos, vertederos

X

xilófono

APÉNDICE C

Glosario

Canuto, parte que media entre nudo y nudo de una caña.

Cañas Sazonadas, aquellas cañas que tienen 3 ó más años.


Cogollo, renuevo de un árbol.

Curado, a la caña para hacerla más duradera y menos propenso al ataque de insectos y hongos, esta después de cortada, debe someterse ya sea a un tratamiento, que tiene como fin reducir o descomponer el contenido de almidón, o a un tratamiento con preservativos químicos contra los insectos y hongos.

Manchas, asociaciones naturales de la caña guadua en la selva tropical, con coloración verde clara de sus cañas plumosas.

Parte Basal, parte inferior de la caña.

Rizoma, tallo subterráneo que tienen ciertas plantas.



APÉNDICE D

Combinación de la teoría de la energía de distorsión para el esfuerzo y la línea de Goodman modificada para la resistencia a la fatiga.

$$d = \left(\frac{32n}{\pi} \left\{ \left[\left(\frac{K_f M_a}{S_e} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{K_{ts} T_a}{S_e} \right)^2 \right]^{1/2} + \left[\left(\frac{M_m}{S_{ut}} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T_m}{S_{ut}} \right)^2 \right]^{1/2} \right\} \right)^{1/3}$$

$$\frac{1}{n} = \frac{32}{\pi d^3} \left\{ \left[\left(\frac{K_f M_a}{S_e} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{K_{ts} T_a}{S_e} \right)^2 \right]^{1/2} + \left[\left(\frac{M_m}{S_{ut}} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T_m}{S_{ut}} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}$$

APENDICE E

Tabla para seleccionar motores reductores

ASEA

Table (Geared motor selection, see p.4)

Output Continuous hp	Output speed at full load rpm	Designation motor-gear unit MT/UABF	Output torque kgf m	Max. transverse force kgf	Suitable coupling type	Mst/M	Ist/I
3	454	100LA-4/146	4,7	180	KEA 38	2,2	5
	353	100LA-4/146	6	190	KEA 38	2,2	5
	283	100LA-4/146	7,5	200	KEA 42A	2,2	5
	229	100LA-4/148	9,3	335	KEA 42A	2,2	5
	178	100LA-4/148	12	335	KEA 42A	2,2	5
	139	100LA-4/246	15,2	400	KEA 42B	2,2	5
	113	100LA-4/246	18,8	400	KEA 46A	2,2	5
	90	100LA-4/246	23,7	400	KEA 46A	2,2	5
	70	100LA-4/246	30,5	450	KEA 46A	2,2	5
	56	100LA-4/246	38	450	KEA 46A	2,2	5
	47	100LA-4/248	45,5	550	BEK 311	2,2	5
	37	100LA-4/248	58	550	BEK 311	2,2	5
	31	112M-6/250	70	700	BEK 361	2,2	5
	24	112M-6/250	90	700	BEK 361	2,6	5
	17,8	100LA-4/353	118	1150	BEK 412	2,6	5
	14,5	100LA-4/353	146	1150	BEK 462	2,2	5
	11,3	100LA-4/353	187	1150	BEK 462	2,2	5
	8,7	100LA-4/356	240	1500	BEK 462	2,2	5
	7,2	100LA-4/356	290	1500	BEK 562	2,2	5
	5,6	100LA-4/356	380	1500	BEK 612	2,2	5
	4,6	100LA-4/358	465	2000	BEK 612	2,2	5
5,5	452	112M-4/148		255	KEA 42A	2,5	6,5
	354	112M-4/148		270	KEA 42A	2,5	6,5
	290	112M-4/150		350	KEA 42B	2,5	6,5
	229	112M-4/150		410	KEA 46A	2,5	6,5
	178	112M-4/150	22	430	KEA 46A	2,5	6,5
	143	112M-4/248	27,5	450	KEA 46A	2,5	6,5
	114	112M-4/248	34,5	450	KEA 46A	2,5	6,5
	92	112M-4/248	43	480	BEK 262	2,5	6,5
	72	112M-4/248	54	500	BEK 311	2,5	6,5
	59	112M-4/250	66	700	BEK 361	2,5	6,5
	47	112M-4/250	84	700	BEK 361	2,5	6,5
	36	112M-4/250	108	700	BEK 411	2,5	6,5
	30	132S-6/253	118	1150	BEK 412	1,7	5
	24	132S-6/253	150	1150	BEK 462	1,7	5
	17,5	112M-4/356	225	1500	BEK 512	2,5	6,5
	14	112M-4/356	280	1500	BEK 562	2,5	6,5
	11	112M-4/356	365	1500	BEK 612	2,5	6,5
	9,2	112M-4/356	430	2000	BEK 612	2,5	6,5

Mst/M = Starting torque/full load torque

Ist/I = Starting current/full load current

for direct on line starting at rated voltage and rated frequency

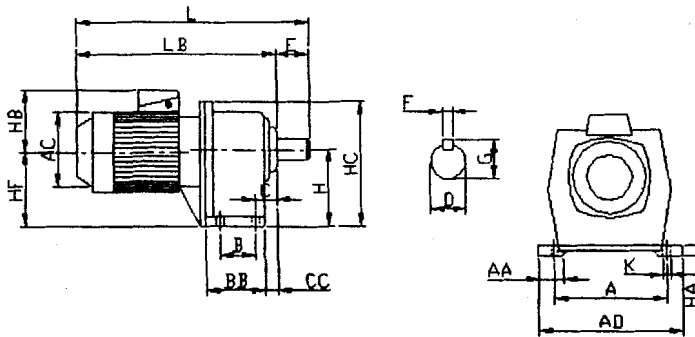
APENDICE F

Dimensiones del motor reductor

ASEA

Dimensions

2 stage geared motors



MT

MS/UABF	A	AA	AC	AD	B	BB	C	CC	D	E	F	G	H	HA	HB	HC	HF	K	L
90S/248	240	48	178	280	95	139	44	28	42	75	12	45.5	180	25	122	293	172	15	505
90L/248			178												122				530
100L, LA/248			198												138				560
112M/248			224												164				588
90L/250	270	45	178	310	100	144	50	36	50	85	4	54	212	30	122	335	202	15	552
100L, LA/250			198												138				582
112M/250			224												164				610
132S/250			250												176				647
132M/250			250												176				685
112M/253	360	62	224	410	145	198	55	37	65	110	18	70	265	38	164	425	253	18	689
132S/253			250												176				726
132M/253			250												176				764
160M/253			305												224				834
160L/253			305												224				878
132S/256	440	80	250	510	165	231	64	42	80	135	22	85	335	45	176	535	320	22	789
132M/256			250												176				827
160M/256			305												224				897
160L/256			305												224				941
180M, L/256			351												240				1009
200L/256			392												275				1034

Dimensions are in mm and are subject to modification without notice.

APENDICE G

Resistencia de los aceros

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS NUM.	SAE Y/O AISI NO.	PROCESA- MENTO	RESISTENCIA ULTIMA, MPa (kpsi)	RESISTENCIA DE FLUENCIA MPa (kpsi)	ELONGACION EN 2 in. %	REDUCCION EN AREA %	DUREZA BRINELL
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	171 (24)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	172 (24)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	301 (44)	28	50	101
		CD	390 (56)	302 (44)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	303 (44)	25	50	116
		CD	440 (64)	304 (44)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	305 (44)	25	50	111
		CD	470 (68)	306 (44)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	307 (44)	20	42	137
		CD	520 (76)	308 (44)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	309 (44)	18	40	143
		CD	550 (80)	310 (44)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	311 (44)	18	40	149
		CD	590 (85)	312 (44)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	313 (44)	16	40	163
		CD	630 (91)	314 (44)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	315 (44)	15	35	179
		CD	690 (100)	316 (44)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	317 (44)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	318 (44)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	319 (44)	10	25	248

Fuente: 1986 SAE Handbook, p. 2.15.

APENDICE H

Constantes elásticas y físicas de materiales

MATERIAL	MODULO DE ELASTICIDAD E		MODULO DE RIGIDEZ G		RELACION DE POISSON	PESO UNITARIO w		
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa		lb/in ³	lb/ft ³	kN/m ³
Aluminio (todas las aleaciones)	10.3	71.0	3.80	26.2	0.334	0.098	169	26.6
Cobre al berilio	18.0	124.0	7.0	48.3	0.285	0.297	513	80.6
Latón	15.4	106.0	5.82	40.1	0.324	0.309	534	83.8
Acero común	30.0	207.0	11.5	79.3	0.292	0.282	487	76.5
Hierro colado (gris)	14.5	100.0	6.0	41.4	0.211	0.260	450	70.6
Cobre	17.2	119.0	6.49	44.7	0.326	0.322	556	87.3
Madera (albedo Douglas)	1.6	11.0	0.6	4.1	0.33	0.016	28	4.3
Vidrio	6.7	46.2	2.7	18.6	0.245	0.094	162	25.4
Inconel	31.0	214.0	11.0	75.8	0.290	0.307	530	83.3
Plomo	5.3	36.5	1.9	13.1	0.425	0.411	710	111.5
Magnesio	6.5	44.8	2.4	16.5	0.350	0.065	112	17.6
Molibdeno	48.0	331.0	17.0	117.0	0.307	0.368	636	100.0
Monel	26.0	179.0	9.5	65.5	0.320	0.319	551	86.6
Níquel plata	18.5	127.0	7.0	48.3	0.322	0.316	546	85.8
Acero al níquel	30.0	207.0	11.5	79.3	0.291	0.280	484	76.0
Bronce fosforado	16.1	111.0	6.0	41.4	0.349	0.295	510	80.1
Acero inoxidable	27.6	190.0	10.6	73.1	0.305	0.280	484	76.0

APENDICE I

Diagrama de factores de concentracion de esfuerzo

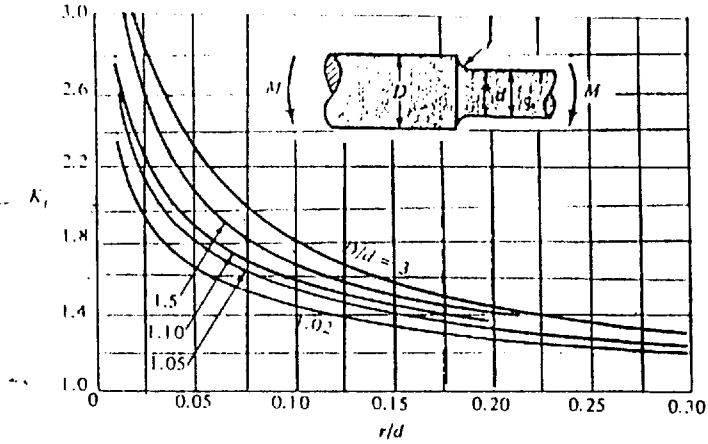


FIGURA A-15-9

Barra circular con entalle circular sometida a flexión. $\sigma_0 = Mc/I$, donde $c = d/2$ e $I = \pi d^4/64$.

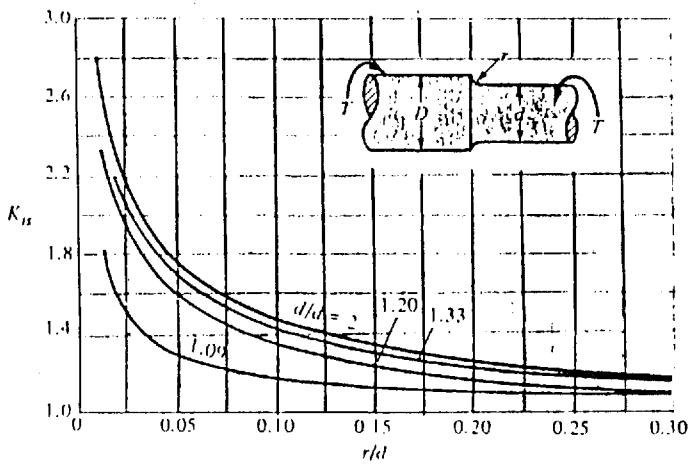
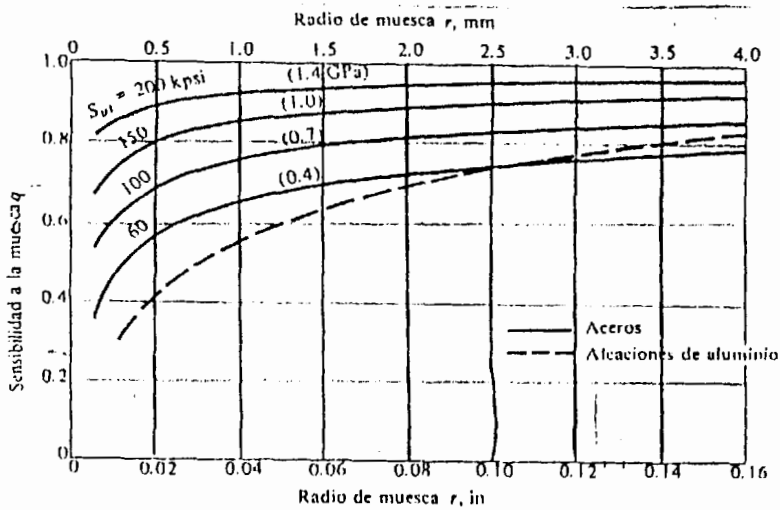


FIGURA A-15-8

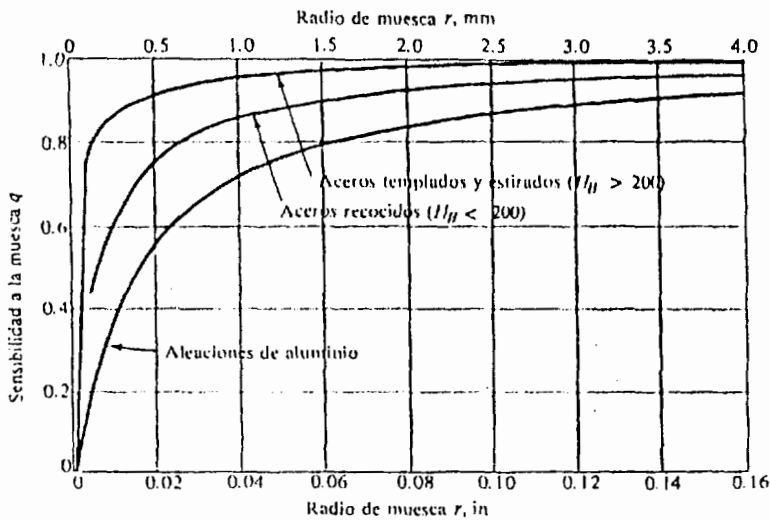
Barra circular con entalle circular sometida a torsión. $\tau_0 = Tc/J$, donde $c = d/2$ y $J = \pi d^4/32$.

APENDICE J

Diagrama de sensibilidad a la muesca



Diagramas de sensibilidad a la muesca para aceros y aleaciones de aluminio forjado UNS A92024-T sometidas a cargas de flexión y cargas axiales, con inversión ambas. Para radios de muesca mayores, use los valores de q correspondientes a $r = 0.16$ in (4 mm) [Reproducida con autorización de George Sines y J. L. Waisman (compiladores), *Metal Fatigue*, McGraw-Hill, Nueva York, 1959, págs. 296, 298.]

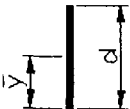
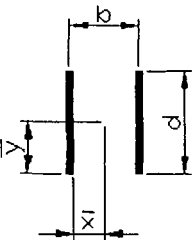
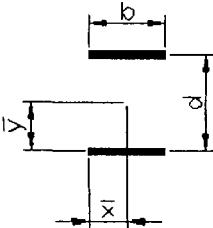


Curvas de sensibilidad a la muesca para materiales en torsión con inversión. Para radios de muesca mayores, use los valores de q correspondientes a $r = 0.16$ in (4 mm).

APENDICE K

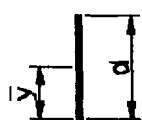
Propiedades de las uniones de soldadura

Propiedades a la flexión de uniones de soldaduras de filete

FORMA DE UNION	AREA DE GARGANTA	UBICACION DE G	SEGUNDO MOMENTO DE AREA UNITARIO
	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{12}$
	$A = 1,414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{6}$
	$A = 1.414hb$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{bd^2}{12}$

Propiedades a la torsión de juntas soldadas de filete

SOLDADURA	AREA DE GARGANTA	UBICACION DE G	SEGUNDO MOMENTO POLAR DE AREA UNITARIO
-----------	------------------	----------------	--

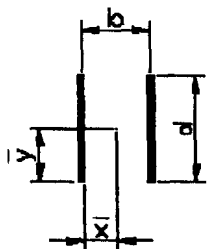


$$A = 0.707hd$$

$$\bar{x} = 0$$

$$J_u = d^3 / 12$$

$$\bar{y} = d/2$$

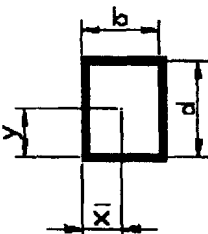


$$A = 1.414hd$$

$$\bar{x} = b/2$$

$$J_u = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$$

$$\bar{y} = d/2$$



$$A = 1.414h(b+d)$$

$$\bar{x} = b/2$$

$$J_u = \frac{(b+d)^3}{6}$$

$$\bar{y} = d/2$$

APENDICE L

TIPO DE CARGA Y FACTOR DE SERVICIO DE UNA CADENA MARTIN.

Clasificación de Servicio - Tabla I	
Carga Uniforme	
Agitadores, Líquido	Generadores
Sopladores, Centrifugos	Ejes de Línea, Carga Uniforme
Transportadores, Carga Uniforme	Máquinas, Carga Uniforme No-Reversible
Elevadores, Carga Uniforme	Bombas, Centrifugas
Carga de Choque Moderado	
Agitadores	Ejes de Línea, Carga Irregular
Compresores, Centrifugos	Máquinas, Carga Pulsante, No-Reversible
Transportadores, Carga Irregular	Bombas, Recíprocas, Carga Uniforme
Elevadores, Carga Irregular	Pantallas, Rotativas, Carga Uniforme
Molinos, Hornos Pulpa y Secadoras	Maquinaria para trabajo en Madera
Lavandería, Lavadoras y Secadoras	
Carga de Choque Pesado	
Máquinas para Ladrillos	Molinos, Martillo, Laminador o Tirante
Compresores	Prensas
Recíprocos	Bombas, Recíprocas, Simplex o Duplex
Trituradores	
Máquinas, Cargas Reversibles o de Impacto	

Factor de Servicio - Tabla II			
CLASIFICACION DE SERVICIO	TIPO DE PODER DE ENTRADA		
	Motor de Combustión Interna con Transmisión Hidráulica	Motor Eléctrico o Turbina	Motor de Combustión Interna con Transmisión Mecánica
Carga Uniforme	1.0	1.0	1.2
Carga de Shock Moderado	1.2	1.3	1.4
Carga de Shock Pesado	1.4	1.5	1.7

Condiciones Desfavorables de Operación

que puedan presentarse deben compensarse añadiendo 2 al Factor de Servicio por cada condición desfavorable. Algunas de estas condiciones se enlistan a continuación:

1. Rangos excesivos de velocidad - excediendo 7 a 1
2. Cargas pesadas de arranque con arranques y paros constantes
3. Condiciones de altas temperaturas, condiciones inusuales abrasivas, o bien circunstancias que reduzcan la efectividad de la lubricación o que no permitan el uso de los procedimientos de lubricación recomendados.

APENDICE M

POTENCIA DE DISEÑO EN Hp DE UNA CADENA MARTIN.



Rangos de H.P. Cadena de Rodillo de Hilera Sencilla

Rangos de H.P. — Cadenas de Hilera Sencilla Paso Estándar

Para Rangos de Hileras Múltiples, Vea la Gráfica de Abajo
Paso 1" No. 80

No. de Dientes del Sprocket Menor	REVOLUCIONES POR MINUTO — SPROCKET MENOR																					
	25	30	36	42	50	60	72	84	100	120	144	168	200	240	288	360	420	480	600	720	840	1000
11	0.97	1.00	3.36	6.20	9.04	11.7	14.3	19.4	23.0	19.6	14.9	11.0	9.69	8.12	6.93	6.01	5.27	4.42	3.77	1.70
12	1.00	1.00	3.69	6.09	8.93	12.9	15.7	21.3	26.2	22.3	17.0	13.5	11.0	0.25	7.90	8.85	6.01	5.04	4.30
13	1.16	2.16	4.03	7.52	10.8	14.0	17.1	23.2	29.1	25.2	19.2	15.2	12.5	10.4	0.91	7.72	6.79	5.60	4.85

Paso 1 1/4" No. 100

No. de Dientes del Sprocket Menor	REVOLUCIONES POR MINUTO — SPROCKET MENOR																						
	25	30	36	42	50	60	72	84	100	120	144	168	200	240	288	360	420	480	600	720	840	1000	
11	0.81	1.05	3.45	6.44	12.0	17.3	22.4	27.4	32.3	37.1	32.0	27.5	23.4	20.3	17.8	15.8	14.2	11.6	9.71	8.29	7.19	6.31	1.29
12	0.89	2.03	3.70	7.09	13.2	19.0	24.0	30.1	35.5	40.0	37.3	31.3	26.7	23.2	20.3	18.0	16.1	13.2	11.1	9.45	8.19	7.19	...
13	0.87	2.22	4.13	7.72	14.4	20.7	26.9	32.0	37.7	44.5	42.1	35.3	30.1	26.1	22.0	20.3	18.2	14.9	12.5	10.6	9.23	8.10	...

Tipo A Lubricación Manual
Tipo B Lubricación de Baño o Disco
Tipo C Lubricación de Chorro de Acolite

Factores de Hileras Múltiples

No. de Hileras	Factor de Hilera
1	1.0
2	1.6
3	2.8
4	3.7

APENDICE N

DIMENSIONES DE LAS CATALINAS MARTIN.



Sprockets en
Existencia de Acero

No. 80-2
Paso 1"

Doble-Tipo B y C

No. de Dientes	Número de Parte	Diámetro Exterior	Tipo	Barran (pul)		Maza (pul)		Peso Lbs. (Aprox.)
				Pilote	Máx. Rac.	Diám.	Largo Total	
10	D80B10H	3.600	B	1	1 1/2	2 1/4	2 1/2	3.6
11	D80B11H	4.010	B	1	1 1/2	2 1/2	2 1/2	4.0
12	D80B12H	4.330	B	1	1 1/2	2 1/2	2 1/2	5.1
13	D80B13H	4.660	B	1	2 1/2	3 1/2	2 1/2	6.3
14	D80B14H	4.980	B	1	2 1/2	3 1/2	2 1/2	7.6
15	D80B15H	5.300	B	1	2 1/2	3 1/2	2 1/2	9.0
16	D80B16H	5.630	B	1	2 1/2	4	2 1/2	11.0
17	D80B17H	5.950	B	1	3	4 1/2	2 1/2	13.2
18	D80B18H	6.270	B	1	3 1/2	4 1/2	2 1/2	15.0
19	D80B19H	6.590	B	1	3 1/2	5	2 1/2	17.0
20	D80B20H	6.910	B	1	3 1/2	5	2 1/2	18.2
21	D80B21H	7.240	B	1	3 1/2	5	2 1/2	19.6
22	D80B22H	7.560	B	1	3 1/2	5	2 1/2	21.0
23	D80B23H	7.880	B	1	3 1/2	5	2 1/2	22.8
24	D80B24H	8.200	B	1	3 1/2	5 1/2	2 1/2	25.1
25	D80B25H	8.520	B	1	3 1/2	5 1/2	3	28.3
26	D80B26	8.840	B	1	3 1/2	5 1/2	3	29.9
30	D80B30	10.110	B	1 1/2	3 1/2	5 1/2	3	39.5
32	D80B32	10.750	B	1 1/2	3 1/2	5 1/2	3	43.8
35	D80B35	11.710	B	1 1/2	3 1/2	5 1/2	3	49.1
36	D80B36	12.030	B	1 1/2	3 1/2	5 1/2	3 1/2	54.2
42	D80B42	13.940	B	1 1/2	3 1/2	5 1/2	3 1/2	71.5
45	D80B45	14.900	B	1 1/2	3 1/2	5 1/2	3 1/2	73.5
52	D80C52	17.130	C	1 1/2	3 1/2	5 1/2	3 1/2	78.4
60	D80C60	19.600	C	1 1/2	3 1/2	5 1/2	3 1/2	93.3
60	D80C60	22.230	C	1 1/2	3 1/2	6	4	96.2
76	D80C76	24.780	C	1 1/2	3 1/2	6	4	113
95	D80C95	30.830	C	1 1/2	4	6	4 1/2	165

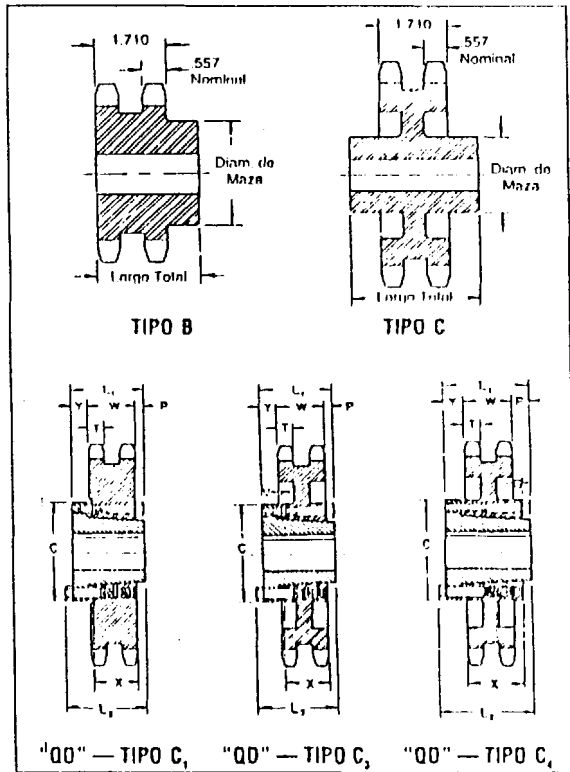
* Cuenta con una ranura en la maza para que libere la cadena.

Los barranos máximos mostrados se adecúan al cuñero estándar y al opresor sobre el cuñero. Los barranos ligeramente más grandes están disponibles sin cuñero, cuñero plano, o con opresor en ángulo con el cuñero.

NOTA: Los sprockets 80 dobles de existencia con 25 dientes o menos cuentan con dientes endurecidos.

Cargas por Alteración

Vea la hoja de descuentos actual para cargas por alteración.



Doble-Tipo "QD"

No. de Dientes	Número de Parte	Buje	Diámetro		Tipo	Barrano Máximo	Dimensiones										Peso Lbs. Con Maza	Sólo Arillo	
			Exterior	de Paso			L1	L2	C	T	P	G	V	X	T	W			
36	D80E30	E	12.030	11.474	C1	3 1/2	2 1/2	2 1/2	6	1 1/2	1 1/2				1 1/2	557	1.710	40.3	36.2
42	D80E42	E	13.940	13.382	C1	3 1/2	2 1/2	2 1/2	6	1 1/2	1 1/2				1 1/2	557	1.710	65.3	55.3
45	D80E45	E	14.900	14.336	C1	3 1/2	2 1/2	2 1/2	6	1 1/2	1 1/2				1 1/2	557	1.710	74.6	64.6
52	D80E52	E	17.130	16.562	C3	3 1/2	2 1/2	2 1/2	6	1 1/2	1 1/2			1/2	1 1/2	557	1.710	68.2	58.2
60	D80E60	E	19.600	19.107	C3	3 1/2	2 1/2	2 1/2	6	1 1/2	1 1/2			1/2	1 1/2	557	1.710	70.2	68.2
60	D80E60	E	22.230	21.653	C3	3 1/2	2 1/2	2 1/2	6	1 1/2	1 1/2			1/2	1 1/2	557	1.710	81.2	74.2
76	D80E76	E	24.780	24.190	C3	3 1/2	2 1/2	2 1/2	6	1 1/2	1 1/2			1/2	1 1/2	557	1.710	100	90.1
95	D80E95	F	30.830	30.245	C4	3 1/2	3 1/2	4	6	1 1/2	1 1/2			1/2	1 1/2	557	1.710	152	140

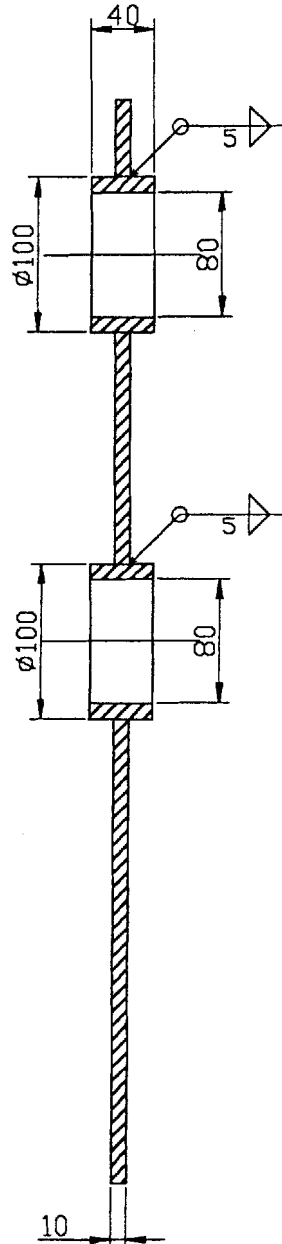
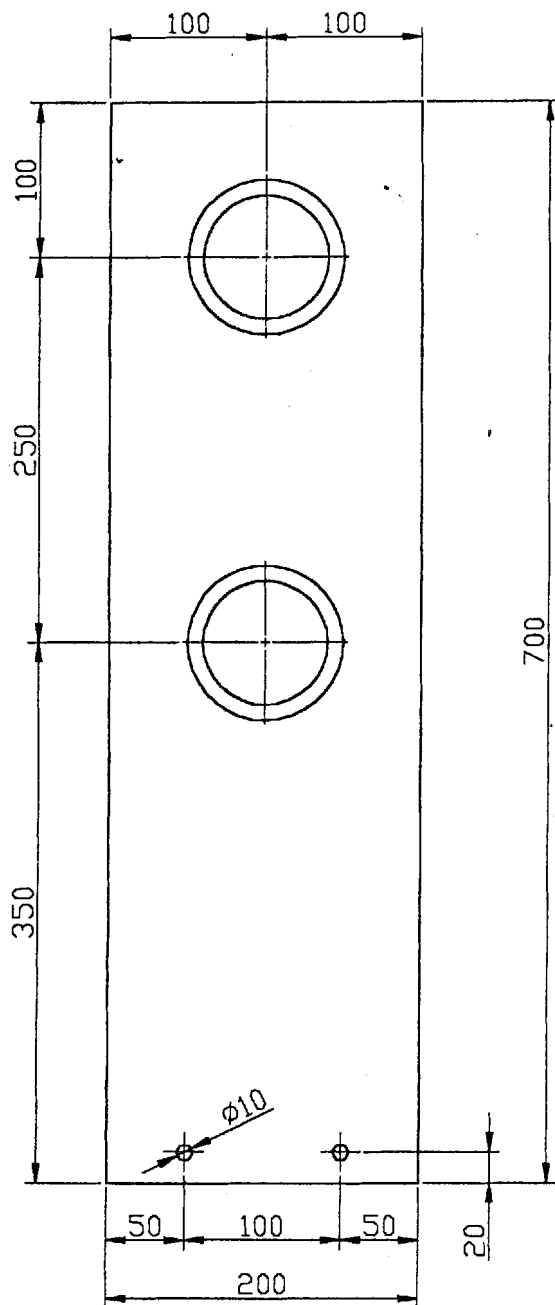
Sprockets en Existencia de Acero

No. 80 Paso 1"

Tipo "BS" — Barreno a la Medida

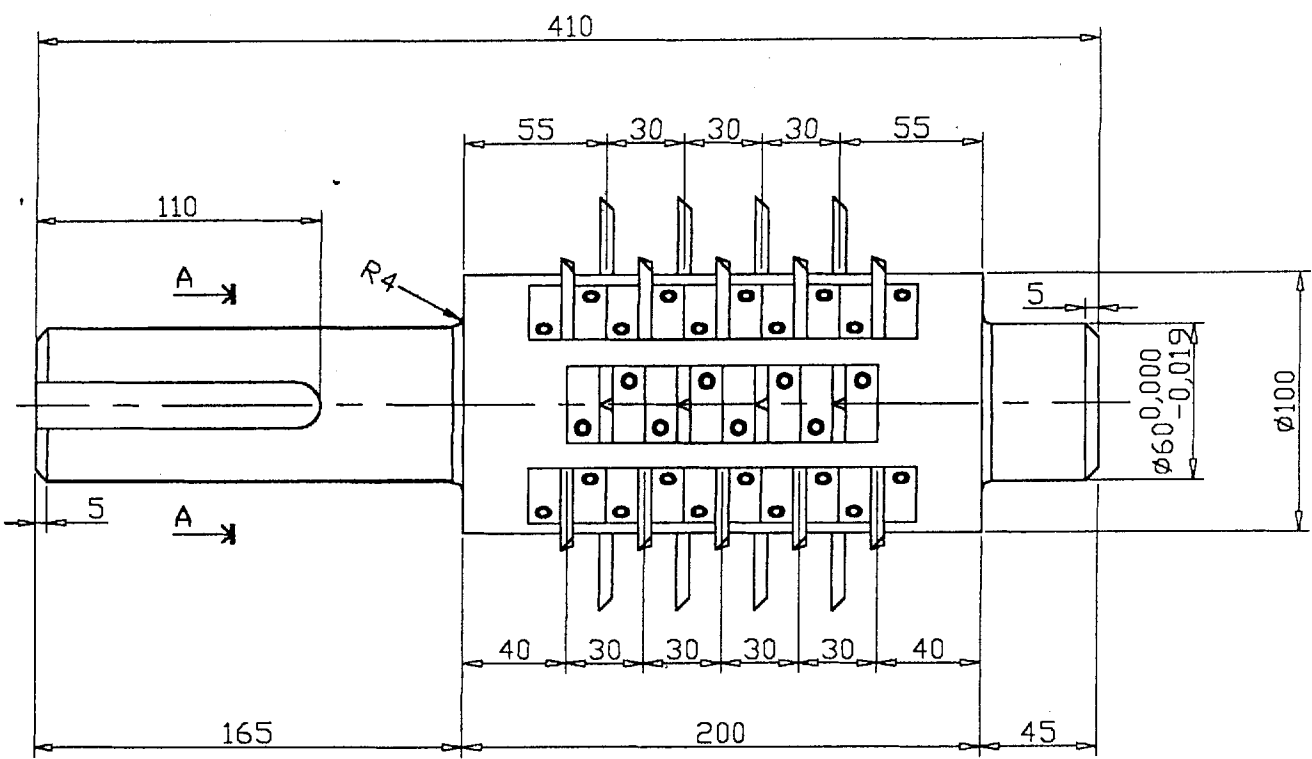
No. de Rodete	Número de Partes	Diámetro Exterior	Largo Total del Barreno	Peso Lbs. (Aprox.)	Barrenos a la Medida en Existencia Incluye Cuñero y Oprezor
9	80BS9	3.350	1X	1.0	1 - 1X - 1X - 1X
10	80BS10	3.600	1X	1.7	1 - 1X - 1X - 1X
10	80BS10W	3.000	1X	1.7	1X
11	80BS11	4.010	1X	1.0	1 - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X
11	80BS11W	4.010	1X	1.8	1X
12	80BS12	4.300	1X	3.0	1 - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X
12	80BS12W	4.300	1X	3.0	1X
13	80BS13	4.660	1X	3.5	1 - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2
14	80BS14	4.980	1X	4.1	1 - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2
15	80BS15	5.300	1X	5.2	1 - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2
15	80BS16W	5.300	1X	5.3	1X
16	80BS16	5.630	1X	5.5	1 - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
17	80BS17	5.950	1X	6.0	1 - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
18	80BS18	6.270	1X	6.5	1 - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
18	80BS18W	6.270	1X	6.0	1X
19	80BS19	6.500	1X	7.0	1 - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
20	80BS20	6.910	1X	8.0	1 - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
21	80BS21	7.240	1X	8.9	1 - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
22	80BS22	7.560	1X	9.5	1 - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
23	80BS23	7.800	1X	10.2	1 - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
24	80BS24	8.200	1X	10.8	1 - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
25	80BS25	8.520	1X	11.4	1 - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
26	80BS26	8.840	2	14.0	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
27	80BS27	9.160	2	14.7	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
28	80BS28	9.480	2	15.3	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
29	80BS29	9.800	2	16.4	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
30	80BS30	10.110	2	16.7	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
31	80BS31	10.430	2	18.0	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
32	80BS32	10.750	2	18.8	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
33	80BS33	11.070	2	18.9	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
34	80BS34	11.390	2	20.6	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
35	80BS35	11.710	2	21.4	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
36	80BS36	12.030	2	22.4	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
37	80BS37	12.350	2	23.9	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
38	80BS38	12.670	2	24.0	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
39	80BS39	12.990	2	24.9	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
40	80BS40	13.310	2	26.0	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
41	80BS41	13.630	2	27.1	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
42	80BS42	13.940	2	28.0	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
43	80BS43	14.260	2	29.3	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
44	80BS44	14.580	2	29.3	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
45	80BS45	14.900	2	30.7	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
46	80BS46	15.220	2	32.4	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
47	80BS47	15.540	2	33.3	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
48	80BS48	15.860	2	34.8	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
49	80BS49	16.180	2	35.1	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
50	80BS50	16.500	2	36.8	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
51	80BS51	16.810	2	39.5	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
52	80BS52	17.130	2	40.3	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
53	80BS53	17.450	2	42.2	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
54	80BS54	17.770	2	44.0	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
55	80BS55	18.090	2	46.3	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
56	80BS56	18.410	2	47.3	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
57	80BS57	18.730	2	48.9	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
58	80BS58	19.040	2	50.6	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
59	80BS59	19.360	2	52.2	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%
60	80BS60	19.680	2	53.0	1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 1X - 2 - 2%

Los diámetros de las mazas varían para ajustarse a los diferentes tamaños de barrenos. EL CUÑERO SE ENCUENTRA EN LA LÍNEA DEL CENTRO DEL DIENTE.
 4 W = Sprocket Gulchico-Cuñero $\frac{1}{4}$ x $\frac{1}{4}$ - Oprezora a 90°

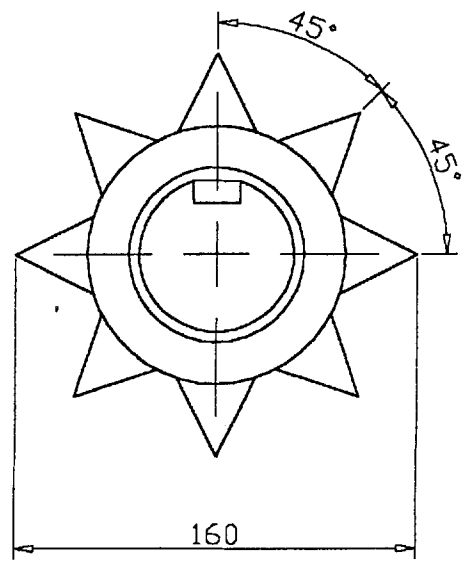
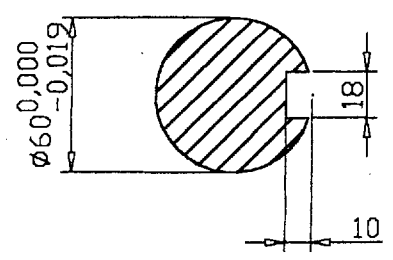


FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA
Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION

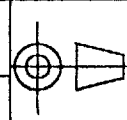
	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION	ESCALA
Dib.	5.01.00	M.GORDON	Placa soporte de los rodillos alimentadores	E 1:5
Rev.	15.01.00	E.VILLACIS		
Apro.	15.01.00	E.VILLACIS		
ESPOL			PLANO No: 01	
			MATERIAL: Acero AISI 1010	

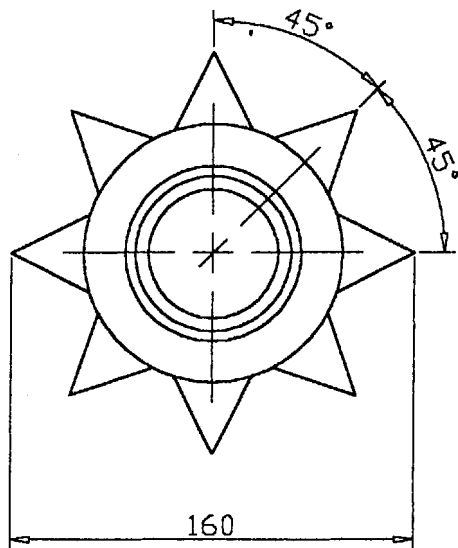
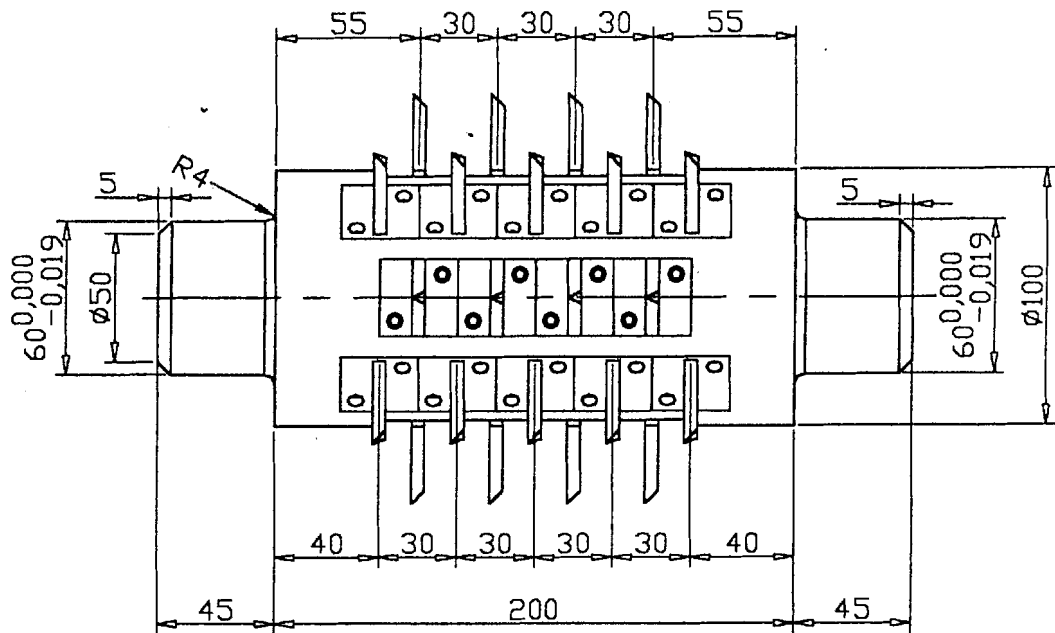


SECCION A-A



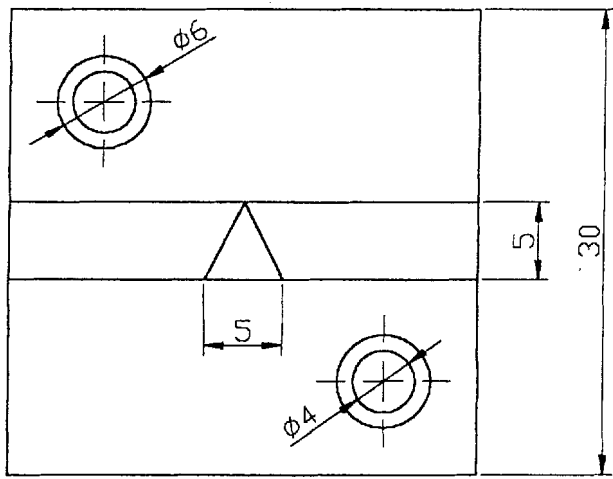
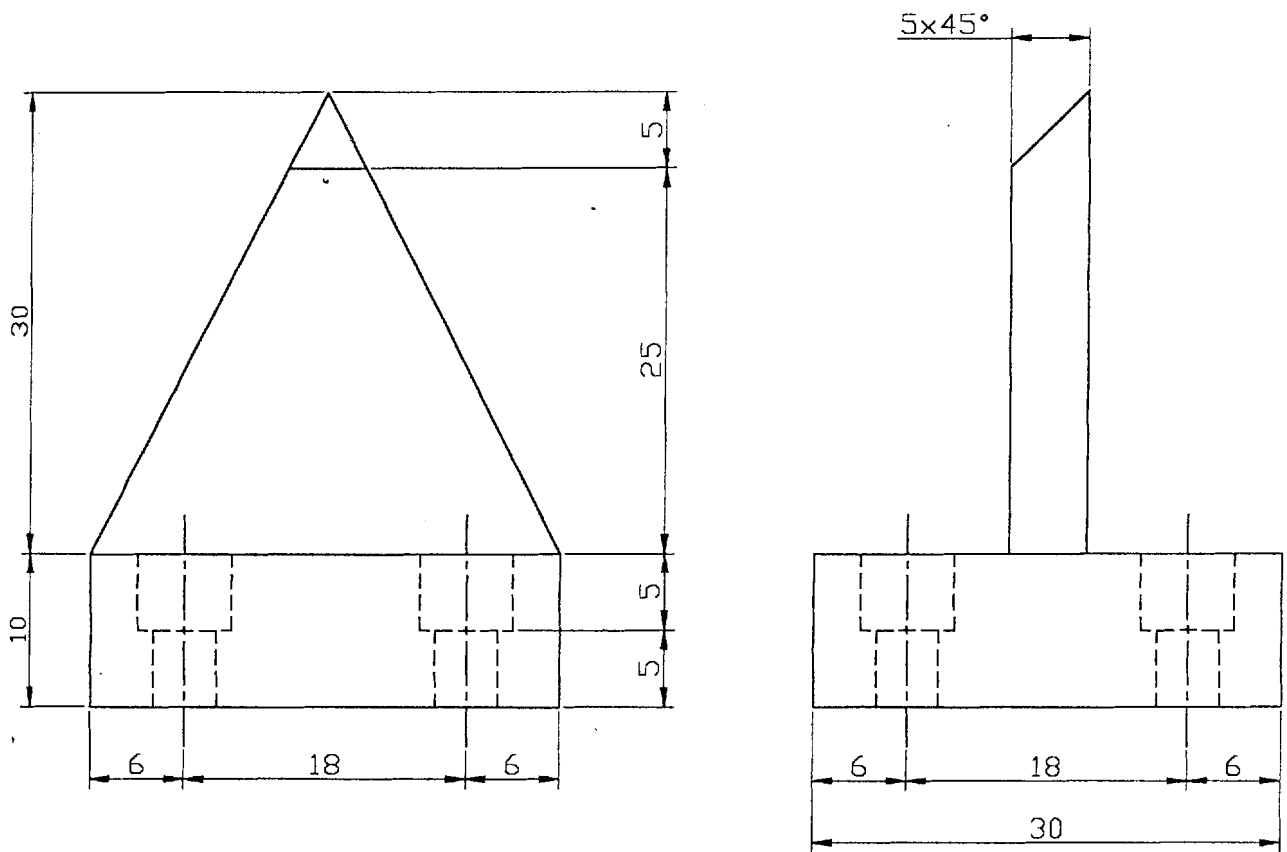
FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION				
	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:	ESCALA
Dib.	5.01.00	GORDON	Rodillo alimentador Inferior	E 1:3
Rev.	15.01.00	E.VILLACIS		
Apro.	15.01.00	E.VILLACIS		
ESPOL			PLANO No:	02
			MATERIAL: Acero AISI 1010	



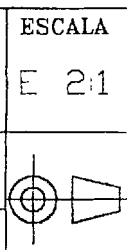


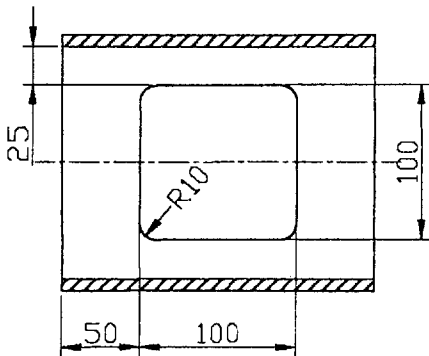
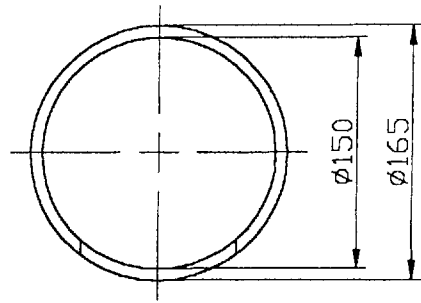
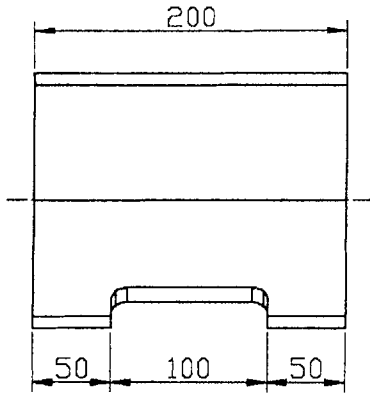
FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA
Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION

	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:	ESCALA
Dib.	5.01.00	M.GORDON		
Rev.	15.01.00	E.VILLACIS	Rodillo alimentador Superior	E 1:3
Apro.	15.01.00	E.VILLACIS		
ESPOL			PLANO No: 03	
			MATERIAL: Acero AISI 1010	



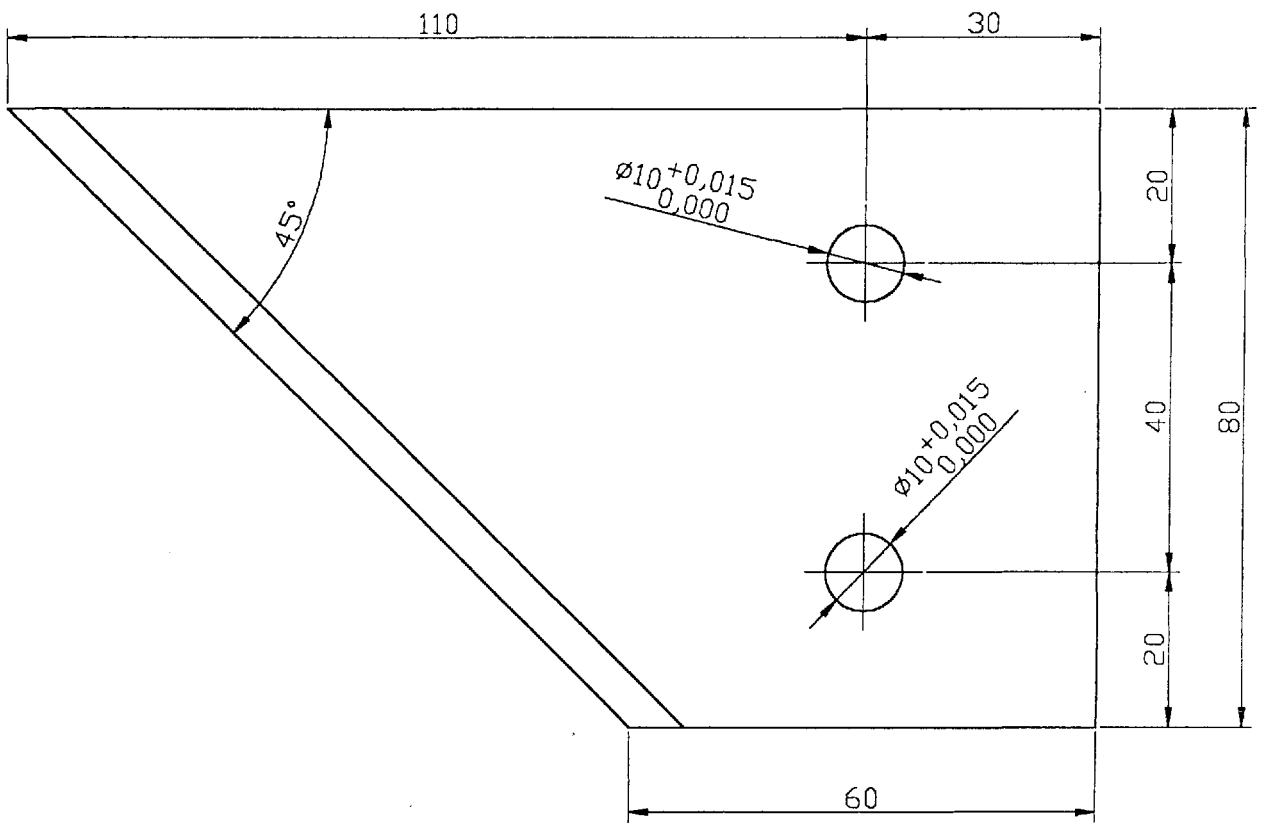
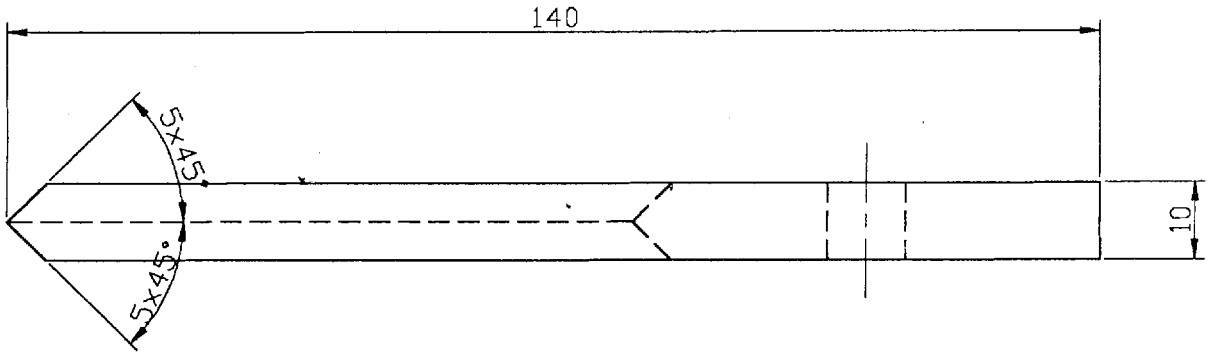
FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION			
	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:
Dib.	5.01.00	M.GORDON	Identador del rodillo alimentador
Rev.	15.01.00	E.VILLACIS	
Apro.	15.01.00	E.VILLACIS	
ESPOL			PLANO No: 04
			MATERIAL: Acero AISI 1010





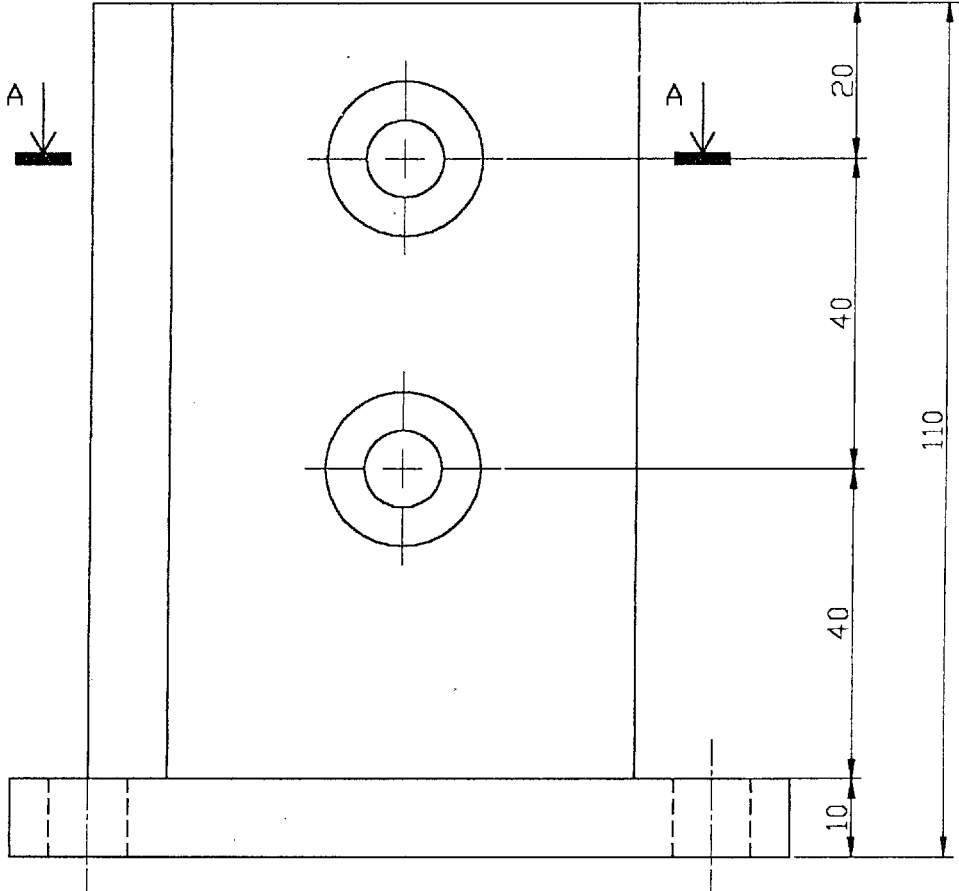
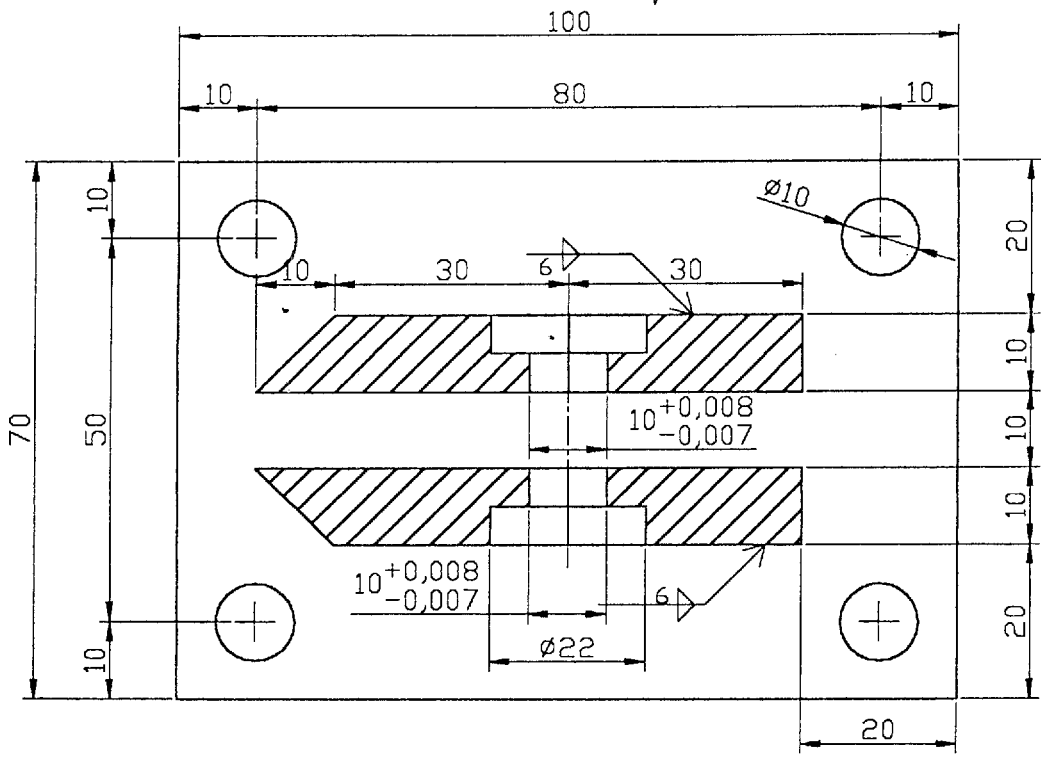
FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA
Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION

	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:	ESCALA
Dib.	5.01.00	M.GORDON	Gula	E 1:5
Rev.	15.01.00	E.VILLACIS		
Apro.	15.01.00	E.VILLACIS		
ESPOL			PLANO No: 05	
			MATERIAL: Acero AISI 1010	



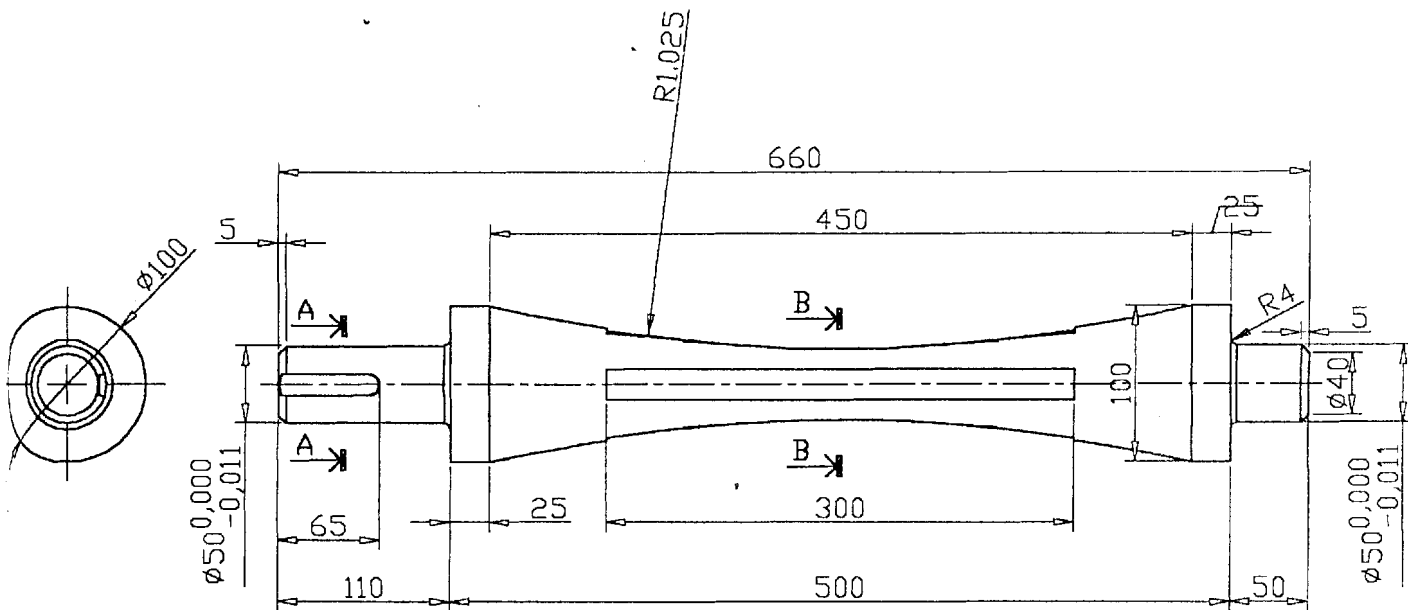
FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA
Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION

	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:	ESCALA
Dib.	5.01.00	GORDON	Cuchilla	E 1:1
Rev.	15.01.00	E.VILLACIS		
Apro.	15.01.00	E.VILLACIS		
ESPOL			PLANO No: 06	
			MATERIAL: Acero AISI 1010	

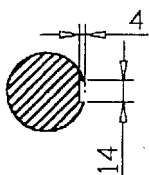


FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA
Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION

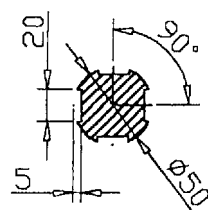
	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:	ESCALA
Dib.	5.01.00	M.GORDON	Porta Cuchilla	E 1:1
Rev.	15.01.00	E.VILLACIS		
Apro.	15.01.00	E.VILLACIS		
ESPOL			PLANO No: 07	
			MATERIAL: Acero AISI 1010	



SECCION A-A

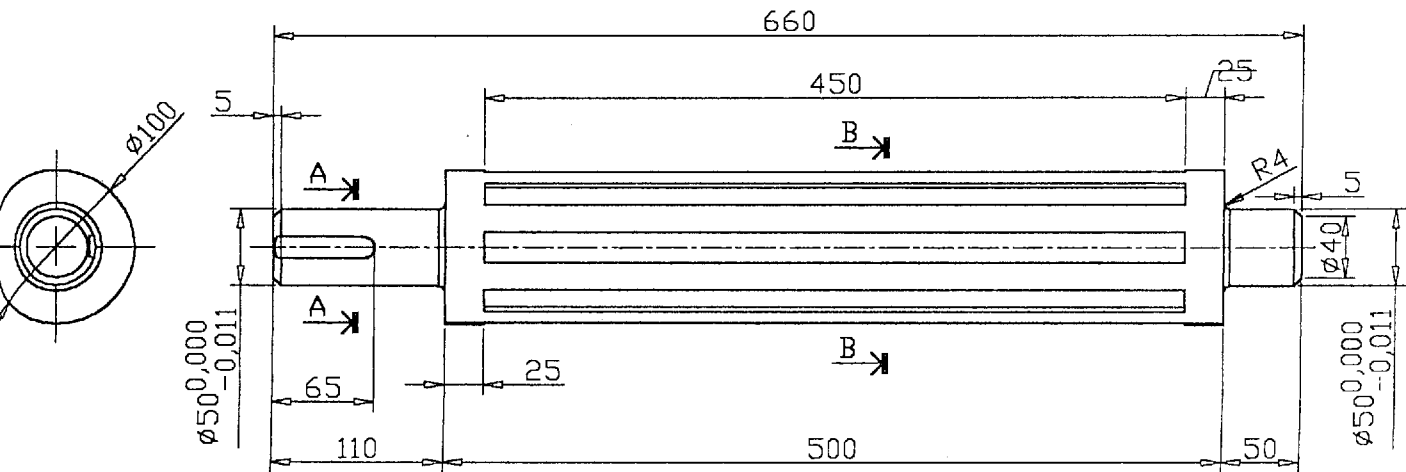


SECCION B-B

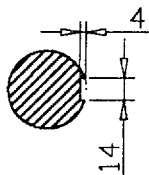


FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA
Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION

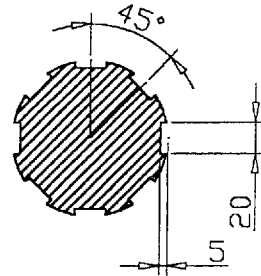
	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:	ESCALA
Dib.	5.01.00	M.GORDON	Rodillo Guía	E 1:5
Rev.	15.01.00	E.VILLACIS		
Apro.	15.01.00	E.VILLACIS		
ESPOL			PLANO No: 08	
			MATERIAL: Acero AISI 1010	



SECCION A-A

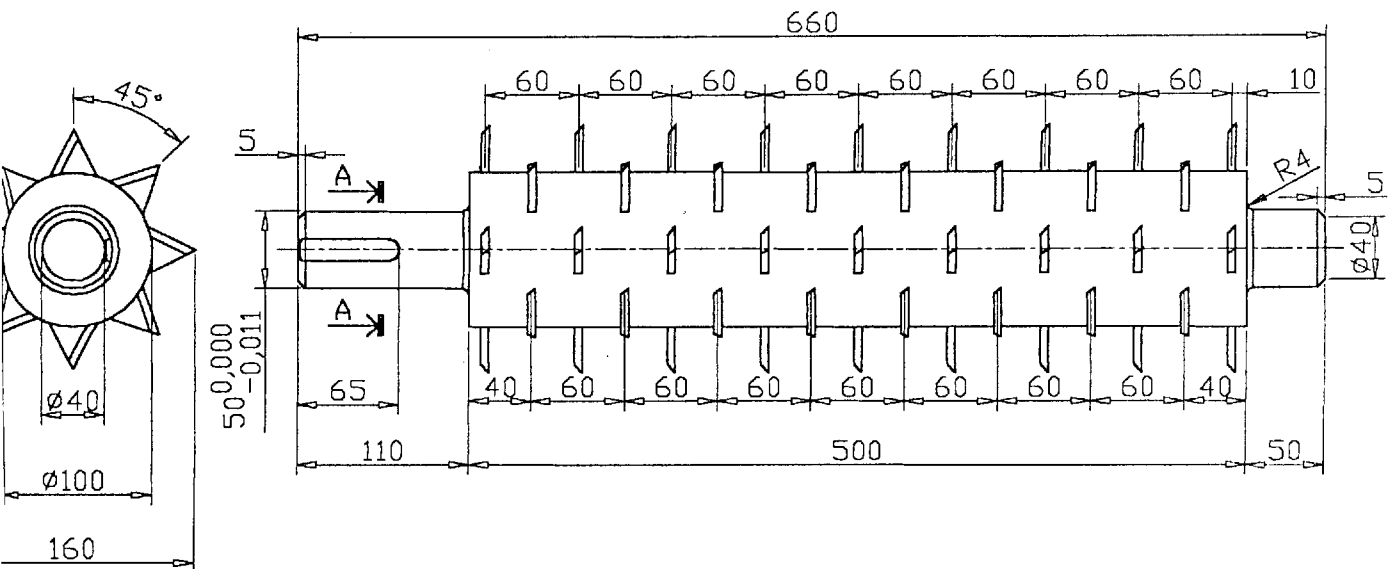


SECCION B-B

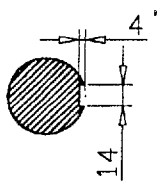


FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA
Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION

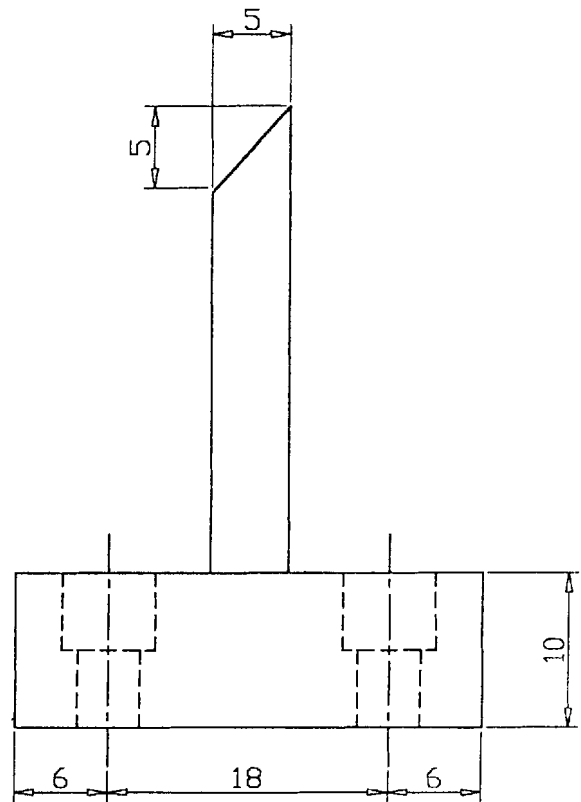
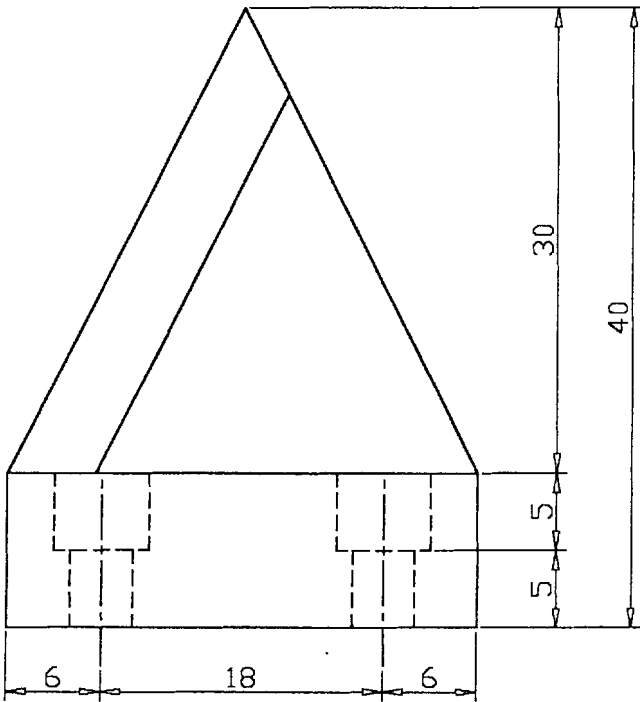
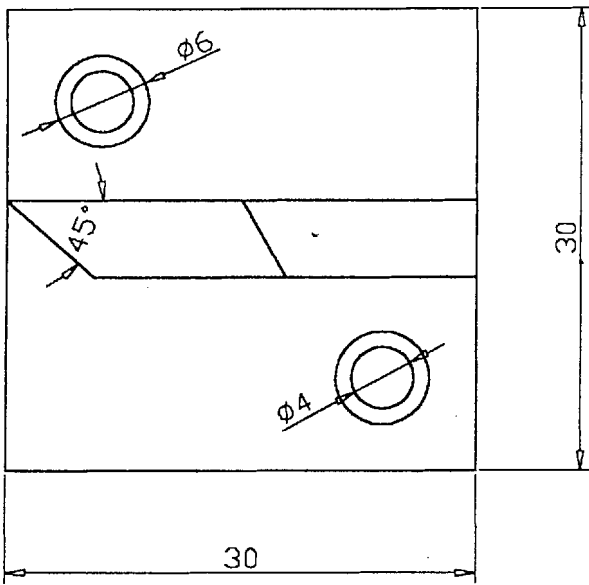
	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:	ESCALA
Dib.	5.01.00	M.GORDON	Rodillo aplanador	E 1:5
Rev.	15.01.00	E.VILLACIS		
Apro.	15.01.00	E.VILLACIS		
ESPOL			PLANO No: 09	
			MATERIAL: Acero AISI 1010	



SECCION A-A



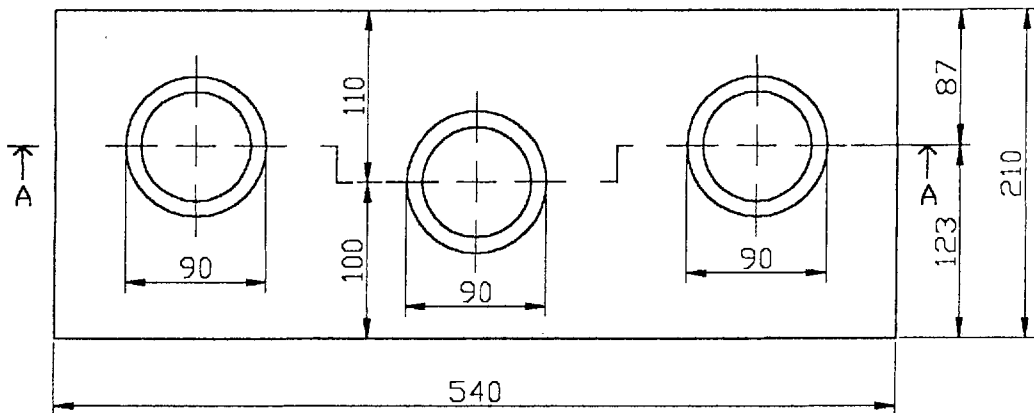
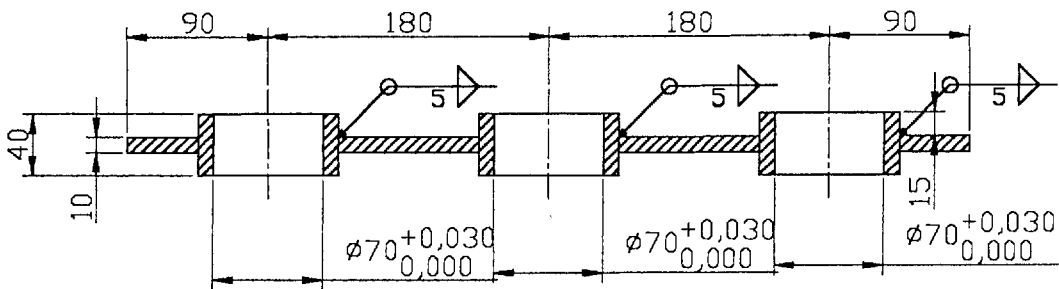
FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION				
	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:	ESCALA
Dib.	5.01.00	M.GORDON	Rodillo aplanador Identador	E 1:5
Rev.	15.01.00	E.VILLACIS		
Apro.	15.01.00	E.VILLACIS		
ESPOL			PLANO No:	10
			MATERIAL: Acero AISI 1010	



FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA
Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION

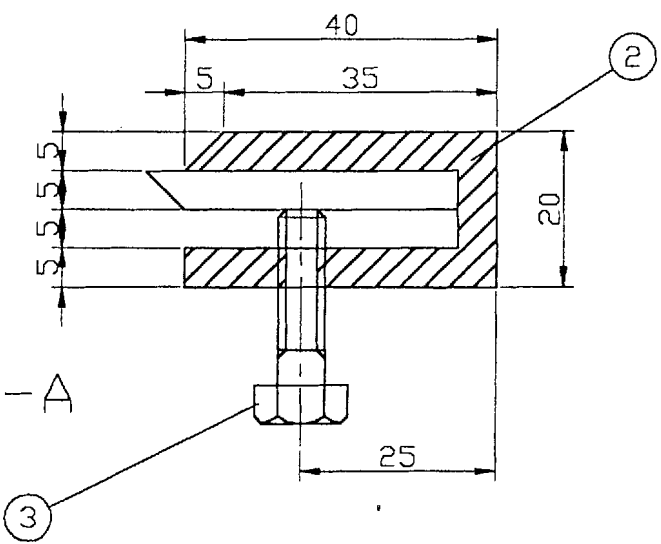
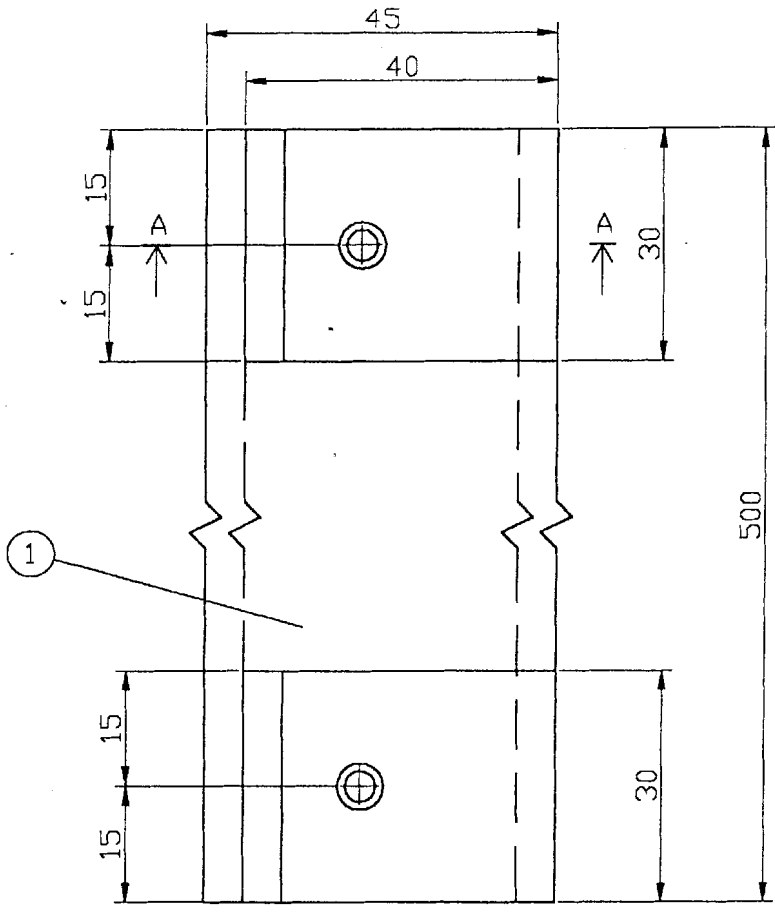
	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:	ESCALA
Dib.	5.01.00	M.GORDON	Identador del rodillo aplanador	E 2:1
Rev.	15.01.00	E.VILLACIS		
Apro.	15.01.00	E.VILLACIS		
ESPOL			PLANO No: 11	
			MATERIAL: Acero AISI 1010	

CORTE A-A



FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION

	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:	ESCALA
Dib.	5.01.00	M.GORDON	Plca soporte de los rodillos aplanadores	E 1:5
Rev.	15.01.00	E.VILLACIS		
Apro.	15.01.00	E.VILLACIS		
<h1 style="margin: 0;">ESPOL</h1>			PLANO No:	12
			MATERIAL: Acero AISI 1010	

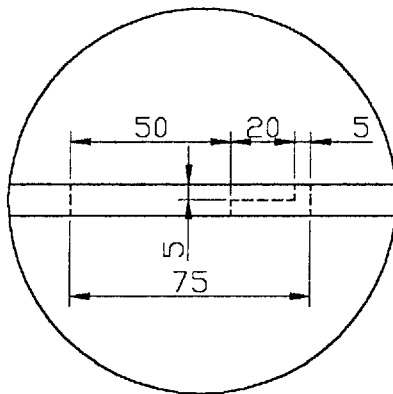
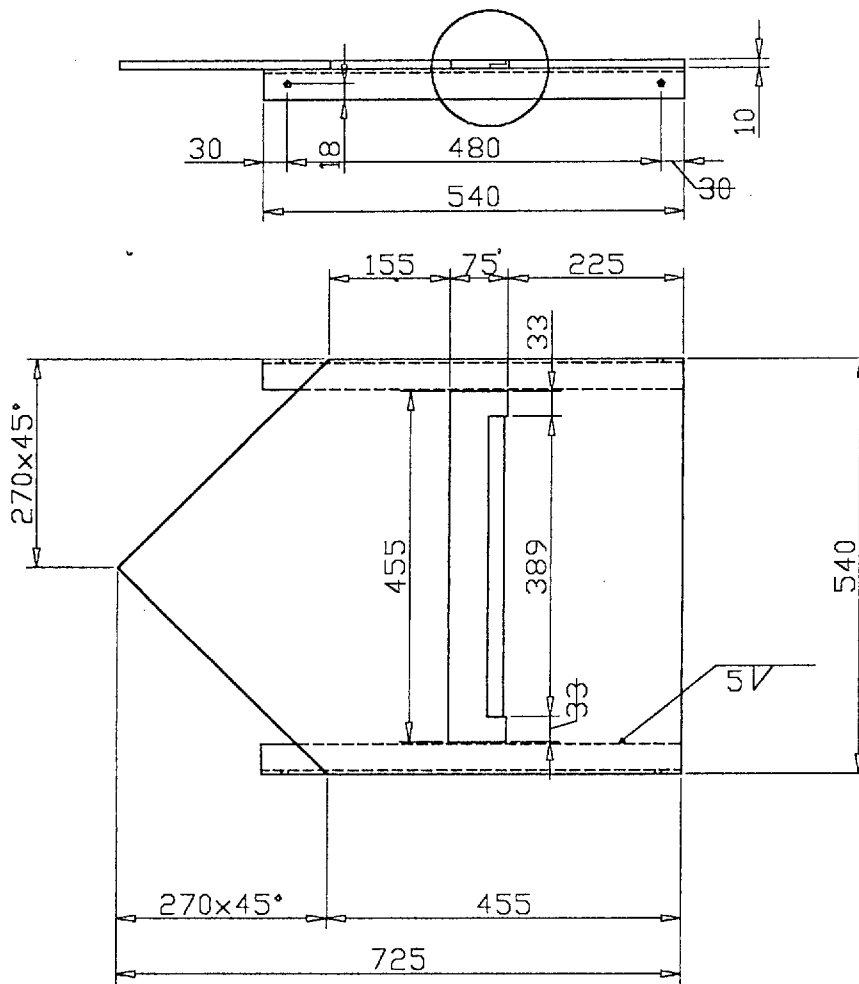


Corte A-A

3	Perno	2	M6 x 1 x 30 mm
2	Sujeta cuchilla	2	
1	Cuchilla	1	Estandar de cepilladoro
ITEM	DENOMINACION	Cant	OBSERVACIONES

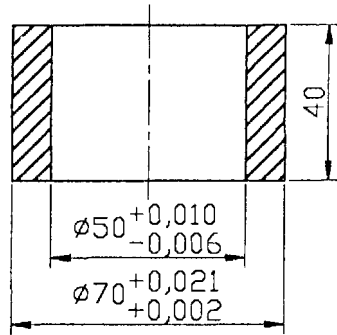
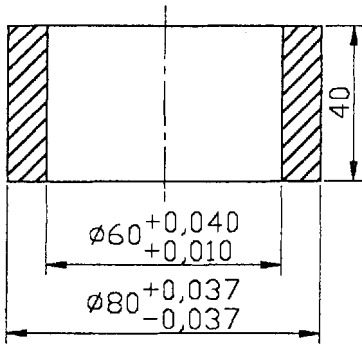
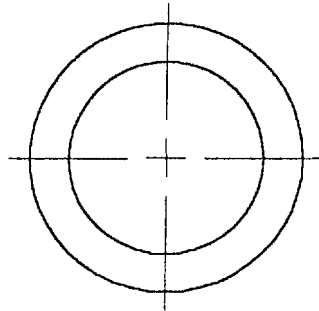
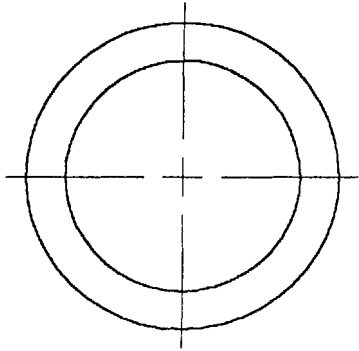
FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA
Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION

	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:	ESCALA
Dib.	5.01.00	GORDON	Subconjunto	E 1:1
Rev.	15.01.00	E.VILLACIS	Sistema de Cepillado	
Apro.	15.01.00	E.VILLACIS		
ESPOL			PLANO No: 13	
			MATERIAL: Acero AISI 1010	



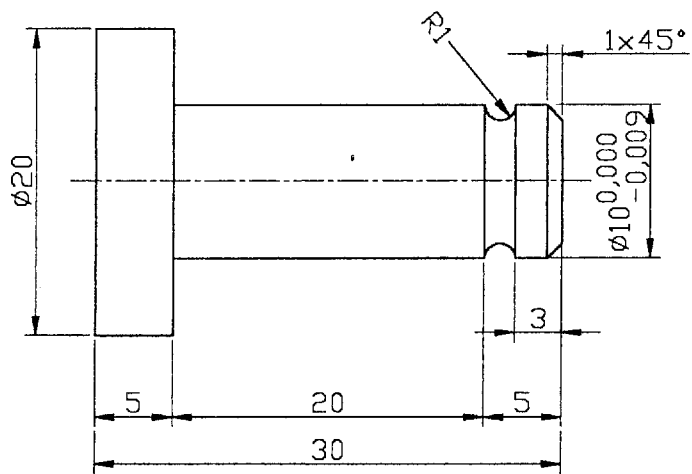
FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA
Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION

	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:	ESCALA
Dib.	5.01.00	M.GORDON	Plataforma de los rodillos aplanadores	E 1:10
Rev.	15.01.00	E.VILLACIS		
Apro.	15.01.00	E.VILLACIS		
ESPOL			PLANO No: 14	
			MATERIAL: Acero AISI 1010	



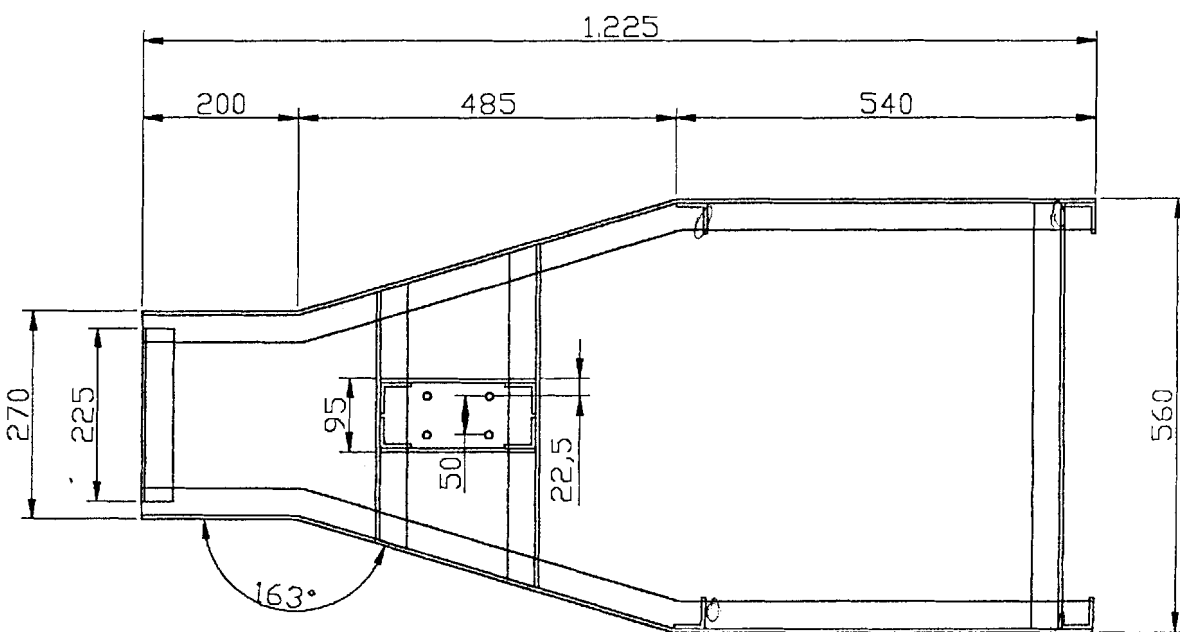
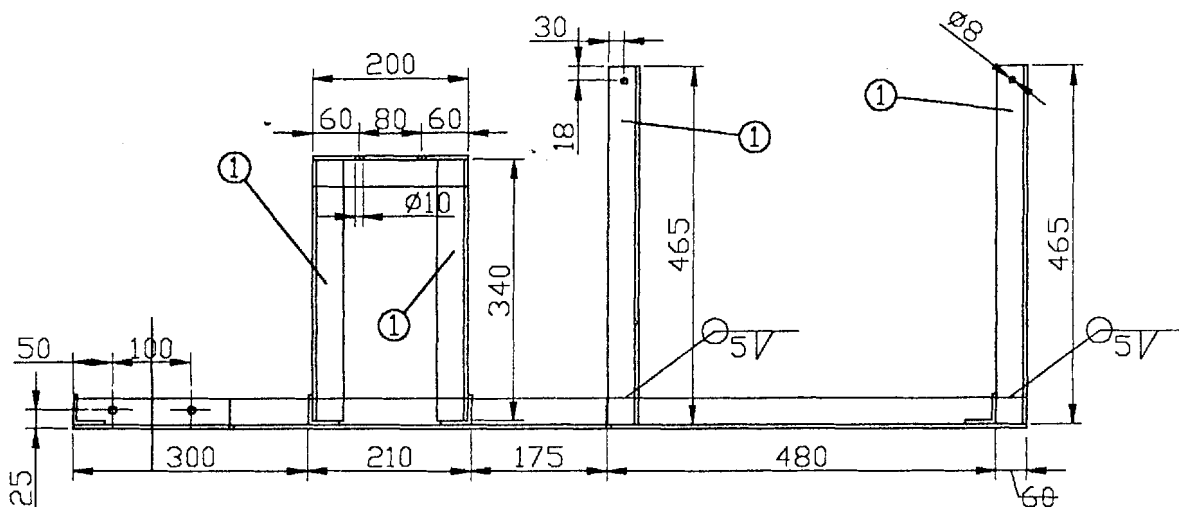
FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA
Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION

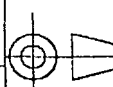
	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:	ESCALA
Dib.	5.01.00	M.GORDON	Bocines de los rodillos	E 1:2
Rev.	15.01.00	E.VILLACIS		
Apro.	15.01.00	E.VILLACIS		
ESPOL			PLANO No: 15	
			MATERIAL: Bronce Fosforico	

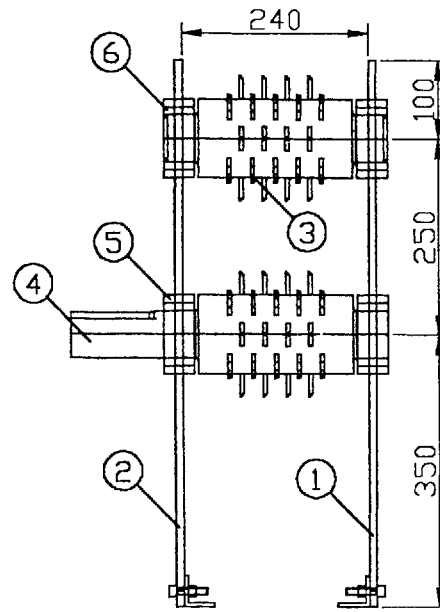
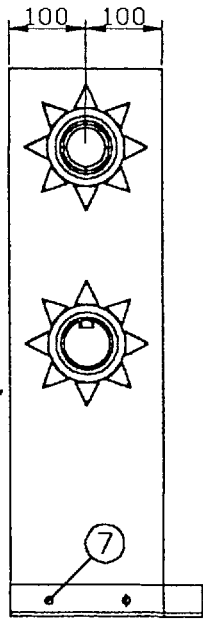


FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA
Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION

	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:	ESCALA
Dib.	5.01.00	M.GORDON	Pasador	E 2:1
Rev.	15.01.00	E.VILLACIS		
Apro.	15.01.00	E.VILLACIS		
ESPOL			PLANO No: 16	
			MATERIAL: Acero AISI 1010	



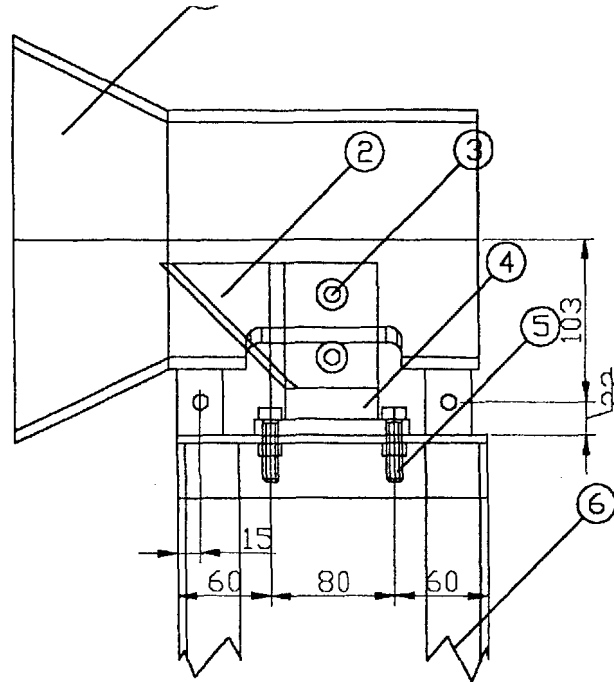
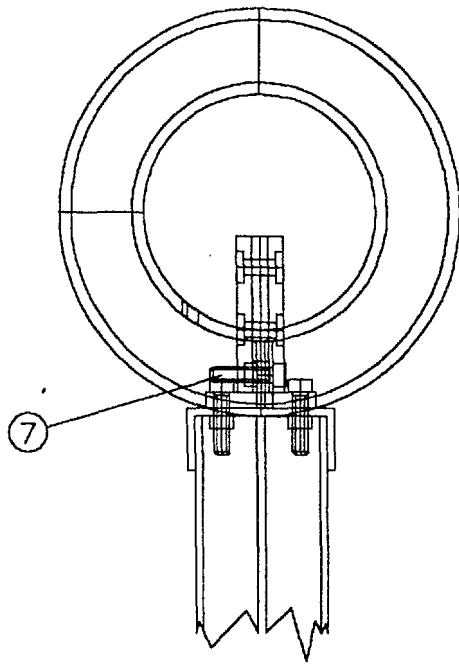
1	Angulo	8	60x60x5
ITEM	DENOMINACION	Cant	OBSERVACIONES
FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION			
	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:
Dib.	5.01.00	M.GORDON	Estructura
Rev.	15.01.00	E.VILLACIS	
Apro.	15.01.00	E.VILLACIS	
ESPOL		PLANO No:	17
		MATERIAL: Angulos 40x40x5	
			



7	Perno	4	M10x1.5 Largo 40 mm
6	Bocin	2	Bronce
5	Porta bocin	2	
4	Rodillo Alimentador Inferlor	1	
3	Rodillo Alimentador Superior	1	
2	Placa Izquierda	1	
1	Placa Derecha	1	
ITEM	DENOMINACION	Cant	OBSERVACIONES

**FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA
Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION**

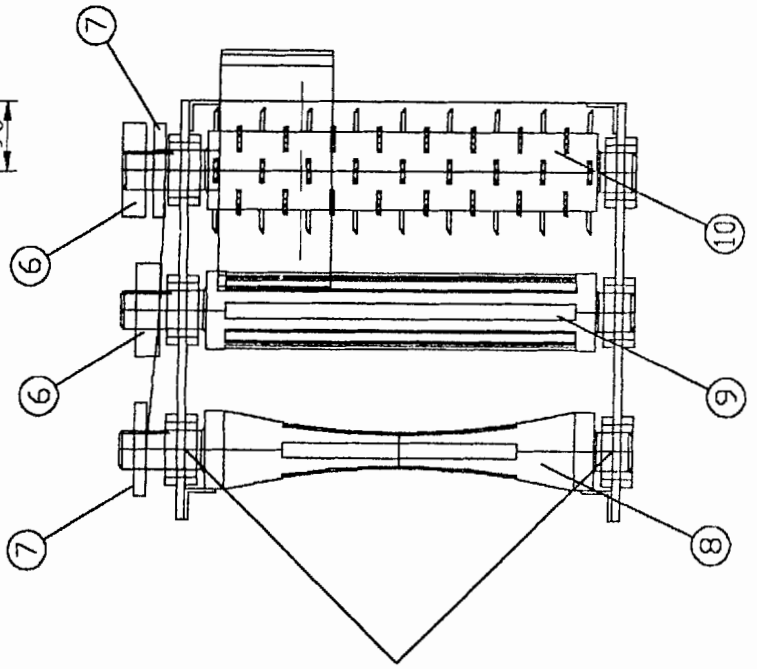
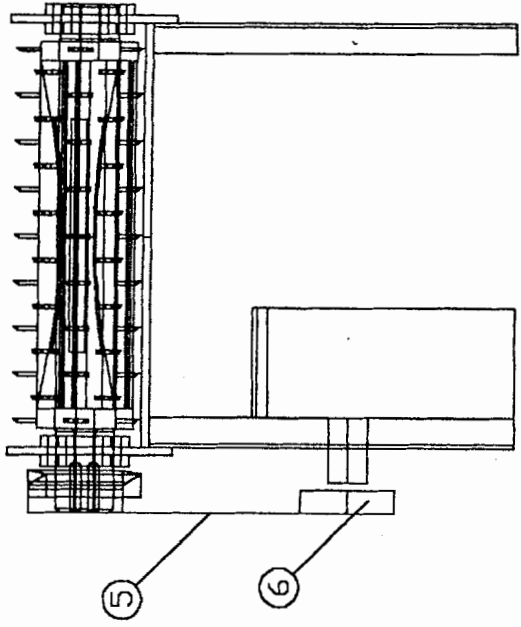
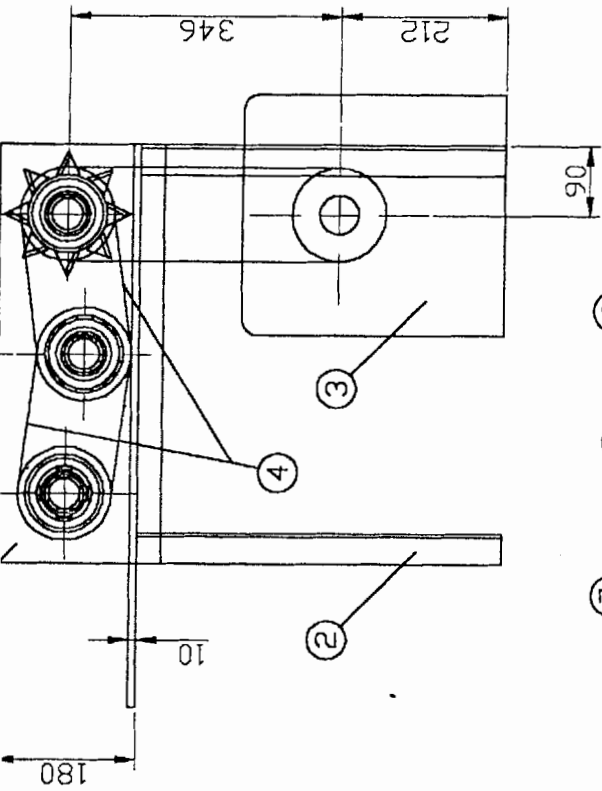
	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:	ESCALA
Dib.	5.01.00	M.GORDON	Subconjunto	E 1:10
Rev.	15.01.00	E.VILLACIS	Sistema de Alimentacion.	
Apro.	15.01.00	E.VILLACIS		
ESPOL			PLANO No: 18	
			MATERIAL: Acero AISI 1010	



7	Perno	2	M10x1.5 Largo 30 mm
6	Estructura	1	
5	Perno	4	M10x1.5 Largo 40 mm
4	Porta cuchilla	1	
3	Pasador	1	
2	Cuchilla	1	
1	Guia	1	
ITEM	DENOMINACION	Cant	OBSERVACIONES

**FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA
Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION**

	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:	ESCALA
Dib.	5.01.00	M.GORDON	Subconjunto	E 1:5
Rev.	15.01.00	E.VILLACIS	Sistema de Corte	
Apro.	15.01.00	E.VILLACIS		
ESPOL			PLANO No: 19	
			MATERIAL: Acero AISI 1010	



10	Rodillo identador	1	
9	Rodillo aplanador	1	
8	Rodillo Guía	1	
7	Catalina	2	No 80 Paso 1' 13 dientes
6	Catalina	3	No 80-2 Paso 1' 13 dientes
5	Cadena	1	No 80-2 Paso 1'
4	Cadena	1	No 80 Paso 1'
3	Motor reductor	1	ASEA 112M-6/250
2	Estructura	1	
1	Placa lateral	2	
ITEM	DENOMINACION	Cant	OBSERVACIONES

FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA
Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION

FECHA	NOMBRE
Dib. 5.01.00	M.GORDON
Rev. 15.01.00	E.VILLACIS
Apro. 15.01.00	E.VILLACIS

DENOMINACION:

Subconjunto Sistema de Rodillos Aplanadores.

ESCALA

E 1:10

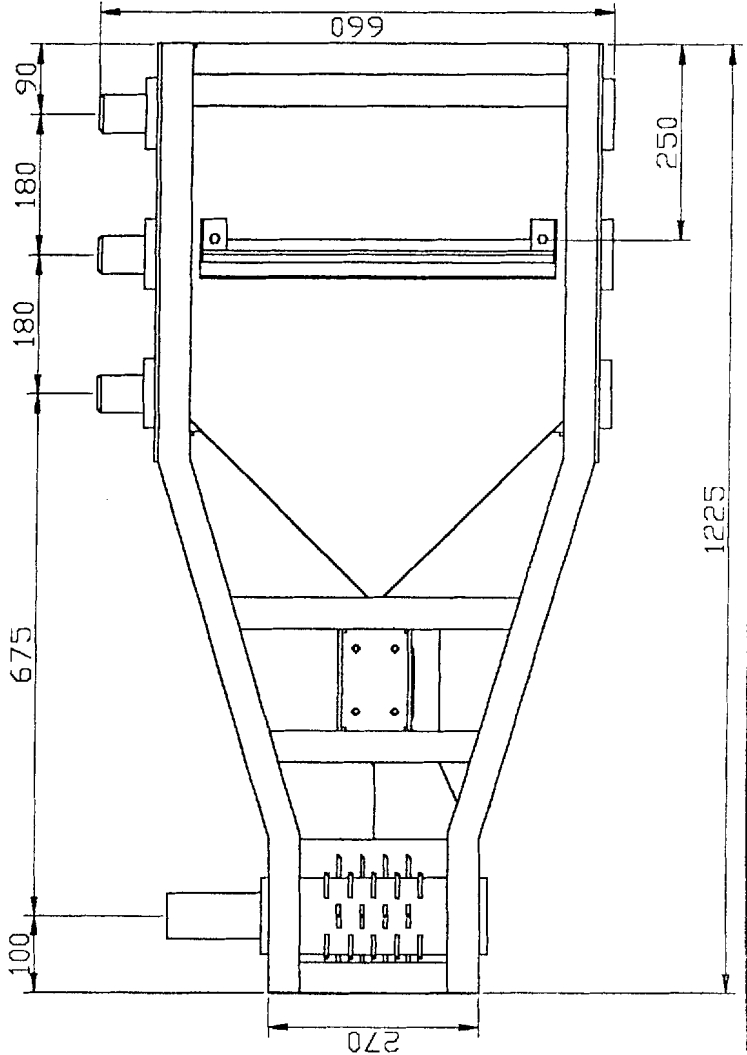
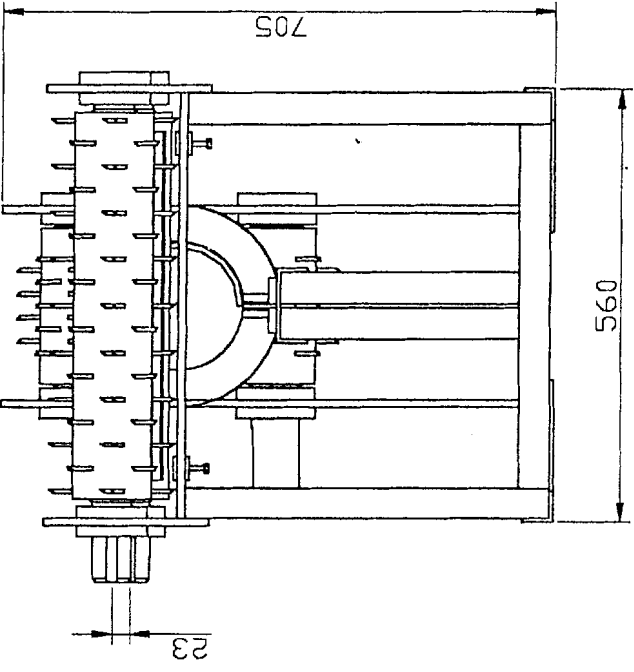
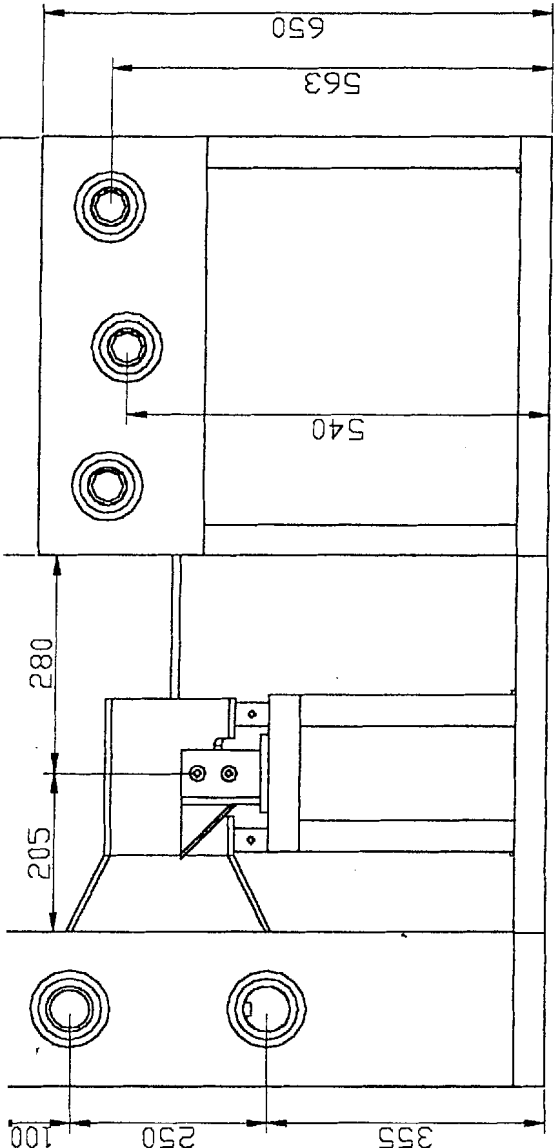
PLANO No:

20

MATERIAL: Acero AISI 1010

ESPOL





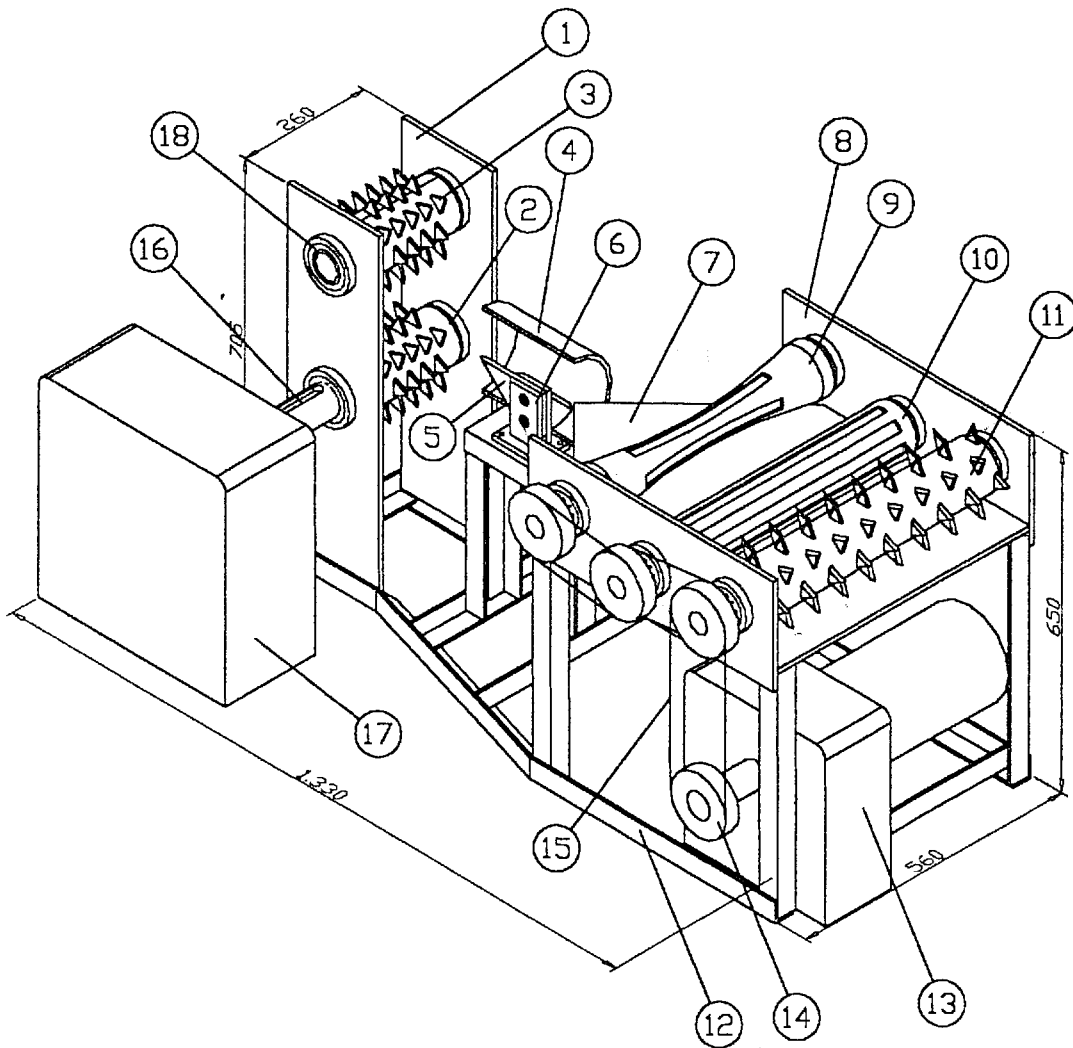
FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA
Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION

FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:	ESCALA
Dib. 5.01.00	M.GERDON	Plano de Construcción	E 1:10
Rev. 15.01.00	E.VILLACIS		
Apro. 15.01.00	E.VILLACIS		

PLANO No: 21
MATERIAL: Acero AISI 1010

ESPOL





18	Bocines	10	
17	Motor reductor	1	ASEA 132S-6/253
16	Acople	1	ASEA BEK 412
15	Cadena	3	Martin 80-2 Paso 1'
14	Catalina	4	Martin D80B13H
13	Motor reductor	1	ASEA 112M-6/250
12	Estructura	1	Angulos 40x40x5
11	Rodillo Identador	1	
10	Rodillo Aplanador	1	
9	Rodillo Guia	1	
8	Placa Soporte Trasera	2	
7	Plataforma	1	
6	Porta Cuchilla	1	
5	Cuchilla	1	
4	Guia	1	
3	Rodillo Alimentador Superior	1	
2	Rodillo alimentador inferior	1	
1	Placa Soporte Delantera	2	
ITEM	DENOMINACION	Cant	OBSERVACIONES

FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA
Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION

	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:	ESCALA
Dib.	5.01.00	M.GORDON	Conjunto	E 1:10
Rev.	15.01.00	E.VILLACIS		
Apro.	15.01.00	E.VILLACIS		
ESPOL			PLANO No: 22	
			MATERIAL: Acero AISI 1010	

BIBLIOGRAFÍA

- 1 Acuña G. Libia, Proyección de un Prototipo de Vivienda para Familia de Escasos Recursos Económicos de la Pre-cooperativa "Voluntad de Dios" del Km 8 ½ Vía Daule. Aplicación de las Técnicas de Bambú, (Tesis, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Guayaquil, 1991-1992)
- 2 Armas R. Segundo, Lopez M. Efrén, Estudio y Utilización de la Caña Guadua para Planes Emergentes de Viviendas Populares y Afines (Tesis, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Guayaquil, 1987)
- 3 Avallone Eugene, Baumeister Theodore, Manual del Ingeniero Mecánico de Marks, Novena Edición, McGraw-Hill, 1997
- 4 Domus, Desarrollo Tecnológico de la Construcción con Bambú y Caña, Editorial Gustavo Gili, Guayaquil, Marzo/Abril, 1998, Pág 18 - 22

- 5 Dreher A. Douglas, Residencia con Guadua en Guayaquil (Simposio Nacional de Bambú-Guadua, Manabí, 1991)
- 6 Edward V. Krick, Introducción a la Ingeniería y al Diseño en la Ingeniería, Tercera Edición, Limusa Noriega Editores, México, 1994.
- 7 Hidalgo L. Oscar, Manual de Construcción con Bambú, Estudios Técnicos Colombianos, Colombia, 1981
- 8 McClure A. Floyd, Bamboo as a Building Material, Housing and Home Finance Agency, Washington, 1964
- 9 Morán U. Jorge, Uso del Bambú en el Ecuador, Universidad Laica Vicente Rocafuerte, 1986
- 10 Norton Robert L. Diseño de Maquinaria, McGraw-Hill, México, 1995
- 11 Shigley Joseph, Mischke Charles, Diseño en Ingeniería Mecánica, Quinta Edición, McGraw-Hill, México, 1996
- 12 Vergara A. Juan, El Bambú o Guadua y su Identidad Manabita (Trabajo de Investigacion, Universidad Técnica de Manabí, 1991)

- 13 Yoncee S. Martha, Torres C. Jorge, Uso Estructural del Bambú (Tesis, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Guayaquil, 1986-1987)