

27
2o.º



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

MAQUINA CORTADORA DE VIDRIO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N:

CALZADA GUERRERO LUIS IGNACIO

MACHORRO SAMANO SERGIO

PEREZ ALARCON FERNANDO

DIRECTOR DE TESIS:

Ing. Vicente Borja Ramírez



México, D. F.

1992

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PROLOGO

Este trabajo surge a raíz del interés de realizar como tesis un proyecto que resuelva un problema real, ya que creemos que es una manera efectiva de aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera.

Estamos seguros de que la experiencia de este trabajo nos aportará grandes beneficios.

Para lograr nuestro objetivo realizamos una búsqueda de problemas factibles de resolver a corto plazo, encontrando el de mayor interés en la situación de la empresa MARFAMEX. Dicha empresa se dedica al corte de espejos laterales y retrovisores de diferentes marcas de automóviles. La empresa presenta problemas debido al alto costo de producción.

Por acuerdo entre la empresa y nosotros se decidió realizar este trabajo de tesis con el fin de ayudar a bajar dichos costos.

INDICE

	Pág.
PROLOGO.....	1
INDICE.....	2
I. INTRODUCCION.....	4
II. METODO DE TRABAJO.....	6
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
IV. DISEÑO CONCEPTUAL.....	14
IV.1 ALTERNATIVAS PARA EL RAYADO.....	19
A) ASR1.....	19
B) ASR2.....	23
C) ASR3.....	25
D) ASR4.....	29
IV.1.1 CRITERIOS DE SELECCION.....	31
IV.1.2 EVALUACION DE LAS ALTERNATIVAS DE RAYADO.....	33
IV.2 ALTERNATIVAS PARA LA GENERACION DE GRIETA.....	45
A) ASGG1.....	47
B) ASGG2.....	48
C) ASGG3.....	50
IV.2.1 EVALUACION DE LAS ALTERNATIVAS DE GENERACION DE GRIETA.....	51
IV.3 ALTERNATIVAS PARA LA ALIMENTACION....	53
A) ASA1.....	54

B) ASA2.....	56
C) ASA3.....	57
D) ASA4.....	58
IV.3.1 EVALUACION DE LAS ALTERNATIVAS DE LA ALIMENTACION.....	60
V. DISEÑO DE DETALLE.....	62
V.1 FASE DE RAYADO.....	63
V.2 FASE DE GENERACION DE GRIETA.....	77
V.3 FASE DE ALIMENTACION.....	77
V.4 PLANOS.....	78
LISTA DE PLANOS.....	78
DIBUJO DE CONJUNTO.....	80
FASE DE RAYADO.....	81
FASE DE ALIMENTACION.....	96
FASE DE GENERACION DE GRIETA.....	101
DIBUJOS AUXILIARES.....	104
TOLERANCIAS.....	110
VI. CONCLUSIONES.....	111
VII. ANEXOS.....	126
VII.1 ANEXO 1 "EL MECANISMO DE CORTE DE VIDRIO".....	127
VII.2 ANEXO 2 "HERRAMIENTAS DE CORTE".....	136
VIII. BIBLIOGRAFIA.....	139

I. INTRODUCCION

En muchas ocasiones un problema no es resuelto en forma óptima por no haber identificado la necesidad real, por lo que para llevar a cabo cualquier proyecto es necesario, en primer término, entender cuál es la necesidad fundamental y posteriormente proceder al planteamiento del problema.

El problema consiste en cortar espejos en diversas formas y tamaños (estado B) a partir de tiras de espejo plano (estado A). Con el planteamiento del problema podemos establecer objetivos y especificaciones.

Los problemas pueden resolverse con los medios, equipos y maquinaria ya creada, pero las limitaciones económicas, la rentabilidad de las nuevas tecnologías, etc., son factores que hacen que esto no sea posible en todos los casos, y en particular para este trabajo.

Es así que se tuvo que entrar en el campo del diseño, siguiendo una secuencia lógica o una serie de fases, empezando por la búsqueda de información. Parte de la información obtenida se presenta en los apéndices.

La siguiente fase es el diseño conceptual.

Por limitaciones de tiempo el trabajo se enfocó a resolver tres aspectos del corte de espejos, y sólo en el rayado del vidrio se construyó un prototipo.

Las etapas que se trataron son las siguientes:

- 1) Rayado del vidrio.
- 2) Generación de grieta.
- 3) Alimentación y posicionamiento del vidrio

Para cada una de estas etapas se generaron una serie de alternativas de solución, poniendo especial importancia en el principio de funcionamiento, es decir, observando que las alternativas cumplieran con la función específica para la que fueron concebidas, sin importar los materiales a emplear, los procesos de fabricación, dimensiones, etc.

Una vez que se tuvieron las alternativas se procedió a evaluarlas, planteando previamente criterios de selección. Los criterios empleados reflejan aspectos que son relevantes para la empresa, como costo, versatilidad, productividad, etc. Las alternativas son comparadas entre sí para cada criterio, obteniendo la más óptima.

Los resultados finalmente se presentan en un arreglo denominado matriz de decisión, en donde pueden observarse los factores de peso para cada criterio, los puntajes y el porcentaje de cada alternativa respecto a una de ellas.

Enseguida se pasa al diseño de detalle donde se incluyen los cálculos de elementos críticos, selección de materiales, tratamientos térmicos, dimensiones y planos de fabricación.

Finalmente se fabricó el prototipo para el sistema de rayado y se hicieron las pruebas necesarias para ver su funcionamiento.

De las pruebas se obtuvieron las conclusiones, en las cuales se indican las modificaciones para lograr que el sistema sea más eficiente.

II. METODO DE TRABAJO

Un proyecto de ingeniería mecánica es la formulación de planes para la satisfacción de necesidades humanas.

Estos planes deben producir propuestas, aceptables profesionalmente, con objeto de obtener productos, aparatos, máquinas, sistemas, o de resolver problemas cualesquiera que sean.

El proyecto no puede empezar hasta que se ha definido claramente la necesidad que ha de ser satisfecha, y se conozcan las especificaciones para la máquina o sistema. Por lo tanto se debe seguir una secuencia lógica para facilitar el trabajo y ahorrar tiempo.

A menudo se describe el proceso para la realización de un proyecto -desde que empieza hasta que termina- como se indica enseguida:

1. Reconocimiento de la necesidad.
2. Definición del problema.
3. Investigación.
4. Conceptualización, selección y diseño.
5. Evaluación.
6. Comunicación del diseño.

1. Reconocimiento de la necesidad. En esta etapa sólo se trata de detectar la necesidad primordial y ésta definirá el problema.

2. Definición del problema. Es la determinación detallada de las características del problema, estableciendo el estado A (lo que se tiene) y el estado B (lo que se quiere), para establecer los objetivos, especificaciones y los criterios a los que se debe restringir la solución.

3. Investigación. Es toda actividad destinada a obtener información, ya sea comercial, de patentes o teórica la cual puede ayudar para resolver el problema. Está presente en todas las etapas.

4. Conceptualización, selección y diseño. Es presentar alternativas de solución, analizarlas, cuantificarlas y seleccionar la más adecuada respecto a ciertos criterios como costo, productividad, espacio, etc. Una vez seleccionada la alternativa óptima se procede al diseño de detalle de la misma.

Esta etapa se puede subdividir de la siguiente manera:

4.1 Diseño conceptual. Aquí se generan las alternativas de solución mostrando los principios de funcionamiento, sin entrar en detalles como dimensiones, materiales, etc.

4.2 Selección. Del universo de soluciones se escoge aquella que cumpla más adecuadamente los criterios de selección que se han establecido para el problema en particular.

4.3 Diseño de detalle. Una vez seleccionada la alternativa óptima se procede al diseño de sus partes por medio de cálculos, selección de materiales, etc. En este punto se realizan los planos necesarios incluyendo las características de cada parte.

5. Evaluación. La evaluación es una etapa significativa del proceso total de diseño, pues es la demostración definitiva de que un diseño es acertado. Generalmente incluye la fabricación y pruebas de un prototipo en el laboratorio.

6. Comunicación del diseño. Es el trabajo escrito del diseño total del sistema, producto o máquina que se eligió y se fabricó, donde se incluyen además resultados y conclusiones.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para solucionar cualquier problema el primer paso es entenderlo, por lo que se procedió, con ayuda de la empresa, a definir el problema en cuestión.

La empresa se dedica a la fabricación en serie de espejos retrovisores y laterales de automóviles, los cuales vende principalmente a empresas refaccionarias. Tal venta ya no les resulta rentable, siendo la causa, según la empresa, el alto costo de fabricación.

Para poder establecer el problema real, es necesario conocer el proceso de producción. Dicho proceso (fig. 1) consta de las siguientes etapas:

Corte en tiras de espejo. Se lleva a cabo a partir de un espejo de 1.2 x 1.8 m, según el ancho requerido, por medio de una carretilla (herramienta manual de rayado de vidrio). El operario, después de haber realizado esto, separa la tira flexionando el vidrio en la zona donde se ha rayado (fig. 1.a).

Corte de espejos. Esta parte se puede dividir en tres fases:

Rayado. En esta fase el operario realiza la alimentación y rayado propiamente del vidrio. La alimentación se realiza utilizando una mano, y con la otra se hace el rayado (ver fig. 2), el cual se efectúa por medio de un brazo mecánico que sigue a una plantilla. Una vez rayado el vidrio se separa la pieza cortando en las esquinas.

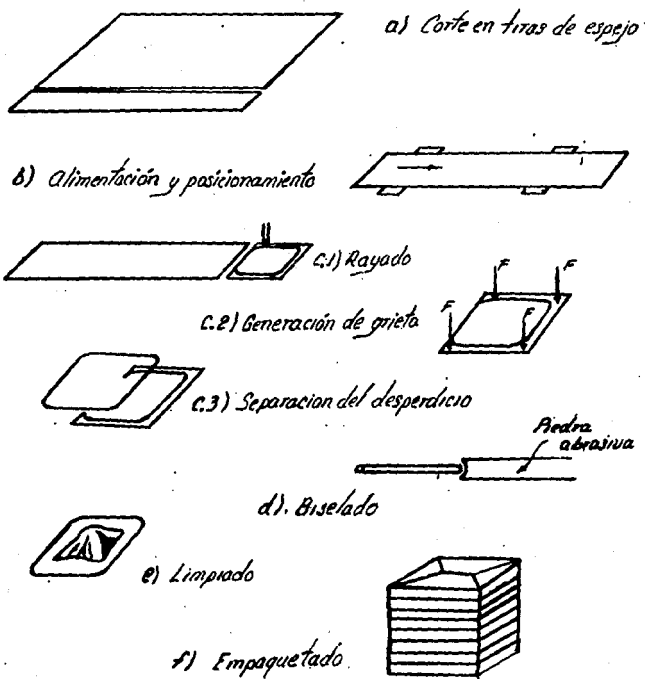


Fig.1 "Proceso completo de corte de vidrio"

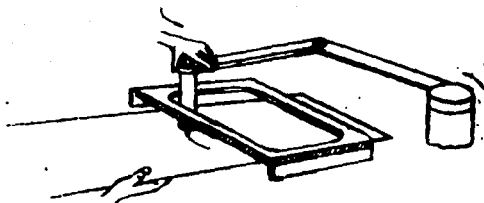


Fig. 2 "Mecanismo de rayado manual"

Generación de la grieta. Otro operario con el espejo ya rayado, procede a generar la grieta (fig. 1.d).

Separación del desperdicio. El mismo operario que realiza la generación de la grieta separa el desperdicio cortando en las esquinas, como se ve en la figura 1.e.

Biselado. En esta operación la finalidad es quitar el filo al borde del espejo y darle una mejor presentación. Esto se hace utilizando un esmeril con una rueda de carburo de silicio. El operador presiona el vidrio contra la rueda, siguiendo todo su contorno (fig. 1.f).

Limpiado. Para esta etapa se limpia el espejo utilizando un paño, para no dañar el espejo, y retirar residuos de la piedra abrasiva con que fue biselado como se muestra en la figura 1.g.

Empaquetado. Finalmente se forman paquetes de 50 espejos cada uno, para su distribución (fig. 1.h).

El costo de fabricación de un artículo está íntimamente relacionado con el tiempo necesario para fabricarlo, por lo que aparte de conocer el proceso realizado por esta empresa, se tomaron los tiempos de producción de cada etapa, con 2 operarios, para un lote de 100 piezas de un modelo determinado, ya que la producción se realiza para varios modelos .

Etapa	Tiempo prom. (min)	% Tiempo
Corte en tiras	8.3	7.2
Corte de espejo.	63.0	54.8
Biselado.	19.0	16.5
Limpiado.	17.0	14.8
Empaquetado.	7.7	6.7
Tot.	115	100.0

Tabla 1 "Tiempos de producción"

Haciendo un análisis del proceso total puede observarse que la etapa que consume mayor tiempo es la de corte de espejo, debido a que es la más compleja en cuanto al número de operaciones intrínsecas (rayado, generación de grieta y separación del desperdicio) y en cuanto a la ineficiencia notoria de éstas.

Las otras etapas también pueden mejorarse pero por limitaciones de tiempo no es posible abarcar todo el

proceso. Es así que se decidió hacer más eficiente la etapa de corte, en lo que se refiere al rayado y generación de grieta.

El problema es, por lo tanto, el corte de espejos en serie con una forma cualquiera, a partir de tiras de vidrio plano (espejo).

Finalmente, el objetivo de este trabajo es: el diseño y la implementación de un sistema de corte de vidrio, en una forma cualquiera, a partir de tiras de vidrio plano.

El sistema debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- El radio máximo de las piezas cortadas será de 25 cm
- El radio mínimo de las piezas cortadas debe ser de 2.5 cm
- Se deben cortar espejos con espesores de 2 y 3 mm
- El sistema debe cortar cualquier forma de espejo
- La producción de espejos es en serie
- La producción mínima es de 500 piezas por hora

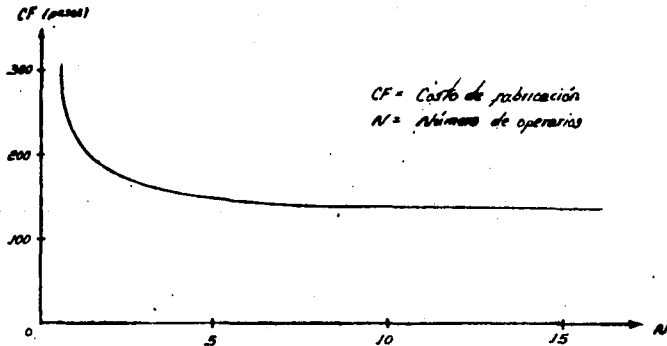
IV. DISEÑO CONCEPTUAL

Para solucionar el problema se debe partir de la siguiente interrogante: cómo reducir el tiempo empleado para el corte de espejos ?.

A continuación se mencionan algunas posibles soluciones que ayuden a conseguir el objetivo.

1) Aumentando el número de operarios.

Haciendo un análisis de este caso se obtuvieron los resultados que se presentan en la gráfica 1:



Gráfica 1 "costo de fabricación vs número de operarios"

El costo de fabricación incluye la mano de obra, renta de local, gastos contables, electricidad, etc.

La gráfica 1 refleja que hay una notable reducción en el costo si se cuenta con 2 operarios en vez de 1, pero al aumentar el número de éstos la diferencia se reduce hasta hacerse casi nula, por lo que no se obtienen beneficios apreciables de esta manera.

Por otro lado, la empresa se encuentra en un local relativamente pequeño lo que hace inconveniente el empleo de más de seis trabajadores, además que se tendría que comprar mayor maquinaria debido a que una máquina de corte requiere sólo dos operarios.

2) Mejorando el sistema ya existente.

Como se mencionó anteriormente las fases del proceso que se tratarán son el rayado y la generación de grieta.

En el sistema empleado actualmente un operario posiciona la tira de vidrio, lo raya siguiendo el contorno de la plantilla, separa la pieza rayada y se la entrega a otra persona, que se encarga de generar la grieta y de separar el desperdicio de la pieza útil. Para rayar el vidrio se debe aplicar una fuerza promedio de 58.68 N (6.5 kgf) además de detener la tira de vidrio. De esta manera el trabajador va minando su capacidad física conforme aumenta el número de piezas cortadas, y así baja su rendimiento.

El sistema puede mejorarse evitando que el trabajador detenga la tira de vidrio y que aplique la fuerza para el

rayado, pero el seguimiento de la plantilla lo debe hacer él, por lo que esto no disminuye en gran medida el tiempo para dicha operación.

3) Implementando maquinaria existente en el mercado.

La maquinaria que se puede implementar es la siguiente:

- a. Máquina de control numérico
- b. Sistema electrónico óptico seguidor

Estas máquinas son capaces de generar cualquier forma, y se pueden utilizar en ellas todas las herramientas de corte, como son: rayo laser, chorro de agua, diamante y roldana de carburo de tungsteno (ver anexo 2).

El inconveniente radica en su alto costo, por lo que rebasa completamente las posibilidades económicas de la empresa.

4) Diseñar y fabricar un nuevo sistema.

Aquí se plantea el diseño de un sistema que se adapte a las necesidades y recursos de la empresa, y que además cumpla con las especificaciones mencionadas anteriormente.

Como los casos 1, 2 y 3 no resuelven satisfactoriamente las necesidades y limitaciones de la empresa, se eligió la alternativa 4 para solucionar el problema.

Enseguida se exponen los detalles para el diseño de este sistema.

Se utilizó como herramienta de corte la roldana de carburo de tungsteno, ya que es un elemento comercial de bajo costo y gran disponibilidad.

Las fases de que constará el sistema a diseñar son las siguientes:

IV.1.A Rayado del vidrio

IV.1.B Generación de la grieta (apertura del vidrio)

IV.1.C Alimentación y posicionamiento de las tiras de vidrio

Se inició el diseño con la fase de mayor importancia, que es el rayado del vidrio, ya que es fundamental (ver anexo 1) para obtener, al final del proceso una pieza de buena calidad.

Posteriormente se diseñó la etapa de generación de grieta ya que con ésta se concluye el corte de vidrio propiamente dicho, y sólo resta la separación de la parte útil del desperdicio.

Por último se atendió el diseño de la alimentación de las tiras de vidrio.

Para cada fase se generaron diferentes alternativas de solución, a las que llamó "sistemas", y la que resultó seleccionada, después de hacer una evaluación, es a la que se le asignó el nombre de la fase correspondiente.

Por cuestiones de tiempo se realizó la fabricación solamente de la fase de rayado, ya que como se mencionó anteriormente es crítica para obtener piezas de buena calidad.

IV.1. Alternativas para la etapa de rayado.

IV.1.A. Sistema de rayado 1 (ASR1).

Para poder facilitar la descripción física y de funcionamiento de la máquina, primero se muestran algunas formas de los espejos que se fabrican (fig. 3):

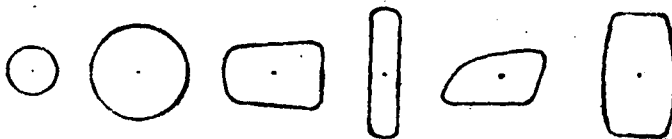


Fig. 3 "Formas comunes de espejos"

La mayor dificultad radica en que el sistema debe ser lo suficientemente versátil para generar cualquier figura sobre el vidrio.

El problema anterior se resuelve por medio del giro de un plato (fig. 4 y 5) y el desplazamiento a lo largo de una ranura, hecha en el plato, de la corredera pluma (CP) que tiene el rayador (fig. 4, 5 y 7).

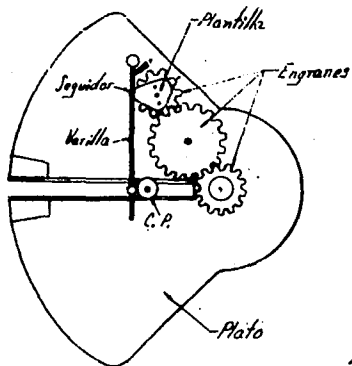


Figura 4

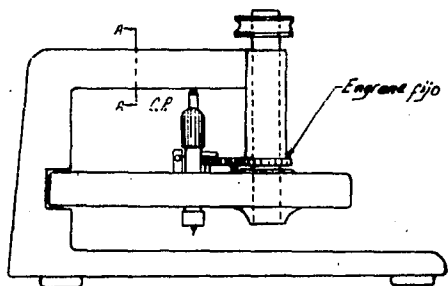


Figura 5

Corte A-A

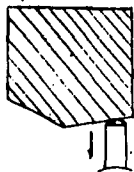


Figura 6

Corredera - Pluma (C.P.)

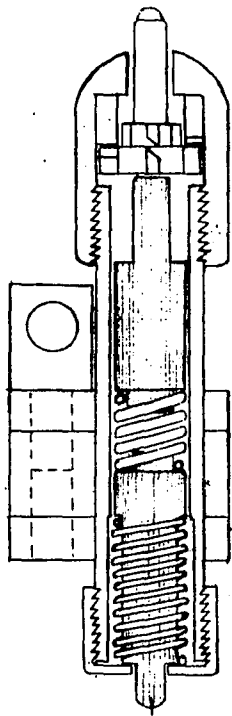


Figura 7

Figs. 4-7 "Sistema de rayado 1"

El mayor o menor desplazamiento de la CP es provocado por la plantilla (fig. 4), fija a uno de los engranes, sobre el seguidor de la varilla, la cual está oscilando sobre el punto P. Un resorte provoca que constantemente el seguidor esté tocando el contorno de la plantilla. En la figura 8 se muestra la forma del rayado del vidrio y la plantilla que se necesitaría para generar tal figura.

El conjunto de engranes (engrane 1 fijo a la estructura, engrane 2 de enlace y engrane 3, que actúa teniendo la plantilla fija a él) tienen como finalidad el asegurar que en cada vuelta del plato se tenga una vuelta de la plantilla, sin deslizamientos para un correcto rayado del vidrio.

El subsistema CP (fig. 7) resuelve otro problema, el que en una revolución raye y en la siguiente no, para poder posicionar nuevamente al vidrio. En este subsistema se utiliza el mecanismo de una pluma; al oprimir subsecuentemente el botón B sube y baja al rayador. El control de este botón se tiene en el brazo de la estructura, al pasar la CP por él, se oprime dicho botón (fig.5 y 6).

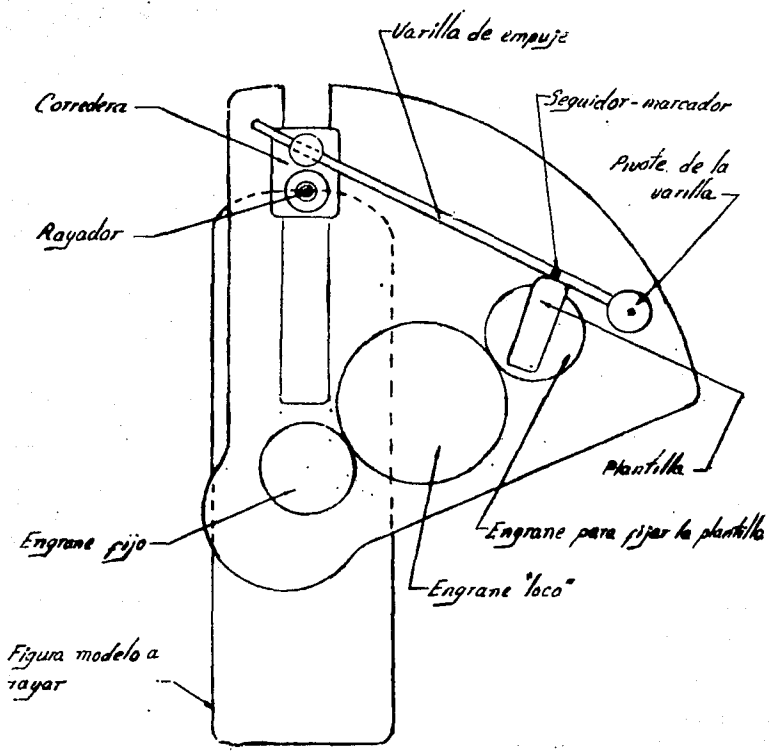


Fig. 8 "Generación del rayado"

IV.1.B. Sistema de rayado 2 (ASR2).

El principio de funcionamiento de esta máquina es muy sencillo:

La flecha de transmisión conduce el movimiento a la flecha del cortador, acopladas debidamente por un par de engranes cónicos. Esta flecha principal gira a una velocidad reducida, o sea, a la velocidad de corte. El par de rodamientos, colocados sobre la cubierta o protección, permiten sujetar la flecha y su movimiento de rotación se lleva a cabo sin excesivas variaciones, esto permite al cortador girar libremente. El cortador está acoplado a la flecha principal, que le permite tener un movimiento ascendente y descendente, aparte de no ofrecer resistencia al movimiento lineal que tiene el cortador. El movimiento lineal se logra introduciendo la sujeción del cortador dentro de un tubo, que cuenta con bujes para no permitir movimientos dentro del mismo. El sistema cuenta además con un resorte de tensión, el cual proporciona la tensión o fuerza necesaria para mantener al cortador pegado a la plantilla. Tiene también un tornillo regulador de presión, con el cual se puede graduar la presión de corte sobre la plantilla.

Por último, la guía que está sujeta a la cubierta o protección proporciona el movimiento ascendente y descendente del cortador a medida que éste está girando a la velocidad de corte o de la flecha principal. Esta guía tiene

la función de una leva, que proporciona en el tiempo adecuado el movimiento descendente del cortador para poder producir el rayado del vidrio, y subir en otro momento para mover la placa de vidrio y así producir otro rayado. El seguidor regulable es para controlar la presión de corte, ya que después de algunos ciclos el cortador se desgasta y necesita más presión para realizar buenos cortes.

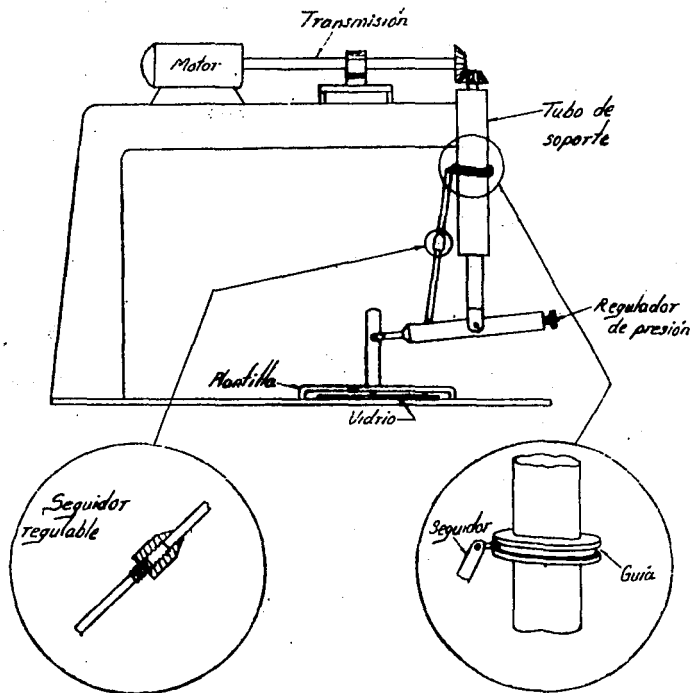
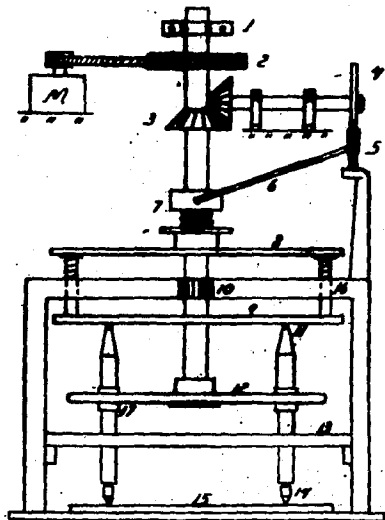


FIG. 9 " Sistema de rayado 2 "

IV.1.C. Sistema de rayado 3 (ASR3).

Un motor mueve a la flecha por medio de una banda y una polea. Los engranes cónicos producen un movimiento del eje que es perpendicular a la flecha y que mueve a la leva. El seguidor se mantiene tocando a la leva por medio de un resorte y tiene unos pernos en donde está articulada la barra 6. La leva se diseña de acuerdo a los ciclos que debe por cada ciclo del disco 12.



COMPONENTES:

- 1) *Chumacera*
- 2) *Flecha*
- 3) *Engranes cónicos*
- 4) *Leva*
- 5) *Seguidor*
- 6) *Palanca*
- 7) *Tornillo para ajuste*
- 8) *Barra*
- 9) *Pistón*
- 10) *Rodamiento de carga*
- 11) *Rodamiento loco*
- 12) *Disco rayado*
- 13) *Planilla*
- 14) *Cortador*
- 15) *Vidrio*
- 16) *Guías*
- 17) *Correderas*

Fig. 10 "Sistema de rayado 3"

Al moverse el seguidor acciona la barra 6 que funciona como una palanca sobre el punto de apoyo M. Esta barra hace subir y bajar a la parte 7. Esta consta de un tornillo y una tuerca como se ilustra en la figura 11.

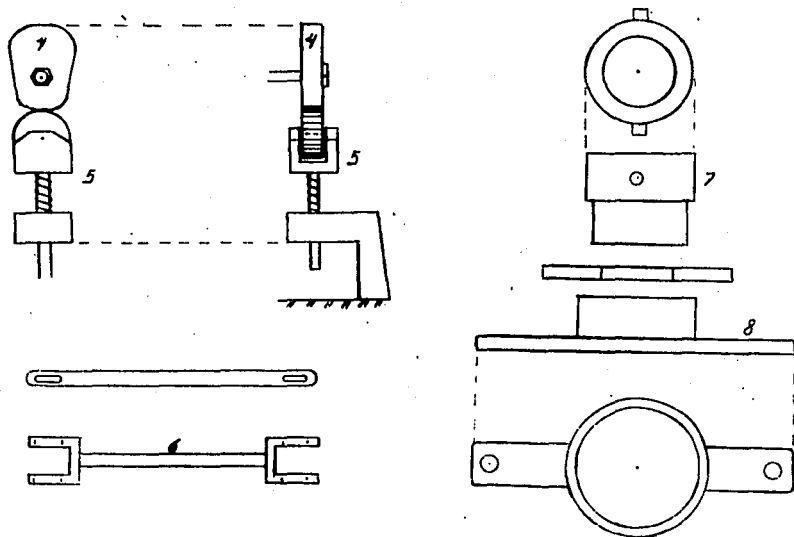


FIG. 11 " componentes del sistema de rayado 3 "

La tuerca sirve para regular el desplazamiento que tiene la pista. La tuerca obliga a bajar y subir a la parte B que está unida a unos pernos con resortes. Estos pernos a su vez están unidos a la pista, que consiste en una placa delgada en forma circular y que tiene el diámetro del disco 12. Los rodamientos se mueven por la pista que los obliga a desplazarse hacia abajo para comprimir el resorte como se muestra en la figura 12.

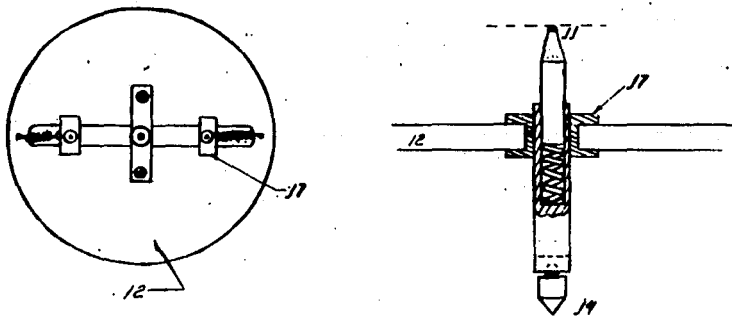


FIG. 12 " Disco y cortador "

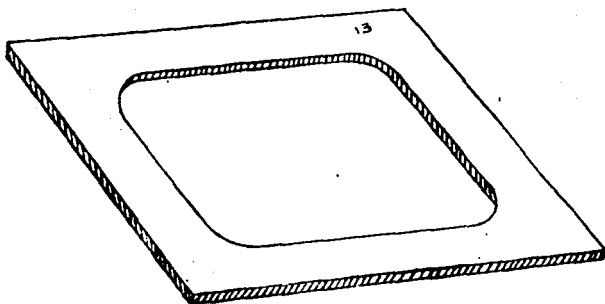


Fig. 13 "plantilla"

Variando el desplazamiento del resorte se controla la fuerza de corte. El cortador es movido por las correderas que a su vez están acopladas a resortes de tensión. Estos resortes obligan al cortador a mantenerse en contacto con la plantilla.

Al girar el disco, las correderas se mueven por las guías de modo que al cumplirse 1/2 revolución el corte se ha completado y la leva obliga a la pista a subir. El vidrio se posiciona nuevamente y se repite el ciclo.

IV.1.D. Sistema de rayado 4 (ASR4).

Este sistema consta de una barra guía, cuyo desplazamiento es solamente lineal. Para lograr esto se tienen 6 guías dispuestas como se muestra en la figura 14, de tal forma que cuando se aplica una fuerza (en un plano horizontal) sobre un punto de la barra, ésta se mueve en la dirección de la fuerza. La barra tiene una ranura en donde se colocan los cortadores, cuyo número y posición entre sí depende de las dimensiones de la pieza a cortar.

Un cortador sigue a una plantilla interior con la forma de la pieza deseada.

La tira de vidrio de 1.2 m de largo se coloca sobre la mesa y por medio de un sistema hidráulico se eleva y se presiona contra los cortadores hasta alcanzar la fuerza de corte.

El número de piezas a cortar influye en la fuerza de corte.

Para evitar que las guías soporten esta fuerza se tienen dos pistas superiores en donde corren unos rodamientos.

Los rodamientos se encuentran en las extremidades de la barra ranurada que contiene a los cortadores.

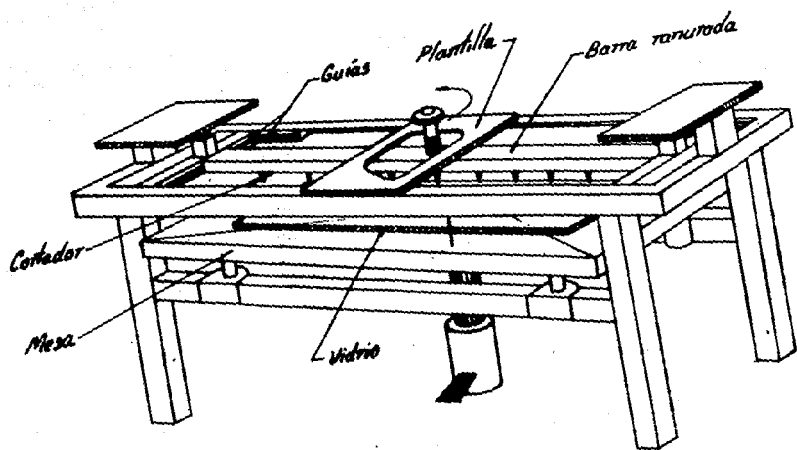


FIG. 16 "Cortador múltiple"

IV.1.1 Criterios de selección.

La selección es una fase significativa del proceso total de diseño. En este punto se establece cuál de las alternativas planteadas con anterioridad es la más óptima de acuerdo a los criterios .

Los criterios se acomodan de cierta manera, para poder así, elegir alguna alternativa. Este arreglo se conoce como matriz de decisión y se presenta en forma tabular .

En primer término se establecen los criterios de selección, lo cual se realiza clasificando su importancia y asignándoles un factor de peso, que es mayor cuanto más importante es el criterio. Enseguida se lleva a cabo una evaluación tomando en cuenta dichos criterios y sus factores de peso para cada alternativa, y por último se indica cual alternativa resultó más óptima.

La funcionalidad es un criterio muy importante cuando van a evaluarse las alternativas y se refiere a la capacidad de la alternativa para realizar adecuadamente la operación para la cual fue diseñada. Este criterio no se incluyó en la matriz de decisión, ya que al generar las alternativas se partió de que éstas fueran funcionales.

Los criterios empleados para evaluar las alternativas fueron los siguientes:

1. Costo de material. Se refiere exclusivamente a los materiales y a las piezas comerciales que sirven para construir la máquina, tales como perfiles, láminas,

rodamientos, engranes, etc. . Este fué un criterio muy importante ya que los recursos con que se contaba eran muy limitados. Por ésto se asignó un 20% de factor de peso.

2. Costo de fabricación. Aquí se incluyen las piezas que no existen comercialmente y que hay que fabricar en forma exclusiva para la máquina. Al igual que el costo de material este criterio es importante y tuvo un factor de peso de 20%.

3. Producción. Es importante considerar la cantidad de piezas producidas por unidad de tiempo ya que esto influye en la rapidez con que se amortiza el costo de la máquina, además de redituar mayores ganancias, así que le correspondió el 15% como factor de peso.

4. Mantenimiento. El mantenimiento debe ser una actividad planeada e inclusive programada ya que nace en el diseño mismo de la máquina. A fin de cuentas representa un gasto (o una inversión) por lo que la mejor alternativa para este criterio es aquella que genera menos gastos por mantenimiento. Por lo tanto, se asignó a este criterio un peso del 15%.

5. Tiempo de diseño. El factor tiempo también es importante ya que este proyecto es un trabajo de tesis, por lo que no se puede planear a largo plazo. A este criterio se le asignó un factor de 10%.

6. Versatiliad. Una característica importante de la máquina es que debe tener la capacidad de cambiar el modelo de pieza

que se está produciendo en forma rápida. Las características del mercado así lo requieren, por lo que se dió un peso de 5%.

7. Espacio. Por las condiciones en que se encuentra la empresa el espacio que ocupa la máquina es una limitante, por lo que se decidió incluirlo como un criterio de selección que tiene un peso de 15%.

IV.1.2 Evaluación para las alternativas del sistema de rayado.

En la evaluación la alternativa más óptima fué la que tuvo menor porcentaje, ya que representa, según el criterio, la de menor costo de material, fabricación, tiempo de diseño, la que ocupa menos espacio, etc.

Se tomó como referencia la alternativa ASR3 (pudo ser cualquiera) asignándole el 100% en todos los criterios y posteriormente se obtuvieron los porcentajes de las demás alternativas respecto a ésta.

1. Costo de material. Para evaluar este criterio se hizo una lista de todos los componentes que lleva cada alternativa y con los precios investigados se obtuvo el costo total de cada una. Los resultados se presentan en la tabla 2, en donde CM es el costo de material (en miles de pesos), que incluye el número de piezas de cada componente.

COMPONENTE	ASR1 CM	ASR2 CM	ASR3 CM	ASR4 CM
Chumaceras	70	70	70	
Motor (1/4 hp)	200	200	200	
Reductor de vel.	70	70	70	
Flecha	10	20	20	
Plato	20			
Engranés	150	160	160	
Buje	10	20	20	20
Estructura	25	60	50	50
Pluma	6			
Guías	10	15	20	60
Rodamientos	45	65	55	30
Resortes	5	5	5	
Leva			15	
Cubierta		10		
Seguidor		10		
Discos			30	
Tubos		20		
Barra				10
Mesa				50
Corredera			10	
Sist. hidráulico				400
Cortador		10	20	120
TOTAL	621	735	745	740

Tabla 2 "Costo de materiales para los sistemas de rayado."

Asignando a la alternativa ASR3 el 100% se obtienen los porcentajes de las demás:

$$ASR1 = (621 / 745) \times 100 = 83.3\%$$

$$ASR2 = (735 / 745) \times 100 = 98.6\%$$

$$ASR3 = 745 = 100\%$$

$$ASR4 = (740 / 745) \times 100 = 99.3\%$$

Como puede observarse la alternativa ASR1 presenta el menor costo de materiales, lo que significa que es la más óptima para este criterio.

2. Costo de fabricación. El costo de fabricación de una pieza va relacionado íntimamente con el tiempo que tarda el operador en fabricarla. También las tolerancias en una pieza influyen en el costo de ésta, siendo mayor cuanto más pequeñas sean dichas tolerancias.

Para evaluar este criterio se investigaron los costos de fabricación (CF) de cada alternativa en diversos talleres mecánicos. Se obtuvo el costo para cada alternativa y se comparó con la ASR3 (ver tabla 3). El costo está expresado en miles de pesos.

COMPONENTE	ASR1 CF	ASR2 CF	ASR3 CF	ASR4 CF
Plato	120			
Pluma	300			
Guías	150	400	150	300
Corredera	100		150	
Bujes	50	50	50	50
Flecha	50	200	100	
Estructura	150	150	300	400
Cortador		200	200	400
Seguidor		100	50	
Leva			150	
Pista			150	
Disco			100	
Barra				100
Mesa				150
TOTAL	920	1100	1400	1400

Tabla 3 "Costo de fabricación para los sistemas de rayado"

Los porcentajes de las alternativas respecto a la ASR3 se obtienen de la siguiente manera:

$$ASR1 = (920 / 1400) \times 100 = 65.7\%$$

$$ASR2 = (1100 / 1400) \times 100 = 78.5\%$$

$$ASR3 = 1400 = 100\%$$

$$ASR4 = (1400 / 1400) = 100\%$$

Al igual que en el costo de material, la alternativa ASR1 es la de menor porcentaje (la más barata) y por lo tanto la más óptima.

3. Producción. Para evaluar este criterio se supuso la producción aproximada de cada alternativa. Se obtuvo el tiempo requerido para producir una pieza.

De los experimentos realizados en un modelo y de la experiencia de la empresa se consideró la siguiente producción:

ASR1	30	piezas/minuto	t = 2 seg./pieza.
ASR2	30	" "	t = 2 " "
ASR3	30	" "	t = 2 " "
ASR4	20	" "	t = 3 " "

Comparando las alternativas con ASR3 se obtuvieron los siguientes resultados:

$$\text{ASR1} = 100\%$$

$$\text{ASR2} = 100\%$$

$$\text{ASR3} = 100\%$$

$$\text{ASR4} = (3/2) \times 100 = 150\%$$

En este criterio se observa que las alternativas ASR1, ASR2 y ASR3 tienen el menor porcentaje, lo que indica que son las óptimas en cuanto a productividad se refiere.

4. Mantenimiento. Se estimó la vida de las piezas que componen cada alternativa, clasificándola de la siguiente manera:

a) Vida corta	FD = 3
b) Vida media	FD = 2
c) Vida larga	FD = 1

Donde FD = Factor de duración.

Así mismo, para este criterio se tomó en cuenta el tiempo que se requiere para realizar un mantenimiento preventivo, o sea, aquel tiempo que se necesita para engrasar la máquina, limpiarla, etc.

Se multiplicó el factor de duración por el costo de materiales y/o fabricación de cada pieza, obteniéndose posteriormente la suma para cada alternativa.

F = Factor de mantenimiento

$$= (CM + CF) \times FD$$

En la tabla 4 se resumen los resultados obtenidos.

COMPONENTE	ASR1		ASR2		ASR3		ASR4	
	FD	F	FD	F	FD	F	FD	F
Mandril	2	140	2	140	2	140		
Motor	2	400	2	400	2	400		
Reductor	1	70	1	70	1	70		
Flecha	1	60	1	220	1	120		
Plato	1	140	1	140				
Engranés	2	300	2	320	2	320		
Bujes	3	300	3	360	3	210	3	210
Resortes	1	5			1	10		
Estructura	1	175	1	190	1	340	1	450
Pluma	2	612						
Guías	1	160	3	930	2	320	2	720
Rodamientos	2	90	2	130	2	110	2	60
Correderas	2	208						
Cortador			2	410	2	440	2	1000
Seguidor			2	210				
Leva					2	330		
Disco					1	115		
Corredera					2	320		
Pista					1	165		
Barra							1	112
Sist. hidr.							2	800
Mesa							2	400
TOTAL		2660		3380		3410		3752

Tabla 4 "Factor de mantenimiento para los sist. de caxedo"

Comparando las alternativas respecto a la alternativa ASR3, se obtiene:

$$ASR1 = (2660/3410) \times 100 = 78.00\%$$

$$ASR2 = (3380/3410) \times 100 = 99.12\%$$

$$ASR3 = 100\%$$

$$ASR4 = (3752/3410) \times 100 = 110.03\%$$

La alternativa ASR1 tiene el porcentaje menor, lo que indica que los costos por mantenimiento son los más bajos en ésta.

5. Tiempo de diseño. En este caso se tabularon las alternativas según el número de piezas a diseñar y la dificultad del diseño. De acuerdo al grado de dificultad en el diseño se le asignó un valor (NF) a cada componente y se obtuvo la suma total que fué el parámetro de comparación.

- | | |
|--------------------------------|--------------------------|
| 1er. nivel de dificultad = 100 | selección de catálogos. |
| 2o. nivel de dificultad = 200 | diseño de flechas, etc. |
| 3er. nivel de dificultad = 300 | diseño de engranes, etc. |

NF= Nivel de dificultad.

Los valores correspondientes al nivel de dificultad para cada componente de las diferentes alternativas, se resumen en la tabla 5.

COMPONENTE	ASR1 NF	ASR2 NF	ASR3 NF	ASR4 NF
Flecha	200	300	200	
Reductor	200	200	200	
Plato	300		300	
Engranés	300	300	300	
Guías	100		100	200
Corredera	100		100	
Rodamientos	100	100	100	100
Pluma	200			
Estructura	200	200	300	300
Cortador		200	100	100
Seguidor		300		
Leva			200	
Sist. hidr.				300
Mesa				200
TOTAL	1700	1600	1900	1200

Tabla 2 "Nivel de dificultad de las alternativas de reyado"

Comparando los valores de nivel de dificultad de las alternativas respecto a la ASR3:

$$ASR1 = (1700/1900) \times 100 = 89.5\%$$

$$ASR2 = (1600/1900) \times 100 = 84.2\%$$

$$ASR3 = 100\%$$

$$ASR4 = (1200/1900) \times 100 = 63.1\%$$

La alternativa ASR4 obtiene el menor porcentaje, lo que indica que el grado de dificultad para su diseño es el menor.

6. Versatilidad. En este caso la alternativa ASR1, al usar una plantilla exterior tiene ventaja respecto a las demás, ya que es más fácil y rápida de cambiarse.

Los valores para cada alternativa fueron los siguientes:

ASR1 = 70%

ASR2 = 100%

ASR3 = 100%

ASR4 = 100%

La alternativa ASR1 tiene el porcentaje menor por ser la más versátil.

7. Espacio. Se obtuvo aproximadamente el espacio que requiere cada alternativa, asignándose el 100% a la ASR3. Las demás se compararon respecto a ésta.

ASR1:

$$V = 0.6 \times 0.6 \times 0.8 = 0.288 \text{ m}^3$$

ASR2:

$$V = 0.6 \times 0.6 \times 0.8 = 0.288 \text{ m}^3$$

ASR3:

$$V = 0.6 \times 0.6 \times 1.0 = 0.360 \text{ m}^3$$

ASR4:

$$V = 1.2 \times 0.6 \times 1.0 = 0.720 \text{ m}^3$$

Donde $V = \text{Volumen (m}^3\text{)}$.

Al igual que en los criterios anteriores se compararon las alternativas respecto a la ASR3.

$$ASR1 = (.288/.36) \times 100 = 80\%$$

$$ASR2 = (.288/.36) \times 100 = 80\%$$

$$ASR3 = 100\%$$

$$ASR4 = (.72/.36) \times 100 = 200\%$$

Las alternativas ASR1 y ASR2 son las que ocupan menor espacio, por lo que son las más óptimas en este criterio.

Una vez que se terminaron de evaluar las alternativas para cada criterio, se procedió a elegir la alternativa más óptima.

Toda la información se sintetizó en una matriz (tabla 6), en la cual los números en la parte superior de cada cuadro representan los porcentajes de las alternativas respecto a la ASR3.

Estos porcentajes se multiplicaron por los respectivos factores de peso de cada criterio y se sumaron, obteniéndose un total que fué el parámetro de comparación entre las diferentes alternativas. Como se mencionó con anterioridad, la alternativa que obtuvo el puntaje más bajo fué la elegida.

CRTI	CM	CF	PR	MN	TD	VR	ES	TOT.
ALT	120%	120%	115%	115%	110%	5%	115%	100%
ASR1	122.2	125.7	1100	125.0	127.5	170.0	120.0	80.81 <<-
ASR2	116.6	113.1	115.0	111.7	8.9	3.5	112.0	90.71
ASR3	100	100	100	100	100	100	100	100
ASR4	120.0	120.0	115.0	115.0	110.0	5.0	115.0	119

Tabla 6 "Matriz de decisión para la fase de rayado"

CRT= Criterios de selección
 CM= Costo de material
 PR= Producción
 TD= Tiempo de diseño
 ES= Espacio
 ALT= Alternativas
 CF= Costo de fabricación
 MN= Mantenimiento
 VR= Versatilidad

En este caso la alternativa ASR1 fué la elegida.

IV.2. Alternativas para la etapa de generación de grieta.

La generación de la grieta no es más que una prolongación del rayado en el vidrio a lo largo de su espesor (fig. 15):



Fig. 15 " Generación de grieta "

La secuencia que sigue la empresa para la generación de la grieta en una pieza, es la siguiente:

1. Deflexión con una mano, para generar parte de la grieta, como se observa en la figura 16.1.
2. Rayado en la zona donde se genera la grieta para separar la pieza (fig. 16.2).
3. Separación del tramo de la pieza (fig. 16.3).
4. Generación de la grieta con mínimas deflexiones utilizando las manos, como podemos observar en la figura 17.1.

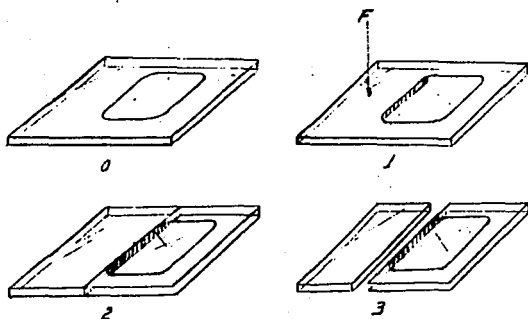


Fig. 14 " Pasos para generar la grieta "

5. Generación de la grieta en la zona restante (fig. 17.2).

6. Por último, separación de la pieza útil del desperdicio (fig. 17.3).

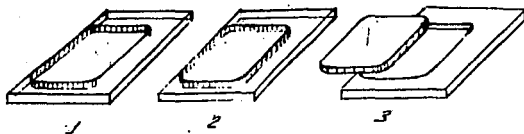


Fig. 17 " Separación del desperdicio "

IV.2.A Sistema de generación de grieta 1 (ASGG1).

Generación de la grieta por medio de rodillos y ruedas como se muestra en la figura 18:

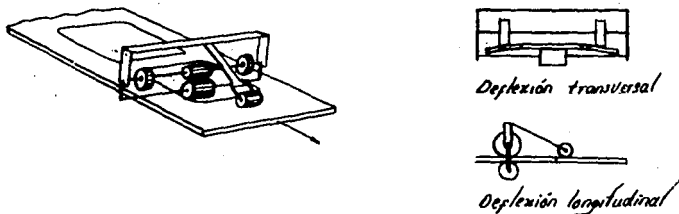


Fig. 18 " Sistema de generación de grieta 1 "

El mecanismo consta de un rodillo y dos ruedas colocadas de manera que provoquen una ligera flexión en las zonas requeridas, logrando con esto la generación de la grieta.

IV.2.B Sistema de generación de grieta 2 (ASGG2).
Esta alternativa consiste de un plato con ranuras espaciadas
cada 45°. En las ranuras entran unos tornillos (fig. 19) los
que tienen la función de flexionar el vidrio.

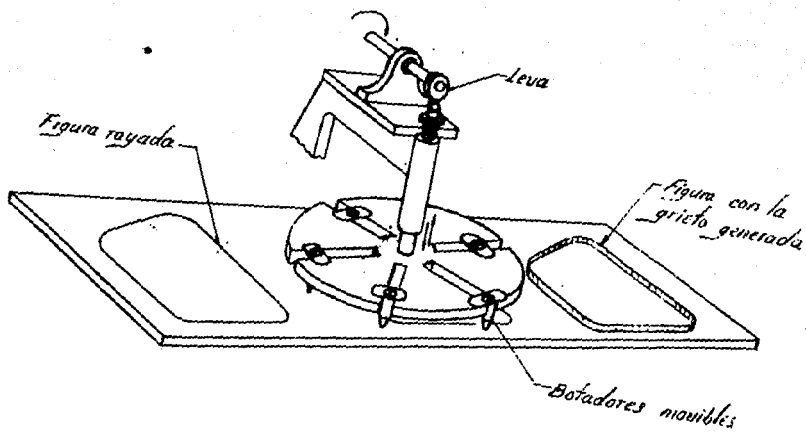


FIG. 19 "Sistema de generación de grieta 2"

Las ranuras están dispuestas de la manera que se muestra, para lograr flexionar el vidrio por todo el contorno de cualquier pieza (fig. 19).

El disco está acoplado a un eje que pasa por un brazo, permitiendo el movimiento hacia arriba y hacia abajo del mismo. Un resorte obliga al plato a mantenerse normalmente arriba. Cuando la leva, en su radio más grande, hace contacto con el balín, que se encuentra en la parte superior del eje, éste baja obligando a todos los tornillos a tocar el vidrio y provocando la flexión necesaria para generar la grieta.

El movimiento de la leva acopla el movimiento del plato cortador, de modo que la generación de la grieta se logra cuando el vidrio se encuentra en reposo.

IV.2.C Sistema de generación de grieta 3 (ASGG3).

Esta alternativa consiste en dos rodillos, los cuales además de "jalar" la tira de vidrio rayado, van a proporcionar la flexión necesaria para generar la grieta (para abrir el corte) en dirección longitudinal a la tira de vidrio. Estos rodillos tienen que ser maquinados, como se muestra en la figura 20, con una forma especial, el primero cóncavo y el segundo convexo.

Para generar la grieta en la dirección transversal a la tira de vidrio se cuenta con una rueda que empuja o flexiona hacia abajo el vidrio, provocando así la generación de grieta en este sentido (ver fig. 20.c).

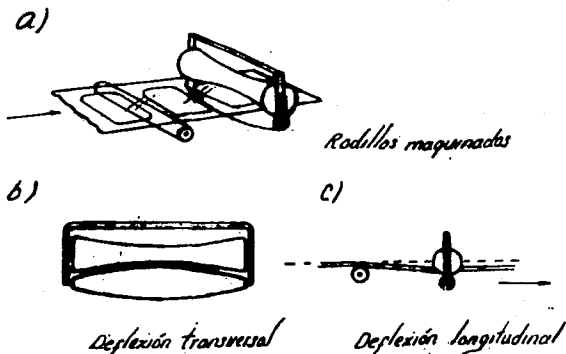


Fig. 20 " Sistema de generación de grieta 3 "

IV.2.1 Evaluación para las alternativas del sistema de generación de grieta.

La evaluación de esta etapa del diseño, que corresponde a la generación de grieta, se llevó a cabo bajo los mismos criterios empleados en el sistema de rayado del vidrio.

Siguiendo el mismo procedimiento para evaluar cada criterio, así como, la obtención de los porcentajes respectivos a cada una de las alternativas. Los resultados se presentan en las tablas 7 y 8. Cabe mencionar que en esta etapa se asignó el 100% a la alternativa 2 y respecto a ésta se obtuvieron los porcentajes de las demás alternativas.

CRT	CM	CF	PR	MN	TD	VR	ES
ALT							
ASGG1	130	380	100	73000	700	85	80
ASGG2	350	450	100	107000	1300	100	100
ASGG3	160	400	100	87000	600	70	80

Tabla 7 "Puntajes de las alternativas de generación de grieta"

Después de obtener los puntajes de todas las alternativas, se compararon respecto a la ASGG2 (Tabla B).

CRT \ ALT	CM	CF	PR	MN	TD	VR	ES
	%	%	%	%	%	%	%
ASGG1	37.14	84.4	100	68.2	53.8	85	80
ASGG2	100	100	100	100	100	100	100
ASGG3	45.71	88.8	100	81.3	46.1	70	80

Tabla 8 "Comparación de las alternativas de la fase de generación de grjeta"

Posteriormente se construyó la matriz de decisión para esta fase (Tabla 9).

CRT \ ALT	CM	CF	PR	MN	TD	VR	ES	TOT
	20%	20%	15%	15%	10%	5%	15%	100%
ASGG1	37.14	84.4	100	68.2	53.8	85	80	71.01 <<-
	17.42	16.8	15.0	10.2	15.38	14.25	12.0	
ASGG2	100	100	100	100	100	100	100	100
	20.0	20.0	15.0	15.0	10.0	5.0	15.0	
ASGG3	45.71	88.8	100	81.3	46.1	70	80	74.11
	19.14	17.7	15.0	12.2	14.6	13.5	12.0	

Tabla 9 "Matriz de decisión de la fase de generación de grjeta"

CRT= Criterios

ALT= Alternativas

CM= Costo de material

CF= Costo de fabricación

PR= Producción

MN= Mantenimiento

TD= Tiempo de diseño

VR= Versatilidad

ES= Espacio

Al igual que en la fase de rayado, la alternativa seleccionada fué aquella que registró menor puntaje. En este caso fué la ASGG1.

IV.3. Alternativas para la fase del sistema de alimentación.

La alimentación se hace a partir de tiras de vidrio de 2 y 3 mm de espesor, con un ancho variable desde 6 hasta 51 cm y con un largo de 120 cm como se muestra en la figura 21.

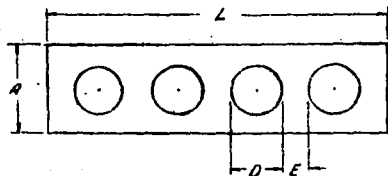


FIG. 21 " tiras de vidrio "

Esta fase, primera del proceso de corte de vidrio, consiste en posicionar la tira de vidrio, de manera adecuada bajo el rayador, para realizar un ciclo de rayado sobre ésta.

La alimentación no es continua, sino intermitente, es decir, debe existir un tiempo en el que el vidrio esté en reposo

para que se pueda realizar el ciclo de rayado y una vez terminado éste, el vidrio debe moverse y posicionarse de manera correcta para realizar el siguiente ciclo, o sea, el rayado de la pieza siguiente.

La distancia que se desplaza el vidrio también debe ser variable, de manera que se puede controlar en el rango especificado que es desde 6 hasta 51 cm .

IV.3.A Sistema de alimentación 1 (ASA1).

Para mover el vidrio en forma intermitente una longitud L , la que debe ser variable, se necesita una mesa con rodamientos, los cuales soportan el vidrio y a su vez permiten el deslizamiento.

La tira de vidrio entra en contacto con una leva, la cual da el desplazamiento requerido L . Esta leva esta fabricada de goma o de algún material que se adhiere al vidrio. El movimiento de la leva está acoplado al del sistema de rayado, para que cuando raye éste, la leva gire en vacío, y cuando no raye, la leva logre desplazar el vidrio. Además, la forma de esta leva es la de un semicírculo variable, para dar la longitud deseada que es equivalente al perímetro de este semicírculo.

La alineación correcta de las tiras de vidrio se logra utilizando topes laterales.

El movimiento de la leva es proporcionado por medio de una cadena acoplada a la catarina 1 (fig. 22). El empleo de la

cadena es necesario para evitar deslizamiento ya que se requiere un control exacto de las posiciones de la leva y del plato.

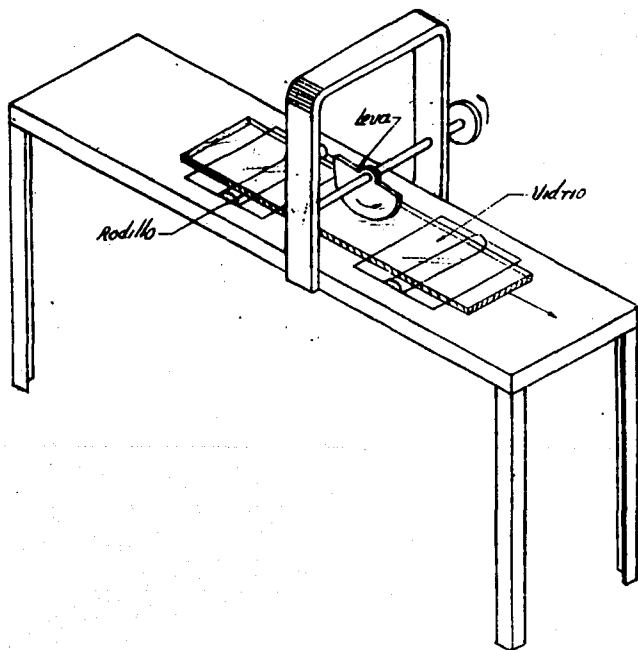


FIG. 22 " Sistema de alimentación 1 "

IV.2.B Sistema de alimentación 2 (ASA2).

En esta alternativa se utiliza un mecanismo biela-manivela-corredera, como se muestra en la figura 23.

La biela es un disco ranurado con el cual se puede variar el radio R . Esta variación será la que nos permita tener los diferentes desplazamientos L .

El mecanismo permite que para cada medio giro del disco se obtenga un desplazamiento lineal L de la corredera en la dirección x como se muestra en la figura 23. Este movimiento se transmite por medio del trinquete E a una cadena, que a su vez mueve al rodillo impulsor que es el que está en contacto con el vidrio proporcionándole el desplazamiento L . En el otro medio giro del disco, el trinquete E no despla la cadena y regresa una longitud L sobre la misma para empezar otro ciclo de trabajo.

El trinquete es un mecanismo que, cuando se tiene un movimiento hacia adelante, se embraga o atora, provocando el movimiento de la cadena, que a su vez mueve el rodillo impulsor proporcionando el desplazamiento del vidrio. Cuando se tiene un movimiento hacia atrás el trinquete G no permite que la cadena regrese.

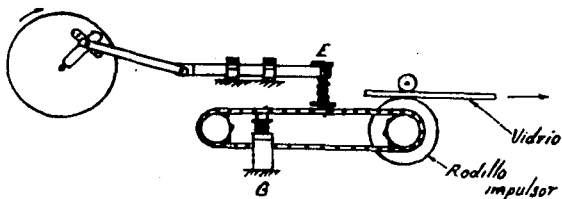


FIG. 23 " Sistema de alimentación B "

IV.3.C Sistema de alimentación 3 (ASA3).

Esta es una variación de la alternativa ASA2. En lugar de utilizar el mecanismo de la cadena para mover el vidrio utiliza un mecanismo similar al portaherramientas de un cepillo (fig. 24).

Se tiene al disco sujeto con la articulación móvil y unido a la barra C y al mecanismo D, que consta de una barra corta que puede girar respecto a D y que en la parte inferior tiene una cuña de hule.

Cuando se presenta un movimiento hacia adelante, la cuña tiende a presionar al vidrio provocando el desplazamiento necesario, y cuando se mueve hacia atrás, la barra pequeña gira respecto a D, logrando que la cuña deslice sobre el vidrio sin moverlo.

En este caso el disco ranurado va sobre el vidrio.

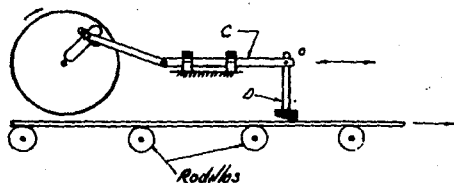


Fig. 24 " Sistema de alimentación 3 "

IV.3.D Sistema de alimentación 4 (ASA4).

En esta alternativa se tiene un mecanismo que sirve para producir un movimiento intermitente llamado mecanismo de ginebra o cruz de malta.

El plato impulsor tiene el perno que puede deslizarse en una ranura, pudiendo variar el radio de éste.

En la figura 25 se muestran las variables importantes para el movimiento de la cruz de malta.

Para cada desplazamiento se requiere una cruz de malta específica.

El eje de la cruz de malta contiene a la catarina 1 de manera que con una cadena se da movimiento a la catarina 2, como podemos observar en la figura 26. El eje de la catarina 2 contiene al rodillo motoriz y éste mueve al vidrio una cierta distancia.

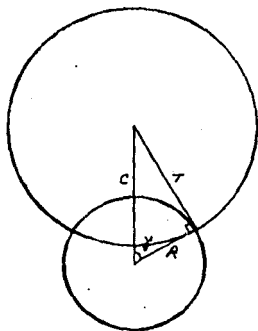


Fig. 23 "Variables para el movimiento de la cruz de malta"

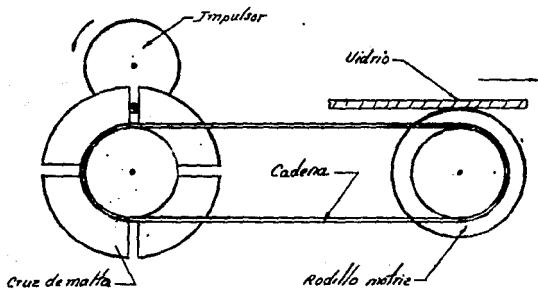


Fig. 24 "Sistema de alimentación 4"

IV.3.1 Evaluación para las alternativas del sistema de alimentación.

De acuerdo a la metodología que se viene siguiendo, y con los mismos criterios de selección para cada fase, enseguida se muestra la evaluación de las alternativas para el sistema de alimentación en forma resumida (tablas 10 y 11). Se asignó el 100% a la alternativa 4 (pudo ser cualquiera) y se obtuvieron los porcentajes de las alternativas restantes, respecto a ella.

CRT	CM	CF	PR	MN	TD	VR	ES
ASA1	275	380	100	980	1100	75	95
ASA2	330	310	100	905	1300	50	105
ASA3	235	310	100	735	1300	50	105
ASA4	340	780	100	1230	1400	100	100

Tabla 10 "Puntajes de las alternativas de alimentación"

CRT	CM	CF	PR	MN	TD	VR	ES
ASA1	80.9	148.7	100	179.7	178.5	75	95
ASA2	197.0	152.6	100	173.6	192.8	50	105
ASA3	169.1	139.7	100	159.6	192.8	50	105
ASA4	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 11 "Comparación de las alternativas de la etapa de alimentación"

La matriz de decisión se presenta enseguida (Tabla 12):

CRT	CM	CF	PR	MN	TD	VR	ES	TOT
ALT	120%	120%	115%	115%	110%	5%	15%	100%
ASA1	24.7	180.7	1100	197.7	178.4	178.0	178.0	88.51
	116.9	116.2	115.0	114.6	117.8	113.75	114.2	
ASA2	28.4	177.0	1100	178.4	178.2	180.0	1108	83.41
	110.5	119.4	115.0	111.0	119.30	112.50	115.7	
ASA3	27.7	187.1	1100	187.4	178.2	180.0	1108	73.11 <<-
	117.90	113.8	115.0	118.94	117.88	112.50	115.7	
ASA4	100	100	100	100	100	100	100	100
	120.0	120.0	115.0	115.0	110.0	5.0	115.0	

Tabla 12 "Matriz de decisión para la fase de alimentación"

CRT= Criterios

ALT= Alternativas

CM= Costo de material

CF= Costo de fabricación

PR= Producción

MN= Mantenimiento

TD= Tiempo de diseño

VR= Versatilidad

ES= Espacio

La alternativa seleccionada fué la ASA3, por tener el menor puntaje.

V. DISEÑO DE DETALLE.

En el capítulo anterior, se realizó la selección de la alternativa según los criterios utilizados.

En esta sección, se definen totalmente y se optimizan los elementos que constituyen la máquina, considerando la resistencia de materiales, forma geométrica, dimensiones, tratamientos térmicos, tolerancias, ajustes y utilización de piezas comerciales. Por lo anterior, para cada una de las alternativas seleccionadas, el diseño de detalle constará de las siguientes partes:

1. Cálculo de elementos críticos. Se refiere al análisis para piezas sometidas a esfuerzos y que por su función en la máquina, sea importante asegurar que no fallarán y trabajarán adecuadamente. En dichos cálculos se establecen las dimensiones y materiales para todos los elementos.

Estrictamente, se podría pensar que el análisis se tendría que hacer a todas las piezas, pero, por experiencia se realiza sólo en aquellas que sean consideradas "críticas".

2. Materiales y tratamientos térmicos. Es la selección de los materiales y el tratamiento térmico para piezas sometidas principalmente a desgaste, o que por su función requieran de propiedades especiales, como tenacidad, dureza, maleabilidad, etc. .

3. Planos de fabricación. Son dibujos de detalle de todos los componentes de la máquina, indicando dimensiones, materiales y tratamientos térmicos así como características específicas de cada uno de ellos.

V.1 Diseño de detalle de la fase de rayado.

1. Cálculo de elementos críticos.

Engranés Cónicos.

De las pruebas realizadas en un modelo se midió la fuerza máxima (F) para lograr mover el cortador en una plantilla rectangular de 10 x 40 cm, siendo esta fuerza de 4 kg, o sea:

$$F = (4 \text{ kg}) \cdot (9.8 \text{ m/s}^2) = 39.2 \text{ N}$$

Con esta fuerza y el brazo de palanca empleado ($r = 8 \text{ cm}$) se obtuvo el par (T):

$$T = F \times r = (39.2 \text{ N}) (0.08 \text{ m}) = 3.136 \text{ Nm}$$

La fuerza máxima del cortador para rayar el vidrio (F_c) es:

$$F_c = (6.5 \text{ kg}) (9.8 \text{ m/s}^2) = 63.7 \text{ N}$$

La velocidad de giro del plato (w) se supone de:

$$w = 30 \text{ rpm}$$

El paso circular y el diámetro de paso se calculan de igual

manera que los engranes rectos.

Suposiciones:

Angulo de presión = 20° .

Fase diametral de uso común (paso burdo) $P = 8$ "1".

Número de dientes del piñón (N_p) 24 ya que debe ser mayor o igual a 16 "1".

La relación de velocidad es igual a 1.

Cálculos:

Vel. del piñón (n_p) = Vel. del engrane (n_g) = 30 rpm

$P = N_p / d_p$ Donde d_p es el diámetro de paso

$d_p = N_p / P = 24 / 8 = 3$ plg

Como la relación de velocidades es igual a 1

Número de dientes del engrane (N_g) = $N_p = 24$

$\text{Tang } S = N_g / N_p \gg S = \text{Tang}^{-1}(1) = 45^\circ$

$\text{Tang } G = N_p / N_g \gg G = 45^\circ$

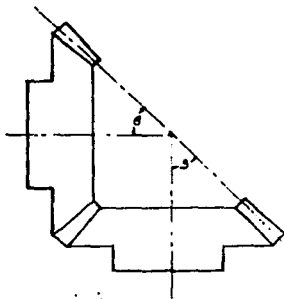


Fig. 27 "Engranes cónicos"

Altura de trabajo (h_w):

$$h_w = 2 / p = 2 / 8 = 1 / 4 \text{ plg}$$

Adendo (a):

$$a = 0.54 / p + 0.46 / p(m_{go})^2$$

$$\text{donde: } m_{go} = N_g / N_p = 1$$

$$a = 0.54 / 8 + 0.46 / 8(1)^2 = 1 / 8 \text{ plg}$$

Anchura (F):

$$F = 10 / p = 10 / 8 = 1 \frac{1}{4} \text{ plg}$$

Partiendo de la ecuación de esfuerzo por flexión de la AGMA
(Ec. 14-37⁽¹³⁾):

$$S = W_t P / K_v F J$$

En donde S = esfuerzo por flexión

W_t = carga transmitida

P = paso diametral

K_v = factor dinámico = $1200 / (1200 + v)$

v = velocidad en la línea de paso

F = anchura de diente

J = factor geométrico = 0.21 (para N = 24

dientes de la figura 14-25⁽¹³⁾)

$$K_v = 1200 / 1200 + v$$

$$v = 3.1416 d_p n / 12 = (3.14) (3 \text{ plg}) (30 \text{ rpm}) / (12)$$

$$v = 23.56 \text{ ft} / \text{min}$$

$$K_v = 1200 / 1200 + 32.56 = 0.98$$

113 Ver núm. de Ed.

El par obtenido:

$$T = 3.136[\text{Nm}] = 27.78[\text{lb}\cdot\text{plg}]$$

$$T = W_b (d_p / 2) \gg W_b = 2T/d_p = 2 \times 27.78[\text{lb}\cdot\text{plg}] / 3[\text{plg}]$$

$$W_b = 18.52 \text{ lb}_f$$

sustituyendo los valores respectivos :

$$S = (18.58)(8) / (0.98)(1.25)(0.21) = 575.9 \text{ lb}_f / \text{plg}^2$$

Usando un factor de seguridad (Fs) = 4

$$\gg S' = (575.9)(4) = 2303.7 \text{ lb}_f / \text{plg}^2 = 15.87 \text{ MPa.}$$

Por lo tanto, se debe usar un material que tenga una resistencia mayor a la obtenida anteriormente.

Se utiliza bronce comercial UNSG 22000 revenido suave con

$$S_y = 70 \text{ MPa}$$

. Flechas. En el diseño se pueden incluir todas las flechas que intervienen en la máquina como se muestra en la figura 28.

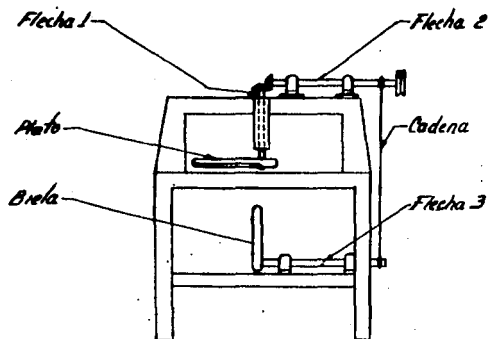


FIG. 28 "Distribución de flechas"

La flecha 1, que es la que sostiene al plato, es la considerada como crítica, ya que en ella se manifiestan los mayores esfuerzos.

El diámetro de las demás flechas se determinará a partir del cálculo de la flecha 1. Para calcular las flechas se utiliza un factor de seguridad de acuerdo al trabajo de cada una de ellas.

Cálculo de la flecha:

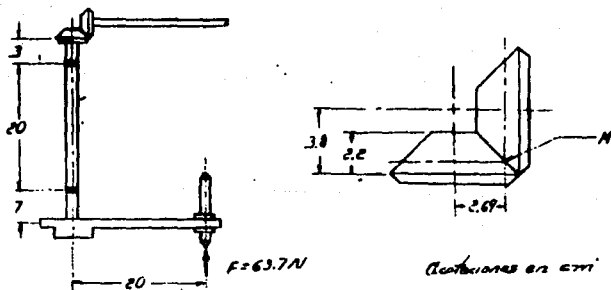


Fig. 29 "Análisis de esfuerzos en la flecha"

Potencia transmitida (H) = Tw

donde w = Velocidad angular = 30 rpm

y T = Par torsionante = 3.136 Nm

sustituyendo los valores anteriores se determina la potencia:

$$H = 0.0132 \text{ [hp]}$$

$$\text{Velocidad en la línea de paso} = V_e = 3.1416 \text{ dp } n / 12$$

$$= 3.1416 (3)(30) / 12 = 23.56 \text{ [ft/min]}$$

$$W_t = (33000)(H) / V_e = (33000)(0.0132) / 23.54$$

$$W_t = 18.5 \text{ lb} = 82.3 \text{ N}$$

$$W_r = W_t \tan 45 \cos S = 82.3(\tan 20)(\cos 45) = 21.18 \text{ N}$$

$$W_a = W_t \tan 45 \sin S = 21.18 \text{ N}$$

donde W_t , W_r y W_a son las componentes de la fuerza que actúa en el centro del diente del engrane cónico (ve fig. 30).

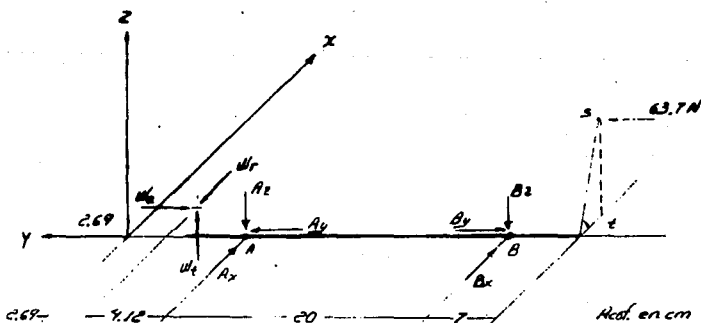


Fig. 30 "Diagrama de cuerpo libre de la flecha"

$$R_a = -6.81i \quad W = -21.18i - 21.18j + 82.3k$$

$$R_b = -26.81j$$

$$R_c = -2.69j + 2.69i$$

donde R_a , R_b , R_c , etc. son los vectores que van del origen del sistema coordinado a los puntos A, B, C, etc.

$$R_{AM} = 20 \cos(t) i - 33.81j + 20 \sin(t) k$$

$$R_{BM} = R_M - R_b = (-2.69 + 6.81)j + 2.69i = 2.69i + 4.12j$$

$$R_{CM} = R_M - R_c = -20j$$

$$R_{DM} = R_M - R_d = 20 \cos(t) i - 27j + 20 \sin(t) k$$

Haciendo una suma de momentos respecto a el apoyo A:

$$R_{AM} \times W = 339.076i - 221.387j + 30.287k$$

$$R_{BM} \times B = 20B_x i + 20B_y k$$

$$R_{DM} \times F = -1274 \sin(t) i + 1274 \cos(t) k$$

Despejando las incógnitas de las ecuaciones anteriores:

$$339.076 + 20B_x - 1274 \sin(t) = 0 \quad > > >$$

$$B_x = [-339.076 + 1274 \sin(t)] / 20$$

$$20B_y + 30.287 + 1274 \cos(t) = 0 \quad > > >$$

$$B_y = -[1274 \cos(t) + 30.287] / 20$$

Haciendo una sumatoria de fuerzas en X y Z se obtienen las reacciones en A:

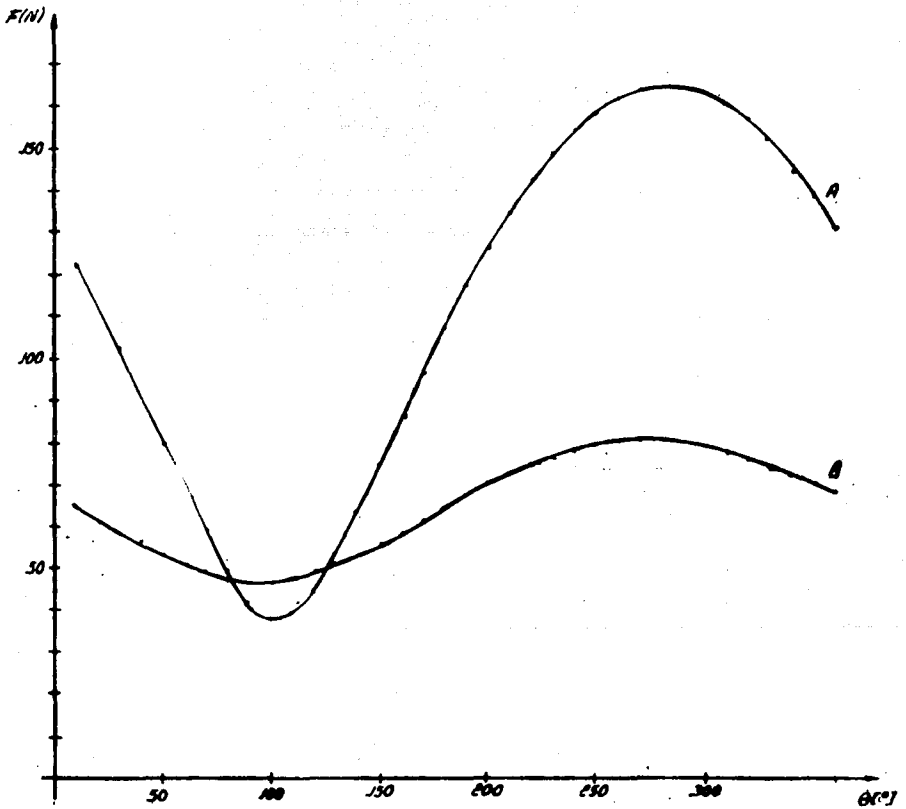
$$A_x = 21.18 - B_x$$

$$A_z = 82.30 - B_z$$

Para poder evaluar la fuerza cortante máxima y el momento flexionante, se desarrolló el siguiente programa:

```
10 CLEAR
20 FOR I=0 TO 360 STEP 10
30 BZ= (-339.076+1274*senI)/20
40 AZ= 82.3 - BZ
50 BX= -(30.2874+1274*cosI)/20
60 AX= 21.18-BX
70 WAIT 40
80 PRINT "BX"; BX, "BZ"; BZ, "AX"; AX, "AZ"; AZ
90 NEXT I
100 END
```

Los resultados se presentan en la gráfica 2.



Gráfica 2 "Análisis de las reacciones A y B"

Como puede observarse las reacciones máximas ocurren en:

$t = 280^\circ$, y son las siguientes:

$$A = 165.47 \text{ N}$$

$$B = 80.67 \text{ N}$$

$$A_H = 33.76 \text{ N}$$

$$B_H = -12.58 \text{ N}$$

$$A_V = 161.99 \text{ N}$$

$$B_V = -79.69 \text{ N}$$

Los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante se obtuvieron con estos valores.

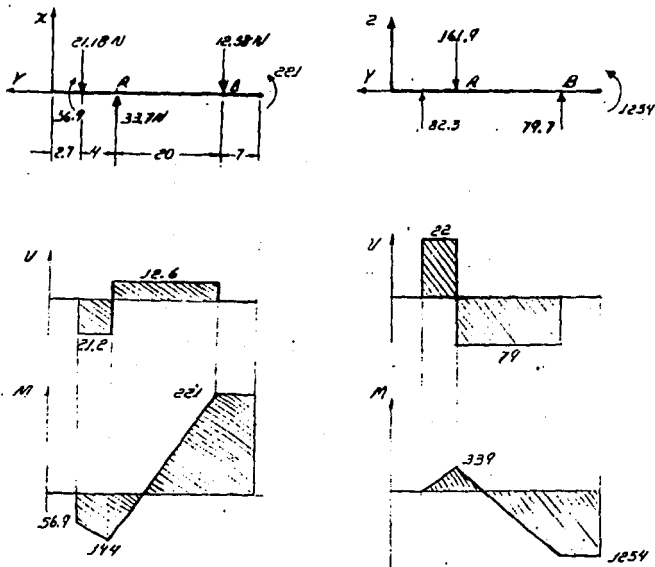


Fig. 31 "Diagramas de fuerza cortante y momento flexor"

El valor del momento flexionante en A y B se obtiene de la siguiente manera:

$$M_A = (M_{Ax} + M_{Az}) \cdot 0.5 \\ = (339.08 + 144.23) \cdot 0.5 = 368.48 \text{ N cm}$$

$$M_B = (M_{Bx} + M_{Bz}) \cdot 0.5 \\ = (1254.72 + 221.30) \cdot 0.5 = 1274.0 \text{ N cm}$$

Como puede observarse el momento máximo ocurre en B.

a) Diseño por carga estática:

partiendo de la ecuación 15-26¹³

$$d = \left\{ \frac{(32 n)(M + T)}{(3.1416 S_y)} \right\}^{1/3}$$

donde

d = diámetro de la flecha

n = factor de seguridad = 1.2

T = par transmitido = 3.136 N m

M = momento flector máximo = 12.74 N m

S_y = esfuerzo de fluencia = 489.5 MPa

(para acero 1040 estirado en frío)

Sustituyendo estos valores en la ecuación anterior se obtiene:

$$d = 6.89 \text{ mm}$$

E13 Ver núm. 1 de BB.

b) Diseño por fatiga:

Empleando la ecuación 15-5¹³

$$d = \left((32 M n) / (3.1416 S_e) \right)^{1/3}$$

donde

S_e = límite de resistencia a la fatiga

$$= K_a K_b K_c K_d K_e K_f S_e'$$

K_a = Factor de superficie = 0.84 (gráfica 7-10¹³)

K_b = Fac. de tamaño = 1.00 (ec. 7-16¹³)

K_c = Fac. de confiab. = 0.81 (Tabla 7-7¹³)

K_d = Fac. de temp. = 1.00 (ec. 7-22¹³)

K_e = Fac. de conc. de es. = 1.00

K_f = Fac. de efect. div. = 1.00

S_e' = límite de resistencia a la fatiga de una viga rotatoria.

$$= 0.35 S_{ut}$$

S_{ut} = resistencia a la tensión = 586.05 MPa

Sustituyendo estos valores en la ecuación anterior se obtiene que el diámetro de la flecha es de:

$$d = 10.3 \text{ mm}$$

Como no existen rodamientos de esta medida, el diámetro de la flecha es el valor próximo superior de las medidas nominales de los rodamientos. Por lo que se deben usar rodamientos SKF 6203 con diámetro interior de 12 mm.

13 Ver Bb. número 1

2. Materiales y tratamientos térmicos.

Corredera y guías. Debido a que este arreglo es semejante a un rodamiento en sentido horizontal (ver fig. 32), las canaletas en la corredera y en las guías donde se mueven los balines necesitan tener buena resistencia al desgaste, por lo tanto, estas canaletas llevan un recubrimiento de babitt.

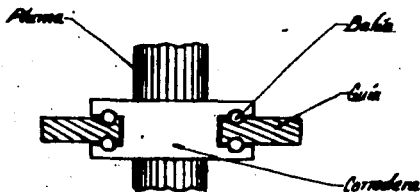


Fig. 32 "Vista frontal de las guías"

Mecanismo de pluma. El mecanismo interno de la pluma sufre el mayor desgaste (fig. 33). La parte fija 1, lleva un tratamiento térmico superficial de cianurado y la parte móvil 2 está hecha de bronce, de tal manera que se pueda sustituir fácilmente.

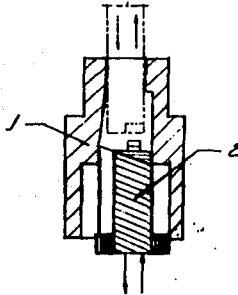


Fig. 33 "Mecanismo interno de la pluma"

Los tratamientos térmicos aquí mencionados se eligieron con base en el trabajo que realiza cada elemento.

V.2 Diseño de detalle de la fase de generación de grieta.

En este caso se fabricó un modelo, en el que se llevaron a cabo pruebas. Para la correcta generación de grieta el sistema no se somete a grandes esfuerzos por lo que no es necesario hacer cálculos de resistencia de materiales, de manera que el diseño se presentará en los planos de fabricación.

V.2 .Diseño de detalle de la fase de alimentación.

La única fuerza de oposición para la alimentación del vidrio, se debe al paso de éste por el sistema de generación de grieta. Esta fuerza es de 2 Kgf por lo que no es necesario hacer análisis de esfuerzos. Al igual que en el sistema de generación de grieta el diseño se presenta en los planos de fabricación.

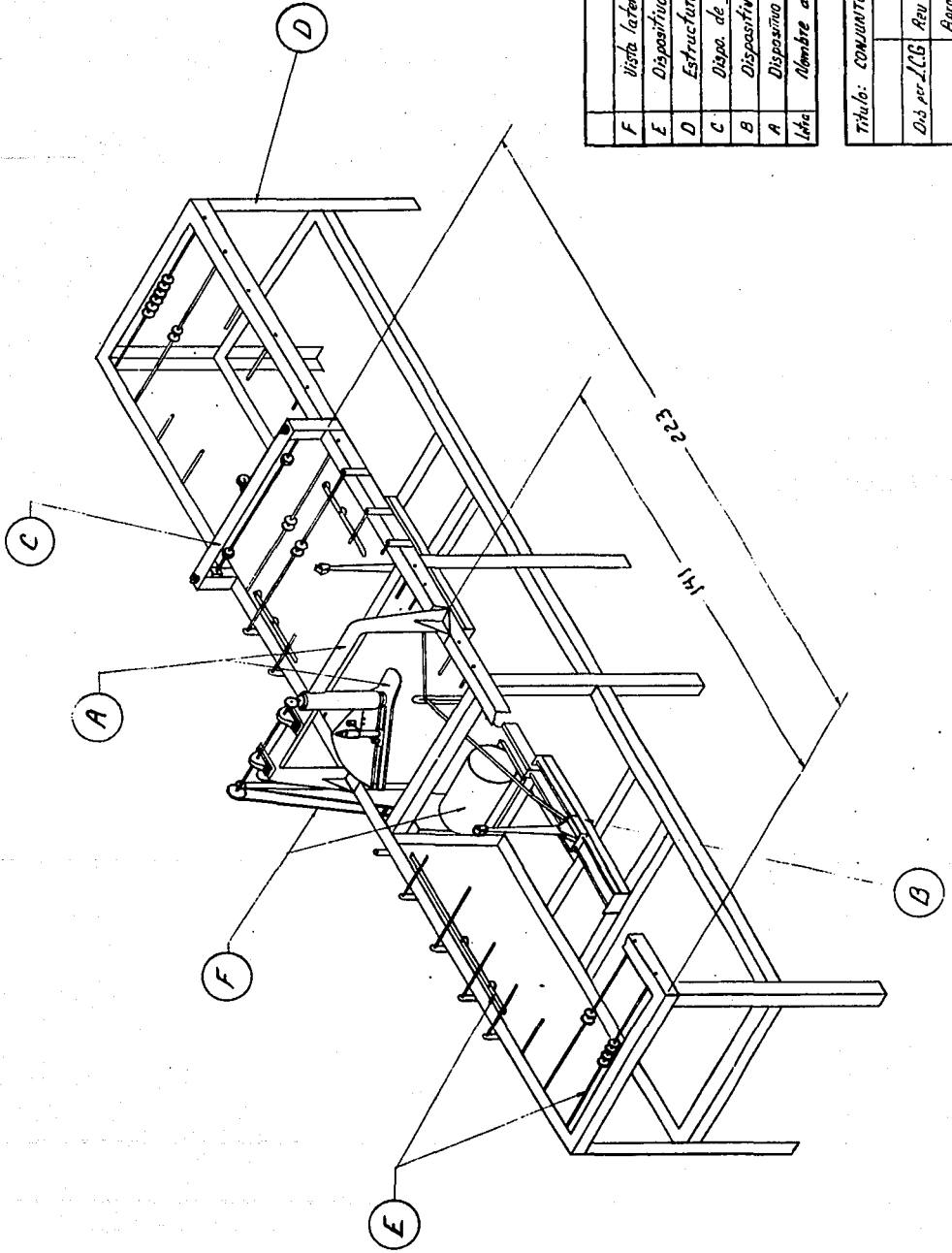
V.4 Planos de fabricación.

Lista de planos

CLAVE	TITULO	PAG.
AA0 - 01	Conjunto de la máquina.....	80
	<u>Sistema de rayado.</u>	
0A0 - 02	Conjunto del dispositivo de rayado.....	81
1A0 - 03	Pantógrafo	82
1A1 - 04	Plato base.....	83
1A2 - 05	Engranés del plato.....	84
1A3 - 06	Corredera y guías.....	85
1A4 - 07	Varilla y seguidor.....	86
2A0 - 08	Pluma.....	87
2A1 - 09	Detalle del mecanismo interno de la pluma.....	88
2A2 - 10	Elementos de la pluma.....	89
3A0 - 11	Poste y transmisión.....	90
3A1 - 12	Engranés.....	91
3A2 - 13	Detalles del poste y transmisión.....	92
4A0 - 14	Flecha de enlace.....	93
5A0 - 15	Detalles del dispositivo de rayado.....	94
	<u>Sistema de alimentación.</u>	
O80 - 16	Conjunto del dispositivo de alimentación.....	95

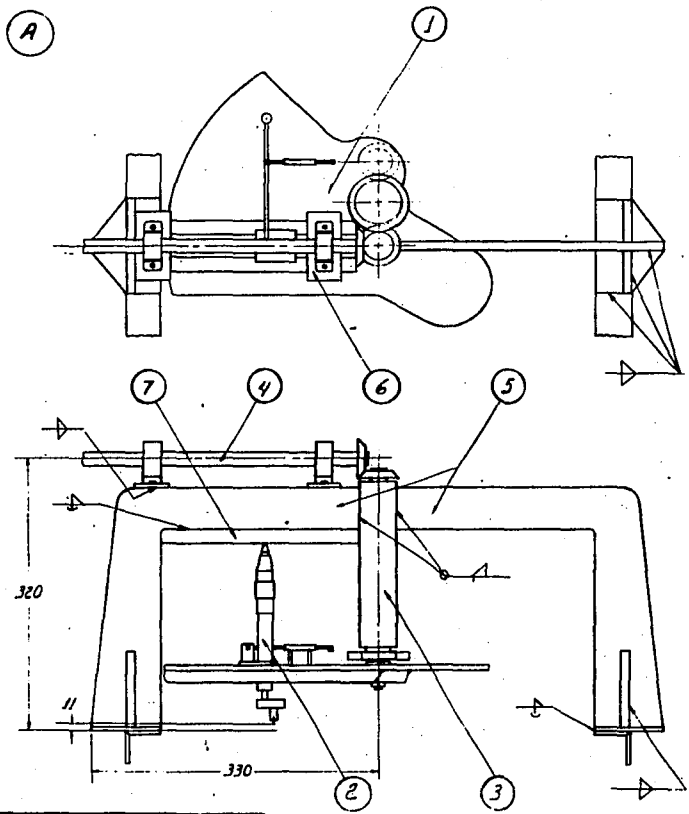
**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

1B0 - 17	Biela.....	96
2B0 - 18	Base guía.....	97
3B0 - 19	Detalles del dispositivo de alimentación.....	98
4B0 - 20	Manivela e impulsor	99
<u>Sistema de generación de grieta.</u>		
0C0 - 21	Conjunto del dispositivo de generación de grieta.....	100
1C0 - 22	Soporte.....	101
2C0 - 23	Detalles del dispositivo de generación de grieta.....	102
<u>Dibujos auxiliares.</u>		
0D0 - 24	Estructura base.....	103
1D0 - 25	Detalles de la estructura base.....	104
0E0 - 26	Conjunto del dispositivo de desplazamiento.....	105
1E0 - 27	Detalles del dispositivo de deslizamiento.....	106
0F0 - 28	Vista lateral de la maquina.....	107
1F0 - 29	Flecha del sistema de alimentación.....	108
	Símbolos, tolerancias y ajustes.....	109



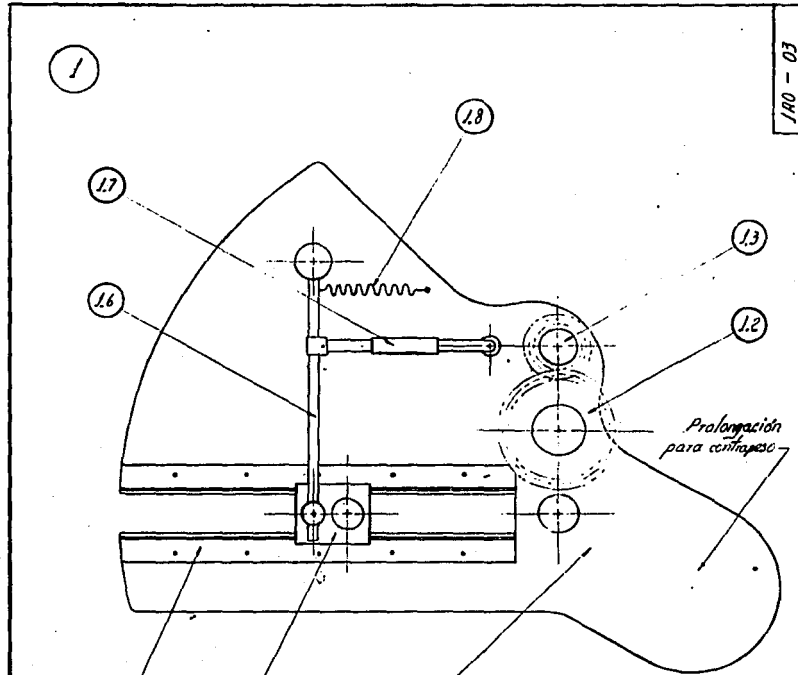
F	<i>Vista lateral de la máquina</i>
E	<i>Dispositivo de deslramiento</i>
D	<i>Estructura base</i>
C	<i>Dispo. de generación de grieta</i>
B	<i>Dispositivo de alimentación</i>
A	<i>Dispositivo de rayoac</i>
Letra	<i>Nombre de la parte</i>

<i>Título: CONJUNTO DE LA MÁQUINA</i>			
	<i>Esc.</i>	<i>1:15</i>	
<i>Dib. por</i>	<i>L.C.S.</i>	<i>Rev.</i>	<i>P. P. P.</i>
		<i>Recor.</i>	<i>cm</i>
		<i>Apro.</i>	<i>Ing. M.B.</i>
		<i>Fecha</i>	
<i>Té.:</i>	<i>F. L. S.</i>	<i>ARO-01</i>	



7	Rampa	Ac 1010	-	1
6	Placas de cámara.	Ac 1010	-	2
5	Placas de soporte	Ac 1010	-	2
4	Transmisión	1	1	1
3	Acción y transmisión	1	1	1
2	Pluma	1	1	1
1	Puntógrafo	1	1	1
Món.	Nombre de la Parte	Material	T. Trazo	Cant.

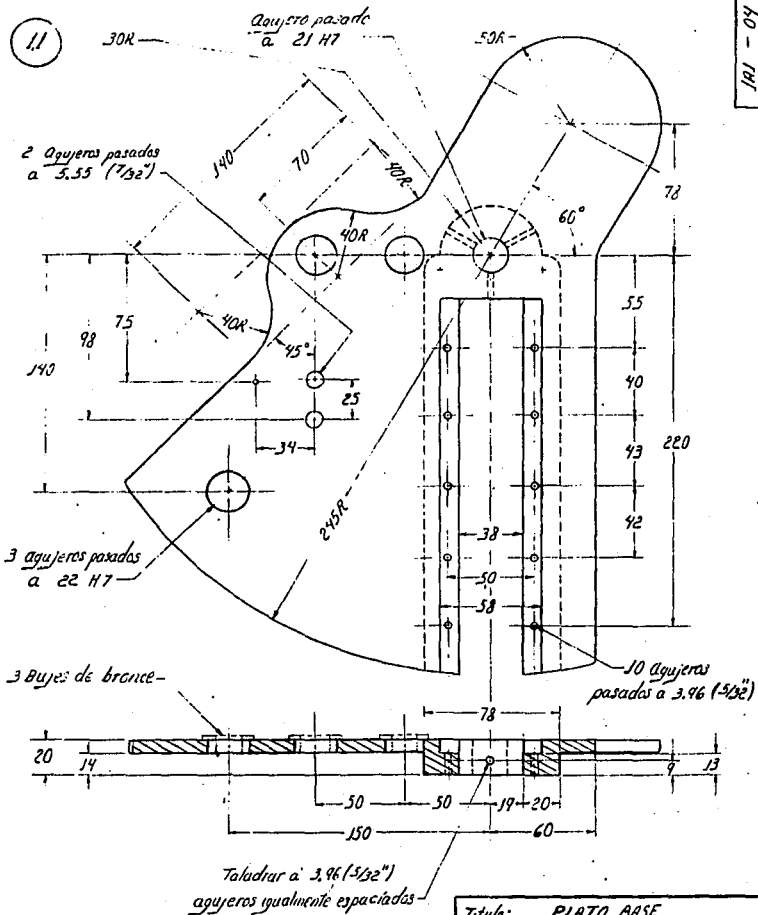
Título: CONJUNTO DEL DISCO DE RAYADO		
		Esc 1:10
Ab. por L.C.B.	Rev. P. M.	Rev. min.
	Rev. J. J. B.	Fecha
Tests F. L. S.		OAO - 02



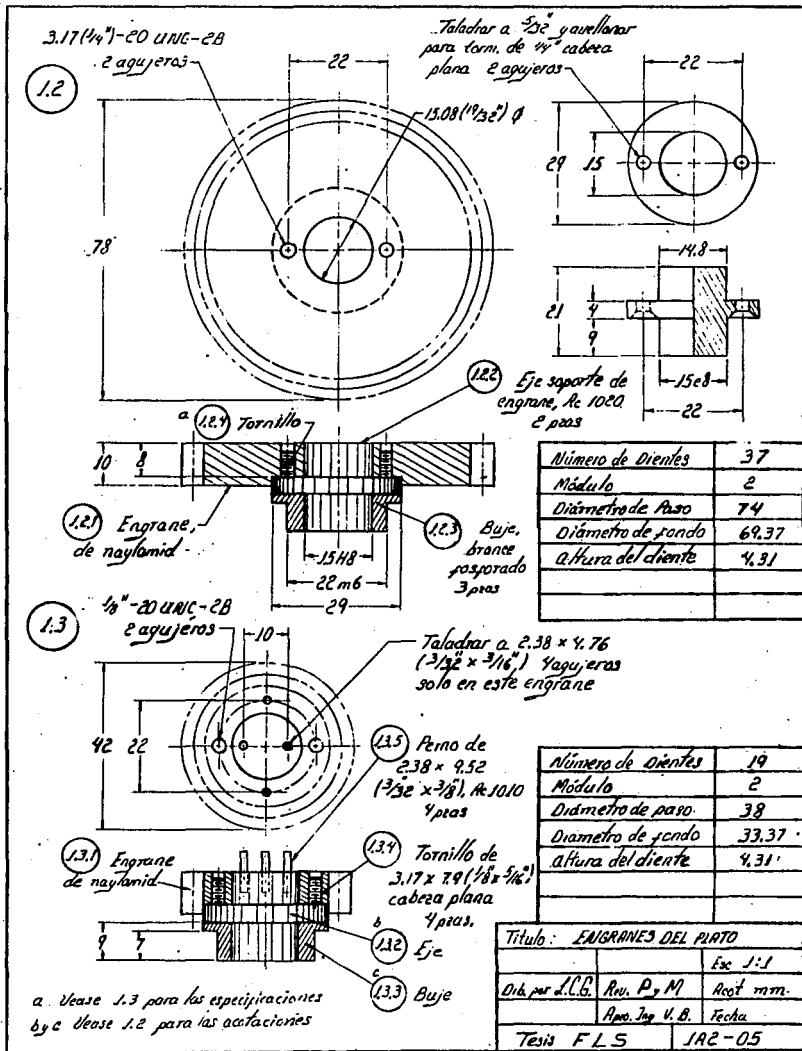
1.8	Resorte	Ac 6150	-	1
1.7	Seguidor	1	1	1
1.6	Barra de Enmuse	Ac 1010	-	1
1.5	Guias	Ac 1010	R. Ombal	2
1.4	Corredera	Ac 1010	R. Ombal	1
1.3	Engrane para la tiza	1	1	1
1.2	Engrane Intermedio	1	1	1
1.1	Plato Base	Aluminio	-	1
Num	Numero de la parte	Material	T. Tercera	Canti.
Titulo: PANTOGRAFO				
			Esc 1:5	
Dib. por L.L.G.		Rev. P. M.	Rev. m.m.	
		Rev. Ing. B.	Fecha	
Tesis F. L. S.		JAO - 03		

101 - 04

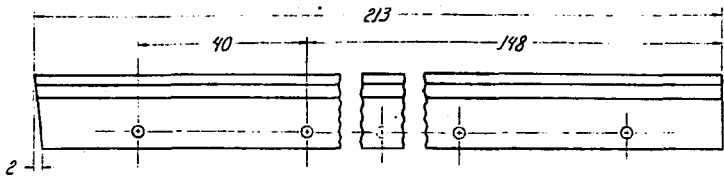
11



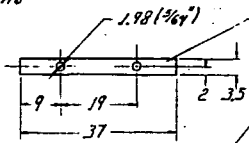
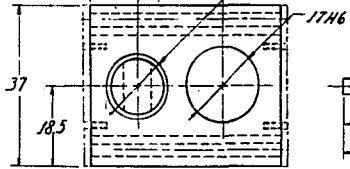
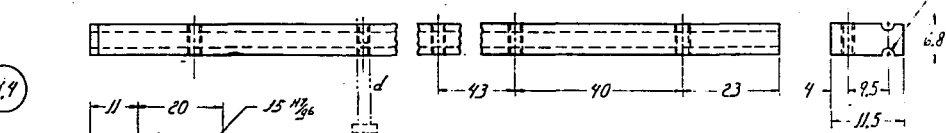
Título: PLATO BASE		Esc 1:5
Dib. por d.L.G.	Rev P y M	Acad mm
Apro. Jop. U. O.		Fecha
Tesis F.L.S.	101 - 04	



1.5

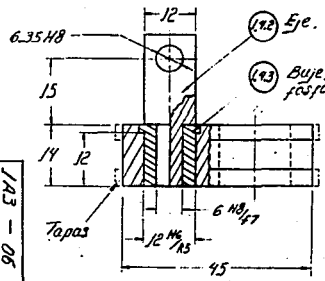


1.9

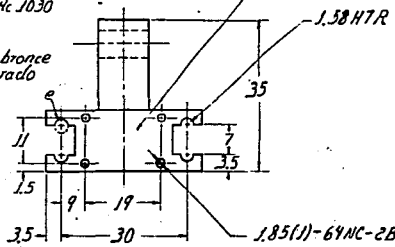


(1.2) Tapa de lámina de 1/16"
Ac 1010 - 4 pzas
(Sujetar con tornillos #1 de 5mm de largo)

(1.4) Corredera .Ac 1010 Cianurado



(1.3) Buje, bronce fosforado



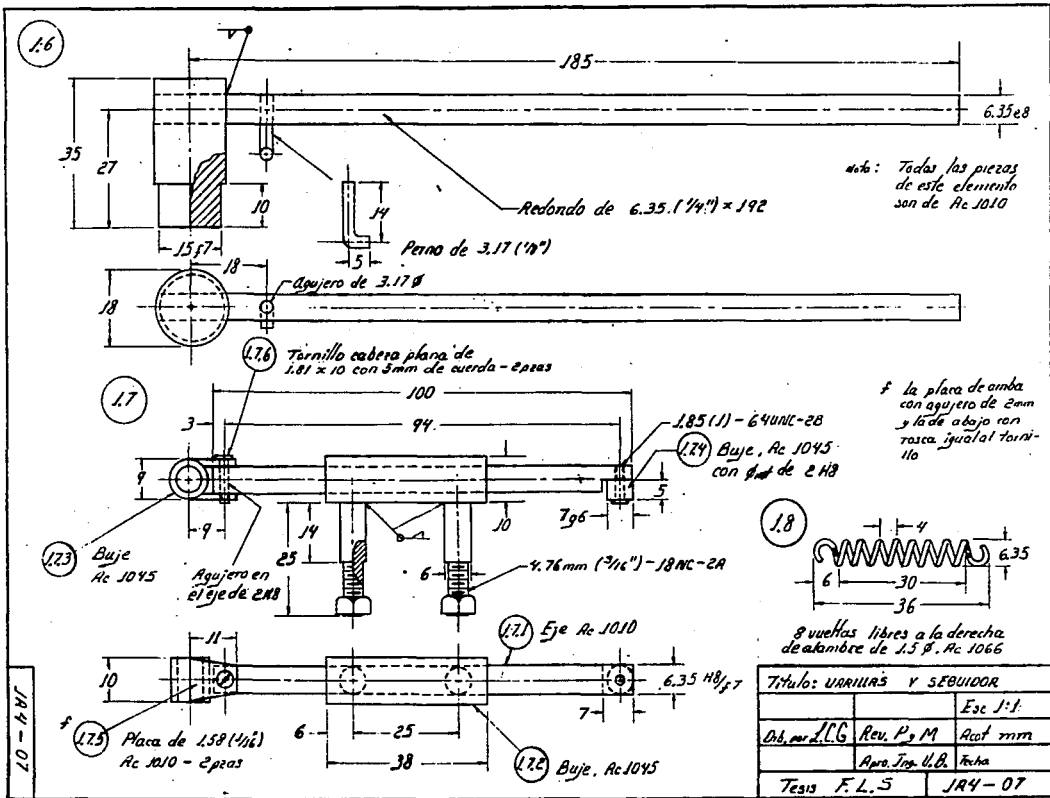
d Utilizar tornillos cabeza hexagonal de 3.17(1/8") x 18 para fijar las guías al plato - 10 pzas
e Utiliza balines de 3.17(1/8"), 10 balines por cada ranura

1.85(1)-64NC-2B
x 4.76 (-3/16")

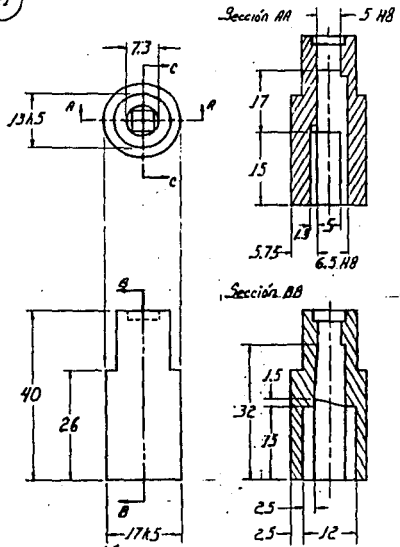
Título: CORREDERA Y GUIAS		
		Esc 1:1
Dis. por L.C.G.	Rev. P.M.	Aut mm
	Rev. Ing. S.B.	Fecha
Tesis F. L. S	IA3 - 06	

58

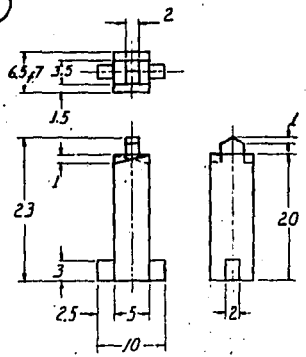
IA3 - 06



2.1



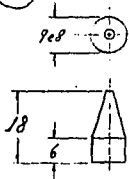
2.2



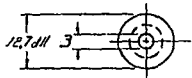
Esc. 1:5.1

2.15	Punta deslizable	Ac	—	1
2.14	Resorte de compres. 3	Ac 1066	—	1
2.13	Resorte de compres. 2	Ac 1066	—	1
2.12	Resorte de compres. 1	Ac 1066	—	1
2.11	Tapa superior	Ac 1010	Canura	1
2.10	Cilindro de ajuste	Ac 1010	—	1
2.9	Columna	Ac 1010	—	1
2.8	Eje deslizable superior	Ac 1010	—	1
2.7	Tapa inferior	Ac 1010	Canura	1
2.6	Eje deslizable inferior	Ac 1010	—	1
2.5	Botón rasado	Ac 1010	—	1
2.4	Eje de empuje	Ac 1010	—	1
2.3	Soporte y cardador	/	/	1
2.2	Almohada móvil	Brass 6	—	1
2.1	Guía tope	Ac 1010	Canura	1
Num.	Membre de la parte	Material	T. Técnico	Cont.
Titulo DETR. DEL MECA. JNR. DE LA PLUMA				
				Esc. 1:1
Dib. por L.C.G.		Rev. P. M.	Acot. mm.	
Apro. Jnr. H. B.				
Tesis F.L.S.		2A1 - 09		

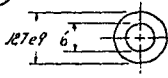
2.5



2.8



2.6

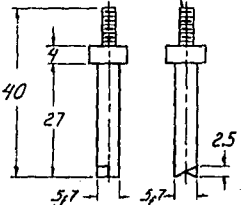
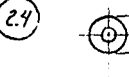


agujero de 7/16 x 1.5

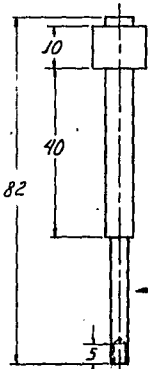
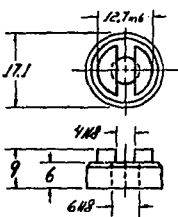
3.17-44UNF-20

3.17-44UNF-2A

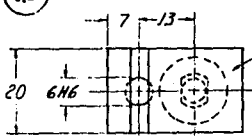
2.4



2.7



2.3



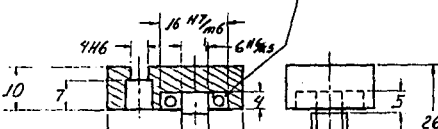
2.31 Soporte Ac 1010

Ranura de 1x5

Vista por A

2.33 Rodamiento de bolas

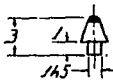
2.15



2.32 Pista-herramientas Ac-1010

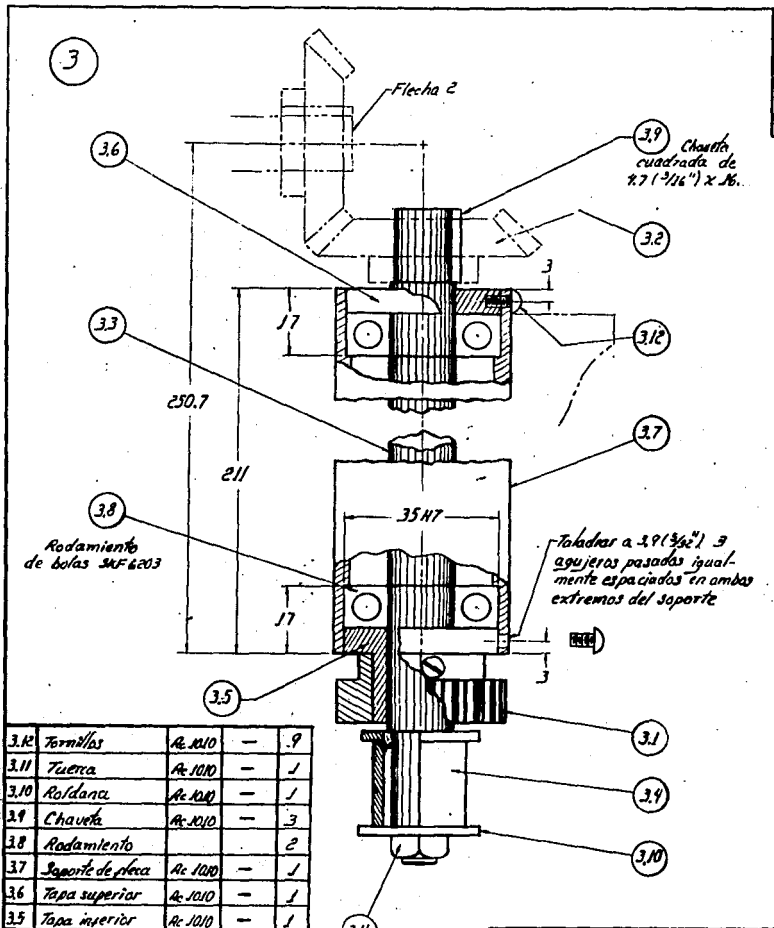
2.34 Cartador, taldana de carburo de tungsteno

2.35 Arno de 1x7 y agujero en el porta-herramientas de 1/8"



Esc 3:1

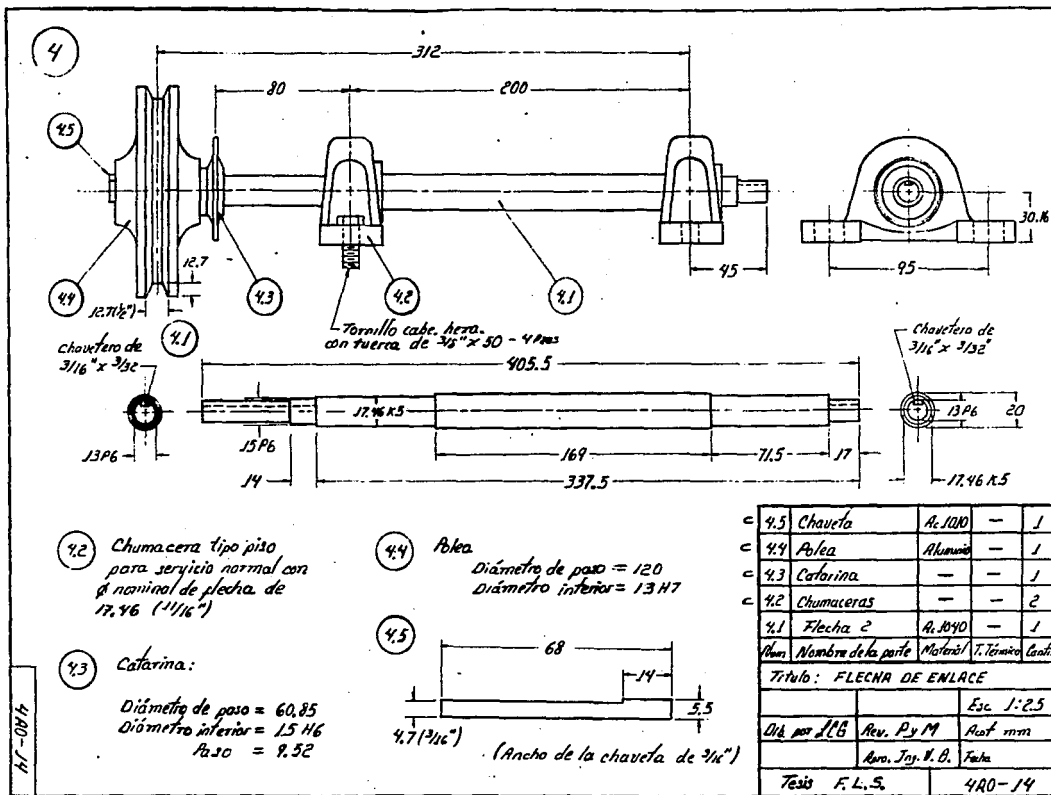
Título: ELEMENTOS DE LA PLUMA		
		Esc: 1:1
Elab. por L.C.G.	Rev. P y M	Acad: rmm
	Rev. Jny. V.B.	Fecha
Tesis F. L.S.		202-10



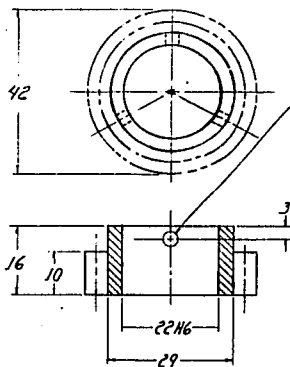
c	3.12	Fornillas	Ac. 1010	-	9
c	3.11	Tuerca	Ac. 1010	-	1
c	3.10	Roldana	Ac. 1010	-	1
c	3.9	Chaveta	Ac. 1010	-	3
c	3.8	Radamiento			2
	3.7	Soporte de placa	Ac. 1010	-	1
	3.6	Tapa superior	Ac. 1010	-	1
	3.5	Tapa inferior	Ac. 1010	-	1
	3.4	Casquillo	Ac. 1010	-	1
	3.3	Flecha 1	Ac. 1010	EO	1
	3.2	Ejane cónico	Ac. 1010	Ormosado	2
	3.1	Ejane fijo	Aluminio	-	1
Dim		Nombre de la Parte	Materia	T. Termin	Cant.

3.11 Tuerca
7.9 (1/2) - 18UNC-28

Titulo: POSTE Y TRANSMISION		
		Esc. 1:1
Dib. por L.C.G.	Rev. P.G.M.	Real. mm
	Rev. J. U.B.	Fecha
Tezis F.L.S.		3A0 - II



3.1

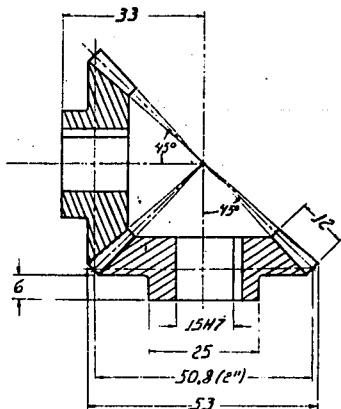


Taladrar a $39(1\frac{1}{2}e)$, 3 agujeras pasadas igualmente espaciadas

Número de dientes	19
Módulo	2
Diámetro de paso	38
Diámetro de fondo	33.37
Altura del diente	4.31

27-182

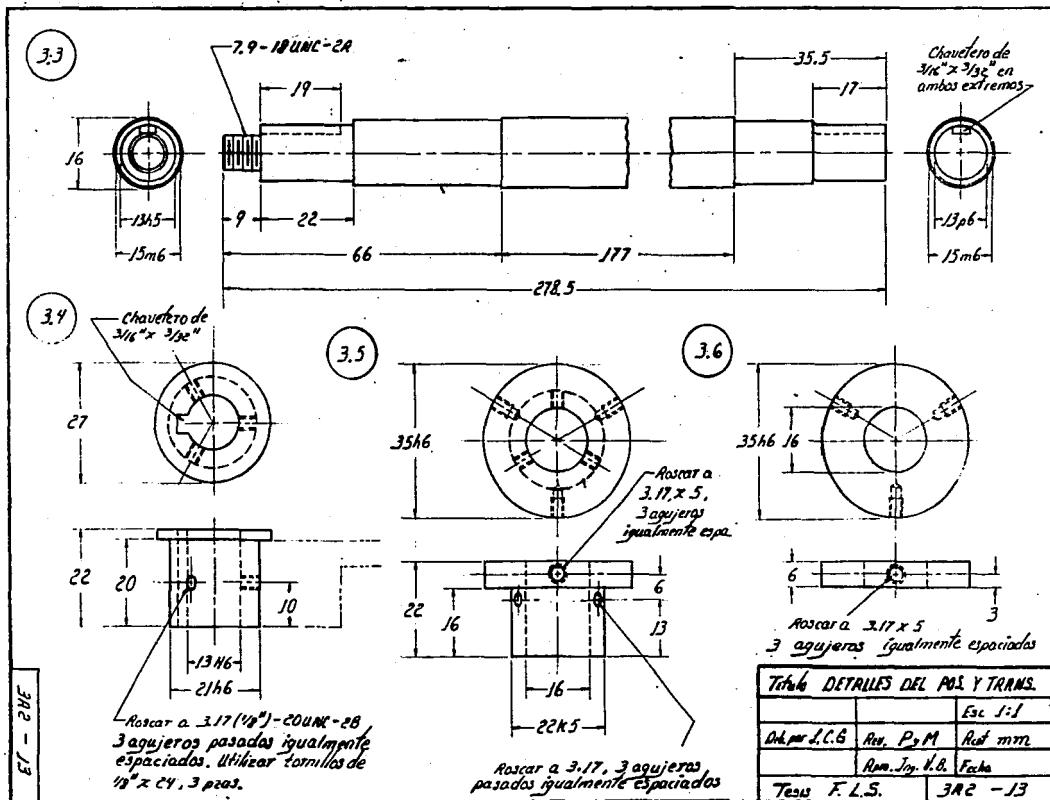
3.2

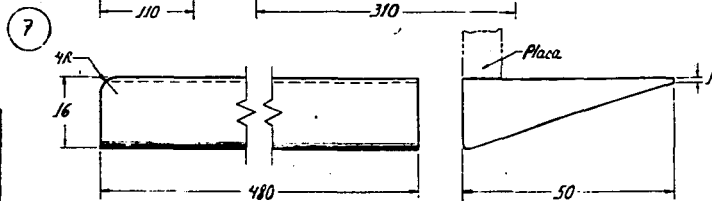
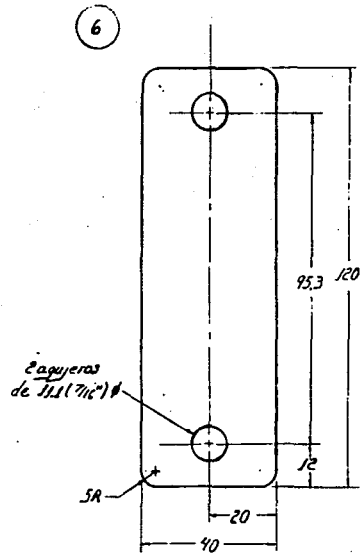
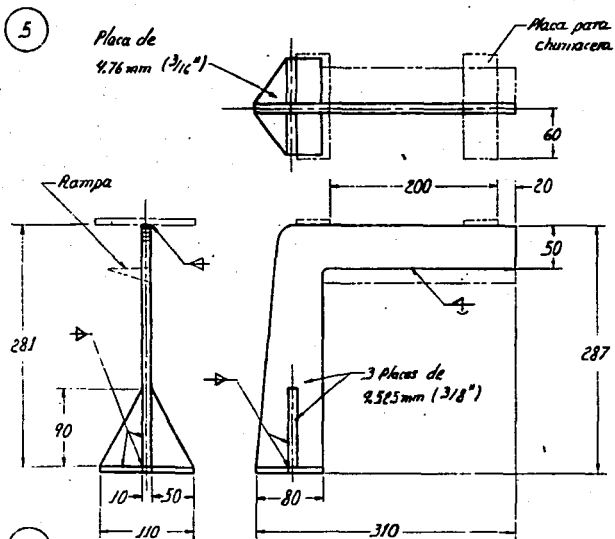


Número de dientes	32
Paso diametral	16
Addendum	1.58
Decendum	1.857
Altura total	3.4
Espesor del diente	2.49

Título: ENGRANES

		Esc 1:1
Dib. por L.C.B.	Rev. P y M	Acot mm.
	Apr. Top. U.B.	Fecha
Tesis F. L. S.		3A1-12





Título: DETALLES DEL DISPO. DE RAYADO

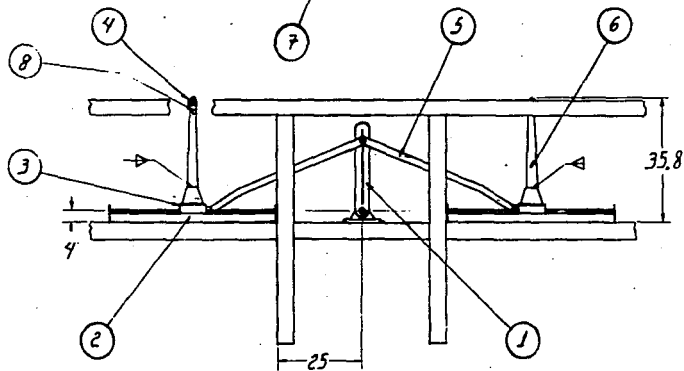
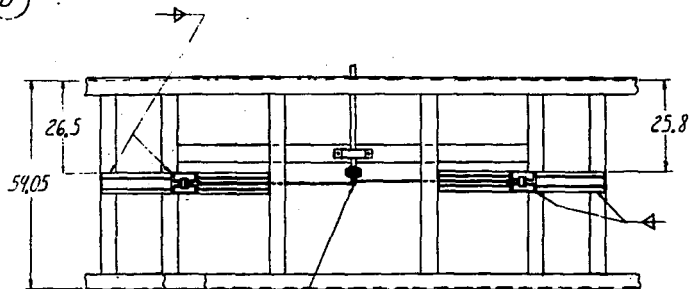
Esc 1:10

Dib. por L.C.G. Rev. P. M. Red. mm

Apro. J. J. B. Fecha

Tesis F. L. S. SA - 15

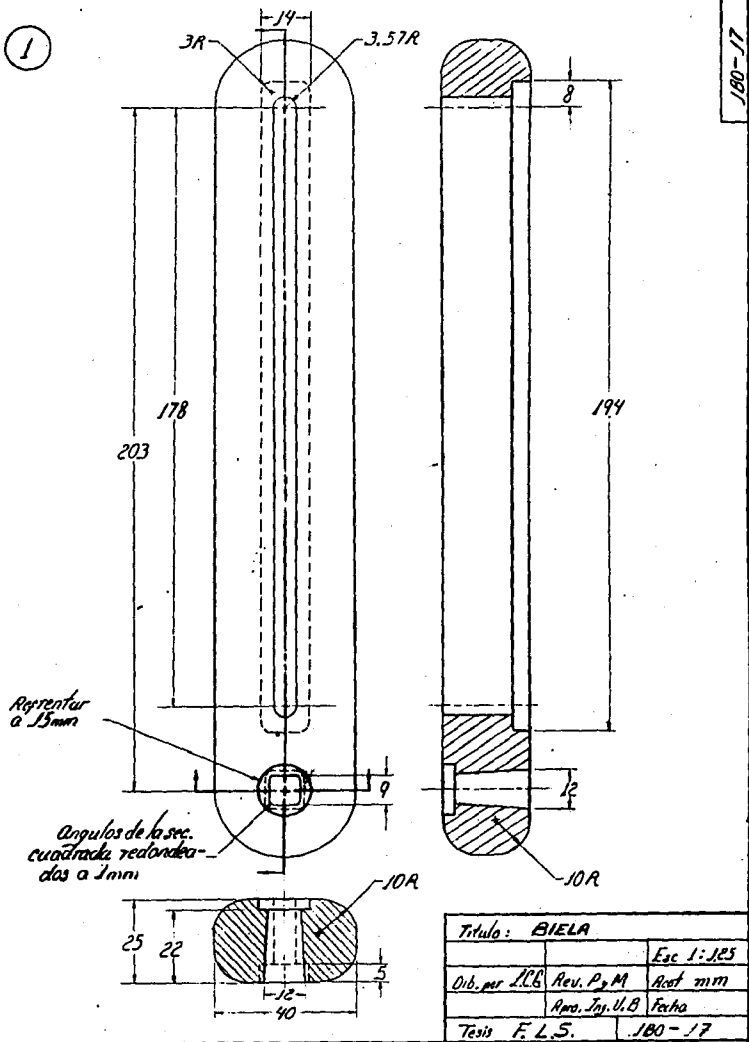
B



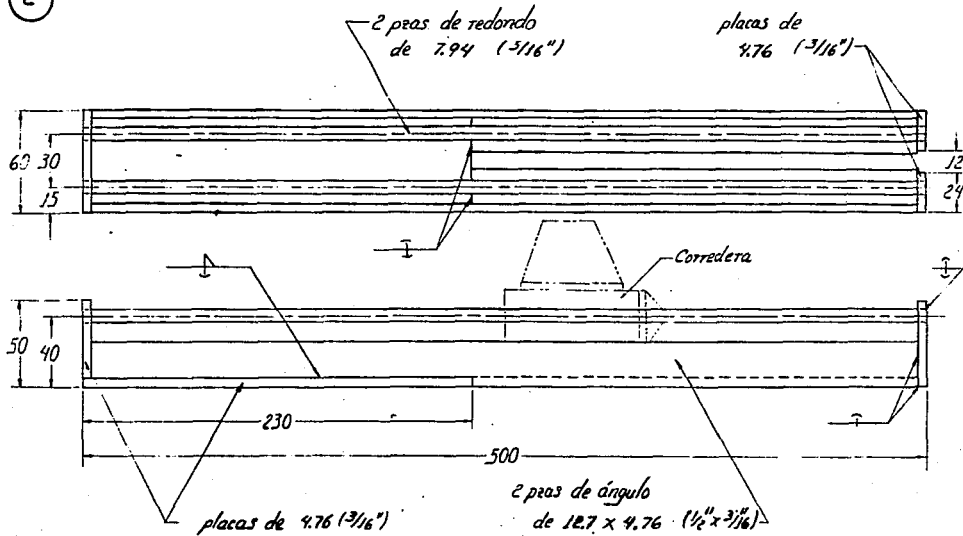
8	Pasador	Ac. 1010	-	4
7	Tornillo de tuerca	Ac. 1010	-	1
6	Braço impulsor	Ac. 1010	-	2
5	Manivela	Ac. 1010	-	2
4	Pieza de empuje	Ac. 1010	-	2
3	Corredera	Ac. 1010	-	2
2	Base guia	Ac. 1010	-	2
1	Bielâ	Dura. Ph.	-	1
Num. Nombre de la parte		Material	T. Termin.	Cant.
Titulo CONJUNTO DEL DISPO. DE RIIMEN.				
			Esc. 1:12.5	
Dib. por L.L.B.		Rev. P. M.	Atof. cmz.	
		Apro. Jm. V.B.	Fecha	
Tesis. F. L. S.		OBO-16		

OBO-16

1



2

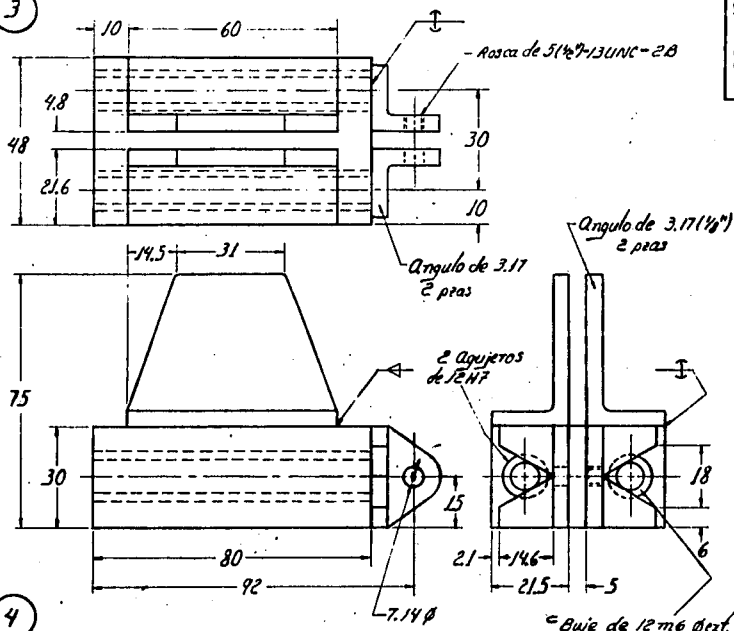


97

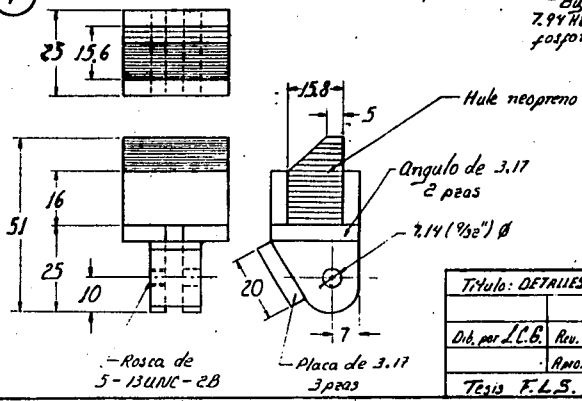
87-082

Título: BASE GUIR		
		Esc
Dib. por L.C.B.	Rev. P. y M	Acot mm
	Apun. Top. U.B.	Fecha
Tesis F.L.S		280-18

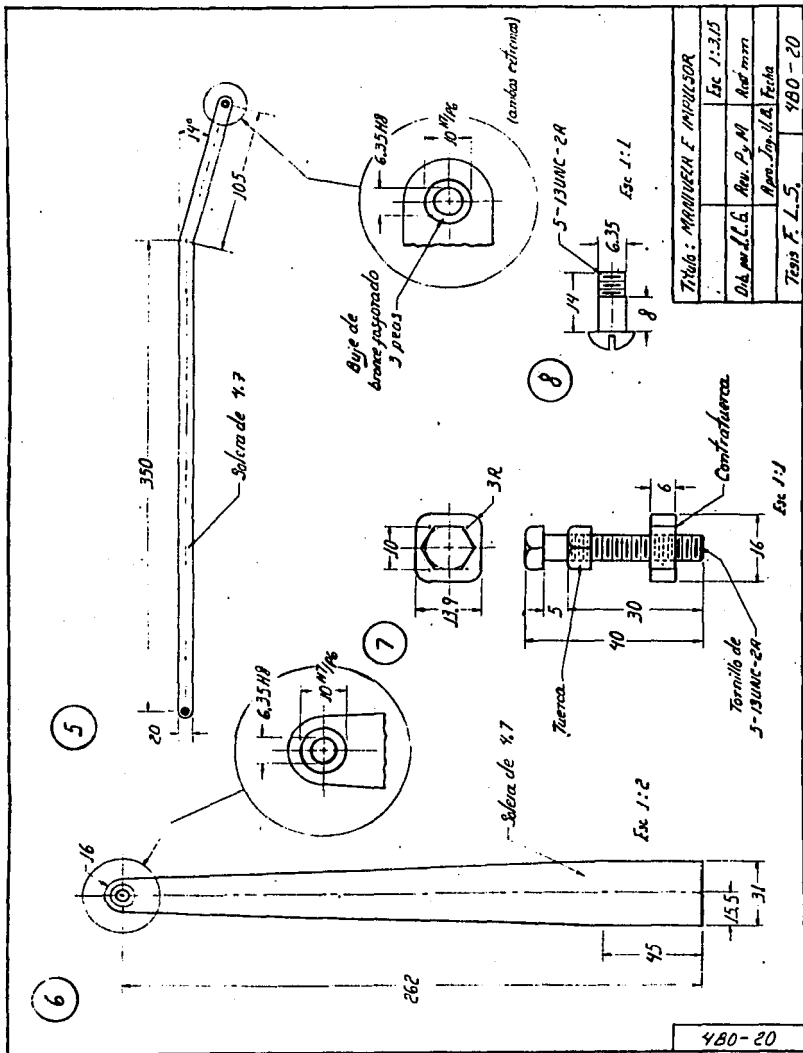
3



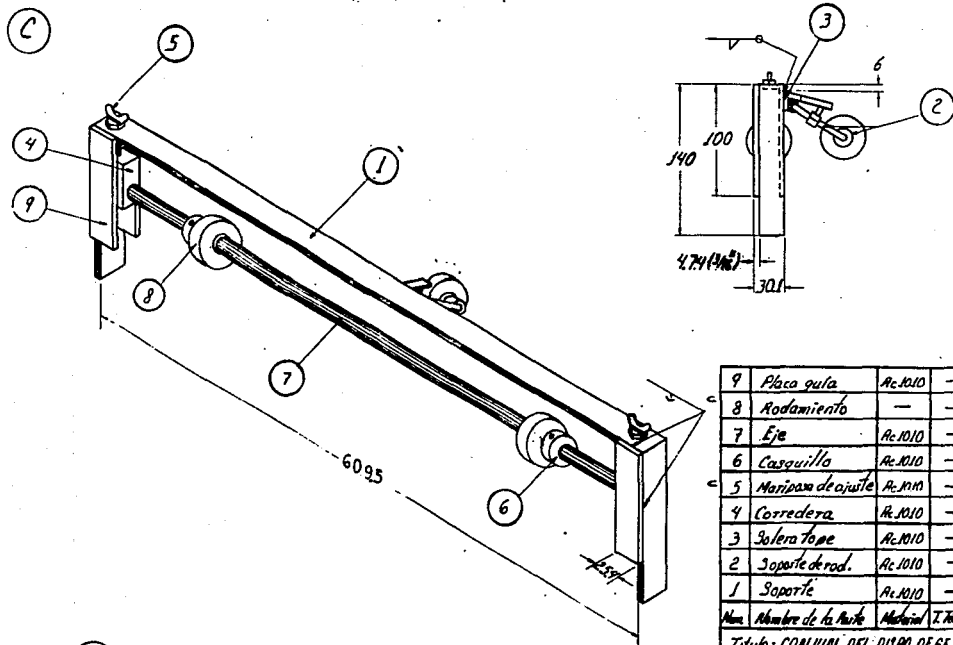
4



Título: DETALLES DEL DISPO. DE RULIMEN			
		Esc 1:1	
Db. por	L.C.B.	Rev. P y M	Aut mm
		Apro. Ing. V.B.	Fecha
Tercis	F.L.S.	380-19	



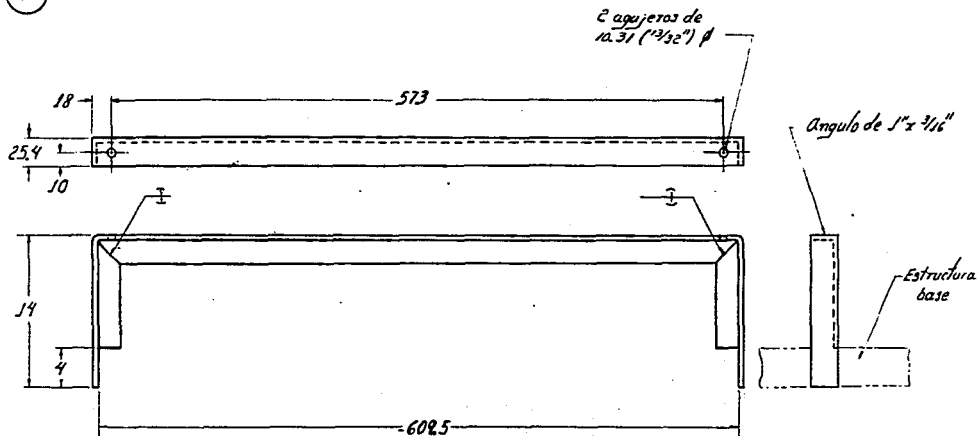
480-20



8 Rodamiento de bolas
SKF 6203 con 17 @ int

9	Placa guía	Ac.1010	—	2
8	Rodamiento	—	—	3
7	Eje	Ac.1010	—	1
6	Carquilla	Ac.1010	—	2
5	Manipulo de ajuste	Ac.1010	—	2
4	Corredera	Ac.1010	—	2
3	Solera tope	Ac.1010	—	1
2	Soporte de rod.	Ac.1010	—	1
1	Soporte	Ac.1010	—	1
Nom. Membre de la Parte		Material	T. Nomin. Cond.	
Titulo: CONJUNTO DEL DIAPO DE GE. DE SAUF.				
			Esc. 1:4	
Dir. por S.L.B.	Rev. P y M	Aprob. mm		
Rev. Ing. U.B.			Fecha	
Tesis F. L.S.			OCO-21	

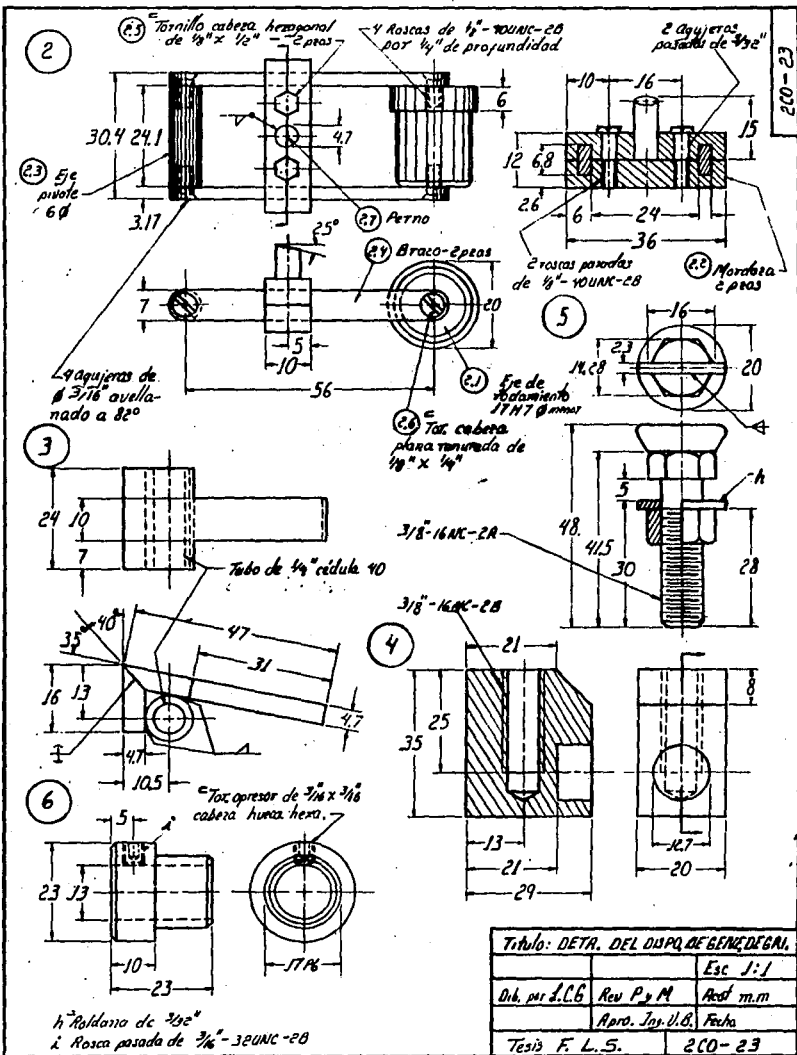
1



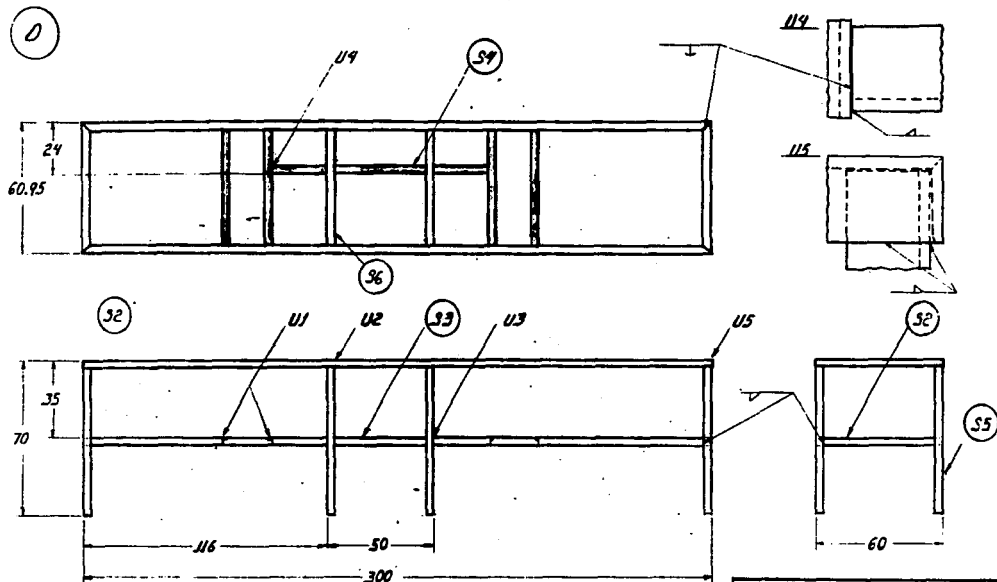
101

JCO - 22

Titulo : SOPORTE		
		Esc 1: 4
Dib. por J.L.G.	Rev. P. M	Acot. mm
	Apro. Jm. U.B	Fecha
Tesis F.L.S.		JCO-22



Título: DETA. DEL OJERO DE BENEDEGAJ		
Esc. J: 1		
Dib. por L.C.B.	Rev. P y M	Red. m.m
Apro. J. J. B.		Fecha
Tesis F. L. S.		200-23



000-24

S = Segmento
U = Unión

Oña: Estructura de ángulo
de 38.1 x 47.6mm (1 1/2" x 1 7/8")

Título: ESTRUCTURA BASE

Esc 1:20

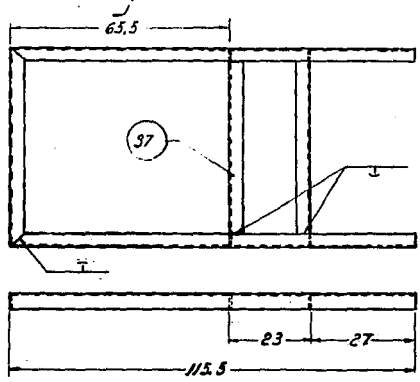
Dib. por L.C.G. Rev. P y M Acot. cm

Apr. Ing. U.B. Fecha

Tesis F. L. S.

000-24

31

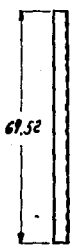


32

Este segmento es igual al 31, con la diferencia que el tramo j es de 83.5

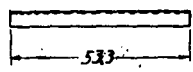
35

9 Pzas

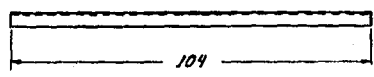


36

2 Pzas

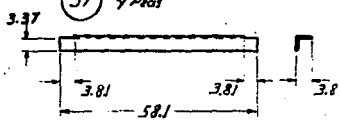


34



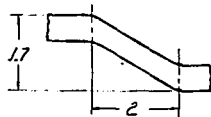
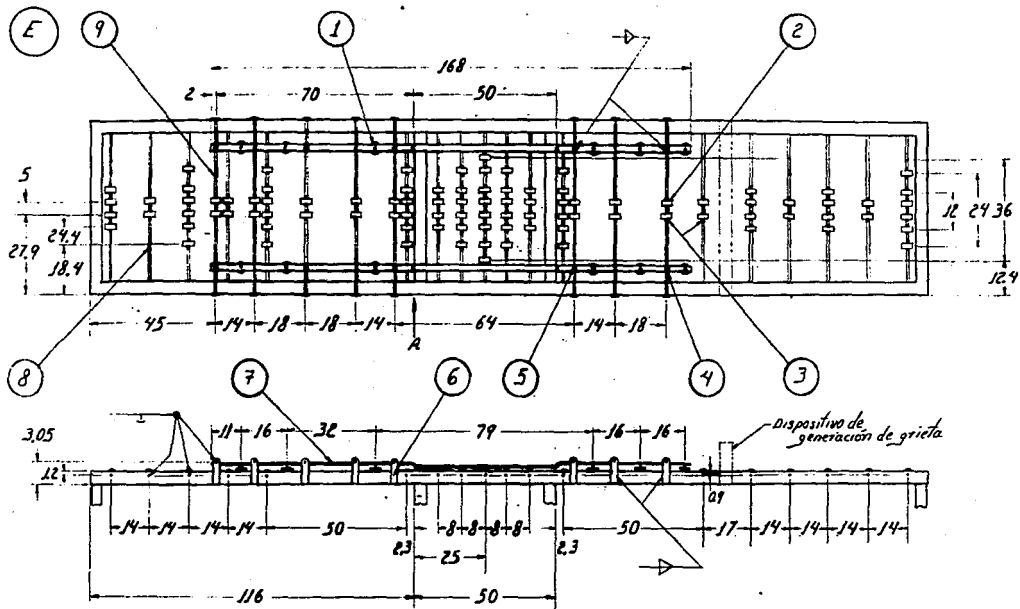
37

9 Pzas



(Toda la estructura es de Ac 1010)

Titulo: DETALLES DE LA EST. BASE		
		Esc. 1:12.5
Dib por: L.L.G.	Rev. P.G.M.	Aut. cm
	Apr. Ing. U.B.	Fecha
Tesis F.L.S		10-25



Vista por A

Titulo: CONJUNTO DEL DIS. DE DESLIZ.		
		Esc 1:15
Dib. por L.C.G.	Rev. P y M	Acof. c.m.
	Apr. Top. U.B.	Fecha
Tesis F. L. S.		OEO-26

2.2 Chumacera tipo plato
para servicio normal
con ϕ nominal de flecha
de 12.98 (1.116")

2.3 Catorina:

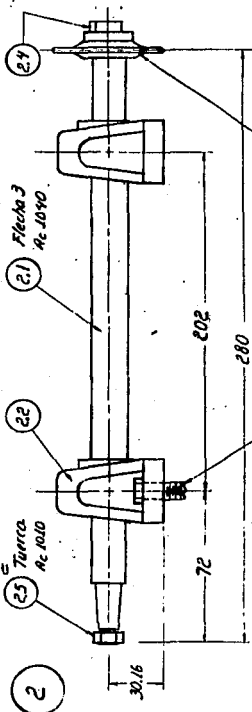
Diametro de paso = 60.85
Diametro exterior = 15.96
Paso = 9.52

2.4 Chaveta cuadrada
de 1.7 (1.14") x 1.6
Ac. 1010

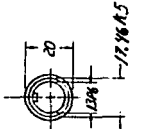
2.2

2.3

2.4



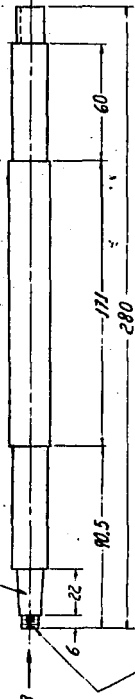
Tornillo cabe. hexa.
con tuercas de 3/8 x 30-typos



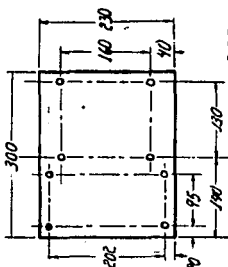
2.1

2.3

Segmento
cuadrado cónico



7.93 (5/16") - 18UNC-2A



6



Vista bot. B

TITULO: FLECHA DEL SOT. DE ALUMENTRACION	
Esc. 1:2.5	
Aut. del E.	Rev. P. M.
Aut. con	Apod. Ing. H. B. T. de
Tec. F. L. S.	JFO - 29

JFO - 29

SÍMBOLOS

- : No se especifica o no lleva R: Rodo ϕ : Diámetro
/: Se especifica en otro plano con el elemento en detalle
(a,b,c): Indicaciones a pie de página. C: Pieza comercial

ABREVIATURAS

TÍTULO:

- OBT. DEL MECA. INT. DE LA PLUMA: Detalles del mecanismo interior de la pluma.
- DETALLES DEL POS. Y TRANS: Detalles del poste y transmisión
- CONJUN. DEL DISPO DE ALIMEN: Conjunto del Dispositivo de Alimentación
- CONJUN. DEL DISPO DE GE. DE GRIS: Conjunto del Dispositivo de Generación de Griso.
- DETALLES DE LA EST. BASE: Detalles de la estructura base.
- CONJUN. DEL DIS. DE DESLIZA: Conjunto del dispositivo de deslizamiento.
- DISPO: Dispositivo.

RECUADRO DE TÍTULO:

- Dib. por L. L. G.: Dibujado por Luis Calzada Guerrero.
- Rev. P. y M.: Revisado por Pérez y Macharraz.
- Aprob. Ing. V. B.: Aprobado por el Ing. Vicente Borja
- T. F. L. S.: Tesis de Fernando, Luis y Sergio

RECUADRO DE ELEMENTOS

- Ac: Acero
- Cianura: Cianurado
- Cant: Cantidad
- C. D.: Estirado en frío.
- R. Babbit: Recubrimiento de Babbit. (Aleación Pb-3n)
- T. Térmico: Tratamiento Térmico
- Resorte de Compresión: Resorte de compresión.
- Bronce f.: Bronce fosforado
- Soporte de Rod: Soporte de rodamiento.

* Tope de rue. de des.: Tope de rueda de deslizamiento

* Rue. de Deslizamiento: Rueda de deslizamiento.

* Alum.: Aluminio

* Duraluminio: (Aleación Al-Cu)

AJUSTES Y TOLERANCIAS

PLANO	AJUS.	TOLE.	PLANO	AJUS.	TOLE.	PLANO	AJUS.	TOLE.
1A1-04	21H7	21 ^{+0.1} / ₀	2A1-03	6.5f7	6.5 ⁻¹³ / ₋₂₀	3A0-11	35H7	35 ^{+0.05} / ₀
	22H7	22 ^{+0.1} / ₀		17K5	17 ^{+0.3} / _{+0.1}	3A1-12	22H6	22 ^{+0.13} / ₀
1A2-05	15e8	15 ^{-0.05} / _{-0.03}		5H8	5 ^{+0.08} / ₀		15H7	15 ^{+0.08} / ₀
	15H8	15 ^{+0.03} / ₀		13h5	13 ₀	3A2-13	13h5	13 ₀
	22m6	22 ^{+0.1} / ₊₀		6.5H8	6.5 ^{+0.02} / ₀		15m6	15 ^{+0.08} / _{+0.07}
1A3-06	1.50H7	1.50 ^{+0.0} / ₀	3A2-10	3e8	3 ^{-0.05} / _{-0.07}		13p6	13 ^{+0.03} / _{+0.02}
	15 ^{H7/g6}	15 ^{+0.08} / ₀		1H6	1 ^{+0.05} / ₀		13H6	13 ^{+0.11} / ₀
		15 ^{-0.03} / _{-0.02}		12.7d11	12.7 ^{-0.0} / _{-0.00}		21H6	21 ^{-0.08} / ₀
	17H6	17 ^{+0.11} / ₀		12.7e3	12.7 ^{-0.02} / _{-0.01}		35h6	35 ^{-0.08} / ₀
	6.38H8	6.38 ^{+0.02} / ₀		6e8	6 ^{-0.05} / _{-0.07}		22K3	22 ^{+0.11} / _{+0.02}
	6 ^{H8/f7}	6 ^{+0.02} / ₀		4e8	4 ^{-0.05} / _{-0.08}	4E0-14	13p6	13 ^{+0.03} / _{+0.02}
		6 ^{-0.03} / _{-0.02}		1h5	1 ₀		12.46K3	12.46 ^{+0.02} / ₀
	12 ^{H6/K3}	12 ^{+0.11} / ₀		12.7m6	12.7 ^{+0.08} / _{+0.07}		15p6	15 ^{+0.03} / _{+0.02}
		12 ^{+0.03} / _{+0.01}		4H8	4 ^{+0.08} / ₀		15H6	15 ^{+0.11} / ₀
1A4-07	6.35e8	6.35 ^{-0.05} / _{-0.07}		6H8	6 ^{+0.02} / ₀		15H7	15 ^{+0.08} / ₀
	15f7	15 ^{-0.16} / _{-0.14}		6H6	6 ^{+0.02} / ₀	3E0-13	12H7	12 ^{+0.07} / ₀
	7e6	7 ^{-0.05} / _{-0.14}		16 ^{H7/m6}	16 ^{+0.08} / ₀		12m6	12 ^{+0.08} / _{+0.07}
	2H8	2 ^{+0.08} / ₀		16	16 ^{+0.08} / _{+0.07}		7.34H8	7.34 ^{+0.02} / ₀
	6.35 ^{H8/f7}	6.35 ^{+0.02} / ₀		6 ^{H6/K3}	6 ₀	4E0-20	10 ^{H7/p6}	10 ^{+0.08} / ₀
		6.35 ^{-0.03} / _{-0.02}			6 ^{+0.07} / _{+0.01}			10 ^{+0.03} / _{+0.02}
2A0-08	16H6	15 ^{+0.11} / ₀		4H6	4 ^{+0.08} / ₀		6.35H8	6.35 ^{+0.02} / ₀
	13H6	13 ^{+0.11} / ₀		5f7	5 ^{-0.05} / _{-0.02}	8C0-23	17H6	17 ^{+0.03} / _{+0.02}
	3H8	3 ^{-0.02} / ₀		3f7	3 ^{-0.03} / _{-0.01}		17H7	17 ^{+0.08} / ₀
	12.7H7	12.7 ^{+0.03} / ₀				1E0-27	6.35H8	6.35 ^{+0.02} / ₀

VI. CONCLUSIONES

1) Fabricación.

Se cumplió con uno de los objetivos de la tesis: la fabricación del prototipo del sistema de rayado. Esta labor se llevó a cabo por los autores del presente trabajo. En el prototipo terminado (fig. 34) se realizaron las pruebas pertinentes de rayado.



Fig. 34 "Prototipo de rayado de vidrio"

Las limitaciones que se tuvieron en la fabricación de los

componentes fueron principalmente, herramienta inadecuada, falta de experiencia en el uso de máquinas herramientas, lo cual ocasionó que las tolerancias de algunas piezas no fueran las deseadas. Esto provocó que se tuviera "juego" en algunos de sus componentes (engranes, corredera, pluma, principalmente), no siendo estos determinantes en el funcionamiento integral del sistema. Las piezas más difíciles en cuanto a la fabricación resultaron ser el mecanismo interno de la pluma, la corredera y las guías.

2) Pruebas

En las pruebas se utilizó como plantilla una figura ovalada y una manivela para mover manualmente el mecanismo del prototipo (fig. 35).

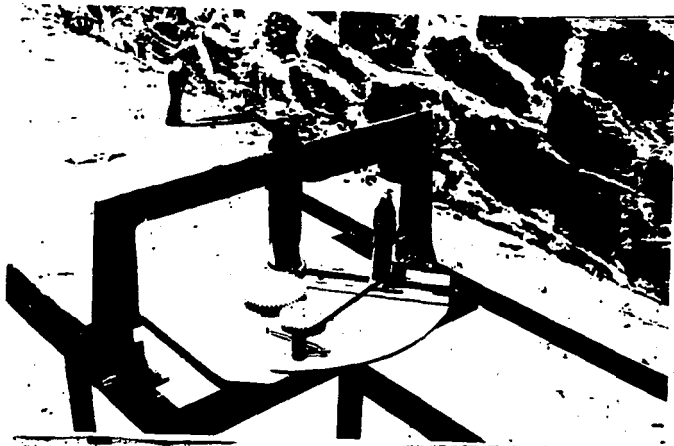


Fig. 35 "Vista en planta del prototipo"

Se realizó el rayado para 25 piezas variando la velocidad en el giro del disco, obteniéndose los siguientes resultados:

a) Se tuvo una adecuada penetración, aún en las pruebas donde la velocidad del disco era la mayor (30 rpm). lo cual permite una fácil generación de grieta y separación del desperdicio (fig. 36 y 37).

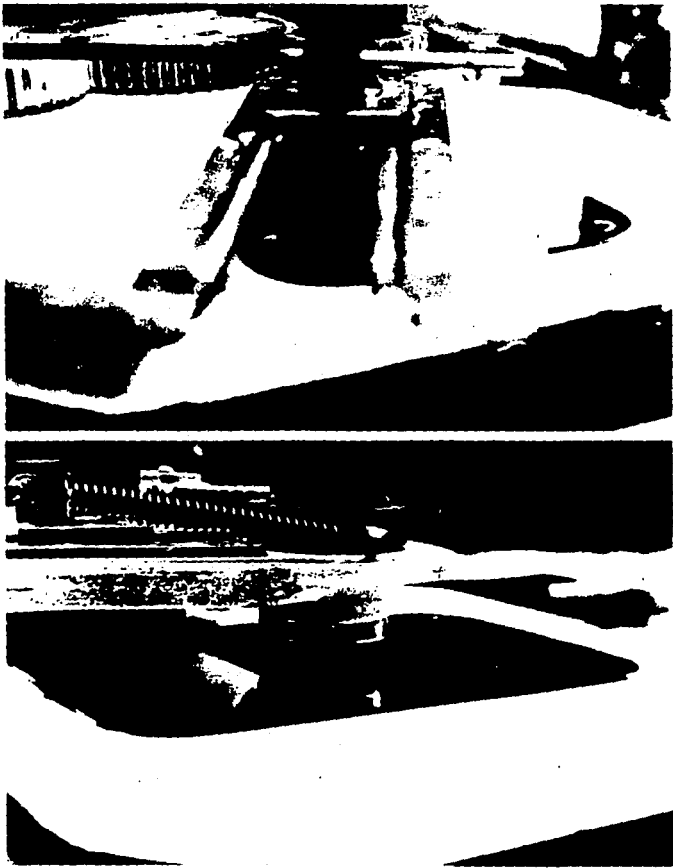


Fig. 26 "Rayado del Vidrio"



Fig. 37 "Generación de grieta"

b) En cuanto a la forma, el contorno de las piezas tuvo sólo pequeñas irregularidades, como se puede observar en las figuras 38 y 39. Esto se debió principalmente al mal ajuste entre los engranes, y la corredera con las guías (fig. 40).

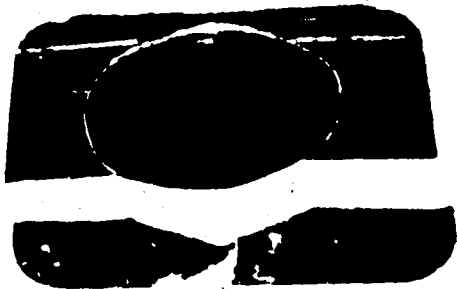


Fig. 38 "Separación del desperdicio de una pieza rayada"



Fig. 39 "Pieza obtenida finalmente"

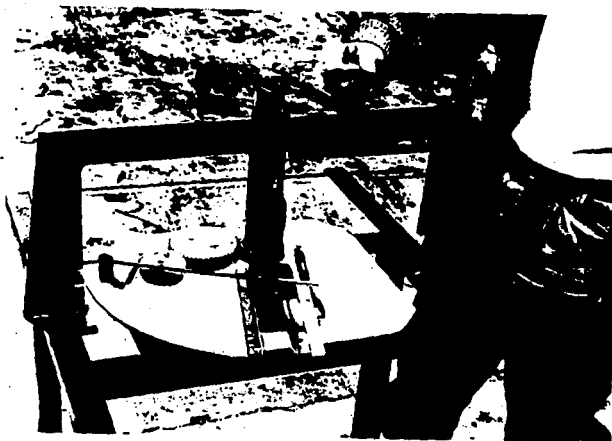
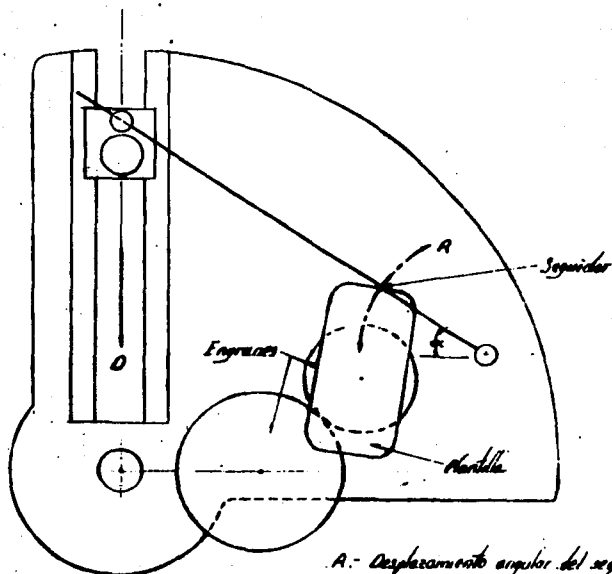


Fig. 40 "Vista de engranes y corredera en el prototipo"

3) Modificaciones para mejorar el sistema de rayado.

Mecanismo leva - seguidor - corredera (LSC).

En el mecanismo LSC del prototipo (fig. 41), no se puede obtener una forma de plantilla igual a la del modelo. Esto se debe básicamente a que el movimiento de la corredera es lineal a lo largo de la ranura en el plato y el movimiento del seguidor es angular.



A.- Desplazamiento angular del seguidor

D.- Desplazamiento lateral de la corredera

α .- Ángulo variable

Fig. 31 "Mecanismo LSC del prototipo"

El contorno de la plantilla utilizada en las pruebas del prototipo se obtuvo con el mismo mecanismo, haciéndolo trabajar en forma inversa. Los cambios que se hicieron para lograr el fin fueron:

3.1) Cambiar el seguidor por un marcador.

3.2) En lugar de la plantilla se colocó un pedazo de cartón.

3.3) Dibujar una figura modelo en tamaño real sobre papel y colocarla en lugar del vidrio.

Con lo anterior se hizo pasar manualmente el rayador sobre el contorno de la figura, como si se tratara de un seguidor, así el contorno de la plantilla se obtiene en el cartón por medio del marcador. La plantilla finalmente se fabricó con la figura generada en el cartón.

En el diseño de detalle se mejoró el mecanismo LSC quedando ahora como se muestra en la figura 42.

En este nuevo mecanismo LSC tanto la corredera como el seguidor tienen un desplazamiento lineal; la corredera a lo largo de la ranura y el seguidor a lo largo del tubo B. Esto ocasiona que se tenga una plantilla con la misma forma que la figura modelo, sólo que ahora reducida en tamaño.

La reducción de la plantilla dependerá de la distancia L, entre el pivote de la varilla y el centro de la ranura. La reducción será mayor cuanto más cerca se encuentre del pivote (X, distancia entre pivote y seguidor). En el diseño del mecanismo LSC los valores son los siguientes:

$$L = 15 \text{ cm} \quad X = 5 \text{ cm}$$

$$L / X = 15 / 5 = 3$$

$$X = L / 3$$

Por lo tanto, la plantilla es la tercera parte del tamaño de la figura modelo.

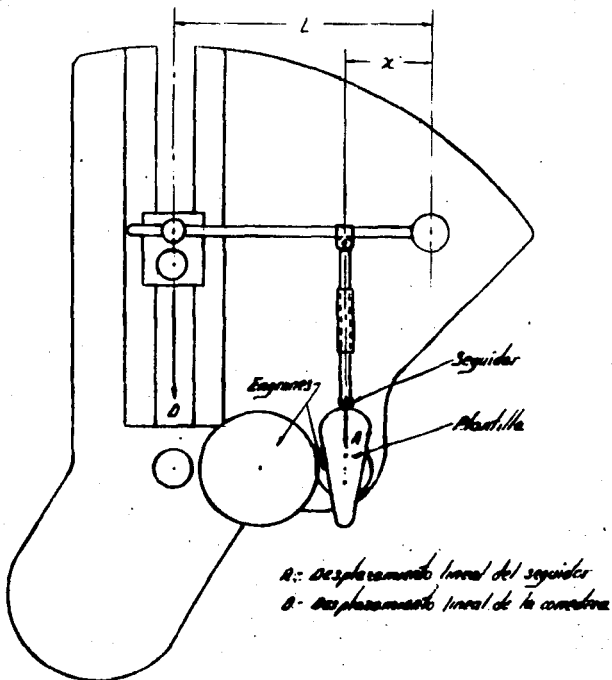


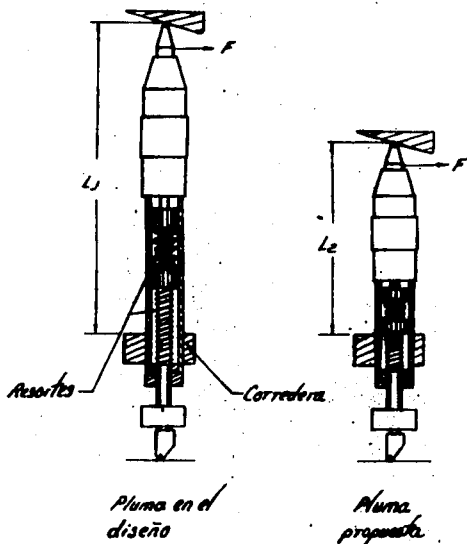
Fig. 42 "Modificación del mecanismo LSC"

Pluma.

El funcionamiento de la pluma en el prototipo fue aceptable, teniendo sólo el inconveniente de mal ajuste en algunos de sus elementos.

Este mecanismo presenta otro inconveniente que es ser muy largo, lo que repercute en presentar esfuerzos más grandes al momento de accionarse.

Para reducir los esfuerzos producidos en la pluma se deben calcular los resortes de manera que sean lo más pequeños posible ya que así disminuirá el largo de la pluma (fig. 43).



$F =$ fuerza en la pluma al pasar por la rampa
 $l_1, l_2 =$ distancia entre F y la corredera

$$M_1 = FL_1$$

$$M_2 = FL_2$$

$$\therefore M_2 < M_1$$

Fig. 43 "Comparación entre los mecanismos de pluma"

Corredera y guías.

El diseño de estos elementos se realizó de forma muy complicada, pudiendo mejorarse sólo con tener guías y corredera sin ranuras para balines como se muestra en la figura 44.

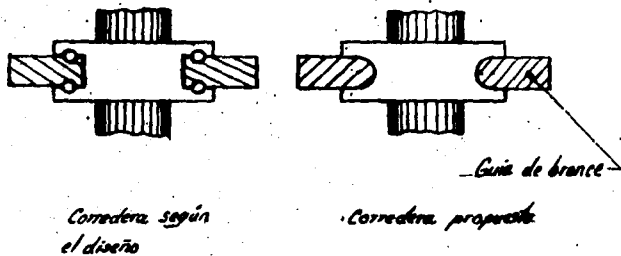


FIG. 44 "Modificación a la corredera"

4. Trabajo escrito.

- Información. Se consultó acerca de la maquinaria del corte de vidrio y su proceso tanto en bibliotecas, empresas privadas, la Cámara Nacional de la Industria de la Transformación (CANACINTRA) e INFOTEC, obteniendo muy poca información.

5. Estimación de costos de fabricación.

Se hizo la comparación entre los costos de producción que tiene la empresa con el sistema actual (SA), y el que tendría con la máquina diseñada (MD) en este trabajo.

Para hacer el análisis se establecieron todos los costos que intervienen en la producción de cada pieza en ambos sistemas.

$$C_{pp} = C_{mp} + C_{fp}$$

C_{pp} = Costo por pieza.

C_{mp} = Costo de material por pieza

C_{fp} = Costo de fabricación por pieza

Se analizó exclusivamente el costo de fabricación.

$$C_{fp} = (C_{mo} + C_g) \times t$$

C_{mo} = Costo de mano de obra

C_g = Costos fijos generales

t = Tiempo

En la empresa laboran dos personas con sueldo de 26 mil pesos por día, por lo tanto:

Cmo = 1.805 pesos/segundo.

Los costos fijos por mes son aproximadamente 692000 pesos, que incluyen renta, luz, agua, gastos contables, transporte, etc.

Cg = 1.202 pesos/segundo.

En la tabla 13 se estiman los tiempos de producción para las condiciones actuales y con la máquina diseñada.

OPERACION	TIEMPO (SEG.)	
	SA	MD
1. Corte de tiras	4.98	4.98
2. Corte de espejo		
a) Rayado	19.00	2.00
b) Generación de grieta	11.00	2.00
c) Separación de desperdicio	7.80	7.80
3. Biselado	11.40	11.40
4. Limpiado	10.20	10.20
5. Empaquetado	4.62	4.62
TOTAL	69.00	48.00

Tabla 13 "Comparación entre tiempos estimados de producción"

El costo de fabricación se obtiene de la siguiente manera:

$$C_{fp} = (C_{mo} + C_g) \times t$$

en donde C_{mo} y C_g se mantienen constantes para los dos casos, y lo que varía es el tiempo.

Con el sistema actual: $C_{fp} = 207.5$ pesos/pieza

Con la máquina diseñada: $C_{fp}' = 129.3$ pesos/pieza

Haciendo una comparación entre los casos anteriores, se observa que el costo de fabricación se reduce en 37.7%, por lo que se satisface la necesidad planteada inicialmente en este trabajo. Además, con la máquina diseñada se puede tener una mayor producción, según la demanda del mercado.

VII. A N E X O S

VII.1 ANEXO 1 "EL MECANISMO DE CORTE DE VIDRIO"

Herramientas de corte y el proceso de corte.

El vidrio se caracteriza por ser un material frágil, cuya fractura se produce en una dirección aleatoria si no es controlada.

Para producir la fractura en una dirección deseada, el vidrio se raya en su superficie, por medio de diamantes o aceros especiales, debido a su alta dureza.

A.J. Holland y W.E.S. Turner muestran que un diamante afilado artificialmente puede desgastarse después de 100 operaciones de corte, mientras que un diamante con filo natural presenta con dificultad cualquier desgaste después de 1200 operaciones de corte.

Un filo natural de diamante apropiado para el rayado se muestra en la figura 45, que indica el frente y el lado del filo de corte. Además dicha figura muestra la dirección para el rayado.

Generalmente las herramientas de acero con dureza especial reemplazan a las herramientas de diamante. Estas se fabrican en forma de ruedas afiladas.

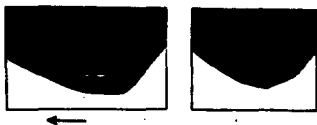


Fig. 46 Fila de un diamante natural"

La efectividad del corte depende de la presión que se aplica y del manejo adecuado de la herramienta. Un operario inexperto puede producir un rayado profundo, el que se reconoce como una línea blanca brusca, pero también puede producir una línea fina, lo que provoca una mala separación del vidrio.

Así mismo, una herramienta gastada puede provocar un rayado brusco o fino.

En la figura 46 se muestra un buen y un mal rayado. El corte perfecto se muestra en la figura 46.a en la que la zona de destrucción no excede más de 30 micras de ancho paralelamente al rayado. La figura 46.b muestra un corte defectuoso. Se nota que la destrucción debida al despostillamiento se extiende alrededor de 200 micras de ancho.

Un operador experimentado puede percibir la diferencia entre un buen y un mal corte sólo por el sonido que se emite al estar rayando. Un sonido armonioso es indicador de un buen corte, mientras que un sonido irregular es producido por un mal corte.



Fig. 44 "Rayados hechos por la misma herramienta en una placa de vidrio. a) rayado perfecto, b) rayado defectuoso."

La calidad de un buen rayado puede reconocerse con la fractura del vidrio. Un mal corte mostrará una fractura que se desviará de la dirección del rayado, además de no extenderse perpendicularmente a la superficie del vidrio.

El corte puede completarse aplicando una fuerza en dirección perpendicular al rayado, la que proporcionará la energía necesaria para la subsecuente fractura.

De esta manera la propagación de la fractura puede ser predeterminada, ya que ésta tiene la tendencia a seguir la dirección recta de menor gasto de energía.

La principal característica del corte no es la formación del rayado, sino la formación de la fractura que debe extenderse perpendicularmente dentro del vidrio.

La figura 47 muestra la sección perpendicular de un corte. En ésta se nota que la penetración de la herramienta es extremadamente pequeña, alrededor de 0.01 a 0.02mm de profundidad.

Otro aspecto importante es que el ángulo formado sobre la parte rayada del vidrio es de 120 a 130°.



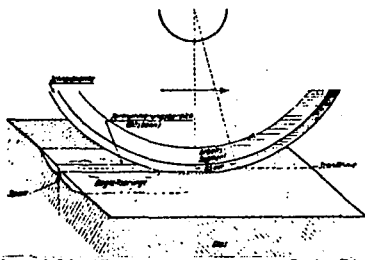
Fig. 47 "Vista transversal del rayado de un vidrio"

Para Holland y Turner las tensiones alrededor del corte son más pronunciadas cuanto más carga se ejerza por la herramienta de corte.

Aplicar una gran fuerza no es una ventaja adicional sobre la operación y manejo de las herramientas de corte. Se recomienda, por consiguiente, sólo usar la fuerza necesaria para lograr el rayado.

Para generar la grieta sobre el vidrio ya rayado se necesita vencer su resistencia de tensión, que es de aproximadamente 800 kg/cm^2 . El mecanismo de corte se puede explicar mediante el esquema de la figura 48.

La fuerza de corte cubre un área aproximada de 0.05 mm de ancho por 0.5 mm de largo. Asumiendo que tenemos una fuerza de 500 g , se induce al corte una presión de 2000 kg/cm^2 , la cual es más grande que el esfuerzo de tensión del vidrio.



Legende: Schneidkante	.....	Cutting Edge.
Zertrümmungs-bereich (Bruchrinne)	.....	Cutting Groove
Arbeits-Segment	.....	Effective Cutting Edge
Schnittlinie	.....	Cutting Line
Begleitgrünge	.....	Lateral Splinters
Spalt	.....	Perpendicular Crack

Fig. 48 "Esquema del mecanismo de corte"

Cuando el rayado del vidrio se envejece, se incrementa el esfuerzo de tensión entre un 20 y un 30%.

Un corte viejo provoca astillamiento en la zona donde se crean las tensiones. El envejecimiento de un corte se empieza a dar después de 5 horas, y el máximo envejecimiento se alcanza después de aproximadamente 1000 horas.

Experimentalmente se ha observado que el esfuerzo de tensión

del vidrio se reduce si se humedece la superficie de este antes de rayarlo. Esto se puede observar en la figura 49 que muestra que el módulo de ruptura es considerablemente más bajo en los casos donde la superficie ha sido mojada antes del corte (cortes hechos a mano).

Resultados de este tipo, sin embargo, no son fácilmente reproducibles ya que el promedio de la carga de ruptura en diversos experimentos varió considerablemente.

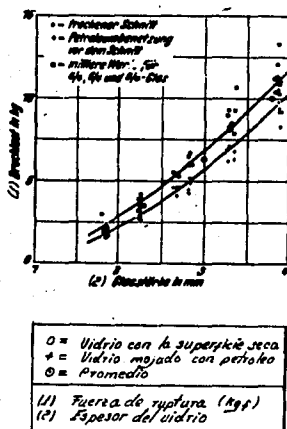


Fig. 49 "Módulo de ruptura de un vidrio mojado con diferentes líquidos"

Para propósitos de observación más precisa se hicieron experimentos utilizando una máquina de corte.

Las muestras fueron investigadas a corte fresco o envejecido por 48 horas. Algunas muestras fueron investigadas a corte seco, mientras que otras habían sido mojadas con gasolina o agua antes del corte. Los resultados se muestran en la figura 50.

Esta figura ilustra que hay una diferencia importante entre el módulo de ruptura de un corte reciente y uno viejo. En un corte viejo se incrementa en un 30% aproximadamente.

La fractura puede desviarse de la línea de corte. En este caso la fractura no utilizará la energía proporcionada por el rayado. De esta manera los módulos de ruptura serán más grandes que en el caso donde la fractura y la línea de corte coinciden.

Sucede frecuentemente que algunos vidrios, viniendo de una línea de producción continua parecen ser más frágiles de lo usual. En otras palabras, algunas piezas de vidrio no se fracturan tan bien a lo largo de la línea de corte como otros.

Los resultados descritos han mostrado que variaciones pequeñas en el tiempo de almacenamiento del vidrio, y en la operación de corte (tipo de diamante, fuerza de corte, manejo de la herramienta, velocidad de corte, etc.) pueden causar muchos cambios perceptibles en el tipo de corte y fractura obtenidos.

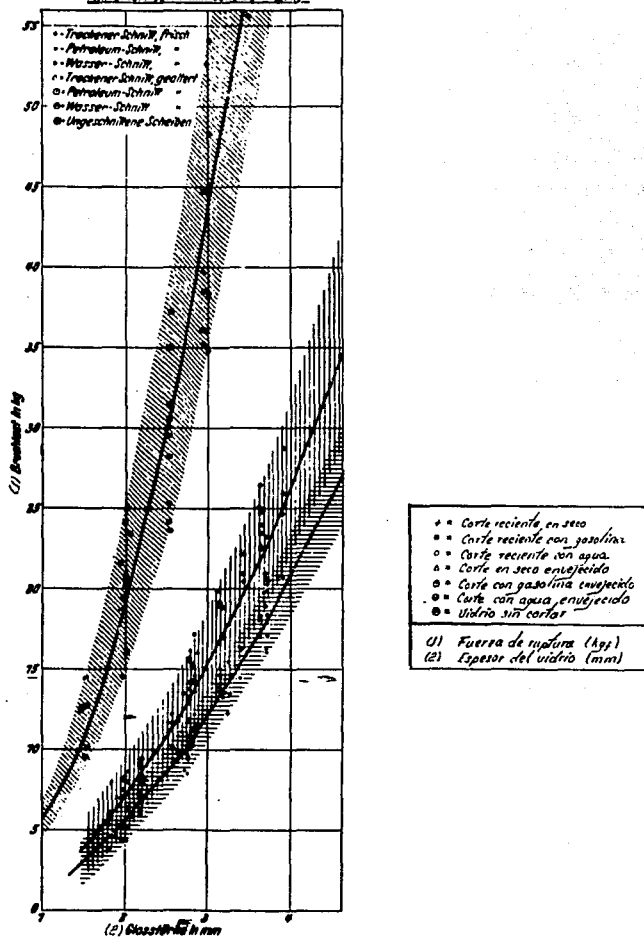


Fig. 50 "Variación en el módulo de ruptura del vidrio envejecido"

VII.2 ANEXO 2 "HERRAMIENTAS DE CORTE"

Las herramientas de corte de vidrio se pueden clasificar de la siguiente manera:

1. Herramientas de rayado: - roldana de carburo de tungsteno.
- diamante.

2. Herramientas de fusión: - rayo láser.

3. Herramientas de erosión: - chorro de agua.

Herramientas de rayado.

En las herramientas de rayado se tiene que efectuar la operación de generación de grieta (anexo 1) para completar la operación de corte de vidrio.

* Roldana: la roldana de carburo de tungsteno es la más empleada en la industria del vidrio por ser un elemento comercial y de bajo costo.

En pruebas hechas en un taller se encontró que tienen una vida media de 1000 ciclos de rayado para piezas con un perímetro de 520 mm.

Un inconveniente de esta herramienta es su desgaste con el uso, por lo cual la presión de rayado tiene que aumentar paulatinamente.

* **Diamante:** El diamante utilizado para corte de vidrio se produce por medios sintéticos, a partir de carbono en forma de grafito. La síntesis se logra a través de prensado en caliente bajo condiciones extremas, presiones desde 50 a 100 kbar, temperaturas alrededor de los 2173 K y bajo presencia de catalizadores especiales.

Las cualidades particulares de los granos de diamante producidos para una aplicación específica, pueden obtenerse variando los materiales básicos y las condiciones de la síntesis.

El diamante es considerablemente más duro que otros materiales y tal propiedad se aprovecha en el rayado del vidrio.

En esta herramienta, el grano de diamante se inserta en una base de bronce, indicando la dirección del filo.

El costo de la herramienta de diamante es 70 veces más caro que la roldana y se desgasta mucho menos. En el país son pocas las empresas que lo fabrican.

Herramientas de fusión.

* Laser: Algunas características del laser son las siguientes:

Espesor del vidrio(mm)	Potencia(W)	Avance(mm/seg.)
3.2	5,000	76.2
9.5	20,000	25.5

El sistema de producción del laser es demasiado costoso, pero la herramienta es precisa.

Herramientas de erosión.

* Chorro de agua: Este tipo de herramienta utiliza un grifo de agua altamente presurizada, conteniendo partículas abrasivas que ejecutan operaciones de corte y maquinado no realizables por otros métodos. Esta técnica corta rápidamente a través del titanio, cerámica, vidrio, fibra de vidrio, grafito, acero inoxidable, concreto y otros materiales. Se puede producir un corte angosto mediante esta herramienta, sin efectos térmicos o problemas de deformación comunes a los sistemas de corte convencionales.

La eficiencia y producción de corte mediante esta herramienta es elevada; teniendo el inconveniente, al igual que el corte con laser, de que el equipo tiene un costo muy elevado.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. SHYGLEY, JOSEPH EDWARD.
Diseño en Ingeniería Mecánica, 3a. edición.
Mc Wraw-Hill. México 1985. 915 pp.
2. KRICK, EDWARD V.
Introducción a la Ingeniería y al Diseño en Ingeniería.
2a. edición.
Limusa. México 1974. 240 pp.
3. GRUPO SKF.
Manual de Mantenimiento y Recambio de Rodamientos.
Inglaterra 1977. 136 pp.
4. WENDT.
Catálogo de Productos de Dimante y CBN.
51 pp.
5. CECIL SPENCER, HENRY / JOHN THOMAS DYGOON.
Dibujo Técnico Básico.
10a. edición.
CECSA, México 1981
6. ASTUDILLO JIMENEZ, FIDEL.
Máquinas Herramientas Organización y Sistemas.
T.S.I. 1983.

7. ESCUELA DE TRABAJO HENRY FORD.

Teoría del taller.

5a. edición.

Gustavo Gili, España 1983.

8. BORG WARNER AUTOMOTIVE.

Chumaceras y cadenas industriales.

9. PENDER

Soldadura

2a. edición.

Mc. Graw Hill, México 1986.

10. FRANCO RODRIGUEZ, EDILBERTO J.

El Agua con el Poder del Rayo Laser.

Revista Mexicana del Petróleo.

IMP

Núm. 316, Año XXXI

Sep. - Oct. 1989 26p.

11. READY, JOHN F.

Industrial Applications of Lasers

Academic Press, INC. New York 1978.

12. PINCUS, ALEXIS G.

Secondary Manufacturing in the Glass Industry

Magazines for Industry INC. New York 1978.