



# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

## SISTEMA LASER INDUSTRIAL PARA LA FABRICACION DEL CALZADO

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

### TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE LICENCIADO EN DISEÑO INDUSTRIAL PRESENTA,

MARCOS SERGIO CHONG SOL

GUADALAJARA, JAL.

JUNIO 1989

ARG. JOSE MORALES GONZALEZ  
DIRECTOR ESCUELA DISEÑO INDUSTRIAL.

ARG. JOSE MORALES GONZALEZ  
DIRECTOR ESCUELA DISEÑO INDUSTRIAL.



## **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.

# INDICE

C O N T E N I D O : \_\_\_\_\_

DEDICATORIA,		
1-	INTRODUCCION	9
2-	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
	2.1 Planteamiento	13
	2.2 Definición del Problema	21
	2.3 Objetivos	24
3-	INVESTIGACION	
3.1	Procesos de Fabricación del Calzado	27
	Clasificación del Calzado	27
	Corte	27
	Pespunte	27
	Montado y Avio	28
	Ensuelado	28
	Acabado	28
	Adorno	28
	Avio	28
	Partes del Calzado a Procesar/Op. Corte	28
	Equipo Empleado	29
3.2	Materiales a Tratar	31
	Naturales	31
	Sintéticos	33
	Presentación de los Materiales	36
3.3	Métodos Para Efectuar la Operación de Corte	37
	Cuchillas	38
	Tijeras	39
	Cortadores Circulares	40
	Troqueladoras	41
	Abrasivo a Chorro	45
	Electroquímico	46
	Descarga Eléctrica	48
	Haz de Electrones	50
	Plasma	52
	Ultrasonido	53
	Chorro de Agua	55
	Haz Laser	58
	Análisis y Conclusiones	60
3.4	Teoría del Laser	65
	3.4.1. Significado	65
	3.4.2. Proceso de Emisión Laser	66
	Requisitos de Emisión Laser	66
	3.4.3. Propiedades de la Luz	71

3.4.4. Sistemas Laser	74
Laser de Bioxido de Carbono (CO2)	76
Laser de Neodimio (Nd:YAG)	77
Análisis y Conclusiones	79
4- LASER DE NEODIMIO:YTRIO, ALUMINIO, GRANATE	<hr/>
4.1 Secuencia de Emisión	82
4.2 Modificación del Haz	84
4.2.1 División del Haz	85
4.3 Modos Transversales del Haz	86
4.4 Conmutación Q	87
4.5 Pulsación del Haz	88
Pulsación Intensificada	88
Ráfaga de Pulsos	89
Configuración de la Potencia	89
4.6 Manejo Optico del Haz	92
Caracteristicas del Haz	92
Propiedades de los Elementos Opticos	97
Análisis y Conclusiones	99
Sistemas Opticos en la Salida del Haz	100
Accesorios Opticos	102
Errores en la Dirección del Haz	109
Análisis y Conclusiones	111
4.7 Sistema de Enfriamiento	113
4.8 Suministro de Energía	113
4.9 Fabricantes de Equipos Laser Industriales de Nd:YAG	115
4.10 Instalación	122
4.11 Capacitación en Operación y Mantenimiento	122
4.12 Partes de Repuesto;Refacciones	122
4.13 Medidas de Seguridad	123
Requisitos de la BRH	123
Alto Voltaje	123
Seguridad del Sistema	124
Sentido Común	125
4.14 Resultados y Parámetros de las Pruebas de Procesado en los Materiales	126
5- OPERACION EN MOVIMIENTO	<hr/>
5.1 Necesidades que se Presentan	134
5.2 Movimiento del Material de Trabajo	135
Análisis	137
5.3 Movimiento del Haz	140
Análisis	142
5.4 Combinación de Movimientos del Haz y Material de Trabajo	143
Análisis y Conclusiones	143

<b>6- CONTROL</b>	
6.1 Necesidades que se Presentan Para el Método de Control	145
6.2 Control Manual	146
Análisis	147
6.3 Control Automático	148
6.3.1. Sistemas de Ciclo Cerrado y Abierto	150
6.3.2. Características de un Sistema de control	150
6.3.3. Control Numérico	153
6.3.4. Fundamento de las Computadoras	154
6.3.5. Elementos Fundamentales de un sistema de Computadora	154
6.3.6. Análisis	
6.4 Control Semiautomático	157
Análisis	157
6.5 Conclusiones	158
6.6 Conexión Computadora/Máquina	159
6.7 Interfaces	159
6.8 Entrada de Información	163
Teclado	
Joystick	
Scanner	
Mouse	
Digitalizador	
Análisis y Conclusiones	164
Características Generales de Tabletas	
Digitalizadoras Comerciales	165
6.9 Componentes que Emplea el Sistema de Control Automático en Combinación con el Sistema de Computadora	166
6.9.1. Potencia Motriz (Actuadores)	166
6.9.2. Tipos de Sistemas de Potencia Motriz	166
Hidráulica	
Neumática	
Motores Eléctricos: Motores de C.C., Paso a Paso, Servomotores	
Análisis	171
Conclusiones	173
<b>7- ERGONOMIA</b>	
7.1 El Sistema Hombre Máquina	176
7.2 Sistema Nervioso Sensorial	178
7.3 Los Sentidos	178
7.4 El Sistema Visual	179
Adaptación a la luz y Oscuridad	
Percepción Visual del Movimiento	
Agudeza Visual	

7.5	El Sistema Auditivo	181
	Localización del Sonido	
	Discriminación de Tono y Volumen	
7.6	Los Sentidos Propioceptivos	182
7.7	Comunicación Hombre Máquina	184
	Tableros	
	Controles	
	Dysplays Visuales, Cuantitativos, Alfanuméricos, Cualitativos, Figurativos, Auditivos y Táctiles	
8-	<u>ANTROPOMETRIA</u>	
8.1	Gráficas Estatura	195
8.2	Dimensiones Estructurales Combinadas del Cuerpo	197
8.3	Dimensiones Funcionales del Cuerpo	198
8.4	Posiciones de Trabajo	199
8.5	Movimiento Articulario	200
	Cuello, Columna Vertebral, Hombro, Codo-Ante- brazo, Dedos, Muñeca	
8.6	Dimensiones de Cabeza, Cara, Mano y Pie	203
8.7	Observador de Pie/mod. de Comunicación Visual	204
8.8	Observador Sentado/mod. de Comunicación Visual	204
8.9	Divisorias Visuales/Consideraciones Antro- pométricas Masculinas	205
8.10	Orientaciones de Diseño/mod. de Comunicación Visual	205
9-	<u>MERCADOTECNIA</u>	
9.1	Disponibilidad Nacional	207
9.2	Distribución Geográfica de las Ventas	207
9.3	Distribución Geografica de la Producción	207
9.4	Evaluación de la Industria y Posibilidades de Inversión	208
9.5	Personal	208
9.6	Tecnología	209
10-	<u>CONCLUSIONES</u>	
	Integración de Conclusiones	214
11-	<u>PLANOS</u>	
	Lista de Planos	222
12-	<u>DIAGRAMAS DE FABRICACION</u>	256
13-	<u>COSTOS</u>	267
14-	<u>VOCABULARIO</u>	274

# INTRODUCCION

## 1. INTRODUCCION

La Industria del Calzado es una actividad manufacturera de largo historial en el país, que ocupa actualmente un lugar prioritario dentro del plan nacional de desarrollo industrial, por ser proveedora de un artículo de consumo popular, y por ser fuente de empleo para millones de mexicanos.

La participación porcentual de la industria del calzado en el producto interno bruto del país, se ha mantenido constante alrededor de un 3% durante los últimos años, pero su futuro desarrollo depende de la solución de ciertos problemas.

Pues no obstante, las perspectivas halagadoras de la Industria por la demanda creciente derivada del aumento de la población, existe una gran problemática tecnológica que tiene que ser solucionada para permitir el pleno desarrollo de la industria.

La Industria ha alcanzado un desarrollo tecnológico intermedio, basado en técnicas y sistemas de origen extranjero que han sido copiadas, sin haber sido adaptadas a las condiciones y necesidades imperantes en el medio industrial mexicano, lo que pone de manifiesto, la imperante NECESIDAD DE QUE MEXICO DESARROLLE SU PROPIA TECNOLOGIA.

Dentro de la Industria del Calzado, un factor de gran importancia es la maquinaria o equipo, ya que según lo mecanizado que esté una empresa serán sus volúmenes de producción, su calidad, etc.

Se distinguen cuatro niveles tecnológicos de producción en la Industria del Calzado: el artesanal, los talleres familiares, las empresas medianamente mecanizadas y las altamente mecanizadas, pero SOLO LOS PRODUCTORES QUE PERTENECEN AL ÚLTIMO NIVEL Y QUE CONSTITUYEN UN 15% DEL TOTAL, CUENTAN CON TECNOLOGIA COMPETITIVA Y ADECUADA, que permita producir en serie y uniformidad en la calidad; características indispensables para satisfacer las necesidades siempre crecientes, tanto en el mercado nacional como internacional.

El desarrollo del presente proyecto tiene como finalidad re solver la mayoría de los problemas que se presentan en la ma -  
quinaria que efectúa la operación de corte (suajadoras circula -  
res, de puente, etc.) dentro de algunos procesos para la elabo -  
ración del calzado, pues ésta es la operación en donde se de -  
termina en mayor parte la calidad del calzado.

ES IMPORTANTE QUE LOS FABRICANTES MEJOREN SU TECNOLOGIA EN  
CUANTO A EQUIPO SE REFIERE, PARA EFECTUAR LA OPERACION DE COR -  
TE; PUES SE NECESITA DE MAQUINAS DE MEJOR CALIDAD Y QUE RESUEL -  
VA EN SU MAYORIA LOS PROBLEMAS QUE EN LAS ACTUALES SE PRESEN -  
TAN, pues aunque aparentemente los fabricantes de calzado no -  
tienen la posibilidad de disponer de alguna maquinaria de bue -  
na calidad y tecnología, realidad es que la mayoría de LA MA -  
QUINARIA UTILIZADA POR LA INDUSTRIA DEL CALZADO ES PRINCIPAL -  
MENTE DE FABRICACION EXTRANJERA siendo la nacional normalmente  
más cara y de inferior calidad. A pesar de que existe accesibi -  
lidad de alguna maquinaria moderna de importación, LA MAYORIA  
DE LOS PRODUCTORES EMPLEAN MAQUINARIA OBSOLETA O HECHIZA, DE -  
BAJA PRODUCTIVIDAD E INOPERANTE, LO CUAL REDUCE SUBSTANCIALMEN -  
TE SU RENDIMIENTO PRODUCTIVO.

Todo esto tiende a ratificar, la necesidad de que se desa -  
rrolle tecnología nacional, para lo cual existe una buena posi -  
bilidad de fabricar maquinaria para efectuar la operación de -  
corte.

# 2. PLANTTEAMIENTO

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

### 2.1 PLANTEAMIENTO

Aparentemente, los fabricantes de calzado no tienen problemas en la que se refiere a equipo y tecnología, sin embargo, - la maquinaria que actualmente utilizan para efectuar la operación de corte, aunque se cataloga de excelente la extranjera y buena la nacional, podemos apreciar que la maquinaria existente en el mercado e industrias del país, es en su mayoría vieja y obsoleta, y no solo eso, los fabricantes sugieren y ratifican la NECESIDAD DE QUE EL PAIS DESARROLLE SU PROPIA TECNOLOGIA, para lo cual existe una buena posibilidad de fabricar maquinaria y que sea desarrollada en México para que al mismo tiempo disminuir la dependencia tecnológica actual. En el siguiente ejemplo podemos apreciar la calidad de la maquinaria - según la opinión de algunos proveedores.:

PROCESO	FABRICACION	NIVEL		
		EXCELENTE	BUENA	REGULAR
Corte	Nacional	50%		50%
	Extranjera	100%		

Se puede observar la calidad de la maquinaria, tanto nacional como extranjera para el proceso de corte, según la opinión de los proveedores. Considerándose que en todos los casos la maquinaria extranjera tiene una calidad excelente.

NOTA: Excelente-Calidad competitiva internacionalmente.

Regular-Calidad que satisface los requerimientos mínimos del mercado

Buena-Calidad competitiva a nivel nacional.

Por otra parte LA MAQUINARIA QUE SE FABRICA EN MEXICO ES OBSOLETA 100%, en primera, es una réplica de la maquinaria extranjera y en segunda, una copia de la maquinaria que ya no tiene patentes; Además de esto la maquinaria nacional es cara para lo que realmente sirve.

SE HAN DETECTADO PROBLEMAS EN ALGUNOS ESTABLECIMIENTOS A CAUSA DEL RETRASO TECNOLOGICO, pues algunos han logrado subsistir manteniéndose al margen de la ley no dando cumplimiento a los salarios mínimos y las prestaciones reglamentarias y evadiendo sus obligaciones fiscales.

Otro grave problema se presenta en la FALTA DE SERVICIO ESPECIALIZADO, y el que se consigue no es especializado y por lo tanto muy lento y costoso, al igual que las REFACCIONES SON DIFÍCILES DE CONSEGUIR; todo esto a causa de que EXISTEN TANTOS FABRICANTES Y DISTRIBUIDORES DE TAN DIFERENTES PAISES, QUE DIFÍCILMENTE SE CONSEGUEN REFACCIONES POR ESTA POCA HOMOGENIDAD.

También EXISTEN PROBLEMAS POR LOS ALTOS ARANCELES PARA IMPORTAR MAQUINARIA EXTRANJERA DE MEDIANA CALIDAD Y TECNOLOGIA.

Aunque los fabricantes de calzado en México tienen la posibilidad de disponer de maquinaria de mejor calidad y tecnología que la que se encuentra en el medio nacional, la realidad es que la mayoría tiene maquinaria hechiza y en un gran porcentaje obsoleta.

La razón por la que sucede esto, se debe principalmente a que no existe dentro del mercado, una máquina que resuelva la mayoría de los problemas que se presentan al llevarse a cabo la operación de corte de acuerdo a sus necesidades reales; otra razón radica en la falta de conocimiento por parte de los fabricantes, de la maquinaria que existe en el mercado, ellos se conforman con una maquinaria que les sirva, sin fijarse que posiblemente existe o pudiese existir una mejor que les resuelva sus problemas de una manera más adecuada.

En resumen, EN MEXICO HACE FALTA MAQUINARIA PARA EFECTUAR LA OPERACION DE CORTE DE MEJOR CALIDAD, QUE RESUELVAN EN SU MAYORIA LOS PROBLEMAS REALES QUE SE PRESENTAN EN LOS SISTEMAS ACTUALES Y QUE SEA AL MISMO TIEMPO POSIBLEMENTE DE UNA MAS ALTA TECNOLOGIA.

Es importante señalar que LAS TECNICAS DE PRODUCCION DE CALZADO SON PROCEDENTES DEL EXTERIOR PUES MEXICO HA SIDO INCAPAZ DE GENERAR SU PROPIA TECNOLOGIA. ESTO REPERCUETE NEGATIVAMENTE EN LA PRODUCCION, PUES LAS TECNICAS DE PRODUCCION DE OTROS PAISES ESTA ENFOCADA A UNA SITUACION MUY DISTINTA A LA DEL PAIS.

Por lo tanto, se puede decir que la mayoría de los industriales del calzado, cuentan con una tecnología intermedia copiada del extranjero ya que no se ha permitido desarrollar una tecnología nacional.

Tomando en cuenta, los problemas antes mencionados que se presenten en la maquinaria actualmente y considerando que la in

industria opera en promedio al 62.5 de su capacidad instalada se puede enfatizar la NECESIDAD IMPERIOSA DE MEJORAR LOS SISTEMAS DE PRODUCCION ENFOCADOS AL PROCESO DE LA OPERACION DE CORTE PARA LA ELABORACION DEL CALZADO.

ES IMPORTANTE QUE LOS FABRICANTES PIENSEN EN MEJORAR SU TECNOLOGIA DENTRO DE LA OPERACION DE CORTE Y ACEPTEN QUE LA QUE ACTUALMENTE TIENEN ES EN SU MAYORIA OBSOLETA. En todo caso ES NECESARIO QUE LOS INDUSTRIALES RENOVEN SU MAQUINARIA Y EQUIPO, pues en la mayoría de los casos como se reitera, se trata de maquinaria vieja e inoperante o bien maquinaria hechiza de baja productividad, aunado a esto se presenta el problema de falta de información que conduce al empresario a adquirir maquinaria nueva, que muchas veces no cubre sus necesidades y tan solo le ocasionan erogaciones muy fuertes.

Se llevó a cabo una investigación de campo dentro de la Industria del Calzado, recavando información con los operarios de las máquinas para efectuar la operación de corte; en este caso suajadoras circulares, de puente, manuales, mecánicas, y se logró detectar algunas ventajas y desventajas, necesidades y demandas que se presentan en estos equipos:

Actualmente, dentro del proceso para la elaboración del calzado, LA OPERACION DE CORTE ES LA QUE SE LLEVA A CABO EN MAYOR NUMERO, Y ES EN LA QUE SE DETERMINA EN GRAN PARTE LA CALIDAD DEL CALZADO.

Existen actualmente dentro del mercado nacional e internacional, varias marcas de fabricantes de maquinaria para la industria del calzado. Dentro de la maquinaria para la operación de corte existentes en el mercado, se encuentran varias marcas y todas ellas funcionan bajo el mismo principio, es decir, realización del corte por medio de presión (hidráulica o manual) sobre el suaje, el cual realiza el corte sobre el material de trabajo.

DESVENTAJAS o problemas que se presentan: \_\_\_\_\_

- Se presentan algunos problemas en los suajes empleados como herramienta de corte:
- Se presenta un movimiento del suaje al efectuarse la operación, lo que da como resultado un corte de mala calidad
- Los suajes se desafilan rápidamente, lo que trae consigo la necesidad de un mantenimiento muy frecuente a estos; al mismo tiempo da como resultado una mala calidad del corte fig.1
- Cada suaje es para un solo modelo de calzado, número, lado de

uso y decorado y no permite realizar diferentes combinaciones decorativas para un mismo modelo de calzado; es decir, que un modelo de calzado pueda tener una decoración diferente a otro par de calzado del mismo modelo fig.2

.Alto costo por cada suaje

.Los suajes fallan en algunas ocasiones y se rompen, estas - pueden ser reparados pero, las áreas reparadas fallan de nuevo rápidamente

.Baja capacidad de los suajes para almacenar recortes fig.3

.Se detectaron algunos problemas relativos a la pasta y material de trabajo:

.La pasta se desgasta rápidamente de un modo desigual al efectuarse la operación, con lo que se obtiene un corte desigual esto por la desnivelación entre la pasta y el opresor fig.4

.Existe movimiento en la base de trabajo al efectuarse la operación, lo que da como resultado un corte deformado de muy mala calidad.

.Existe movimiento en la pieza de trabajo al efectuarse la operación, lo que da como resultado un corte deformado. Esto se presenta principalmente al trabajarse más de una lámina de material en la operación.

- Se detectaron algunos problemas que se presentan, al trabajarse los diferentes materiales:

.Mal acabado del corte, tanto en materiales naturales como sintéticos y de diferentes espesores

.Se trabaja normalmente una lámina de material en la operación por los malos resultados que se obtienen al trabajarse dos o más láminas de material al mismo tiempo

.La mayoría de las suajadoras operan solamente en materiales delgados, como lo son la circular, manual, etc. La suajadora de puente opera en materiales más gruesos.

-Existe un desgaste en el opresor metálico al hacer este contacto con el suaje fig.5

-Dificultad para la alineación y alimentación de material fig.6

-Por la mala calidad que se obtiene, se requiere de un proceso posterior de terminado o rectificación

-Por las características generales de operación de las máquinas, se les cataloga como de baja productividad por efectuarse con estas un proceso general muy lento, pues se requieren actualmente de 18 a 20 suajadoras por planta de producción para una producción aproximada de 2400 pares diarios de calzado, al mismo tiempo es un proceso laborioso y se presentan muchos problemas y se obtienen malos resultados

-Se presentan algunos problemas por la utilización en su mayoría de maquinaria extranjera:

- .Se utiliza en un 90% maquinaria extranjera y en un 10% maquinaria nacional
- .La mayoría de la maquinaria extranjera que se utiliza actualmente en el país es de medio uso y con patente vencida
- .Se requiere de un largo tiempo, para localizar refacciones por la diversidad de fabricantes y marcas existentes tanto extranjeras en su mayoría, como nacionales, por lo que no existe una homogeneidad dentro del mercado de este tipo de máquinas.
- .No existe confiabilidad de operación por no contarse con refacciones de respuesto para casos de emergencia, ni servicio especializado

Por los puntos mencionados anteriormente, se lleva también un largo tiempo en repararse las máquinas

-Se requiere de una máquina diferente para cada tipo o forma de corte

Se observó, que no existe una máquina que efectúa la mayoría de las operaciones de corte, para los diferentes procesos para la fabricación del calzado. Esto se presenta principalmente de la siguiente manera:

1 máquina para fabricar los adornos

1 máquina para suelas

1 máquina para los modelos generales

1 máquina para perforaciones, etc.

-Se presentan fallas en disparadores magnéticos fig.7

#### VENTAJAS:

-Capacidad del movimiento del material de trabajo y de la herramienta de corte para su alineación fig.8

-Se pueden lograr diferentes configuraciones para las diversas partes del calzado fig.9

-Tienen la capacidad de trabajar una diversidad de materiales

-Fácil operación

-Control de la fuerza o presión a aplicar sobre el suaje

-Se obtiene relativamente un bajo: fig.10

Costo de operación

costo por pieza

mano de obra por máquina

-Fácil acceso a la observación para precisión en el alineado del material a trabajar fig.11

-Cumple con la mayoría de los requisitos de seguridad que establece la oficina de seguridad industrial

-La mayoría de las partes de la máquina constituidas de un material adecuado

-No requiere de mantenimiento muy frecuente

-Fijeza de la máquina al efectuarse la operación

-Mínima vibración y ruido

-Fácil acceso para mantenimiento fig.12

-Ocupa un área de trabajo mínima fig.13

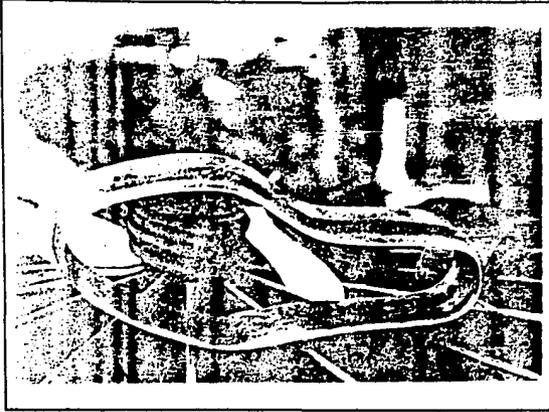


fig.1

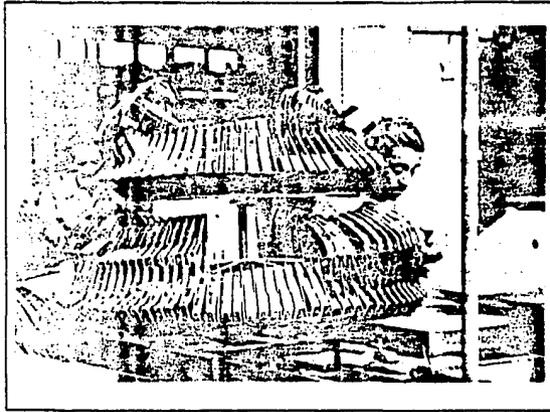


fig.2



fig.3

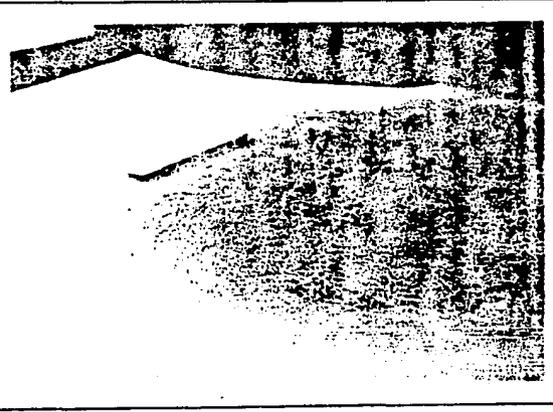
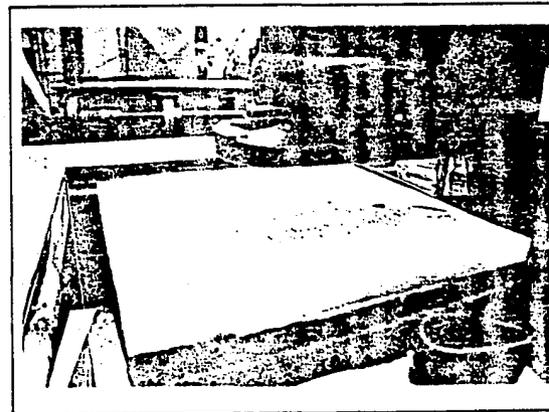


fig.4

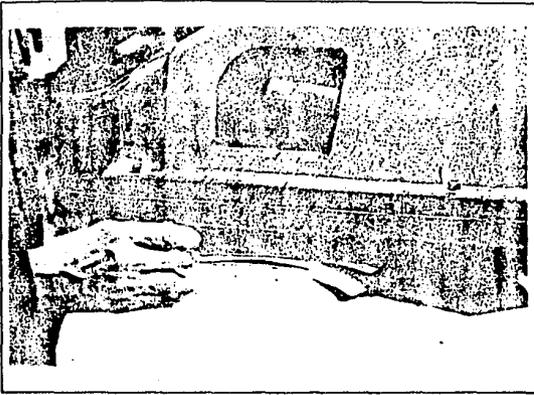


fig.5

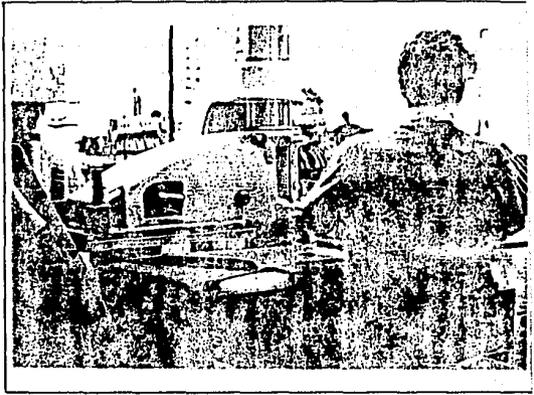


fig.6

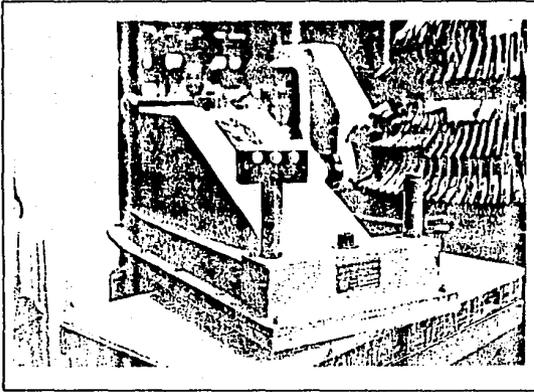


fig.7



fig.8

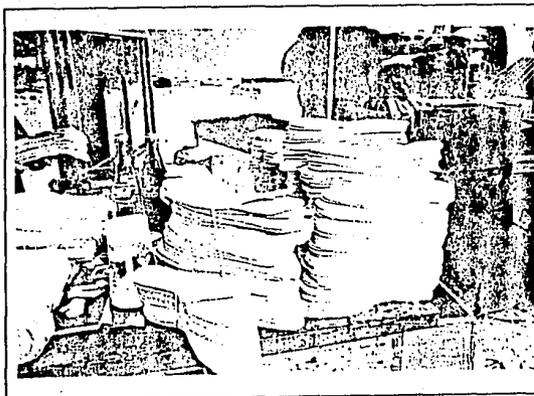


fig.9

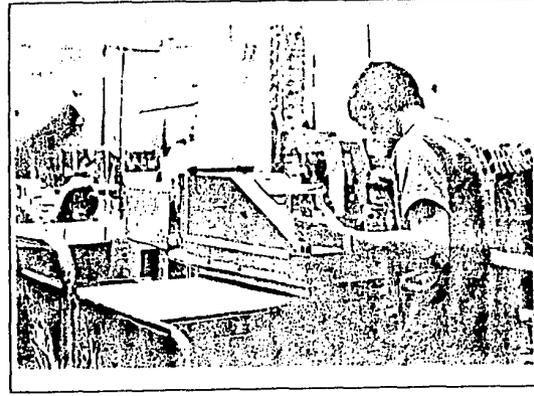


fig.10

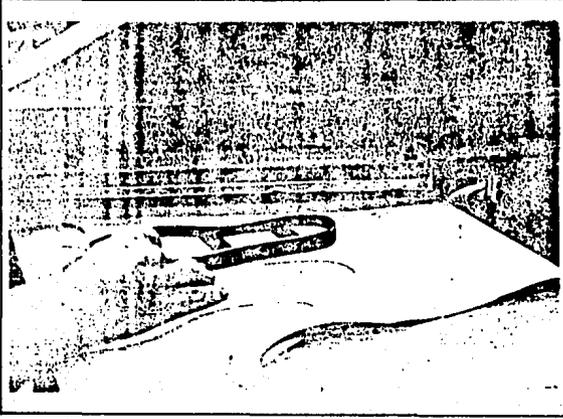


fig.11

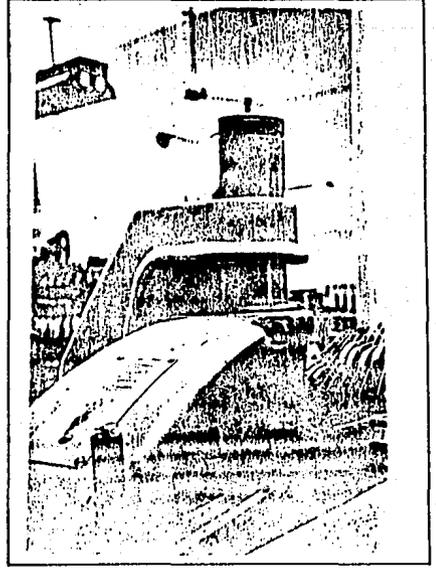


fig.12



fig.13

## 2.2 DEFINICION DEL PROBLEMA

Se llevará a efecto, el desarrollo del proyecto de un sistema que realice la mayoría de las operaciones de corte de los procesos para la elaboración del calzado; al poderse realizar con este equipo la mayoría de la tarea de corte, podrían sustituirse algunas máquinas que realizan estas tareas independientemente; al mismo tiempo dicho sistema deberá contar con la capacidad de competir con los equipos existentes tanto en el mercado nacional como en el internacional y deberá adaptarse real y eficazmente a las necesidades y demandas que se presentan dentro de la Industria del Calzado del País.

Con este equipo tratará de realizar la operación de corte con mayor rapidez, para lograr maximizar la productividad mediante un proceso menos laborioso y para que una sola máquina pueda realizar en un tiempo determinado el trabajo que desempeñan un agrupamiento de varias máquinas.

Se tratará, de obtener cortes bien delineados, nivelados y de mejor calidad en los materiales a tratar (naturales o sintéticos) y con sus diferentes espesores, asimismo, se puedan obtener variadas formas; esto para que pueda ser aplicable dentro del proceso tanto de corte como de respunte, al contarse posiblemente con una excelente nivelación y rigidez entre la herramienta de corte y la pieza o material de trabajo; al mismo tiempo es necesario tener un amplio control general sobre la herramienta de corte; esto también para evitar procesos posteriores como el de rectificación. Se podría contar con una base para efectuar la operación, muy rígida y nivelada con respecto a la herramienta; dicha base tendría que estar constituida de un material adecuado, para que ésta no sufre desgastes o deformaciones al efectuarse la operación, y por lo tanto no existiría la necesidad de cambiarlas en un determinado tiempo (normalmente frecuente). Se tratarán de minimizar los problemas que se presentan con más frecuencia.

Trataremos de obtener diversas combinaciones de cortes para adornos; para un mismo modelo de calzado, al mismo tiempo, se tratará de utilizar una herramienta o sistema de corte que no se desgaste o deforme frecuentemente, para que no se requiera de un mantenimiento muy frecuente y que efectúe cortes muy delgados (en la mayoría de los casos, y cuando así se requiera) y

de excelente calidad sobre una o varias láminas de material. Las piezas recortadas se podrían extraer al final de efectuada la operación.

Se tratará de contar con un sistema de alimentación y alineación rápido y preciso de material de trabajo.

Se tratará de que el método de corte, no desgaste parte alguna del equipo al efectuarse la operación de corte; así mismo, que las partes constituyentes del sistema, sea de materiales -- adecuados y de acuerdo para el fin que se les va a dar.

Confiabilidad en el sistema de control, fácil acceso a las -- áreas de mantenimiento y reparaciones más frecuentes, capacidad del movimiento del material de trabajo y la herramienta de corte para su alineación (cuando así se requiera). Confiabilidad de operación al contar con accesorios de repuesto de emergencia, mantenimiento mínimo, que ocupe un área de trabajo mínima, son algunas otras de las ventajas con las que deberá de contar el -- sistema a diseñar.

Se tratará de lograr un bajo costo de operación, mano de obra costo por pieza trabajada, costo del equipo relativo y se tratará de contar con las normas de seguridad que establece la oficina de seguridad industrial; todo esto en comparación con otros equipos existentes, dentro del mercado.

Se tratará, de que la procedencia de la mayoría de los componentes que conforman al equipo, sean de procedencia nacional y de que no sean réplicas de maquinaria extranjera con patente -- vencida o de medio uso, por se estas obsoletas en la mayoría de los casos; con lo que se integraría una tecnología nacional para ya no depender en algun grado de la tecnología extranjera, -- para lo cual se requiere el pago de altos aranceles para su importación. Al fabricarse el equipo en el país se trataría de -- que este sea de excelente calidad, para que pueda competir y ser comparada con los equipos existentes dentro del mercado nacional, como internamente; y así posiblemente implementar técnicas de producción netamente nacionales de acuerdo al equipo -- y a la situación actual del país.

Se podría lograr asimismo la fácil localización y reposición de refacciones, así como de servicio especializado para efectuar mantenimiento preventivo y reparaciones.

Todo esto, nos ayudará para obtener la maximización de la -- productividad, así como la mejora de la producción, proceso de

corte y de resultados, y la optimización del uso de la maquinaria y otros recursos; pues son las necesidades y demandas fundamentales del sector productivo de la Industria del Calzado.

## 2.3 OBJETIVOS

En base a la Definición del Problema y realizando un análisis detallado, se presentaron los siguientes Objetivos por alcanzar con el equipo que se va a diseñar:

- Posiblemente, una sola máquina podría efectuar la mayoría de las operaciones de corte, del proceso general para la elaboración del calzado, con esto lograríamos sustituir una variedad de maquinas que realizan la operación de corte por partes independientes, como ya se mencionó anteriormente.
- Deberá contar con la capacidad de competir con los equipos existentes tanto en el extranjero como en el país
- Deberá resolver la mayoría de los problemas que se presentan en los métodos actuales, para efectuar la operación de corte, asimismo, resolver las necesidades que se presentan en la industria del calzado con esta operación
- Que realice la operación de corte más rápidamente y de una manera laboriosa, con lo que se podría maximizar la productividad, al mismo tiempo no se requeriría de varias máquinas para cada planta de producción; una máquina podría efectuar el trabajo de varias
- Se tratará de obtener una mejor calidad en el corte de los materiales a tratar, tanto naturales como sintéticos y en sus diferentes espesores
- Posiblemente se requiera de contar con la ventaja del movimiento de la pieza de trabajo y de la herramienta de corte para su alineación
- Implementación de un método de corte que permita realizar combinaciones de corte decorativos para un mismo modelo de calzado (cuando así se requiera)
- Utilización de un método de corte que no se desafilie rápidamente, y si es posible, que no se desafilie.
- Evitar el tener que realizar procesos posteriores de acabado- a rectificación por la mala calidad de acabado que se obtiene
- Tratar de contar con una mejor calidad en la maquinaria nacional para que éste pueda competir internacionalmente
- Existe la posibilidad de implementar nuevas técnicas de producción, de acuerdo a la maquinaria nacional y en combinación con otros recursos
- Con la cual, se puedan lograr trabajar variadas formas de las diferentes partes que conforman al calzado y para que pueda ser aplicada a los procesos tanto de corte como de pespunte
- Contar con un sistema de alineación de material, y alimentación, del material de trabajo, rápido, preciso y eficaz.

- Partes constituyentes de la máquina de un material adecuado; pues algunas partes se desgastan o deforman al efectuarse la operación de corte, lo que trae consigo una desnivelación en el corte y otros problemas
- Tratar de llevar a cabo la operación y control sin fallas muy frecuentes; minimizar las que actualmente se presentan
- Utilización de un método de corte que presente nivelación con respecto al material y base de trabajo
- Una base de trabajo compuesta del material adecuado, para que no se desgaste y no se presente necesidad de un cambio continuo de estas
- Tratar de que no exista movimiento entre la base y la herramienta de corte y el material de trabajo al efectuarse la operación para lograr obtener mejores resultados
- Que se pueda trabajar más de una lámina de material en una operación
- Que la mayoría de los componentes que conforman al equipo sean de procedencia nacional; con esto se logra una fácil localización de refacciones, servicio especializado, información, y capacitación más rápida, evitando así también el pago de los altos aranceles para su información; al mismo tiempo, que no sean réplicas de maquinaria extranjera con patente vencida o de medio uso, pues en la mayoría de los casos son obsoletas
- Existe confiabilidad de operación al contar con refacciones de repuesto para casos de emergencia
- Se tratará de obtener un bajo costo de operación, para también no elevar el precio del producto
- Se tratará de obtener una baja mano de obra
- Costo del equipo relativamente bajo, en comparación con los resultados que con esta se pueden obtener
- Lograr un costo por pieza relativamente bajo
- Permita tener un amplio control general sobre la herramienta de corte
- Evitar el almacenamiento de recortes en la herramienta de corte, pues se dificulta su vaciado, lo que trae consigo una pérdida de tiempo, y al mismo, dificulta la operación
- Fácil acceso a las áreas de mantenimiento y reparaciones más frecuentes
- Mantenimiento mínimo, no muy frecuente
- El equipo deberá cumplir con los requisitos legales de seguridad que establece la oficina de seguridad industrial
- Tratar de evitar vibraciones y ruido
- Area de ocupación mínima de trabajo
- Tratar de no depender tecnológicamente del extranjero

# **3 INVESTIGATION**

### 3. I N V E S T I G A C I O N

#### 3.1 PROCESO DE FABRICACION DEL CALZADO: \_\_\_\_\_

El calzado generalmente está compuesto de piel o de materia les sintéticos, que junto con el acabado del mismo nos arroja- la siguiente clasificación:

- a) FINO: Totalmente constituido por piel de alta calidad
- b) ENTREFINO: Constituido de pieles de menor calidad o de com- binaciones de piel con materiales sintéticos
- c) ECONOMICO: Constituido de pieles de ínfima calidad o mate- rial sintético

Esta clasificación esta dada según las características del calzado y es equivalente tanto para el calzado de hombre, como de mujer y de niño.

A grandes rasgos los PROCESOS PARA LA FABRICACION DEL CALZA DO son los siguientes:

- CORTE
- PESPUNTE
- MONTADO Y AVIO
- ACABADO Y ENSUELADO
- ADORNO

#### C O R T E : \_\_\_\_\_

Primeramente se elige el material necesario para la orden, después se recortan y preparan las diferentes partes que inte- gran el empeine del calzado, según el estilo diseñado; rebajan do y limpiando la piel que sea necesaria. En el calzado sinté- tico también se efectua el entretelado, en donde se pegan el - corte y el forro por medio de una máquina; para después cortar el material y el forro ya unidos. En esta operación se efectú- an los cortes generales que integran al calzado, forros y cor- te de entreforros (perforado y recorte de adornos).

#### P E S P U N T E : \_\_\_\_\_

Dentro de este proceso existen las siguientes operaciones; una vez cortadas las piezas, se ensamblan y se cosen, por lo - que se realiza la unión de la parte frontal y trasera para ce- rrar el corte; se hacen los adornos, como son los calados, fi- guras, etc.. Se efectua la unión del corte y el forro; se na - cen los ojillo y se ponen los ojillos para las agujetas; des - pués se refuerza la parte superior por medio de bias inmediata

mente se marca el forro.

**MONTADO Y AVIO :** \_\_\_\_\_

Se recortan y preparan las suelas y tacones del calzado y se coloca el empeine sobre la horma, realizándose desde luego la unión del mismo con la suela y el tacón (unión sin fijarlos preliminarmente).

**ENSUELA DO :** \_\_\_\_\_

La unión de la suela y el corte, se pueden llevar a cabo por tres métodos: pegado, cosido y pegado y cosido. Se efectúa el forro del tacón (según el estilo) en el calzado sintético-se efectúa el vulcanizado que consiste en la inyección de la mezcla de hule en el molde y el corte (utilizando suela sintética), quedando prácticamente terminado el calzado para pasar a la operación de rebabeado en donde se quita la rebaba de hule de la suela y se cortan las plantillas.

**ACABADO :** \_\_\_\_\_

Aquí se eliminan las arrugas, de la piel mediante diferentes procedimientos, se pintan, se enceran, se realiza el enplantillado y se limpian las diferentes partes del calzado.

**ADORNADO :** \_\_\_\_\_

Se trata al zapato para su presentación final, detallando, poniéndole agujetas, artículos de bisutería que se pegan o se cosen sobre el empeine, en algunos casos se aplica abrillantador, para después poner los pares de zapatos en sus respectivas presentaciones.

**AVIO :** \_\_\_\_\_

En algunas ocasiones se realiza separadamente, o se toma como un proceso más, aquí se efectúan las siguientes operaciones: corte de plantillas, suelas, plataformas, tacones, adornos y -acojinamientos.

La operación de CORTE en diferentes procesos para la configuración de algunas partes que conforman el calzado:

PROCESO  
-Corte

PARTES DEL CALZADO  
Cortes generales y forros de tacones  
forros, entreforros (corte y perfo-

-Avios

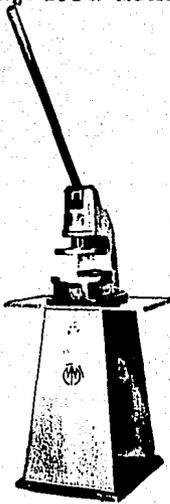
ración de adornos).

Corte de plantillas, suelas, plataformas, adornos, acojinamientos, tacones (de secciones).

Se procesará para cortes y avios; cualquier forma que se requiera y en las dimensiones que se requieran, desde pequeñas partes para calzado de niños a calzado industrial y botas.

**MAQUINARIA UTILIZADA ACTUALMENTE PARA EFECTUAR LA OPERACION DE CORTE:**

Suajadora Manual



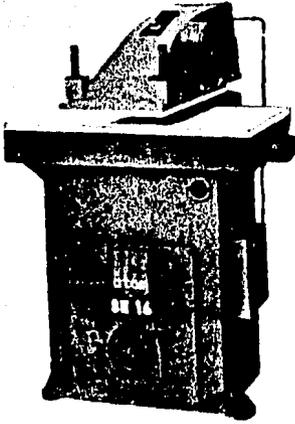
Suajadora Mecánica



Los insumos (standar) de producción por par de zapatos son los siguientes:

Materia Prima	Cantidad	Unidad
Pieles Corte	19	dm <sup>2</sup>
Pieles Forro	19	dm <sup>2</sup>
Avios	1	par
Pegamento	.50	lt.
Hebillas y adornos	varía	
Caja	1	unidad
Varios		

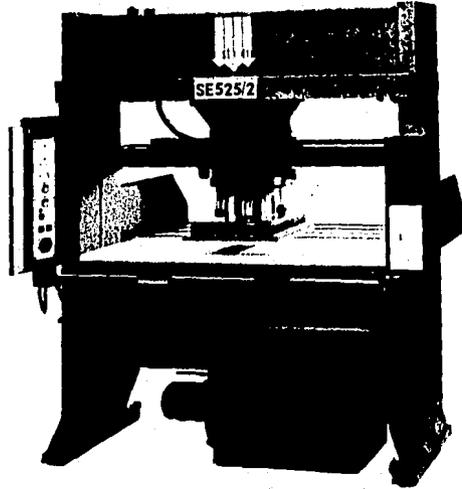
Suajadora Circular:



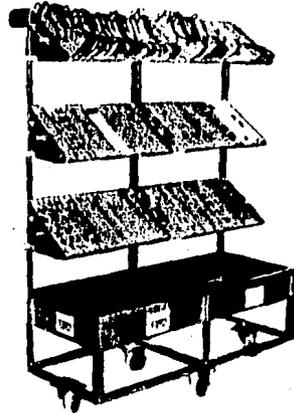
Troqueladora



Suajadora de Puente:



Suajes:



### 3.2 MATERIALES A TRATAR: \_\_\_\_\_

#### MATERIALES NATURALES:

Los insumos que requiere la Industria del Calzado son muchos y muy variados, destacando principalmente la piel.

La piel es utilizada para el corte, forro y suela del zapato; su importancia es suprema, pues de su calidad, variedad y costo, dependen a la vez las características del producto terminado.

A continuación se presenta una lista de los animales proveedores de pieles que son sometidos a la operación de corte:

#### ANIMALES PROVEEDORES DE PIELES PARA PRODUCIR CUERO

##### MAMIFEROS

Vacunos: becerro, ternera, novillo, vaca, toro, buey, etc.

Caprinos: cabrito, cabra

Ovinos: borrego

Equinos: caballo, burro, asno

Porcino: puerco

Otros: canguro, camello, elefante, ballena, hipopótamo, foca

##### REPTILES

Caguama, cocodrilo, lagarto, serpiente, rana

##### PECES

Tiburón (4 especies), bacalao, salmón de mar

##### AVES

Avestruz, flamingo, pingüino, garza

MATERIALES NATURALES(PIELES):

NOMBRE APLICACION

RELAX CORTE

GUANTI CORTE

PRINCESA CORTE

GUANTI CORTE

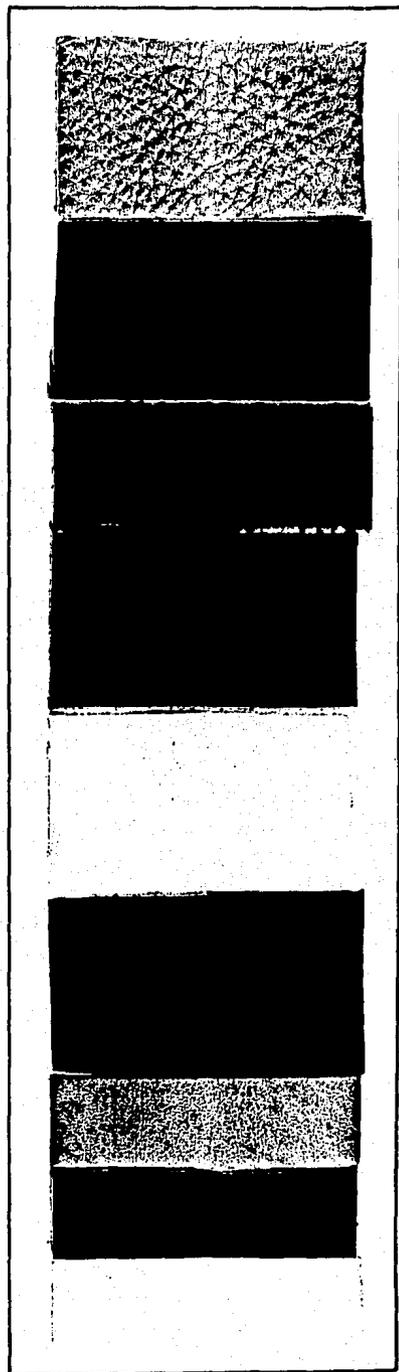
PRINCESA CORTE

CERDO CORTE

CORTE

CORTE

FORROS



## MATERIALES SINTÉTICOS:

Un gran número de materiales sintéticos están siendo usados en la actualidad en la Industria zapatera, algunos de los cuales han suplantado a los tradicionales materiales naturales.

Los materiales sintéticos se han venido introduciendo cada día más en la industria del calzado, sobre todo para suelas, tacones y ultimamente en forros y cortes; pues se han registrado nuevos y numerosos desarrollos, lo que ha propiciado el auge de los materiales sintéticos en la actualidad; Al mismo tiempo han venido a solucionar los problemas de la escasez de pieles.

La moda ha sido otro de los puntos que han realizado la importancia de los materiales sintéticos. La tendencia actual de la moda en zapatos lleva la utilización de materias sintéticas ya que la fijeza del color y la resistencia del tejido sobrepasa en eficacia a las pieles naturales. Lo mismo podría decirse acerca de su limpieza y resistencia de sus costuras.

Las ventajas que estos materiales han ofrecido a la Industria del Calzado, especialmente por sus características de durabilidad, adaptabilidad a la moda y su alta productividad, han hecho que su consumo sea cada día más extensivo y que la tendencia a usarlos sea cada día mayor.

La desventaja es la resistencia a las costuras.

La piel sintética es básicamente un recubrimiento textil. Este recubrimiento puede ser a base de resinas de PVC o de Poliuretano y puede constar de una o varias películas (formadas por el sistema de transferencia en México y el calandrado en otros países).

Otro tipo de piel sintética es elaborado con resinas de poliuretano que forman una película sobre el textil (la cual es sometida a un baño de coagulación para extraer el solvente, en

donde se establece una naturaleza celular del recubrimiento). Estas pieles sintéticas son utilizadas en varias partes del calzado.

Se han venido utilizando en gran número los polímeros sintéticos por la estructura que estos poseen, lo cual les confiere valiosas propiedades, tales como resistencia, fortaleza y moldeabilidad, entre los polímeros tenemos: Hule sintético, poliestireno, polietileno y polivinilcloruro.

La mayoría de los materiales sintéticos mencionados anteriormente se encuentran disponibles en el país, con la excepción de los fieltros o telas no tejidas (non woven) cuyo acceso en el país es difícil.

Se señala que los productos sintéticos de manufactura extranjera son superiores en calidad y resistencia a sus similares fabricados en el país.

A continuación se presentan una lista de materiales sintéticos utilizados en la Industria del Calzado y que son sometidos a la operación de corte.

-Lona	-Plástico	-Oscaria	-P.V.C.
-Hule	-Peluche	-Telas	-Crepe
-Cuscón	-Hule de llanta		-Poliuretano
-Glase			

#### Cloruro de Polivinilo

(PVC o vinilo): Suelas, plataforma, corte, chinelas, ribetes y arcos

Poliuretano Blando: Corte y suelas

Poliuretano en película con respaldo de tela: Corte

PVC Plastificado: Suelas, plataformas blandas

Poliuretano Rígido: Plataformas y Suelas

Hule Permo-plástico o Hule TR: Plataformas y suelas

Estel Vinil Acetato: Plataformas de color blanco

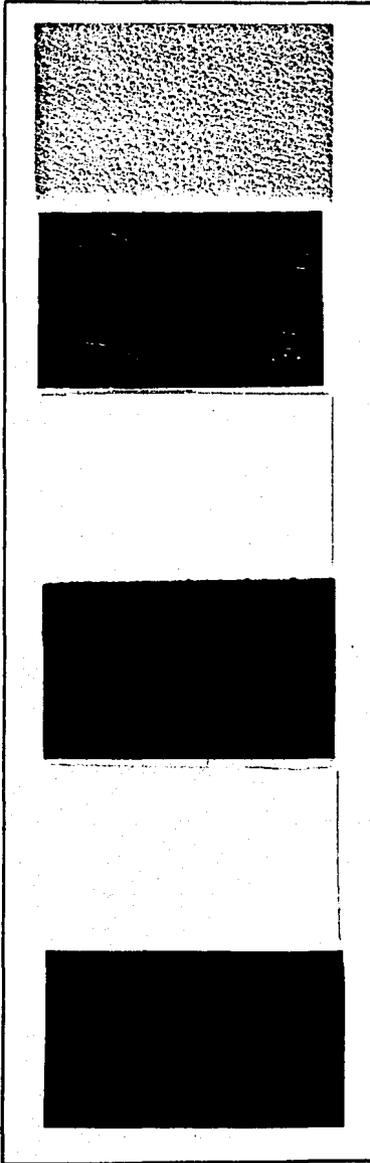
ABS Acryl Butil Estireno: Plataformas

Acrílico o Vidrio Acrílico: Suelas

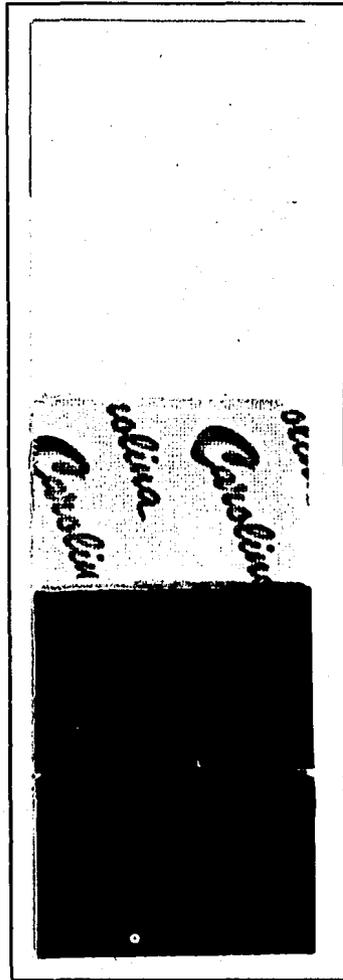
Poliamidas (Nylon): Suelas

Acetato: Plataformas

Materiales Sintéticos  
(plásticos)



Otros Materiales



## PRESENTACION DE LOS MATERIALES:

**Material Sintético:** Estandarizando datos tenemos que; se encuentran rollos de material desde 20 metros, hasta 60 metros de largo.

Se encuentran materiales desde 1.30 hasta 1.60 de ancho.

Los rollos de material pesan entre los 15 a 50 kilogramos.

Los rolos vienen ambobinados en tubos circulares de cartón de 15/16" a 3" de diámetro.

Los tubos de cartón varían entre 1.40 a 1.80 metros de largo.

Espesor: máximo de la lámina de material-sintético 1.5 mm

**Material Natural:** Las láminas de Becerro vienen alrededor de 1 m<sup>2</sup>.

Las láminas de corte vacuno se presentan entre los 200 y 300 cm<sup>3</sup>.

(De los materiales naturales, se presentan láminas enteras y centros de pieles).

Espesor : máximo 1 mm.

### 3.3 METODOS PARA EFECTUAR LA OPERACION DE CORTE

Se requiere que el método de corte a utilizar cuente con las siguientes características de operación:

- Que se obtenga una buena calidad de corte, es decir, cortes precisos, nivelados y bien definidos; en los materiales a trabajar tanto naturales como sintéticos y en sus diferentes espesores.
- Lograr una óptima nivelación entre la herramienta de corte, la base de trabajo y el material de trabajo, para lograr obtener mejores resultados de la operación en cuanto a calidad de acabado se refiere:
- Que al efectuarse la operación no se desgaste la base de trabajo, pues trae consigo su desnivelación, y por lo tanto se obtienen resultados pésimos en el corte efectuado.
- Contar con un método de corte efectuado y se presenta la necesidad de un frecuente mantenimiento.
- Que permite combinaciones de cortes para un mismo modelo de calzado, es decir, que un mismo modelo se puede fabricar con diferentes diseños decorativos.
- Lograr contar con una buena sujeción del sistema, al efectuarse la operación para que no exista movimiento al momento de efectuarse la operación, y por lo tanto minimizar la vibración y ruido que podrían presentarse a causa de esto.
- Que tenga capacidad de trabajar más de una lámina de material en una sola operación.
- Que no almacene recortes, pues estos podrían ser retirados al terminarse la operación.
- Que no desgaste parte alguna del equipo, para evitar las desnivelaciones que podrían presentarse posteriormente a causa de esto.
- En su mayoría, los componentes que constituirían al equipo que sean de fabricación nacional.
- Que se pueda obtener hasta donde sea posible el más bajo costo de operación, mano de obra, costo del equipo y costo por pieza.
- Que el método de corte tenga la posibilidad de moverse (cuando así se requiera) para su alineamiento, y al mismo tiempo poder tener un amplio control general sobre ella.
- Que ayude a efectuar la operación general más rápidamente, -- por la que tendrá que contar con la capacidad de operar rápidamente.
- Capacidad para trabajar los diferentes materiales tanto naturales como sintéticos y en sus diferentes espesores que son empleados para la confección y que constituyen al calzado.

-Que no requiera procesos posteriores como el de rectificación por deficiencia de la operación efectuada.

Dentro de los métodos de corte más factibles a utilizar tenemos:

Cuchillas

Cortadores de disco o circulares

Tijeras

Suajadoras

Abrasivo a chorro

Electroquímico

Descarga eléctrica

Haz de electrones

Plasma

Ultrasonido

Chorro de agua

Haz Laser

#### CORTE CON CUCHILLA O NAVAJA

---

La utilización de esta herramienta es muy amplia, y al mismo tiempo eficiente para el corte de diversos materiales.

Al utilizar ésta herramienta en cuero, ésta se desvía fácilmente, por lo que se requiere de la utilización de una plantilla para guiarla.

Para poder obtener una calidad media de corte se tiene que estar afilando continuamente.

Algunas de las VENTAJAS que este método de corte presentan son: SENCILLES DE LA HERRAMIENTA; USO MANUAL; PERMITE VER EL AREA DEL CORTE CONFORME SE EFECTUA LA OPERACION; BAJO COSTO; DIVERSIDAD DE FORMAS Y ESTILOS PARA DIVERSAS APLICACIONES; FACIL ADQUISICION; RAPIDEZ DE LA OPERACION; PERMITE HACER COMBINACIONES DE CORTES; PERMITE LA FACIL ALINEACION DE LA PIEZA DE TRABAJO; TIENE LA CAPACIDAD OPERAR EN ANGULOS CERRADOS.

Algunas de las DESVENTAJAS que este método de corte presenta son las siguientes: MALA CALIDAD DE CORTE; AL EFECTUARSE LA OPERACION SE DESVIA LA HERRAMIENTA; AFILADO CONSTANTE; OPERACION SOLO PARA MATERIALES DELGADOS; DESGASTA LA BASE DE CORTE; CORTES NO BIEN DELINEADOS Y DE NO MUY BUENA CALIDAD; FACIL DE DESGASTARSE; MOLESTO DE OPERAR POR LA FUERZA QUE SE TIENE QUE

APLICAR; CANSANCIO POR LA FUERZA A EMPLEAR PARA SU OPERACION.

### CORTE CON TIJERAS

Al utilizar este sistema, en algunas ocasiones, se tienen que efectuar dos movimientos de corte para poder efectuar el corte.

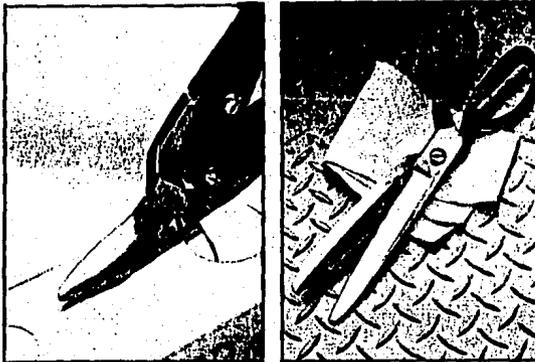
La utilización de éste sistema, a veces, es muy molesto, puesto que la posición y la fuerza que se tiene que aplicar para realizar la operación marcan la parte superior del dedo índice.

Existe una gran diversidad de estilos y formas, cada una para una aplicación específica. Para la aplicación en el corte de cueros, se utilizan tijeras dentadas para sujetar el cuero y evitar que ésta se mueva.

Son ideales para cortar líneas o curvas irregulares. Por lo general las tijeras son más recomendables para el corte de piel delgadas.

**VENTAJAS:** DIVERSIDAD DE ESTILOS Y FORMAS; FACIL OPERACION; PERMITE VER EL AREA DE CORTE; PERMITE CORTE EN ANGULOS SEMI-CERRADOS.

**DESVENTAJAS:** MALA CALIDAD DEL CORTE; SOLO PARA UNA LAMINA DE MATERIAL DELGADO; FUERZA A APLICAR PARA REALIZAR LA OPERACION; MARCADO Y CANSANCIO DE LA MANO; SE DESAFILA MUY FRECUENTEMENTE OPERACION TARDADA.



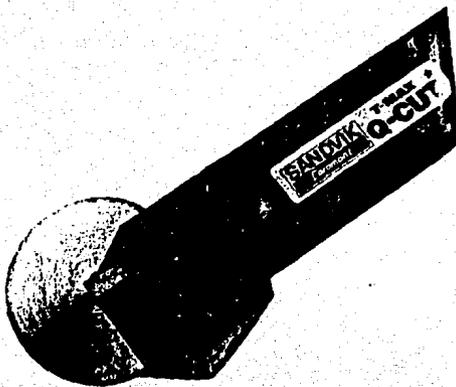
## CORTE CON CUCHILLA CIRCULAR

La aplicación principal que se le da a esta herramienta es para el corte de textiles, pues se utilizan ángulos abiertos, líneas y semicírculos amplios.

Esta herramienta se utiliza manualmente o por medios mecánicos. Al utilizarla manualmente se presenta el esfuerzo para efectuar la operación, por lo tanto, el cansancio.

**VENTAJAS:** HERRAMIENTA SENCILLA; FÁCIL DE OPERAR; BAJO COSTO; DIVERSOS ESTILOS PARA VARIAS APLICACIONES.

**DESVENTAJAS:** NO REALIZA CORTES EN ANGULOS CERRADOS O SEMICÍRCULOS ESTRECHOS; SE DESAFILA FRECUENTEMENTE; SE TRABAJA POR LA FUERZA QUE SE TIENE DE APLICAR; CORTES DESHIGIENOS Y DE PÉOR CALIDAD; DESHASTA O LARCA LA CLASE DE TRABAJO.



## T R O Q U E L A D O R A (SUAJADORAS)

Este método de corte es el más utilizado actualmente dentro de las fábricas de calzado: son utilizadas suajadoras circulares, de puente, mecánicas y manuales.

Ya hemos visto anteriormente (planteamiento) las desventajas que en estas se presentan, y hemos llegado a la conclusión que no es el mejor método para efectuar la operación de corte, por los resultados que con estas se obtienen.

Cabe recalcar, que con este equipo se logran obtener un bajo costo de operación, lo que nos da como resultado un bajo costo por pieza trabajada; contamos con la capacidad del movimiento de la pieza de trabajo y de la herramienta de corte; alimentación y alineación de material en un tiempo medio; ocupa poca área de trabajo; fácil de operar

### TIEMPOS DE EJECUCION DEL TRABAJO:

OPERACION	T.E.	P.E.	T.T.	T.D.	N.O.
Corte de piel	7.20	450	3240	540	6.0
Corte de forro	2.40	450	1080	540	2.0
Perforado	3.55	150	532.5	540	1.0
Recortar entreforro	2.39	225	537.3	540	1.0
Cortar plantilla	0.22	450	99.0	540	0.2

En donde:

T.E. Tiempo estimado (minutos)

P.E. Producción estimada (en pares)

T.T. Tiempo total utilizado T.E.XP.E.(en minutos)

T.D. Tiempo de trabajo por día(en minutos)

N.D. Número de obreros T.T./T.D.

## CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS MAQUINAS SUAJADORAS: \_\_\_\_\_

### SUAJADORA PARA CORTE:

Máquina suajadora para cortes generales, forros, entreforros (cortes y perforaciones decorativas)

### SUAJADORA PARA AVIOS:

Máquina suajadora para corte de plantillas, suelas, plataformas, adornos, acojinamientos, tacones.

Utilización de suajadoras Circulares para materiales delgados, en proceso de corte y avios.

Utilización de suajadora de puente para materiales gruesos, o trabajar varias láminas de material delgado al mismo tiempo (máximo 3).

Utilización de suajadoras mecánicas y manuales de menor escala (100% obsoletas)

Accionamiento: mecánico manual o hidráulico.

Partes principales: Plato de empuje o brazo móvil, mesa de corte, placa, pasta, volante, pedal (en mecánicas), disparador electromagnético (en hidráulicas), interruptor, bandas, bielas depósito de aceite (no en todas) bomba (no en todas), suajes.

Mantenimiento Preventivo: Aceitar pistón, limpieza exterior rectificar pasta, rectificar placa, checar banda, checar nivel de aceite, cambio de aceite, inspección del estado general. - Disparador: Comprobar accionamiento, revisar contactos, limpieza de contactos, comprobar maniobra correcta, apretar conexiones y tornillos de sujeción, revisar el estado general de bobinas, limpieza de caja y superficies aislantes.

Características Técnicas: (normalmente la mayoría)

- Presión de 20 toneladas
- Carrera del corte 10-50 mm
- Potencia del motor 2-3 h.p.
- Peso neto 1200 kg.

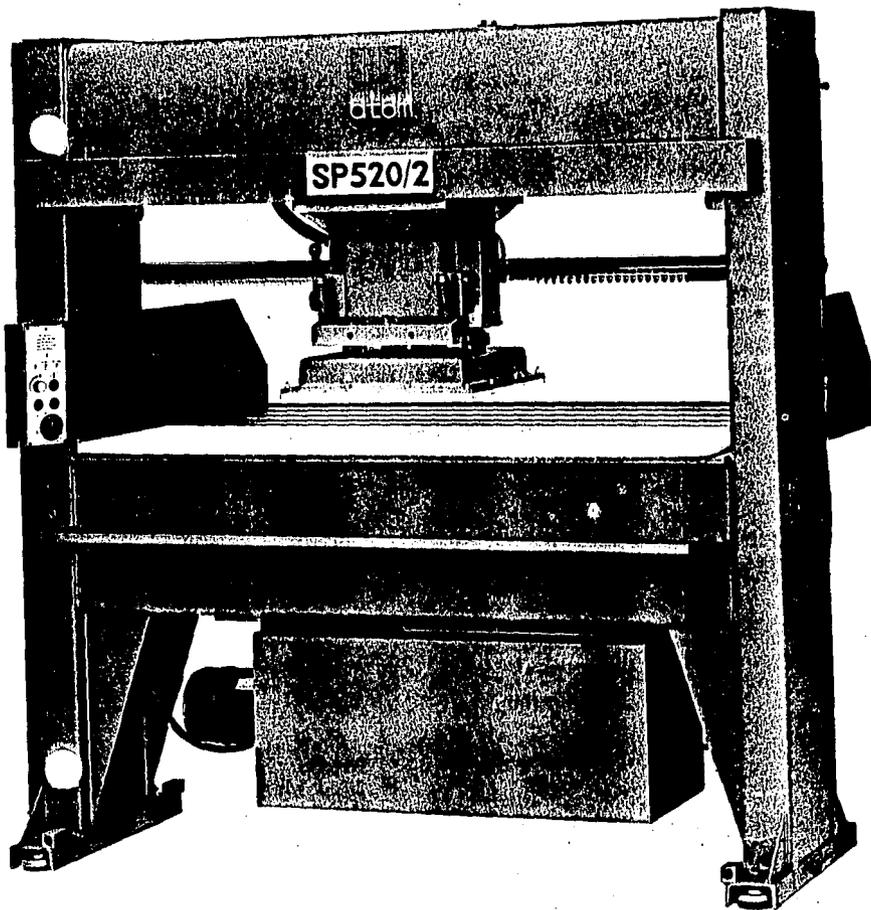
Dimensiones Externas: (la mayoría)

- Ancho de brazo móvil 370-500-60 mm
- Superficie de trabajo 900x430 mm, 900x500, 1000x500 mm

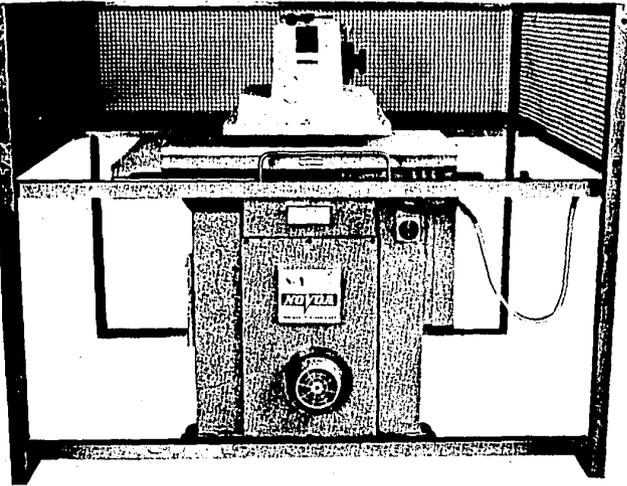
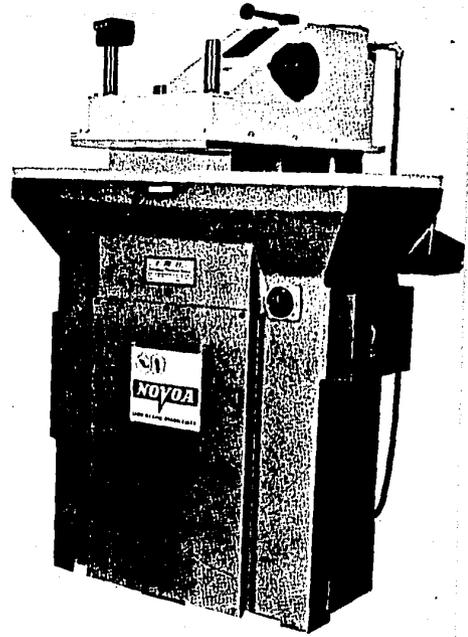
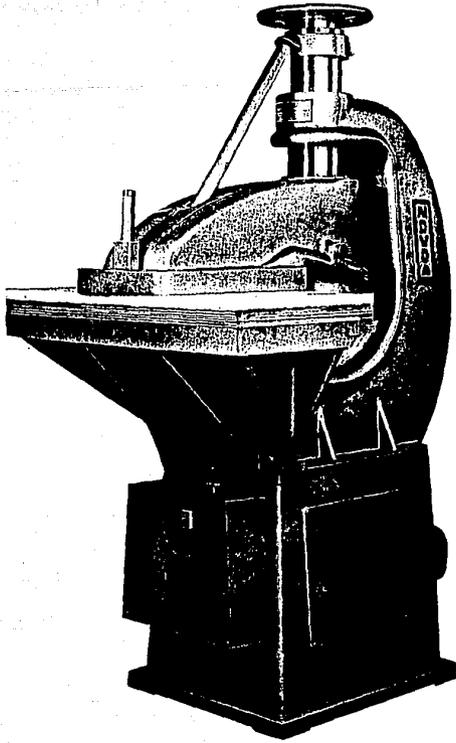
- Altura del corte 10-50 mm
- Dimensiones aproximadas 1000x930x1400 mm

Proveedores Nacionales:

PPAP, VUIT, IMV, AGUILAR, UNIVERSAL, LINDE, OLYMPIA, TORIELLI



Suajadora de Fuente



Suajadoras  
(clicking)

## CORTE CON ABRASIVO A CHORRO:

Es un proceso para el corte de materiales duros y quebradizos. Este es similar a una ráfaga de arena, utilizando pequeñas partículas de abrasivo muy finas y control de cierre a baja velocidad.

Por medio de aire CO<sub>2</sub> se llevan las partículas abrasivas que chocan en la pieza a velocidades alrededor de 900 a 18,000 m/min.

Se utilizan para el corte, polvos de óxido de aluminio o carburo de silicio, mientras que los polvos ligeros como la dolomita y bicarbonato de sodio, se usan para limpieza, grabado y pulido.

Los polvos no son recirculados a causa de posible contaminación lo cual es apto a la obstrucción del sistema.

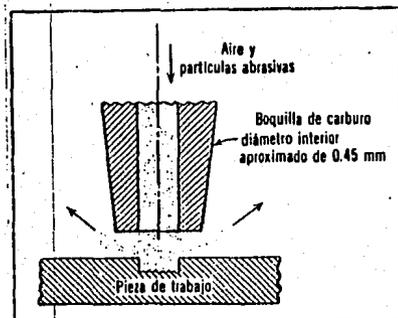
Este sistema corta materiales frágiles sin dañarlos; con este se realizan taladrado, grabado y corte de secciones finas.

Este, no es el caso para el corte de materiales blandos, porque las partículas abrasivas tienden a embutirse.

Comparado con otros procesos de corte, la relación de remoción de material es lenta. Para vidrio es alrededor de 0.02 cm<sup>3</sup>/m.

**VENTAJAS:** CORTA MATERIALES FRÁGILES SIN DAÑARLOS; CALIDAD MEDIA DE CORTE; REMOCION DE PARTICULAS SOBREVIVIENTES DURANTE EL PROCESO.

**DESVENTAJAS** que se presentan: LOS POLVOS ABRASIVOS NO PUEDEN SER RECICLADOS; NO ADECUADO PARA EL CORTE DE MATERIALES BLANDOS porque las partículas tienden a embutirse en el material de trabajo; OPERACION LENTA comparada con otros procesos convencionales; CALIDAD DE CORTE REGULAR.



## CORTE ELECTROQUIMICO:

En este sistema, la pieza a trabajar viene siendo el ánodo y la herramienta el cátodo.

El desarrollo de este proceso es debido al buen éxito de maquinado en materiales duros y suaves, así como en configuraciones complicadas. Los acabados superficiales finos son normales; el desgaste de la herramienta es insignificante; la cantidad de material removido es mayor que por otros procesos de maquinado no tradicionales. Un valor promedio de remoción es de 15 cm<sup>3</sup>/min. de material por cada 10 000 A de corriente.

Dependiendo de la exactitud del electrodo, será el acabado superficial, pues será reproducido en la superficie de la pieza de trabajo.

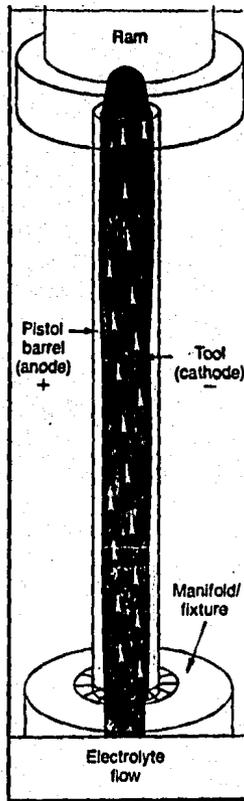
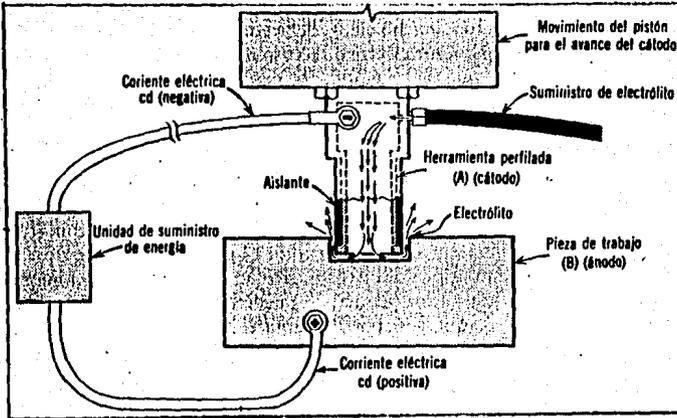
La herramienta debe ser un conductor eléctrico; aunque no hay un electrólito de uso general, probablemente es más usado que otros el cloruro de sodio.

La precisión del producto es grandemente influido por la exactitud de la forma del electrodo y del acabado superficial.

El proceso electroquímico realiza cortes libres de esfuerzos en todos los metales, con alta eficiencia de corriente y puede producir configuraciones complejas difíciles de obtener en procesos convencionales.

Se presentan algunas ventajas en el sistema, como lo son: PUEDE REALIZAR CONFIGURACIONES COMPLICADAS; ACABADOS FINOS SUPERFICIALES; DESGASTE DE LA HERRAMIENTA INSIGNIFICANTE; CANTIDAD DE MATERIAL REMOVIDO ES MAYOR QUE POR OTROS PROCESOS; REALIZA CORTE LIBRE DE ESFUERZOS; NO SE PRESENTA UN CALENTAMIENTO APRECIABLE; NO HAY FUERZAS DE CORTE IMPLICADAS; SE PUEDEN EFECTUAR OPERACIONES MULTIPLES SIMULTANEAMENTE; LOS ACABADOS SUPERFICIALES SE PUEDEN MANTENER ENTRE 1 a 2.5  $\mu$ m; NO ES NECESARIO EL DESBARBADO MANUAL.

Las DESVENTAJAS que se presentan son las siguientes: LA PIEZA A TRABAJAR TIENE QUE SER CONDUCTORA ELECTRICA; IRREGULARIDADES DE EL CORTE POR EL FLUJO DEL ELECTROLITO



Electrolytic rifling system

## CORTES POR DESCARGA ELÉCTRICA:

Es un proceso que quita el metal, con buen control dimensional de cualquier material blando o duro. Este no puede usarse para maquinado en vidrio, cerámicas u otros materiales no conductores.

La acción del maquinado es originada por la formación de -- una chispa eléctrica entre un electrodo que tiene el contorno requerido y la pieza de trabajo.

Puesto que la herramienta de corte no tiene contacto con la pieza de trabajo, pueda hacerse de un material suave, fácil de trabajar como el latón.

La herramienta trabaja junto con un fluido tal como de aceite mineral o petróleo, que llega a la pieza bajo presión. La función de este refrigerante es servir como dieléctrico, para llevarse las partículas del material suelto por la erosión, de la pieza de trabajo o de la herramienta y mantener una resistencia uniforme de la corriente.

Pueden realizarse operaciones de taladro, machuelado, afilado de herramientas; pero el tiempo de maquinado de los materiales suaves es mayor que por los métodos convencionales.

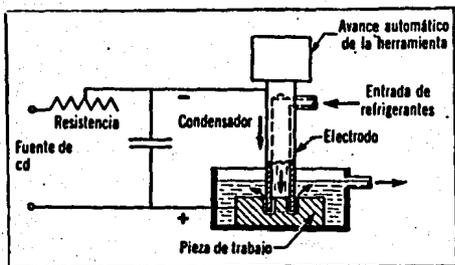
El principio de funcionamiento es el siguiente: Un condensador, es paralelo con el electrodo y la pieza de trabajo, recibe una carga de corriente a través de una resistencia. Al cargarse el condensador, su potencial se eleva rápidamente a un valor suficiente para vencer el fluido dieléctrico entre el electrodo y la pieza, la densidad de corriente en el punto de concentración es muy alta, y de fuerza suficiente, para causar la erosión de pequeñas partículas de metal son fundidas o vaporizadas por el chispazo, enfriadas y desalojadas de la distancia de abertura y la pieza de trabajo por el chorro del electrolito.

La herramienta de corte en este proceso es el electrodo.

El único requisito para el material de la pieza de trabajo, es que éste sea un buen conductor eléctrico.

Generalmente, algunas de las VENTAJAS que se encuentran en este sistema son: QUITA EL MATERIAL CON UN BUEN CONTROL DIMENSIONAL; LA PIEZA DE TRABAJO NO TIENE CONTACTO CON LA HERRAMIENTA DE CORTE; SISTEMA PARA DESALOJAR LAS PARTICULAS SOBRANTES; CALIDAD DEL CORTE MEDIA

Unas de las DESVENTAJAS que este sistema presenta son las siguientes:CORTE DE MATERIALES CONDUCTORES ÚNICAMENTE; UTILIZACIÓN DE UN REFRIGERANTE LÍQUIDO;ROJADO DE LA PIEZA DE TRABAJO CON ACEITE O PETRÓLEO.;ALTO COSTO DEL EQUIPO.



## CORTE POR HAZ DE ELECTRONES

Igual que en maquinado por rayos Laser, el proceso por haz de electrones es termoeléctrico. Es similar porque las altas temperaturas y la alta densidad de energía térmica es almacenada.

En maquinado por haz de electrones, el calor es generado por la alta velocidad de electrones que chocan en la pieza de trabajo, el rayo es convertido en energía térmica.

El punto donde la energía de los electrones es enfocada, se transforma en suficiente energía térmica para vaporizar el material localmente. El proceso se realiza generalmente al vacío.

Sin embargo, la remoción de material tiene una relación que es aproximadamente de 0.01 mg/s, la precisión de la herramienta está especialmente adaptada para micromaquinados. No hay zona de calor que afecte o presión en la pieza a trabajar y no pueden obtener tolerancias extremadamente precisas.

Las DESVENTAJAS de este proceso, incluyen el alto costo del equipo, la necesidad de operadores calificados a nivel profesional y una cámara de vacío que restringe el tamaño de la pieza.

El proceso resultante es una emisión de rayos X el cual requiere que el área de trabajo esté protegida para absorber la radiación.

Este proceso se usa para perforar agujeros tan pequeños como de 0.05 mm de cualquier material conocido, cortado ranuras y modelando piezas pequeñas para semiconductores eléctricos, maquinado de cojinetes de joyas, etc.

La salida del haz, está colocada dentro de una cámara al vacío, y dispuesta de tal manera que se puede elevar, bajar o mover en un plano horizontal. Se puede posicionar el haz mientras se vacía la cámara antes de la operación de corte. Después que la cámara se ha vaciado a una presión de cerca de  $10^{-4}$  mm de mercurio, se energiza el circuito del haz y se dirige al punto deseado del corte. El haz permanece generalmente estacionario y la pieza se mueve a una velocidad deseada a través del haz de electrones. El rango de temperatura de este haz de electrones es suficiente para vaporizar tungsteno o cualquier otro material conocido.

La efectividad máxima del haz es de 25 mm con una limitación en la pieza de trabajo de 13 mm

Generalmente con este sistema se obtienen las VENTAJAS DE:  
NO HAY GASTO DE VALOR QUE APORTA LA OPERACION EN LA PIEZA A  
TRABAJAR Y SE PUEDEN OBTENER TOLERANCIAS MUY PRECISAS;  
TRABAJA CUALQUIER MATERIAL; SE OBTIENE UNA BUENA CALIDAD DE  
CORTE GENERAL.

Existen algunas DESVENTAJAS que este sistema presenta:  
EL PROCESO SE TIENE QUE REALIZAR AL VACIO; ALTO COSTO DEL  
EQUIPO; NECESIDAD DE OPERADORES CALIFICADOS; LA CAMARA DE  
VACIO RESTRINDE EL TAMANO DE LA PIEZA A TRABAJAR; GENERACION  
DE RAYOS X; LA PIEZA A TRABAJAR SE TIENE QUE PONER EN LA  
MAYORIA DE LAS OCASIONES; NO EXISTEN COMPONENTES NACIONALES,  
por lo que tendria que importar la mayoris o la totalidad  
de los componentes.

## CORTE CON PLASMA

En el sistema de Arco Plasma, se calienta un gas por medio de un arco de Tungsteno, a tal temperatura que se ioniza y actúa como conductor de electricidad. El arco-gas en éste estado se conoce como el nombre de plasma.

En cuanto el chorro de gas sale de la tobera, se expande rápidamente removiendo el metal fundido continuamente conforme el corte avanza.

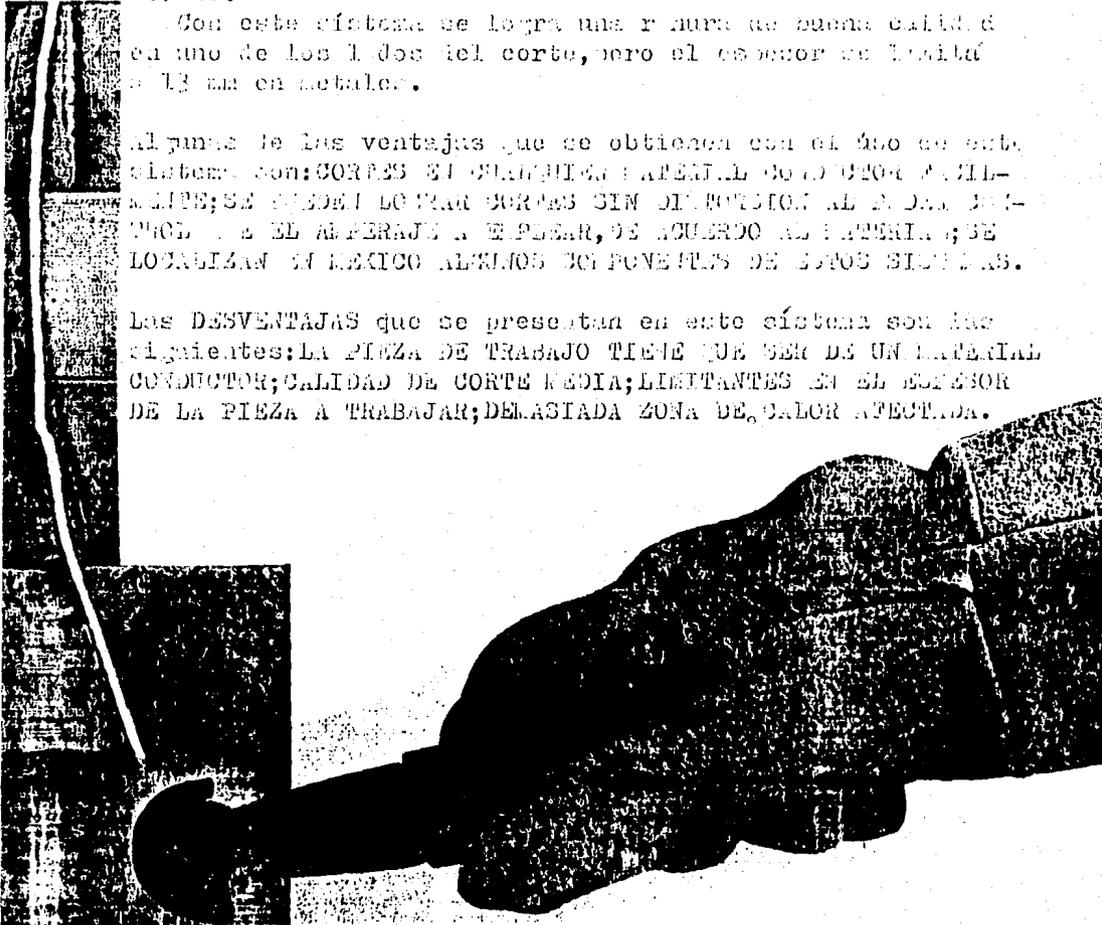
El soplete está diseñado de tal manera que el gas se confina estrechamente a la columna del arco a través de un pequeño orificio.

La pieza se convierte en el ánodo y el arco se prolonga hacia ella en el chorro de gas; con la pieza de trabajo como uno de los electrodos, la intensidad de calor transferido y la eficiencia aumentan haciéndolo más recomendable para cortar.

Con este sistema se logra una rama de buena calidad en uno de los lados del corte, pero el espesor se limita a 13 mm en metales.

Algunas de las ventajas que se obtienen con el uso de este sistema son: CORRES EL MATERIAL COMO UNO SÓLO; SE PUEDE LOGRAR CORRES SIN DIRECCION AL A DEL MATERIAL; SE LOCALIZAN EN MEXICO ALGUNOS COMPONENTES DE ESTOS SISTEMAS.

Las DESVENTAJAS que se presentan en este sistema son las siguientes: LA PIEZA DE TRABAJO TIENE QUE SER DE UN MATERIAL CONDUCTOR; CALIDAD DE CORTE MEDIA; LIMITANTES EN EL ESPESOR DE LA PIEZA A TRABAJAR; DEMASIADA ZONA DE CALOR AFECTADA.



## CORTES POR ULTRASONIDO: \_\_\_\_\_

El corte por ultrasonido es un proceso que fue diseñado para la efectividad de máquina en materiales frágiles y duros.

Mediante este sistema, se remueve el material mediante el uso de granos abrasivos, suspendidos en un líquido entre la herramienta y la pieza a trabajar, los cuales bombardean la superficie de trabajo a alta velocidad. Esta acción desgasta gradualmente diminutas partículas del material, en un perfil controlado por la forma y contorno de la herramienta.

Un transductor hace que una herramienta acoplada a él oscile en forma lineal a una frecuencia de 20 000 a 30 000 Hz con una amplitud de 0.03 a 0.013 mm.

El movimiento de la herramienta, se produce haciéndola formar parte de una línea de transmisión de energía de ondas sonoras, que hace cambiar la longitud normal del material de la herramienta, por contracción y expansión.

El portaherramienta se encuentra atornillado al transductor y oscila linealmente a frecuencias ultrasónicas, lanzando así a las partículas abrasivas a la pieza de trabajo.

Las partículas cortantes, carburo de boro y materiales similares, son de malla 270 (0.025 mm de abertura) o más finas, dependiendo de la precisión y acabado deseado.

Las herramientas están hechas de latón o acero suave y deben coincidir con la superficie que se desea maquinarse. Pueden mantenerse tolerancias de 0.05 mm con partículas de malla 270, usando malla más delgada o fina con una tolerancia de 0.015 mm.

Las operaciones que pueden efectuarse, incluyen taladro, maculado, acuchado y la ejecución de aberturas en todos los tipos de matrices, incluyendo cortes especiales.

El corte por ultrasonido se usa principalmente, para trabajar materiales tales como carburos, aceros, cerámica y plásticos, vidrio.

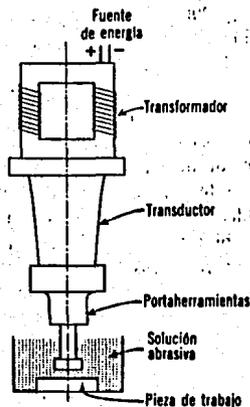
Las VENTAJAS de este proceso incluyen la ausencia de esfuerzos térmicos, bajos costos de herramientas y el empleo de operarios semicalificados para trabajos de precisión.

## ULTRASONIDO : \_\_\_\_\_

Este sistema cuenta también, con un método que utiliza la implantación de una boquilla especial, la cual cuenta con una herramienta de corte que es accionada por Ultrasonido; este sistema es utilizado, cuando no se quiere limitar el tamaño de la pieza a trabajar, al tener que sumergirla en agua con abrasivos.

En general este sistema tiene las VENTAJAS de que NO SE REQUIERE DE ESFUERZOS TERMICOS; BAJOS COSTOS DE HERRAMIENTAS; - EMPLEO DE OPERARIOS SEMICALIFICADOS; BUENA CALIDAD DE CORTE EN MATERIALES NO METALICOS Y METALICOS.

Las DESVENTAJAS, que se encuentran en este sistema para la aplicación que pretendemos darle, es que se presenta la NECESIDAD DE MOJAR LA PIEZA DE TRABAJO, lo cual afecta al material a trabajar y crea un nuevo proceso que sería el secado posterior de la pieza trabajada; este tipo de tecnología NO SE CONOCE MUCHO en nuestro país, por lo que NO EXISTEN COMPONENTES E INFORMACION DEL SISTEMA, con lo que nos veríamos en la necesidad de importación y elevaríamos demasiado el costo del sistema: Se mencionó de la preferencia de componentes nacionales. Al mismo tiempo es un sistema RELATIVAMENTE NUEVO por lo que se NECESITAN INVESTIGACIONES ACTUALMENTE PARA SU MAYOR EFECTIVIDAD Y NUEVOS COMPONENTES.



## CORTE CON CHORRO DE AGUA: \_\_\_\_\_

El Corte con CHORRO DE AGUA o fluido es un proceso que utiliza una corriente de agua de alta velocidad como agente de corte.

Estos chorros, tienen aproximadamente un diámetro de 0.25mm y operan a velocidades de 36 000 a 54 000 m/min. A tales velocidades los chorros pueden cortar diversos materiales como lo son maderas, plásticos, telas, cerámica y hasta concreto y metales.

Una DESVENTAJA de este proceso es la falta de un equipo de bombeo adecuado.

El sistema puede ser controlado por robótica, con lo cual se obtiene cortes omnidimensionalmente 3D, cortando en tres medidas, desde 35x60x12 pulgadas, hasta 85x96x24 pulgadas, a velocidades de 2400 pulg/min con una precisión de  $\pm 0.005$  pulg.

Actualmente este sistema es utilizado para el corte de compuestos y plásticos para la industria automotriz, aeroespacial, y otras industrias.

En la mayoría de los sistemas, la pieza de trabajo es fija y la boquilla de corte es móvil: aunque, existen sistemas que mueven la pieza de trabajo, en una dirección mientras la cabeza de corte se mueve hacia otro lado. Este diseño, se dice, es el más eficaz para eliminar la necesidad de largos tanques recolectores del agua gastada en la operación, así como de los abrasivos y materiales del corte.

Otro medio para controlar la boquilla de corte es con la utilización del software de CAD.

Con este sistema, los materiales son cortados limpiamente - sin bordes desiguales o mellados, tratamientos térmicos, no laminados o problemas de deformación; corta con mejores y más rápidas velocidades y elimina muchos de los problemas del manejo de los materiales.

Se pueden obtener cortes con abrasivo de 0.030-0.040 pulg.- de diámetro y bajo aproximadamente 45000psi de presión.

El sistema del chorro de agua, puede ser utilizado para cortes y marcado de materiales; con el cual se puede reducir el tiempo de producción tanto como el 90%.

La utilización del sistema de abrasivo con chorro de agua, se ha convertido en la herramienta preferida para los trabajos que demandan precisión, formas inusuales o cortes delgados.

El tiempo que se requiere para maquinarse, cortar y terminar una pieza de trabajo, es el más caro aspecto que le da a los precios; con la utilización de un Water-Jet se puede maximizar la productividad.

Con este sistema se evitan las zonas afectadas por el calor, distorsión del material, contaminación de la pieza de trabajo con partículas; además se pueden lograr tolerancias aceptables o acabados excelentes.

El corte-abrasivo-jet se utiliza para materiales duros como el acero y el sistema de corte por chorro de agua (water-jet) se utiliza para el tratamiento de materiales no metálicos; solo consiste en cambiar la boquilla de salida del chorro de agua. El water-jet corta materiales a altas velocidades, sin exceso de rebabas o perfiles distorsionados; porque el sistema corta con limpieza y todo el material desgastado es tomado por el chorro de agua, las horas de limpieza asociadas con otros métodos son eliminadas.

Se utiliza para el accionamiento del sistema, un sistema de bombeo con un solo intensificador operado a 30000 psi y a 10 lb la cabeza de corte. Un sistema de control numérico que opera a una mesa con movimientos X-Y. Los trabajos normalmente laboriosos son ejecutados con precisión por medio de la programación de la operación en un tiempo mínimo.

Métodos de programación: Cintas lectoras-Estas transfieren las instrucciones a la computadora, también pueden ser enviadas por videocintas.

Comandos Manuales-El operador manualmente opera la cabeza de corte y la computadora graba el movimiento o comando para repetirlo cuantas veces sea necesario.

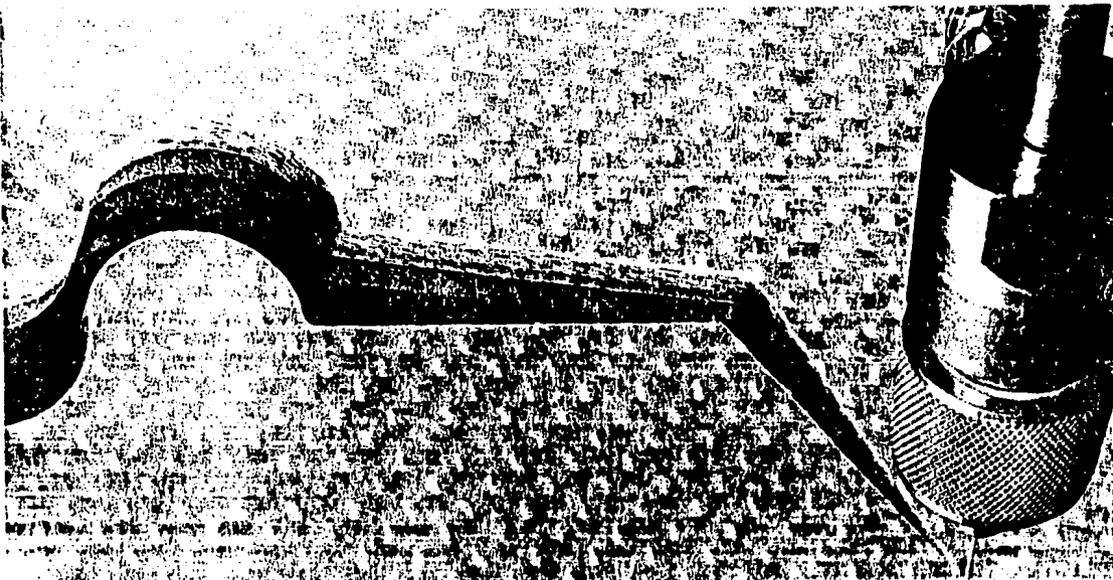
Rutinas Automáticas-Grabar operaciones rutinarias, tal como el corte de círculos, cuadrados, etc. para que el operador solamente especifique la dimensión de la forma y la velocidad del corte

Generalmente se encontraron las VENTAJAS del sistema de alta DIVERSIDAD DE MATERIALES; CONTROL POR CNC; PIEZA DE TRABAJO FIJA Y BOQUILLA DE CORTE MOVIL, CON LAS BOQUILLAS HASTA 1000 CONTRARIOS; BUENA CALIDAD DE CORTE Y ALTAS RAPIDEZ Y VELOCIDADES; SE PUEDE REDUCIR EL COSTO DE OPERACION; SE EVITA LAS ZONAS AQUECIDAS POR EL CALOR; NO CONFINACION DE LA PIEZA DE TRABAJO CON PARTICULAS; UTILIZACION DE MATERIAL DE TRABAJO PRACICO; EL MATERIAL DESCHASADO ES RECICLADO POR EL MOTOR DE ARIA.

Se localizaron algunas DESVENTAJAS que este sistema presenta LA PIEZA DE TRABAJO TIENE QUE ESTAR EN CONTACTO CON ARIA; FALTA DE UN EQUIPO DE PODEROS ADECUADO; UTILIZACION DE MOTORES Y UNOS REGULADORES DE ARIA Y SUB INSTRUMENTOS; NO EXISTEN COMPONENTES NI INFORMACION EN EL PAIS por lo que se requeriria de su importación.

**Trazado Optico**-Un sistema guía óptico sigue los dibujos plantillas o los diseños elaborados con CAD. La computadora lee la secuencia o datos del lector óptico y los envia a las instrucciones de corte para la herramienta.

En adición a las ventajas de precisión, calidad del borde y flexibilidad del corte, el sistema de chorro de agua ha logrado la maximización dramática de la productividad.



## CORTE CON HAZ LASER

El término Laser, es una abreviación de "Amplificación de la Luz por la Emisión Estimulada de la Radiación". Este es un proceso termoeléctrico, ampliamente aplicado para la evaporación de materiales.

La casi totalidad de los láseres que existen están compuestos de tres elementos fundamentales llamados: MEDIO ACTIVO, SISTEMA DE BOMBEO y CAVIDAD RESONANTE.

El objeto del MEDIO ACTIVO, es proporcionar los átomos en los cuales pueden ocurrir los procesos de emisión de fotones, espontánea y estimulada y absorción. Los átomos del medio activo pueden presentarse en cualquier estado físico: gaseoso, sólido o líquido.

El SISTEMA DE BOMBEO tiene la función de proporcionar un elevado flujo de energía al medio activo. Debido a este elevado flujo de fotones, la gran mayoría de los átomos del medio activo sufrirán el proceso de absorción y pasarán a un estado excitado.

Si en esta situación se emite un fotón (que pudo originarse por emisión espontánea) en la dirección longitudinal del láser, el proceso de emisión estimulada ocurrirá a todo lo largo de la cavidad laser. Es decir, que si inicialmente en un extremo de la cavidad había un solo fotón, al incidir éste en un átomo excitado causará, debido al proceso de emisión estimulada, la emisión de dos fotones que, a su vez, podrán incidir cada uno en otros dos átomos excitados y, de este modo, obtener cuatro fotones que, a su vez, podrán repetir el proceso anterior y producir 8, 16, 32, 64, etc. La solución a este problema está, en colocar un par de espejos paralelos en los extremos longitudinales del medio activo. El nombre técnico de este par de espejos paralelos es CAVIDAD RESONANTE.

Debido a la presencia de la cavidad resonante, cada fotón que incide en un espejo de ésta, será reflejado y dirigido nuevamente hacia el medio activo para que, como antes por medio del proceso de emisión estimulada, extraiga en forma de fotones más de la energía transferida por el sistema de bombeo al medio activo. De hecho en una cavidad resonante láser uno de los espejos refleja hacia el medio activo el 100 % de los fotones incidentes en él, mientras que el segundo espejo refleja al medio sólo el 90 % de los fotones incidentes.

Los equipos Laser, para aplicaciones industriales que usen gas como medio activo, son más comunes que los que usan otras sustancias. Algunos de los más importantes aparecen en la siguiente lista:

**GAS**

Argón  
Dióxido de Carbono  
Helio-Cadmio  
Helio-Neón  
Criptón

**ESTADO SOLIDO**

Rubi Sintético  
Arseniuro de Galio-Aluminio  
Arseniuro de Galio  
Nd: Vidrio (Neodimio: vidrio)  
Nd: YAG (Neodimio: itrio-aluminio-  
granate)

**CARACTERISTICAS TÍPICAS DE LOS DIFERENTES SISTEMAS LASER****( Tabla 1 Justificación )**

Un laser puede funcionar en el modo de onda continua (CW) o en el modo pulsante; un haz simple de CO<sub>2</sub>, en operación de onda continua, puede tener hasta 100 000 watts de potencia.

**DESVENTAJAS:** COSTO MEDIO DEL EQUIPO; OPERADO POR PERSONAL ESPECIALIZADO; REQUIERE DE ESFUERZOS TÉRMICOS

**VENTAJAS:** BUENA CALIDAD DE CORTE; COMPONENTES EN SU MAYORÍA DE FABRICACION NACIONAL; DIVERSOS TIPOS PARA DIFERENTES APLICACIONES; OPERADO POR PERSONAL SEMICALIFICADO; TRATAMIENTO DE UNA GRAN DIVERSIDAD DE MATERIALES; EL HAZ PUEDE SER FANNEADO MANUALMENTE O MECANIZADO; NO EFECTO DE PERFORA-

## ANALISIS Y CONCLUSIONES

Realizando un análisis de cada uno de los diferentes métodos para efectuar la operación de corte con los que pretendemos -- trabajar los diversos materiales para la fabricación del calzado, podemos concluir que:

-La SUAJADORA no es el método más adecuado a utilizar para -- efectuar la operación de corte dentro de nuestro proyecto, por que como hemos visto anteriormente (planteamiento), las características de operación generales con las que estas cuentan y dados los malos resultados que con estas se obtienen, la hacen altamente improductiva y obsoleta; aunado a estos se encuen -- tran en este método. Este método puede ser muy eficiente en fabricas de baja producción, aplicándolo en materiales delgados solamente.

-EL CORTE ELECTROQUIMICO no es aplicable, porque un requerimiento para que este método de corte pueda efectuarse, es que la pieza de trabajo sea de un material conductor, y en nuestro caso la piel no lo es y ninguno de los otros materiales a tratar. Al mismo tiempo, se trata de lograr una buena calidad de corte en comparación con otros métodos.

EL CORTE POR DESCARGA ELECTRICA no es aplicable, porque para que la operación se pueda llevar a cabo, es necesario que la pieza de trabajo sea de un material conductor y los materiales que nosotros trataremos no lo son. Este método utiliza un re--frigerante líquido, el cual pudiese afectar al material de trabajo; se presenta también el alto costo del equipo, el cual es un problema crítico que se presenta en este método.

-EL CORTE POR PLASMA no puede ser aplicado en nuestro proyecto porque, al igual que los métodos eléctricos antes mencionados, la pieza de trabajo debe ser de un material conductor. Al mismo tiempo existe la limitación del espesor de la pieza a trabajar, lo cual significa improductividad; pues, con otros sistemas se pueden trabajar diferentes espesores y obtener una buena calidad de acabado; la zona afectada por el calor es mayor que la que se presenta en otros métodos térmicos, por lo que se presenta la deformación en la configuración del corte.

- EL CORTE POR ULTRASONIDO no puede ser aplicado en nuestro -- proyecto porque para realizar la operación se presenta la necesidad de mojar la pieza de trabajo, lo cual dañaría y crearía un nuevo proceso posterior por la obtención de malos resultados, el secado, al mismo tiempo, no existen componentes nacio-

nales y se tendrían que importar, con lo que se elevaría el -- costo del sistema considerablemente.

-EL CORTE CON CHORRO DE AGUA, al igual que el anterior, no puede ser aplicado a nuestro proyecto por existir la necesidad de mojar el material de trabajo, lo cual trae consigo nuevos problemas; al mismo tiempo, no existe un equipo de bombeo adecuado y se presenta la necesidad de utilizar grandes tanques recolectores del líquido; en este caso no existen también componentes nacionales para su fabricación.

-EL CORTE CON ABRASIVO A CHORRO no es el método más adecuado a utilizar porque no se obtienen buenos resultados al trabajar - materiales blandos como los que se trabajarán en nuestro caso; por otro lado los polvos abrasivos que este emplea para cortar no pueden ser recirculados y la operación es demasiado lenta - para nuestros propósitos y la calidad de corte que se obtiene con este método es mediocre.

-EL CORTE CON CUCHILLA CIRCULAR, no es adecuado pues no efectúa satisfactoriamente la operación de corte de las configuraciones que pretendemos lograr; esta herramienta de corte se desafilaba muy frecuentemente y trae consigo el cansancio por la forma de operarla, aunado a esto, la incomodidad de operación en la mano (en caso de control manual); se presenta al mismo tiempo que no pueden obtener muy buena calidad de corte, se logra obtener una calidad media, por lo que se presenta la necesidad del proceso de rectificación a causa de los resultados de la operación; este sistema causa el desgaste de la base de trabajo. Este método es ideal para el corte de tiras de material para sandalias y es aplicado también frecuentemente en la Industria Textil.

EL CORTE CON TIJERAS, es un método eficaz para efectuar la -- operación en piezas pequeñas, como lo son los adornos, pero -- no es el método más adecuado a utilizar en nuestro proyecto -- por las varias desventajas que esta presenta; al efectuarse -- la operación se obtiene mala calidad del corte por dejar rebas, y por lo tanto se necesita de un proceso posterior de rec -- tificación, existen limitantes en el epésor del material a -- trabajar(se obtienen solamente resultados aceptables en mate -- riales delgados.

Para accionar el sistema, se requiere de su esfuerzo físico -- realizado con la mano, el cual es muy incomodo y causa fatiga -- al operador, esto se presenta principalmente cuando se utiliza -- esta herramienta en un período de tiempo medio y largo esta -- herramienta se desafila muy frecuentemente y la utiliza -- ción de este método de corte, hace el proceso más tardado y -- laborioso por la baja productividad y la calidad de corte que -- se logran obtener.

-EL CORTE CON CUCHILLO O NAVAJA, es utilizado muy poco actual -- mente por la baja productividad que con esta se logra, con es -- ta herramienta se logra obtener una calidad de corte medía, -- al mismo tiempo existe desnivelación de la herramienta al -- efectuarse la operación; existe la necesidad de estarla afi -- lando constantemente y trabaja solamente materiales de traba -- jo delgados, con mediana calidad de acabado; la operación con -- esta herramienta desgasta la base de corte y se incomoda y -- causa fatiga al operarse por la forma de sujetarla y operarla, -- por la que no es la herramienta adecuada a utilizar en nuestro -- proyecto.

-CORTE CON NAZ DE ELECTRONES; es un método de corte muy efi -- cáz, pero no es el más adecuado a utilizar en nuestro proyec -- to, por las variadas desventajas que en este se presentan co -- mo lo son las siguientes: La operación se tiene que realizar -- al vacío, con lo que se restringe el tamaño de la pieza o ma -- terial a tratar, la cual se presenta en rollos de largas ti -- ras y láminas de piel muy extensas (así es la presentación de -- los materiales a tratar en nuestro caso a manera de insumo); -- esto también significa alto costo del equipo comparado con la

producción de otros existentes; al efectuarse la operación se generan rayos X los cuales afectan al operador si tiene contacto con ellos; se presenta la necesidad de mover la pieza de trabajo, lo cual crea un gran problema en comparación con otros existentes, por no tener la facilidad del movimiento de la herramienta de corte y/o de la base de trabajo, o ambas cuando así se requiera; al mismo tiempo no existen componentes nacionales, por lo que se tendría que importar en su mayoría, lo cual elevaría considerablemente el costo del equipo o sistema.

**-CORTE CON HAZ LASER**, aún teniendo las desventajas del relativo alto costo del equipo, y que se requiere de esfuerzos térmicos, el corte con rayo Laser es el método más adecuado a utilizar en este proyecto, pues las características con las que este cuenta, son las que resuelven en su mayoría las necesidades que en cuanto a método de corte se nos presentan, como lo veremos a continuación:

-Se puede obtener una muy buena calidad de corte, es decir, cortes nivelados, precisos y bien definidos en los materiales a tratar y que son empleados para la fabricación del calzado.

-Se obtiene buena nivelación entre la herramienta de corte, la base de trabajo y el material de trabajo, para obtener los mejores resultados.

-No se presentan desgastes de partes de la máquina, ni aún de la base de trabajo por la acción del haz Laser

-No se desafilan

-Permite tener un amplio control sobre la boquilla de salida del haz y sobre todo el sistema también; por lo que permite obtener combinaciones de cortes para un mismo modelo de calzado.

-Permite la buena fijación del sistema; lo que representa la ausencia casi nula de vibración y ruidos

-Tiene la capacidad de procesar más de una lámina de material en una sola operación.

-No almacena los recortes

-Aunque el sistema Laser es de origen extranjero, las refacciones que se cambian más comúnmente pueden ser fabricadas en México (en el Instituto de Investigaciones en Óptica de León; Gto.).

-Bajos costos de operación; por lo tanto se minimiza el costo por pieza.

- Ayuda a efectuar la operación general más rápidamente al controlarse con el método adecuado.
- Tiene la capacidad para procesar una gran variedad de materiales, casi sin límites
- No requiere de procesos posteriores de rectificación, porque no se presentan fallas frecuentes en la operación efectuada
- Permite procesar configuraciones sin límite cuando es controlado por el método de control preciso

Como instrumento en la Industria, el Laser ofrece ventajas únicas con respecto a otras técnicas de corte. Para los que buscamos maximizar la productividad por medio de la optimización, minimizar costos, optimizar los procesos y mejorar los productos, éste es el método de corte más adecuado a utilizar.

Por sus características generales, los métodos convencionales de corte frecuentemente limitan la maximización de la productividad, por lo que al comparar el método de corte con Laser, con los métodos convencionales, determinamos que por sus características generales se puede abaratar grandemente el costo de producción y costo de maquinaria empleada para este proceso, dado que podemos ahorrar varias estaciones de corte y operarios, que es como se efectúa actualmente.

## 3.4 TEORIA BASICA DEL LASER

---

### 3.4.1 SIGNIFICADO

El término LASER es una abreviación de "Amplificación de la Luz por una emisión de Radiación" (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). Dicho simplemente, es un rayo de la luz, el cual se enfoca de manera que sea un millón de veces más brillante que el sol. El corte con rayo Laser es un proceso termoeléctrico, ampliamente aplicado para la evaporación de materiales, aunque algunos son renovados en estado líquido a alta velocidad.

Como es sabido, toda la materia que nos rodea está compuesta de átomos que pueden pensarse como pequeñísimas sistemas - (del orden  $10^{-10}$  mts.) a su vez compuestos de un núcleo alrededor del cual giran electrones. Esto en forma similar a los planetas que giran alrededor del sol.

Un electrón, no puede encontrarse en cualquier órbita alrededor del núcleo, sino solamente en determinadas órbitas. La órbita más cercana al núcleo, es también aquella en la cual - un electrón posee la menor energía. Por otro lado, mientras - mayor sea la órbita a la que se encuentra un electrón, mayor será la energía que éste posee.

Estos fenómenos son fundamentales para comprender la interacción entre la luz y la materia, que es la clave para comprender un LASER.

### 3.4.2. PROCESO DE EMISION LASER

#### ESTRUCTURA BASICA DE LA LUZ

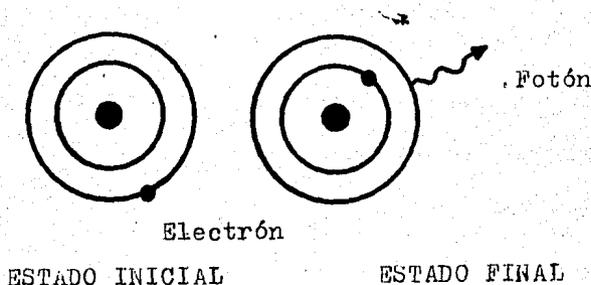
Supongamos una situación como la mostrada en la fig 1, en la que inicialmente tenemos un átomo con un electrón en una órbita intermedia cualquiera, y poco tiempo después, tenemos al mismo átomo pero ahora con su electrón girando en una órbita más pequeña que la inicial.

Por lo dicho en el párrafo anterior, sabemos que la energía del electrón en su estado inicial es mayor que la energía del mismo en su estado final, debido a que la órbita inicial es mayor que la órbita final.

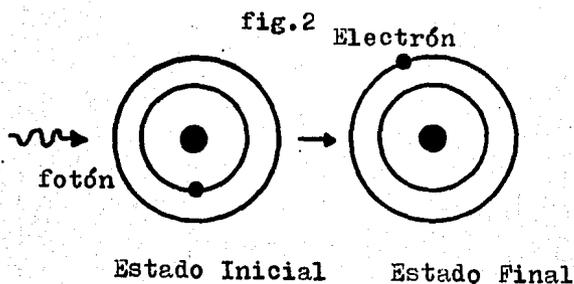
Dado que la energía total en el estado inicial y final deben ser la misma, la diferencia de energía del electrón entre estos dos estados es emitida en forma de un pequeño "paquete" de energía llamado "fotón".

La estructura básica de la luz (como la de cualquier otra onda electromagnética) es el fotón. El proceso es llamado EMISION y se muestra graficamente en la fig. 1.

FIG. 1 EMISION

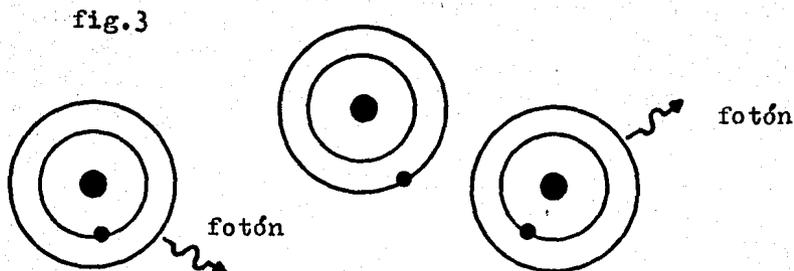


También puede ocurrir un proceso inverso al anterior. En este caso, como se muestra en la fig. 2, tenemos inicialmente un átomo con un electrón en una órbita interior sobre el cual se hace incidir un fotón. El resultado es que el átomo "absorbe" al fotón y utiliza la energía de éste para pasar al electrón de su órbita inicial a una mayor. Cuando esto ocurre, decimos que el átomo pasa a un "estado excitado". A este proceso se le llama absorción y se muestra graficamente en la fig. 2.



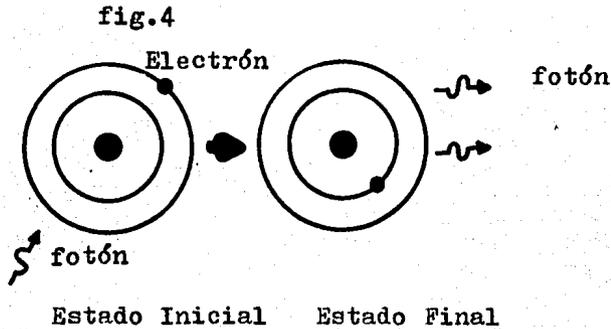
ABSORCION

Supongamos ahora, que observamos el comportamiento de varios átomos que inicialmente se encuentran en un estado excitado. Cada uno de estos átomos, después de un tiempo dado y en forma independiente uno de otro, empezará a emitir un fotón. En este caso, cada fotón emitido, no solamente no es igual a los otros sino que también es emitido en diferentes direcciones. Cuando esto sucede decimos que ocurre emisión espontánea. Este fenómeno se muestra en la fig. 3



EMISION ESPONTANEA

Podemos ahora preguntarnos que es lo que ocurre cuando hacemos incidir un fotón en un átomo previamente excitado. Es decir, queremos saber que ocurre, cuando con un fotón estimulamos a un átomo cuyo electrón ya se encuentra en un estado excitado. En este caso el electrón no pasará a una órbita aún mayor, sino por el contrario, debido a la misma perturbación causada por el fotón incidente, pasará a una órbita menor, emitiendo en consecuencia un fotón en el proceso. Este fotón emitido por el átomo poseerá la importantísima cualidad de tener las mismas características y dirección de propagación que el fotón con el cual estimulamos el átomo. Este proceso, llamado emisión estimulada se muestra en la fig. 4.



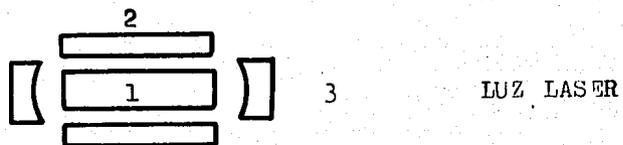
#### EMISION ESTIMULADA

En esta figura podemos observar también, la característica más importantes del proceso de emisión estimulada; a saber; -- que en el estado inicial tenemos un sólo fotón incidente, en tanto que en el estado final emergen dos fotones idénticos viajando en la misma dirección. Esto es, que ocurre un proceso de amplificación.

#### REQUISITOS FUNDAMENTALES PARA LA EMISION LASER

Todos los equipos Laser tienen tres elementos fundamentales la substancia emisora, que proporciona átomos, iones o moléculas que producen la amplificación de la luz; una fuente de energía para excitar el medio y un resonador óptico para facilitar la retroalimentación de la luz que se amplifica. Cada uno de ellos cumple una importante función en estrecha relación con los otros dos.

FIG. 5



- 1.- MEDIO ACTIVO (Substancia emisora)
- 2.- SISTEMA DE BOMBEO (Fuente de Energía)
- 3.- CAVIDAD RESONANTE (Resonador Óptico)

El objeto del MEDIO ACTIVO, es proporcionar los átomos en los cuales pueden ocurrir los procesos antes descritos como absorción, emisión espontánea y emisión estimulada.

Los átomos del medio activo pueden presentarse en cualquier estado físico: gaseoso, sólido o líquido.

EL SISTEMA DE BOMBEO, tiene la función de proporcionar un elevado flujo de energía al medio activo. De hecho, en nuestro caso tal flujo de energía será proporcionado por medio de un enorme flujo de fotones que físicamente pueden lograrse encendiendo una intensa lámpara similar a una luz de destello. Debido a este flujo de fotones, la gran mayoría de los átomos del medio activo sufrirán el proceso de absorción y pasarán a un estado excitado. Si en esta situación se emite un fotón (que pudo originarse por emisión espontánea) en la dirección longitudinal del laser, el proceso de emisión estimulada ocurrirá a todo lo largo de la cavidad laser. Es decir, que si inicialmente en un extremo tenemos de la cavidad laser un solo fotón, al incidir éste en un átomo excitado causará, debido al proceso de emisión estimulada, la emisión de dos fotones que, a su vez podrán incidir cada uno en otros dos átomos excitados y, de este modo, obtener cuatro fotones que, a su vez, podrán repetir el proceso y producir 8, 16, 32, 64, 128 ... etc., fotones.

Para darnos una idea de lo eficiente que puede ser este proceso, basta decir que después de repetirlo únicamente 50 veces obtendríamos 1.126:000,000.000,000 fotones.

Sin embargo, el tiempo que cada fotón permanece en el medio activo es tan pequeño (un fotón se propaga a la velocidad de la luz) que ni siquiera un proceso tan eficaz como el de emisión estimulada, es capaz de extraer toda la energía depositada por el sistema de bombeo en el medio activo.

La solución a este problema, está en colocar un par de espejos paralelos en los extremos longitudinales del medio activo. El nombre de espejo par de espejos, es cavidad resonante. Debido a la presencia de la cavidad resonante, cada fotón que incide en un espejo de ésta será reflejado y dirigido nuevamente hacia el medio activo para que, como antes, por medio del proceso de emisión estimulada, extraiga en forma de fotones más de la energía transferida por el sistema de bombeo al medio activo.



### 3.4.3 PROPIEDADES DE LA LUZ:

Las propiedades de la Luz emitida por un Laser, pueden entenderse más fácilmente si se compara ésta con la de una fuente incandescente, tal como una bombilla eléctrica común.

Una fuente de luz incandescente, emite fotones aleatoriamente en el espacio y el tiempo. Es decir, su energía radiante es desordenada en el espacio y el tiempo y se dice que es "incoherente". También se le conoce como luz blanca (porque contiene todos los colores de la luz del espectro visible). Si la densidad de potencia de una fuente incandescente de 100 watts se mide a una distancia de 1 metro, sólo se detectan 0.8 miliwatts por centímetro cuadrado. Es imposible enfocar toda la energía radiante de la fuente incandescente en un haz colimado, espacialmente coherente.

Un Laser emite luz en un haz coherente espacialmente. Este haz está casi perfectamente colimado (tiene rayos paralelos), con una divergencia axial típica de solo 1 a 2 miliradianes (en un haz TEM<sub>00</sub> de un Laser de CO<sub>2</sub>). Un haz con esta baja divergencia puede tener una intensidad (densidad de potencia) de varios cientos de watts por centímetro cuadrado, a 1 metro de la fuente emisora.

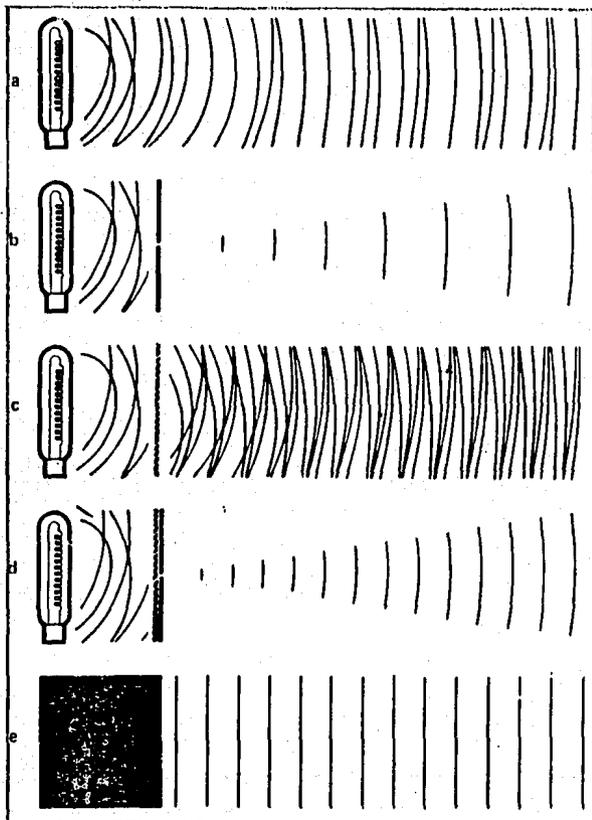
Es también monocromático, ya que su luz corresponda a una banda muy estrecha del espectro, es decir, no emite luz en el espectro visible sino en la región del infrarrojo lejano.

Un haz Laser, puede enfocarse por medio de un lente sobre una pequeña superficie "Una mancha", cuyo tamaño está limitado teóricamente por la divergencia y el diámetro del haz, por la longitud focal del lente y por la longitud de onda de la luz. Por ejemplo, el haz de un laser de CO<sub>2</sub> de 100 watts, puede enfocarse hasta tener una mancha de menos de 0.005 pulgadas (0.1270 mm) de diámetro, con una densidad de potencia de 800,000 watts por centímetro cuadrado. Aún un haz no enfocado de un Laser de CO<sub>2</sub> produce, a 1 metro de distancia, una densidad de potencia 110,000 veces mayor que la de una lámpara incandescente de igual potencia de salida.

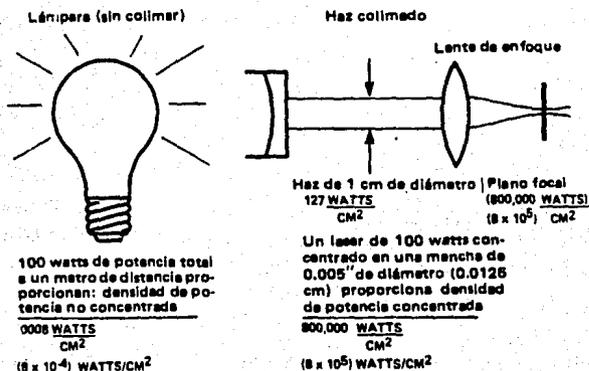
#### EJEMPLO:

- a) Una fuente de luz incandescente irradia fotones en direcciones espacialmente incoherentes. También emite fotones en una amplia gama de longitudes de onda; es decir, los fotones son también incoherentes en el tiempo.
- b) Se ha puesto en la trayectoria del haz una pequeña abertura para seleccionar fotones espacialmente

coherentes, pero a costa de la disminución de gran parte de la energía. c) Se ha colocado un filtro óptico en la trayectoria de la luz, seleccionando fotones coherentes. Si se ponen ambos, el filtro y la pequeña abertura en la trayectoria de la luz, como en d), se pueden seleccionar fotones coherentes espacial y temporalmente, pero con una pérdida extrema de energía de intensidad. Sin embargo, la luz de un Laser es ya coherente espacial y temporalmente, sin pérdidas, desde que es emitida por su fuente como en e). La imagen del haz completo de luz coherente se puede proyectar como una mancha en el espacio, enfocando el haz con una lente. La intensidad de la luz en el punto de la imagen (relativa a la intensidad en la fuente), es proporcional al ángulo sólido subtendido por el lente, lo que hace que la superficie pequeña de la imagen tenga mucha más intensidad que el haz no enfocado.



La parte superior del siguiente dibujo representa la luz que emiten dos puntos hipotéticos, A y B, en los extremos de una fuente incandescente que emite luz, la que es enfocada por un lente. Solo una fracción del frente de la onda luminosa es abrcada por el lente y proyectada hacia el plano focal. Entonces, la intensidad resultante en el plano focal (puntos A' y B') es mucho menor que la intensidad de la fuente. Resumiendo, es imposible aumentar la intensidad de una imagen enfocada a menos que la fuente emita luz colimada; como lo hace un Laser.



## S I S T E M A S   L A S E R

Existen actualmente muchas clases de sistemas Laser; algunos de los más importantes aparecen en la siguiente figura. Hay muchos tipos además de los que se enlistan en ella, los cuales tienen importancia científica, médica o militar o se emplean en comunicaciones y otros campos.

GAS	ESTADO SOLIDO
Argón	Rubi Sintético
Bióxido de Carbono(CO2)	Arseniuro de Ga-Al
Helio-Cadmio	Arseniuro de Galio
Helio-Neón	Nd: Vidrio (Neodimio: vidrio)
Criptón	Nd: YAG (Neodimio: itrio aluminio granate )

Los equipos Laser para aplicaciones Industriales que usan un gas como medio activo, son más comunes que los que usan otras substancias. Mientras un Laser de gas emplea como medio emisor un gas puro, otros utilizan una mezcla de gases para que haya una transferencia más eficiente de energía previamente y durante la emisión Laser.

Entre los equipos Laser de gas, el de CO2, es el que se emplea más frecuentemente en aplicaciones industriales. Su utilidad se debe a la alta potencia que puede generar a una longitud de onda conveniente para procesar una gran variedad de materiales.

La variedad de los medios emisores en los equipos Laser de estado sólido es menor; de los equipos Laser de estado sólido, los tipos de Nd: YAG y Nd: Vidrio son los que se emplean más comúnmente en la Industria

Los sistemas actuales tienen amplias gamas de potencia de salida y de energía luminosa. La longitud de onda que se obtiene va desde los 325 nanómetros para el Laser de He-Cd hasta 10.6 micras para el Laser de CO2.

Para el procesado de los diversos materiales que conforman al calzado, se requiere la utilización de un Laser de alta potencia, de 400 watts hacia arriba si operará en modo pulsante, y de 700 watts hacia arriba si operará en modo continuo; y como dichos materiales absorben energía electromagnética de longitud de onda de entre los 1.06 a 10.6 micras, los tipos de Laser posibles a implementar en este proyecto podrían ser el de Bióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) o el de Neodimio: Itrio-Aluminio-Granate (Nd:YAG), pues son los que cuentan con dichos requerimientos y la mayoría de las ventajas que se pueden obtener con la utilización de estos.

Existen otros tipos de Láseres, pero la mayoría alcanzan una potencia de salida menor a la que nosotros requerimos, por lo que se emplean para otras cuestiones, como la investigación y la educación.

Tipu	Longitud de onda (nm)	Modo de operación	Frecuencia máx. (pps)	Duración del pulso	Potencia IEM <sub>III</sub> (watts)	Modos múltiples
He Ne	632.8	CW	-	-	0.0015 0.015	
Ar	481.9 a	CW	-	-	20	
	514.5					
	488.0 u 514.5					
CO <sub>2</sub>	10.6 (µm)	CW	-	-	500	Hasta 100,000 watts para 500 CW
	10.6 (µm)	Pulsante	2,500	100 µsec o más	-	4,000
CO <sub>2</sub> TEA	~10.6	Pulsante	400	400 µsec	-	100,000
He Cd	325.0	CW	-	-	-	
Criptón	650.7 u 799.3	CW	-	-	6	
Neógeno	337.1	Pulsante	a 500	10 µsec	-	200,000 (2.5µ)
Nd Vidrio	1.06 (µm)	Pulsante	1	{ 500 µsec - 10 msec	-	10 <sup>6</sup> (12µ)
Nd YAG	1.064 (µm)	CW	-	-	20	200
	1.064	Pulsante (Lampara de destello)	400	{ 100 µsec - 12 msec	-	400 (20)
	1.064	Pulsante (Conmut. Q.A.O)	50,000	200 µsec	-	50 (5µ)

# LASER DE BIXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>)

Entre los sistemas Laser de Gas, éste es el más eficiente y de construcción más sencilla y es el tipo más usado en aplicaciones Industriales.

Este tipo de Laser, está formado por un tubo de vidrio que contiene el medio gaseoso emisor. Un flujo axial de gas se mantiene a lo largo del tubo para reemplazar aquellas moléculas modificadas, por los efectos de las descargas eléctricas de varios kilovolts que se usan para la excitación. Se sitúa un espejo en cada extremo del tubo de descarga (tubo del Laser), cerrando así la cavidad del resonador óptico. Generalmente, un espejo es totalmente reflector y la longitud de onda de la luz que se produce en la cavidad, en tanto que el otro espejo es parcialmente reflector y parcialmente transmisor. Este segundo espejo, al que se le llama acoplador de salida, permite que una fracción de la luz salga, siendo el haz laser emitido.

Un Laser de este tipo, es capaz de generar un haz de luz coherente, con una potencia continua nominal mayor de 50 watts por cada metro de longitud del resonador. Para obtener distintos modos TEM y niveles de potencia estables, es necesario que la estructura mecánica del resonador sea extremadamente rígida. Pueden lograrse varias configuraciones en la cavidad del resonador para obtener grandes longitudes de trayectoria óptica sin aumentar la longitud total del tubo. Para esto se pueden utilizar combinaciones de espejos alineados con precisión para desviar el haz interno del Laser.

Algunas de las ventajas que se pueden obtener con este tipo de Laser son las siguientes:

- Costos de operación menores que con el YAG
- Puede funcionar continuamente con efecto de obturador
- Puede ser enfriado por aire o por agua
- Gas de asistencia o aire comprimido
- Trabaja una mayor diversidad de materiales
- Salida de potencia desde 20 watts
- Puede seleccionarse cualquier modificación del haz (TEM)
- Se pueden localizar la mayoría de los componentes de fabricación nacional
- Materiales a trabajar en su mayoría a 10.5 micras

fig. 5



## L A S E R D E N E O D I M I O (Nd)

El medio emisor de este Laser de estado sólido, consiste de iones que están distribuidos dentro de una matriz sólida en forma de barra (barra de Neodimio). Estos contaminantes presentes en la barra, son excitados por una fuente de luz intensa. La fuente consta de una o dos lámparas cilíndricas de destellos, como se muestra en la figura, o una lámpara de destellos helicoidal que rodea la barra. Si se usan dos lámparas cilíndricas, la barra del Laser se coloca entre ellas en el foco común de dos elipses y el foco restante de cada una determina la localización de las lámparas de destellos. La distancia entre los focos de cada una de las dos elipses que comparten un foco común, está definida por la forma de un reflector elíptico que rodea las fuentes de excitación y la barra del Laser. Esta disposición provee un acoplamiento efectivo de la luz de excitación con el medio emisor del Laser. Un sistema de enfriamiento por agua controla la temperatura de la barra y de las lámparas de destellos.

Las matrices sólidas de los de este tipo de Laser se fabrican de Neodimio: Vidrio (Nd: Vidrio) y Neodimio: itrio-aluminio-granate (Nd: YAG). En cada uno de estos materiales, los iones contaminantes emisores del Laser, están presentes en minoría en la matriz anfitriona. Para estos materiales, la vida de las lámparas de destellos es algo limitada y los costos de operación son mayores que los Laser de CO<sub>2</sub>

Un Laser de estado sólido, puede funcionar de varias maneras. Una de ellas es excitar el medio de emisión Laser (barra) por medio de una descarga capacitiva a través de la(s) lámpara(s), lo que produce una emisión de un breve destello luminoso. Este, a su vez, excita el medio emisor del Laser, que emite un destello. El Laser de Nd: YAG produce una longitud de onda de 1.064 micras. El uso de este modo de excitación permite producir pulsos que duran entre 0.2 y 12.0 milisegundos, con frecuencias hasta de 100 pulsos por segundo.

Puesto que la longitud de onda de la luz emitida por un Laser de Nd: YAG es relativamente corta, el haz de salida puede enfocarse en una mancha de diámetro pequeño.

Estos pueden operar homobios continuamente con un efecto de obturador que se mueve rápidamente, intercestando y dejando pasar el haz, limitando la salida del haz hasta que se almacena gran cantidad de energía radiante en el resonador. Cuando el obturador queda abierto finalmente, se libera un gran pulso de potencia.

Este efecto se emplea generalmente, cuando se requiere eliminar materiales a bajos niveles de potencia, tal como la evaporación de películas delgadas de materiales. Este tipo de Laser puede trabajarse con una cabeza Laser o por medio de la entrega del haz con fibras ópticas para obtener una mayor flexibilidad. Puede ser asistido con gas o aire a presión para una mayor rapidéz de procesado y para ir limpiando los cortes. Se puede manejar cualquier modo TEM y tiene la capacidad de procesar una gran variedad de materiales.

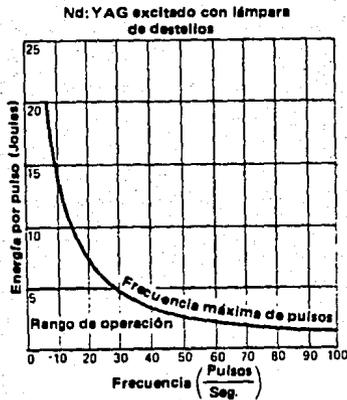
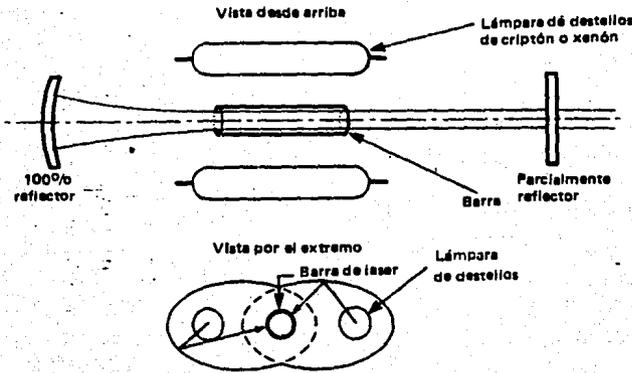


Figura 1.17 Laser de Nd:YAG pulsado por lámpara de destellos.

## CONCLUSIONES

Aún con las variadas ventajas con las que cuenta un Laser de Bióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), el Laser de Neodimio (Nd:YAG) es el más adecuado a utilizar en este proyecto, ya que soluciona la mayoría de las necesidades que se nos presentan y por las variadas características con las que este cuenta en comparación con el Laser de CO<sub>2</sub>, como lo veremos a continuación:

(Información según Lasag Corp, Arlington Hts, II,)

-PODER: El poder es una importante y primera comparación, los Laseres de Neodimio (Nd) se encuentran desde 30 W hasta 450 W. Para la selección de un Laser no solamente hay que fijarse en el wattage; más importante es la energía del pulso que pueda ser aplicado al material a procesar, la energía está dada en Joules/área de la superficie. Por ejemplo, comparando un Laser de CO<sub>2</sub> de 400 watts y un Laser de Nd de 400 Watts, el pulso de energía del Laser de Nd es mucho más potente; alrededor de 50 joules de energía, contra 20 a 30 joules del Laser de CO<sub>2</sub>, por que el de Nd genera un pulso más potente de alta energía sobre una menor área de superficie. Otro ejemplo sería un Laser de Nd de 30 watts que genera un pulso de 62 joules y un Laser de Nd de 450 watts que genera un pulso de 50 joules, pero a más pulsos por segundo. La profundidad de penetración va a ser la misma para cualquiera de las dos unidades, pero la unidad de más alto poder puede cruzar mucho más rápido.

-ZONA AFECTADA POR EL CALOR: La pequeña zona afectada por el calor con la utilización de un Laser de Nd:YAG es de solamente 0.005" aproximadamente en el borde del corte.

El Laser de CO<sub>2</sub> deja una zona afectada por el calor de poco mayor.

LONGITUD DE ONDA: Por su más mínima longitud de onda, el Laser de Nd puede traspasar vidrio o materiales transparentes sin pérdidas de energía, lo que permite al Laser efectuar operaciones a través de estos materiales y también la utilización de fibras ópticas para dirigir el haz a zonas muy pequeñas o áreas intrincadas, lo que el Laser de CO<sub>2</sub> no podría realizar porque puede dañar rápidamente las fibras ópticas.

También el Laser de Nd puede utilizar un vidrio protector entre los lentes del Laser para evitar que salpique material hacia dentro de la boquilla de corte.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

**-REFLECTIVIDAD:** Muchos materiales reflejan por medio de su superficie el haz de luz Laser, algunos hasta el 95%. Con el Laser de CO2 esta energía reflejada regresa a los lentes y los quema, con el laser de Nd los lentes son protegidos para refractar esta energía reflejada y los regresa hacia el área de trabajo.

**-ALTOS PUNTOS DE DERRETIMIENTO:** Los materiales con alto grado de derretimiento pueden ser bien procesados con un Laser de Nd utilizando gas asistido. Con un Laser de CO2 se obtienen buenos resultados utilizando un gas asistido o aire.

**ANCHO DEL RAYO LASER:** Se pueden cambiar los diámetros del rayo en ambos tipos de Laseres de 0.003" a 0.025".

INVESTIGACION

# 4. LASER DE ND:YAG

# L A S E R D E N d : Y A G

(Neodimio:Itrio-Aluminio-Granate)

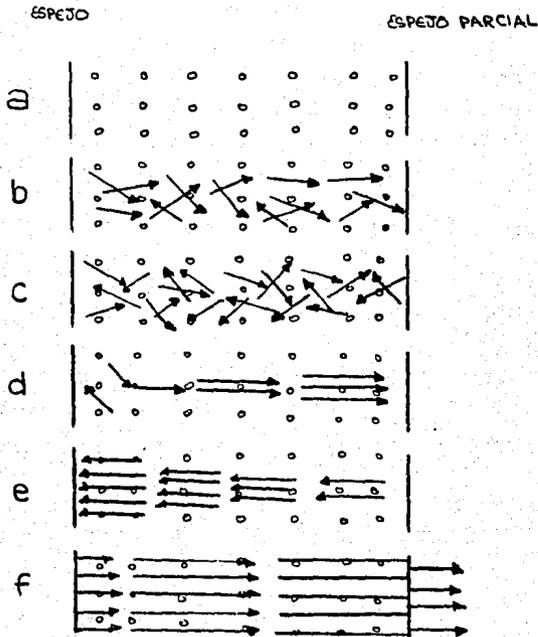
## 4.1 SECUENCIA DE EMISION:

El resonador determina todas las características del haz Laser, excepto la longitud de onda. En el Laser de Nd: YAG, el resonador está formado por una barra de Nd y en cada extremo un espejo alineado con precisión.

Uno de estos espejos es 100% reflector para 1.064 micras, mientras que el otro refleja sólo una porción determinada de luz: por ejemplo el 85%. La cantidad de luz aumenta en el resonador por la reflexión, al hacer varios de cientos de viajes de ida y vuelta, una fracción de la energía radiante (15% aproximadamente, según el ejemplo anterior), se transmite a través del espejo parcialmente transparente, siendo éste el haz Laser que se emite. Si el Laser está en el modo pulsante, la emisión es intermitente; si está en el modo de onda continua (CW), la emisión es continua. Normalmente el Laser de Nd se emplea en modo pulsante para obtener las mayores densidades de potencia.

En a) los iones de la barra de Neodimio se encuentran en el estado fundamental porque no existe ninguna energía de excitación al medio, muchos iones son excitados pasando a un nivel de energía superior y se emiten fotones espontáneos (b, c). Si un fotón choca con un ion excitado (d) ocurre una amplificación, ya que ese ion será estimulado a emitir un fotón idéntico al primero y que se moverá en la misma dirección. La emisión estimulada prosigue, puesto que cada uno de los fotones es capaz de provocar la emisión de más. El movimiento de los fotones puede realizarse en cualquier dirección, pero aquellos que se desplazan paralelos al eje de la barra chocan en un espejo de los extremos y se reflejarán hacia atrás, paralelamente al mismo eje e). Estos son los fotones que forman dentro de la barra, el haz de luz coherente, de una sola frecuencia, al reflejarse en uno y en otro sentidos, estimulando la emisión de más fotones idénticos en una reacción en cadena. Algunos de estos fotones f) pasan a través del espejo parcialmente transmisor (el acoplador de salida) y emergen como un haz de rayos paralelos, mientras que otros continúan oscilando en el resonador, generando más fotones. Este fenómeno continuará

mientras se mantenga la inversión de población entre los iones del medio de emisión Laser.

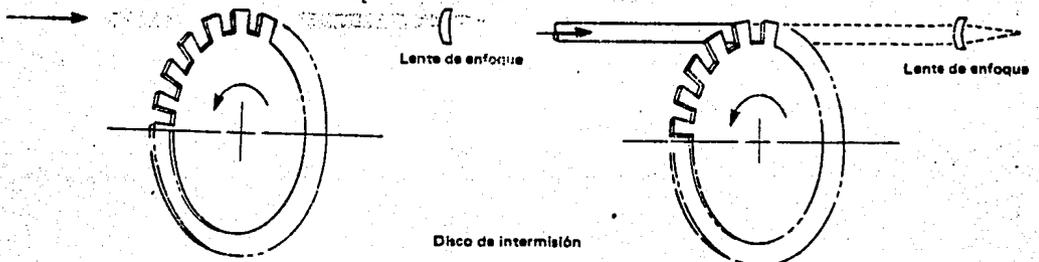


## 4.2 MODIFICACION DEL HAZ

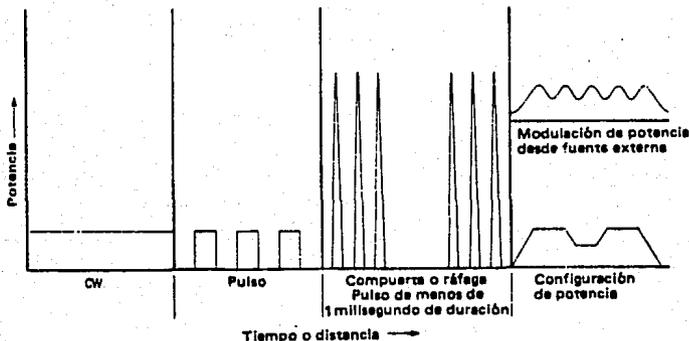
Existen varias técnicas para modificar el haz de manera que pueda operar en sistemas de diversos tipos. La primera de ellas consiste en la división del haz; como ya lo hemos mencionado anteriormente, esta técnica se utiliza cuando se requiere que varios haces sean dirigidos a distintos puntos o atacar una pieza de trabajo desde más de una dirección, a menudo es necesario dividir el haz en dos o más haces.

Otra técnica para modificar el haz es la intermisión o conmutación, como ya lo hemos mencionado anteriormente, esta técnica se emplea cuando se necesita rapidéz de pulsación mayor que la que tiene un Laser. En una modificación de esta técnica, se usaría una superficie reflectora a  $45^\circ$  sobre el disco interruptor para cambiar la dirección o conmutar el haz hacia otra parte de la superficie de trabajo.

Otra técnica de alterar la potencia de salida del Laser, es por medio de pulsaciones; también se puede configurar la potencia y aplicar una ráfaga de pulsos a intervalos de tiempo determinados.



Interrupción del haz mediante un disco dentado



Possibilidad de modular la potencia del Laser

#### 4.2.1 DIVISION DEL HAZ

Un haz Laser puede dividirse ópticamente y obtenerse varios haces. Esto se realiza de la siguiente manera; un divisor de haz es un elemento ópticamente plano que está recubierto y refleja una proporción definida de luz incidente, transmitiendo la restante. Los divisores de haz normales tienen relaciones de reflexión/transmisión de 50/50, 30/70 o de 10/90. La división del haz a los niveles de potencia de un Laser de Nd, se realiza mejor si se puede utilizar la capa reflectora del divisor de haz. Las relaciones anteriores pueden obtenerse polarizando el haz Laser de salida y usando un material óptico con recubrimiento para dividir el haz Laser.

Para que la división del haz se realice correctamente, éste debe polarizarse en la dirección denominada S, ya sea horizontal o verticalmente, con respecto al divisor del haz y en la dirección que tendrá después de dividido el haz.

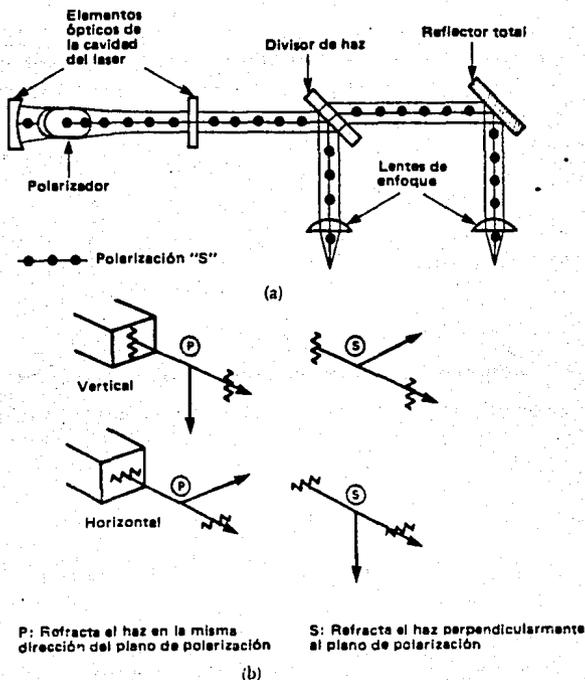
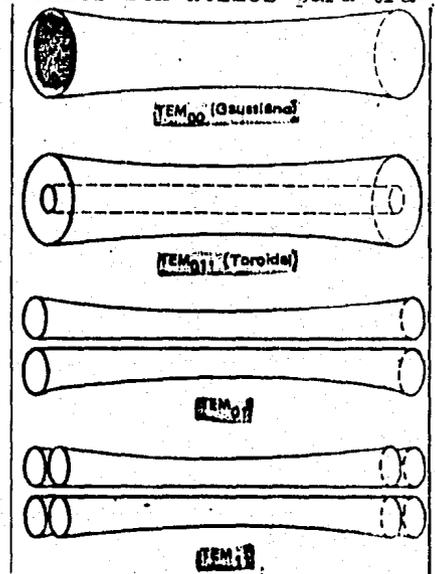
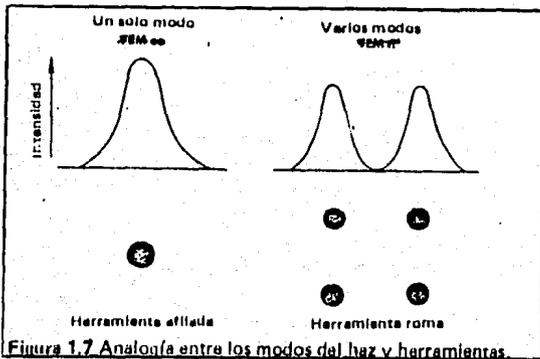


Figura 2.29 División del haz a) y efectos de la polarización en la división del ha.

### 4.3 MODOS TRANSVERSALES DEL HAZ

Los fotones que oscilan de un extremo a otro dentro del resonador, son energía electromagnética, la que forma un campo electromagnético intenso. La forma de este campo depende de factores como la longitud de onda de los fotones, la alineación, curvatura y distancia entre los espejos y el diámetro interior del tubo del Laser (tubo de descarga).

Transversalmente, este campo puede tener formas diferentes, que se denominan Modos Electromagnéticos (TEM), pero únicamente ciertos modos o combinaciones de ellos son útiles para tratar materiales.



El diseño de los resonadores actuales permite que los equipos Laser funcionen en un solo modo transversal y el modo pueda adaptarse para una aplicación particular.

El modo TEM es ideal para la mayoría de las operaciones de corte, perforación y soldadura, porque produce un haz que puede enfocarse hasta una mancha de tamaño mínimo con una densidad de potencia muy alta. Es un modo con la mayor parte de la energía en el centro.

El modo TEM tiene una sección transversal, con un centro hueco y con la mayor parte de la energía concentrada cerca de la periferia de la superficie enfocada. Este modo distribuye la energía en forma eficaz para otro tipo de operaciones de tratamiento térmico y de perforación.

El modo TEMII. Es evidente que la distribución transversal de energía es más fragmentada.

#### 4.4 CONMUTACION Q

El Laser puede funcionar, bombeando continuamente, en un modo de conmutación Q. La conmutación Q produce el efecto de un obturador que se moviera rápidamente, interceptando y dejando pasar el haz, limitando la salida del haz que se almacena en gran cantidad de energía radiante en el resonador. Cuando el obturador queda abierto finalmente (se detiene la conmutación Q) se libera un gran pulso de potencia.

Este efecto se emplea principalmente cuando se requiere de eliminar materiales a bajos niveles de potencia, tal como en la evaporación de películas delgadas.

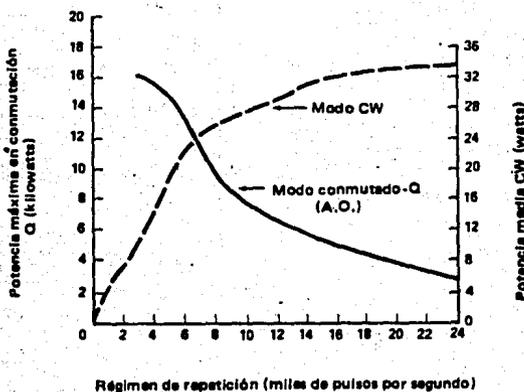


Figura 1.18 Laser de Nd:YAG con conmutación Q.

La potencia media de salida del haz en este modo de operación a diversas velocidades de repetición de pulsos (calculada como potencia de onda continua) se representa como una línea interrumpida en la fig. La línea llena de la figura muestra la potencia máxima que puede alcanzarse por pulso.

## 4.5 PULSACION DEL HAZ:

### PULSACION INTENSIFICADA

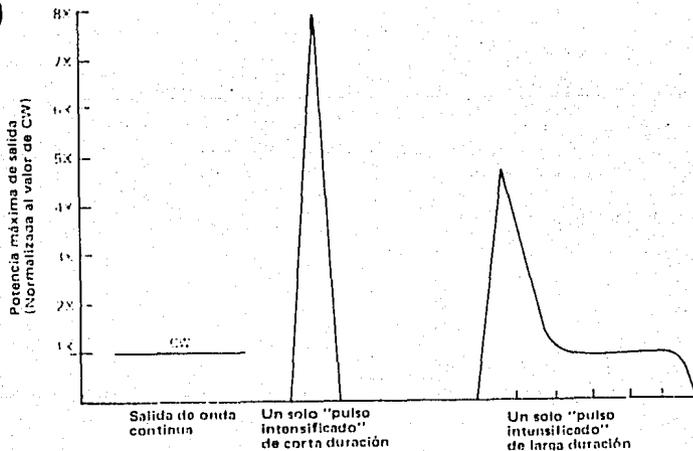
Un Laser de Nd:, puede hacerse funcionar emitiendo un haz - continuo o intermitente. El nivel de potencia de salida de onda continua (CW), es equivalente a la potencia total nominal-- para un modelo particular de Laser. Cuando opera en forma pulsante, el Laser se modula electrónicamente para que el pulso - que se emita tenga potencia máxima intensificada, varias veces mayor que el nivel de potencia de onda continua.

La parte inicial de un pulso intensificado, tiene un aumento pronunciado de energía, tal que produce una alta potencia - máxima.

Una potencia máxima alta produce una rápida evaporación del material o substancia a la que se dirige el haz. Esta característica es útil para perforar, ya que la mayor parte de la energía del haz se emplea en vaporizar el material y no en calentar la zona que rodea el lugar donde se enfoca el Laser. El modo de pulso intensificado es también útil para cortar, porque hay una fusión mínima de material circundante al punto de enfoque del haz y se reduce, entonces, la zona afectada por el calor (HAZ).

Un pulso intensificado corto puede tener una potencia máxima de cinco a ocho veces la potencia de salida de onda constante (CW). Produce bordes bien definidos y formados sin aplicar gran cantidad de calor al material.

Un pulso largo puede ser configurado a modo de obtener un borde frontal con una potencia máxima que puede ser cuatro a cinco veces mayor que la potencia de salida de onda constante (CW)



Onda Continua y pulsos realizados.

## RAFAGAS DE PULSOS

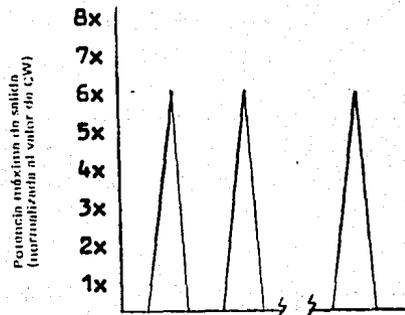
También se pueden emitir ráfagas de pulsos en forma intermitente, esto permite aplicar potencias máximas elevadas en pulsos cortos repetidos para vaporizar un material.

Un determinado número de pulsos, de duración definida, puede repetirse periódicamente a una frecuencia determinada por la regulación del control de la compuerta del Laser.

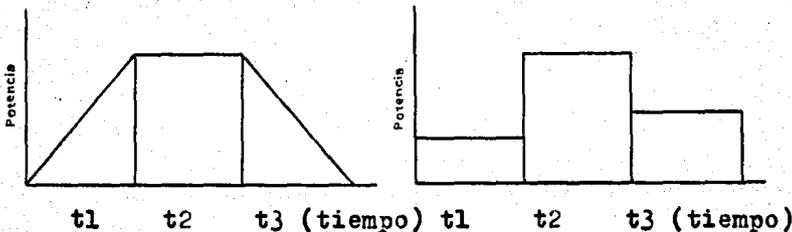
Este es un medio eficaz para perforar, especialmente cuando la aplicación total del calor debe reducirse al mínimo. Cuando son de gran importancia la nitidez de los bordes y los lados paralelos.

## CONFIGURACION DE LA POTENCIA

En algunas aplicaciones, es necesario variar el nivel de potencia del haz en el tiempo. Esta técnica se llama configuración de potencia; con esto podemos cambiar el nivel de potencia en una forma lineal hacia un nivel mayor o menor, o puede preferirse hacerlo en pasos discontinuos.



## Pulsación del Haz Laser



## Configuración de la Potencia

Este pico es seguido por una disminución de potencia, para el resto del pulso, a menos del nivel de onda continua. El máximo del borde delantero es útil para iniciar una reacción en la superficie del material, mientras que el borde trasero, de menor potencia, se usa para mantener la reacción. Este modo es especialmente valioso para cortar materiales como el plástico, piel, PVC, etc.

Existe una diferencia entre los modos de onda continua y de pulso intensificado. La potencia máxima de salida que puede obtenerse en el modo de onda continua (CW), está representada por las líneas rectas interrumpidas en el siguiente ejemplo. El valor de la energía total producida por pulso (líneas curvas continuas) se muestra según la duración de los pulsos y la rapidéz de su repetición (frecuencia). Para cualquier frecuencia, la energía total por pulso aumenta, en forma no lineal, cuando aumenta la duración del pulso, mientras que la potencia total máxima por pulso disminuye, en forma no lineal, cuando aumenta la duración del pulso. Excepto en velocidades muy altas de repetición de pulsos, la energía y la potencia por pulso intensificado, es generalmente mayor que la disponible en el modo de onda continua (CW).

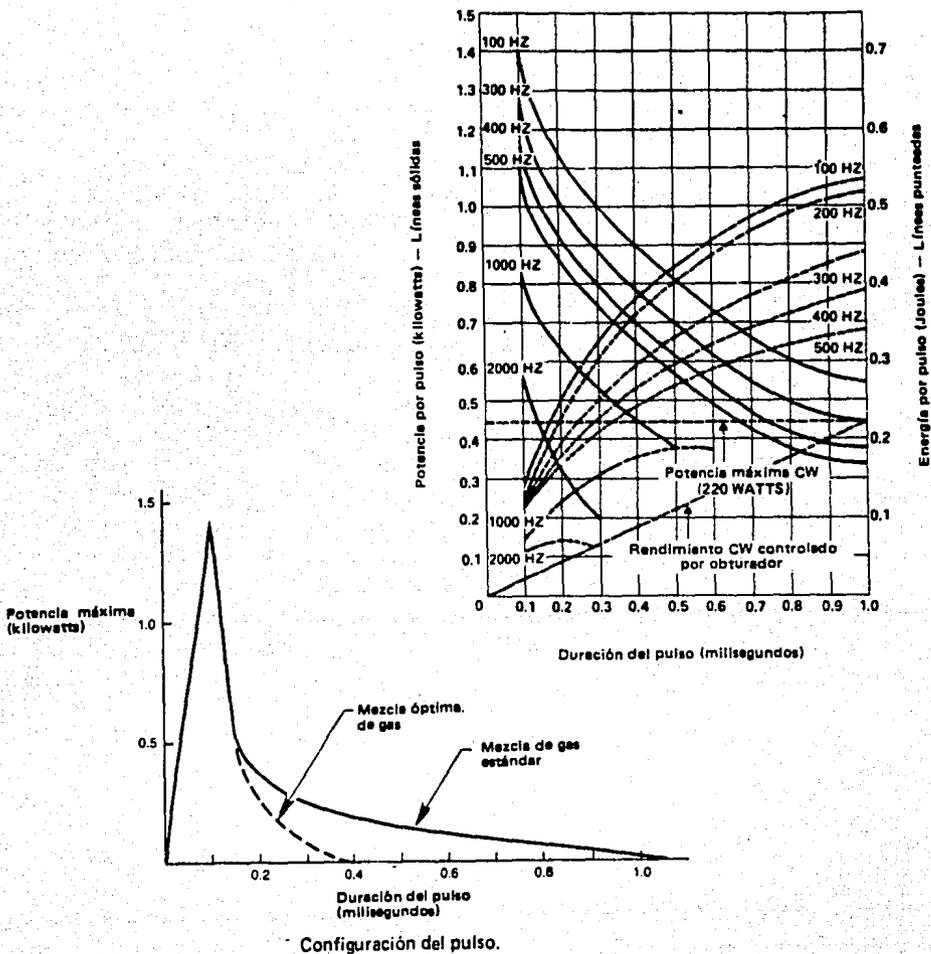
Es evidente que las altas velocidades de repetición, es menor la potencia máxima de los pulsos del Laser. Estas condiciones son propias para el corte, perforación y otras operaciones, en las que se requiere velocidades elevadas de barrido sobre la superficie. En el extremo opuesto, a bajas velocidades de repetición, mayor es la potencia máxima por pulso. Las frecuencias bajas son apropiadas para perforación por pulso simple, corte y grabado. A bajas velocidades de repetición, la elevada potencia máxima de pulso se concentra en una zona tan reducida que los problemas de transferencia de calor en el material se reducen al mínimo.

Cuando se emplean frecuencias muy altas de pulsación intensificada, es necesario reducir el tiempo de decaimiento de la parte final del pulso.

Como se muestra a continuación, un pulso intensificado requiere aproximadamente 100 microsegundos para obtener la potencia máxima y después requiere casi 1 milisegundo para regresar a cero. Si la frecuencia es menor de mil pulsos por segundo, este tiempo de decaimiento es aceptable.

Al elevar las velocidades de repetición, los pulsos se traslaparán mutuamente.

El tiempo de decaimiento de los pulsos puede acortarse a 400 microsegundos, sustituyendo la mezcla normal de gases por una mezcla especial en el tubo de descarga, sin que se afecte seriamente la potencia máxima. Con una menor duración por pulso, es posible que el Laser opere a frecuencias mayores de 2,500 pulsos por segundo. A altas velocidades de repetición de pulsos configurados así se aplican provechosamente en trabajos tales como la perforación y corte.

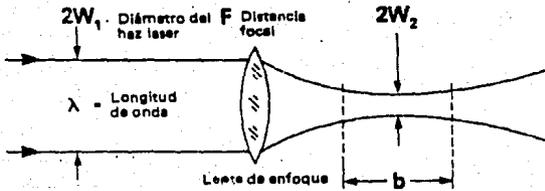


## 4.6 MANEJO OPTICO DEL HAZ

### CARACTERISTICAS DEL HAZ

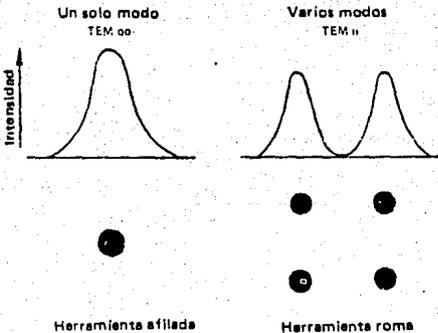
Cuando se definen las condiciones de trabajo de un sistema Laser, hay que determinar los factores que determinan la profundidad de campo y el diámetro mínimo enfocado.

Ambas cantidades son funciones de la longitud de onda de la energía del haz, del diámetro del haz no enfocado y de la distancia focal del lente, como se muestra a continuación: (las fórmulas son válidas únicamente para un Laser que funcione en el modo TEM<sub>00</sub>).



$$2W_2 = \frac{4\lambda F}{\pi W_1} = \text{Diámetro mínimo enfocado}$$

$$b = \frac{2\lambda}{\pi} \cdot \left(\frac{F}{W_1}\right)^2 = \text{Profundidad de foco}$$

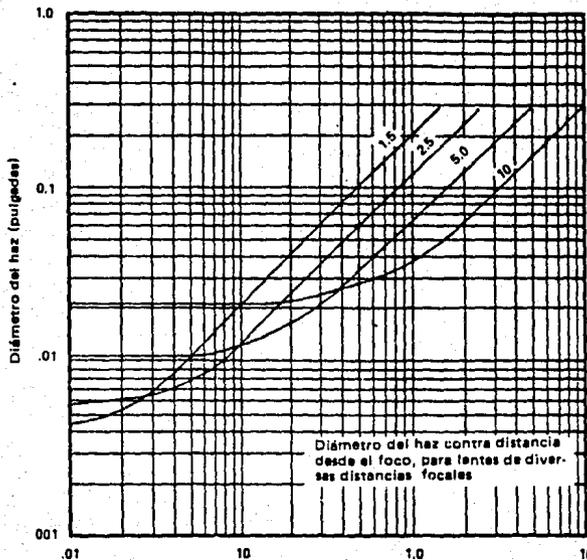


Profundidad de Campo y Densidad de Potencia.

En la figura, se muestra el haz enfocado con una curva (muy exagerada) a cada uno de los lados del plano focal principal, que contiene el diámetro mínimo enfocado. En esta región curva acinturada, el tamaño de la mancha varía en forma no lineal con respecto a su distancia al plano focal principal. La variación ocurre porque los rayos que pasan por el centro del lente, no se enfocan en el mismo plano que los que pasan por la periferia del lente. Este efecto (agregado a la divergencia natural del haz laser) produce una región acinturada y una mancha mínima enfocada cuyos tamaños pueden calcularse con las fórmulas mostradas.

El grado de divergencia que existe, afectará directamente la densidad de potencia en el plano focal principal. Nótese la relación que existe entre la profundidad de foco de un lente, con una distancia focal particular y la densidad de potencia que hay en el punto de diámetro mínimo enfocado.

A continuación se muestra por medio de una gráfica, la relación que existe entre el diámetro de un haz enfocado (el tamaño de la mancha) y la distancia desde el plano focal, para lentes de diferente distancia focal.

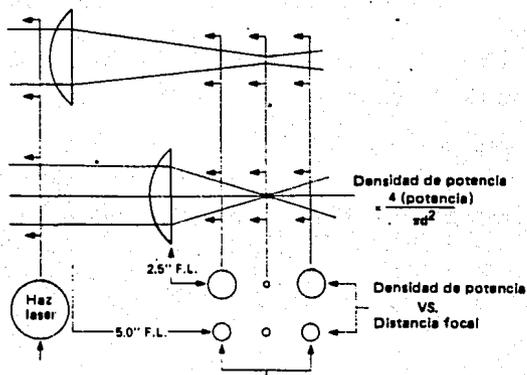


Diámetro del haz contra distancia desde el foco, para lentes de diversas distancias focales

Distancia desde el foco (pulgadas)  
Diámetro del haz y distancia focal:

La gráfica indica, que para obtener un tamaño mínimo de mancha y por consiguiente una mayor densidad de potencia, debe tenerse una profundidad de campo corta. También indica que si se tiene una profundidad de campo larga y una mancha de mayor tamaño, entonces será menor la densidad de potencia. Esto nos permite valorar cuantitativamente los factores ópticos, la geometría de la instalación y la rapidez en el trabajo, necesarios para obtener una aplicación particular.

En la siguiente figura, se muestra la relación que hay entre la profundidad de foco y la densidad de potencia y entre la distancia focal y la densidad de potencia; en ella se comparan estas relaciones para dos lentes por los que pasa un haz. De la fórmula para calcular la densidad de potencia, se muestra que el lente de 5 pulgadas (de distancia focal) produce una profundidad de foco mayor, pero también una mancha de mayor tamaño, en el plano focal, que el lente más pequeño. El empleo del lente mayor permite mayores tolerancias en las especificaciones de operación. A causa de la densidad de potencia relativamente reducida, el trabajo del laser debe hacerse más lentamente que si se empleara un lente de menor distancia focal.



. Densidad de potencia y distancia focal.

La posición del foco del lente respecto a la superficie de trabajo, tiene un efecto crítico en la forma y la profundidad de los agujeros perforados por un laser. Cuando el foco queda antes de la superficie, las perforaciones son poco profundas, de diámetro grande y con lados algo cónicos.

Cuando el foco coincide con la superficie, las perforaciones son de diámetro uniforme. Cuando el foco está más allá de la superficie, las perforaciones son menos profundas y con los lados cónicos.

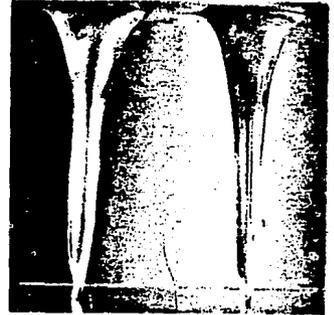
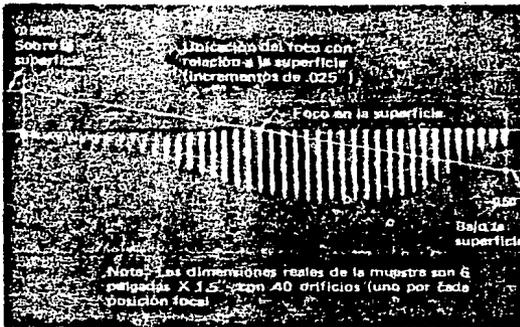
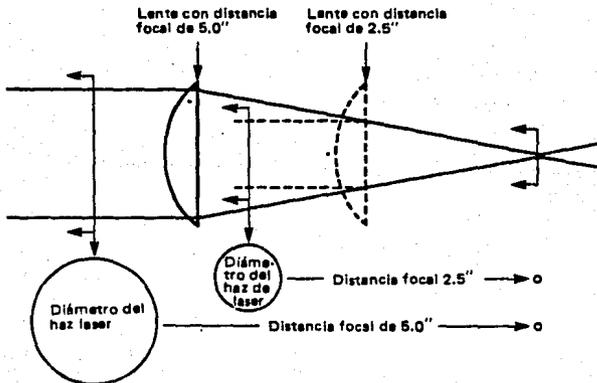


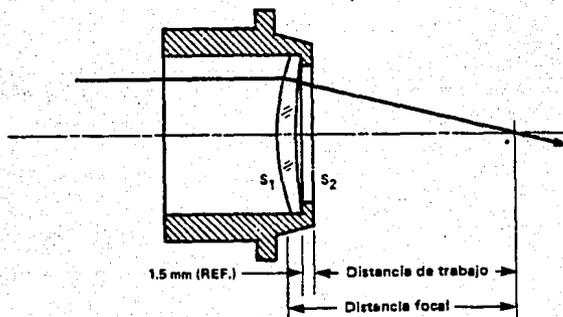
Figura 2.21 Localización del foco y forma y profundidad del agujero

Es posible aumentar la distancia de trabajo entre un lente y el plano focal, obteniendo aún el mismo tamaño de mancha y la misma densidad de potencia. Esto se logra aumentando el diámetro del haz del laser al doble con un lente telescópico y usar luego un lente de 5 pulgadas para enfocararlo, en lugar de un lente de 2.5 pulgadas. Con este arreglo la profundidad de campo es equivalente a la que se obtiene con un lente de 2.5 pulgadas.



Expansión del haz.

A continuación se muestra una montura de lente normal, en donde el lente se compone de un solo elemento. Este elemento se elige especialmente por sus propiedades ópticas para una longitud de onda de 1.064 micras para un Laser de Nd:YAG. Se muestra la distinción que hay entre la distancia focal del lente y la distancia de la montura de la cara del lente al plano focal (la distancia de trabajo). Hay en este caso una diferencia de 1.5 mm entre el borde del lente ( $s_1$ ) y el borde de la montura del lente ( $s_2$ ). La distancia focal está determinada por los radios de curvatura del  $s_1$  y  $s_2$  y por el índice de refracción del material del lente para 1.064 micras.



Distancia focal y distancia de trabajo.

## PROPIEDADES DE LOS ELEMENTOS OPTICOS:

Los elementos ópticos para un Laser de Nd:YAG deben escogerse según sus propiedades para una longitud de onda de 1.054 micras.

A continuación se muestra la transmitancia, para varias longitudes de onda, de cuatro materiales no recubiertos que pueden usarse como elementos ópticos en un Laser.

NaCl- Cloruro de Sodio  
ZnSe- Selenuro de Zinc  
GaAs- Arseniuro de Galio  
Ge - Germanio

Nota: El NaCl es muy higroscópico  
El ZnSe es medianamente transparente  
El GaAs tiene buenas propiedades ópticas y excelente estabilidad al paso del tiempo  
El Ge posee buenas propiedades ópticas, pero su uso está limitado por sus características térmicas a bajas temperaturas. Además puede ser dañado por una densidad de potencia superior a 200 watts por centímetro cuadrado

Todos estos materiales son usados en la fabricación de lentes de enfoque y acopladores de salida.

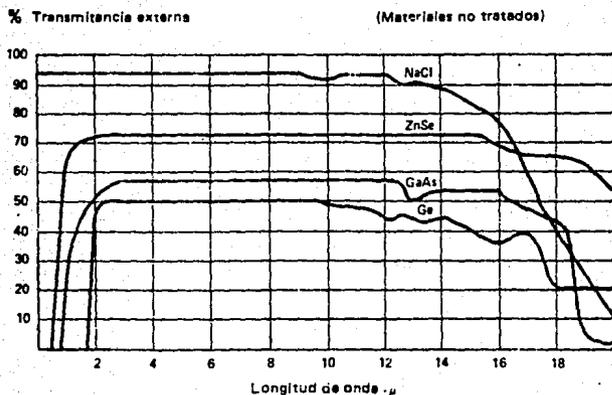


Figura 2.24 Transmitancia de materiales ópticos no cubiertos.

Los lentes deben construirse de materiales que tengan propiedades convenientes para la longitud de onda que interese.

Un acoplador de salida es un lente parcialmente reflector que se utiliza para reflejar una proporción definida de luz, de longitud de onda particular, en la cavidad resonante del Laser y transmitir o acoplar la luz restante, como un haz de salida.

## CONCLUSIONES:

El Laser de Neodimio; itrio-aluminio-granate (Nd:YAG) a utilizar, operará según las siguientes especificaciones:

-Modo Electromagnético TEM: Para efectuar la operación de corte, se utilizará el modo TEM<sub>00</sub> Gaussiano, pues este modo produce un haz que pueda enfocarse hasta una mancha de tamaño mínimo con una densidad de potencia muy alta. Es un modo con la mayor parte de la energía en el centro.

-Pulsación del Haz: El Laser se operará con pulsaciones intensificadas, es decir, de un modo cuasicontínuo, pues con esto, el pulso que se emite tiene una potencia máxima intensificada, varias veces mayor que el nivel de potencia de Onda Contínua (CW). El modo de pulso intensificado es el más útil para efectuar cortes, porque hay una fusión mínima de material circundante al punto de enfoque del haz y se reduce, entonces, la zona afectada por el calor (HAZ).

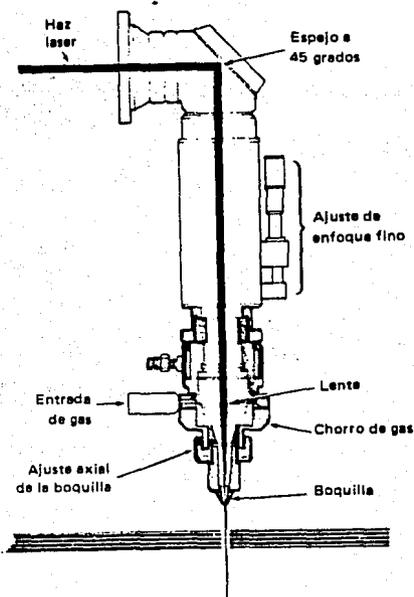
-Para procesar como límite un espesor en el material de 2 cm., se requiere de una distancia de enfoque de 0 a 5"

-Los elementos ópticos a utilizar pueden ser fabricados de GaAs (Arseniuro de Galio), estos son estables y poseen buenas propiedades ópticas; para la longitud focal que utilizaremos, es el que permite una mayor transmitancia de luz para la salida de la boquilla por ser bastante transparente.

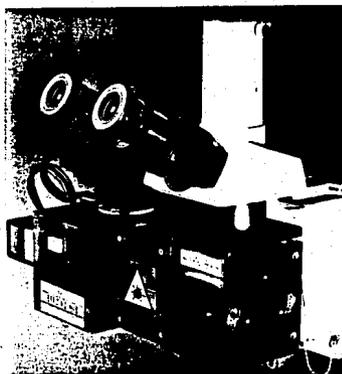
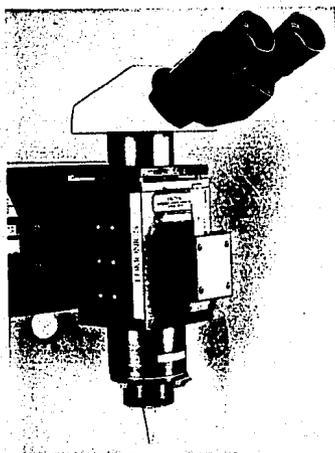
## SISTEMAS OPTICOS EN LA SALIDA DEL HAZ

El arreglo de salida para el manejo de un haz Laser de Nd:YAG puede ser de dos formas; El haz encuentra primeramente un espejo a  $45^{\circ}$ , enfriado por agua, que lo refleja a un ángulo de  $90^{\circ}$  hacia un lente de enfoque localizado al final de un tubo. La posición de la montura del lente se puede regular manualmente por medio de un micrómetro con Vernier, para el enfoque fino o para recorrer el plano focal; en otros casos es controlado numericamente por computadora. En algunas ocasiones, cuando así se requiere, se introduce hacia adentro del alojamiento gas, y se le hace pasar por una boquilla, para que forme un chorro coaxial alrededor del haz emergente. La boquilla del gas puede ajustarse alrededor del eje óptico del Haz.

Se pueden emplear varias clases de gases con el haz Laser, para diferentes fines. Se utiliza Oxígeno para iniciar una reacción exotérmica y aumentar la rapidéz de corte de secciones gruesas de material. Se emplea un chorro de aire con el mismo propósito en secciones delgadas de material; al mismo tiempo ayuda a desalojar posibles partículas de material desprendidas durante el procesado y que no fueron fusionadas. El chorro de gas sirve también para proteger la cara del lente contra partículas de material que se desprendan y para desalojar los desechos en cortes profundos.

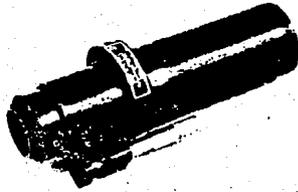


Algunos arreglos de salida del haz cuentan con un visor para seguir de cerca el procesado del material; otros cuentan con una cámara pequeña, la cual envía la imagen directamente al tablero de control para observación continua y apuntado del haz; otros implementan una pequeña lámpara para mantener continuamente el área de procesado. Se encuentran al mismo tiempo, una variedad de boquillas de salida para el haz Laser, dependiendo de la aplicación que se vaya a dar, en nuestro caso se ocupa una boquilla para corte. Se puede incorporar a la cabeza del Laser, un haz Laser de Helio Neón (HeNe), para el alineado del haz de Neodimio.

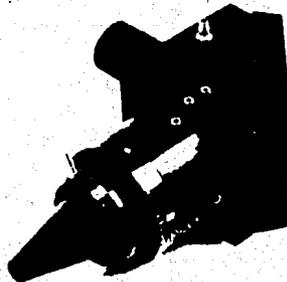


## ACCESORIOS OPTICOS

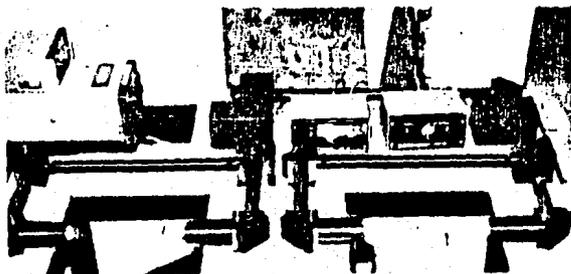
Casi todo sistema Láser necesita dispositivos de sostén del lente para enfocar en incrementos muy precisos, para esto existe la cabeza de enfoque fino; tiene un excelente cojinete dentro de la caja, se puede operar cabeza abajo y posee una amplia gama de ajustes; esta se adapta fácilmente a una gran variedad de aros y sujetadores de lentes.



Otro tipo de portaleses es la cabeza de enfoque de peso ligero; este está diseñado para sostener rígidamente una lente de enfoque, un anillo protector y un codo de 45°; opera a velocidades de 20 a 30 pulgadas por segundo (dependiendo de los requerimientos). La cabeza de peso ligero se puede enfocar mediante un anillo de cierre micrométrico que permite volver fácilmente a los ajustes anteriores. Pesa menos de 3 libras (1.36 Kg. aproximadamente).

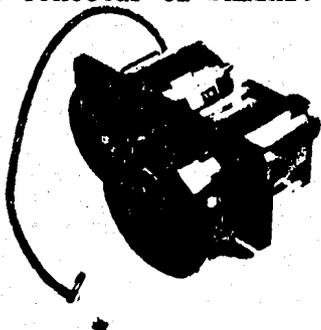


El Divisor de Haz estándar tiene un montaje ajustable para el espejo que permite el movimiento necesario para alinear el haz dividido a lo largo del resto del sistema.

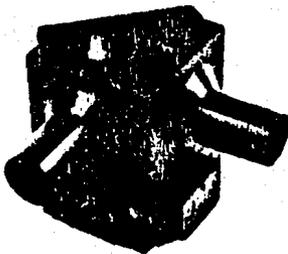


La Lente Giratoria desarrolla círculos hasta de 0.5 pulgadas de diámetro, otros desarrollan círculos de 1/8 a 1.00 pulgadas de diámetro. Estos cuentan con un motor de velocidad variable o con diversas velocidades fijas.

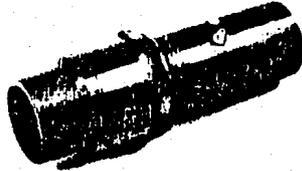
Debajo de la lente de enfoque es posible colocar diversos adaptadores, aros, o conectar el suministro para un chorro de gas.



El Codo se utiliza para reflejar el haz; en algunas ocasiones en las que el haz no viaja dentro de tubos se utilizan unos codos con adaptadores; el cual tiene orificios de salida del gas para inyectar aire limpio y seco, ó nitrógeno; en la caja del espejo para mantenerlo libre de humo o partículas perjudiciales.



El Colimador se utiliza para reducir la divergencia de los haces del Laser, en aplicaciones en las que el haz recorre una gran distancia; se puede usar hasta para haces de 1,000 watts. Un Colimador expande el haz; pero la gran gama disponible de ajustes, permite también reducir el tamaño del haz.



La Boquilla de salida asiste un chorro coaxial de gas, aire, oxígeno, que pueden inyectarse por la boquilla para ayudar a la operación de corte. La boquilla está hecha de un material reflector al Laser. La boquilla está caracterizada por ser expulsora de gases, la cual tiene medios de ajuste para asegurarse que la boquilla está centrada respecto a la salida del haz. Pueden acoplarse a tubos estándar; dichos tubos son de Aluminio, de pared gruesa y los hay disponibles en cualquier longitud para protección del haz hasta un punto cualquiera. También se encuentran diversos sujetadores y anillos para ajustar y asegurar la posición de los componentes.

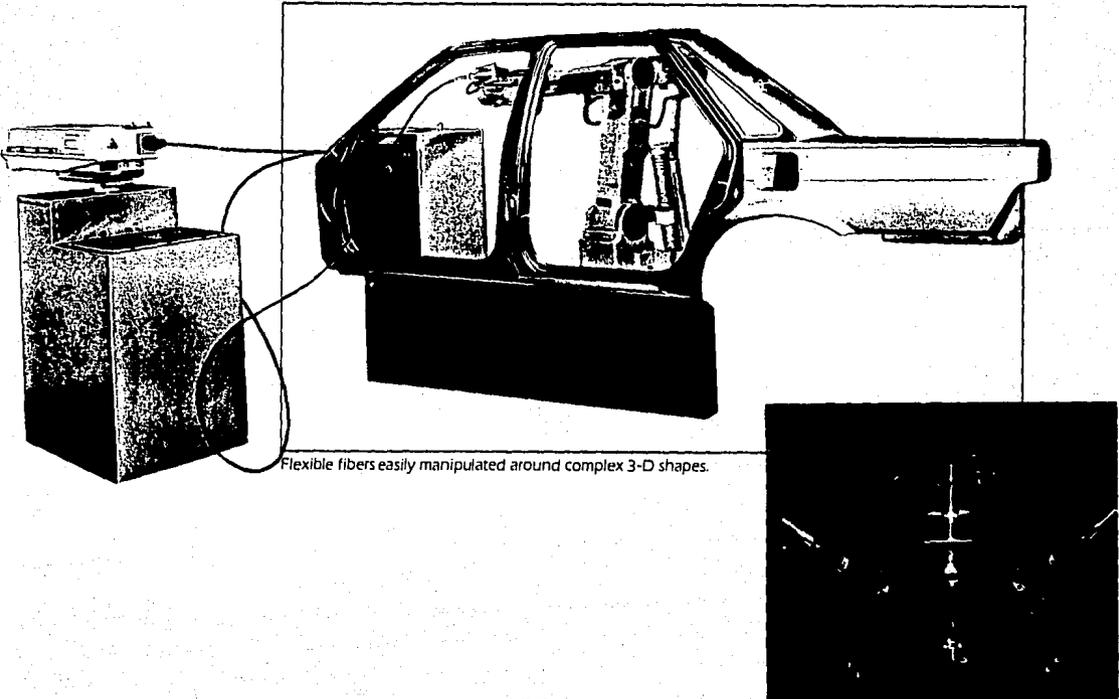
Existen otros accesorios y otros que deben diseñarse para aplicaciones especiales como componentes ópticos, sujetadores, anillos para usos especiales, codos y tubos telescópicos, placas adaptadoras y ajustes X, Y, Z para la conducción del Haz (cuando así se requiere).

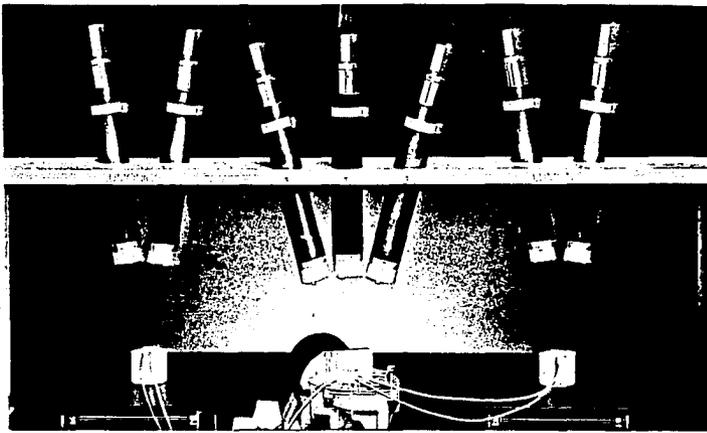
Otro arreglo de salida para el manejo del haz Laser de Nd:YAG es mediante fibras ópticas. En este caso se sitúa una terminal con conexión de la fibra óptica a la cabeza y generador del Laser, y sobre el otro extremo se coloca la boquilla de salida del haz.

Al utilizar un sistema de fibras ópticas para dirigir el haz Laser, la energía de salida es concentrada en los cables de las fibras ópticas y transmitidas hasta más de 150 pies, cuando así se requiera, desde el generador Laser hasta el área de trabajo, con el haz ya enfocado.

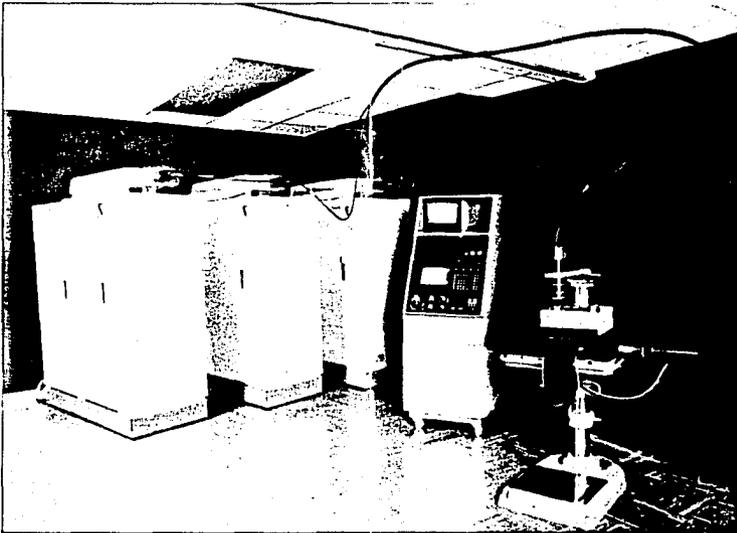
La pequeña y ligera boquilla de salida del haz puede ser fácilmente posicionada por medio de un sencillo sistema robotizado o cualquier otro sistema mecánico sencillo de posicionamiento; para la aplicación de corte. Esto asegura el aislamiento mecánico del procesado con el generador del Laser, eliminando la vibración del medio de la fábrica.

Duras, flexibles, protegidas con metal y forradas en plástico, las fibras ópticas; proveen una protección mecánica y contra partículas de polvo al operarlas en la producción.





Juego de Boquillas Procesando



Sistema General con arreglo de Fibras Opticas

A continuación, folletos y especificaciones de productos existentes:

# ARREGLO DE FIBRAS OPTICAS PARA LA SALIDA DEL HAZ LASER

## M U L T I P L E X \_\_\_\_\_

### BENEFICIOS POR SU APLICACION:

- Flexibilidad total al procesar
- Elimina los problemas de alineación de instrumentos ópticos
- Salida del haz ya enfocado
- Máximas distancias de trabajo
- Accesibilidad

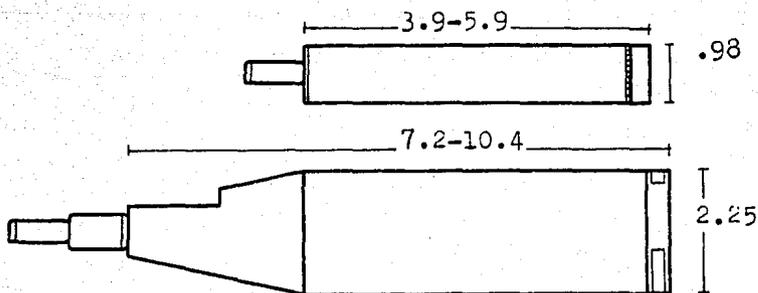
### ESPECIFICACIONES:

- |                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| • Máxima entrada de Poder   | 450 Watts    |
| • Máxima Energía por pulso  | 55 Joules    |
| • Máxima tasa de repetición | 500 Hz       |
| • Dimensiones de la mancha  | .008 a .060" |

### CARACTERISTICAS ADICIONALES:

- Acepta acoplar un sistema de visión y cámara del área de procesado
- Capacidad para implementársele un apuntador de He Ne
- Capacidad para implementársele una salida de gas asistido

### DIMENSIONES GENERALES:(pulgadas)



**LUMONICS**

# ARREGLO DE FIBRAS OPTICAS PARA LA SALIDA DEL HAZ LASER

## L A S A G M O D U L E S \_\_\_\_\_

### VENTAJAS POR SU APLICACION:

- . Procesado a largas distancias
- . Optimización del tiempo, al ser capaz de trabajar en distintas estaciones de trabajo con un mismo generador Laser
- . Aplicaciones múltiples
- . Aumenta las ventajas de la pequeña zona afectada por el calor, no existe contacto al momento del procesado, altas velocidades de producción y altas calidades de cortes.

### ESPECIFICACIONES:

- . Conexión a módulo LASAG simple
- . Longitudes del cable de 3,5 y 10 mts.
- . Máxima energía del pulso 30 joules
- . Máxima entrada de poder 400 Watts
- . Fibras Opticas de  $600\mu$

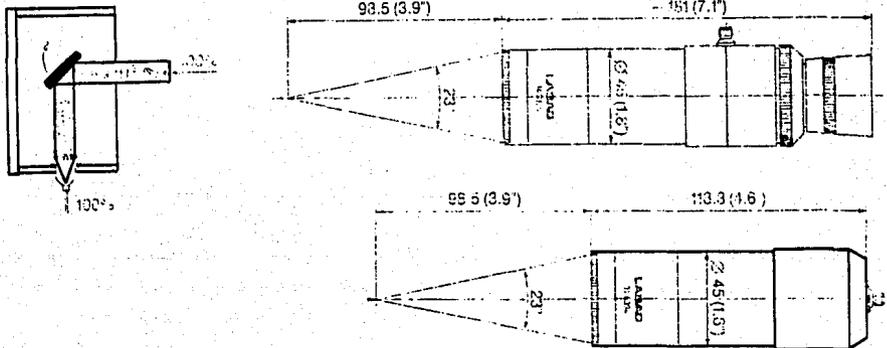
### CARACTERISTICAS ADICIONALES:

- . Cámara de circuito cerrado para observar el área de procesado
- . Boquilla de corte con gas asistido

### DIMENSIONES GENERALES (mm y pulgadas)

Módulo de Conexión:

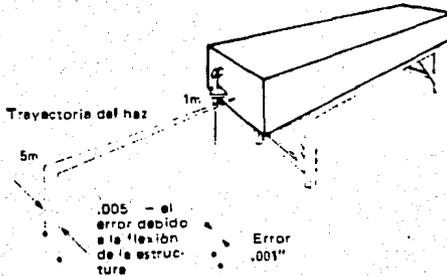
Boquillas:



## ERRORES EN LA DIRECCION DEL HAZ

La trayectoria del haz debe ser lo más corta posible para minimizar los problemas de dirección, la vibración y la expansión del haz debida a la divergencia.

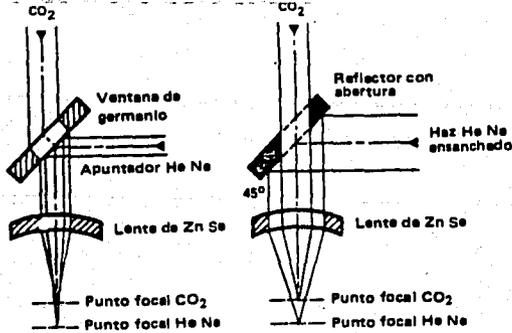
Al diseñarse un sistema Laser deben evitarse las disposiciones o instalaciones en las que en una parte de la estructura de apoyo hay recirculación de fluidos del sistema de enfriamiento, ya que pueden modificar la posición relativa entre el punto de trabajo y el haz de Laser enfocado.



Una pieza de sujeción bien diseñada y un sistema de emisión del haz correctamente anclado al Laser o a su dispositivo de apoyo pueden dar tolerancias, entre el haz enfocado y la pieza, de  $\pm 0.0005$  a  $\pm 0.002$  pulgadas. El haz conservará una precisión verdadera de 0.0005 pulgadas.

Una manera de colocar el objeto o material de trabajo con precisión micrométrica, o de verificar su posición, consiste en usar un haz Laser indicador de Helio-Neón.

Las trayectorias ópticas de los dos haces pueden tener ejes diferentes o ser coaxiales, dependiendo de las necesidades. Si las trayectorias son coaxiales, el haz He-Ne puede ir combinado con el haz de CO<sub>2</sub> en operación, haciendo pasar el último a través de una ventana óptica de germanio a 45°, al cual es transparente el haz de CO<sub>2</sub> y en cambio refleja el haz de He-Ne. Así el resultado, justó al elemento óptico, es tener que los dos haces coaxiales.



Los dos haces se enfocarían a distancias ligeramente distintas. El lente debe ser transparente a ambas longitudes de onda, uno de estos lentes está normalmente hecho de seleniuro de zinc.

Otra manera de hacer coincidir los ejes de los dos haces es hacer pasar a través de una abertura de un espejo a  $45^\circ$  y reflejar un haz ensanchado del laser de He-Ne, el cual se refleja coaxialmente al haz de trabajo y se enfoca a través de la misma lente.

## SISTEMAS OPTICOS EN LA SALIDA DEL HAZ:

El arreglo, para el manejo del haz Laser en este proyecto, será por medio de Fibras Ópticas, ya, que con este método se obtienen los mejores resultados y mayores beneficios al procesar los materiales, y por sus características generales al aplicarlo.

Entre las variadas ventajas con que cuenta este método en comparación con la cabeza Laser son:

-Fácil Acceso: La ligera y compacta boquilla de salida puede ser fácilmente introducida en estaciones de trabajo, en donde el espacio es limitado. El Laser podría ser instalado en un área remota de la fábrica, donde exista espacio libre disponible, y donde se facilite su mantenimiento sin causar disturbios en el área de producción.

-Fácil Manipulación: puede ser manipulada por un sistema sencillo robotizado, cuando se necesiten movimientos para configuraciones tridimensionales, o más ejes, si así se requieren; o puede ser manipulado también por un sencillo sistema mecánico de posicionamiento, algo similar a una mesa con movimientos X, Y, Z, (sistema Gantry).

-Procesado Remoto en Costosas u Hostiles Areas de Trabajo: Un cuarto limpio especial sería muy costoso; utilizando las fibras ópticas, el generador Laser puede ser situado e instalado fuera del cuarto y transmitir el haz Laser hacia una o más estaciones de trabajo.

-Elimina los problemas de vibración

-Flexibilidad de Movimiento

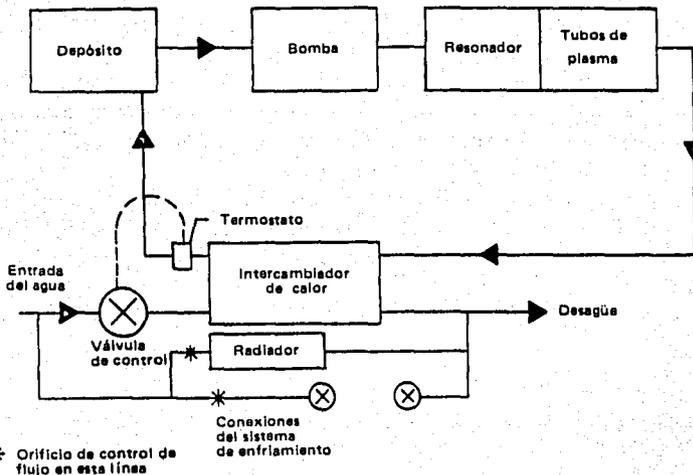
- Transmisión de Altas Densidades de Potencia: Con esto se logran procesados más rápidos y más profundos, si así se desea. Las fibras ópticas aceptan potencias hasta arriba de los 400 watts, con pulsos de energía arriba de los 55 joules y tasas de repetición arriba de los 500 Hz para dar capacidad de procesados más rápidos y con mayores penetraciones sobre el material de trabajo. Con el uso de fibras ópticas se presenta la capacidad de combinar la salida de hasta tres sistemas de fibras ópticas al mismo tiempo para producir hasta poderes de densidad en Kilowatts para el procesado de diversos materiales; esto ayuda al mismo tiempo para obtener velocidades más altas de procesado.
- Diámetros y Dimensiones Constantes de la Mancha del Haz: La utilización de las fibras ópticas permite y asegura que las dimensiones de la mancha del haz enfocado sea constante, aún cuando la fibra sea curvada. Esto elimina también las variaciones en el diámetro de la mancha, lo cual podría ocurrir durante los primeros pulsos después de prender un sistema Laser de estado sólido.
- Capacidades Comprobadas: Ya se ha comprobado anteriormente las capacidades del sistema guía del haz Laser con fibras ópticas, y se han logrado excelentes resultados.
- Asistencia de Gas: Permite asistir el corte con un chorro coaxial de gas o aire (dependiendo del espesor del material) para acelerar la velocidad de procesado y para obtener cortes más profundos y limpios.
- Permite ser alineada con un haz de un Laser de Helio Neón
- Accesorios: Permite adaptar un sistema de visión y cámaras para observar de cerca el procesado y alineamiento de la boquilla con el material de trabajo.

#### 4.7 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO:

El Sistema de Enfriamiento del Laser es un sistema de malla cerrada para el control de la temperatura.

El aceite proveniente de un intercambiador de calor, pasa por un termostato que mide y controla su temperatura en  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  de un valor prefijado. El aceite pasa por un recipiente y posteriormente a una bomba, que lo impulsa hacia el resonador, los tubos de descarga y de nuevo al intercambiador del calor. El volumen completo de aceite pasa por un intercambiador cada 60 segundos. La variación medida de la temperatura en el resonador es de solamente  $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$ .

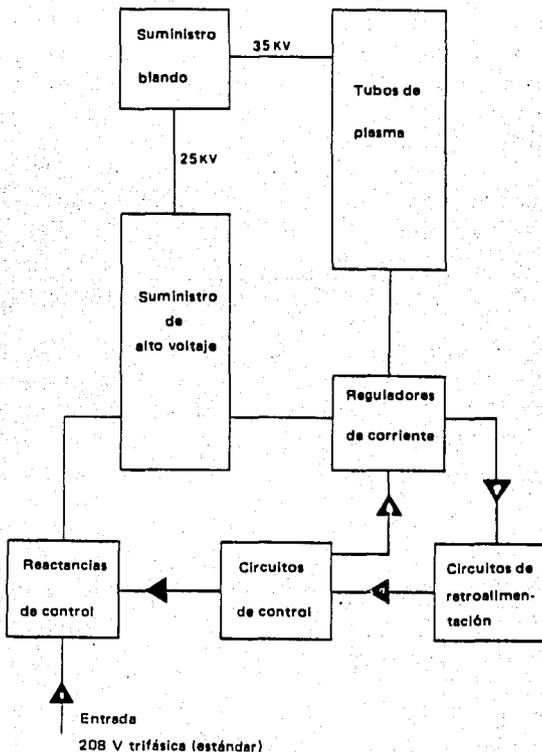
En el intercambiador, el calor excedente del aceite circulante se transfiere al agua y el termostato regula el flujo de ésta por medio de una válvula de control. La temperatura de los componentes electrónicos y del o los lentes de enfoque del Laser, también es controlada mediante una línea secundaria del sistema de enfriamiento.



#### 4.8 SUMINISTRO DE ENERGIA:

La fuente de energía del Laser está controlada por reactancias saturables que funcionan normalmente con una alimentación trifásica de 208 volts. La energía pasa a través de las reactancias de control hacia la fuente de alto vol-

taje que tiene una salida de 25 kilovolts. Si el Laser se hace funcionar en un modo pulsante, una fuente suave de energía alimenta otros 10 kilovolts, para aplicar una tensión total de 35 kilovolts a los tubos de descarga. El circuito de retroalimentación detecta las variaciones controlando la intensidad de corriente que fluye hacia las reactancias de control.



#### 4.9 FABRICANTES DE EQUIPOS LASER DE ND:YAG

La mayoría de los fabricantes de equipos Laser son de origen extranjero, en los que podemos encontrar una gran variedad de cabezas Laser; como ya hemos mencionado anteriormente, existe una cierta ventaja al utilizar equipo nacional de preferencia, en este caso, el tipo de Laser que se requiere, solamente puede ser distribuido por compañías de E.U. ó distribuidores en México; pero en caso de requerirse de refacciones se pueden obtener en un periodo de tiempo corto por medio de los distribuidores en México, y dependiendo del tipo de refacción, también pueden ser fabricadas en el Instituto de Investigaciones Ópticas de León; Guanajuato.

De los equipos Laser que a continuación se presentan, se ha optado por implementar el Laser de LUMONICS, pues es el que cuenta con los requerimientos que necesitamos, y el que cuenta con la mayoría de las ventajas.

En segundo término, también se puede utilizar el sistema LASAG, y se pueden obtener buenos resultados que con el sistema LUMONICS; la diferencia es de precios y dimensión entre sistemas.

# JK700 SERIES LASER

El modelo JK 700 es una serie completa de Laseres de ND:YAG, trabajando por pulsaciones, ofreciendo la más alta precisión en todo tipo de cortes; este tipo de diseño minimiza el tiempo de procesado, el número de operadores, la necesidad de especialistas para su servicio de mantenimiento.

Tres modelos son disponibles entregando 400 W (mod. 701), 250 W (mod. 702), 100 W (mod. 703) de poder. Cada modelo en su configuración estandar, puede ser utilizado para cortar, perforar, marcar, etc.

Los modelos se ofrecen con el sistema plug-in (insertar) en los elementos ópticos para minimizar la divergencia del rayo Laser.

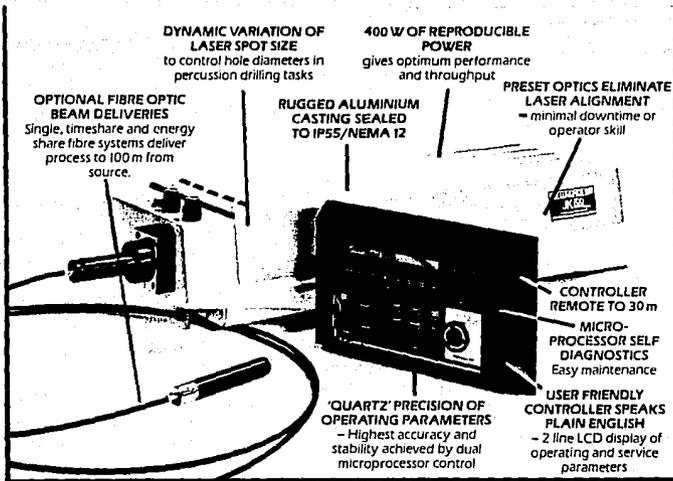
El haz Laser es concentrado en una mancha muy potente, resultando:

- .Espesores más finos de cortes (menos de 100 micrones/.004 pulgadas)
- .Penetración más profunda (arriba de 10 mm/.4 pulgadas)
- .Distancia de trabajo más larga (120 mm/4.8 pulgadas)
- .Altas velocidades de corte (a máxima potencia 600 pulgadas/minuto)

Los modelos permiten una alta precisión y estabilidad por el uso de un microprocesador dual.

Facilidad de mantenimiento es otra de las cualidades de los modelos JK 700, aparte de la estructura fabricada en material NEMA 1P55/NEMA 12 y la capacidad para implementar un sistema de fibras ópticas para la entrega del haz Laser.

LUMONICS

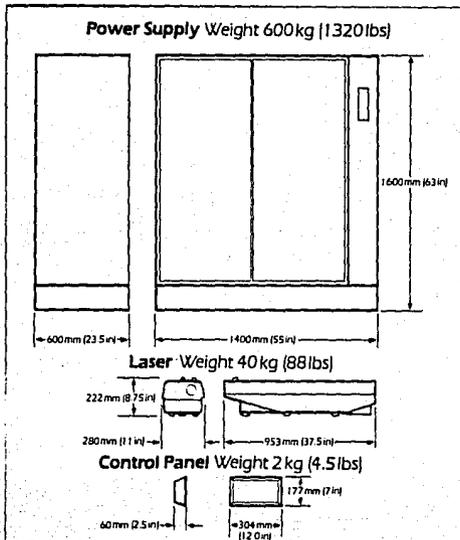


**Partes Esenciales del Modelo JK 700**

**GUIA DE PROCESADO:**

.Espesor del Material	.01 a 2" (materiales para cal-
	zado)
.Borde Afectado por el Calor	.05 mm. (.002")
.Máximo Poder	400 W
.Máximo Pulso de Energía	55 Joules
.Rango de Repetición	.2 a 500 Hz.

**DIMENSIONES GENERALES:**



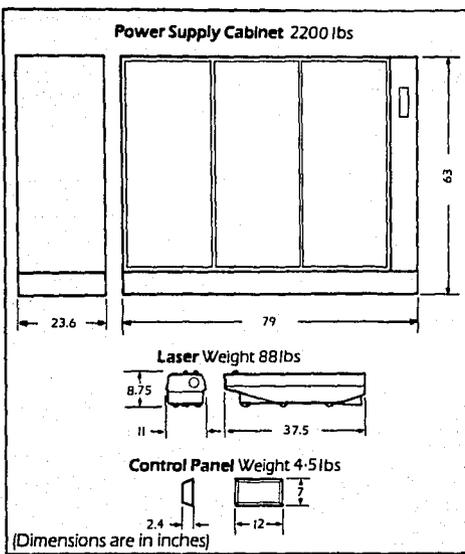
# JK704 LASER

Los beneficios por la utilización del Laser modelo JK 704 para altas velocidades de procesado, penetración máxima del corte son los siguientes:

- .La capacidad de concentrar la energía del Laser en un área mínima en un periodo corto de tiempo para obtener la potencia máxima concentrada(peak power).
- .Alto poder instantáneo
- .Baja divergencia
- .Concede el mismo máximo poder que los modelos JK 700 pero cuatro veces más la máxima potencia concentrada
- .Tiene las ventajas del modelo JK 700
- .Mínima zona afectada por el calor
- .Máximas velocidades de corte

## GUIA DE PROCESADO:

.Espesor del Material	hasta 3" (material para calzado)
.Máxima velocidad	hasta 600 pulg./min.
.Zona Afectada	.004 a .020 pulg.
.Diámetro de la mancha	.004 a .40 pulg.
.Máximo Poder	400 Watts
.Máximo Pulso de Energía	50 Joules
.Máximo Poder Concentrado	20 KWatts
.Rango del Pulso	.3 a 20 mseg.
.Rango de Repetición	.2 a 500 Hz.



**Dimensiones Generales:**

**REQUERIMIENTOS DE SERVICIO:**

- |                          |                |
|--------------------------|----------------|
| .Fuente de Poder         | 22 KVA         |
| .Consumo de poder        | 17 KW          |
| .Requerimientos de Agua  | 8 g.p.m.       |
|                          | 30 p.s.i. min. |
|                          | 90 p.s.i. máx. |
| .Temperatura de ambiente | 40-95 °F       |
| .Humedad                 | 95% a 59 °F    |
|                          | 32% a 95 °F    |



**VISIBLE AND INVISIBLE LASER RADIATION**  
**AVOID EYE OR SKIN EXPOSURE TO**  
**DIRECT OR SCATTERED RADIATION**



MAX OUTPUT 120J, 600W/2mW  
 PULSE DURATION 0.3-20ms/CW  
 WAVELENGTH 1084nm/633nm

**CLASS IV LASER PRODUCT**

E68C6501B

Whilst the JK700 Series are Class IV lasers, when supplied complete with safety enclosure they can be to Class I Safety Standards.

Manufactured by JK Industrial Products

# LASAG-Laser KLS 522

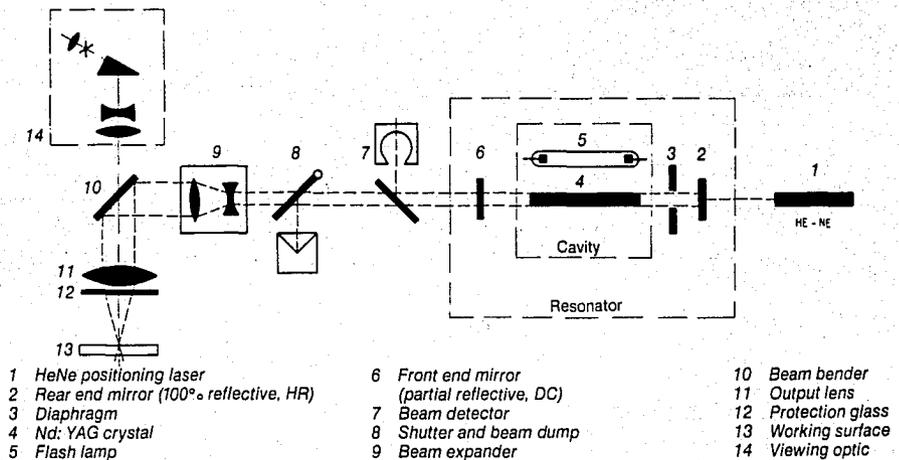
## VENTAJAS DEL LASER DE ND:YAG LASAG:

- Versatilidad: Flexibilidad en el procesado para perfectos resultados de corte, mínima distorsión térmica en el material, no existe contacto entre herramienta y material
- Economía: Laser de alta potencia optimizando sus requerimientos de trabajo, rápida y fácil intercambiabilidad de unidades y elementos

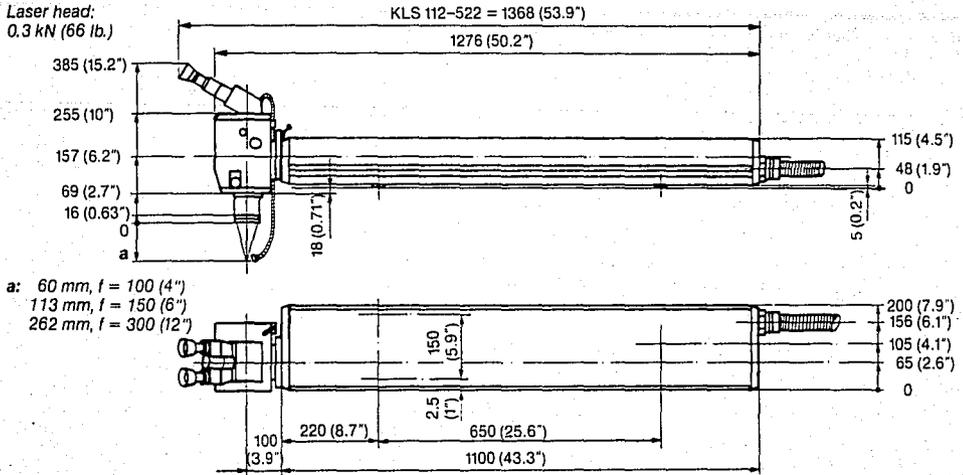
## CARACTERÍSTICAS GENERALES:

- Fácil intercambio de refacciones
- Apuntador de He Ne
- Mecanismo de afocamiento
- Boquilla con gas asistido a presión
- Seguridad
- Múltiples Aplicaciones
- Cámara de visión del área de procesado

## ESQUEMA GENERAL:



## DIMENSIONES GENERALES :



NOTA: Fuente de Poder -Peso 1540 Lb.

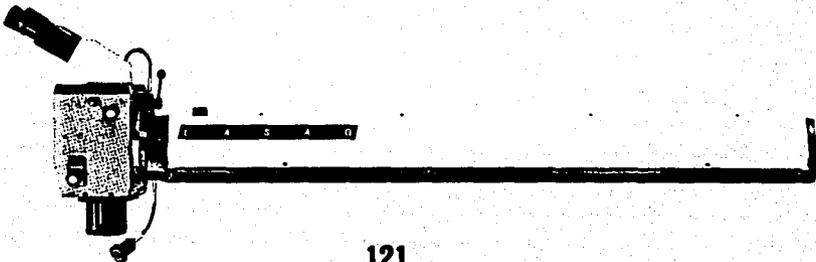
-Dimensiones 60 x 30 x 40 pulgadas

## ESPECIFICACIONES:

- Longitud de Onda 1.06 m
- Duración de Pulsos .1 a 20 mseg.
- Tasa de Repetición 300 Hz
- Poder Máximo Concentrado 20 Kwatts
- Energía del Pulso 50 joules
- Máxima Potencia 450 Watts

## REQUERIMIENTOS:

- Voltaje V/220 V
- Consumo de Energía 20 KVA
- Frecuencia 50 Hz
- Agua (enfriado) 30 a 150 psi (entrada)
- Consumo de Agua .5 a 4.7 glmin.



#### 4.10 INSTALACION

En esta etapa se efectúan las conexiones finales del Laser a las alimentaciones de Electricidad y agua (cuando así se requiera). Se llevará a cabo la verificación del modo y la potencia para asegurarse de que el Laser se encuentra en buen estado. Se capacita al personal en la operación y mantenimiento preventivo. Cuando así se requiera, se alinearan los componentes ópticos, o hacer las adaptaciones necesarias a los accesorios del sistema de movimiento del haz y/o material de trabajo.

#### 4.11 CAPACITACION EN OPERACION Y MANTENIMIENTO

Además de la capacitación de operación y mantenimiento, también se debe saber acerca de la limpieza de los elementos y su alineación. Si se trata de sistemas controlados numericamente por computadora, como en nuestro caso, se habrán de impartir cursos sobre el manejo general del sistema. Si se emplea alimentador, la capacitación contendrá algunos conocimientos básicos de su operación y una descripción de los puntos de ajustes y mantenimiento.

#### 4.12 PARTES DE REPUESTO

Sobre las piezas empleadas en el sistema, se recomienda que se tenga en almacén una reserva de piezas, tales como lámparas de destello, que son las que se ocupan más frecuentemente.

#### 4.13 MEDIDAS DE SEGURIDAD DEL LASER

##### REQUISITOS DE LA BRH:

Los requisitos de seguridad relacionados con el Laser están regulados por la Oficina de Salud Radiológica (BRH), que es un organismo del Departamento de Salud, Educación y Bienestar. Esta fija las normas con las que tendrán que contar los equipos de rayos Laser, dirigidas a la protección del personal de operación. Dentro de tales medidas tenemos las siguientes:

- .Blindaje de la barra de Neodimio. Evita las emisiones secundarias de los tubos del Laser
- .Blindaje de la fuente de energía. Se exige el blindaje alrededor de la fuente de alto voltaje, para impedir la emisión de rayos X blandos.
- .Etiquetas de advertencia. La BRH exige que se adhiera una etiqueta a cada Laser indicando su nivel de potencia y advirtiéndolo claramente el peligro que representa.
- .Indicador de emisión. Una luz indicadora que se enciende cerca de la salida del haz y que indica que este está siendo emitido desde el interior de la cubierta.
- .Luz de Obturador. Una luz situada cerca de la salida del haz y que indica que el obturador está abierto y se está emitiendo un haz.
- .Retardo. Cada Laser tiene un retraso mínimo de 10 segundos en la emisión, de manera que, si el Laser es encendido accidentalmente el haz no será emitido de inmediato.
- .Cubierta de seguridad del haz. Para impedir la exposición accidental al haz mientras se ajustan los elementos ópticos de salida.
- .Controles con cierre de llave. Para impedir que sean usados por personas no autorizadas.

##### ALTO VOLTAJE:

El riesgo para el personal está en el alto voltaje de operación más que en el haz Laser. Se han tomado las medidas adecuadas para proteger al operador y al personal de mantenimiento del peligro del alto voltaje.

1- Destridor y Puertas tipo Wema. Para proteger a la máquina y al operador de peligros exteriores tales como el agua.

- 2-Conexión de las cubiertas de acceso. Esto conectará el Laser automáticamente a tierra si la cubierta es abierta.
- 3-Conexión total a tierra. Todos los componentes del sistema están conectados electricamente a tierra.
- 4-Sensor de alta temperatura. Para disminuir la potencia del Laser cuando se alcancen temperaturas anormales.
- 5-Sensor de corriente elevada. Para disminuir la potencia del Laser cuando se produzcan corrientes extraordinarias.

#### SEGURIDAD DEL SISTEMA

Las medidas de seguridad mencionadas se refieren al Laser mismo. Se requieren otras medidas adicionales cuando se acopla a un sistema, para asegurarse que el operador o el personal de mantenimiento no se expondrán inadvertidamente al Laser.

- 1-Haz cubierto. El haz Laser pasa dentro de tubos de paredes gruesas, desde la salida del resonador hasta los elementos ópticos de enfoque.
- 2-Cubierta del área de trabajo. Una cubierta colocada alrededor del área de trabajo garantiza que los haces dispersos no dañarán a las personas que pases.
- 3-Enclavamiento de las cubiertas de acceso. Las puertas de acceso al interior tienen un dispositivo de enclavamiento para impedir que el Laser se encienda mientras están abiertas. Un perno impide abrir la puerta cuando el Laser está funcionando.
- 4-Elemento óptico focal. El último elemento óptico en el paso del haz es la lente de enfoque. Más allá del foco, el haz diverge y su intensidad (densidad de potencia) disminuye en proporción directamente al cuadrado de la distancia del foco.
- 5-Sistema de extracción. Muchos de los materiales que se procesan, producen, al quemarse, vapores dañinos ó tóxicos. Un sistema extractor elimina los vapores de las cercanías del operador.

## SENTIDO COMUN:

Una vez instalado el sistema, los usuarios deben tratarlo con la precaución que merece cualquier otro equipo industrial. El mejor sistema de seguridad puede ser anulado por operadores y personal de mantenimiento bien intencionado. Por lo que se requiere tomar las siguientes precauciones:

- .Gafas de Seguridad. Cualquier lente de seguridad de plástico o de vidrio es opaco al haz del Laser. El personal de operación debe usar gafas, como lo haría si estuviera manejando un torno.
- .Personal Autorizado. Las personas que operan el sistema Laser deben estar capacitadas para ello y adiestradas en las medidas de seguridad que se han mencionado.
- .Precaución. El Laser y el sistema deben ser tratados con la precaución con que se debe tratar a toda máquina herramienta potencialmente peligrosa.

#### 4.14 PROCESADO DE MATERIALES CON UN LASER DE ND:YAG

El maquinado con rayo Laser está acompañado por la absorción de una alta intensidad de energía Laser; la conversión de esta energía en calor, da como resultado una selectiva evaporación del material, produciendo eficazmente un corte, agujero o marcado sobre material. Este proceso de remoción de material es ALTAMENTE EFECTIVO EN PLASTICOS, PIELS Y OTROS MATERIALES, QUE SON EMPLEADOS PARA LA FABRICACION DE CALZADO por dos razones principales:

.Los plásticos y demás materiales a procesar, tienen un coeficiente de absorción de radiación infraroja emitida por el rayo Laser.

.Los plásticos y demás materiales a tratar, generalmente tienen una baja capacidad de conductividad térmica, que da como resultado una baja disipación de la energía absorbida, por lo tanto manteniendo una alta concentración de alta energía en un punto dado.

En maquinado con Laser, algunas veces es considerado como un proceso raro o exótico; actualmente tienen algunas diferencias de características que las que presentan en los métodos de corte convencionales.

LOS MAXIMOS LOBROS DE CORTE SON EN FUNCION DE LAS PROPIEDADES DEL MATERIAL Y DE LOS REQUERIMIENTOS DEL PRODUCTO.

Muchos factores, inherentes al maquinado con Laser, simplifican la parte del diseño del proceso; con este método de corte SE PUEDEN MAQUINAR PEQUEÑOS O DELGADOS COMPONENTES SIN EL REQUERIMIENTO DE FUERZAS MECANICAS. La máxima dimensión que puede ser maquinada, es determinada en este caso solamente por la utilización del sistema para el posicionamiento de piezas o material de trabajo.

Un beneficio adicional al maquinar con Laser es la Habilidad para maquinar en áreas normalmente inaccesibles para las herramientas de los procesos convencionales.

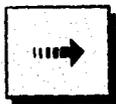
A continuación se presenta una lista de las ventajas y observaciones recabadas durante las pruebas de procesamiento de los diversos materiales que se emplean para la fabricación del calzado.

## PARAMETROS DEL PROCESADO CON UN LASER DE ND:YAG

PARAMETRO	VALOR
Potencia	de 400 watts hacia arriba en forma pulsante
Salida	Pulsaciones
Pulsaciones	1-2000 p.s.
Distancias focales de los lentes	1-10 pulgadas (2.5-25 cm) (depende del espesor del material a procesar).
Desviaciones	0 +0.050" (1.3 mm) máximo
Velocidades	Limitada solamente por la capacidad de movimiento de la boquilla de salida o material de trabajo.
Gas Asistido	Aire comprimido u Oxígeno
Presión del Gas Asistido	10-60 p.s.i.

Algunas de las grandes ventajas y observaciones que podemos obtener con la utilización de este método de corte son:

- La posibilidad de movimiento de la pieza de trabajo o del haz Laser; o ambas
- Altas velocidades de corte: Dependiendo del espesor del material, y en su caso, del sistema para el movimiento del haz o de la base de trabajo.



- No existe contacto entre el haz cortante y la pieza de trabajo. Con esto los materiales pueden ser maquinados a altas velocidades sin agrietarse o sin que se presente una degradación mecánica del borde.



-No utilización de Herramientas.



-El Proceso puede ser automatizado de un modo sencillo.



-Altos estándares de calidad.



-Excelente repetibilidad para una producción en serie.



-No existe influencia sobre las características eléctricas o magnéticas del material a procesar.



-Bajos niveles de ruidos.



-Capacidad para trabajar una gran diversidad de materiales tanto metálicos como no metálicos.

ABSORCION DE ENERGIA A 1.06 micras

Eficiente procesado con rapidéz:

Materiales Orgánicos

Acrílicos

PTFE

Oxido de polimetileno

Poliétileno

Poligropileno

Policarbonatos

Caucho Sintético

Caucho natural

Piel

Madera

Lana

Materiales Inorgánicos

Coefficiente de expansión  
térmica:

Relativamente

Alto:

Vidrios

Relativamente

Bajo:

Cerámicas

Guarzo

Alúmina

Porcelana

Asbesto

Mica

Gemas naturales

## Algodón

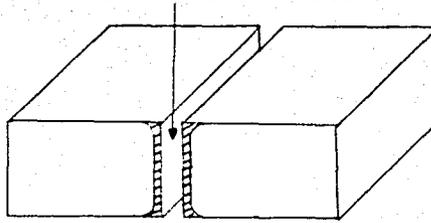
Laminados unidos con resinas

Cloruro de Polivinilo

- Permite Optimizar Procesos
- Puede efectuar diversas operaciones como:  
Corte Soldadura Marcado
- Permite la modificación del haz: Existen varias técnicas para modificar el haz, de manera que pueda operar en sistemas de diferentes tipos: modificación para dividir el haz en un número mayor de haces; intermisión o conmutación, se emplea cuando se necesita una rapidéz de pulsación mayor que la que tiene el Laser; operar en pulsaciones o de ráfagas continuas; posibilidades de configuración de la potencia.
- Diferentes dimensiones en barras de Nd:YAG, para diferentes aplicaciones y diferentes materiales.
- El haz puede ser controlado manualmente, mecánicamente, electrónicamente, o una combinación entre ellos.
- El corte con Laser no solo es rápido y limpio, sino que mantiene un borde muy delgado a lo largo del controno, y también elimina la necesidad de procesos posteriores como la limpieza de rebabas o rectificación del corte.
- Zona mínima afectada por el calor. El maquinado se caracteriza por una zona mínima afectada por el calor. Cuando la energía de entrada aumenta, la zona afectada por el calor aumenta y la redonde de la parte superior e inferior podría ocurrir. La anchura de la zona transformada está influenciada por las propiedades físicas del material.



zona del material removido



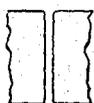
zona calentada sin remoción  
de material (kerf)

-Generación de rebaba mínima. El grado de rebaba en un material, está determinado por la dimensión de la zona afectada por el calor. Los materiales ó parámetros del proceso que aumentan la dimensión de la zona afectada, aumentarían también la cantidad de rebabas en el borde del corte. Cuando el espesor del material aumenta, la cantidad de energía requerida para efectuar la operación generalmente aumenta, por lo tanto la tendencia de rebabas aumenta. Claro, la tendencia de la rebaba también depende de otros parámetros del proceso; por ejemplo, pulsando la energía del Laser o aumentando la velocidad del gas asistido para reducir el grado de deformación de rebabas.

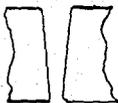
-Mínima Distorsión del Corte. Al igual que en el maquinado convencional, los cambios dimensionales producidos por la resistencia del relieve de la superficie con respecto a la superficie posterior puede resultar en distorsión (curvado) del material. Los materiales con baja estabilidad dimensional o de baja rigidez, se podrían distorsionar.



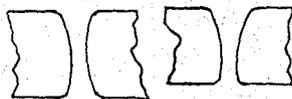
Secciones posibles de obtener:



recto



afilado



recto

afilado

Altas Velocidades  
de Corte

Bajas Velocidades  
de Corte

Terminados de Bordes Para Varios Materiales  
(fotografías ampliadas a 12 X)

Material	superficie superior	Borde	Superficie inferior	Micro Asperesa
Acrílico Baja Vel.				
Acrílico Alta V.				
Policarbonato				
P.V.C.				
Don niesto				

Nota: Microasperesa en Micropulgadas  
(Fuente: COHERENT, INT.)

Consideraciones Para la Selección del Proceso Para Operar en Plásticos: Cortes

- Sección del borde (reconocido de superficies, estrechez, rebabas)
- Terminado del borde (aparencia, rugosidad, Ondulación)
- Propiedades Mecánicas (resistencia a fracturas)
- Tolerancias en el Dimensionamiento
- Distorsión

- Vaporizado del Material
- Remoción de Sobrantes de Materiales. Esto se lleva a cabo por la utilización de un gas, normalmente aire u oxígeno, que es expelido por la boquilla de corte, paralelo al haz Laser.
- Permite la recirculación del medio activo; lo que minimiza los costos de operación
- Permite efectuar cortes de alta penetración. Esto ayuda a procesar varias láminas de material al mismo tiempo
- El proceso genera gases tóxicos. Al procesar los materiales plásticos y la piel, se presenta un alto grado de fusión del material, y parte se combustiona y se presenta en forma de gases, los cuales pueden ser dañinos para el operador en caso de este ser aspirado por periodos prolongados de tiempo. La implantación de un sistema extractor sería adecuado (como en este caso).
- No se requieren de sujetadores para la pieza o material de trabajo a procesar. El procesado ocasiona leves movimientos; pueden ser despreciados en nuestro caso por presentarse piezas de gran tamaño. Depende también del espesor del material a procesar.
- El corte puede ser realizado fácilmente hacia cualquier dirección y puede empezarse desde cualquier lugar.
- Cortes sin observación pueden ser ejecutados. No se necesita estar observando el procesado, en caso de contar con un método de control automático.
- Posibilidad de operar en diferentes estaciones.
- Economía de operación. Los altos y buenos resultados que se pueden obtener con el maquinado con Laser, son en parte debido a la alta densidad de energía, adicionándose el costo de efectividad del método.  
Estos resultados están directamente relacionados con los alcances máximos de producción.  
Los máximos logros de corte, son en función de la alta productividad del sistema y su bajo costo de operación.
- Maximización de la Productividad.

INVESTIGACION

5. **OPERACION EN  
MOPVIMIENTO**

## 5.1

### NECESIDADES QUE SE PRESENTAN PARA EL SISTEMA DE PROCESADO DE MATERIALES:

- Que exista nivelación entre la herramienta de corte y base de trabajo (No se presenten problemas frecuentes a causa de esto)
- Tratar de que no se desgaste la base de trabajo a causa de la acción de la herramienta de corte
- Que permita obtener las configuraciones de corte que requerimos
- Que no exista movimiento entre la base de corte y la herramienta de corte, y entre la pieza de trabajo y la herramienta de corte
- Tenga la capacidad para manejar una amplia gama de materiales y de diferentes espesores y presentaciones
- Evitar el mínimo desgaste de los componentes del equipo, por lo que se requieren de materiales adecuados según la operación que se va a efectuar
- Fácil acceso a las áreas de reparaciones, mantenimiento y adaptaciones
- Confiabilidad de operación al contar con accesorios de repuesto para casos de emergencia
- Deberá cumplir con los requisitos legales de seguridad que establece la oficina coordinadora de seguridad Industrial; se obtiene seguridad de uso
- Que ayude a realizar la operación con más rapidez y de una manera menos laboriosa
- No sea réplica de maquinaria que ya no tiene patente
- Mayoría de los componentes nacionales, tratar de lograr una mejor calidad para que pueda ser competitiva internacionalmente; para evitar altos aranceles; no dep. tec. ext.
- Evitar vibraciones y ruidos al máximo
- Área de ocupación mínima
- Que no se presenten fallas muy frecuentes
- Tratar de obtener un bajo costo de operación, lo que ayuda a obtener un bajo costo por pieza; baja mano de obra relativamente; costo del equipo relativo
- No requiera procesos posteriores por deficiencias de operación
- Precisión
- Repetibilidad

## OPERACION EN MOVIMIENTO

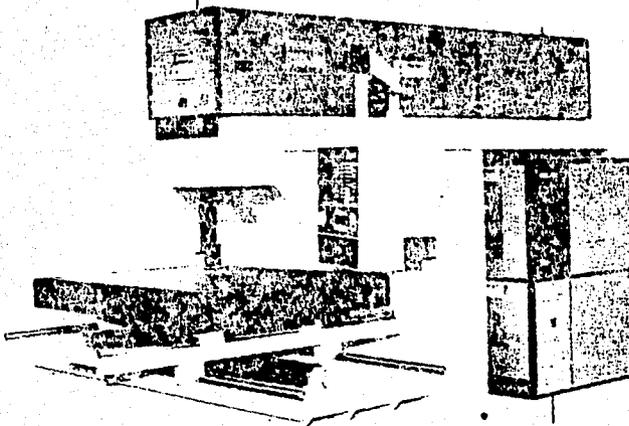
Para efectuar la operación del corte de la configuración requerida, se necesita realizar el movimiento del haz Laser, material o pieza de trabajo, o una combinación de ambos.

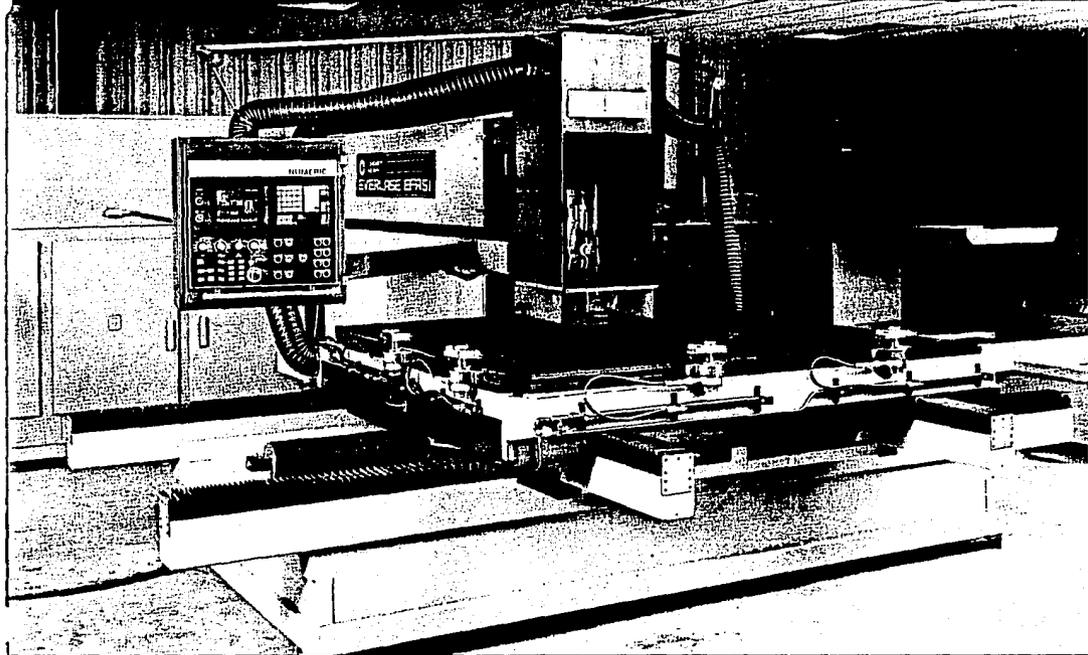
Como instrumento en la Industria, el Laser ofrece ventajas únicas con respecto a otras técnicas, La mayor ventaja, cuando se diseña un sistema, es la posibilidad de mover la pieza o material de trabajo, el haz, o una combinación de ambos. También se puede llevar a cabo la modificación del haz. En algunas ocasiones se puede llevar a cabo una combinación de estos elementos.

### 5.2 MOVIMIENTO DEL MATERIAL DE TRABAJO

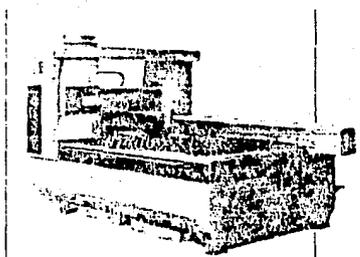
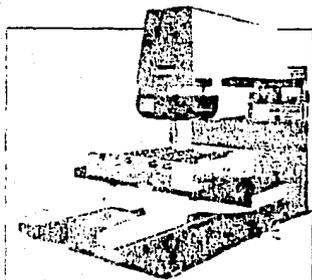
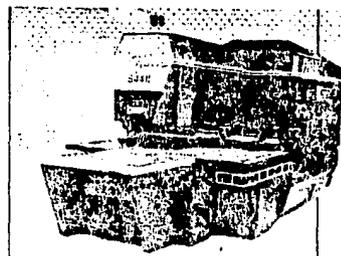
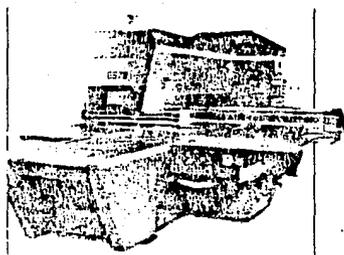
Se puede lograr un sistema sencillo con haz estacionario y el material de trabajo en movimiento, al llevarse a cabo por estos medios, el Laser no opera a su capacidad máxima, estando esta limitada por la capacidad del sistema de transporte de materiales para colocar en posición el material a tratar.

A continuación se ejemplifican algunos sistemas existentes con movimiento del material de trabajo:





Sistema con movimiento de la base del material de trabajo



(movimiento del material a procesar)

## ANÁLISIS :

Como hemos visto en los productos existentes; un sistema en donde el material a tratar está en movimiento emplea una mesa con movimiento en los ejes X y Y, y con un haz Laser fijo con movimiento en el eje Z para obtener una mejor precisión. Estas mesas son livianas, rígidas, precisas, y permiten seguir perfiles; normalmente son controladas por señales provenientes de teclados, discos, cartuchos, cinta de papel, PLO, es decir, emplean un control por CNC.

Estos sistemas operan sobre láminas de material de dimensiones específicas, en sus diferentes espesores y a velocidades lineales de hasta 12" por segundo; dependiendo del contorno a seguir, espesor, propiedades del material, características del haz Laser, etc.

La mesa posicionadora es de una aleación de aluminio, con bases masivas para evitar la vibración, y por consecuencia los ruidos que se podrían ocasionar; estos sistemas cuentan con un sistema especial para minimizar la inercia que se presenta al estar en movimiento la mesa y acarrear las piezas o material de trabajo.

La mayoría cuenta con un área de trabajo de 48" en el eje X y 72" en el Y; el área depende del material o pieza que se vaya a procesar. Existen también otras con X=92" y=60", X=71" Y=60".

Las guías de movimiento están constituidas de una aleación especial de metal para minimizar el desgaste y los movimientos, y así poder alcanzar una mayor precisión.

Algunos otros de los componentes con que cuentan estos sistemas son:

-Un Laser RRI OL de IV, es decir, Láseres industriales de manejo muy cuidadoso por la potencia que estos son capaces de generar, en la mayoría de los casos se utilizan Láseres Industriales de fibra de carbono (CO<sub>2</sub>) o de Neodimio Nd:YAG.

- El posicionador cuenta con un sistema de sujeción para el material o pieza de trabajo a tratar, y así evitar que éste se mueva durante la operación.
- La mayoría de los sistemas cuentan con un método de succión para el material de desperdicio, el cual es almacenado independientemente para su vaciado posterior; al mismo tiempo, algunos cuentan con filtros especiales para capturar potencialmente, partículas tóxicas tan pequeñas como un micrón.
- Utilizan un sistema óptico para la salida del haz muy completo, que incluye sujetadores estandar, reguladores de precisión para ajustar los movimientos verticales (eje Z) de la boquilla de salida.
- Un sistema fácil y rápido de monturas de los lentes que se puedan intercambiar cuando se utilizan lentes de diferentes distancias focales, como lo son normalmente las de 5.0 y 7.5 pulgadas de longitud focal.
- Algunos cuentan con gas asistido en la boquilla para mejorar los resultados de la operación; unos utilizan oxígeno y otros un gas común.
- Algunos cuentan con accesorios auxiliares como lo son los mecanismos retroactivos para la boquilla de salida en casos de colisión, así como un sensor de colisión.
- Todos estos sistemas son controlados por CNC y utilizan servomotores de corriente directa (DC).
- Se utiliza el Software de CAD/CAM y tienen la opción de utilizar otros software para manufactura más sencillos y otros más complicados, dependiendo en todo caso de los requerimientos de cada situación.
- Estandarizando las especificaciones generales de los sistemas, tenemos que:

.Ejes	X, Y, Z
.Velocidad	Hasta 500" min.
.Precisión	+ .001 pulg./pie
.Repetibilidad	+ .0005 pulgadas
.Peso	1350-6000 libras
.Espacio requerido	30 x 30 pies

Al mover el material de trabajo mediante una mesa con ejes X, Y, para efectuar la operación, se presentan las siguientes situaciones:

- La mesa de trabajo tendría que seguir el contorno de la configuración a realizar
- Se tendrían que mover elementos más pesados
- Bajas velocidades de procesado, por lo pesado de la mesa de trabajo, y al mismo tiempo, menos precisión
- Se utiliza más material que conforma a la mesa de trabajo, lo que significa también un costo más elevado
- Los sistemas para el movimiento de la mesa son más costosos, y requieren de un frecuente mantenimiento
- Se presenta una mayor cantidad de ruido al estar los mecanismos en acción
- Se presenta más desgaste de las partes de la máquina
- Tarda más tiempo en posicionar la pieza una larga mesa de trabajo
- Solamente se podrían tratar partes dimensionadas previamente de material, de alimentación manual
- Se obtienen dos ejes de movimiento X, Y
- Se logran regular las velocidades de la mesa de trabajo
- Tendría que contar con un sujetador del material que se va a procesar
- Los actuadores para el movimiento de la gran superficie, requiere de actuadores más potentes, y por lo consecuente, más costosos

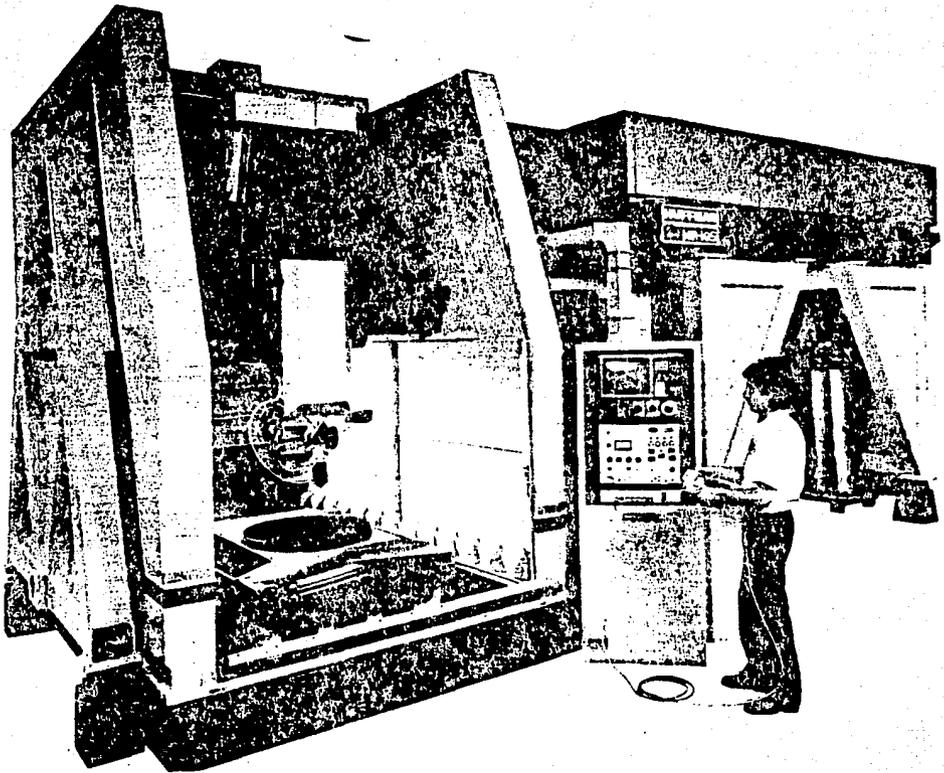
Otro medio, aparte del de la mesa con coordenadas, es la utilización de un sistema lineal de transporte de material, este es rápido y permite el fácil alineamiento y alimentación de material; con este sistema se puede lograr incrementar la rapidéz del proceso.

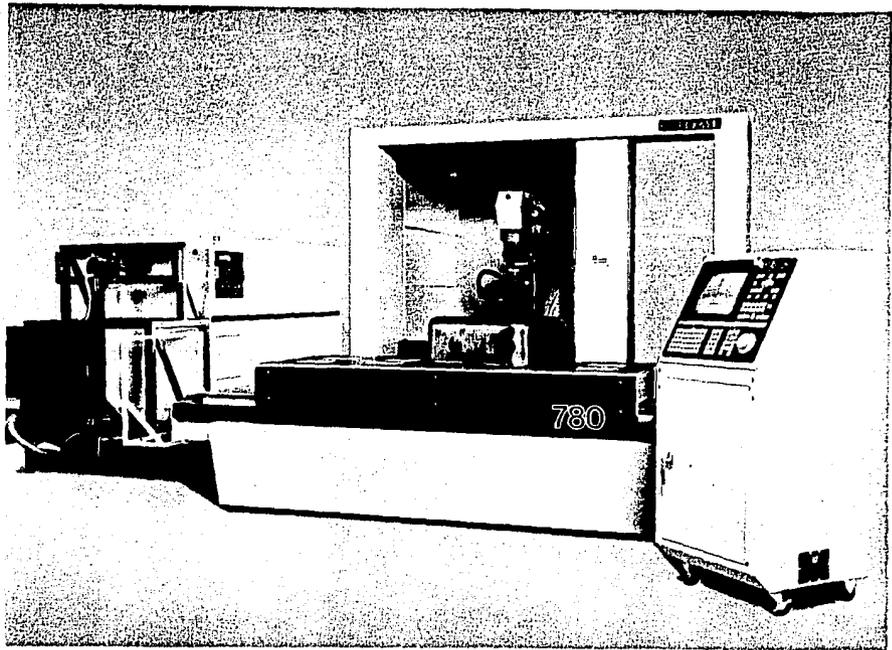
Se puede llevar a cabo también la combinación de los elementos antes mencionados, según los requerimientos; con los que se puede lograr un diseño especial.

Otro medio para llevarse a cabo esta operación, es manualmente, la cual tiene las ventajas de poder observar el alineamiento del material, pero es mucho más lenta que otros medios.

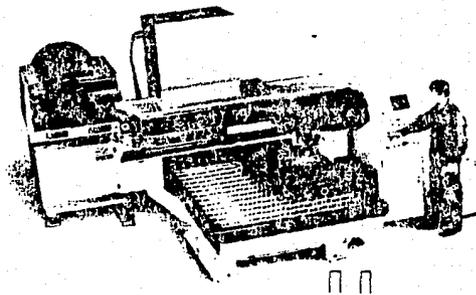
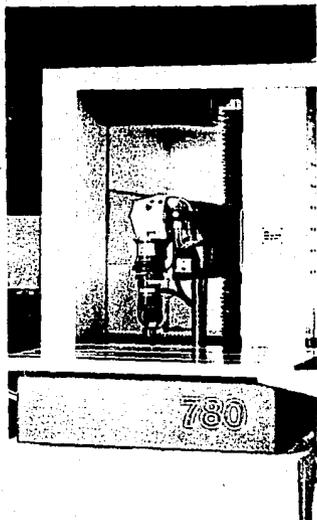
### 5.3 MOVIMIENTO DEL HAZ LASER

Se puede llevar a cabo la operación, mediante el movimiento del Haz Laser, estando el material o pieza de trabajo fijo ó en movimiento; como se podrá observar en los siguientes productos existentes que operan bajo este método del movimiento del Haz:





LUMONICS



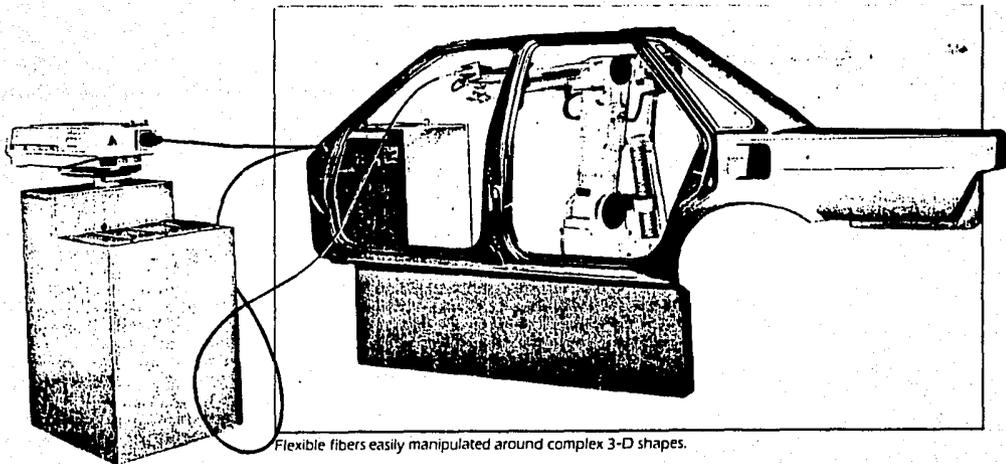
(movimiento del haz Laser)

Los brazos de Robot son utilizados, en la mayoría de los casos, para procesar piezas tridimensionales; esto por la cantidad de ejes de libertad con que estos pueden contar.

Otro medio para llevar a cabo la operación, es manualmente, aunque en este caso, se llevaría la operación con mucha más lentitud que en los casos anteriormente mencionados.

Se presentan las siguientes situaciones al mover el haz Laser para efectuar la operación:

- .Se obtiene buena precisión
- .Se pueden regular las velocidades de operación; dependiendo del material que se vaya a procesar
- .Se pueden procesar materiales más fácilmente y de diferentes dimensiones
- .Se mueven elementos menos pesados
- .Se eliminan los problemas de vibración con la ayuda de las fibras ópticas, por lo tanto, no se requiere de elementos muy pesados y voluminosos
- .Se puede controlar manualmente, con un poco de menor velocidad
- .Se obtienen más bajos precios que con el anterior
- .Se tiene la oportunidad de contar con la alimentación y alineación automática de material de trabajo



Flexible fibers easily manipulated around complex 3-D shapes.

#### 5.4 COMBINACION DE MOVIMIENTOS DEL HAZ LASER Y DEL MATERIAL A TRATAR

Algunos sistemas existentes, de hecho la mayoría de ellos, se han diseñado con una combinación de las técnicas antes descritas, por las grandes y variadas ventajas que con estas podemos obtener.

Con este método se logran todas las ventajas que cuando se utilizan individualmente, por lo que podría ser la manera más adecuada de efectuar la operación.

Un sistema del haz en movimiento podría ser alineado hasta el área de la operación, mientras un sistema transportador podría colocar la pieza o material de trabajo bajo el haz, y así efectuarse la operación.

Al mismo tiempo se podría contar con la ventaja del alineamiento y alineación automática de los materiales a tratar.

#### CONCLUSIONES:

En base al análisis efectuado a los diversos productos existentes, de los diversos métodos para la operación en movimiento; podemos concluir que el método más adecuado para llevar a cabo la operación es mediante una combinación del movimiento del Haz Laser y del material de trabajo, ya que de este modo, podemos contar con las ventajas de ambos métodos y, así mismo, podemos lograr solucionar las desventajas que se presentan en estos. Con esto se logran también obtener los mejores resultados.

Al utilizar una combinación de movimientos, también se pueden resolver la mayoría de las necesidades que se presentan para el sistema de operación en movimiento.

INVESTIGACION

6. **CONTROL**

## 6.1 NECESIDADES QUE SE PRESENTAN PARA EL METODO DE CONTROL:

- Que ayude a efectuar el proceso más rápidamente y así maximizar entre otras cosas la productividad de la máquina
- Con el cual no se presente la necesidad de efectuar procesos posteriores de rectificado por deficiencias de la operación
- Que permita la posibilidad de implementar nuevas técnicas de producción
- En el cual no se presenten fallas muy frecuentes
- Que ayude a obtener una mejor calidad en el corte de los variados materiales a procesar
- Con el cual se presenten la mínima cantidad de vibraciones y ruidos
- Que sea y con el cual se obtenga una buena precisión
- Con el cual se pueda obtener una buena repetibilidad (mínimo grado de error al repetir una misma operación varias veces)
- Que ayude a obtener una mínima mano de obra, y al mismo tiempo bajos costos de operación y costo por pieza
- Que resuelva las necesidades del elemento a controlar, por ejemplo; rápida, precisa y eficaz alineación de material, amplio control sobre la herramienta de corte, velocidades requeridas y permita efectuar la configuraciones a procesar que se requieren.

## C O N T R O L

Varios elementos del Sistema LASER requieren de un método de control, por lo que a continuación mencionaremos y analizaremos los tres métodos existentes o más comúnmente utilizados: Control Manual, Control Automático y Control Semiautomático.

Los elementos a controlar son los siguientes:

- Control del movimiento de la boquilla de salida del haz Laser en sus coordenadas X y Y, para el procesado de diversas configuraciones
- Control del eje Z o eje de afocamiento de la boquilla de salida del haz
- Control del sistema de extracción de gases
- Control de Alimentación y Alineación de Materiales
- Control del generador Laser (fuente de poder, sistema de enfriamiento y Parámetros para el procesado de la cabeza Laser)

### 6.2 C O N T R O L M A N U A L

El Control Manual, como su nombre lo indica, es efectuado directamente por el operario, es decir, el operador efectúa el control sobre un sistema de circuito cerrado complejo. En sentido común, esto implica primero el despliegue de información de una máquina al operador: una luz que se enciende y se apaga, aparece un color, se emite un sonido, una palanca cambia de posición, etc. Con base en esta información y, tal vez más importante aún, de acuerdo con la interpretación del significado de información, se requiere que el operador lleve a cabo alguna acción, como accionar una palanca, oprimir un interruptor, girar una perilla, etc. Esto transmite una orden a la máquina, que altera la información que mostraba y, con la nueva información de regreso al hombre, se cierra el circuito.

La operación eficaz de este sistema de circuito cerrado requiere que un número de estructuras corporales se pongan en acción. En primer lugar están las agencias receptoras del cuerpo humano, los órganos de los sentidos; a través de éstos pasa la información al operador de manera inicial, y representan la primera área donde pueden aparecer los errores.

En segundo lugar, los nervios llevan la información de los órganos de los sentidos a las áreas de interpretación y de toma de decisiones del cerebro, y después del cerebro a los músculos.

En tercer lugar están las estructuras corporales que llevan a cabo varias acciones, es decir, el proceso efector. Una vez que se ha tomado la decisión de actuar, la información se transmite a los músculos del cuerpo que controlan la acción de los huesos, de las articulaciones y de los tendones.

#### ANALISIS:

El Control del movimiento de la boquilla de salida del haz Laser podría llevarse a cabo manualmente, es decir, de forma similar a cuando una persona toma un lápiz y escribe.

Para mejores resultados se pueden utilizar matrices como guías para dirigir la boquilla de salida; en este caso, la matriz cuenta con la configuración a procesar.

Posiblemente, en algunos casos, se tendría que efectuar procesos posteriores por malos resultados de la operación, ya que al mover la mano se presentan movimientos involuntarios, al mismo tiempo no existe mucha precisión, no muy buena calidad de corte, no permite tener velocidades de procesado específicas variables.

Se presentan algunas situaciones al controlar manualmente la boquilla de salida; Existe una distancia, a la hora del procesado, entre el material de trabajo y la boquilla de salida, si no se utilizan guías para la boquilla, se presentan muchos problemas como por ejemplo: se pierde la perpendicularidad del corte, precisión, etc., si se emplean guías, se tendría que contar con una gran número de matrices para cada pieza y número del calzado y tener presente el alto costo que estas representan, se presentaría problemas para lograr la combinación de cortes para un mismo modelo de calzado.

El Control del eje Z es controlado más fácilmente por el método manual, ya que solamente se ajusta al inicio y al final del procesado y la precisión que esta requiere se puede dar manualmente.

El Control para el sistema de extracción de gases puede ser fácilmente controlado por el método manual, ya que no se requiere de ninguna precisión en su manejo, solamente encendido y apagado.

Para el Control de Alineación y Alimentación de materiales es factible la implementación del método manual, solamente para surtir de material a ser procesado a la máquina y para extraerlo al final del procesado, si se aplicara el control manual para surtir y alinear material durante el procesado, el proceso se volvería demasiado lento, muy trabajoso y de muy poca precisión.

Para el control del generador Laser se puede manejar manualmente mediante un circuito cerrado entre el operario y el control para el procesado del generador Laser; el control es mediante un procesador en forma de tablero donde se encuentran varios tipos de displays.

El Control Manual cuenta con ciertas ventajas:

- Minimiza el costo del equipo
- No requiere de mecanismos especializados
- Permite al operario desarrollar habilidades en áreas específicas
- Permite controlar mecanismos simples con gran facilidad

### 6.3 CONTROL AUTOMÁTICO

Los Controles Automáticos tienen una intervención cada vez más importante en nuestra vida diaria, desde los simples controles que hacen funcionar un tostador de pan automático, hasta los complicados sistemas de control necesarios en las exploraciones espaciales. Por esta razón, los sistemas de control automático son sistemas dinámicos.

Los sistemas de control emplean frecuentemente componentes de diferentes tipos, por ejemplo, componentes mecánicos, neumáticos, eléctricos, hidráulicos y combinaciones de estos.

## CONTROL AUTOMATICO:

De una manera muy general, los sistemas de control pueden clasificarse en sistemas que tienen retroalimentación y aquellos que no la tienen. Actualmente, de estos dos tipos existen muchos sistemas en operación.

En un sistema de control con retroalimentación, la variable controlada (también llamada salida o respuesta) es comparada con la variable de referencia (también llamada entrada, comando u orden) y cualquier diferencia que exista entre ambas (el error) es usada para reducir esta última. En términos más simples, un sistema de control retroalimentado compara lo que estamos obteniendo con lo que necesitamos y usa cualquier diferencia a fin de poner en correspondencia la entrada con la salida. La característica más importante de un sistema de control retroalimentado es que establece una comparación, y esto es lo que hace que el sistema sea tan efectivo para propósitos de control.

Para ilustrar el funcionamiento de los sistemas de control retroalimentados, consideremos al ser humano como instrumento de control. El manejo de un automóvil es el ejemplo clásico; el objetivo es mantener el automóvil sobre la carretera. La persona que guía compara constantemente la posición del automóvil sobre el pavimento con su propia idea de una posición segura. Cuando la posición controlada no está en correspondencia con la posición de referencia, el piloto observa este error y da la vuelta al volante a fin de minimizar el error. En el proceso de manejo, el ser humano actúa como un regulador en un sistema de control retroalimentado, haciendo la comparación necesaria y después iniciando una acción correctora cuando el error sobrepasa los límites apropiados. Con esto se puede ilustrar la idea de un sistema de control retroalimentado, en el cual el hombre es una parte integral del sistema.

Los sistemas de control retroalimentados pueden dividirse en dos amplias categorías: Sistemas reguladores y sistemas seguidores o de seguimiento (follow-up systems). Un sistema regulador es aquel cuya función principal es mantener esencialmente constante la variable controlada, a pesar de las perturbaciones inconvenientes que pudieran actuar sobre el sistema. En estos sistemas, la variable de re-

ferencia se cambia con muy poca frecuencia.

Un sistema seguidor o de seguimiento (follow-up system) es un sistema de control retroalimentado cuya función es mantener la variable controlada en correspondencia muy próxima con una variable de referencia, la cual es cambiada frecuentemente.

### 6.3.1 SISTEMAS DE CICLO CERRADO Y DE CICLO ABIERTO

Los sistemas de control retroalimentados son llamados también sistemas de ciclo cerrado. Cuando la información que obtenemos de la salida es retroalimentada a fin de establecer una comparación con la entrada, el diagrama toma la forma de un ciclo cerrado y, en realidad, el sistema mismo se convierte en un ciclo completo. De manera que proporcionar retroalimentación es cerrar el ciclo, o, en otras palabras, un sistema de ciclo cerrado es aquel que está retroalimentado.

Existen también los sistemas de ciclo abierto, es decir, sistemas que no contienen retroalimentación. Existen muchos sistemas de ciclo abierto y cumplen con una función útil. Sin embargo, tales sistemas, debido a que no llevan al cabo una comparación, deben ser cuidadosamente calibrados y diseñados de manera tal que dicha calibración se mantenga. Las máquinas de lavado automático sirven como un ejemplo conveniente de un dispositivo con controles de circuito abierto. La máquina pasará a través de una secuencia de operaciones durante determinado tiempo, sin tener en consideración el grado de limpieza de la ropa que se esté lavando. Naturalmente, cuando es usada por un ama de casa, todo el sistema se convierte en un sistema de control retroalimentado en el cual el ama de casa cierra el ciclo.

### 6.3.2 CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA DE CONTROL

La estabilidad, exactitud y rapidez de respuesta son características que debe tener todo sistema de control. Necesariamente, un sistema debe ser estable, y esto significa que la respuesta a una señal, ya sea un cambio del punto de referencia o una perturbación, debe alcanzar y mantener un valor útil durante un periodo razonable.

Un sistema de control inestable producirá, por ejemplo, oscilaciones persistentes o de gran amplitud en la señal, o bien, puede hacer que la señal tome valores que corresponden a límites extremos. Cualquier tipo de respuesta característico de un sistema de control inestable es obviamente poco satisfactoria.

Un sistema de control debe ser exacto dentro de ciertos límites especificados. Esto significa que el sistema debe ser capaz de reducir cualquier error a un valor aceptable. Es conveniente hacer notar que no hay sistema de control alguno que pueda mantener un error cero en todo tiempo porque siempre es necesario que exista un error para que el sistema inicie la acción correctora. Aun cuando haya sistemas que matemáticamente puedan reducir a cero el error en el sistema (bajo condiciones ideales), esto no sucede en la realidad a causa de las pequeñas imperfecciones inherentes a los componentes que forman el sistema. Afortunadamente, muchas aplicaciones de control no requieren una exactitud extrema. Por ejemplo, un sistema doméstico de calefacción que pueda mantener la temperatura controlada de  $+0.1^{\circ}\text{C}$  sería de poco valor porque el ser humano, cuya comodidad se está considerando, probablemente es incapaz de advertir variaciones diez veces mayores que esta cantidad. De acuerdo con esto, la exactitud es muy relativa y sus límites están basados en la aplicación particular que se haga del sistema de control. Los límites deben hacerse tan amplios como sea posible porque, en general, el costo de un sistema de control aumenta rápidamente al hacerse necesario un aumento en la exactitud. En todo caso, todos los sistemas de control deben mantenerse dentro del grado necesario de exactitud.

Un sistema de control debe completar su respuesta a cierta señal de entrada en un tiempo aceptable. Aunque un sistema sea estable y tenga la exactitud requerida, no tiene ningún valor si el tiempo para responder totalmente a una respuesta es mucho mayor que el tiempo entre las señales. En este caso, puede que el sistema nunca se ponga en fase.

Un sistema de control bien diseñado debe cumplir con las tres condiciones de estabilidad, exactitud y rapidez de respuesta. Esto no es siempre sencillo ya que las condiciones tienden a ser incompatibles y, por lo tanto, debe establecerse un compromiso entre ellas.

La exactitud puede mejorarse, haciendo que el regulador del sistema sea más sensible, es decir, el regulador proporcionará el mismo incremento de corrección para un incremento reducido de error. Esto permite que el sistema responda a un error más pequeño, lo cual es una mejora en la exactitud del sistema. Sin embargo, este cambio en el regulador tiene un efecto adverso en la estabilidad, pues ahora el regulador proporciona una acción correctiva mayor para una misma magnitud del error. Si se lleva esto a puntos extremos, el sistema puede hacerse inestable. Si consideramos un sistema en el que existe un pequeño error; con un regulador muy sensible, se iniciará una acción correctora grande. La corrección puede ser tan grande como para producir una respuesta que dé lugar a un error mucho mayor en sentido opuesto, es decir, el sistema sobrepasará el valor correcto. El sistema tratará nuevamente de reducir el error, pero ahora el error es mayor en magnitud y, por lo tanto, el error aumentará cada vez más. De esta manera, las oscilaciones aumentarán en amplitud hasta que el sistema se autodestruya, o bien, la amplitud de las oscilaciones esté limitada por la naturaleza física del sistema. En este ejemplo se deberá establecer una relación conveniente entre la exactitud y la estabilidad.

El sistema de control ideal es estable, de una exactitud absoluta (mantiene un error nulo a pesar de las perturbaciones) y responderá instantáneamente a cualquier cambio en la variable de referencia. Naturalmente, del sistema no puede obtenerse.

El Control Automático, normalmente se lleva a cabo con datos numéricos, es por esto que a la parte concerniente al almacenado de dichos datos, se le conoce con el nombre de Control Numérico, como lo veremos a continuación.

### 6.3.3 CONTROL NUMERICO

El Control Numérico se refiere a la operación de máquinas o sistemas con datos numéricos almacenados en cinta de papel o magnética, tarjetas tabulares, memoria de computadora o información directa.

Debido a que se utiliza información matemática, el concepto es llamado control numérico o CN. Así, CN es la operación de máquinas por medio de una serie de instrucciones codificadas. La instrucción más importante es quizá, la posición relativa del haz Laser con respecto al material de trabajo. Un programa de CN comprende una lista ordenada de instrucciones. El programa puede utilizarse repetitivamente para obtener resultados idénticos.

El diseño de máquinas de control numérico hace intervenir ahora muchas ventajas que ofrece el control numérico, tales como: optimización programada de las velocidades de corte y avance, posicionamiento de la pieza o material a tratar, precisión en sus movimientos y en los repetitivos también, permite un amplio control sobre la herramienta de corte y otros mecanismos que requieren de un control preciso, permite obtener variadas y caprichosas configuraciones para su procesado, etc.

Dentro de las desventajas más notables por el empleo del método de control numérico es el precio del equipo, pero este es remunerado rápidamente por los resultados que con este se logran. Actualmente, los circuitos de estado sólido proporcionan un mejor control a bajo costo, y con estos mismos se puede obtener un equipo más compacto.

Para el almacenado de los datos numéricos, se utiliza normalmente la cinta de papel o magnética y la memoria y demás capacidades de la computadora.

CINTAS: La cinta, por la que la mayoría de los sistemas de control numérico son controlados, es por medio de una cinta de 1" de ancho aproximadamente, la cual ha sido surcada por una serie de agujeros. La cinta debe ser de papel, lámina Mylar, otros plásticos, o combinaciones de estos. Las dimensiones de los agujeros y espacios entre ellos son estandarizados según documentos publicados por la Asociación de Industrias Electrónicas (SIA) y la Asociación de Industrias

### 6.3.4 FUNDAMENTO DE LAS COMPUTADORAS:

Un sistema de Computadora es el medio ideal para controlar el funcionamiento de un sistema o máquina, es el cerebro electrónico que coordina el cuerpo mecánico. Puede manejar información que proviene de varias fuentes a la vez, del teclado normalmente y de los mecanismos de la máquina que están siendo controlados. Puede procesar información a una velocidad muy rápida en comparación con los movimientos de los mecanismos de la máquina, y puede activar varias salidas simultáneamente, que correspondan a dichos mecanismos. Cuando se realiza el control de la máquina por medio de un programa, es muy fácil modificar o cambiar el programa utilizado por la computadora para procesar la información, siempre que se necesite una nueva aplicación.

Algunas máquinas pueden ser controladas por la misma computadora que la fábrica utiliza para su departamento de contabilidad u otro similar, pero actualmente la mayoría poseen ya su propio sistema de computadora dedicado. Sin embargo, los principios del funcionamiento son los mismos para todas las computadoras incluyendo las microcomputadoras domésticas de más bajo costo.

Toda la información interna de la computadora se maneja en grupos de "Bits". Un bit es un dígito binario y puede tomar únicamente dos valores distintos: 1 ó 0. Cualquier valor puede representarse como un grupo de bits utilizando el sistema binario, que trabaja con la base 2 en lugar de nuestra normal de 10 (decimal).

Ocho bits constituyen un byte u octeto, y 1024 bytes equivalen a un kilobyte o kbyte. 1024 es un número muy conveniente para ser expresado en forma binaria: Es  $2^{10}$ . Un micro de 64 kilooctetos tendrá por lo tanto 65 536 ( $1024 \times 64$ ) octetos de memoria, y esto constituye una medida de la sofisticación de los programas que puede ejecutar.

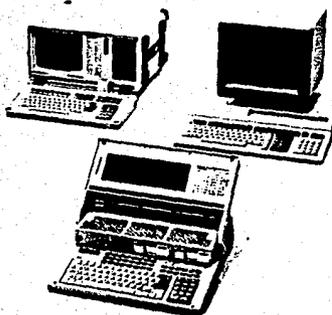
### 6.3.5 ELEMENTOS FUNDAMENTALES DE UN SISTEMA DE COMPUTADORA:

TECLADO: Todos los teclados de las computadoras siguen la distribución de la máquina de escribir, llamado QWERTY. Los programas para controlar las máquinas se entran en primera instancia a través del teclado. Algunas máquinas permiten ser movidas, utilizando teclas específicas para mover un asterisco mecánico.

**PANTALLA:** La Pantalla se utiliza para controlar el programa a medida que va entrándose, y para que el sistema pueda dar cualquier mensaje, ajuste o detectar errores; para el operador. Las Computadoras pueden utilizarse con un televisor común y corriente como pantalla, pero las máquinas utilizan un monitor especial para computadora.

**GPU (Unidad de Proceso Central):** Esta unidad, normalmente de discos, puede manejar información más rápidamente que cualquier otro método para almacenar información, más segura y puede guardar más programas, aunque es más cara. El disco es un pieza de plástico circular cubierta por material magnético que gira a cierta velocidad dentro de la unidad de discos, o unidad central de proceso.

El Cassette como medio para almacenar información es más lento que utilizando discos, muchas computadoras los manejan, comúnmente las caseras. Algunas máquinas utilizan un micro-cassette en su computadora, similar a los utilizados en las máquinas de dictar o grabadoras compactas.



**PG 635, PG 685 y PG 695  
Programadores con pantalla que  
pueden utilizarse como  
computador personal.**

PG 635 programador de portafolio con display de cristal líquido plegable. Ideal para aplicaciones de urgencia (posibilidad de conexión a pantalla según se requiera).

PG 685/675 - combinan las ventajas de una estación con pantalla con la portabilidad de un equipo universal.

PG 695 - programador de mayor capacidad de la familia SIMATIC. Unidad estacionaria de programación y documentación.

Aeroespaciales de América, Inc. (AIA).

Para el codificado de las cintas se utiliza el sistema binario (0,1) tanto para leerlo como para escribirlo.

Existe otro código llamado ASCII (Asky) el cual es un código Americano Estandarizado para el intercambio de Información. Este también utiliza el código binario decimal y es parte de un esfuerzo para mantener un estandar internacional para todos los sistemas de procesamiento (computadoras, control numérico, etc.).

COMPUTADORAS: Actualmente, la mayoría de los sistemas controlados por control numérico son controlados mediante la conexión directa a un sistema de computadora, por lo que ya no se utilizan cintas de ninguna clase, pues las señales van directamente desde la computadora a la unidad de control de la máquina de CN. Debido a la velocidad de la computadora, muchas máquinas de CN podrían procesar una gran variedad y número de piezas e varias estaciones de trabajo, y toda la información de entrada la podría realizar una sola computadora.

### 6.3.6 ANALISIS:

Para el Control del movimiento de la boquilla de salida del haz, así como para el control de la alineación y alimentación de materiales, el método automático de control es el más adecuado a utilizar, al mismo tiempo puede aplicarse de cierto modo al control del generador del Laser.

Con el método de control automático se logran las siguientes ventajas:

- Ayuda a efectuar el proceso más rápidamente
- No se tienen que realizar procesos posteriores por deficiencias en el procesamiento
- Permite la posibilidad de incrementar nuevas técnicas de producción
- Para el movimiento de la boquilla se pueden lograr todas las configuraciones requeridas, sin limitaciones
- Permite la combinación de cortes decorativos para un mismo modelo de calzado
- No se presentan fallas muy frecuentes
- Ayuda a obtener una mejor calidad de corte
- Permite un amplio control sobre el Laser
- Es muy preciso

- Se presentan las mínimas cantidades de vibración y ruidos
- Excelente repetibilidad
- Permite seguir velocidades de procesado específicas variables
- Ayuda a minimizar la mano de obra, costos de producción y costo por pieza

Para poder lograr todos estos beneficios, que son los requeridos, se requiere de un sistema de computadora como medio para almacenar y manejar la información de entrada, así como para controlar el sistema Laser; ya que con esta se logran los mejores resultados que con el método de cintas y otros.

Estos otros métodos de almacenamiento de información como las cintas son aplicables a máquinas que requieren de menos precisión; en nuestro caso el sistema para el movimiento de la boquilla, así como para la alineación y alimentación de materiales se requiere de una excelente precisión y rapidez que los otros métodos no pueden ofrecer.

#### 6.4 CONTROL SEMIAUTOMÁTICO

Una combinación del Control Manual y del Control Automático, es el Control Semiautomático, ya que algunos elementos se controlan manualmente y otros automáticamente.

El Control Semiautomático reúne las ventajas de los otros dos métodos de control y es aplicable en la mayoría de las máquinas existentes actualmente.

##### ANÁLISIS:

Para un Sistema Laser, en donde se requiere y se pueden efectuar el control manual de algunos elementos y el control automático de otros elementos, el sistema semiautomático podría ser el más adecuado a implementar a nuestro proyecto.

Lo más factible para el método de control semiautomático aplicado a nuestro proyecto sería el control manual del eje Z o eje de afocamiento de la boquilla de salida del haz, control del sistema de extracción de gases; control automático del movimiento de la boquilla, así como su posicionamiento y la alimentación y alineación de materiales. La colocación inicial y la extracción final del material de sobra, así como de las piezas procesadas se podría efectuar manualmente; el control del generador Laser es un sistema electrónico controlado manualmente.

## 6.5 CONCLUSIONES:

En base al análisis efectuado anteriormente, podemos definir que: El Control para el movimiento de la boquilla de salida del haz Laser en sus coordenadas X y Y, para el procesamiento de diversas configuraciones; así como su posicionamiento en base a las dimensiones y área del material a procesar será Automático.

El Control del eje Z o eje de afocamiento de la boquilla de salida del haz será manual.

El Control para el Sistema de Extracción de gases será manual.

El Control de Alineación y Alimentación de material será automático. La colocación inicial de material de trabajo al sistema Laser será manual, así como la extracción del material y de las partes ya procesadas.

El Control del Generador de rayos Laser será manual mediante el tablero de control.

Los Controles Manuales se podrán presentar de variadas formas en combinación con los diferentes tipos de Displays (véase Factor Humano: Ergonomía).

El Control Automático será de ciclo cerrado, es decir, de retroalimentación, dentro del área de sistemas de control de seguimiento (follow-up systems).

El Control deberá contar con las características de exactitud, estabilidad y rapidéz de respuesta; un compromiso entre ellas.

Para el almacenado y manejo de información tanto de entrada como de salida se utilizará un sistema de computadora.

## 6.6 CONEXION COMPUTADORA-MÁQUINA

### INTERFACES:

A pesar de su aparente velocidad y potencia, las computadoras funcionan a base de señales electrónicas muy débiles, ni las corrientes ni las tensiones son grandes. Sin embargo los actuadores como los servomotores requieren de corrientes mucho mayores para funcionar. Si se conecta un actuador al Port de salida de una computadora directamente, lo que sucedería no sólo que el motor no podría girar, sino que se quemarían los Chips de la computadora.

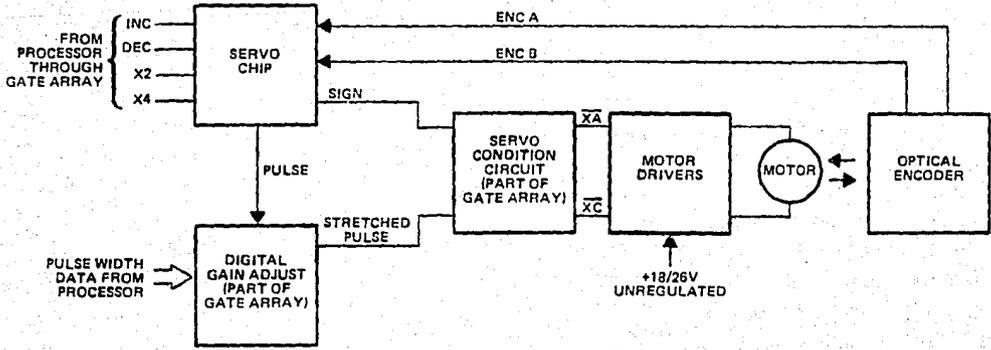
La solución es alimentar los actuadores a partir de sus fuentes de alimentación normales y utilizar la computadora para abrir y cerrar el circuito, pero sin permitir que salgan grandes corrientes de la computadora. Un Relé o Interface tiene dos circuitos separados: uno de entrada que funciona con una corriente muy débil, y otro de salida, que puede controlar corrientes más grandes. La corriente en la entrada activa un electroimán que cierra el circuito de salida.

Un relé no es la única solución del problema. Existen elementos electrónicos que no utilizan ningún tipo de mecanismos, pero un relé es el sistema más barato y el más difícil de sobrecargar y quemar.

Hay tres factores que especifican el tipo de Interface el tamaño y la forma de los conectores y zócalos utilizados, la tensión eléctrica o la corriente utilizada y el formato en el que los datos serán enviados a través de los cables.

La mayoría de las Interfaces son en paralelo o en serie. En el primer tipo, varios bits de datos serán enviados simultáneamente a través de varios cables colocados en paralelo. En la transmisión en serie, los bits deben enviarse uno a uno a través de un único cable. La transmisión en paralelo es más rápida, pero la serie es más adecuada para conexiones a larga distancia.

A continuación se presenta un diagrama típico de conexión de la computadora a los actuadores de la máquina:

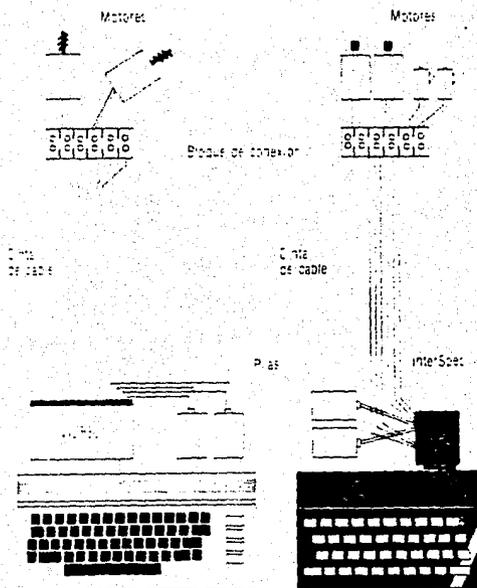


7470-A-15-1

Para controlar los actuadores de nuestro sistema podemos emplear un tipo de interface que se utiliza en la mayoría de la maquinaria controlada por control numérico. A continuación se enlistan las características de la Interface a utilizar:

Tipo	Serial Asincrono RS-232-C
Dimensiones del Buffer	256 Bytes
I/O Conector del port	Tipo RJ12
Conector Esterado	Tipo RJ12 o tipo RJ11
Formato del Byte	7 bits datos, 1 bit de paridad 2 bits parada
Baud Rate	300, 1200, 2400 o 9600 Baud
Firmware	DM/PL Compatibles

A continuación se muestra un diagrama básico para conectar la máquina a la computadora:



INTERFACE A IMPLEMENTAR:

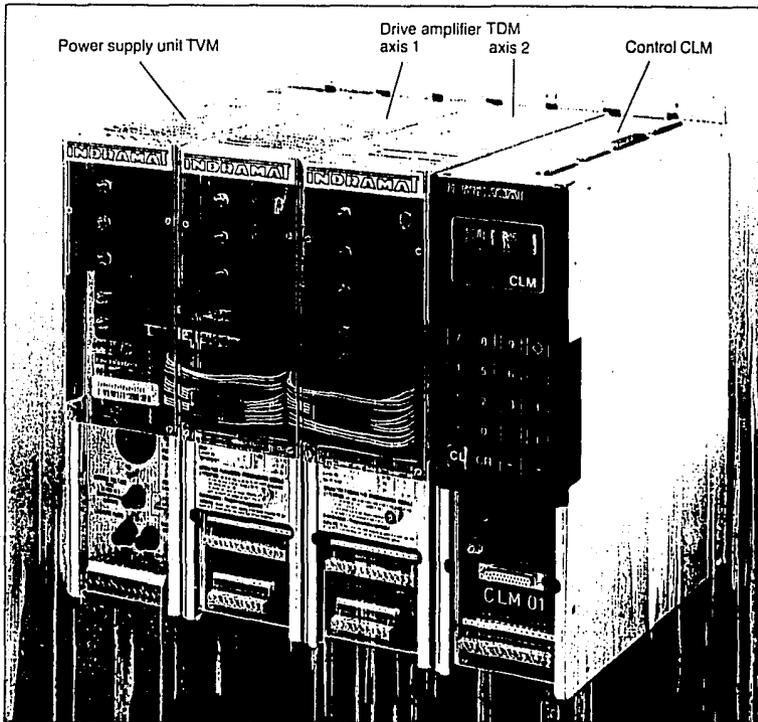
SERIE RS 232

DIMENSIONES largo x alto x profundidad

390 325 105 mm.

COMPONENTES

- . Unidad de la Fuente de Poder + 24 V DC; +/- 20 %, 0.8 A
- . Interface Para Dos Ejes de Movimiento
- . Controlador 2 entradas-salidas + 10 V

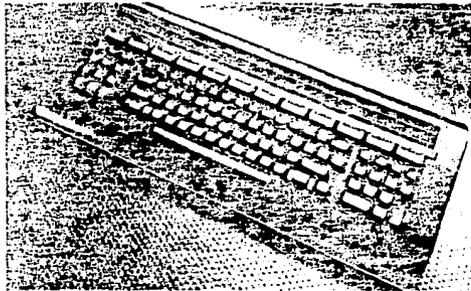


## 6.8 ENTRADA DE INFORMACION

Dentro de los sistemas para la entrada de información hacia la computadora, en nuestro caso gráficos y software encontramos:

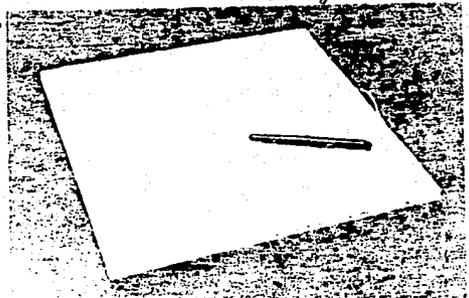
-Teclado -Joystick -Scanner -Mouse -Digitalizador

Para la entrada de información del software se utiliza un teclado, pues son datos numéricos y alfanuméricos. Para la entrada de gráficos se pueden utilizar los otros dispositivos.



Teclado Alfanumérico:

Tableta Digitalizadora: La tabla digitalizadora es utilizada muy frecuentemente por la facilidad y precisión con que efectúa los gráficos. El dibujo se traza sobre la tabla con ayuda de un lápiz digitalizador ó lector, y el diagrama se presenta en la pantalla de la computadora. Se encuentran comercialmente varias marcas de tablas y de diferentes áreas de trabajo.



Joystick: El Joystick aparenta una palanca de mando, la cual tiene en su interior un potenciómetro o Encoders montados en la base. Se toma la palanca manualmente y se mueve, dependiendo de la forma de la gráfica; esta no es muy precisa.

Mouse: Un Mouse típico consiste en una esfera situada en la parte inferior de la carcasa, y dependiendo del movimiento que ésta efectúe, será la gráfica que se presente en la pantalla. Normalmente se utilizan potenciómetros o encoders para su funcionamiento.

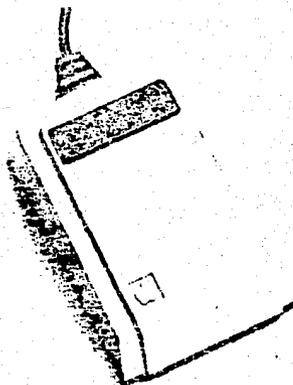
#### ANÁLISIS Y CONCLUSIONES:

De los sistemas para la entrada de información, el Mouse y la tabla digitalizadora son las probables a implementar. El Mouse es un sistema más económico, fácil de utilizar, requiere un software especial, libertad de movimiento, precisión no muy exacta. La Tabla Digitalizadora es un sistema más costoso, se puede utilizar justo con el Software de la máquina, muy preciso, muy fácil de utilizar, diferentes presentaciones, tamaños y áreas de trabajo.

Al introducir nosotros información gráfica a la computadora, y tomando en cuenta que el operario no es una persona muy capacitada, se facilita la implementación de una tabla Digitalizadora. Aún con su costo más elevado, en relación con el Mouse.



JOYSTICK



MOUSE

**CARACTERISTICAS E INFORMACION GENERAL DE TABLETAS  
DIGITALIZADORAS EN EL MERCADO:**

<u>MARCA</u>	<u>AREA</u> (pulgadas)	<u>PRECISION</u> (pulgadas)	<u>RESOLUCION</u> (ipl)	<u>TASA DE SALIDA</u> (puntos/seg.)
GalComp 23120	12x12	0.025	1016	144
GTCO 1111A	11x11	0.010	1000	100
HITACHI HDG	11x11	0.02	1000	150
HOUSTON 9012	12x12	0.01	2000	200
KURTA IS	12x12	0.035	1016	100
NUMONICS 2203	11.8x11.8	0.01	1000	200
PENPAD 300	11x11	0.001	1000	150
SEIKO 3503	11x11	0.01	1016	200
SUMMAGRAPHICS	12x12	0.025	1016	121
SUMMASKETCH	12x12	0.025	1016	121

<u>INTERFACE</u>	<u>SOFTWARE</u>	<u>DIMENSIONES</u> (pulgadas)	<u>ERROR</u>	
			<u>HORIZONTAL</u> (pulgadas)	<u>VERTICAL</u> (pulgadas)
RS-232C	Ninguno	2.5x15.9x14.9	0.0208	0.0062
PC CARD	Windows,ADI	2.1x15.6x15.6	0.0037	0.0064
RS-232C	Mouse Drv.	2x16x17	0.0030	0.0040
RS-232C	Ninguno	1.2x16.9x15.2	0.0185	0.0082
RS-232C	Mouse Drv.	2.8x16x15	0.0265	0.0478
IEEE489	Ninguno	0.8x16.1x16.1	0.0030	0.0090
RS-232C	Mouse Drv.	0.5x16x17	0.0018	0.0016
RS-232C	Mouse Drv.	0.9x16x16	0.0043	0.0012
RS-232C	Windows	0.9x16x16	0.0166	0.0035
RS-232C	Windows	1.3x17x22.5	0.0036	0.0074

## 6.9 COMPONENTES QUE EMPLEA EL SISTEMA DE CONTROL AUTOMATICO EN COMBINACION CON EL SISTEMA DE COMPUTADORA

### 6.9.1 POTENCIA MOTRIZ: Actuadores

Ya hemos definido anteriormente que para el control automático se utilizará un sistema de computadora el manejo y almacenamiento de información; a continuación analizaremos los componentes que emplea el sistema de control automático en combinación con la computadora; llamados también sistemas de potencia motriz.

El sistema de potencia motriz determina la velocidad del movimiento de los diversos mecanismos, rigidez y su capacidad de precisión y adaptabilidad. Dependiendo de las acciones que vaya a efectuar la máquina será el tipo de sistema de potencia motriz a implementar.

### 6.9.2 TIPOS DE SISTEMAS DE POTENCIA MOTRIZ:

Se encuentran comercialmente tres tipos de sistemas de potencia motriz, estos tipos son:

- Potencia Motriz Hidráulica
- Potencia Motriz Eléctrica
- Potencia Motriz Neumática

Los sistemas de potencia motriz antes mencionados son los actuadores o transmisores de potencia que proveen el músculo para mover los mecanismos. La potencia desarrollada por estos actuadores debe ser transmitida desde los actuadores hasta los mecanismos a mover por medio de un transmisor de potencia, excepto en los casos donde el actuador está directamente unido al mecanismo a mover. Mecanismos de transmisión tales como sistemas de bandas, engranes y tornillos son utilizados para este propósito.

#### HIDRAULICA

La palabra Hidráulica viene del griego huáraulus, un órgano musical que funcionaba a base de presión de agua. Nosotros la utilizamos para describir cualquier sistema donde la potencia mecánica se transmite através de un líquido bajo presión.

Como medio para transferir la fuerza mecánica y el movimiento, de un lugar a otro, el método hidráulico ofrece varias ventajas. En primer lugar, la conexión es flexible; el tubo o cañería hidráulica puede dirigirse evitando los obstáculos.

más fácilmente que una conexión mecánica directa, y permite movimientos limitados entre la parte principal y secundaria de la máquina. En segundo lugar, porque evita las pérdidas de potencia asociadas con la conversión de la potencia eléctrica en movimiento mecánico, por lo que su rendimiento es muy alto. La tercera ventaja es el efecto de palanca, la cual aumenta la fuerza útil del extremo secundario.

La hidráulica es por lo tanto la fuente de potencia motriz favorita para muchos sistemas industriales normalmente pesados, los que se emplean en el movimiento de objetos pesados en lugar de manipular tan sólo herramientas de peso ligero.

El funcionamiento básico lo efectúa un compresor activado por un motor eléctrico o por un motor de combustión, envía fluido a una presión constante (a varios miles de atmósferas) a través de un tubo. En el extremo correspondiente a la máquina, pequeñas líneas de suministro conectan este tubo a cada actuador, que puede ser lineal o giratorio de acuerdo a la construcción de la máquina.

Entre la línea de suministro de fluido a presión y el actuador, hay una válvula eléctrica, llamada servoválvula, que está conectada al ordenador de control. Cuando debe moverse una articulación, el ordenador abre la servoválvula que deja pasar la presión al actuador.

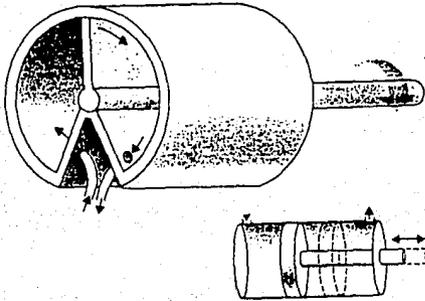
## NEUMÁTICA

La máquina neumática es la que está activada por presión de aire. La potencia mecánica generalmente proviene de otra fuente, en general de un motor eléctrico, pero el aire transmite la potencia hasta donde sea necesaria.

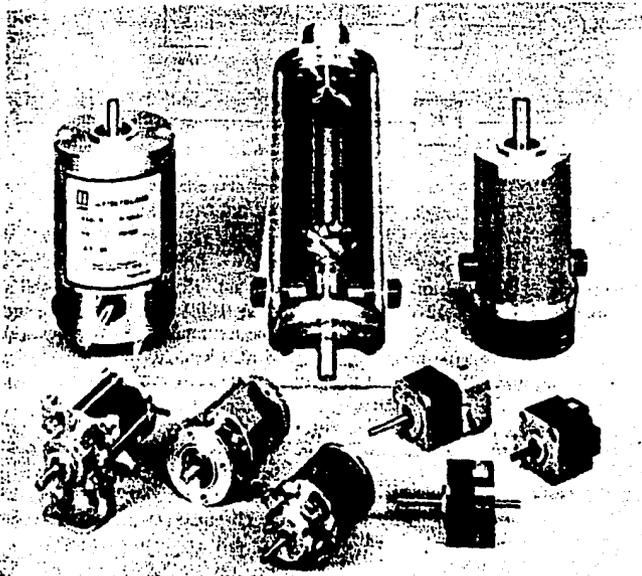
En un sistema neumático, el propio fluido es considerablemente menos pesado que en uno hidráulico, y debido a que funciona a presiones más bajas los componentes del sistema pueden construirse de materiales más ligeros. El costo es también más bajo debido a que el estancamiento entre cilindros y pistones en movimiento no tiene que ser tan preciso.

Un sistema neumático no puede proporcionar ni mucho menos las mismas fuerzas que un sistema hidráulico, pero sigue siendo una proposición muy buena para actuadores de maquinaria.

El aire comprimido puede hacerse accesible rápida y fácilmente en muchas fábricas, a través de tubos que siguen la distribución de cables eléctricos. Las válvulas que controlan el suministro de aire a los cilindros pueden operarse manualmente, o pueden ser servoválvulas eléctricas controladas directamente por el ordenador de la máquina.



### Operación Actuador Hidráulico



Motores  
Eléctricos

## MOTORES ELECTRICOS

### MOTORES DE C.C.

Normalmente en los motores de corriente continua, una batería o una pila es una fuente de corriente continua y podrá actuar directamente sobre un motor de este tipo. La red eléctrica proporciona corriente alterna, pero mediante un circuito rectificadas se puede convertir de nuevo en corriente continua para poder actuar sobre el motor. También existen motores de corriente alterna que pueden conectarse directamente a la red, pero es difícil controlar su velocidad de giro o acelerarlos.

El motor de c.c. es una fuente muy adecuada de potencia motriz; estos motores se fabrican en una gran variedad de tamaños, son fáciles de controlar y la fuente de alimentación para activarlos es fácil de conseguir en un entorno industrial. Más de la mitad de la totalidad de las máquinas industriales automáticas utilizan motores de c.c.

### MOTORES PASO A PASO

A diferencia del motor de c.c., en los que el eje de salida sencillamente gira, un motor paso a paso gira en pasos muy precisos. Si un motor tiene como característica 12 pasos por revolución, entonces cada movimiento tendrá exactamente 30 grados. Los mejores motores de este tipo tienen hasta 240 pasos por revolución, lo que equivale a 1.5 grado para cada incremento.

Para la conexión de los motores paso a paso no se realiza con la sencillez de los otros tipos de motores, se necesitan circuitos electrónicos especiales fuera del motor para controlar sus movimientos. Hoy día el tamaño de estos circuitos se ha ido reduciendo, hoy en día se pueden encontrar en la forma de un único chip; el chip se conecta directamente a un computador, permitiendo al programador especificar el número de pasos que debe girar el motor cada vez, siendo ésta la principal ventaja del motor paso a paso.

Los motores paso a paso se utilizan en muchas aplicaciones donde el movimiento debe ser controlado de una forma precisa, como lo son las máquinas de control automático donde se requieren de movimientos de solamente fracciones de milímetro.

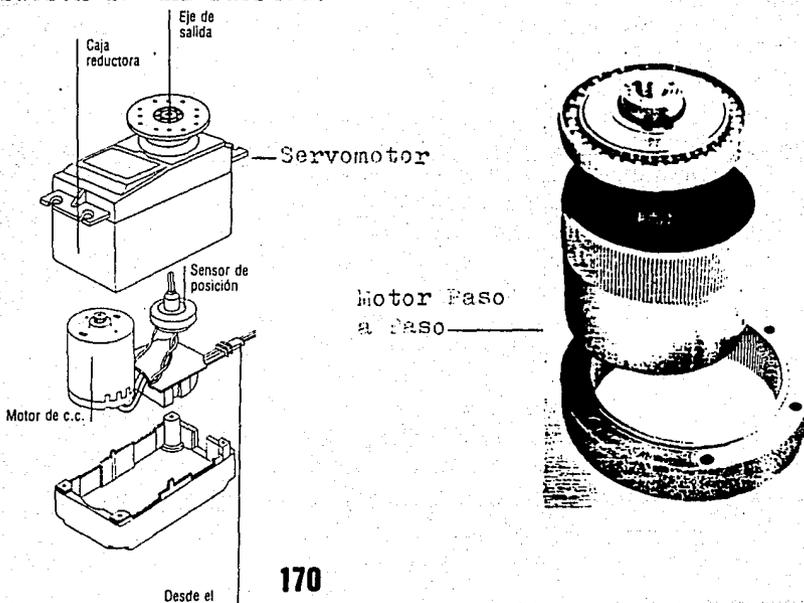
Los motores Paso a Paso pueden funcionar con bucle abierto en lugar de bucle cerrado ya que se mueven con mucha precisión. Uno de los componentes más costosos de un sistema de bucle cerrado es el codificador o sensor posicional que suministra información de realimentación.

Para aplicaciones que requieren un par muy alto, los motores paso a paso pierden precisión y son menos económicos que los motores de continua.

El par suministrado por un motor paso a paso debe medirse en dos formas. El par dinámico es la fuerza de giro que debe proporcionar a un elemento que esté en movimiento. El par estático corresponde, en este caso a la rigidez de la articulación cuando se ha detenido el movimiento.

### SERVOMOTORES

Un motor de C.C. en una máquina de control automático sin realimentación no sería de ninguna utilidad. A menudo el circuito de control, el motor, la caja de reducción y el sistema de medida de la realimentación están incluidos en un solo bloque llamado Servomotor. Los grandes servomotores forman la base en gran parte la automatización de una fábrica.



## ANALISIS

Dentro de los sistemas hidráulicos se presentan varios problemas, aparte de la necesidad de un compresor ruidoso y muy caros situado generalmente junto a la máquina. El estancamiento entre las partes móviles y fijas de un actuador se hace con una tolerancia muy alta, pero siempre aparecerán ligeras pérdidas de aceite en cada articulación debido a las altas presiones.

También la seguridad se ve algo limitado por la probabilidad de que el tubo de alimentación que está muy bien protegido, fuese atrapado y roto por la máquina; muchos sistemas están diseñados para ser a prueba de fallos, asegurándose que los mecanismos de la máquina se bloqueen instantáneamente y de que no exista la posibilidad de que una carga o elemento pesado se estrelle o la herramienta siga en acción.

Que se corte un tubo es muy poco probable, mucho más probable es un fallo eléctrico, por lo que incluso las servoválvulas más pequeñas deben de estar diseñadas para que se bloquee si existe un corte de corriente. Esto de nuevo puede bloquear también a los actuadores hasta que se aplique de nuevo la tensión.

Como ventaja se encuentran las conexiones flexibles, se evitan las pérdidas de potencia asociadas con la conversión de la potencia eléctrica en movimiento mecánico.

Los actuadores se utilizan normalmente para transmitir movimiento a elementos muy pesados que no requieren de una precisa acción.

Dentro de los sistemas neumáticos, los gases son altamente compresibles. Esto puede ser ventajoso en aquellas aplicaciones que requieran que el efector terminal sea ligeramente elástico, pero en general es un inconveniente importante. En particular, hace que el sistema de control preciso de un movimiento sea muy difícil.

La neumática se utiliza normalmente cuando el control lineal del movimiento es innecesario; es utilizado muy frecuentemente para el posicionado de objetos pesados, linealmente.

El costo de los sistemas neumáticos es más bajo pero no puede proporcionar las mismas fuerzas que un sistema hidráulico, el aire es fácilmente accesible.

Al utilizar motores de corriente continua, el eje del motor gira varios de cientos por minuto, los elementos de una máquina necesitan moverse a velocidades más bajas pero necesita un par muy alto para poder mover los elementos de las máquinas. Aunque es posible controlar la velocidad del motor con mucha precisión, es imposible detener el giro en una posición especificada; mientras que el control de la posición en una máquina es de importancia vital.

Las dos primeras dificultades pueden solucionarse reduciendo la velocidad del motor. Reduciendo la velocidad de rotación mediante una caja reductora y manteniendo la potencia, el par aumentará proporcionalmente. Así es como se consigue una mejor aceleración. Para reducir la velocidad del motor se puede hacer utilizando una serie de engranajes reductores, pero esto introduce inevitablemente ciertos juegos entre los piñones; la respuesta está en la transmisión armónica activada por motores de c.c.

El problema del control de posición se puede superar utilizando realimentación. Un sensor de posición resolvería el problema pero aumentaría considerablemente el costo del equipo.

En los motores de c.c. se puede controlar su velocidad de giro y acelerarlos.

Dentro de los motores de paso a paso se presenta la ventaja de que utilizando otros mecanismos de engranaje, los pasos del eje del motor pueden convertirse en una útil unidad de movimiento.

Cuando a un motor de este tipo se le desconecta la tensión hay un par estático muy pequeño y se puede desalinearse fácilmente de su posición final que fué controlada por computadora.

Los motores paso a paso se utilizan en muchas aplicaciones donde el movimiento debe ser controlado de una forma muy precisa.

Estos motores al no requerir de un ciclo cerrado, no se necesitan los sensores de posición como en el ciclo cerrado y por lo tanto los motores son de mucho más bajo costo.

Al utilizar servomotores la principal desventaja que se encuentra es el precio de las unidades, por contar con el

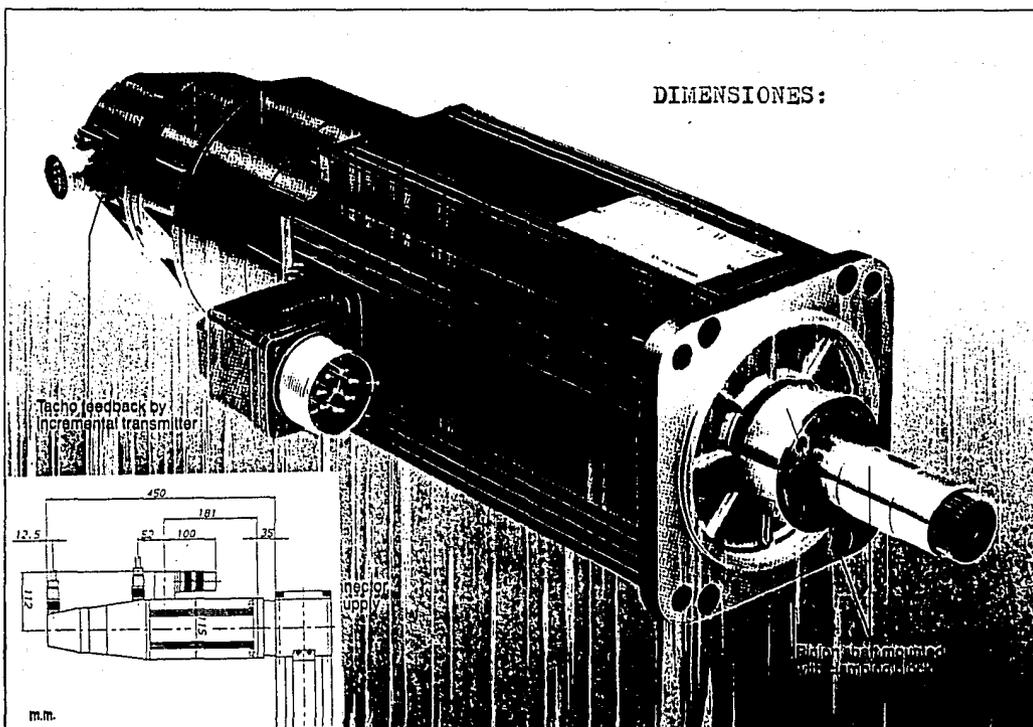
de posición. Tiene las ventajas de un motor de c.c. y es utilizado muy frecuentemente en aplicaciones que requieren una precisión un poco menor que el motor de paso a paso.

#### CONCLUSIONES:

El tipo de Actuador a utilizar en nuestro proyecto serán los servomotores eléctricos, ya que nos permiten regular su velocidad con más precisión, fácil de instalar, más precisos, menos costosos en comparación con los otros tipos de actuadores y es el que se adapta mejor a nuestras necesidades.

El tipo de Servomotor a implementar es de la marca INDRAMAT RAC 71C; algunas de sus ventajas son:

- . Máximo torque a varios rangos de velocidades
- . Dimensiones y pesos mínimos del actuador
- . Frenos de Bloqueo
- . Alta Precisión



El tipo de Servomotor a emplear en el sistema posicionador de LASERTEC cuenta con variadas características, las cuales podemos describir de la siguiente manera;

- Alto Torque en todos los diferentes rangos de velocidad
- Dimensiones y peso mínimo del actuador
- Grandes capacidades de carga
- Elementos del actuador sobreprotegidas para diferentes ambientes factoriles
- Freno en el eje
- Tipo de conexión segura
- Sistema Reductor de Engranés

**DATOS GENERALES:**

Torque Continuo en Ciclos (Nm): 6.6

Máxima Velocidad (m/seg): 2.5

Máxima Carga (lbs): 120

Fuerza Axial(N): 600

Modelo: MAC 71C INDRAMAT

Datos de: Linear Modules de Nook Industries, Inc.  
Elementos de Distribución en México, D.F.

INVESTIGACION

7. **ERGONOMIA**

7.1 EL SISTEMA HOMBRE-MAQUINA.

La ergonomía busca maximizar la seguridad, la eficiencia y la comodidad mediante el acoplamiento de las exigencias de la "máquina" del operario (o cualquier componente de su lugar de trabajo que tenga que usar) a sus capacidades. Si el hombre se adapta a los requerimientos de su máquina, se establecerá una relación entre ambos, de tal manera que la máquina dará información al hombre por medio de su aparato sensorial, el cual puede responder de alguna manera, tal vez si se altera el estado de la máquina mediante sus diversos controles; por ejemplo, para conducir un automóvil a lo largo de un camino de modo seguro y eficaz, debe establecerse una relación entre el conductor y el vehículo de tal manera que cualquier desviación del automóvil de su ruta prescrita (determinada tanto por el conductor como por la forma del camino) puede mostrarse al conductor como retroalimentación a través de sus sentidos visuales (y tal vez también auditivos). Así pues, estas desviaciones pueden corregirse mediante los movimientos de sus extremidades en el volante y quizá en el freno. A su turno, estas correcciones se percibirán como una información de muestra y la secuencia continuada hasta que se termine la jornada. De esta forma, la información pasará de la máquina al hombre y otra vez de éste a la máquina, en un circuito cerrado de información-control. La tarea a realizar es preservar y ampliar la operación de circuitos de ésta naturaleza; por ejemplo, la velocidad de transmisión de información puede incrementarse (tal vez por el limpiador del parabrisas o por un sistema más comprensible de señales sobre la carretera) o la operación de un control puede ser más eficaz (tal vez con un volante o si se alterna la posición de los controles o sus dimensiones).

sistema perceptual  
(ej. ojos)

ambiente

tableros

Hombre

Máquinas

sistema efector  
(ej. extremidades)

ambiente

controles

En cada situación de trabajo se pueden ver muchos ejemplos de estos circuitos hombre-máquina simples; sin embargo, en los ambientes laborales de la actualidad, estos circuitos simples suelen combinarse para producir sistemas más complejos en lo que, por estar constituidos por grupos de componentes distintos (tanto de hombres como de máquinas), tienen que diseñarse para que trabajen juntos.

Desde el punto de vista de la ergonomía, la combinación de diferentes y únicos circuitos hombre-máquina, en un sistema complejo, crea problemas. Dos circuitos pueden funcionar de manera eficaz cuando se consideran por separado, pero cuando se combinan en un sistema simple pueden llegar a funcionar de manera antagónica debido a interacciones inesperadas; por ejemplo, un circuito puede incluir a un operario que acciona una palanca en respuesta a una deflexión de un tablero, y un segundo circuito puede implicar que el operario oprima un botón en respuesta a un sonido preventivo. Considerados por separado, puede ser que ambos circuitos funcionen de manera bastante eficaz; la muestra está bien diseñada, la palanca es compatible con las capacidades de fuerza del operario, la señal preventiva auditiva es audible y llama la atención, y el botón que debe oprimirse es fácil de operar, sin embargo, cuando funcionan juntos, puede ser que los dos circuitos interactúen para producir un rompimiento en la conducta; por ejemplo, si se coloca al operario en el lugar incorrecto, su respuesta natural podrá ser accionar la palanca (de manera "incorrecta") en respuesta al sonido de alarma y (sin éxito) intentar alterar el estado de la máquina al oprimir el botón. No es muy difícil imaginar cómo los problemas de esta naturaleza pueden aumentar en proporción al número de circuitos extras que se añadan al sistema.

Por tal razón, la ergonomía moderna ha puesto énfasis en investigar al hombre y a su ambiente dentro del sistema, en vez de examinar con detalles minúsculos a los componentes que constituyen cualquier circuito de un hombre y su máquina.

## 7.2 SISTEMA NERVIOSO SENSORIAL

La relación entre el hombre y su ambiente, gira primordialmente sobre un sistema de circuito cerrado complejo. En su nivel más simple, esto implica primero el despliegue de información de una máquina al operador: Una luz que se enciende y se apaga, aparece un color, se emite un sonido, una palanca cambia de posición, etc. Con base en esta información y, tal vez más importante aún, de acuerdo con la interpretación del significado de la información, se requiere que el operador lleve a cabo alguna acción, como accionar una palanca, oprimir un interruptor, ajustar un timón, etc. Esto transmite una orden a la máquina, que altera la información (su tablero) que mostraba y, con la nueva información de regreso al hombre, se cierra el circuito.

La operación eficaz de este sistema de circuito cerrado requiere que un número de estructuras corporales se pongan en acción. En primer lugar están las agencias receptoras del cuerpo humano, los órganos de los sentidos; a través de estos pasa la información al operador de manera inicial, y representan la primera área donde pueden aparecer los errores. En segundo lugar, los nervios llevan la información de los órganos de los sentidos a las áreas de interpretación y de toma de decisiones del cerebro, y después del cerebro a los músculos. No obstante que la velocidad de conducción es muy rápida, también tiene sus limitaciones. En tercer lugar están las estructuras corporales que llevan a cabo varias acciones, es decir, el proceso efector. Una vez que se ha tomado la decisión de actuar, la información se transmite a los músculos del cuerpo que controlan la acción de los huesos, de las articulaciones y de los tendones. Además de la habilidad para tomar decisiones, estos procesos efectores representan la posibilidad de las mayores limitaciones dentro de la eficiencia mecánica del operario.

## 7.3 LOS SENTIDOS

A través de los receptores, se alimentan varios tipos de información dentro del sistema sensorial, que se clasifican en tres grupos. Los EXTEROCEPTORES reciben la información acerca del estado del mundo externo al cuerpo e

incluyen los ojos, los oídos y los receptores del tacto, en la piel. Con base en la misma terminología, los INTEROCEPTORES informan al individuo acerca del estado interno de su propio cuerpo; Por ejemplo, le informa de un estado de hambre o que tiene la vejiga llena. Finalmente, los PROPIOCEPTORES tratan lo concerniente a las funciones motoras y dan información acerca de la posición del cuerpo o de las partes del cuerpo en el espacio. Estos comprenden dos grupos de receptores: Los sistemas cinestésicos y los sistemas vestibulares.

Los exteroceptores son importantes porque permiten que la información se transmita del ambiente hacia el operario, mientras que los propioceptores indican al operario qué está haciendo su cuerpo y cuál es su posición relativa al ambiente y a su máquina.

Por lo tanto, la importancia del funcionamiento eficaz de estos dos grupos de receptores debería de ser clara; además de influir en su capacidad para tomar decisiones, controlan de manera eficaz la conducta del operario para llevar a cabo su función dentro del sistema de circuito cerrado.

#### 7.4 EL SISTEMA VISUAL

##### ADAPTACION A LA LUZ Y A LA OSCURIDAD

Dados los dos tipos de receptores de la retina (los bastones y los conos), el ojo humano es capaz de funcionar en un rango extremadamente amplio de niveles de iluminación. La visión de los conos permite tener una visión aguda en el día (fotópica), o sea, el nivel de iluminación del sol, mientras que la visión de los bastones permite un grado más alto de sensibilidad a la luz que resulta esencial para ver durante la noche cuando el nivel de la luz es bajo (escotópica); sin embargo, el aumentar o disminuir los niveles de iluminación, existe siempre un punto en el cual un conjunto de fotorreceptores deja de funcionar y cede la responsabilidad al otro conjunto. Si el aumento o la disminución de luz es relativamente lento, ésta adaptación a las condiciones de luz o de oscuridad resulta muy suave, pero si la iluminación cambia repentinamente, esto da como resultado la muy conocida experiencia de la ceguera temporal.

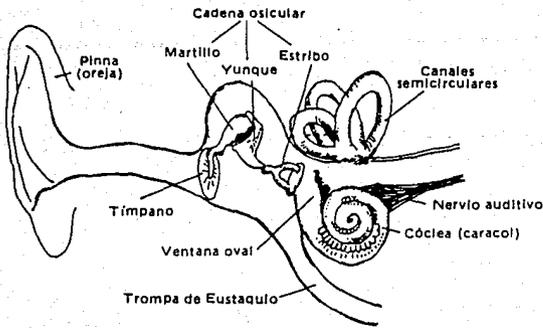
## PERCEPCION VISUAL DEL MOVIMIENTO

En muchas situaciones, el operario humano quisiera percibir el movimiento de manera adecuada, por ejemplo: El movimiento de un indicador através de un cuadrante, el movimiento de un vehículo en el que se está sentado, o el movimiento de un objeto que le cae encima.

En general, el movimiento puede percibirse de dos formas. En la primera, se mantiene un objeto a la vista por medio del movimiento de los ojos, de tal manera que el observador recibe información acerca de la velocidad y la dirección de un objeto a partir de la contracción de los músculos que rodean y ponen en posición a los ojos. En la segunda, el ojo no se mueve, pero la imagen del objeto se mueve a través de la retina; de este modo, el objeto en movimiento es percibido por la estimulación de las diferentes células retinianas. En estas circunstancias, la velocidad mínima que normalmente puede detectarse es cercana a 1-2 min. de arc./seg. Si el objeto se mueve más rápido que esto, la reacción normal será que este objeto que pasa por el área periférica del campo visual sea detectado por la alta densidad de bastones en esa parte de la retina, y para el ojo, la reacción será moverse através y seguir al objeto para mantener una imagen más clara.

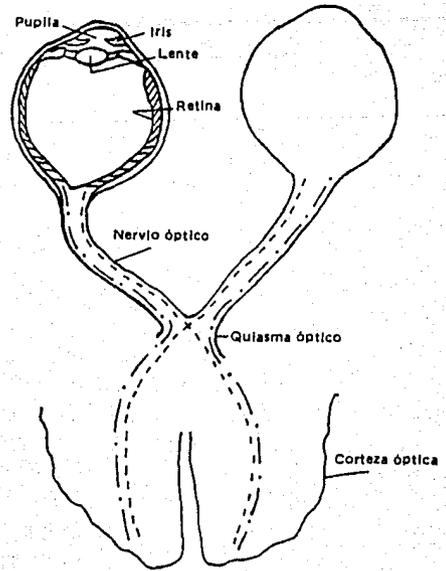
## AGUDEZA VISUAL

Esto se refiere al proceso por medio del cual se pueden detectar detalles finos: como registrar el hecho de que una aguja de un cuadrante que acciona muy despacio sea movido; Detectar las diferencias en la posición de dos controles; reconocer la existencia de un objeto dentro del campo visual; localizar y distinguir entre dos objetos cercanos en el espacio, etc. Los tipos de agudeza que se reconocen más comúnmente son: La agudez lineal (La habilidad para ver varias líneas finas de un ancho conocido), la agudeza espacial (la habilidad para ver dos puntos o dos líneas como si estuvieran separadas, o, en otras palabras, la habilidad para ver un espacio entre dos líneas), y la agudeza Vernier (la habilidad para detectar una discontinuidad en una línea cuando una parte de esta se halla ligeramente fuera del lugar).



Oído Externo	Oído medio	Oído Interno
--------------	------------	--------------

Estructura del Oído



El ojo y el sistema visual

## 7.5 EL SISTEMA AUDITIVO

### LOCALIZACIÓN DEL SONIDO.

No obstante que la acción del oído podría considerarse puramente mecánica, la interpretación de lo que se oye no es así; por ejemplo, de la misma manera que los ojos permiten interpretar la profundidad, el hecho de estar provisto de una oreja en cada lado permite apreciar de qué dirección llega el sonido. Esta información puede ser altamente benéfica cuando por ejemplo, en una situación de peligro, además de registrar la presencia del sonido de advertencia, se puede localizar el sonido, lo cual proporciona ese "segundo" necesario para tomar las acciones de evitación de peligro apropiadas.

### DESCRIMINACIÓN DE TONO Y VOLUMEN

La frecuencia y la intensidad son las características que definen a cualquier estímulo auditivo; sin embargo, la habilidad para discriminar entre los sonidos diferentes (y actuar de acuerdo) es limitada.

Se presenta una diferencia entre dos tipos de proceso discriminatorio. Primero, un tipo relativo de juicio en el que existe la oportunidad de comparar dos o más estímulos. Segundo, existe un tipo absoluto de juicio en el que no hay esta oportunidad tan obvia de poder comparar los estímulos.

En la mayoría de las situaciones laborales, es más probable que la discriminación se base primordialmente en juicios absolutos. El operario tiene que decidir si oprime el botón "rojo" al reaccionar a un sonido "suave" o puede que necesite operar el control pequeño. Existe muy poca oportunidad de hacer una comparación inmediata entre los estímulos de cada situación; sin embargo, la habilidad de las personas para hacer discriminaciones absolutas entre estímulos individuales de la mayoría de los tipos no es muy grande. Se determinó el número de siete más o menos dos, que implica que el rango de posibilidad de discriminación es de aproximadamente  $7 \pm 2$  (o de 5 a 9). Por tanto, se pueden discriminar de cuatro a cinco sonidos de volumen diferente y cerca del mismo número de tonos distintos.

## 7.6 LOS SENTIDOS PROPIOCEPTIVOS.

Los sentidos propioceptivos son aquellos que se relacionan con la percepción del movimiento del propio cuerpo y con la información del individuo acerca de su posición, y la posición de sus extremidades en el espacio. En esencia, el sistema sensorial está constituido por dos sistemas separados: a) el sistema vestibular en el oído, que trata lo concerniente al mantenimiento de la postura corporal y el equilibrio, y b) el sistema cinestésico, que consta de sensores en los músculos y los tendones, todos los cuales indican la posición relativa de las extremidades y de las diferentes partes del cuerpo.

Cada uno de estos receptores darán al operario una idea acerca de donde están colocados su cuerpo y sus extremidades en el espacio, sin tener que usar sus ojos.

Para demostrar la importancia de éste sistema a continuación se presenta una lista de 11 rasgos de habilidad importantes:

1. Precisión del control: este factor es común para las tareas que requieren ajustes musculares controlados y finos, primordialmente cuando implican grupos de músculos grandes.
2. Coordinación multiextremidades: es la habilidad para coordinar el movimiento de un número de extremidades al mismo tiempo.
3. Orientación de la respuesta: esta habilidad se ha encontrado generalmente en las tareas que implican direcciones discriminatorias rápidas y movimientos de orientación.

4. **Tiempo de reacción:** representa la velocidad con que un individuo es capaz de responder al estímulo, cuando éste aparece.
5. **Velocidad de movimiento de los brazos:** es similar al tiempo de reacción, pero representa la velocidad con que un individuo puede hacer movimientos de los brazos amplios y discretos cuando no se requiere precisión.
6. **Control de ritmo:** esta habilidad implica los ajustes motores anticipatorios continuos relativos a los cambios de velocidad y dirección de un objeto o un blanco en continuo movimiento.
7. **Destreza manual:** esta habilidad incluye los movimientos del brazo y la mano hábil y bien dirigidos e implica manipular objetos bastante grandes en condiciones de velocidad.
8. **Destreza de dedos:** es la habilidad para hacer manipulaciones con habilidad para controlar objetos muy pequeños, usando los dedos.
9. **Estabilidad brazo-mano:** es la habilidad para hacer movimientos de posición del brazo y la mano; el rasgo crítico, como su nombre lo implica, es la estabilidad con que se efectúan tales movimientos.
10. **Velocidad dedo-muñeca:** esta habilidad podría llamarse de "golpeteo" y se relaciona con la habilidad para mover la muñeca y los dedos rápidamente y a tiempo, de acuerdo con un estímulo externo.
11. **Atinar:** esta habilidad tiene como rasgos críticos la velocidad y la precisión de ubicación.

Por tanto, el sistema propioceptivo desempeña un papel principal en el entrenamiento de la conducta habilidosa, dado que mucho del desarrollo de las habilidades motoras complejas depende de la retroalimentación eficaz de estos mecanismos.

## 7.7 COMUNICACION MAQUINA-HOMBRE: TABLEROS.

El mejor tablero se escoge por medio de los criterios de velocidad, de precisión y de sensibilidad para comunicar la información importante. Dado que la comunicación es un acto que requiere que el receptor interprete correctamente el mensaje originado en el transmisor, tales criterios se refieren a la misma cantidad tanto al desempeño del operario como a la máquina misma; la velocidad, la precisión y la sensibilidad son los criterios primarios mediante los cuales debe juzgarse el valor del tablero. Un tablero que no se pueda leer con rapidez no tendrá valor si sus lecturas (ya sea las que se puedan hacer directamente o las que quedan registradas) son imprecisas; un tablero que comunica cambios leves en el estado de la máquina no tendrá valor si requiere mucho tiempo para poder leerlo; el tablero representa el único medio con el cual la máquina puede comunicar información acerca de su estado interno al operario.

Los tableros visuales son más apropiados cuando:

- a) Se presenta la información en un ambiente ruidoso. En estas condiciones, los tableros auditivos quizá no se perciben.
- b) El mensaje es largo y complicado; por ejemplo, compárese un enunciado escrito de un reproductor telex (visual) y la misma información presentada en una grabadora (auditivo). Dado que los ojos pueden repasar una y otravez el material escrito, la capacidad de la memoria a corto plazo no se sobrecarga. A menos que el material grabado se transcriba a material escrito, las memorias que se descodifican deberían quedar almacenadas en la memoria mientras se descodifican las otras palabras del mensaje.
- c) El mensaje debe volverse a consultar. La información visual puede producir un registro permanente -a menos que se use equipo de grabación auditiva, la información acústica se almacena sólo en la memoria.
- d) El sistema auditivo se sobrecarga -talvez porque hay demasiados tableros auditivos o (como en el caso "a") tiene un ambiente ruidoso.
- e) El mensaje no requiere una respuesta inmediata.

Los tableros auditivos son más apropiados cuando:

- a) El mensaje requiere una respuesta inmediata. Por ello, los mensajes de advertencia o de peligro normalmente se presentan en forma de claxon o de campana, pues así atraen más la atención.
- b) El sistema visual queda sobrecargado, tal vez porque hay demasiados tableros visuales, o en condiciones con un nivel demasiado alto de luz ambiental.
- c) Se necesita presentar la información independientemente de la posición de la cabeza del operario. La inconveniencia de los tableros visuales radica en el hecho de que el operario debe

observarlos antes que puedan comunicarle la información; sin embargo, los tableros auditivos no tienen estas restricciones. Por ello, son tan buenos como indicadores de alarma.

- d) La visión es limitada -por ejemplo, en la oscuridad, en la noche o cuando el operario no tenga tiempo de adaptarse a la luz o a condiciones de oscuridad.

#### COMUNICACION HOMBRE-MAQUINA: CONTROLES.

Por lo general, los controles se clasifican en dos grupos, de acuerdo con su función. El primero incluye aquellos que se usan para alterar discretamente el estado de la máquina: por ejemplo, el sistema de interruptor de "encendido" o "apagado" o cambiar en diferentes niveles la actividad de la máquina. El segundo tipo incluye aquellos controles que se usan para hacer ajustes continuos; por ejemplo, el control del volumen de un radio permite al escucha aumentar gradualmente el volumen, y modular cualquiera del número infinito de intensidades dentro de su rango de operación. Estas dos funciones se subdividen en:

##### Discretas.

- a) Activación: por ejemplo, encender o apagar una máquina.
- b) Entrada de datos: como en un tablero para introducir un número o una letra.
- c) Ajuste: por ejemplo, cambiar a estados de la máquina específicos.

##### Continuas.

- a) Ajuste cuantitativo: ajustar la máquina a un valor particular a lo largo de un continuo, por ejemplo, dar la vuelta a un control de frecuencia de un radio para escuchar una estación de radio específica.
- b) Controles continuos: alterar continuamente el estado de la máquina, por ejemplo, para mantener cierto nivel de actividad (comúnmente conocido como seguimiento).

Dadas estas actividades variadas, cada control será más apropiado para algunos propósitos que para otros. Las ventajas respectivas de los diversos controles para cada actividad se muestran a continuación:

## TIPOS DE CONTROLES Y SUS FUNCIONES

Tipo de control	Activación	Discreto	Entrada de datos	Continuo	Control continuo
		Ajuste discreto		Ajuste cuantitativo	
Interruptor manual de botones de presión	Excelente	Puede usarse y necesitará tantos botones como ajustes —no se recomienda	Buena	No aplicable	No aplicat
Interruptor de botones de presión de pie	Buena	No se recomienda	N/A	N/A	N/A
Interruptor de espiga	Buena —pero propensa a activación accidental	Regular —pero deficiente si se hacen más de tres ajustes posibles	N/A	N/A	N/A
Interruptor de selección rotatorio	Puede usarse, pero la posición encendido/apagado puede confundirse con otras posiciones	Excelente —previendo que los ajustes estén bien marcados	N/A	N/A	N/A
Perilla	N/A	Deficiente	N/A	Bueno	Regular
Manivela	Sólo aplicable si se necesitan grandes fuerzas para activarlo —por ejemplo, abrir y cerrar compuertas	N/A	N/A	Regular	Bueno
Rueda de mano	N/A	N/A	N/A	Bueno	Excelente
Palanca	Buena	Buena —previendo que no haya demasiados ajustes	N/A	Bueno	Bueno
Pedal	Regular	N/A	N/A	Bueno	Regular

## DISPLAYS

### DISPLAYS VISUALES

#### El Proceso de la Visión:

El ojo se parece mucho a una cámara fotográfica con lentes ajustables a través de los cuales los rayos de luz son transmitidos y enfocados, y con una zona sensible, la retina, sobre la que incide la luz. La lente del ojo es normalmente flexible, para que pueda ajustarse y así enfocar debidamente la retina.

#### Acuidad Visual:

Hay varios tipos de acuidad visual, pero todos se refieren a la determinación o distinción de los detalles en blanco y negro. Los diferentes tipos de acuidad visual dependen en gran parte de la acomodación de los ojos, la cual no es otra cosa que el ajuste de las lentes del ojo para producir un enfoque adecuado de los rayos de luz en la re-

tina. En la acomodación normal, si se está mirando un objeto lejano, las lentes se aplanan, y si uno contempla un objeto (lejano) cercano de las lentes, tienden a curvarse para proporcionar un enfoque correcto de la imagen en la retina.

#### Tipos de Acuidad Visual:

La Acuidad Visual viene determinada por el objeto más pequeño que puede identificar.

#### Convergencia:

Quando dirigimos nuestra atención visual a un objeto en concreto, es necesario que los dos ojos converjan en él, para que las imágenes del mismo, en las dos retinas, estén en posiciones correspondientes y de esta manera se obtenga la impresión de un solo objeto.

#### Adaptación a la Oscuridad:

La adaptación del ojo a los diferentes niveles de luz y oscuridad viene provocada por dos funciones. En primer lugar, la pupila del ojo aumenta en tamaño cuando entramos a una habitación o área oscura, para poder admitir más luz; por el contrario, tiende a contraerse frente a una luz brillante, para limitar la cantidad que de ella entre en el ojo. Ya que en la oscuridad nuestra visión depende en gran parte de los bastones, la discriminación del color queda limitada en la oscuridad. El tiempo requerido para una completa adaptación a la misma es de 30 a 40 minutos. La adaptación contraria, de la oscuridad a la luz, tiene lugar en algunos segundos, como máximo un minuto o dos.

#### Condiciones que Afectan a las Discriminaciones Visuales:

La capacidad de algunos individuos para establecer diferencias visuales, depende de su destreza visual y especialmente su acuidad visual. Sin embargo, aparte de las diferencias individuales, hay ciertas variables externas al individuo que afectan a la discriminación visual.

## Contraste de Luminancia:

El Contraste de Luminancia se refiere a la diferencia de la luminancia de las características del objeto que se observa, en particular de los detalles que lo destacarán por contraste con el fondo, por ejemplo, una flecha en una señal de dirección contra su área de fondo.

## Tiempo:

Cuanto más largo es el tiempo de observación, mayor es la discriminabilidad.

## Movimiento:

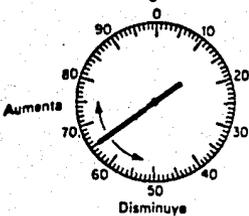
El movimiento de un objeto determinado o del observador, disminuye el umbral de agudeza visual.

## Displays Cuantitativos:

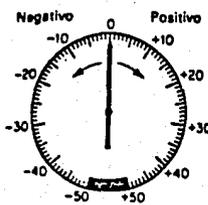
Estos displays se emplean para proporcionar información acerca del valor cuantitativo de alguna variable.

Hay tres tipos básicos de representaciones cuantitativas Dinámicas: 1) Escalas fijas con indicadores en movimiento; 2) Escalas móviles con indicadores fijos; 3) Displays digitales o contadores.

### Escala Fija Indicador Móvil



(a) Escalas circulares



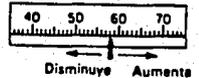
(b) Escala circular con valores positivos y negativos



(c) Escala semicircular o curva

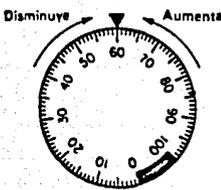


(d) Escala vertical

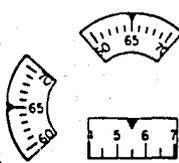


(e) Escala horizontal

### Escala Móvil Indicador Fijo



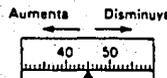
(f) Escala circular



(g) Escalas de ventana



(h) Escala vertical



(i) Escala horizontal

### DISPLAY DIGITAL

(j) Display digital 27943

### Comparación en los Diferentes Diseños:

En base a estudios efectuados, se ha comprobado que un indicador digital es más adecuado que un display analógico, si se requieren lecturas precisas de los valores numéricos. Además, la investigación y la experiencia tienden a favorecer las escalas circulares y semicirculares por encima de las escalas verticales y horizontales.

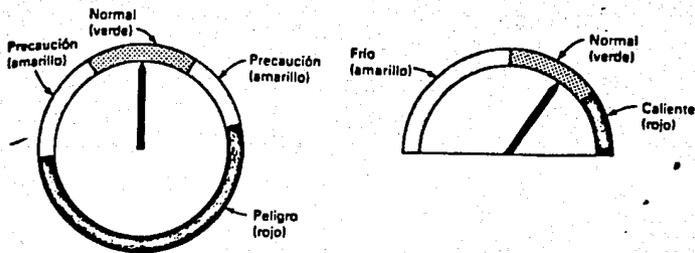
### Características Específicas de Escalas Cuantitativas:

La capacidad para establecer discriminaciones visuales queda influida en parte por las características específicas que han de ser discriminadas. Algunas de las características relevantes en las escalas cuantitativas son la longitud empleada como unidad de escala, marcadores de escala, cuantos y de que tamaño, progresiones numéricas y diseño de los indicadores.

### Displays Cualitativos:

Al emplear displays para obtener información cualitativa, el espectador está interesado en el valor aproximado de alguna variable continuamente cambiante o en su tendencia o propensión al cambio. Los datos básicos para tales propósitos son generalmente cuantitativos.

Los datos cuantitativos pueden ser usados como base para una lectura cualitativa por lo menos de tres maneras: 1) para determinar el estado o condición de la variable en función de un número limitado de gamas predeterminadas; 2) para mantener aproximadamente alguna gama de valores y 3) para observar las tendencias y/o frecuencias de cambios.



**Ilustración de codificación cromática de secciones de instrumentos que han de ser leídos cualitativamente.**

#### Indicadores de la situación.

En cierto sentido, alguna información cualitativa se aproxima a una indicación de la situación de un sistema o componente como el uso de algunos displays para una lectura de comprobación el objeto a determinar si una condición es normal o anormal, o la lectura cualitativa de un termómetro de automóvil para saber si hay condición caliente, normal o fría. Sin embargo lo que más reflejan los indicadores de la situación, son condiciones separadas o distintas, tales como encendido o apagado. En tales casos el tipo de display más sencillo es una señal de luz.

#### Luces de señal y de alarma.

Las luces estáticas o de destello se usan para propósitos diferentes, entre ellos: indicaciones de alarma, identificación de aviones durante la noche y para llamar la atención, como en ciertas localizaciones en un tablero de instrumentos.

#### Factores que influyen en la detectabilidad de las luces.

Tamaño, iluminancia y tiempo de exposición.

El color de la luces. Si una señal tiene buen contraste - brillo contra un fondo oscuro, y si el nivel de brillo de la señal es alto, el color de la señal es de una importancia mínima para llamar la atención. Pero en de señales de contraste de bajo brillocintra el fondo, una señal roja tiene marcada - ventaja, seguida por el verde, amarillo y blanco.

Frecuencia de los destellos de las luces. En los casos de destellos de luz, se recomiendan de 3 a 10 por segundo, con - una duración de al menos 0.05 segundos, para llamar la aten- ción.

### DISPLAYS FIGURATIVOS

Los displays figurativos, tanto estáticos como dinámicos, - tienden a concentrarse en dos clases: 1) los que son esencial mente pictóricos, pensados en reproducir un objeto o escena y 2) los que son ilustrativos o simbólicos. En ambos casos, la intención es enviar una impresión visual que requiera poca o ninguna interpretación.

### DISPLAYS ALFANUMERICOS

La eficacia de las comunicaciones que implican caracteres- alfanúmericos y simbólicos depende de varios factores, entre ellos tipografía, contenido, selección de las palabras y re - dactado. La tipografía se refiere a rasgos propios de los ca- racteres y de su disposición.

### DISPLAYS AUDITIVOS.

La naturaleza de la modalidad sensorial auditiva ofrece - ventajas unicas en lo que respecta a presentar información - contrastada con la modalidad visual, que por su parte, tiene- sus propias ventajas: circunstancias en las que los displays - auditivos se prefieren, a los displays visuales.

- Cuando el origen de la señal es, ahí mismo, un sonido.
- Cuando el mensaje es simple y corto.
- Cuando el mensaje trata de sucesos temporales.
- Cuando se emiten señales de aviso o cuando el mensaje lla- ma a la acción inmediata.
- Cuando el sistema visual esta sobrecargado.
- Cuando los canales de comunicación funcionan a tope.

-Cuando la iluminación limita el uso de la visión.

Evidentemente, la aplicación de lo anterior sería de sugerencias debe adaptarse a las circunstancias. Pero es aconsejable reducir los mensajes auditivos a aquellos que son cortos y simples, puesto que la gente no comprende bien los mensajes complejos.

Hay tres tipos de funciones humanas comprendidas en la recepción de señales acústicas y dependen de la naturaleza de la señal: 1) detección, discriminación relativa y 3) identificación absoluta. La discriminación relativa y la identificación absoluta pueden hacerse en base a cualquiera de las diversas dimensiones de los estímulos tales como intensidad, frecuencia duración y dirección.

### Principios de los displays auditivos.

Principios generales.

- Compatibilidad
- Aproximación
- Disociabilidad; diferencia entre sonidos.
- Parsimonia; intervalo de tiempo de duración.
- Invariabilidad; sonidos característicos.

Principios de presentación

- Evitar los extremos de las dimensiones auditivas.
- Establecer la intensidad con relación al nivel de ruido ambiental.

-Utilizar señales variables o interrumpidas.

Principios de instalación.

- Realización de tesis de las señales a utilizar.
- Evitar el parecido con señales anteriormente utilizadas.
- Facilitar la sustitución de un display previo.

### DISPLAYS TÁCTILES.

Aunque en nuestra vida cotidiana dependemos mucho de nuestros sentidos cutáneos, estos se han utilizado solamente de una forma muy limitada como base de una transmisión intencional de información mediante el empleo de displays táctiles.

Otro uso del sentido táctil es el que hace referencia al diseño de los BANDOS DE CONTROL. Aunque eso no son displays en el sentido convencional de la palabra, la codificación de tales aparatos para su identificación táctil incluye forma, textura y tamaño.

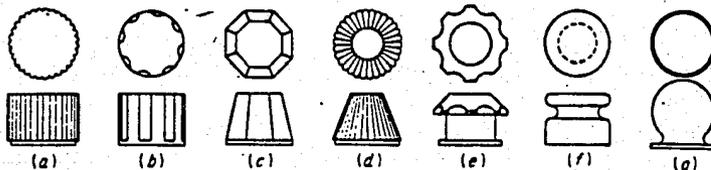
La United Air Force ha desarrollado 15 diseños de mandos -- que son difícilmente confundibles. Estos diseños son de tres tipos diferentes.

-Clase A: Rotación múltiple. Estos mandos son utilizados en controles que requieran vueltas o giros, cuyo ajuste precisa de una vuelta completa o más y para los que la posición del mando no es un aspecto crítico de la información en información de control.

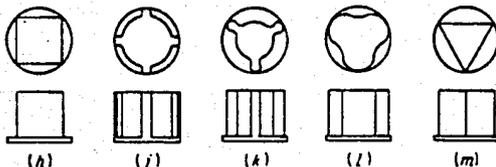
-Clase B: Rotación fraccionaria. Estos mandos se utilizan en controles que no requieren giros o vueltas, cuyo ajuste se consigue, por lo general, con menos de una vuelta completa y para los que posición del mando no es un aspecto crítico de la información en la operación del control.

-Clase C: posición de retén. Estos mandos son para utilizar los en controles de posición distiativa.

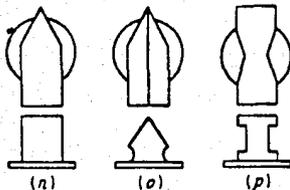
En las siguientes figuras aparecen los 15 mandos de estas 3 clases.



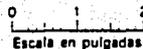
Clase A, mandos de rotación múltiple



Clase B, mandos de rotación fraccional



Clase C, mandos de posición de retén



Escala en pulgadas

Diseños de mandos de tres clases, que rara vez se confunden por el tacto.

INVESTIGACION

8. **ANTROPOMETRIA**

## A N T R O P O M E T R I A

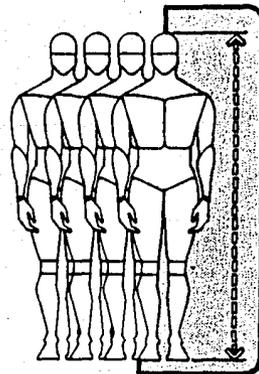
Se utilizarán los datos Antropométricos para asegurar, literalmente, que la máquina se ajuste a las dimensiones del hombre.

Cada vez que el operario humano tiene que interactuar con su ambiente, es importante contar con los detalles de las dimensiones de la parte apropiada del cuerpo. Así, la estatura total es un factor importante de; por ejemplo, el tamaño o altura de la máquina; la dimensión de la pelvis y los glúteos limitan el tamaño de los asientos o de las aberturas; el tamaño de la mano determina las dimensiones de los controles y de los soportes de descanso; y si se necesita tener detalles del alcance de los brazos para poder determinar la posición de los controles en la consola y tablero, con el fin de que queden a distancias accesibles.

A continuación se presentan una serie de gráficas con datos Antropométricos útiles para dimensionar el diseño en general:

- **ESTATURA:** Estatura de hombres y mujeres adultos en pulgadas y centímetros según sexo, edad y selección de percentil.
- **DIMENSIONES ESTRUCTURALES COMBINADAS DEL CUERPO:** Dimensiones estructurales combinadas del cuerpo de hombres y mujeres adultos, en pulgadas y centímetros, según edad y selección de percentil.
- **DIMENSIONES FUNCIONALES DEL CUERPO:** Dimensiones funcionales del cuerpo de hombres y mujeres adultos, en pulgadas y centímetros según edad, sexo y selección de percentiles.
- **POSICIONES DE TRABAJO:** Posiciones de trabajo de hombres y mujeres adultos, en pulgadas y centímetros, según selección de percentiles.
- **DIMENSIONES DE CABEZA, TARA, MANO Y PIE**
- **MOVIMIENTO ARTICULAR DEL CUELLO, COLUMNA VERTEBRAL, MUÑECA, DEDOS, HOMBRO, CODO-ANTEBRAZO.**
- **OBSERVADOR DE PIE Y SENTADO/MÓDULO DE COMUNICACION VISUAL**
- **DIVISORIAS VISUALES/CONSIDERACIONES ANTROPOMETRICAS ESCUELAS**
- **ORIENTACIONES DE DISEÑO/MÓDULO DE COMUNICACION VISUAL**

## ESTATURA



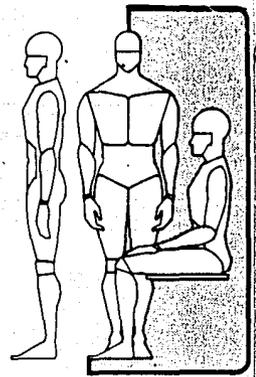
Estatura de hombres y mujeres adultos\* en pulgadas y centímetros, según edad, sexo y selección de percentil†

	18 a 79 (Total)	18 a 24 Años	25 a 34 Años	35 a 44 Años	45 a 54 Años	55 a 64 Años	65 a 74 Años	75 a 79 Años
	pulg. cm	pulg. cm	pulg. cm	pulg. cm	pulg. cm	pulg. cm	pulg. cm	pulg. cm
99	HOMBRES 74.6 189,5	74.8 190,0	76.0 193,0	74.1 188,2	74.0 188,0	73.5 186,7	72.0 182,9	72.6 184,4
	MUJERES 68.8 174,8	69.3 176,0	69.0 175,3	69.0 175,3	68.7 174,5	68.7 174,5	67.0 170,2	68.2 173,2
95	HOMBRES 72.8 184,9	73.1 185,7	73.8 187,5	72.5 184,2	72.7 184,7	72.2 183,4	70.9 180,1	70.5 179,1
	MUJERES 67.1 170,4	67.9 172,5	67.3 170,9	67.2 170,7	67.2 170,7	66.6 169,2	65.5 166,4	64.9 164,8
90	HOMBRES 71.8 182,4	72.4 183,9	72.7 184,7	71.7 182,1	71.7 182,1	71.0 180,3	70.2 178,3	69.5 176,5
	MUJERES 66.4 168,7	66.8 169,7	66.6 169,2	66.6 169,2	66.1 167,9	65.6 166,6	64.7 164,3	64.5 163,8
80	HOMBRES 70.6 179,3	70.9 180,1	71.4 181,4	70.7 179,6	70.5 179,1	69.8 177,3	68.9 175,0	68.1 173,0
	MUJERES 65.1 165,4	65.9 167,4	65.7 166,9	65.5 166,4	64.8 164,6	64.3 163,3	63.7 161,8	63.6 161,5
70	HOMBRES 69.7 177,0	70.1 178,1	70.5 179,1	70.0 177,8	69.5 176,5	68.8 174,8	68.3 173,5	67.0 170,2
	MUJERES 64.4 166,6	65.0 165,1	64.9 164,8	64.7 164,3	64.1 162,8	63.6 161,5	62.8 159,5	62.8 159,5
60	HOMBRES 68.8 174,8	69.3 176,0	69.8 177,3	69.2 175,8	68.8 174,8	68.3 173,5	67.5 171,5	66.6 169,2
	MUJERES 63.7 161,8	64.5 163,8	64.4 163,6	64.1 162,8	63.4 161,0	62.9 159,8	62.1 157,7	62.3 158,2
50	HOMBRES 68.3 173,5	68.6 174,2	69.0 175,3	68.6 174,2	68.3 173,5	67.6 171,7	66.8 169,7	66.2 168,1
	MUJERES 62.9 159,8	63.9 162,3	63.7 161,8	63.4 161,0	62.8 159,5	62.3 158,2	61.6 156,5	61.8 157,0
40	HOMBRES 67.6 171,7	67.9 172,5	68.4 173,7	68.1 173,0	67.7 172,0	66.8 169,7	66.2 168,1	65.0 165,1
	MUJERES 62.4 158,5	63.0 160,0	62.9 159,8	62.8 159,5	62.3 158,2	61.8 157,0	61.1 155,2	61.3 155,7
30	HOMBRES 66.8 169,7	67.1 170,4	67.7 172,0	67.3 170,9	66.9 169,9	66.0 167,6	65.5 166,4	64.2 163,1
	MUJERES 61.8 157,0	62.3 158,2	62.4 158,5	62.2 158,0	61.7 156,7	61.3 155,7	60.2 152,9	60.1 152,7
20	HOMBRES 66.0 167,6	66.5 168,9	66.8 169,7	66.4 168,7	66.1 167,9	64.7 164,3	64.8 164,6	63.3 160,8
	MUJERES 61.1 155,2	61.6 156,5	61.8 157,0	61.4 156,0	60.9 154,7	60.6 153,9	59.5 151,1	59.0 149,9
10	HOMBRES 64.5 163,8	65.4 166,1	65.5 166,4	65.2 165,6	64.8 164,6	63.7 161,8	64.1 162,8	62.0 157,5
	MUJERES 59.8 151,9	60.7 154,2	60.6 153,9	60.4 153,4	59.8 151,9	59.4 150,9	58.3 148,1	57.3 145,5
5	HOMBRES 63.6 161,5	64.3 163,3	64.4 163,6	64.2 163,1	64.0 162,6	62.9 159,8	62.7 159,3	61.3 155,7
	MUJERES 59.0 149,9	60.0 152,4	59.7 151,6	59.6 151,4	59.1 150,1	58.4 148,3	57.5 146,1	55.3 140,5
	HOMBRES 61.7 156,7	62.6 159,0	62.6 159,0	62.3 158,2	62.3 158,2	61.2 155,4	60.8 154,4	57.7 146,6
	MUJERES 57.1 145,0	58.4 148,3	58.1 147,6	57.6 146,3	57.3 145,5	56.0 142,2	55.8 141,7	46.8 118,9

\* \_\_\_\_\_

† \_\_\_\_\_

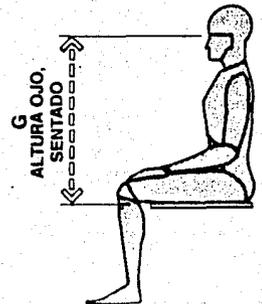
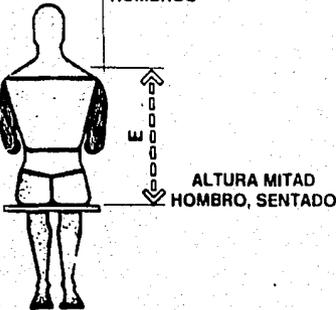
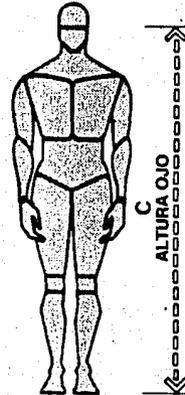
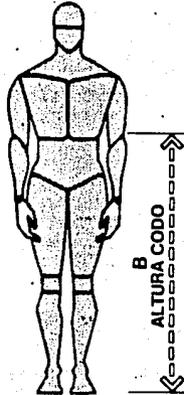
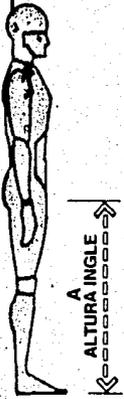
**DIMENSIONES ESTRUCTURALES COMBINADAS DEL CUERPO**



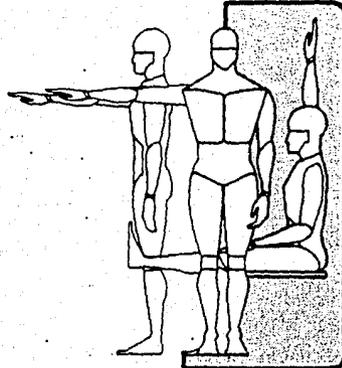
Dimensiones estructurales combinadas del cuerpo de hombres y mujeres adultos, en pulgadas y centímetros, según edad y selección de percentiles

95  
5

	A	B	C	D	E	F	G
	pulg. cm	pulg. cm	pulg. cm	pulg. cm	pulg. cm	pulg. cm	pulg. cm
HOMBRES	36.2 91,9	47.3 120,1	68.6 174,2	20.7 52,6	27.3 69,3	37.0 94,0	33.9 86,1
MUJERES	32.0 81,3	43.6 110,7	64.1 162,8	17.0 43,2	24.6 62,5	37.0 94,0	31.7 80,5
HOMBRES	30.8 78,2	41.3 104,9	60.8 154,4	17.4 44,2	23.7 60,2	32.0 81,3	30.0 76,2
MUJERES	26.8 68,1	38.6 98,0	56.3 143,0	14.9 37,8	21.2 53,8	27.0 68,6	28.1 71,4

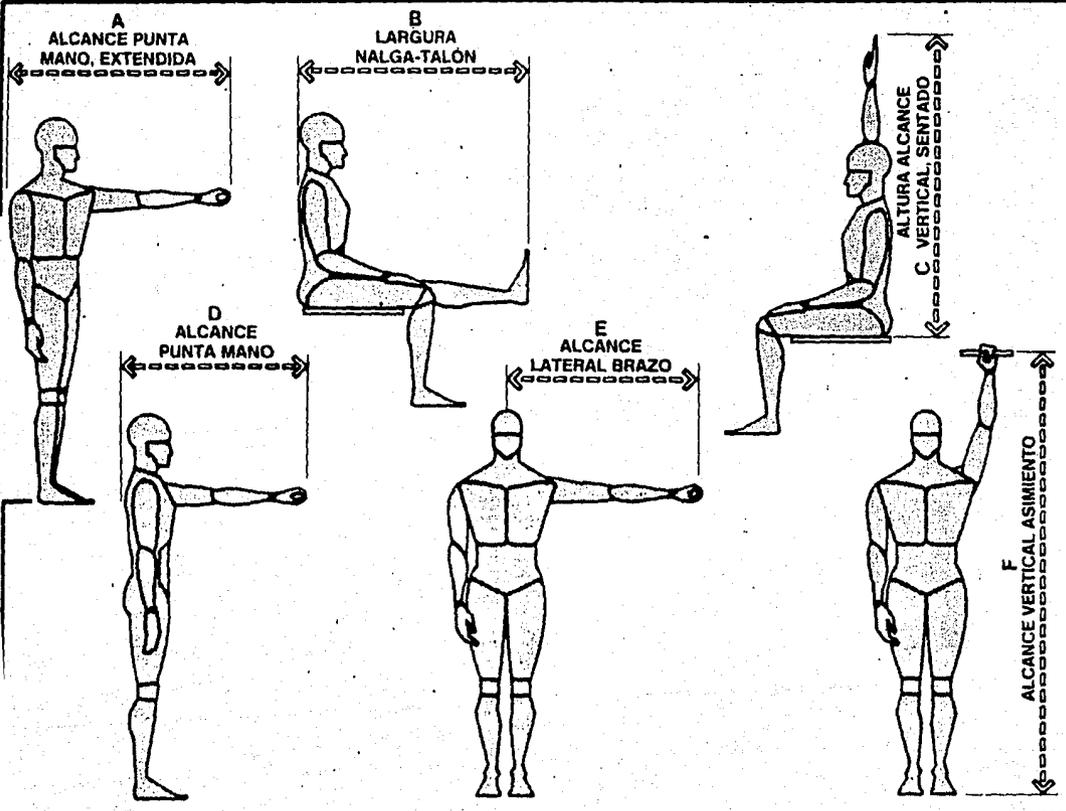


## DIMENSIONES FUNCIONALES DEL CUERPO



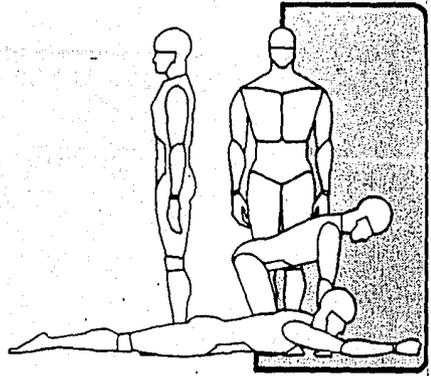
Dimensiones funcionales del cuerpo de hombres y mujeres adultos, en pulgadas y centímetros, según edad, sexo y selección de percentiles

	A		B		C		D		E		F	
	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm
95 HOMBRES	38.3	97,3	46.1	117,1	51.6	131,1	35.0	88,9	39.0	86,4	88.5	224,8
5 MUJERES	36.3	92,2	49.0	124,5	49.1	124,7	31.7	80,5	38.0	96,5	84.0	213,4
HOMBRES	32.4	82,3	39.4	100,1	59.0	149,9	29.7	75,4	29.0	73,7	76.8	195,1
MUJERES	29.9	75,9	34.0	86,4	55.2	140,2	26.6	67,6	27.0	68,6	72.9	185,2



8.4

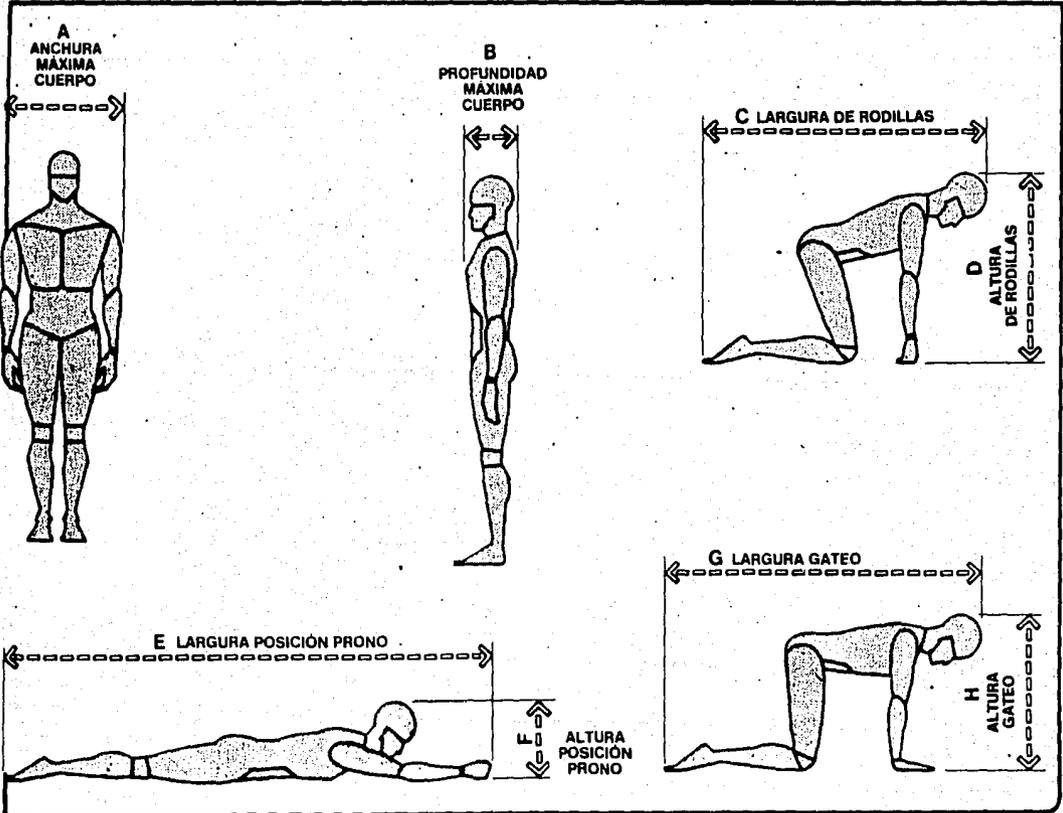
**POSICIONES DE TRABAJO**



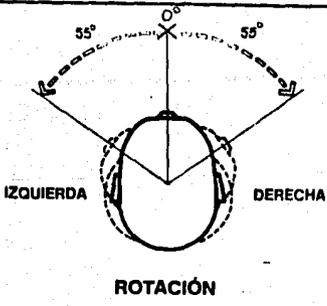
Posiciones de trabajo de hombres y mujeres adultos, en pulgadas y centímetros, según selección de percentiles\*

95  
5

	A	B	C	D	E	F	G	H
pulg.	22.8	13.0	48.1	34.5	95.8	16.4	58.2	30.5
cm	57,9	33,0	122,2	87,6	243,3	41,7	147,8	77,5
pulg.	18.8	10.1	37.6	29.7	84.7	12.3	49.3	26.2
cm	47,8	25,7	95,5	75,4	215,1	31,2	125,2	66,5

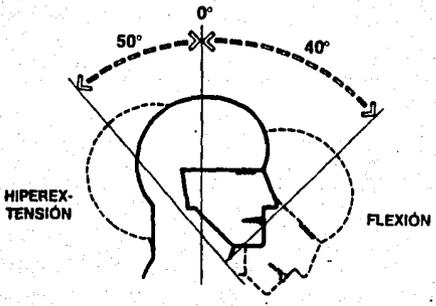


# CUELLO 8.5



IZQUIERDA DERECHA

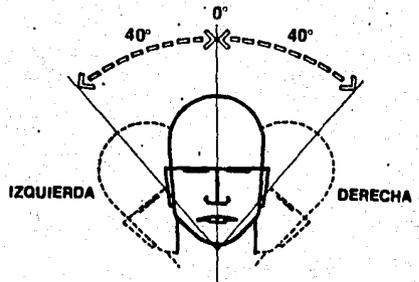
ROTACIÓN



HIPEREXTENSIÓN

FLEXIÓN

HIPEREXTENSIÓN Y FLEXIÓN



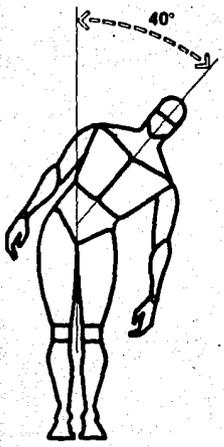
IZQUIERDA

DERECHA

INCLINACIÓN LATERAL

MOVIMIENTO ARTICULATORIO

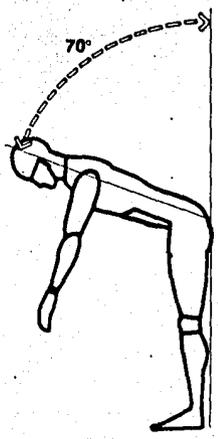
# COLUMNA VERTEBRAL



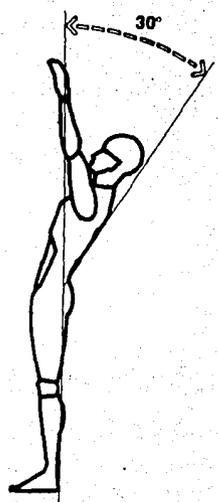
INCLINACIÓN LATERAL



ROTACIÓN



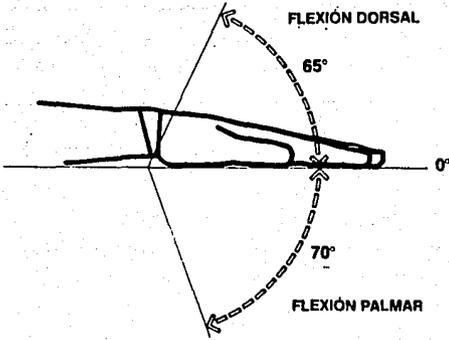
FLEXIÓN



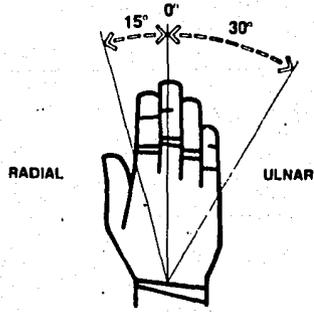
HIPEREXTENSIÓN

MOVIMIENTO ARTICULATORIO

# MUÑECA



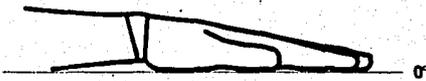
FLEXIÓN Y EXTENSIÓN



DESVIACIÓN

MOVIMIENTO ARTICULATORIO

# DEDOS

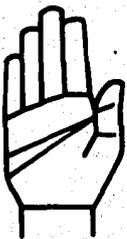


NEUTRO

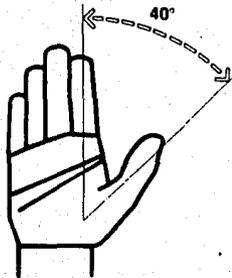


HIPEREXTENSIÓN

MOVIMIENTO ARTICULATORIO



NEUTRO



ABDUCCIÓN

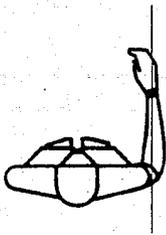


OPOSICIÓN

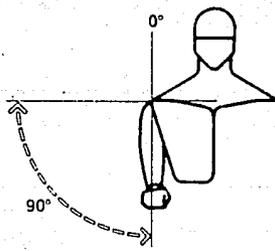


FLEXIÓN

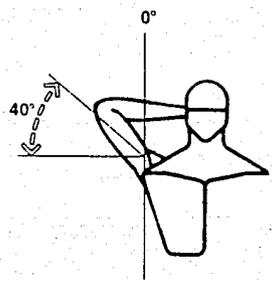
MOVIMIENTO ARTICULATORIO



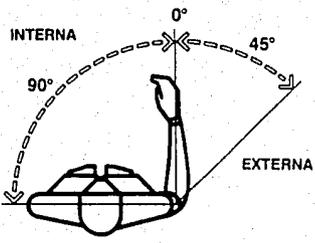
NEUTRO



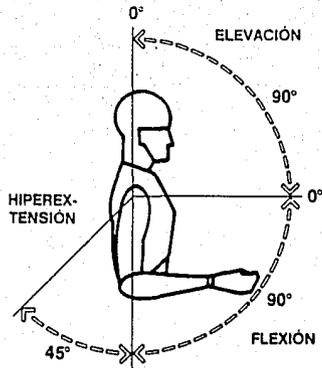
ABDUCCIÓN



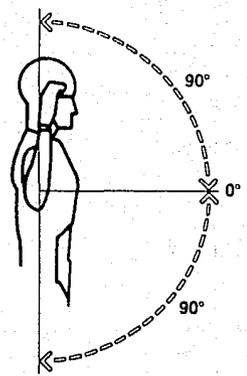
ELEVACIÓN



ROTACIÓN EN POSICIÓN NEUTRA



HIPEREXTENSIÓN Y FLEXIÓN

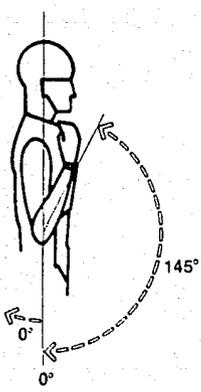


ROTACIÓN EN ABDUCCIÓN

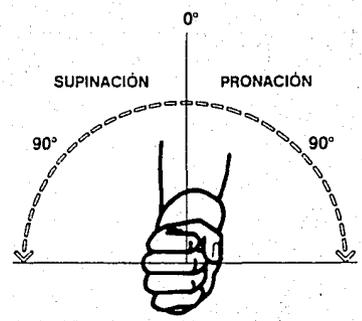
CODO-ANTEBRAZO



EXTENSIÓN NEUTRA



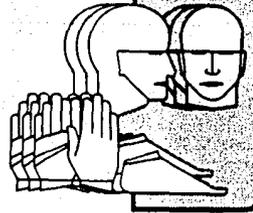
FLEXIÓN



PRONACIÓN Y SUPINACIÓN

MOVIMIENTO ARTICULATORIO

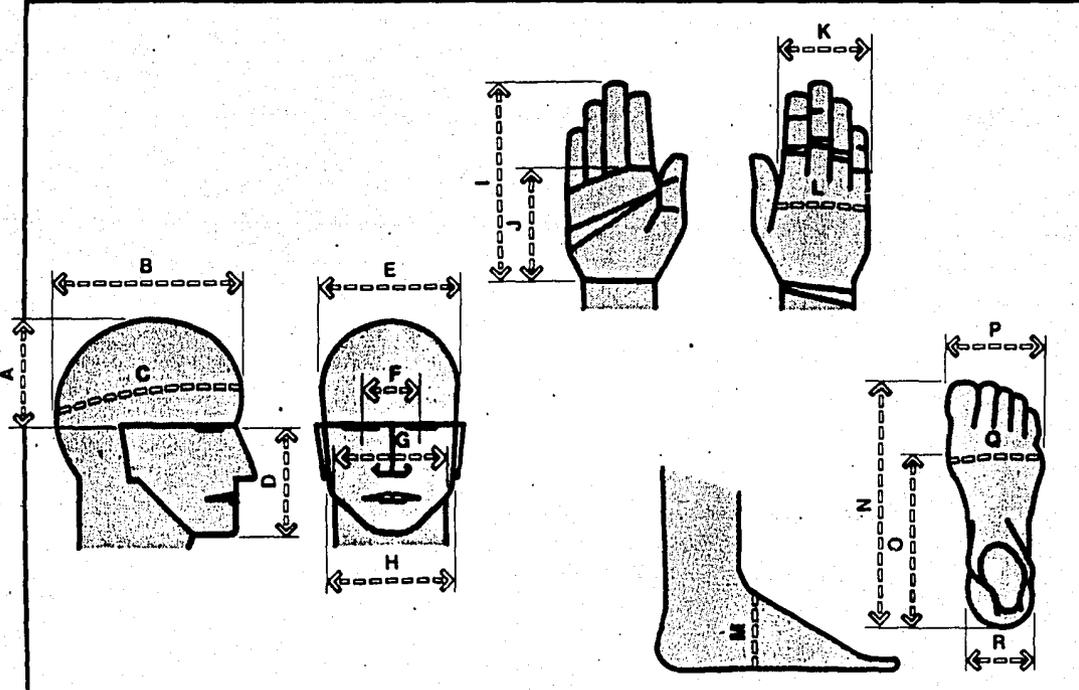
**DIMENSIONES DE CABEZA, CARA, MANO Y PIE**



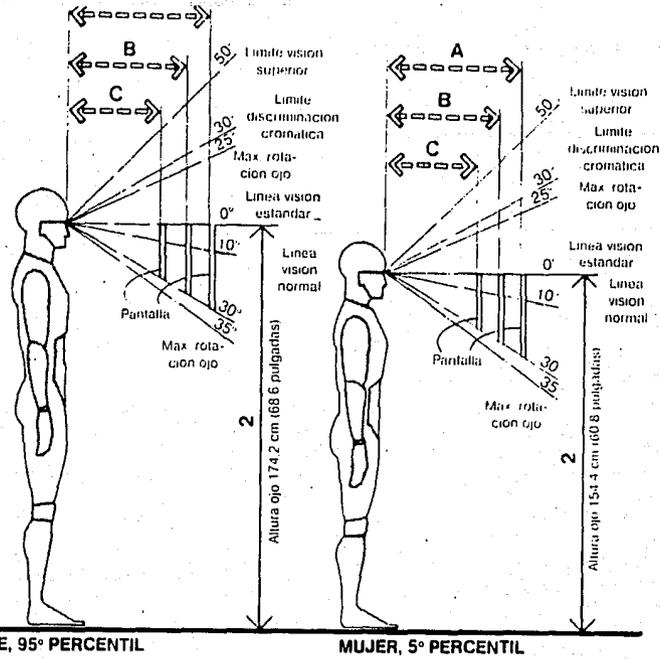
Dimensiones de cabeza cara, mano y pie de hombres y mujeres adultos, en pulgadas y centímetros, según selección de percentiles

95  
5  
95  
5

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
pulg.	5.0	6.50	23.59	5.13	8.27	2.71	5.94	5.98	8.07
cm	12,7	16,5	59,9	13,0	21,0	6,9	15,1	15,2	20,5
pulg.	4.1	5.80	21.74	4.35	7.39	2.24	5.27	5.26	7.00
cm	10,4	14,7	55,2	11,0	18,8	5,7	13,4	13,4	17,8
	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
pulg.	4.63	3.78	9.11	10.95	11.44	8.42	4.18	10.62	2.87
cm	11,8	9,6	23,1	27,8	29,1	21,4	10,6	27,0	7,3
pulg.	3.92	3.24	7.89	9.38	9.89	7.18	3.54	9.02	2.40
cm	10,0	8,2	20,0	23,8	25,1	18,2	9,0	22,9	6,1



8.7



HOMBRE, 95° PERCENTIL

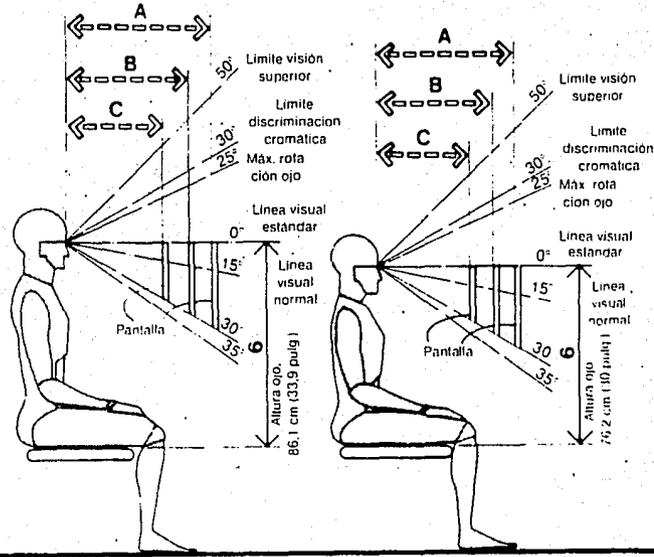
MUJER, 5° PERCENTIL

**OBSERVADOR DE PIE, HOMBRE/ MÓDULO DE COMUNICACIÓN VISUAL**

CM  
71.1-73.7  
45.7-55.9  
33.0-40.6

PULG.  
A 28-29  
B 18-22  
C 13-16

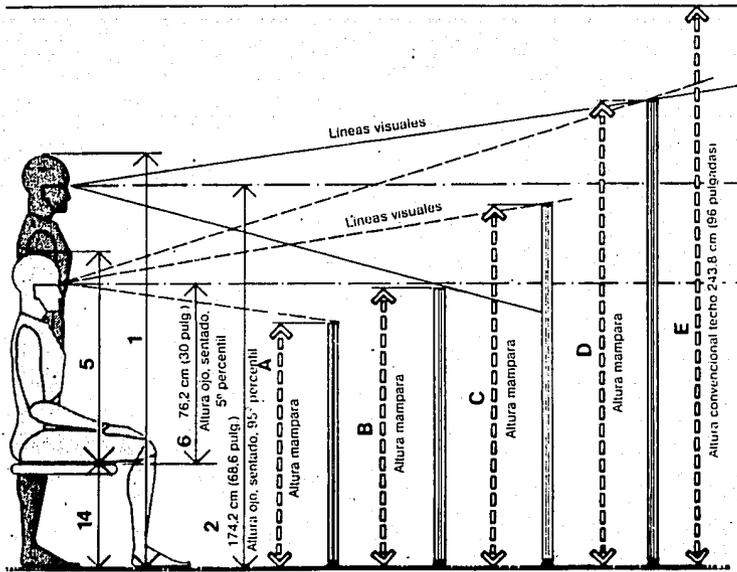
8.8



Hombre, 95° Percentil

Hombre, 5° percentil

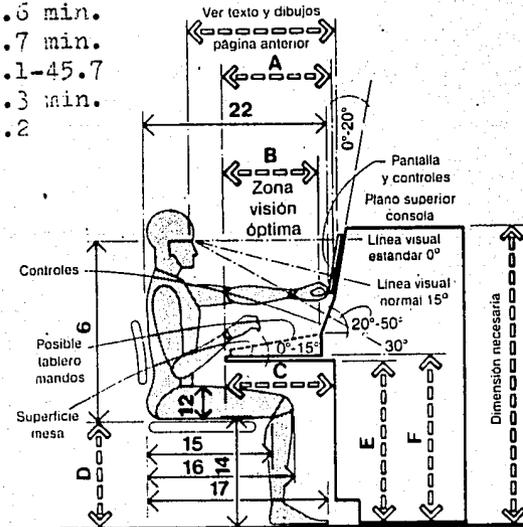
**OBSERVADOR SENTADO, HOMBRE / MÓDULO DE COMUNICACIÓN VISUAL**



**DIVISORIAS VISUALES/CONSIDERACIONES ANTROPOMÉTRICAS MASCULINAS**

	PULG.	CM
A	16-18	40.6-45.7
B	16 min.	40.6 min.
C	18 min.	45.7 min.
D	15-18	38.1-45.7
E	25.5 min.	67.3 min.
F	30	76.2

**8.10**



**ORIENTACIONES DE DISEÑO/ MÓDULO COMUNICACIÓN VISUAL**

INVESTIGACION

**M E R C A D O**

9

## 9.1 DISPONIBILIDAD NACIONAL.

Los niveles artesanal y de talleres familiares por sus características particulares, requieren de gran cantidad de mano de obra calificada, factor de producción abundante en nuestro país.

En los niveles medianamente mecanizado y altamente mecanizado, se puede detectar una automatización en los sistemas de producción, la tecnología utilizada en este tipo de empresas, tiene cierto grado de disponibilidad, debido a que parte de la maquinaria se produce en el país. En cuanto a la mano de obra en este nivel, la disponibilidad va decreciendo debido a la especialización que se requiere para el manejo de estas máquinas.

## 9.2 DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LAS VENTAS.

En cuanto a la distribución geográfica de las ventas para cada tipo de proceso, se puede observar que la maquinaria para corte, la nacional, el mayor porcentaje se vende en el área metropolitana de la ciudad de México, con un 72.7%, sin embargo la maquinaria para corte extranjera, se vende en su mayoría 47.8% en la ciudad de León.

Para el proceso de pespunte, tanto la maquinaria nacional como extranjera se vende en su mayoría (58%) en el área metropolitana y después la ciudad de León con un 32% de maquinaria nacional y un 48% de maquinaria extranjera.

## 9.3 DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LA PRODUCCION.

La producción de calzado tradicionalmente ha estado concentrada en León, Guadalajara y México, por ser estos los centros proveedores de la piel requerida para fabricar el calzado. Estas localidades a su vez han tendido a especializarse, León que provee el 37% de la oferta nacional fabrica principalmente calzado de hombre y de niño, Guadalajara con el 26% fabrica esencialmente calzado de dama y en el área metropolitana de la ciudad de México (27%) de total, se produce principalmente calzado sintético (tipo tenis) y calzado fino de dama.

El área metropolitana de la ciudad de México constituye el principal centro de consumo de calzado absorbiendo el 39% de la producción de León, el 32% de Guadalajara y el 54% de la propia capital.

### DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LA PRODUCCION NACIONAL DE CALZADO

LOCALIDAD

PARTICIPACION PORCENTUAL DE LA  
PRODUCCION TOTAL

---

LEON, GTO.	37.0
AREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO	27.0
GUADALAJARA, JAL.	26.0
RESTO DEL PAIS	10.0

---

FUENTE: CICEJ

#### 9.4 EVALUACION DE LA INDUSTRIA Y POSIBILIDADES DE INVERSION.

La industria del calzado es una actividad manufacturera muy importante para el país pues suministra un satisfactor básico a la población utilizando para ello un producto agropecuario y empleando un gran número de trabajadores. Asimismo su potencialidad exportadora coloca a esta industria como una fuente de divisas interesante.

No obstante, las perspectivas halagadoras de la industria por la demanda creciente derivada del aumento de población se presenta una grave problemática tecnológica que tiene que ser solucionada para permitir el pleno desarrollo de la industria.

En opinión de los proveedores de maquinaria para la industria, se presentan posibilidades de inversión para la fabricación de maquinaria.

Los proveedores de maquinaria señalan que para que sea una buena inversión se tendría que pensar en exportar, lo que implica competir con los fabricantes de maquinaria europea, que actualmente llevan una ventaja enorme en cuanto a tecnología.

Actualmente se copia la tecnología existente, el problema consiste en que se copia la maquinaria cuya patente ha expirado, y en la mayoría de los casos esta maquinaria es obsoleta.

#### 9.5 PERSONAL.

Como es ya bien conocido, uno de los factores más importantes dentro de esta industria es el elemento humano.

El mayor porcentaje del total de los trabajadores lo emplean en el departamento de respunte y corte.

Para complementar el panorama tecnológico se debe considerar al elemento humano que constituye aproximadamente un 20% del costo de fabricación.

## 9.6 TECNOLOGIA.

Se pueden distinguir tres niveles tecnológicos en la industria del calzado: las industrias altamente mecanizadas que representan el 16% de los fabricantes del país, un 37% de empresas medianamente mecanizadas y el restante 47% se compone de talleres familiares y productores artesanales.

Los últimos dos grupos mencionados se caracterizan por una muy baja productividad (50 - 250 pares diarios) y por el uso de maquinaria y tecnología obsoleta, trabajando en muchas ocasiones tan sólo con herramientas rudimentarias.

El primer nivel agrupa a las empresas más avanzadas del ramo que utilizando la tecnología más moderna tienen alta productividad y satisfacen gran parte de la demanda nacional.

En el caso del nivel artesanal, se produce el huarache, con herramientas rudimentarias, con materiales de poca calidad, esto se hace principalmente en el Estado de Michoacán, y es un tipo de calzado que no es industrializable.

En cuanto a los talleres familiares se observa ya un poco más de tecnología debido a que se fabrica calzado un poco más complejo, y en estos talleres ya se emplean algunas máquinas principalmente las de coser.

En lo que se refiere al nivel medianamente mecanizado, se empieza a detectar el creciente uso de máquinas como las suajadoras (troqueladoras para corte), pero aún existe gran cantidad de mano de obra para operar las máquinas y para diferentes pasos del sistema de producción.

El nivel altamente mecanizado, presenta características de alta tecnología, debido a que cuentan con sofisticadas máquinas importadas, que disminuyen los pasos del proceso y con una alta capacidad de producción, por lo que el hombre se ve desplazado, esto ocurre en la mayoría de los casos en la producción de calzado sintético como el tenis.

En el siguiente cuadro se pueden observar los porcentajes aproximados de empresas que se encuentran en cada uno de los niveles técnicos de producción.

NIVEL TECNOLOGICO	NUMERO DE ESTABLECI MIENTOS	%	PRODUCCION DIARIA (N. Pares)	PRODUCCION PROMEDIO DIARIA (No. pares)
ALTAMENTE MECANIZADO	700	16.28	500 ó más	850
MEDIANAM. MECANIZADO	1600	37.21	100 / 400	250
TALLERES FAMILIARES	2000	46.51	10 / 80	50
TOTAL	4300	100.1		

**NOTA:** En el cuadro anterior, el nivel artesanal esta incluido dentro de los talleres familiares.

Como se ve en el cuadro anterior, en la República Mexicana únicamente el 15% de los establecimientos fabriles dedicados a la producción de calzado, cuentan con una tecnología adecuada, que permite producción en serie y uniformidad en la calidad, características indispensables para satisfacer las necesidades siempre crecientes, tanto del mercado nacional, como del internacional.

En lo que se refiere al resto de las unidades fabriles, aproximadamente el 35% del total dedicadas a esta industria, corresponde a los talleres medianos, los que cuentan con tecnología rudimentaria y equipo obsoleto. Por lo que toca a los pequeños fabricantes, que representan el 50% del total, apenas disponen de los elementos mínimos para la producción, la que realizan en talleres familiares con procesos artesanales.

## 9.7 MAQUINARIA.

Dentro de la industria del calzado, un factor de gran importancia es la maquinaria, ya que según lo mecanizado que este una empresa, serán sus volúmenes de producción, su calidad, etc.

En base a investigaciones se ha podido detectar que Guadalajara es la entidad que tiene mayor inversión en maquinaria, siguiéndole León y México.

En cuanto a la distribución de la maquinaria en los diferentes departamentos se puede ver que el departamento de pespunte es el que concentra un mayor número de máquinas.

### DISTRIBUCION DE LA MAQUINARIA FABRICANTES

DEPARTAMENTO	LEON	GUADALAJARA	MEXICO
CORTE	9.2	6.6	6.7
PESPUNTE	40.0	57.0	45.0
ADORNO	7.2	3.3	6.0

FUENTE: Investigación CICEJ.

### DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LAS VENTAS

PROCESO	FABRICACION	AMCM %	LEON %	GUADALAJARA %	OTROS %
CORTE	Nacional	72.7	14.7	6.6	6.0
	Extranjera	38.1	47.8	10.1	4.0
PESPUNTE	Nacional	58.0	32.0	6.0	4.0
	Extranjera	57.5	48.3	8.3	2.5
ADORNO	Nacional	65.0	27.5	5.0	2.5
	Extranjera	75.0	20.0	-	5.0

FUENTE: Investigación CICEJ.

MAQUINARIA EMPLEADA  
GUADALAJARA

DEPARTAMENTO	No. MAQUINARIA NAL.		No. MAQUINARIA EXT.		TOTAL	
	CANTIDAD	%	CANTIDAD	%	CANTID.	%
CORTE	329	71.4	132	28.6	461	6.6
PESPUNTE	18	.5	3932	99.5	3950	57.0
ADORNO	21	9.2	208	90.8	229	3.3

MAQUINARIA EMPLEADA  
LEON

DEPARTAMENTO	No. MAQUINARIA NAL.		No. MAQUINARIA EXT.		TOTAL	
	CANTIDAD	%	CANTIDAD	%	CANTID.	%
CORTE	34	34.7	64	65.3	98	9.2
PESPUNTE	80	18.8	345	81.2	425	40.0
ADORNO	57	74.0	20	26.0	77	7.2

MAQUINARIA EMPLEADA  
MEXICO

DEPARTAMENTO	No. MAQUINARIA NAL.		No. MAQUINARIA EXT.		TOTAL	
	CANTIDAD	%	CANTIDAD	%	CANTID.	%
CORTE	7	36.8	12	63.2	19	0.7
PESPUNTE	67	52.8	60	47.2	127	45.0
ADORNO	3	17.6	14	82.4	17	6.0

FUENTE: Investigación CICEJ.

# CONCLUSIONES

[Empty box for conclusions]

## INTEGRACION DE CONCLUSIONES :

LASERTEC deberá contar con la capacidad de procesar cualquier forma que se requiera, dentro de un área de procesado de 0.50 x 1.70 mts. Las partes del Calzado más comunes a procesar son las siguientes: Dentro del Proceso de CORTE Cortes Generales, forros, cortes decorativos y forros de tacones y dentro de AVIOS Corte de plantillas, suelas, plataformas blandas, adornos, acojinamientos, tacones (de secciones) NOTA: Para Calzado de niño, dama, caballero y especiales.

LASERTEC deberá contar con la capacidad de procesar material natural y sintético mediante un sistema sujetador del material cuando este se presente en rollos (material sintético); cada sistema sujetador o base de materiales deberá tener la capacidad de sostener dos rollos de material de trabajo y de acoplarse en forma modular.

Se podrá procesar rollos de material sintético en sus diferentes presentaciones y deberá contarse con la capacidad de procesar de 1 a 10 láminas de material natural en una sola operación (cuando así se requiera) y la calidad de la lámina de material lo permita, ya que en algunas se encuentran un gran número de imperfecciones.

Las Características de los materiales a procesar son las siguientes: MATERIAL SINTETICO

Longitud del Material en mts.	20-60
Ancho del Material en mts.	1.30 -1.65
Peso en Kg.	15-50
Diámetro del Tubo de Embobinado en pulgadas	15/16"-3"
Longitud del tubo de embobinado en mts.	1.40-1.80
Espesor del material estandar en m.m.	1.5

### MATERIAL NATURAL

Area de las Láminas (becerro) en mt.2	1
Area de las Láminas (Vacuno) en cm.3	200-300
Espesor del Material estandar en m.m.	2

NOTA: Los Materiales naturales se presentan en láminas y centros de pieles.

LASERTEC utilizará un sistema LASER INDUSTRIAL para efectuar sus operaciones de corte; el tipo de Laser a emplear es del tipo Nd:YAG (Neodimio:Ytrio, Aluminio, Granate).

LASERTEC deberá contar con la capacidad de efectuar sus operaciones con la mayoría de los sistemas Laser del tipo Nd:YAG comerciales.

Las Características Generales del Sistema Laser a Emplear son las Siguietes:

TIPO DE LASER	ND:YAG
LONGITUD DE ONDA	1.064 micras
POTENCIA	400-450 watts
MODO TRANSVERSAL PARA CORTE	Tem oo-Gaussiano
MODO DEL HAZ LASER	Forma Cuasicontinua
ASISTENCIA	Aire a Presión

LASERTEC deberá contar con un sistema de salida del haz mediante fibras ópticas y una boquilla de salida, la boquilla podrá ser afocada dentro de un recorrido lineal de 5". Se podrá utilizar cualquier sistema de salida de fibras ópticas comercial, adaptable al generador Laser de Nd:YAG. La boquilla de salida contará con un dispositivo para la asistencia de un chorro coaxial de aire a presión hacia el área de corte, al momento de efectuarse la operación, con esto logramos iniciar una reacción exotérmica y aumentar la rapidéz del corte y al mismo tiempo a desalojar las posibles partículas de material desprendidas durante el procesado y que no fueron fusionadas. Este chorro de aire sirve también para proteger la cara del lente contra partículas de material que se desprendan y para desalojar desechos en cortes profundos.

LASERTEC deberá contar con un sistema afocador de la boquilla de salida del haz de operación manual, la cual actuará directamente sobre la boquilla de salida, permitiéndole a esta un movimiento lineal de arriba hacia abajo, con un recorrido de 5" para efectuar el afocamiento. Este sistema deberá contar con una escala micrométrica para el análisis de datos.

La implementación de un sistema de fibras ópticas para la salida del haz permitirá eliminar los problemas de dirección vibración y de expansión del haz debidos a la divergencia.

Al utilizar un sistema de fibras ópticas para la dirección del haz, la energía de salida es concentrada en los cables

de las fibras ópticas y transmitidas a una distancia de 1.5 mts. aproximadamente (del generador Laser a la boquilla de salida del haz), con el haz preafocado.

La ligera y pequeña boquilla de salida del haz podrá ser fácilmente posicionada por medio de un sencillo sistema de movimientos con coordenadas X, Y y Z para efectuarse el procesado. Esto asegura el aislamiento mecánico del procesado con el generador Laser.

Al utilizar un sistema de fibras ópticas como medio para la entrega del haz, se podría contar con la capacidad para utilizar diversos accesorios como lo son: La implementación de un haz laser secundario cromático para la alineación visible del área de corte, asistencia a la boquilla con aire o gas a presión y permite adaptarse un sistema de visión y cámaras para observar de cerca el procesado y alineamiento de la boquilla con el material de trabajo.

Durante la instalación del sistema se efectuarían las conexiones finales del generador Laser a las alimentaciones de electricidad y agua (sistema de enfriamiento). Se llevará a cabo también la verificación del modo y la potencia para asegurarse de que el Laser se encuentra en buen estado. Cuando así se requiera se deberán alinear los componentes ópticos o se harán las adaptaciones necesarias a los accesorios del sistema de movimiento del haz y/o material de trabajo.

Se deberá capacitar al personal de operación del sistema, en cuanto a operación y mantenimiento. También se enseñará al operador acerca de la limpieza de los elementos y de su alineación. Se deberá impartir así mismo un curso básico para el manejo del sistema de control numérico.

LASERTEC deberá contar con un área para almacenar partes de repuesto del sistema en general, principalmente las del generador Laser.

LASERTEC deberá contar con una área para situar el generador Laser cubierta adecuadamente para no dejar penetrar partículas del medio ambiente y al mismo tiempo para mantener al generador a una temperatura adecuada.

LASERTEC deberá contar con un sistema de coordenadas X y Y móviles para el posicionamiento de la boquilla de la salida del haz; Esta boquilla deberá ser controlada por computadora y tendrá la capacidad de efectuar cualquier movimiento para lograr las variadas formas que se requieren procesar. Para este mecanismo se utilizarán el tipo de actuadores normalmente empleados en Robotica, como lo son los actuadores Servomotores con transmisión armónica, que convierten el movimiento giratorio en movimiento lineal, controlados como ya se menciono anteriormente por computadora y su respectiva Interface.

Se llevara a cabo el Control Automático por medio de un sistema de computadora auxiliado del Software CAD-CAM (AUTOCAD) para el mecanismo con coordenadas X, Y móviles.

El método de entrada de información para gráficas sera por medio de una tabla digitalizadora con su respectivo lápiz lector.

El método de entrada de información para programas y secuencias de control sera con ayuda del teclado de la computadora.

Se llevara a cabo el control manual de los siguientes mecanismos y operaciones:

- .Alineación y Alimentación del material de trabajo
- .Focalización de la boquilla del haz Laser
- .Extracción de piezas terminadas
- .Sistema de Extracción de gases para el área de procesado

LASERTEC debera contar con un sistema de control con retroalimentación, en donde la variable controlada (tambien llamada salida ó respuesta) es comparada con la variable de referencia que exista entre ambas, es decir, el margen de error; es usada para reducir esta última; por lo tanto se lleva a cabo un proceso de comparación, y esto es lo que hace que el sistema de control sea tan efectivo al ser utilizado por LASERTEC.

El sistema de control de LASERTEC ayudara a :

- .Efectuar el proceso más rapidamente
- .Evitar procesos posteriores por deficiencias del proceso anterior
- .Permite la posibilidad de incrementar nuevas técnicas de producción
- .Se puedan efectuar cualquiera de las configuraciones necesarias, sin límite de forma dentro de un área de 50x170 centímetros

- .Permite la combinación de cortes decorativos para un mismo modelo de calzado
- .No se presentan fallas muy frecuentes
- .Ayuda a obtener una mejor calidad de corte
- .Permite un amplio control sobre el Laser
- .Es muy preciso
- .Excelente repetibilidad
- .Permite seguir velocidades de procesado específicas variables
- .Ayuda a minimizar la mano de obra, costos de producción y costo de la pieza

LASERTEC deberá contar con una tabla digitalizadora para la entrada de información gráfica, es un sistema muy fácil de aplicar y utilizar y efectúa los gráficos con gran precisión. Se deberá utilizar una tabla de 12 x 18 pulgadas, por donde se puede introducir las gráficas de las piezas chicas y grandes a procesar.

LASERTEC deberá contar con un sistema de extracción de gases tóxicos dentro del área de procesado. Este sistema deberá contar con dos unidades de extracción situados por la parte media lineal del área de procesado. Su operación será manual y constará con un sistema de filtros para desalojar libre de partículas tóxicas el gas extraído del área de procesado.

Los extractores deberán funcionar por medio de corriente directa (con entrada de alterna) con un aspa de cuatro pa-las amplias situadas de manera estratégica para poder extraer el gas de toda el área de procesado. Las dimensiones de las aspas serán de 20 cm. de diámetro.

El aire filtrado se deberá desalojar por la parte posterior de LASERTEC, pues de esta forma no desaloja el aire directamente hacia los operadores del sistema.

LASERTEC deberá contar con un sistema de alineación y alimentación del material de trabajo manual. Este sistema es básicamente un mecanismo para soportar al material a procesar y para trasladarlo hacia el área de procesado. El operador deberá efectuar esta operación cada vez que se tenga que alimentar el área de procesado con un nuevo material para procesar.

El sistema debera estar situado por la parte frontal de la máquina y situado a una altura adecuada al operador.

LASERTEC debera contar con un área para la recepción de los sobrantes del material ya procesado, asi como de las piezas procesadas. El sistema debera estar situado a lo largo de la salida del material del área de procesado y de tal manera que cuando se considere pertinente se pueda retirar el sistema con facilidad para poder extraer el material almacenado.

Se debera contar por debajo del área de procesado con una rampa o guía de caída libre para dirigir el material de desperdicio que queda en algun momento traspasar la base de procesado, hacia el área de recepción de piezas y desperdicio resultado del procesado del material.

LASERTEC debera satisfacer todos los requisitos de seguridad relacionados con el Laser y que estan regulados por la Oficina de Salud Radiológica, la cual ha fijado normas que los equipos que emiten radiaciones deben satisfacer, dirigidas a la protección del personal de operación. Las medidas son las siguientes:

- .Blindaje del tubo de plasma
- .Blindaje de la fuente de Energía
- .Etiquetas de advertencia
- .Indicador de emisión del haz
- .Luz de obturador
- .Retardo en la salida del haz
- .Cubierta de seguridad del haz
- .Controles con cierre de llave

El riesgo para el personal está en el alto voltaje de operación más que en el Laser. Se deberan tomar medidas adecuadas para proteger al operador y al personal de mantenimiento de los peligros del alto voltaje.

- .Bastidor con puertas
- .Conexión a tierra de las cubiertas de acceso
- .Conexión total a tierra de todos los componentes
- .Sensores de alta temperatura
- .Sensores de corriente elevada

Las medidas de seguridad se refieren al LASER mismo. LASERTEC cuenta con otras medidas adicionales por acoplarse con un sistema, para asegurarse que el operador o el personal de mantenimiento no se exponga inadvertidamente al haz.

- .Haz cubierto
- .Cubierta del área de trabajo
- .Enclavamiento de las cubiertas de acceso
- .Elemento óptico focal
- .Sistema de extracción de gases

El operador deberá contar con un equipo adicional para su propia protección.

- .Gafas de seguridad
- .Manejo solamente por personal autorizado
- .Bata de material reflejante

Las dimensiones generales de LASERTEC se determinaran en base a datos ya existentes sobre Antropometria y controles y la ambientación general mediante Ergonomia.

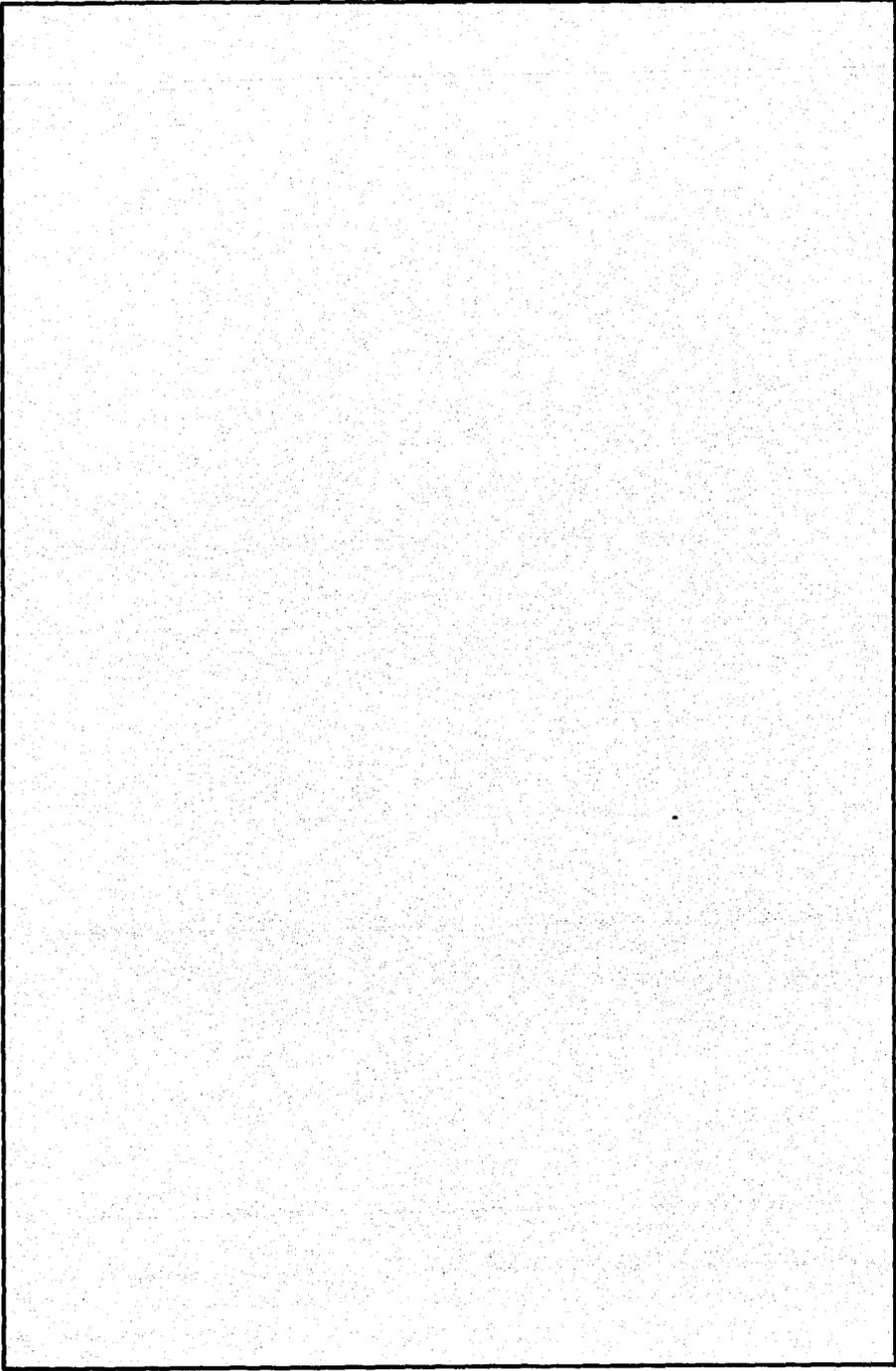
LASERTEC deberá contar con una área o base de control, en donde se situaran el sistema de computadora y la tabla digitalizadora.

Se requerira un área de visión amplia para la observación del procesado de materiales.

Para facilitar el mantenimiento del sistema, se deberá contar con diferentes áreas de accesos a los diferentes mecanismos del sistema de un modo fácil y seguro.

Para guiar el material a procesar al área de procesado, se requerira de una rampa o base guía y un sistema posicionador de este material.

Se requerira de un área especial para situar los controles comerciales del generador y los generales de LASERTEC, situada muy cerca a la base de control general.



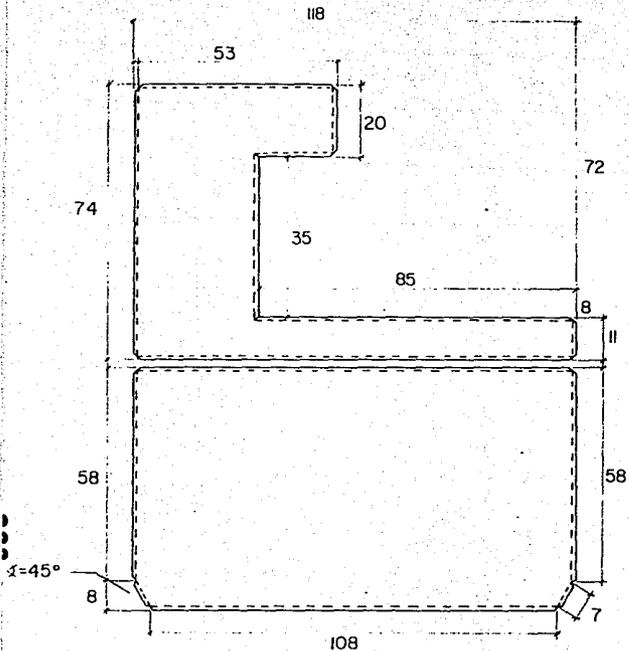
**PLANOS**

LISTA DE PLANOS : \_\_\_\_\_

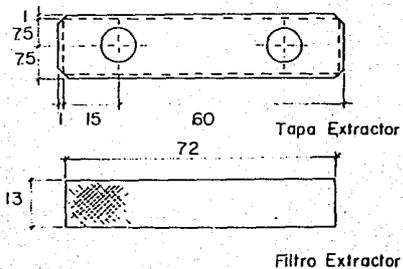
COTAS: C.M.

- 1-Piezas Laminares de Estructura y Extractor
- 2-Piezas Laminares de Estructura
- 3-Piezas Laminares de Estructura
- 4-Piezas Laminares de Estructura y de Gaveta Receptora de Material Procesado
- 5-Ventanas en Acrílico de Estructura
- 6-Estructura
- 7-Costado Estructura
- 8-Sistema de Extracción
- 9-Gaveta Receptora de Material Procesado
- 10-Base de Procesado
- 11-Sistema Alineador de Materiales
- 12-Sistema Opresor de Material a Procesar
- 13-Sistema Alimentador de Materiales
- 14-Sistema Alimentador de Materiales
- 15-Sistema Alimentador de Materiales
- 16-Sistema de Afocamiento
- 17-Sistema de Afocamiento
- 18-Sistema de Afocamiento
- 19-Mecanismo Posicionador Eje Guia Longitudinal
- 20-Mecanismo Posicionador Longitudinal Actuador
- 21-Mecanismo Posicionador Transversal
- 22-Mecanismo Posicionador Vistas

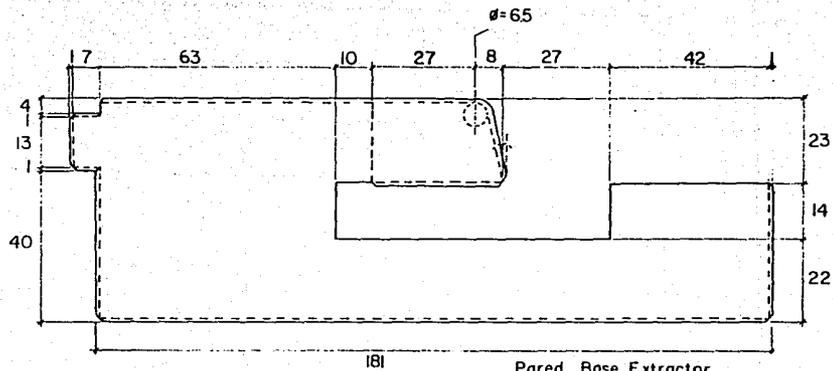
	Planos de Construcción	Isométrico Explotado	Cortes	Detalles
1	■			
2	■			
3	■			
4	■			
5	■			
6	■	■		
7	■		■	
8	■	■		
9	■	■		
10	■			
11	■			
12	■		■	■
13	■			
14	■	■		
15	■		■	■
16	■		■	■
17	■	■		
18	■			
19	■		■	
20	■		■	
21	■		■	
22	■			



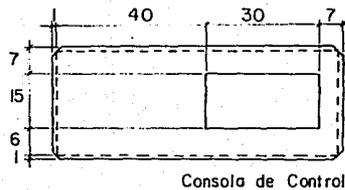
Tapas Laterales (2 pzas. de c/u)



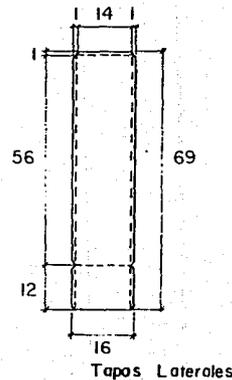
Filtro Extractor



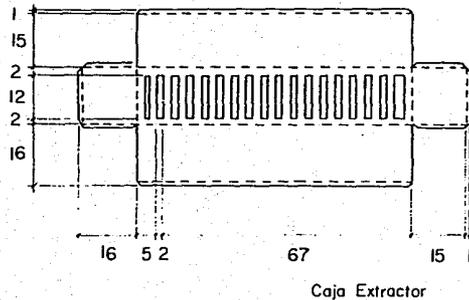
Pared Base Extractor



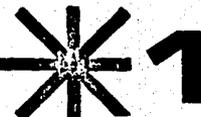
Consola de Control

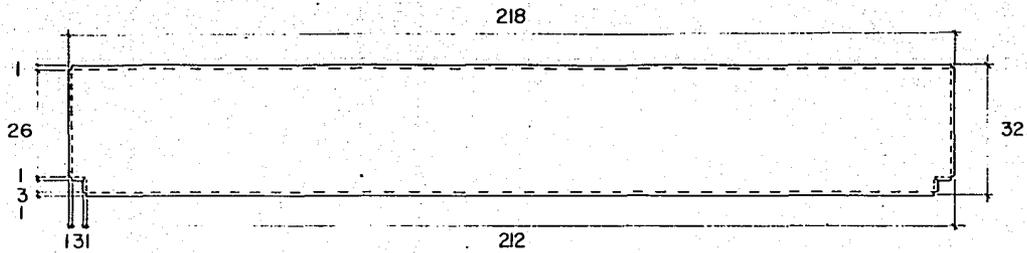


Tapas Laterales

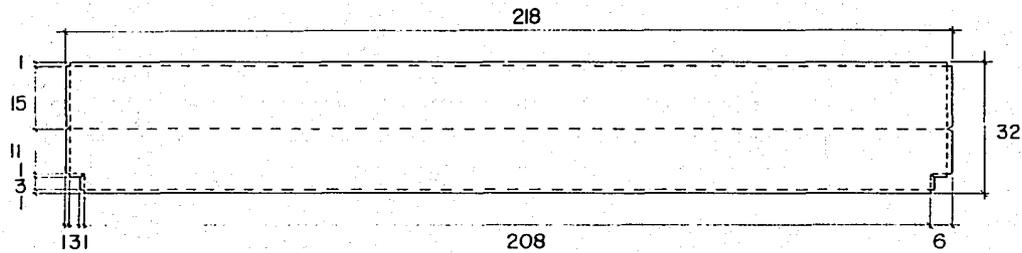


Caja Extractor

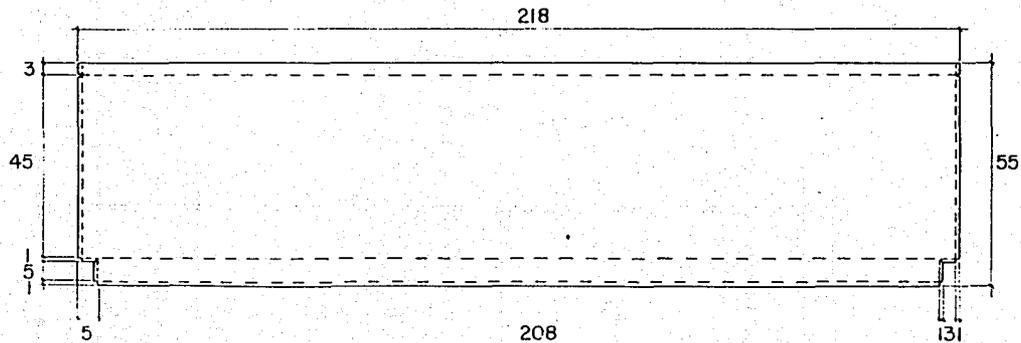




Base del Generador Laser



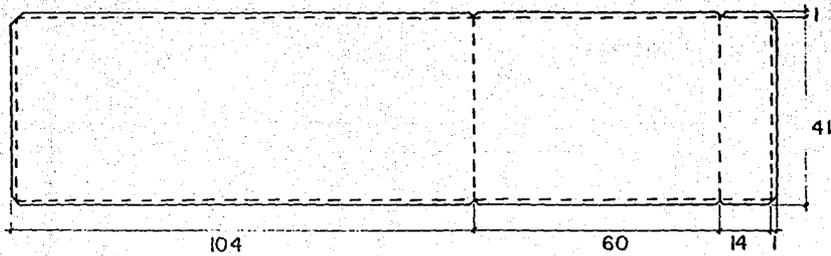
Guia de Material Procesado



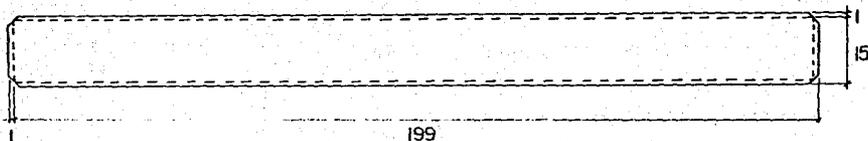
Base Guia de Material a Procesar

726

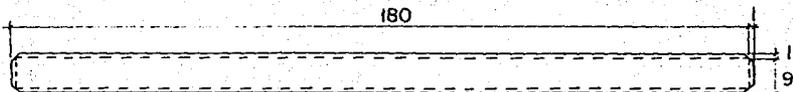




Base Area de Control



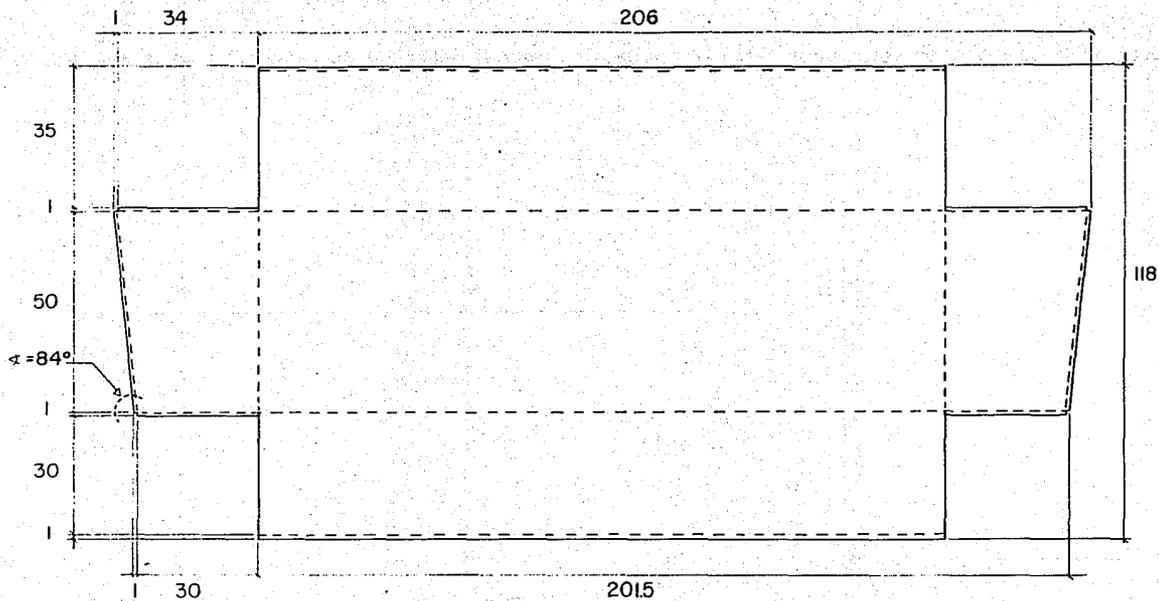
Pared Laminar Frontal (Superior)



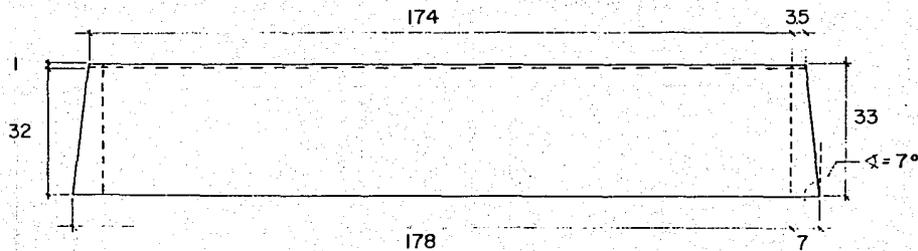
Pared Laminar Frontal (Inferior)

225



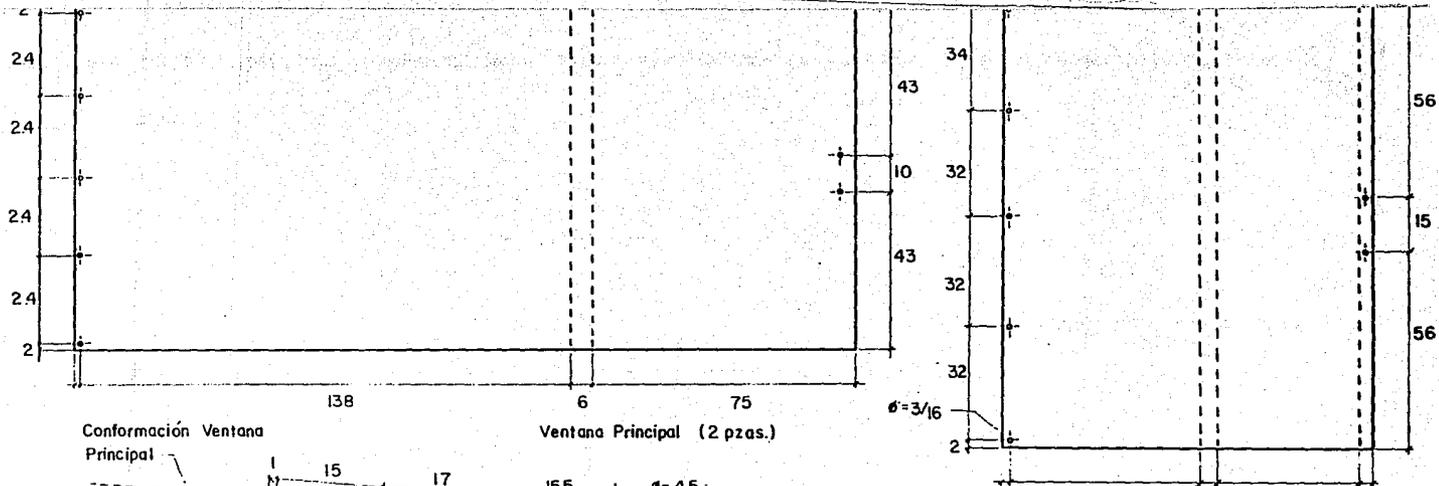


Gaveta receptora de piezas



Rampa para guiar desperdicios

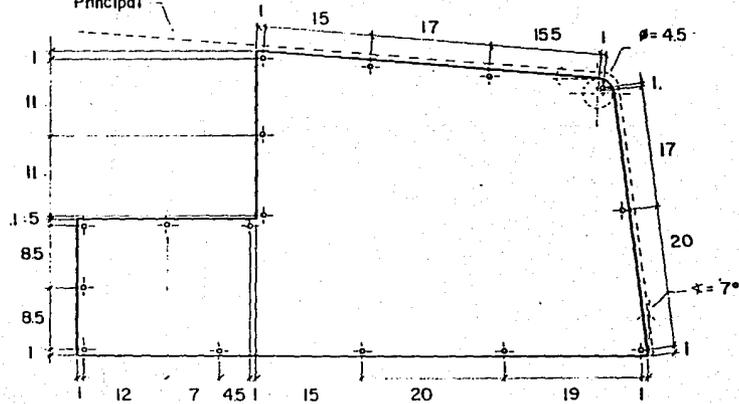




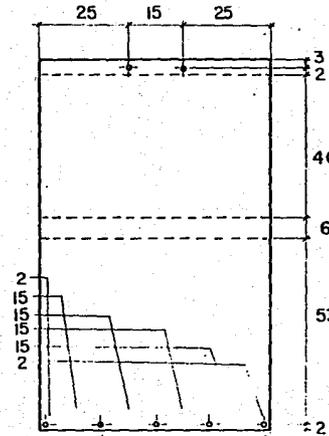
Conformación Ventana Principal

Ventana Principal (2 pzas.)

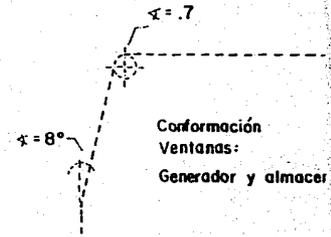
Ventana Generador Laser

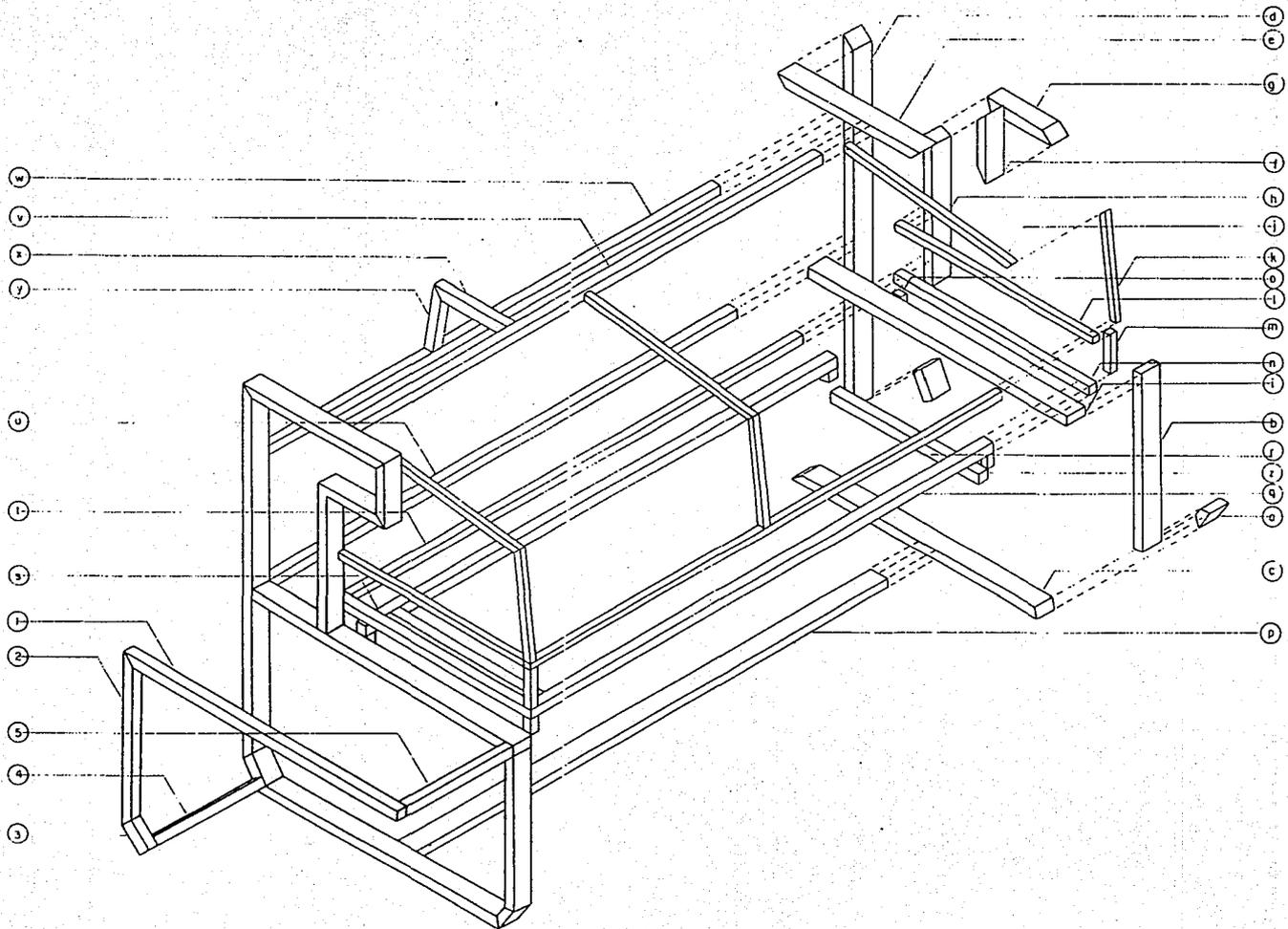


Ventana Lateral (2 pzas.)  
esc. 1:5



Ventana Almacen





## LISTA DE MATERIALES

### ESTRUCTURA GENERAL DEL BASTIDOR:

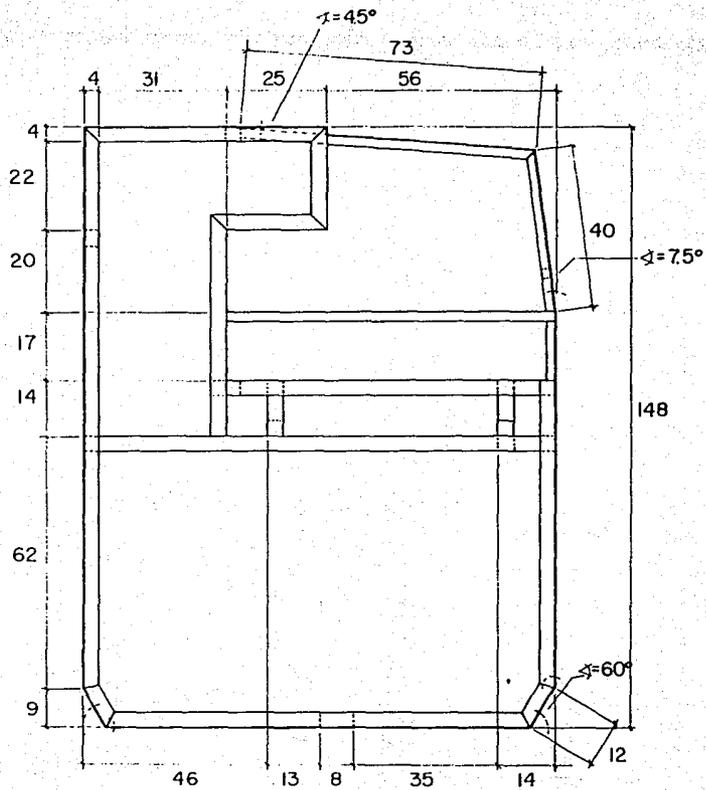
Pza.	DESCRIPCION	MATERIAL
a	Angulo Anclaje Lateral (4 pzas.)	Tubular Rectangular de 3"x1 1/2"x12 cm.
b	Pza. Anclaje Lateral (2 pzas.)	Tubular Rectangular 3"x1 1/2"x66 cm.
c	Base Anclaje Lateral (2 pzas.)	Tubular Rectangular 3"x1 1/2"x 105 cm.
d	Pza. Anclaje Lateral (2 pzas.)	Tubular Rectangular 3"x1 1/2"x138 cm.
e	Pza. Superior de Ancla- je Lateral (2 pzas.)	3"x1 1/2"x60 cm. Tubular Rectangular
f	Pza. Anclaje Lateral (2 pzas.)	Tubular Rectangular 3"x1 1/2"x 24 cm.
g	Pza. Anclaje Lateral (2 pzas.)	Tubular Rectangular 3"x1 1/2"x28 cm.
h	Pza. Anclaje Lateral (2 pzas.)	Tubular Rectangular 3"x1 1/2"x54 cm.
i	Soporte Medio de Anclaje Lateral (2 pzas.)	Tubular Rectangular 3"x1 1/2"x112 cm.
j	Soporte Ventana Princi- pal (3 pzas.)	Tubular Cuadrado 1 1/2" x 1 1/2" x 76 cm.
k	Soporte Inferior de Ven- tana Principal (3 pzas.)	Tubular Cuadrado 1 1/2"x1 1/2"x41 cm.
l	Soporte Consola de Con- trol (2 pzas.)	Tubular Cuadrado 1 1/2"x1 1/2"x 35 cm.

( Continuación)

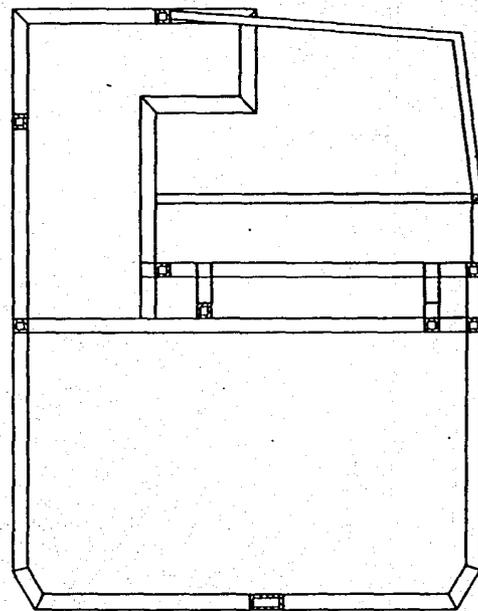
Pza.	DESCRIPCION	MATERIAL
m	Pza. del Soporte de la Consola (2 pzas.)	Tubular Cuadrado 1 1/2"x1 1/2"x15 cm.
n	Base Mecanismos (2 pzas.)	Tubular Cuadrado 2"x2"x83 cm.
o	Soporte de Base de Mecanismos (2 pzas.)	Tubular Cuadrado 2"x2"x5 cm.
p	Travesaño	Tubular Rectangular 3"x1 1/2"x200 cm.
q	Pza. Frontal Estructura	Tubular Cuadrado 2"x2"x200 cm.
r	Base Ventana Principal	Tubular Cuadrado 1 1/2"x1 1/2"x200 cm.
s	Soporte Base Materiales	Tubular Cuadrado 2"x2"x200 cm.
t	Base Mecanismos	Tubular Cuadrado 2"x2"x200 cm.
u	Travesaño Posterior	Tubular Cuadrado 2"x2"x200 cm.
v	Soporte Superior Ventana Principal	Tubular Cuadrado 2"x2"x200 cm.
w	Soporte Inferior Ventana Posterior	Tubular Cuadrado 2"x2"x200 cm.
x	Separador Areas	Tubular Cuadrado 2"x2"x31.5 cm.

( Continuación)

Pza.	DESCRIPCION	MATERIAL
y	Soporte Separador Areas	Tubular Cuadrado 2"x2"x24 cm.
z	Soporte Base Superior Control	Tubular Cuadrado 2"x2"x46 cm.
1	Soporte Base Superior Control	Tubular Cuadrado 2"x2"x116.5 cm.
2	Soporte Base Control	Tubular Cuadrado 2"x2"x64 cm.
3	Angulo Base Control	Tubular Cuadrado 2"x2"x13 cm.
4	Base Control	Tubular Cuadrado 2"x2"x46 cm.
5	Base Control	Tubular Cuadrado 2"x2"x46 cm.

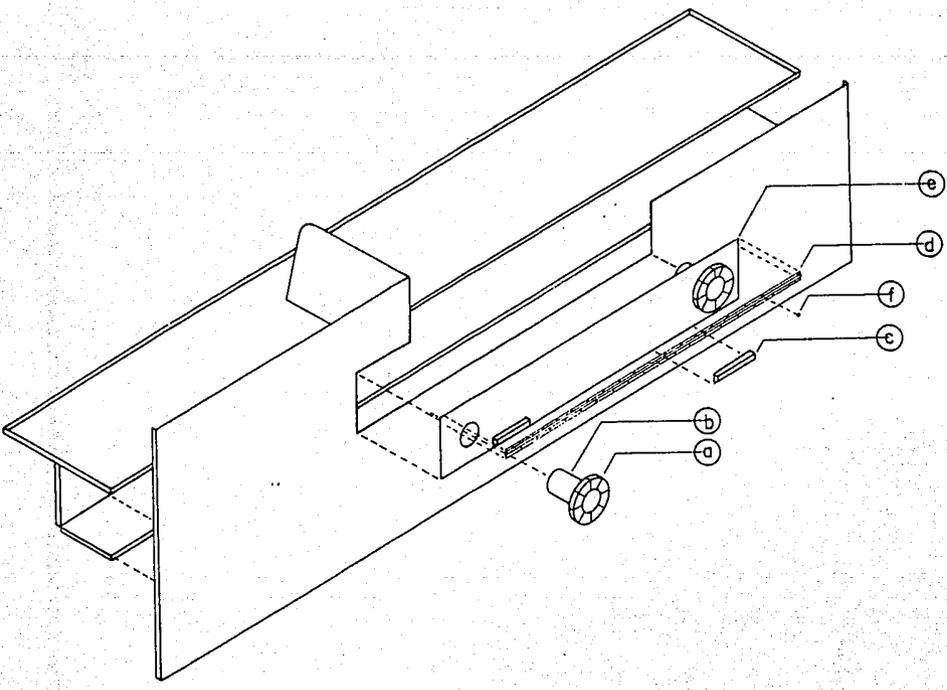


V.L. Bastidor



Corte bastidor

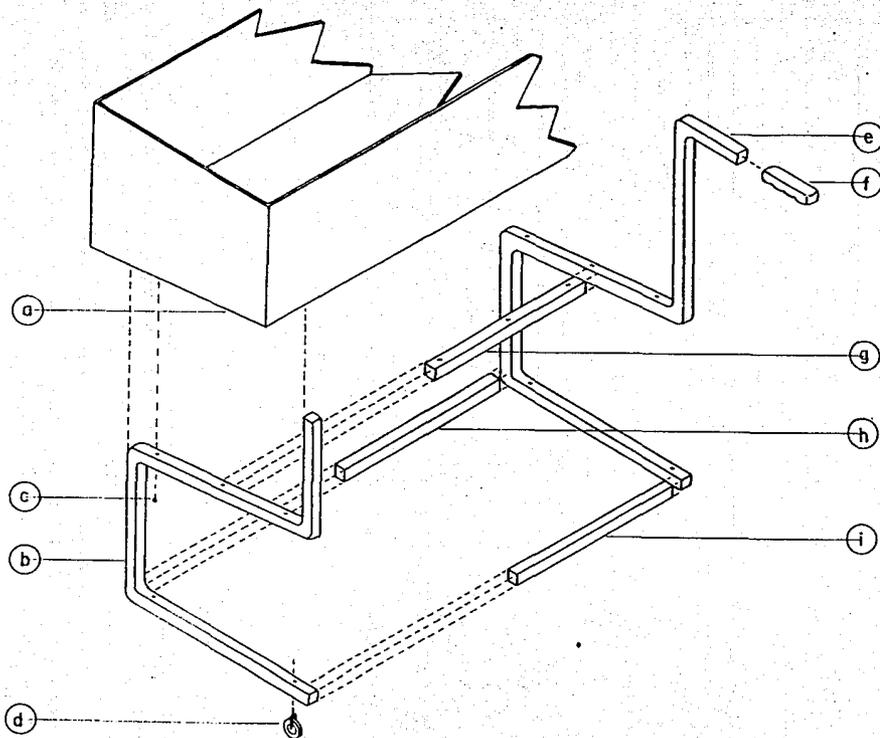




**LISTA DE MATERIALES**

**EXTRACTOR :**

Pza.	DESCRIPCION	MATERIAL
a	Aspas del Extractor (2 pzas.)	O=14 cm. Plástico (comercial)
b	Motor del Extractor (2 unidades)	C.D.
c	Manijas (2 pzas,)	Plástico (comerciales)
d	Bisagra de Piano	1 1/2" x 85 cm. Metal
e	Tapa de Extractor	Metal; Lámina Gal. 12
f	Remaches (14 pzas.)	Aluminio; medianos

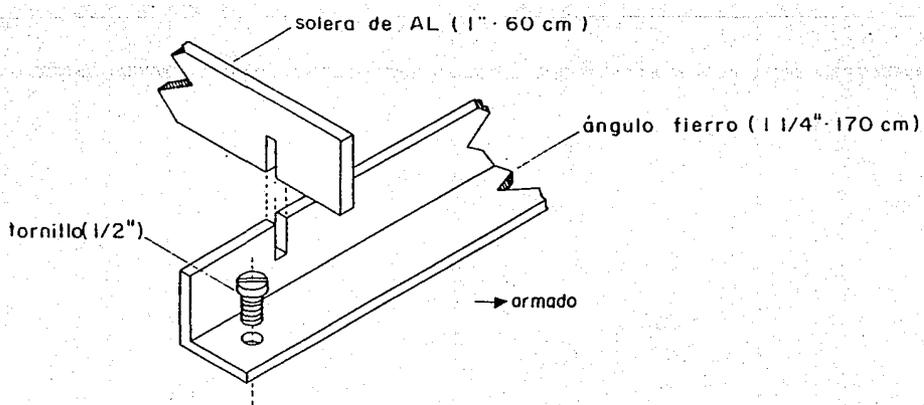


## LISTA DE MATERIALES

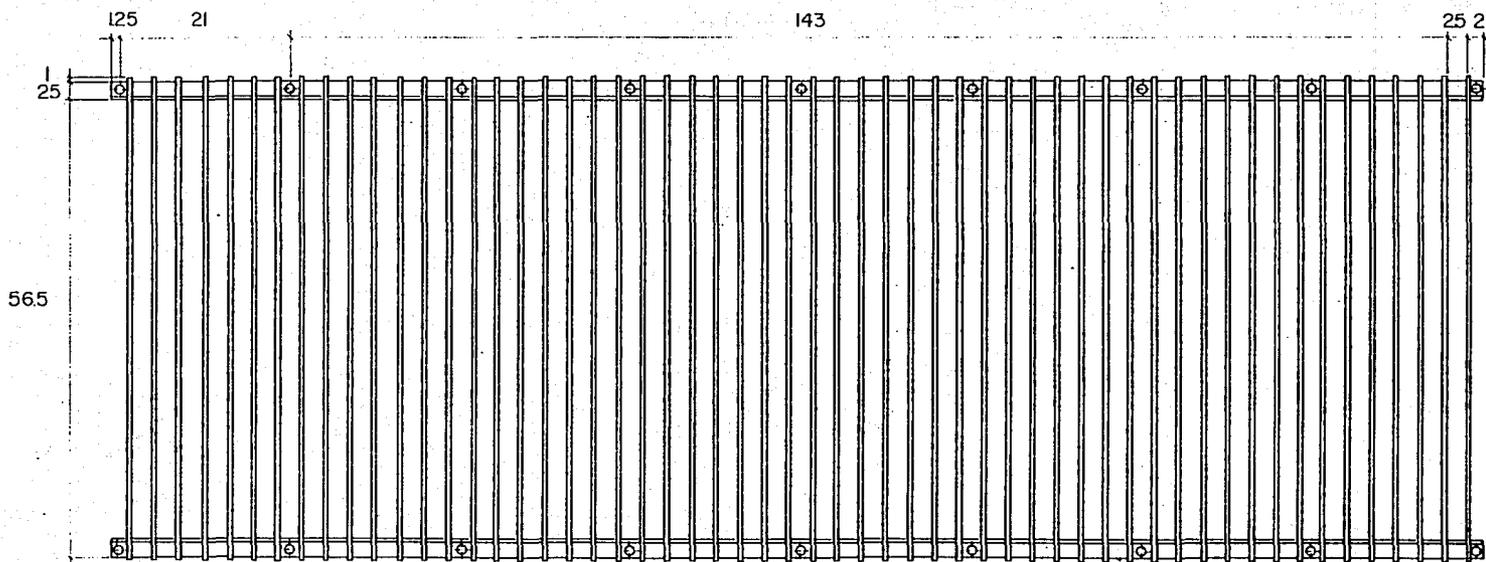
## GAVETA RECEPTORA DE MATERIAL PROCESADO:

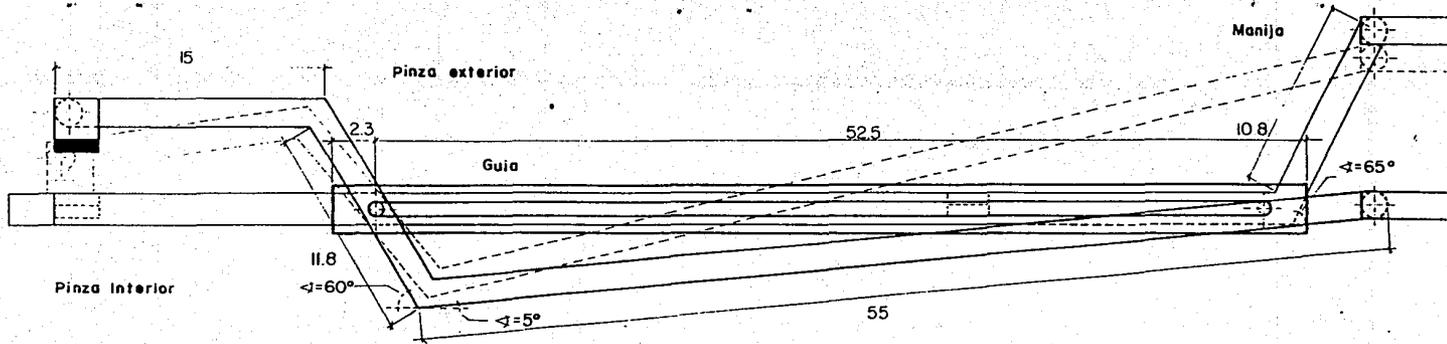
Pza.	DESCRIPCION	MATERIAL
a	Gaveta Receptora de Material Procesado	Lámina Cal.12
b	Base Lateral Izq. (2 pzas.)	Tubular Cuadrado 1 1/2"x1 1/2"x170 cm.
c	Tornillo c/Tuerca (18 pzas.)	2"x3/8" (comercial)
d	Ruedas Locas con Tuerca (8 pzas.)	Hule Duro con Eje de Metal (comercial) 3"
e	Base Lateral Der. (2 pzas.)	Tubular Cuadrado 1 1/2"x1 1/2"x170 cm.
f	Mango (2 pzas.)	15 cm. (comercial)Hule
g	Travesaño Superior (2 pzas.)	Tubular Cuadrado 1 1/2"x1 1/2"x42 cm.
h	Travesaño Inferior Posterior	Tubular Cuadrado 1 1/2"x1 1/2"x42 cm.
i	Travesaño Inferior Frontal	1 1/2"x1 1/2"x42 cm.



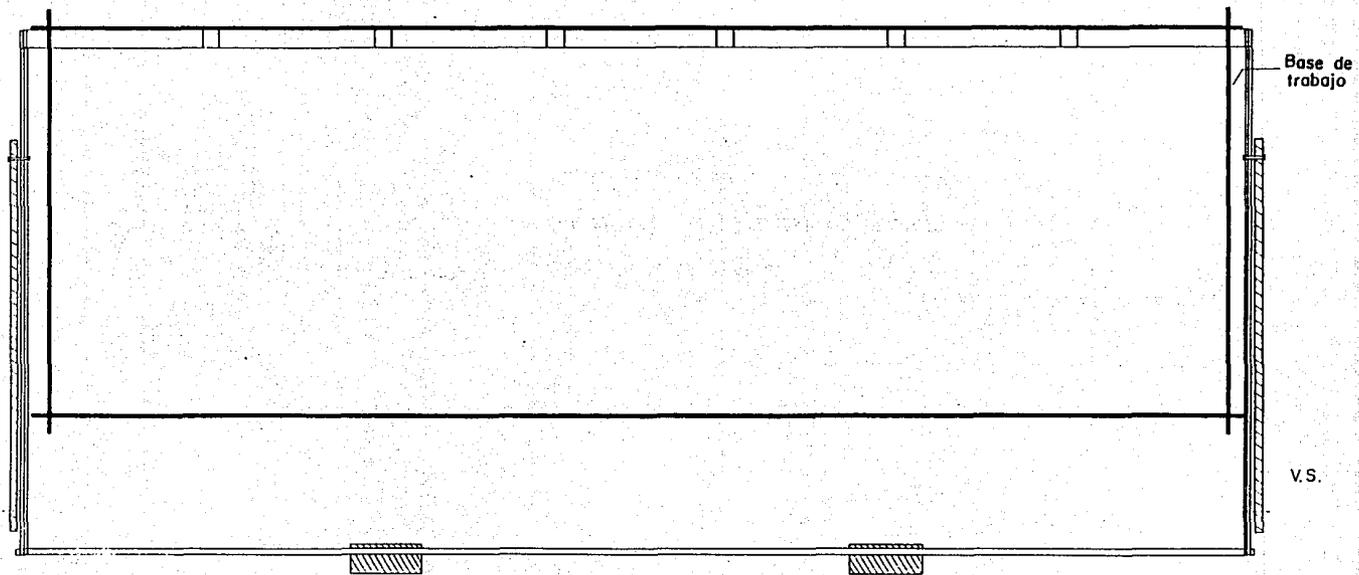


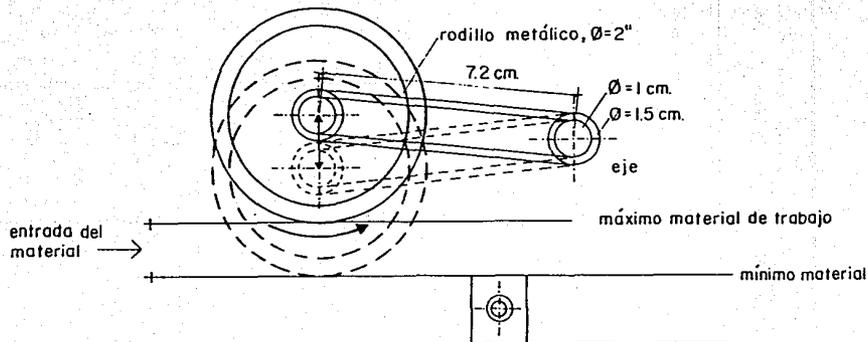
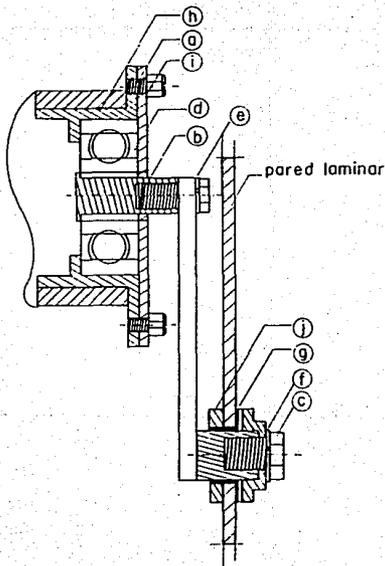
Base de trabajo





Mecanismo alineador de material



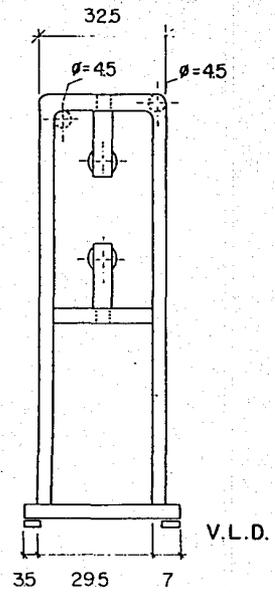
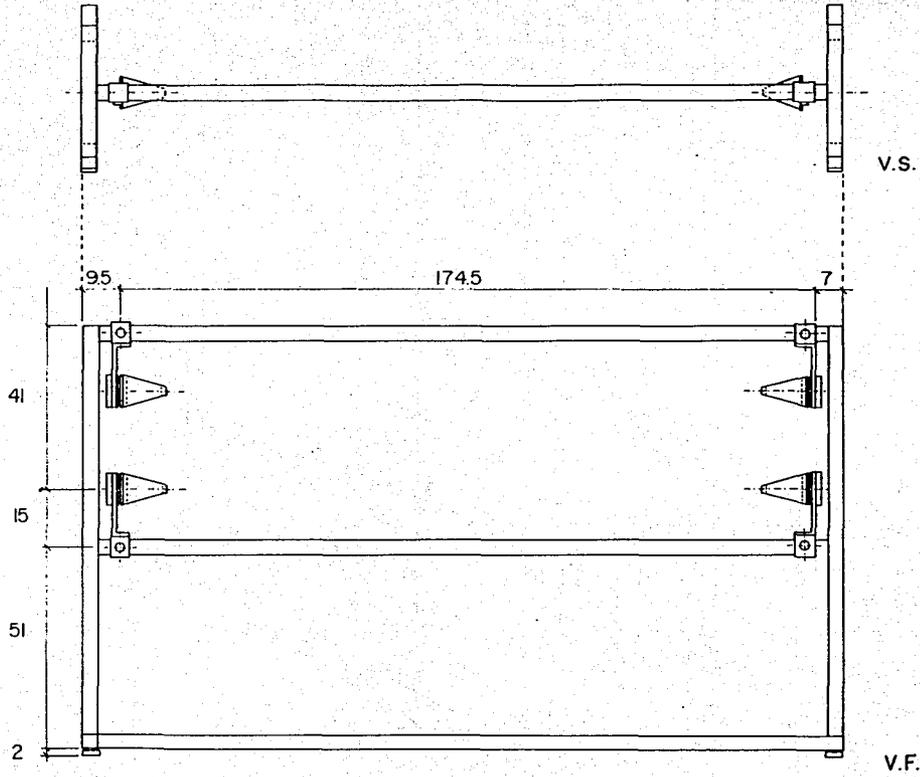


#### LISTA DE MATERIALES

#### APISONADOR DEL MATERIAL DE TRABAJO

Pza.	Descripción	Material
a	Tornillo	3/16" X 1/4"
b	Tornillo	5/16" X 1/2"
c	Tornillo	3/8" X 1/2"
d	Rodamiento	Metálico de 3/8"
e	Rondana de Presión	Metal; 5/16"
f	Rondana de Presión	Metal; 3/8"
g	Chumacera Plástica	Plástico; 9/16"
h	Base Rodamiento	Metal (comercial)
i	Tapa Base Rodamiento	Metal (comercial)
j	Tapa eje	Plástico (comercial)

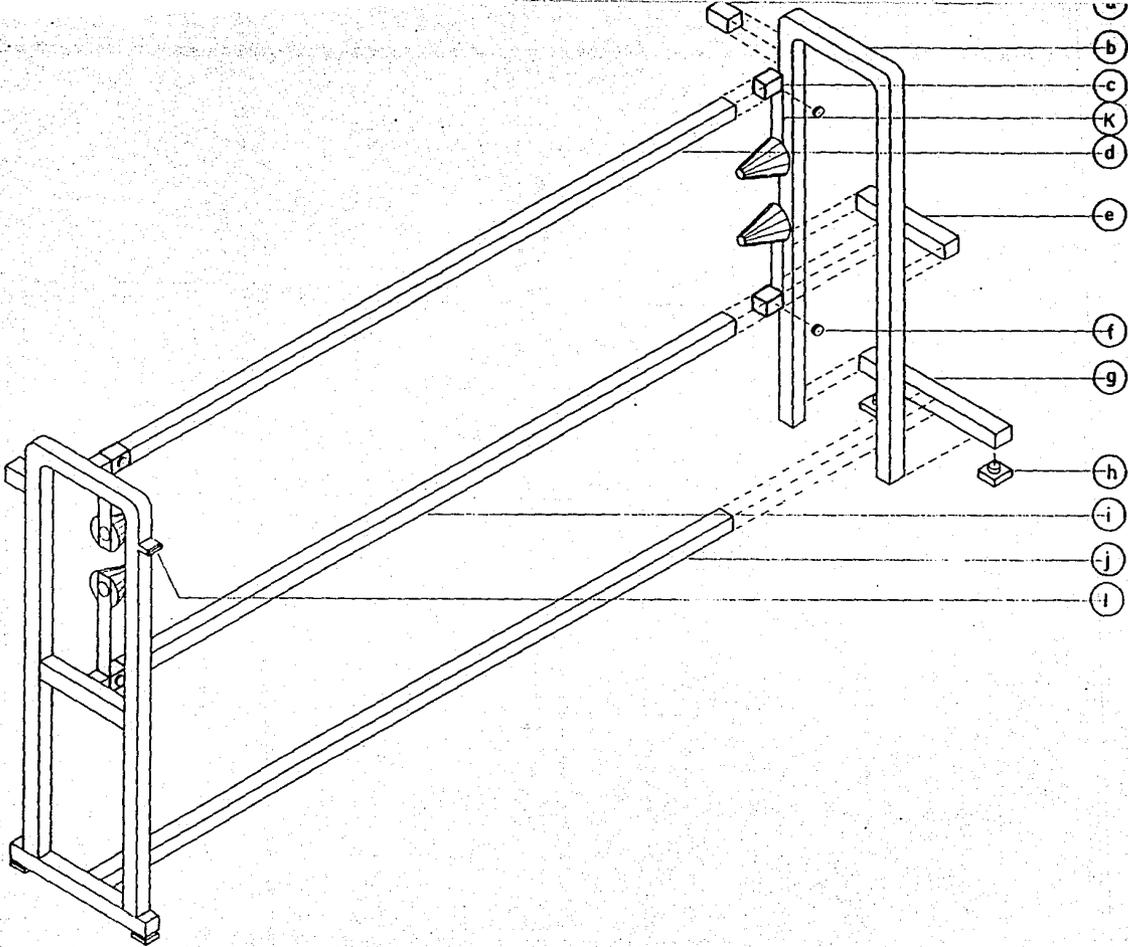
238

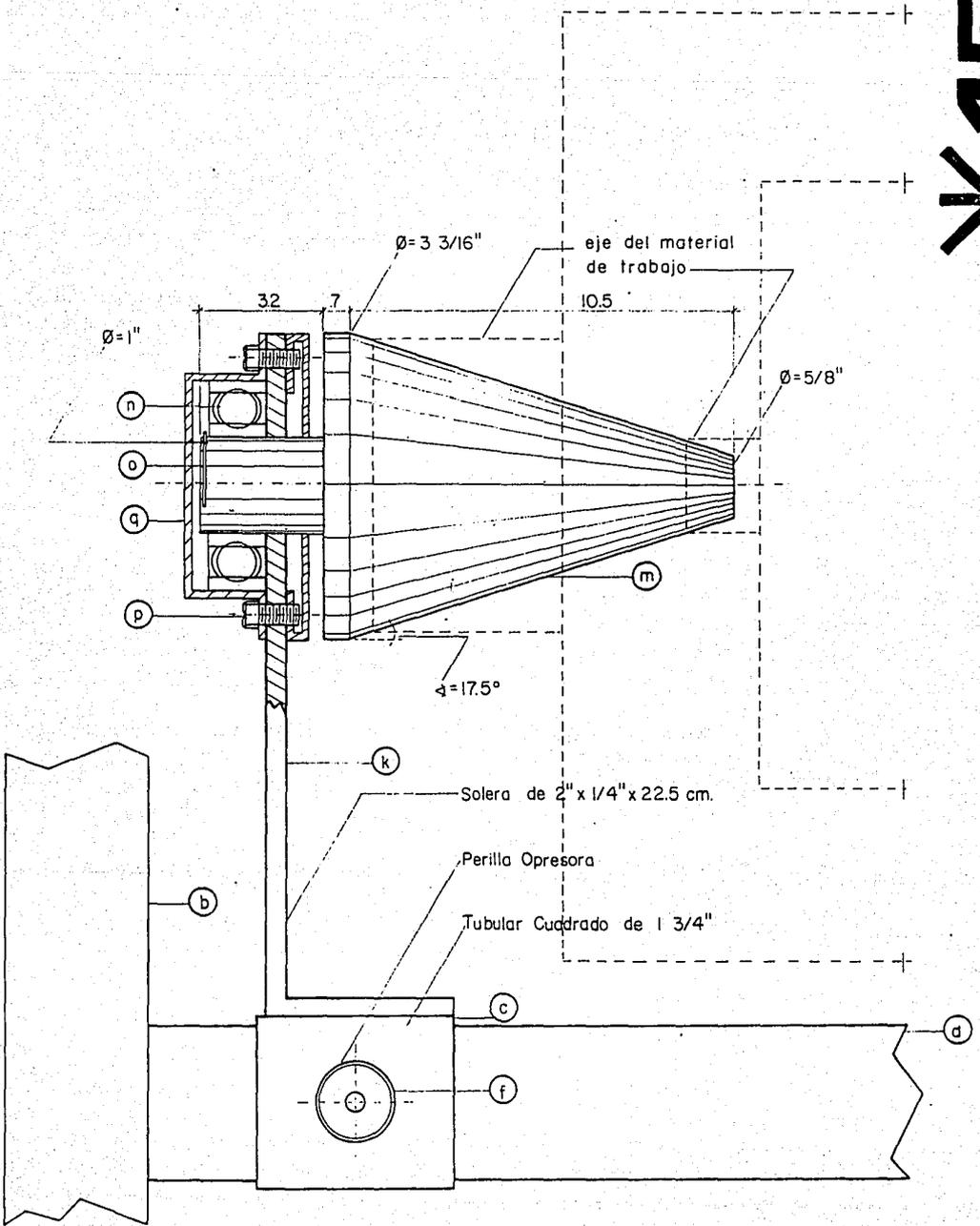


Alimentador de materiales



239





Sujetador material sintético a procesar

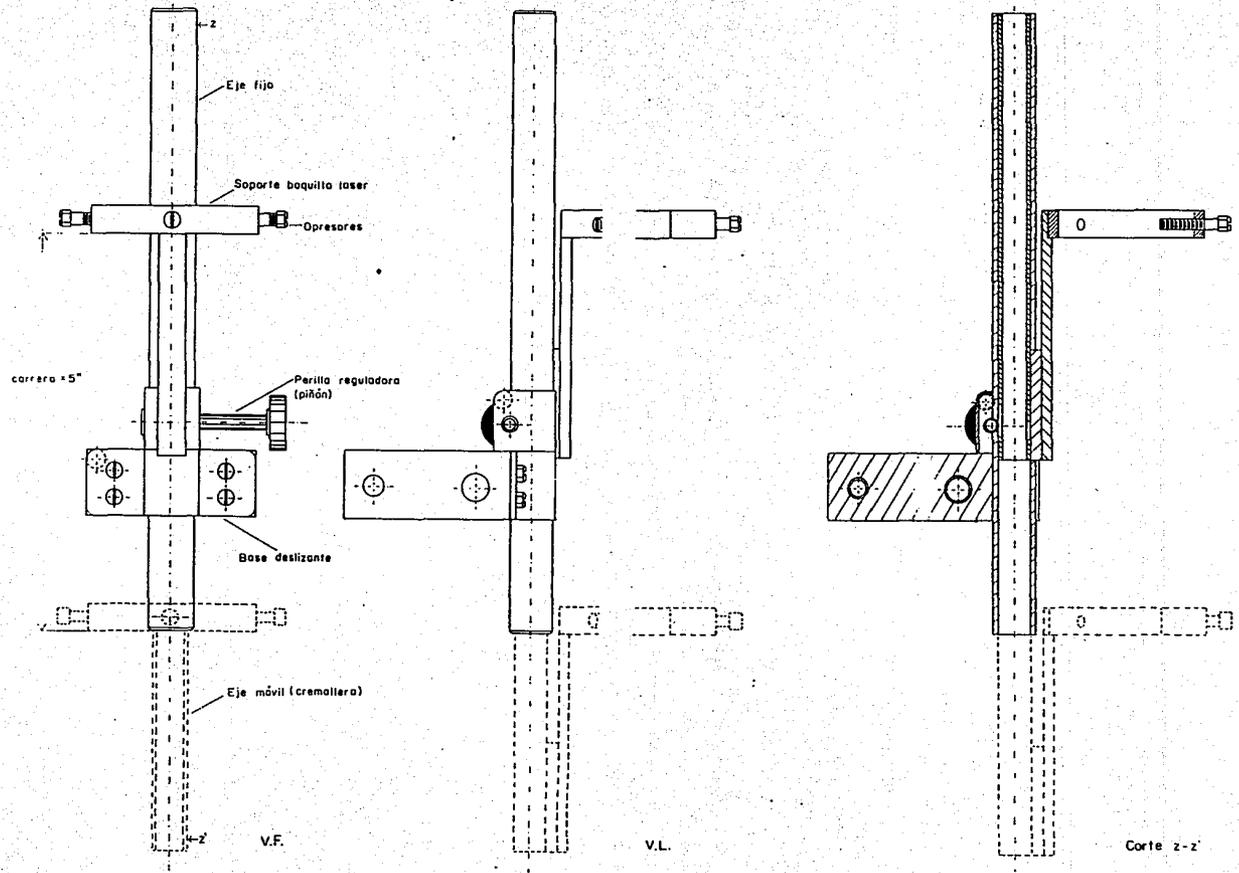
## ALIMENTADOR DEL MATERIAL DE TRABAJO

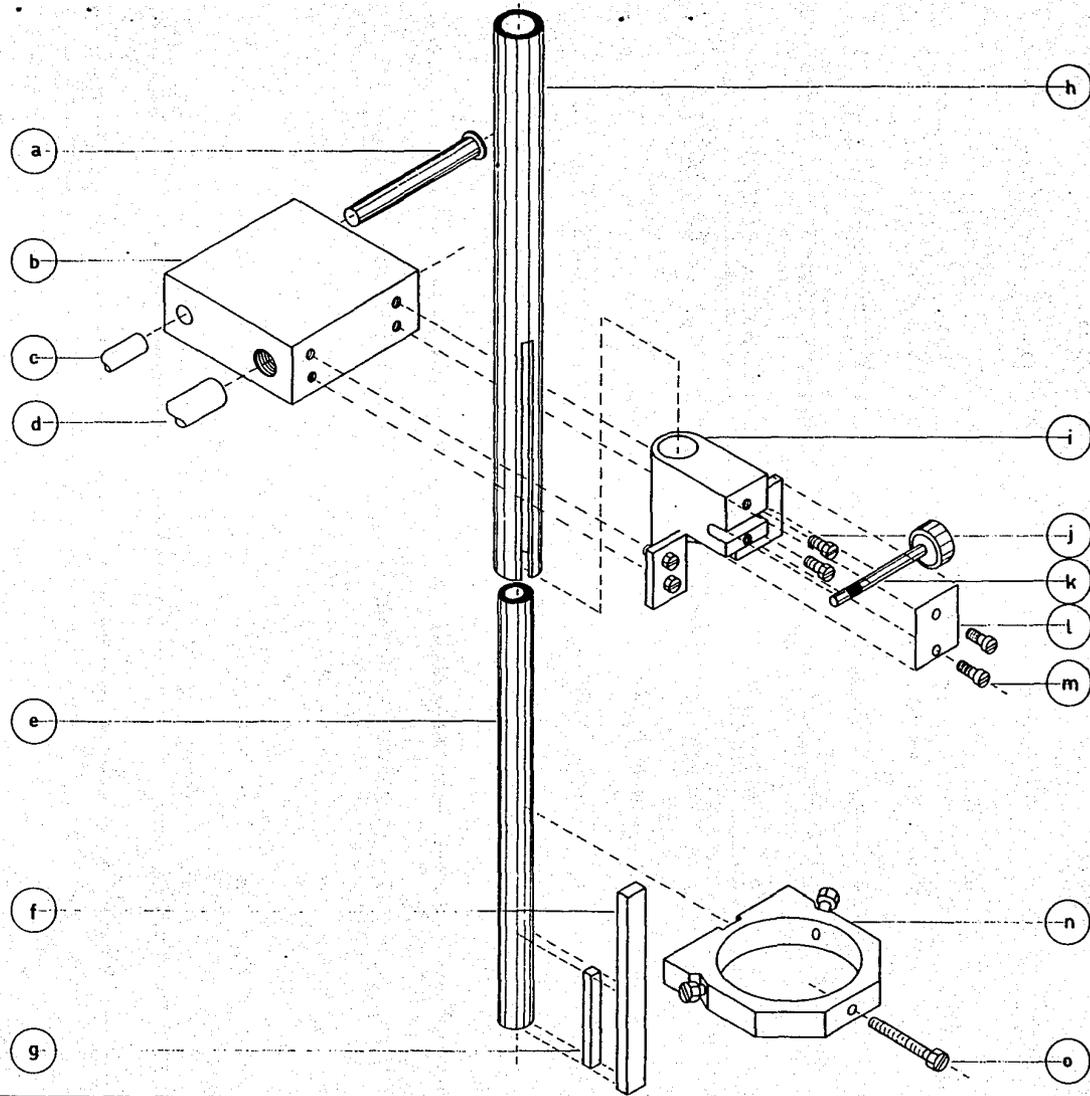
### LISTA DE MATERIALES

Pza.	Descripción	Material
a	Seguro c/base	Seguro de metal (comercial) c/base de tubular cuadrado de 1 1/2" X 2" (2 pzas.)
b	Bastidor Lateral	Tubular Cuadrado de 1 1/2" X 240 cm. (2 pzas.)
c	Soporte Móvil del Cono	Tubular Cuadrado de 1 1/2" X 2" (4 pzas.)
d	Guía del Soporte Móvil del Cono	Tubular Cuadrado de 1 1/2" X 183.5 cm.
e	Refuerzo del Bastidor Lateral	Tubular Cuadrado de 1 1/2" X 25 cm. (2 pzas.)
f	Perilla de Sujeción	Metal; Torneada y moleteada (4 pzas.)
g	Base de Anclaje	Tubular Cuadrado de 1 1/2" X 40 cm. (2 pzas.)
h	Regatón de Altura Regulable	Metal; 0=5 cm. (comercial) (4 pzas.)
i	Guía del Soporte Móvil del Cono	bis (d)
j	Base Longitudinal de Anclaje	bis (d)
k	Sosten del Cono	Solera de 2" X 23.5 cm X 1/4"
l	Contra Seguro	Metal (comercial)

Continuación;

m	Cono, sosten del material de trabajo	Acero Torneado; 18° (4 pzas.)
n	Rodamiento	Acero (comercial); 1"
o	Pasador	Acero (comercial); 1"
p	Tornillos	Acero, de cabeza hexagonal; 3/16" x 3/8" (comercial)
q	Base Rodamiento	Metal (comercial)





**\*17**

## LISTA DE MATERIALES

### MECANISMO DE AFOCAMIENTO

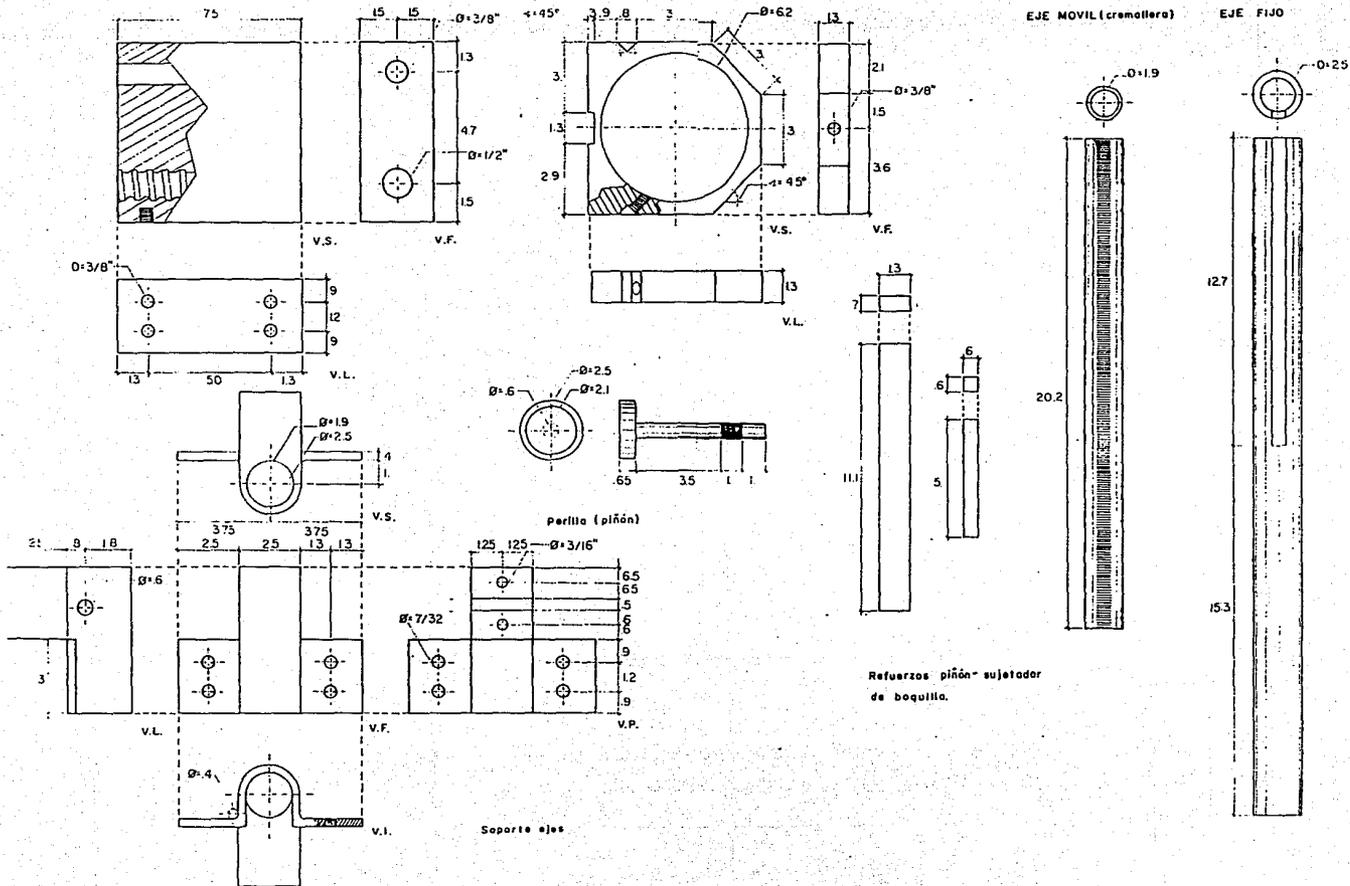
Pza.	Descripción	Material
a	Chumacera	Plástico (comercial)
b	Tuerca	Metal;(comercial)
c	Barra Circular Guía	Acero;3/8" X 70 cm.
d	Tornillo sin fin	Acero;(comercial)65 cm.
e	Elevador c/cremallera	Metal 9/16"
f	Soporte Base Boquilla	Metal;Solera de 1/2"
g	Base del Soporte	Metal;Solera de 1/4"
h	Eje fijo	Metal 3/4"
i	Soporte Ejes	Metal;Moldeado
j	Tornillos	Metal;3/16" X 1/2" de cabeza hexagonal
k	Perilla-Piñón	Metal;Torneada
l	Placa de Sujeción	Metal;Lámina Cal.22
m	Tornillos	Metal;3/16" X 3/8" de cabeza hexagonal
n	Soporte Boquilla	Metal;Moldeada
o	Tornillos	Metal;3/16" X 1 1/4" de cabeza hexagonal

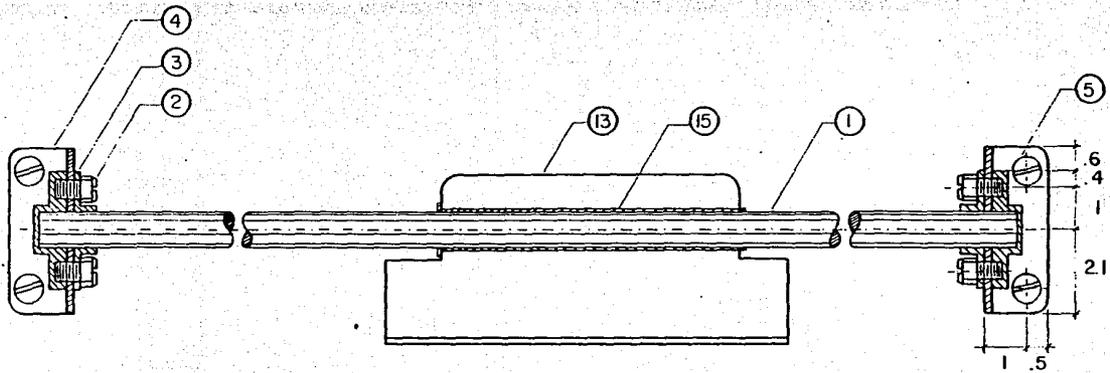
TUERCA

SUJETADOR BOQUILLA LASER

EJE MOVIL (cromollera)

EJE FIJO



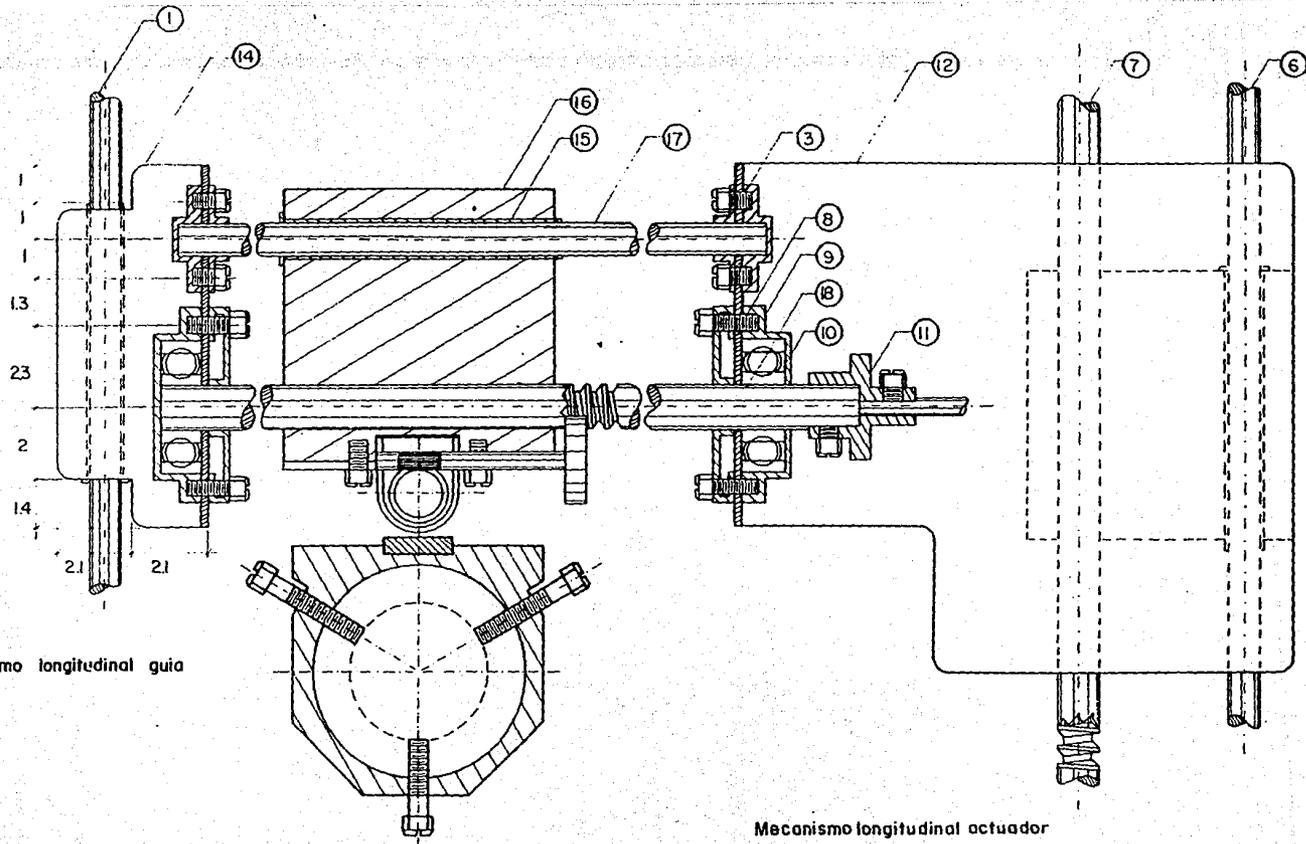


Sujetador eje guia

Mecanismo deslizante

EJE GUIA LONGITUDINAL

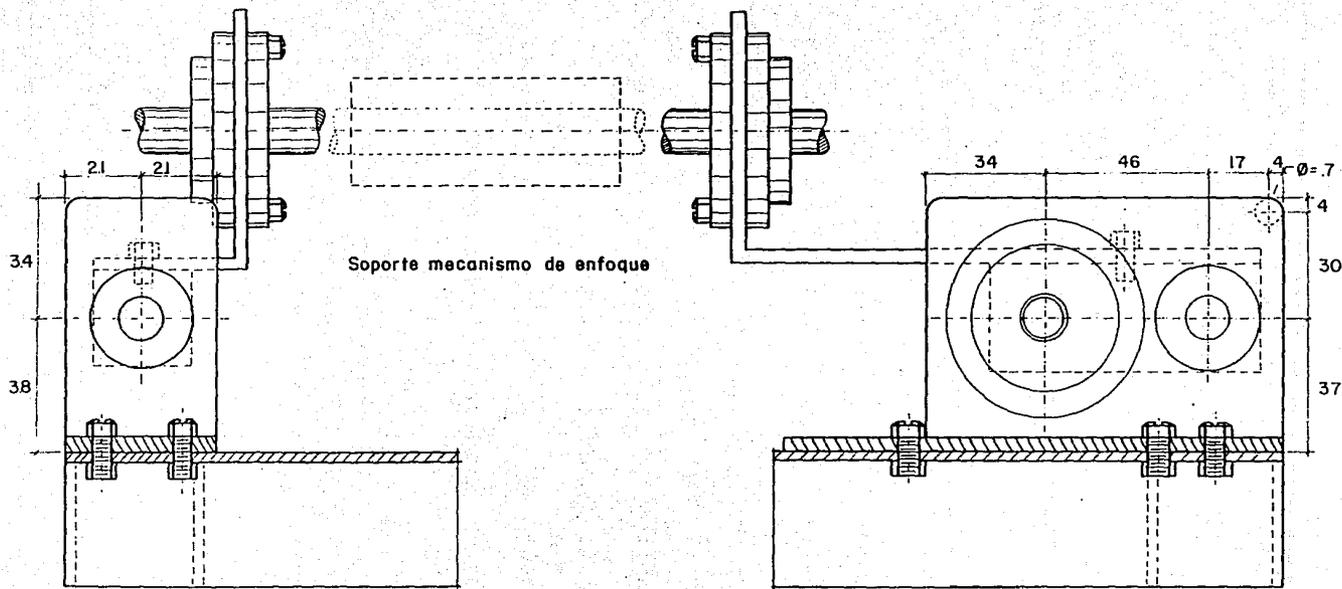




Mecanismo longitudinal guia

Mecanismo para enfoque

Mecanismo longitudinal actuador



V.L. Mecanismo guia

V.L. Mecanismo actuador

## LISTA DE MATERIALES

### MECANISMO POSICIONADOR DE LA BOQUILLA

Pza.	Descripción	Material
1	Barra Circular	Acero; 3/8" X 185 cm.
2	Tornillos	3/16" X 1/4" de cabeza hexagonal
3	Soporte Barra Circular	Metal (comercial)
4	Base del Soporte	Lámina de 1/8"
5	Tornillos	3/16" X 1/2" (Allen)
6	Barra Circular	Acero; 3/8" X 187 cm.
7	Tornillo sin fin	Acero; 192 cm.
8	Tornillos	3/16" X 1/2" cabeza hexagonal
9	Soporte Tornillo sin fin	Metal (comercial)
10.	Rodamientos	para 1/2" (comercial)
11	Conector Tornillo sin fin-motor	Metal; Torneado
12	Base de Actuador	Lámina de 1/8"
13	Base de Sujetador de Barra y tornillo	Lámina de 1/8"
14	Base de Sujetador de Barra y tornillo	Lámina de 1/8"
15	Chumacera Plástica	plástico (comercial)
16	Tuerca	Metal (comercial)

**Continuación:**

<b>Pza.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Material</b>
17	Barra Circular	Acero; 3/8" X 62 cm.
18	Tornillo sin fin	Acero; 65 cm. (comercial)

## C A L C U L O S :

El tipo de Tornillo Sin Fin a emplear, nos proporciona una alta precisión y rigidez para obtener los mejores resultados al implementarlos en LASERTEC; están fabricados con una aleación de acero 4150 HT y con un tratamiento térmico Rc 56-60 (según catálogos de Nook Industries). Por los bajos coeficientes de fricción que se llevan a cabo con estos elementos, es posible obtener en los resultados un porcentaje del 90 % de eficiencia. A continuación se describen las características de los Tornillos Sin Fin a emplear:

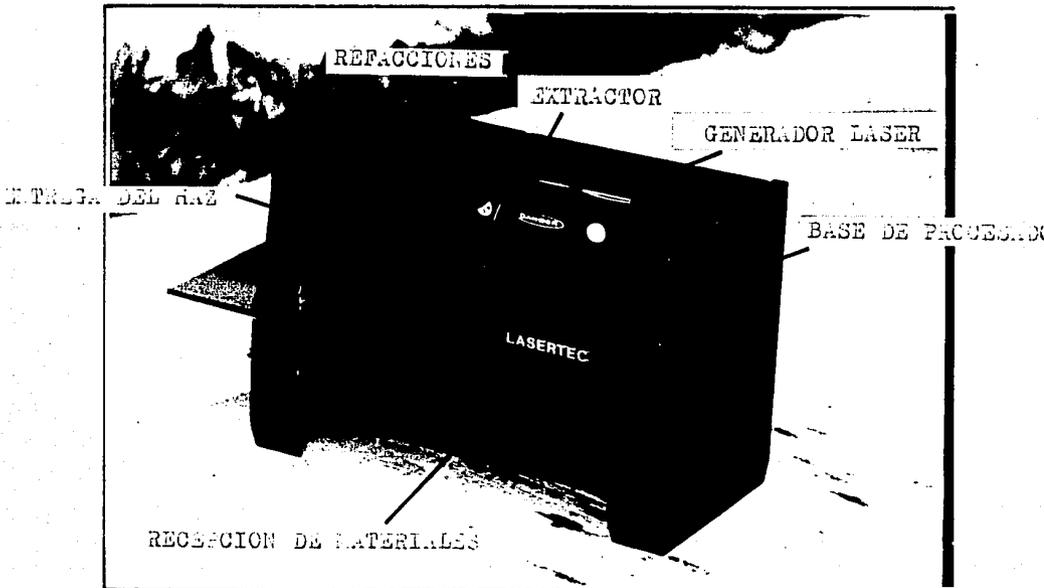
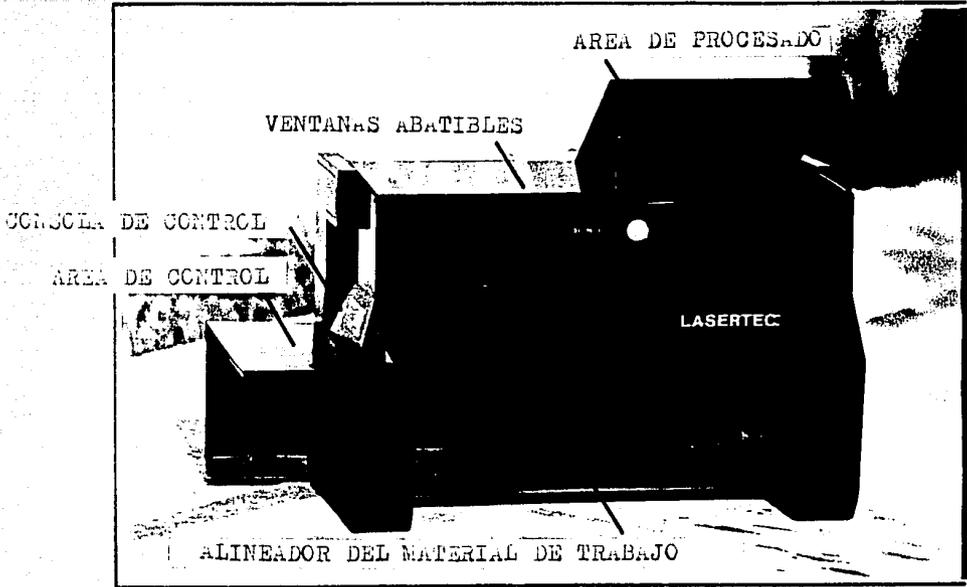
### TORNILLO SIN FIN LONGITUDINAL:

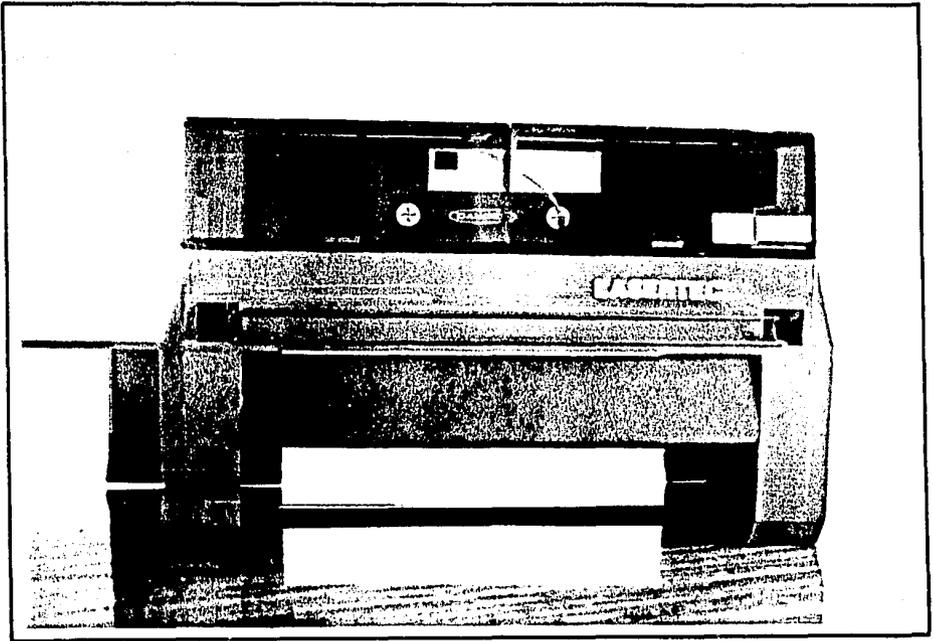
Periodo de Vida en mill.pulg./min.	100
Carga de Operación en Lbs.	1000
Modelo (Nook Industries)	1500 -0500
Pulgadas por Minuto	380
Dist. entre Rodamientos en Pulg.	80
Valor de Arreglo Simple	1.0
Longitud en Pulg.	85
Diámetro en Pulg.	1.236
Precisión	.0005"/pie
Peso	5.3 Lbs./pie

### TORNILLO SIN FIN TRANSVERSAL:

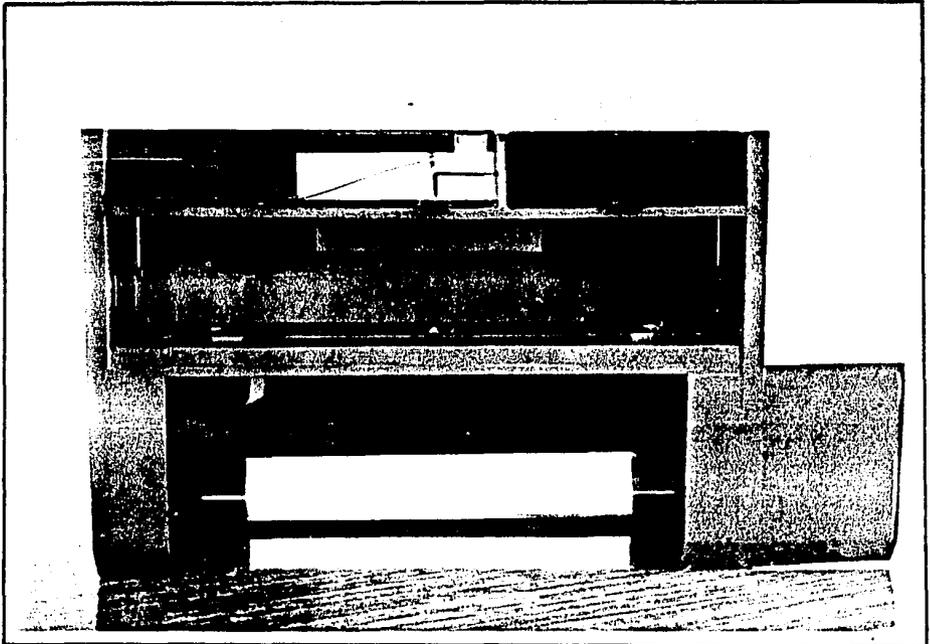
Periodo de Vida en mill.pulg./min.	100
Carga de Operación en Lbs.	100
Modelo	0631-0200 SSN
Pulgadas por Minuto	380
Dist. entre Rodamientos en Pulg.	31
Arreglo simple-simple	1.0
Diámetro en pulg.	.631
Peso	.36 Lbs./pie
Longitud en Pulgadas	31

Datos de: Ball Screw and Mounting Block Design Guide  
Nook Industries, Inc.

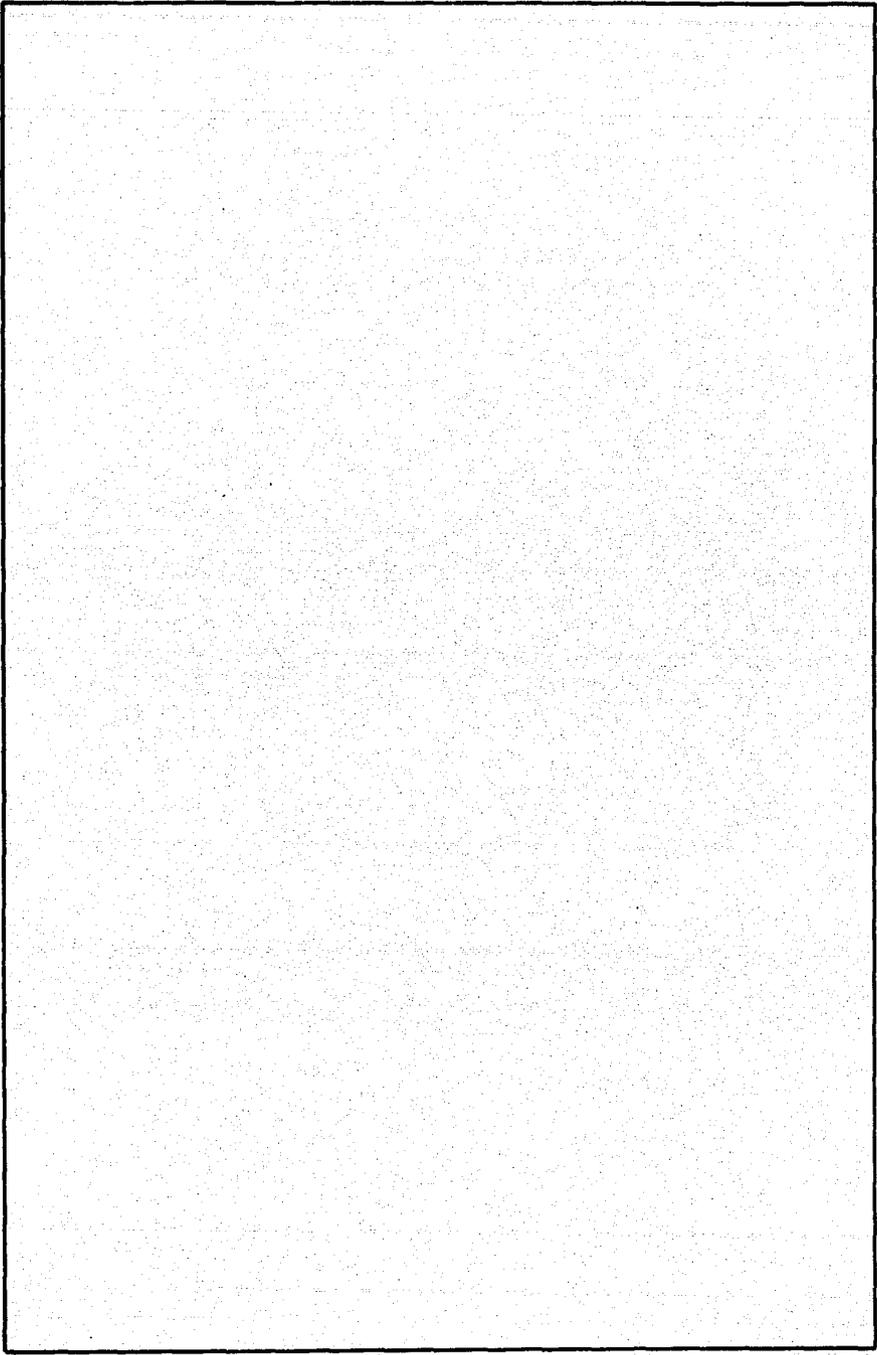




V.F.

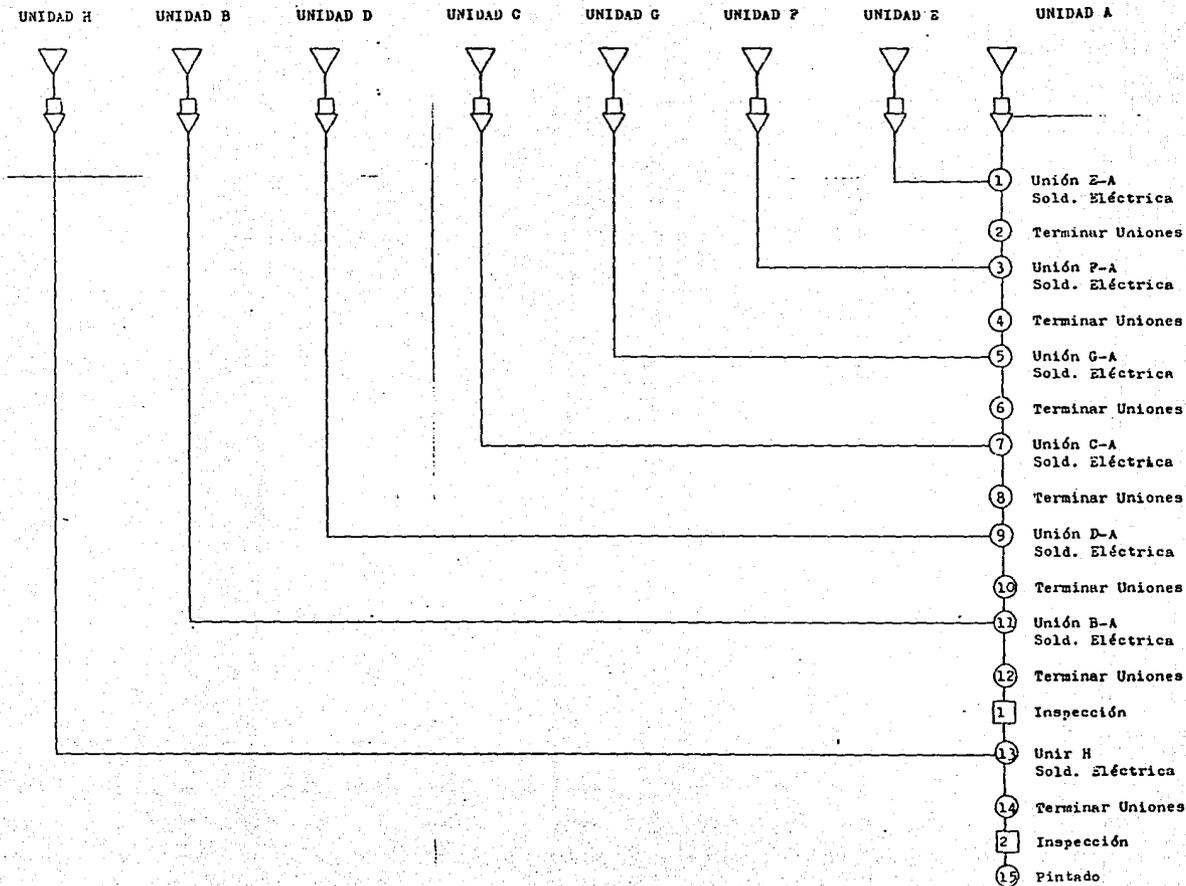


V.P.

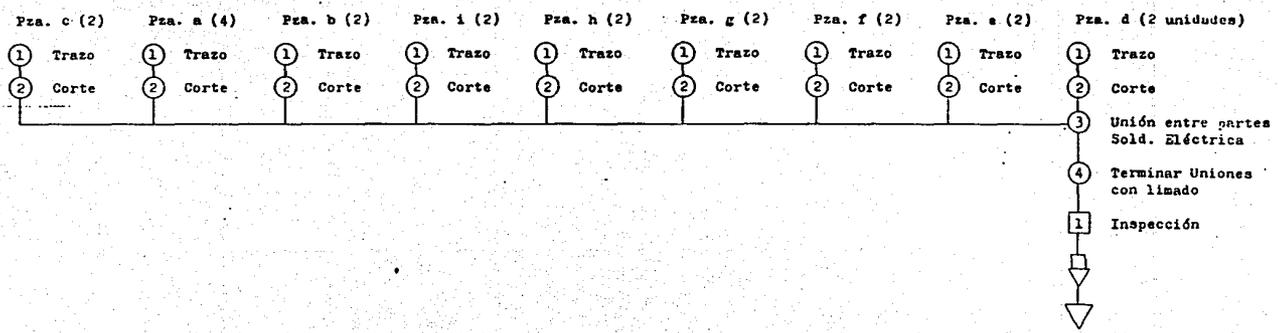


<sup>12.</sup> **DIAGRAMS**

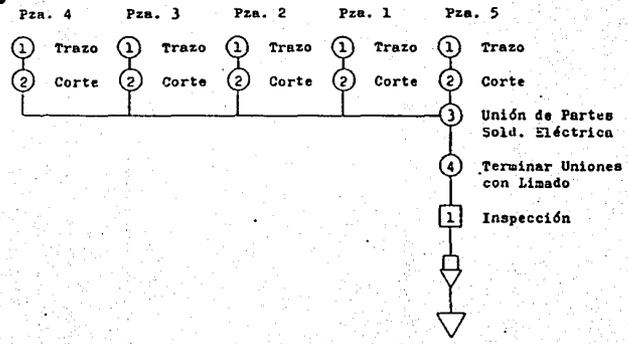
COMPONENTE 1  
BASTIDOR GENERAL



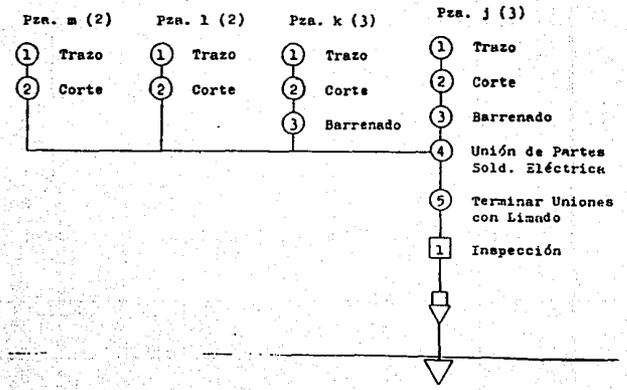
UNIDAD A  
**ANCLAJES LATERALES**  
 (2 / izquierdo y derecho)  
 Tubular Rectangular de 2 1/2" x 1 1/2"



UNIDAD B  
**BASE DE CONTROL**  
 Tubular Cuadrado de 1 1/2" x 1 1/2"

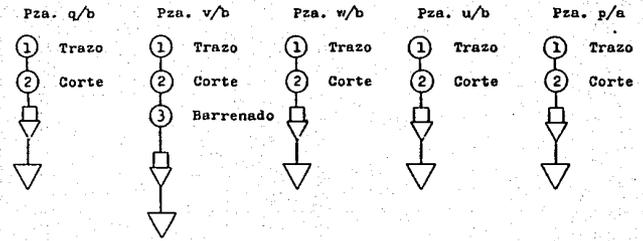


UNIDAD C  
**SOPORTE VENTANAS FRONTALES**  
 Tubular Cuadrado de 1" x 1"

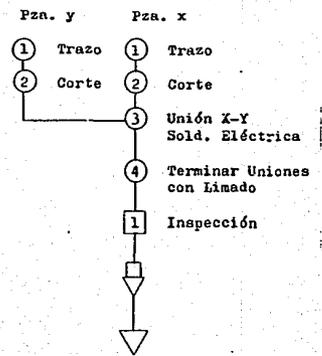


NOTA: Ver denominación de piezas en los planos de construcción

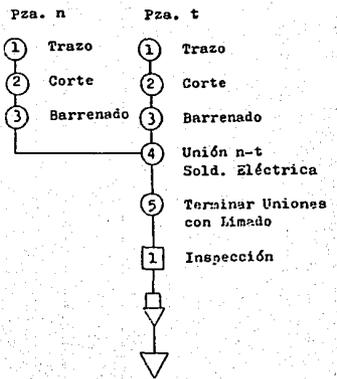
UNIDAD E  
 JUEGO DE FRAVEZAJOS  
 a-tubular rectangular de 2 1/2" x 1 1/2"  
 b-tubular cuadrado de 1 1/2" x 1 1/2"



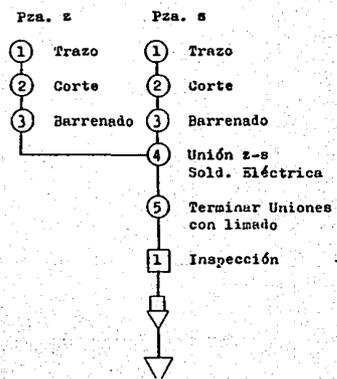
UNIDAD D  
 SOPORTE VENTANAS POSTERIORES  
 Tubular Cuadrado de 1 1/2" x 1 1/2"



UNIDAD F  
 BASE DE MECANISMOS  
 tubular cuadrado de 1 1/2" x 1 1/2"



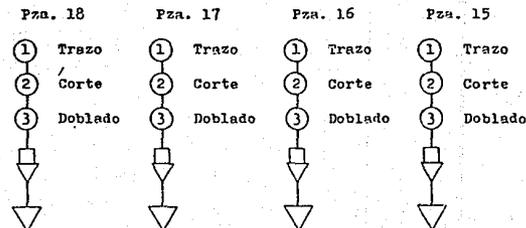
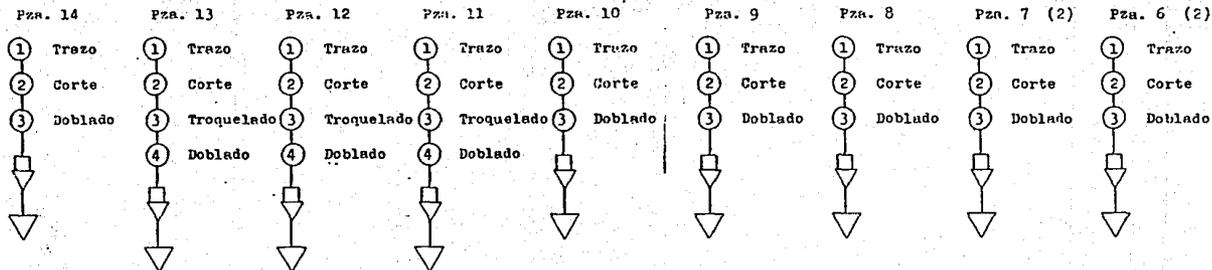
UNIDAD G  
 SOPORTE DE BASE DE PROCESADO  
 tubular cuadrado de 1 1/2" x 1 1/2"



NOTA: Ver denominación de piezas en los planos de construcción.

JUEGO DE PAPAS LAMINARES

Lámina C-1. 1F



Pieza	Descripción
6	Tapa Superior de Anclaje Lateral
7	Tapa Inferior de Anclaje Lateral
8	Pared Frontal Superior
9	Pared Frontal Inferior
10	Pared Frontal y Posterior Angulares
11	Tapa Base de Control
12	Consola de Control
13	Base Actuadores del Extractor
14	Guía de Material Procesado
15	Base Generador Láser y Área de Almacen
16	Guía de Material a Procesar
17	Guía de Desperdicios
18	Pared Central. Soporte de Extractor

COMPONENTE 2

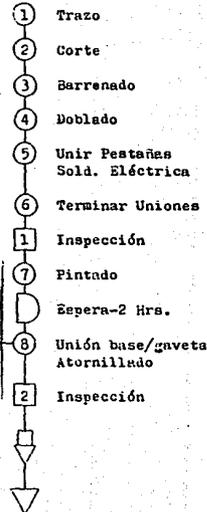
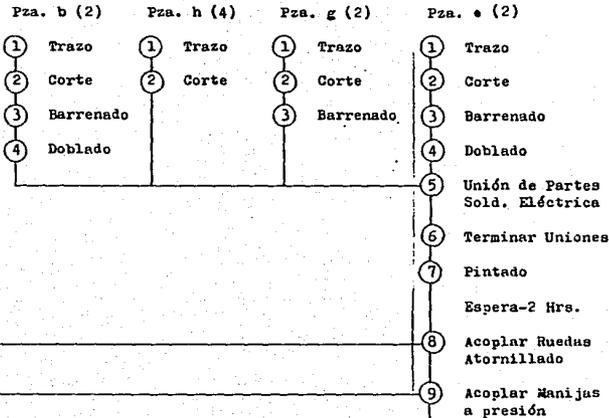
SISTEMA PARA LA RECEPCION DE MATERIAL PROCESADO

UNIDAD D  
MANIJAS COMERCIALES  
INILE (2 unidades)

UNIDAD C  
RUEDAS C/TUSRGA COMERCIALES  
INILE (8 unidades)

UNIDAD B  
BASE  
Tubular Cuadrado de  
1 1/2" x 1 1/2"

UNIDAD A  
GAVETA RECEPTORA  
Lámina Gal. 12



NOTA: Ver Denominación de Piezas en los Planos de Construcción.

ALINEADOR DEL MATERIAL DE TRABAJO

UNIDAD C

MANGO INFERIOR DEL OPRESOR

- a-barra de aluminio de 3/4"
- b-manija de plástico (comercial)

UNIDAD B

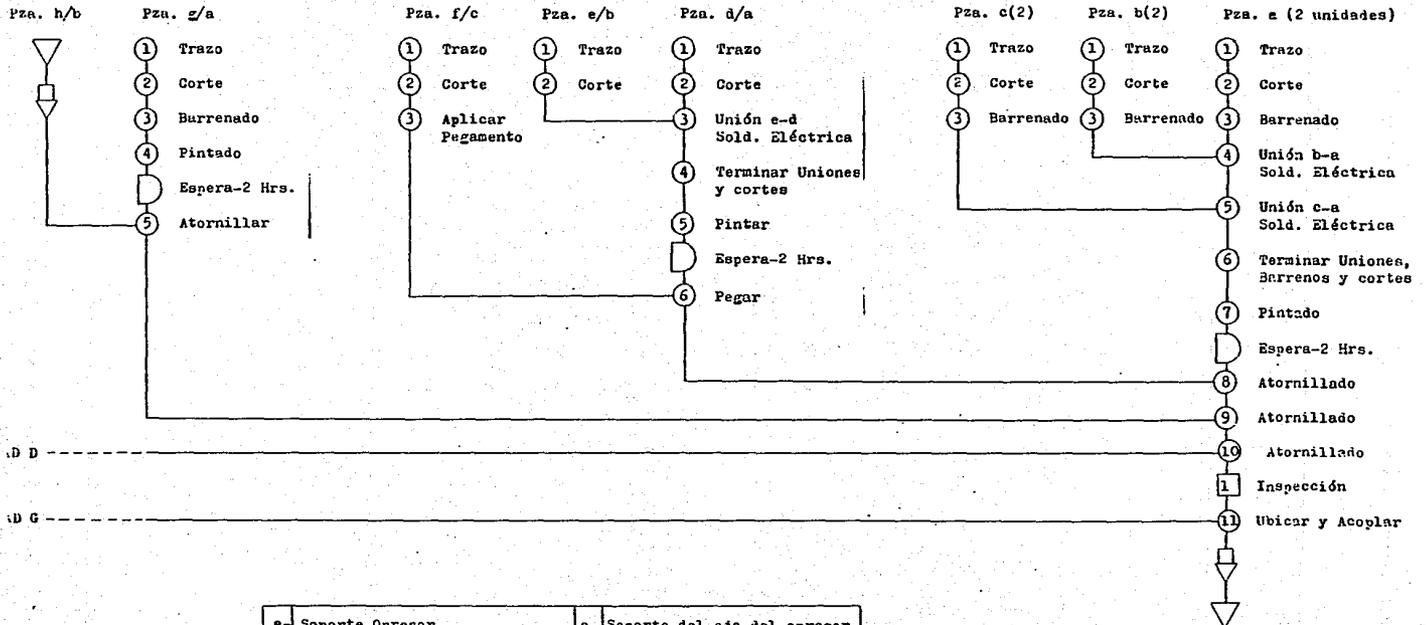
OPRESOR DE MATERIAL SUPERIOR

- a-ángulo de 1 1/4" x 3/16"
- b-solera de 1 1/4" x 3/16"
- c-hule de 3/16"

UNIDAD A

BRAZO EXTERIOR (2 unidades)

- Solera de 1" x 3/16"



NOTA: Auxiliarse de Planos Para  
Determinar Piezas

CONTINUACION COMPONENTE 4

UNIDAD G

GUÍA DE MOVIMIENTO

Barra Rectangular de Aluminio de 1 1/2" x 1"

UNIDAD F

MANGO SUPERIOR DEL OPRESOR

a-barra de aluminio de 3/4"  
b-manija de plástico (comercial, 2 unidades)

UNIDAD E

OPRESOR DE MATERIAL INFERIOR

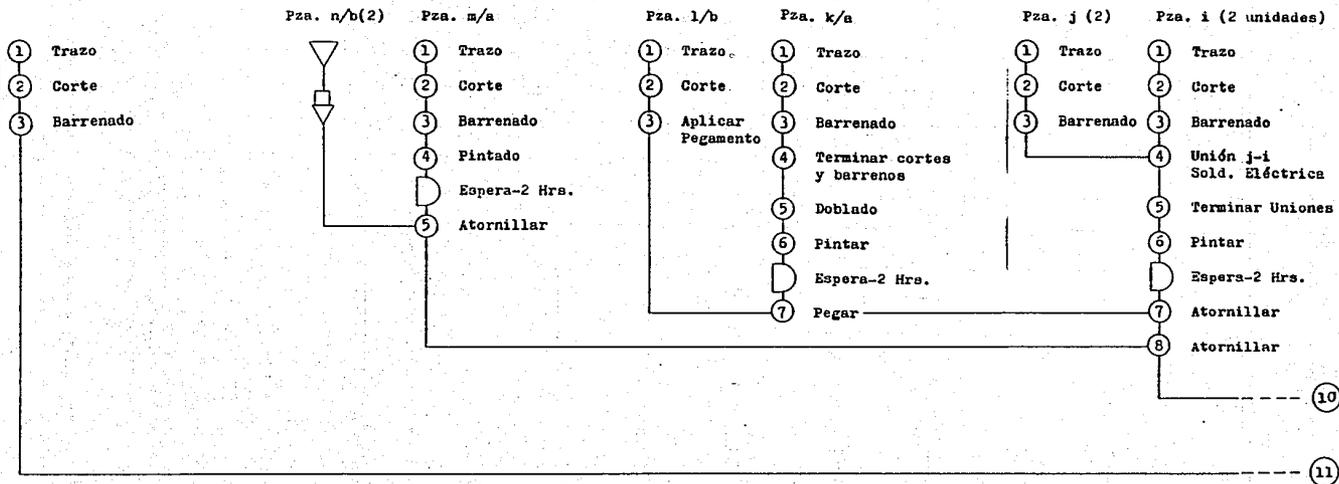
a-solera de 1 1/4" x 3/16"  
b-hule de 3/16"

UNIDAD D

BRAZO INTERIOR (2 unidades)

Solera de 1" x 3/16"

263

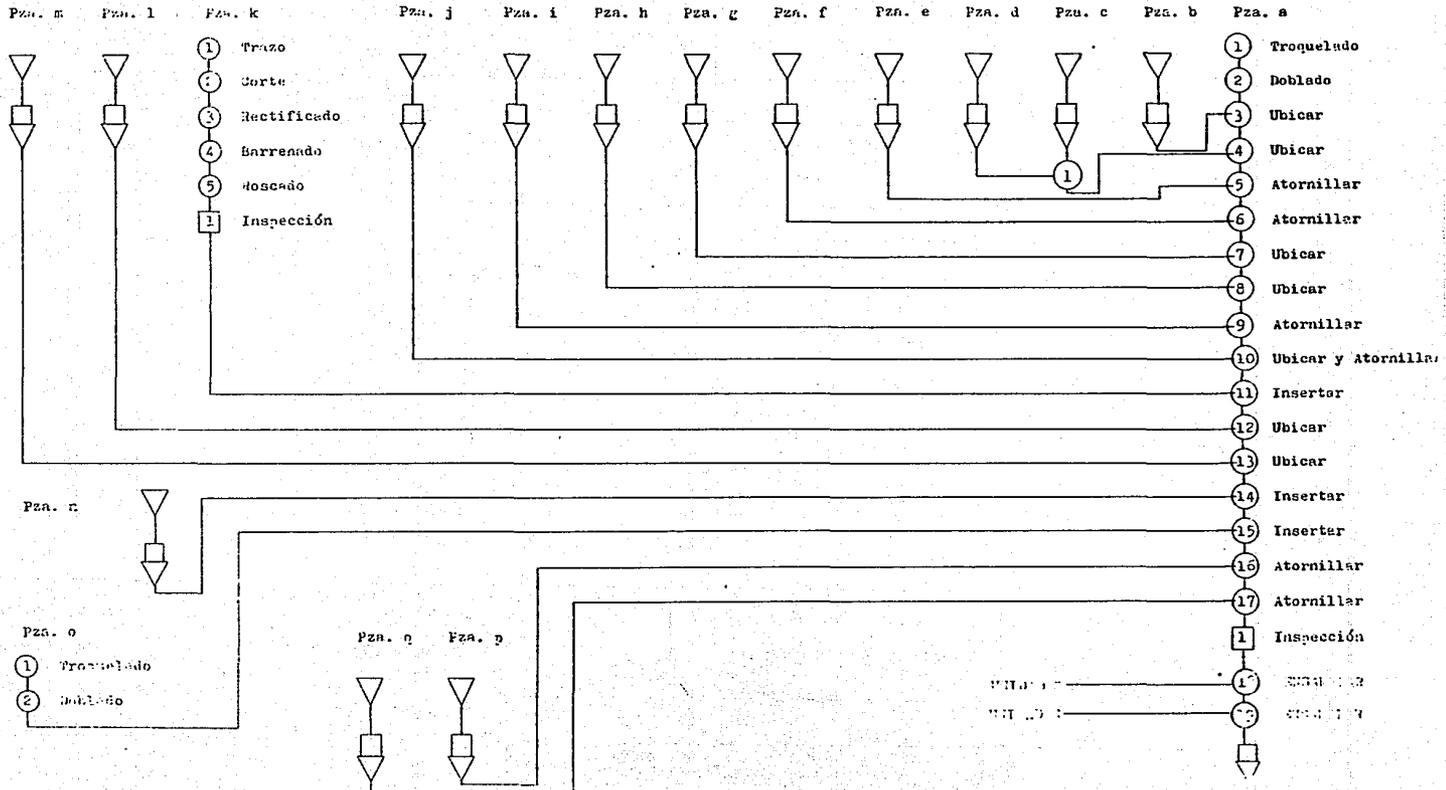


i- Ubicación Eje  
j- Mango  
k- Opresor del Material  
l- Hule Sujetador del Material  
m- Barra del Mango  
n- Manijas

NOTA: Auxiliarse de Planos Para Determinar Piezas

	REPORTE 10	
	SEALING INFORMATION	

000-040	PZA. n PZA. l a-Placa de 1/8" de metal b-Metal/comercial Chumacera barra guía c-Metal/comercial Barra guía d-Plástico/comercial Chumacera de tuerca e-Metal/comercial Contrachumacera	f-Metal/comercial Chumacera tornillo s/f g-Metal/comercial Rodamiento de 3/4" h-Metal/comercial Tornillo s/fin i-Metal/comercial Conector chumacera j-Metal/comercial Conector eje-motor k-Aluminio Tuerca l-Metal/comercial chumacera barra guía m-Metal/comercial chumacera tornillo s/f
---------	---	---



264

## UNIDAD C

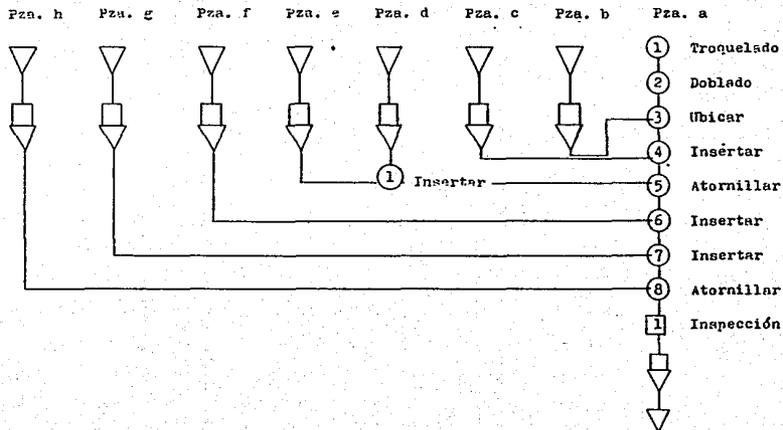
## MECANISMO LONGITUDINAL TUIA

- u- Placa de Metal de 1/8"
- b- Contrachumacera de Metal de Barra Guía /comercial
- c- Barra Guía de Metal /comercial
- d- Chumacera de Metal /comercial
- e- Chumacera de Plástico /comercial
- f\_ Contrachumacera de Metal /comercial
- g- Placa de Metal de 1/8"
- h- Chumacera de Metal /comercial

## UNIDAD B

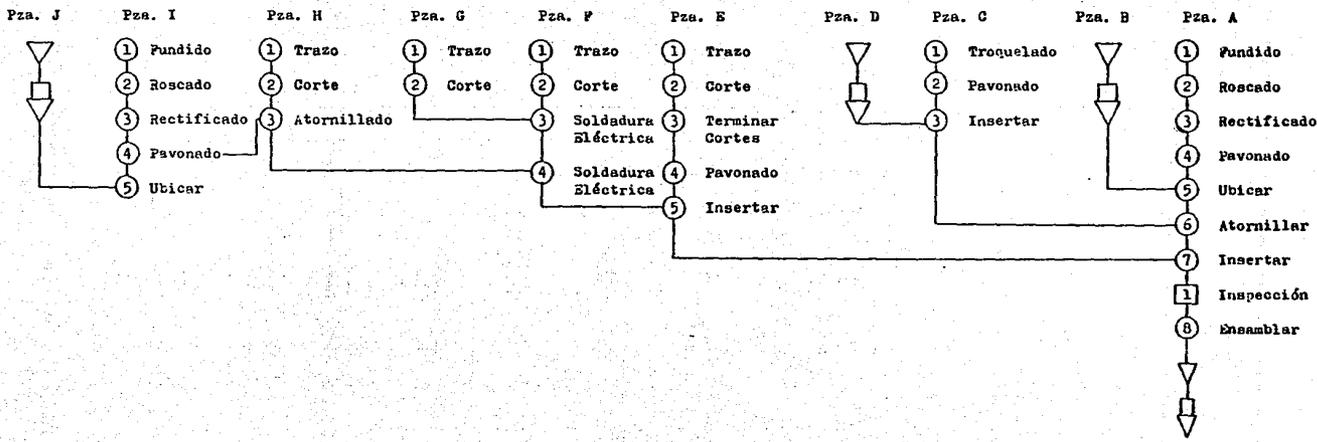
## MECANISMO TRANSVERSAL

NOTA: MISMO PROCESO QUE  
UNIDAD "A"

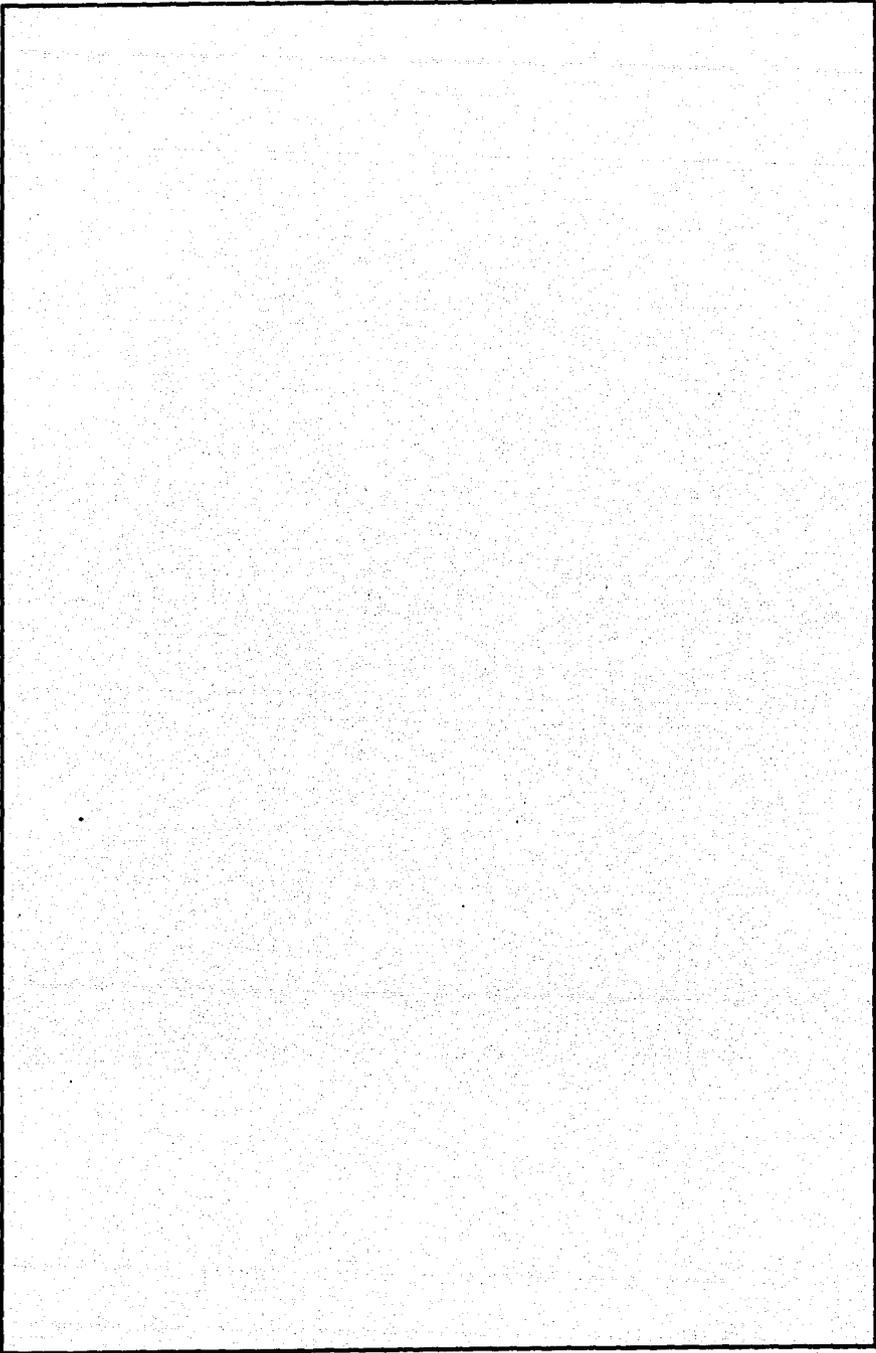


	<b>COMPONENTE 11</b> <b>MECANISMO DE APOCAMIENTO</b>	
--	---	--

- a- Base de ejes en aluminio
- b- Perilla-Piñón en Metal
- c- Lámina Cal. 16
- d- Tornillos de 3/8"
- e- Eje fijo exterior en Aluminio
- f- Eje móvil interior en Aluminio
- g- Refuerzo a eje móvil en solera 1/4" X 3/16"
- h- Refuerzo a base de boquilla en solera de 1/2" X 1/4"
- i- Base de boquilla en Aluminio
- j- Tornillos de metal de 1/4" X 2" Allen



NOTA: Auxiliarse de planos para determinar piezas.



13.

C O O S T O S

LISTA DE MATERIALES:

- 1-Tubular cuadrado de 1 1/2" x 1 1/2" Cal.16 (1.8 Kg. mt.)
- 2-Pintura Esmalte Acrílico
- 3-Electrodos para soldadura eléctrica de 1/8"
- 4-Lámina Cal. 18 (negra)
- 5-Tubular cuadrado de 1" x 1" Cal. 16
- 6-Tubular Rectangular de 2 1/2" x 2 1/2" Cal.16 (3 Kg. mt.)
- 7-Regatanes metálicos de altura regulable  $\varnothing=2"$
- 8-Salidas de plástico rígido para cables
- 9-Lámina de acrílico ahumada de 4 mm.
- 10-Bisagra de piano en metal de 1 1/2" x 3/16"
- 11-Remaches de aluminio de cabeza grande
- 12-Agarraderas de plástico rígido de 6"
- 13-Tornillo c/tuerca de 1" x 1/4"
- 14-Angulo de AL de 1 1/4" (1.60 Kg. mt.)
- 15-Solera de AL de 1" x 1/8" (0.24 Kg. mt.)
- 16-Tornillos c/tuerca de 1 3/4" x 1/4"
- 17-Solera de metal de 3/4" x 1/4"
- 18-Agarraderas de base circular en plástico rígido de 7"
- 19-Tubular de aluminio redondo de 7/8"
- 20-Pernos metálicos de 3/4"
- 21-Solera de metal de 1" x 1/4"
- 22-Neopreno de 5 mm.
- 23-Tornillo-perno de metal 1"
- 24-Lámina Cal. 16
- 25-Tornillos c/tuerca metálico de 1 3/4" x 3/8"
- 26-Ruedas de hule con base y eje en metal de 2"
- 27-Mango en plástico flexible de  $\varnothing=1 1/2"$
- 28-Tubular redondo de 1 1/2"
- 29-Juego de seguros metálicos de perno a presión
- 30-Tubular cuadrado de 1 3/4"
- 31-Solera metálica de 2" x 1/4"
- 32-Tornillo de 3/4" x 3/16"
- 33-Rodamiento de 1"
- 34-Reten para rodamiento
- 35-Conos en coll-roll de 14 cm.
- 36-Perilla metálica de  $\varnothing=3/4"$  x 1/4" moleteada.
- 37-Seguro metálico del eje del cono
- 38-Tubo de aluminio redondo de 3/4" x 1.65 mm.
- 39-Solea metálica de 1/2" x 1/4"
- 40-Solera metálica de 1/4" x 3/16"
- 41-tubo de aluminio de 1" x 1.65 mm.
- 42-Barra Rectangular de AL fundición
- 43-Tornillo de 3/16" x 1/2"
- 44-Coll-Roll torneado de 1"
- 45-Lámina Cal.22

- 46-Aluminio, fundición
- 47-Tornillo de 3/16" x 1/4"
- 48-Tornillo Allen de 3/16" x 1/2"
- 49-Tornillo Allen de 3/16" x 1/4"
- 50-Chumacera Metálica de Rodamientos
- 51-Chumacera Plástica
- 52-Barra Rectangular de AL 3" x 3" x 1 1/8"
- 53-Cable
- 54-Tornillo Allen Pavonado de 3/16" x 3/8"
- 55-Pegamento de Contacto
- 56-Accesorios Extras
- 57-Actuador; Servomotor Eléctrico
- 58-Chumacera de Barra
- 59-Rodamientos Metálicos
- 60-Eje Guía Metálico
- 61-Tornillo Sin/Fin Metálico
- 62-Tornillo de 3/8" x 1/2"
- 63-Rondanas de Presión
- 64-Tubo Metálico de 2" x 2 mts.
- 65-Actuador Eléctrico de 1/8 hp.
- 66-Aspas de Extractor de Plástico
- 67-Tela de Filtro
- 68-Agarraderas-Jaladeras de Plástico
- 69-Tela de Malla Metálica

**COSTOS:**

**SOPORTE DE BASE DE PROCESADO:**

1-5.392 mts. 9.71 Kg.  
 2-1/4 lbs.  
 3-1 pza. \$ 54,000.00

**BASE DE MECANISMOS:**

1-5.54 mts. 9.97 Kg.  
 2-1/8 lbs.  
 3- 1 pza. \$ 55,260.00

**BASE DE CONTROL:**

1-2.84 mts. 5.11 mts.  
 4-1.88 x .48 mts. 9.5 Kg.  
 3-4 pzas.  
 2-1/4 lbs. \$ 81,810.00

**BASTIDOR:**

5-2.95 mts.  
 1-5.55 mts. 11.81 Kg.  
 5-14.20 mts. 42.50 Kg.  
 4-70.5 Kg.  
 2-1 lt.  
 3-10 pzas.  
 7-4 pzas.  
 8-2 pzas. \$ 720,000.00

VENTANAS DE ACRILICO:

- 9- 1 pza. 244 x 183 cm.
- 1 pza. 244 x 122 cm.
- 1 pza. 180 x 120 cm.

10- 3.15 mts.

11- 40 pzas.

12- 8 pzas.

13- 30 pzas.

\$ 56,000.00

BASE DE PROCESADO:

14- 3.40 mts. 5.44 kg.

15- 33.60 mts. 8.2 kg.

16- 18 pzas.

2- 1/8 lts.

\$ 309,000.00

ALINEADOR DEL MATERIAL DE TRABAJO:

17- 1.64 mts. 1.45 kg.

18- 2 pzas.

19- 3.48 mts. 1.0 kg.

20- 2 pzas.

21- 3 mts. 4.50 kg.

22- 3 mts.

23- 4 pzas.

\$ 82,000.00

GAVETA RECEPTORA DE MATERIAL PROCESADO:

28- 9.88 mts. 17.78 kg.

24- 2.40 x 1.18 mts.

25- 16 pzas.

26- 8 pzas.

27- 2 pzas.

2- 3/4 lts.

3- 4 pzas.

\$ 335,000.00

ALIMENTADOR DEL MATERIAL DE TRABAJO:

1- 11.60 mts. 20.86 kg.

7- 4 pzas.

29- 2 juegos

30- 15 cm. .27 kg.

31- .88 mts. 2.64 kg.

32- 16 pzas.

33- 4 pzas.

34- 4 pzas.

35- 4 pzas.

36- 4 pzas.

37- 4 pzas.

\$ 480,000.00

MECANISMO APOCADOR:

38- 0.074 Kg. 20.5 cm.

39- 100 gr.

40- 50 gr.

41- 30 cm. 0.099 Kg.

42- 0.780 Kg.

43- 6 pzas.

44- 80 gr.

45- 100 gr.

46- 0.320 Kg.

47- 3 pzas.

\$ 54,000.00

MECANISMO POSICIONADOR (EJE Z ACTUADOR):

24- 200 gr. 10 x 9 cm.

24- 22.5 x 14.5 cm.

48- 6 pzas.

50- 2 pzas.

57- 1 pza.

58- 2 pzas.

59- 2 pzas.

48- 4 pzas.

49- 4 pzas.

60- 1 pza.

61- 1 pza.

51- 1 pza.

52- 1 pza.

53- 10 mts.

2- 125 ml.

\$ 1,850,000.00

MECANISMO POSICIONADOR (EJE Z GUIA):

24- 2 pzas. 4 x 8.5 cm.

48- 4 pzas.

47- 4 pzas.

58- 2 pzas.

60- 1 pza.

51- 1 pza.

52- 1 pza.

24- 1 pza. 10 x 11 cm.

2- 100 ml.

\$ 110,000.00

EJE Y (SOPORTE DE BOQUILLA):

57- 1 pza.  
2- 100 ml.  
53- 10 mts.  
58- 2 pzas.  
50- 2 pzas.  
48- 4 pzas. 3/16" x 1/2"  
54- 4 pzas. 3/16" x 3/8"  
59- 2 pzas.  
60- 1 pza.  
61- 1 pza.  
51- 1 pza.  
52- 1 pza.  
24- 1 pza. 22.5 x 14.5 cm. \$ 1,450,000.00

MECANISMO OPRESOR DE ENTRADA DE MATERIAL:

47- 8 pzas. 3/16" x 1/4"  
62- 4 pzas. 3/8" x 1/2"  
33- 2 pzas.  
63- 4 pzas.  
51- 2 pzas.  
50- 2 pzas.  
64- 1 pza.  
22- 1 pza. .20 x 2 mts.  
46- 1 pza.  
55- 100 ml. \$ 320,000.00

SISTEMA EXTRACTOR:

65- 2 elementos  
66- 2 pzas.  
67- 1 pza.  
53- 10 mts.  
68- 4 pzas.  
43- 8 pzas.  
69- 1 pza. 30 x 70 cm.  
13- 8 pzas. \$ 260,000.00

GENERADOR LASER DE ND:YAG

Generador de ND:YAG

Fuente de Poder

Sistema de Enfriamiento

Control del Generador \$ 30,000,000.00

SISTEMA DE ENTREGA DEL HAZ:

Sistema de Fibras Opticas

Conectores

Boquilla de Salida \$ 800,000.00

**SISTEMA DE CONTROL:**

Teclado de Computadora

Monitor de Colores

C.P.U. (I.B.M. AT) 30-286 AT

Tabla Digitalizadora

Lápiz Lector

Software (CAD-CAM) AUTOCAD

Interfaces

Cableados

Componentes de Conexión \$ 12,000,000.00

NOTA: El Sistema de Control es opcional, dependiendo de las instalaciones con que se cuenten al instalar LASERTEC

NOTA: El Generador Laser, Sistema de Entrega del Haz y Sistema de Control llevan incluidos en el precio la instalación y mantenimiento por un periodo de dos años.

NOTA: Todos los Costos para la manufactura de los diversos componentes de LASERTEC cuentan con un porcentaje de mano de obra. (precios 89)

**COSTO TOTAL DE PRODUCCION.....\$ 49,017,070.00**

# 14. VOCABULARIO

## GLOSARIO DE SISTEMAS LASER INDUSTRIALES

- ABSORBENCIA.** Capacidad de un medio para absorber radiación, -- dependiendo de la temperatura y de la longitud de onda. Se expresa como el negativo del logaritmo común de la transmitancia.
- ABSORBER.** Transformar energía radiante en otra forma distinta, generalmente produciendo una elevación de temperatura.
- ACCESORIOS DEL LASER.** Los aparatos y dispositivos disponibles para los emisores de laser, tales como gases secundarios, ventanas de Brewster, conmutadores Q y obturadores electrónicos.
- ACOPLADOR DE SALIDA.** Espejo del resonador que trasmite la luz; el otro, en el extremo opuesto, es totalmente reflector.
- AFOCAL.** Literalmente, "sin distancia focal"; es un sistema óptico que tiene los puntos objeto e imagen en el infinito.
- AMPLIFICACION.** Crecimiento del campo de radiación en la cavidad resonante de laser. Al reflejarse la onda de luz hacia adelante y hacia atrás en los espejos dentro de la cavidad, se amplifica por emisión estimulada cada vez que pasa por el medio activo. (véase el dibujo correspondiente a Oscilación Laser.)
- AMPLITUD.** Valor de la onda electromagnética, medido desde el medio al extremo, más simplemente, la altura de la onda. (véase el dibujo que corresponde a Polarización)
- ANGULO DE INCIDENCIA.** Véase Rayo Incidente.
- ANODO.** Elemento eléctrico que se usa en la excitación laser para atraer electrones desde un cátodo. Un ánodo puede enfriarse directamente por agua o por radiación.
- APOYO DE OXIGENO.** En ciertas operaciones de corte, un chorro coaxial de oxígeno inicia una reacción exotérmica para aumentar la rapidez de corte de metales gruesos; es decir, el oxígeno realmente hace el corte y el haz laser mantiene la reacción.
- AUSTENITA, AUSTENITICO.** Hierro gama con carbón en solución; aceros templados que no se pueden endurecer por tratamiento térmico. Así se les llama en honor del metalurgista Sir W.J. Roberts-Austen.
- AUTOCOLIMADOR.** Dícese del instrumento que combina las funciones de un telescopio y de un colimador, para detectar pequeños desplazamientos angulares de un espejo por medio de su propia luz colimada.
- BARRA DE LASER.** Un medio en estado sólido, en forma de barra, en el cual la excitación de los iones ocurre debido a una fuente de luz intensa, tal como una lámpara de destellos. Varios materiales se usan para la construcción de las barras, el primero de los cuales fue un cristal de ruñi sintético.
- BOMBEAR.** Excitar el medio emisor del laser. Véase Bombeo Óptico.
- BOMBEO OPTICO.** La excitación del medio de emisión laser por destellos luminosos, en lugar de aplicar descargas eléctricas.

entre un ánodo y un cátodo.

**BRILLANTEZ.** Sensación visual de la potencia de un haz de luz, a diferencia de la potencia del haz medida científicamente.

**CALORÍMETRO.** Instrumento que mide el calor que se genera por la absorción de luz laser; es otro medio para medir la potencia del haz laser.

**CAPA AR.** Recubrimiento antirreflector que se aplica en la parte posterior de los espejos de salida de los emisores de laser para suprimir las reflexiones múltiples no deseadas, que reducen la potencia.

**CATODO.** Elemento de donde son emitidos los electrones para la descarga eléctrica que se usa para excitar el medio emisor del laser.

**CICLO DE TRABAJO REAL.** Intervalo de tiempo en que el haz está cortando, taladrando, soldando o tratando térmicamente, en comparación con la duración del ciclo completo de trabajo.

**C.I.E.** Abreviatura de la Comisión Internacional de Iluminación su nombre original en francés es Commission International de L'Eclairage.

**COEFICIENTE DE ABSORCION.** Cantidad de energía radiante que se absorbe por unidad de longitud de trayectoria.

**COLA DE PULSO.** El tiempo de decaimiento del pulso, que puede disminuirse (por el uso de una mezcla especial de gases) para permitir una repetición rápida de los pulsos del laser en un intervalo dado de tiempo.

**COLIMACION.** Proceso por el cual rayos divergentes de luz (blanca o natural) son transformados en rayos paralelos (luz coherente).

**CONFIGURACION DE LA POTENCIA.** En cambio controlado en el nivel de potencia de un haz laser; puede aumentar linealmente hasta un nivel, mantenerse cierto tiempo y bajar de nuevo o variar en pasos discretos. Es útil para una terminación pareja en soldaduras circulares y para evitar fracturas que se originan por enfriamiento rápido.

**COMUTADOR Q.** Un dispositivo que tiene el efecto de un obturador que se levanta rápidamente para interrumpir o dejar el haz disminuyendo la Q normal de resonador, manteniéndose baja e impidiendo la emisión hasta que se almacena un alto nivel de energía. Cuando se restaura la Q normal, el resultado es un pulso gigante de energía.

**CONTROL DE RAMPA.** Controles de la potencia para llevar a cabo su configuración; pueden ser gobernados por computadora.

**CONVERGENCIA.** Desviación de los rayos de luz hacia un punto común, como la que produce una lente convexa.

**Cw.** Abreviatura en inglés de frente de onda continua; también. el modo de emisión continua de un laser en oposición a la operación pulsante.

**CHORRO DE GAS DE APOYO.** Un chorro coaxial, tal como oxígeno,--

argón o nitrógeno, que sirve para alcanzar niveles muy altos de potencia para cortar ciertos metales.

**DENSIDAD DE POTENCIA.** La cantidad de energía radiante que se concentra en una superficie unitaria por unidad de tiempo.

**DESVIACION, DESVIACION ANGULAR.** Todas las variaciones indeseables en la salida del haz (ya sea en la amplitud o en la frecuencia); variación angular del haz antes, durante o después del calentamiento, medido en milirradiantes.

**DESVIADOR DEL HAZ.** Dícese del aparato óptico, tal como un espejo, capaz de cambiar la dirección de un haz de laser; se emplea para dirigir el haz y en los sistemas compactos, "dobladors", para aumentar la trayectoria del haz.

**DIAMETRO DEL HAZ.** Diámetro de aquella sección transversal del haz que contiene el 36% de la potencia de salida.

**DISIPADOR TERMICO.** Substancia o aparato que se emplea para disipar o absorber el calor no deseado, como el que resulta en un proceso de fabricación (o, en las aplicaciones con laser, de los rayos reflejados).

**DIVERGENCIA.** angulo con el cual el haz laser se extiende en recorridos largos; también, la desviación de los rayos separándolos entre sí, como la que puede producir una lente cóncava o un espejo convexo.

**DIVISION DEL HAZ.** División Óptica de un haz de laser en dos o más haces, que permite trabajar en más de un lado de una pieza simultáneamente, pero con una potencia algo menor que un sistema de haces múltiples de salida.

**EJE, EJE OPTICO.** Línea central óptica de un sistema de lentes; la recta que pasa por los centros de curvatura de las superficies ópticas de un lente.

**EMISION ESTIMULADA.** Cuando un átomo, ion i molécula capaz de emisión laser se excita a un nivel más alto de energía, por una descarga eléctrica o por cualquier otro medio, emite espontáneamente un fotón cuando regresa al estado fundamental, Si ese fotón pasa cerca de otro átomo de la misma frecuencia que esta también en algún nivel metaestable de energía, el segundo átomo estimulado para emitir un fotón. Ambos fotones tendrán la misma longitud de onda, fase y coherencia espacial. La luz que se amplifica de esta manera es intensa, coherente (colimada o paralela) y monocromática; brevemente: luz laser.

**EMISIVIDAD, EMITANCIA.** rapidez con que ocurre la emisión, razón entre la energía radiante que emite una fuente o una superficie y la que emite un cuerpo negro a la misma temperatura.

**ENDURECIMIENTO POR LASER.** Tratamiento de un metal con laser para endurecerlo; es un proceso de autotemplado que produce la máxima dureza en la mayoría de los metales.

**ENDURECIMIENTO POR TRANSFORMACION.** Un proceso en el que son muy útiles los equipos laser, para endurecer metales calentándolos a la temperatura crítica de transformación, templándolos

y solidificándolos, distribuyéndose de manera uniforme el carbono que contienen.

**ENERGIA DEL PULSO.** La energía de una emisión breve de un laser programado para operar un modo pulsante, más que para operación continua. La energía del pulso puede ser varias veces mayor que la de la emisión de onda continua (CW).

**ENERGIA RADIANTE.** Energía que viaja como movimiento ondulatorio; específicamente, la energía de las ondas electromagnéticas (luz, rayos X, radio, rayos gamma).

**ENFOCAR.** Ajustar la distancia focal para lograr una imagen nítida.

**ERROR DE DIRECCION.** Movimiento o divergencia del haz; se pueden evitar normalmente con trayectorias cortas.

**ESTABILIDAD.** La capacidad de un sistema para no variar en sus características de operación. La estabilidad térmica, eléctrica, dimensional y de potencia son atributos importantes del funcionamiento de un laser. En la serie EVERLASER R de equipos laser industriales, dicha estabilidad se obtiene por medio de la circulación de refrigerante, piezas de alineamiento de hierro fundido en los extremos, alineación permanente, control eléctrico y apoyos de deslizamiento, que producen una variación a largo plazo, únicamente del 2% de la potencia nominal EVERLASER. Marca comercial de equipos laser de CO<sub>2</sub> de temperatura controlada, de una, dos o cuatro haces para usos industriales, que fabrica COHERENT, INC. con potencia de salida nominal desde 185 a 775 Watts.

**EXPANSOR DEL HAZ.** Aparato óptico que aumenta el diámetro del haz y reduce la divergencia. El resultado es una mancha enfocada más pequeña y una distancia mayor entre el lente y la pieza. **EXPOSICION.** Medida de la energía radiante total que incide en una superficie por unidad de área; exposición a la energía radiante.

**FIBRA OPTICA.** Un filamento de cuarzo o de otro material óptico capaz de transmitir la luz a lo largo de él y emitirla por el extremo opuesto al que la recibe.

**FLEXOGRAFIA.** Procedimiento de impresión en el cual se emplean placas de hule sin costuras, que se graban mediante laser.

**FLUJO.** La potencia radiante o luminosa de un haz de luz; la rapidez de flujo con que la energía radiante atraviesa una superficie determinada.

**FLUJO RADIANTE.** Rapidez de emisión y de transmisión de energía radiante.

**FLUORESCENCIA.** El resplandor que emite un material cuando absorbe luz. Las ventanas de Brewster de sílice fundido fluores-

cen en el rango ultravioleta, aumentando la absorción de la radiación del laser y degradando el modo y la salida del laser. Por esta pausa, las ventanas que utiliza Coherent, INC., son de cuarzo cristalino.

**FOCO.** Punto donde coinciden los rayos de luz que han sido reflejados por un espejo o refractados por un lente, en donde se produce una imagen de la fuente. En el trabajo con equipos laser, el foco del lente tiene, en relación con la superficie de trabajo, un efecto crítico, tal como la profundidad y forma de los agujeros que se perforan. Cuando el foco está en la superficie, los agujeros son de diámetro uniforme; cuando el foco está más allá de la superficie, los agujeros que se perforan son cónicos.

**FORMACION DE IMAGEN EN UN CAMPO CERCANO.** Técnica para formar la imagen en el laser de estado sólido, que permite el control del tamaño de la mancha y de la forma de la perforación, distancia de trabajo regulable distribución uniforme de energía y producir fácilmente el rango de tamaño de la mancha.

**FORMACION DE IMAGEN EN UN CAMPO LEJANO.** Una técnica para formar la imagen con equipos de laser de estado sólido que tiene varias desventajas: distribución no uniforme de la energía, distancias de trabajo muy cortas, control pobre de la geometría de la perforación.

**FOTOMETRO.** Instrumento que sirve para medir la intensidad luminosa.

**FOTON.** En la teoría cuántica, la unidad elemental de luz, que se comporta como onda y como partícula. Tiene movimiento, pero no masa ni carga.

**FRECUENCIA.** El número de ondas de luz que pasan por un punto fijo, en una unidad dada de tiempo o, el número de vibraciones en el período de tiempo.

**GANANCIA.** Otro término que se usa para la amplificación: generalmente se refiere a la eficiencia del medio emisor del laser para que ocurra una inversión de población. Una ganancia característica alta es de más de 50% por paso de la onda de luz entre los espejos de la cavidad.

**GAS COAXIAL.** Flujo de gas inerte que se dirige hacia la superficie de trabajo y que se usa en la mayoría de los equipos de laser para soldadura con el fin de evitar la oxidación causada por el plasma y la absorción de calor por el mismo, para remover los desechos y para controlar la acción del calor. El chorro de gas tiene el mismo eje que el haz, de modo que se les puede dirigir juntos.

**GAUSSIANA.** La "curva normal" o distribución normal. Un ejemplo de ella es la forma simétrica de campana de los agujeros-- creados por el haz laser no corregido, desenfocado y en su modo óptimo. Un haz laser Gaussiano tiene la mayor parte de su energía en el centro.

**HAZ.** Abreviatura en inglés de "zona afectada térmicamente" (heat affected zone). Es la zona de la superficie del metal (u otro material) en donde incide el haz laser.

**HERTZ.** Unidad de frecuencia en el Sistema Internacional de Unidades se abrevia Hz; reemplaza a cps, ciclos por segundo.

**IMAGEN.** La reproducción óptica de un objeto, producida por un lente o un espejo. Un lente convexo tóxico hace converger los rayos para formar una "imagen real" que puede fotografiarse. Un lente cóncavo separa los rayos para formar una imagen "virtual" que no puede proyectarse.

**INTENSIDAD.** La magnitud de la energía radiante (luz) por unidad, tal como tiempo o superficie reflectora.

**INTENSIDAD RADIANTE.** Potencia radiante o flujo, que se expresa como la emisión por unidad de ángulo sólido alrededor de la dirección de la luz en un intervalo dado de tiempo.

**INTENSIFICACION DE LA PULSACION.** modulación electrónica de un haz laser que produce una alta potencia máxima en la etapa inicial del pulso. Esto permite una rápida evaporación del material sin que se caliente la superficie del derredor. Tales pulsos tienen varias veces la potencia del modo CW.

**IRISACION DEL OBJETIVO.** Pérdida de la luz a través de un elemento óptico que ocurre cuando no pasa en su totalidad el haz una imagen que se desvanece gradualmente hacia el derredor.

**IRRADIACION.** Exposición de la energía radiante, tal como calor, rayos X a luz, el producto de la irradiancia y el tiempo.

**INVERSION DE LA POBLACION.** Estado en el que hay más coléculas- (átomos o iones) en los niveles de energía más altos, que en el nivel básico (ésta es una situación necesaria para mantener un alto valor de emisión estimulada). Sin una inversión de población, no puede haber acción lasérica.

**JOULE.** Una unidad frecuente de medida en que se expresa la salida de laser en el funcionamiento pulsante. Equivale al watt-por segundo.

**LAMPARA DE DEBELLOS.** Fuente de luz, frecuentemente de forma helicoidal, que se emplea para provocar la emisión de fotones- en los equipos de laser de estado sólido.

**LASER DE CO<sub>2</sub>.** Laser que se emplea extensamente en la industria en el que el medio primario para la emisión laser es el dióxido de carbono. Los emisores de laser de CO<sub>2</sub> que fabrica Coherent, Inc., tienen la marca comercial EVERLASER. Véase Everlase.

**LASER DE DESCARGA GASEOSA.** Un laser que contiene un medio gaseoso para la emisión laser, en un tubo de vidrio en el cual, un flujo constante del gas reemplaza las moléculas modificadas químicamente por la electricidad o por las sustancias químicas que se emplean para la excitación. Por economía, el gas que es extraído puede filtrarse en un 90% y volverse a utilizar.

**LASER DE FLUJO AXIAL.** Equipo emisor de laser en el cual se mantiene un flujo axial de gas en el tubo, para reemplazar aquellas moléculas de gas modificado químicamente por la descarga eléctrica con que se les excita para elevarlas al estado de emisión laser. Es el más simple y más eficiente de los emisores laser de gas. Véase laser de descarga de gas.

**LASER DE HELIO NEON.** Un laser en el cual, el medio activo es una mezcla de helio y neón, cuyo haz está en el rango de la luz visible. Se usa extensamente en la Industria para alineación, registro, impresión y medición, también es valioso como indicador y alineador del haz invisible del laser de CO<sub>2</sub>.

**LASER DE IONES.** Un tipo de laser en el cual se emplea una corriente muy alta de descarga, que pasa por un pequeño agujero para ionizar un gas noble; por ejemplo, argón o criptón. El proceso de ionización crea una inversión de población para que ocurra la emisión laser. Un laser de este tipo es útil en investigaciones y también en algunas aplicaciones industriales.

**LASER DE Nd: VIDRIO.** Laser de estado sólido de neodimio: vidrio que ofrece alta potencia o pulsos cortos, o ambas características, para aplicaciones Industriales específicas.

**LASER DE Nd: YAG.** Laser de estado sólido neodimio: itrio-aluminio-granate, semejante al laser de Nd:vidrio. Ambos se "bombean" por medio de lámparas de destellos.

**LASER DE TRANSPORTE DE GAS.** Diseño de laser que genera un haz de muy alta potencia dentro de una cavidad de resonador pequeña. Sus electrodos son largos y tienen dirección paralela al eje del resonador. El gas se hace circular atravesando la cavidad del resonador.

**LENTE AXICONO.** Lente cónico que, cuando es seguido por un lente usual puede enfocar un haz laser en forma anular.

**LENTE CORREGIDO.** Lente compuesto que, por una cuidadosa selección de sus dimensiones, se fabrica libre de deformaciones mensurables.

**LENTE GIRATORIO.** Haz en trayectoria circular para cortar agujeros de diámetro grande. (Si se desenfoca el rayo en es operación, la densidad de potencia disminuye y se aumenta el tiempo de perforación.)

**LENTE MENISCO.** Lente que se usa principalmente en los equipos-laser de CO<sub>2</sub> hechor por Coherent, Inc. tienen un lado convexo y el otro cóncavo.

**LONGITUD DE ONDA.** La longitud de la onda de luz; generalmente se mide de cresta a cresta y es característica de su color. -- Las unidades comunes para medirla son el micrómetro (micr), el manómetro y el angstrom (tiempo atrás).

**LUMINANCIA.** Comunmente se le denomina iluminación; es el flujo luminoso o visible por unidad de área en un punto dado de una superficie.

**LUZ.** Intervalo de frecuencias de radiación electromagnética - que el ojo percibe; es decir, el intervalo de longitudes de onda de 400 a 750 manómetros aproximadamente. Algunas veces se amplía para comprender los efectos fotovoltáicos y la radiación fuera de los límites visibles.

**LUZ COHERENTE, RADIANCIÓN COHERENTE.** Radiación compuesta por -- trenes de ondas que vibran en fase o. dicho más simplemente, -- rayos paralelos de luz.

**LUZ COLIMADA.** Rayos divergentes de luz que se hacen paralelos por medio de un lente o de otro aparato y que permiten que una imagen definida del objeto sea enfocada en el plano focal del lente.

**LUZ INCIDENTE.** Luz que llega a la superficie de un lente o de cualquier otro objeto. El "ángulo de incidencia" es el ángulo que forma el rayo de luz con la perpendicular a la superficie.

**LUZ MONOCROMÁTICA.** Teóricamente, luz de una sola longitud de onda. No es posible obtener luz completamente monocromática; -- generalmente tiene una banda estrecha de longitudes de onda. -- Los equipos laser producen las bandas más estrechas.

**MANDRIL.** Husillo u otro dispositivo que asegura una pieza que se va a maquinar.

**MARTENSITA, Martensítico.** El principal constituyente duro del acero templado; acero templable. Así se le llama en honor del metalúrgico Adolph Martens.

**MEDIDOR DE POTENCIA.** Accesorio que se emplea para detectar la potencia del haz laser en el espejo reflector posterior, para afinar el haz y obtener la potencia óptima o para detectar la potencia que se entrega en la estación de trabajo.

**MEDIO ACTIVO.** Medio en el cual se realiza emisión laser, más que absorción, para una longitud de onda determinada.

**MICRA.** Véase Micrómetro.

**MICROMETRO.** Una unidad de longitud del Sistema Internacional de Unidades (SI) la cual es igual a un millonésimo de metro -- ( $10^{-6}m$ ). Se le llamaba anteriormente micra.

**MODO.** Una forma, arreglo o condición de funcionamiento de la operación de equipos laser, tal como emisión continua, pulsos o grupos de pulsos. También término que describe la forma de la sección transversal del Haz Véase TEM.

**MODULACION.** La capacidad de superponer, como control, una señal externa el haz de salida.

**MANOMETRO.** Unidad de longitud del Sistema Internacional de Unidades (SI), igual a un milmillonésimo de metro ( $10^{-9}m$ ). Se denominada anteriormente milimícra; se una para medir longitudes de onda.

**NEMA.** Siglas de la National Electrical Manufacturer's Association (Asociación Nacional de Fabricantes de Artículos Eléctricos); asociación que define y recomienda las normas de seguridad para equipos eléctricos en E.U.

**OBJETO.** Lo que se proyecta o ve a través de un sistema óptico.

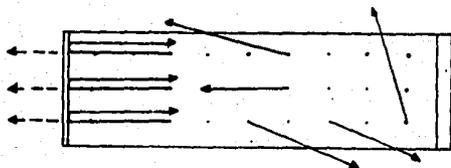
**OJOS DE CERRADURA.** En soldadura, los agujeros de penetración profunda que se llenan rapidamente con metal fundido y que pueden hacerse en pocos milisegundos con laser.

**ONDA.** Una oscilación o vibración; la forma de movimiento por la cual se considera que se transmite toda la energía del espectro electromagnético .

**ONDA ELECTROMAGNETICA.** Perturbación emitida por una carga eléctrica que oscila o que es acelerada. Pueden ser ondas de radio rayos X, rayos gama, infrarrojos, ultravioleta y luz visible.

**OSCILACION LASER.** La acumulación de ondas coherentes entre los espejos de los extremos de la cavidad del laser. En el modo de onda continua (CW), la onda que se refleja hacia adelante y hacia atrás entre los espejos transmite una fracción de su energía en cada viaje; en el funcionamiento pulsante, la emisión -

Ocurre instantáneamente.



Tomado de "The Laser: An Astounding Beam of Light", por Anthony E. Siegman. Copyright (c) Otoño de 1964 por Stanford Today, Universidad Stanford, Calif.

Perlítico. Factor que determina la dureza del hierro de fundición gris es la cantidad de perlita presente. Si el metal no es perlítico no se le puede tratar térmicamente. También, la perlita es una roca volcánica vítrea con apariencia de perla.

PICO DEL BORDE DELANTERO. Pulso inicial de una serie de emisiones laser en modo pulsante, frecuentemente útil para iniciar una reacción en la superficie del objeto. El borde posterior de la potencia pulsada del laser se usa para mantener la reacción después de la descarga inicial de energía.

PLASMA. En la soldadura con laser, un vapor de metal que se forma encima de la zona de incidencia del haz sobre la superficie del metal. También se usa para describir el tubo del laser (tubo de plasma, tubo de descarga) que contiene el gas completamente ionizado, en ciertos equipos.

POLARIZACIÓN. Restricción de la vibración del campo electromagnético a un solo plano, a comparación los innumerables planos en que vibra alrededor del eje de propagación la luz no polarizada. Esto elimina las pérdidas ópticas en las interfases del medio de emisión laser con los elementos ópticos. Entre las diversas formas de polarización se incluyen las siguientes: aleatoria, lineal (plana), vertical, horizontal, elíptica y circular. De las dos componentes de la polarización, denominadas S y P, la componente P tiene pérdidas nulas para el ángulo de Brewster. Véase Ventanas de Brewster.

Amplitud de onda de un haz polarizada en el plano. (Adaptado de Industrial Applications of Lasers", por John F. ready, Academic Press, Nueva York, 1978).

**POTENCIA DE SALIDA.** Energía que emite el laser por segundo en forma de luz coherente. Generalmente se mide en watts en la operación en modo continuo y en joules en la operación por pulsos dando a conocer la duración de un pulso.

**POTENCIA RADIANTE.** Cantidad de energía radiante disponible por unidad de tiempo: el flujo radiante.

**PROFUNDIDAD DE CAMPO.** Distancia útil de trabajo del haz; es una función de la longitud de onda, el diámetro del haz desenfocado y la longitud del lente. Para obtener una mancha de diámetro pequeño y por lo tanto, una alta densidad de potencia, debe tenerse una profundidad de campo corta.

**Q.** La eficiencia de almacenamiento de energía de un resonador-laser.

Mientras mayor sea  $Q$ , menor será la pérdida de energía.

**RADIAN.** Un ángulo en un círculo que subtiende un arco de longitud igual al radio; un ángulo (de  $57.3^\circ$ ) en el centro de un círculo, formado por dos radios que cortan tal arco. Entonces - un rad =  $57.3^\circ$ .

**RADIANCIA.** Brillantez; la energía radiante por unidad de ángulo sólido y por unidad de área proyectada desde una superficie radiante.

**RAMPA.** Véase Configuración de la potencia.

**REFLECTANCIA.** Razón del flujo reflejado entre el flujo incidente, o la razón de la luz reflejada entre la luz que incide en el objeto.

**REFLEXION.** El cambio de dirección de la energía radiante (luz incidente) causado por una superficie, sin cambiar su longitud de onda.

**REFRACCION.** Cambio de dirección de propagación de cualquier onda, tal como una onda electromagnética cuando pasa de un medio a otro, en el cual la velocidad de la onda es diferente. O simplemente, la desviación del rayo incidente cuando pasa de un medio a otro, como del aire al agua.

**REGULACION DE CORRIENTE.** Regulación del sistema laser en el cual la corriente de descarga se mantiene siempre constante, independientemente de la potencia de salida (la cual puede cambiar por desalineación o por suciedad).

**REGULACION DE LA LL.** Forma de regulación de la potencia en la cual, la potencia de salida se mantiene a un nivel constante por control de la corriente de descarga.

**RMS.** Ruido electrónico promedio; estas letras son las siglas de "rootmeansquare", es decir, raíz cuadrática media.

**RESOLUCION.** Poder de descomposición, o la medida cuantitativa de la capacidad de un instrumento óptico para producir imágenes separadas de puntos diferentes de un objeto; la capacidad de hacer distinguibles las partes individuales de un objeto, de imágenes o fuentes de luz muy próximas.

**RESONADOR.** Los espejos (o reflectores) que forman la cavidad del laser, la cual contiene la barra o el tubo del laser. Los espejos reflejan la luz hacia adelante y hacia atrás realizándose la amplificación bajo la acción de un estímulo externo. La emisión se efectúa a través de uno de ellos, que se denomina acoplador y que es parcialmente transmisor.

**RESONADOR DOBLADO.** Construcción en la cual la trayectoria óptica anterior es desviada por espejos que se montan en bloques de esquinas y se atornillan en posición prealineado, lo cual permite reducir el espacio y obtener una larga trayectoria del laser.

**RESONADOR OPTICO.** Véase Resonador.

**RESPUESTA ESPECTRAL.** La reacción de un aparato o de un material a la luz monocromática, en función de la longitud de onda de ésta.

**ROCKWELL C.** Una escala o prueba que se emplea para definir la dureza de metales, particularmente del acero y titanio.

**RUIDO.** Corrientes o voltajes menores indeseables que se presentan en un sistema eléctrico.

**SATURACION DE CORRIENTE.** En un conductor es el flujo máximo de corriente eléctrica; en un laser, es el valor, para el que una corriente eléctrica adicional, no aumentará la acción del laser.

**TAJO.** Una estria o ranura que se hace en un material con una sierra, un soplete cortador o un laser. Los más angostos y por consiguiente los más económicos, se hacen con equipos laser.

**TEM.** Abreviatura en inglés, de modo transversal eléctrico y magnético; la forma de la sección transversal del haz laser de trabajo. Se puede producir un número infinito de formas; pero sólo un número relativamente pequeño es necesario para aplicaciones industriales. En general, "mientras más grande el TEM, más burdo será el enfoque". Entonces, los modos más usuales para uso industrial son: 1) TEM<sub>00</sub>: un modo con curvas de Gauss que es el mejor colimado y produce la imagen más pequeña, de alta densidad de potencia, para perforación, soldadura y corte 2) TEM<sub>01</sub>: el haz se divide en dos haces iguales para aplicaciones especiales. 3) TEM<sub>10</sub>: Un modo con forma anular para trata-

miento térmico, perforación de agujeros más grandes y otros -- usos especiales.

TREPANACION CON EL HAZ. El movimiento relativo del haz con respecto a la pieza que se trata, generalmente en forma circular. Véase lente giratorio.

UMBRAL. El punto en el cual empieza la emisión laser durante la excitación del medio emisor.

UNIDAD ANGSTROM. Unidad de medición de longitud de onda (se escribe Å) que es igual a un diezmilmillonésimo de metro (10<sup>-10</sup>m). Aún se usa de vez en cuando.

VECTOR ELECTRICO. Dícese del campo eléctrico que se asocia a una onda de luz y que tiene dirección, sentido y amplitud. Se le representa comunmente con una recta con una punta flecha.

VENTANA. Una pieza de vidrio con caras planas y paralelas que admite el paso de la luz o a través de un sistema óptico y que impide la entrada de la suciedad y la humedad.

VENTANAS DE BREWSTER. El extremo transmisor (o ambos extremos) del tubo laser, hecho de material óptico transparente y puesto al ángulo de Brewster en los emisores de laser de gas, para no tener pérdidas por reflexión de la luz polarizada verticalmente. No son normales en los emisores de laser industriales, pero son imprescindibles si se desea polarización.

## TERMINOLOGIA DEL MOVIMIENTO ARTICULATORIO.

**Flexión:** Curvatura o reducción del ángulo que forman partes del cuerpo. Para completar las flexiones de brazo y piernas, que --son las más comunes, y a fin de satisfacer necesidades especiales, se han identificado otras varias: flexión lateral del tronco, en que diferentes segmentos del cuerpo tienden a disminuir el ángulo que forman con las caderas rectas; flexión radial, movimiento del lateral de la mano que ocupa el pulgar hacia el lado radial del antebrazo; y flexión ulnar, movimiento de la parte opuesta a la anterior hacia el lado ulnar del antebrazo.

**Extensión:** enderezamiento o incremento del ángulo que forman partes del cuerpo. Se define, por lo general, como el retorno de la flexión. Cuando la extensión de una articulación excede a lo normal, se denomina hiperextensión.

**Abducción:** movimiento de un segmento del cuerpo más allá del eje medio de éste o de la parte a que va unido.

**Adducción:** movimiento de un segmento o combinación de segmentos del cuerpo hacia el eje medio de éste o de la parte que está o están unidos.

**Rotación media:** Giro hacia el eje medio del cuerpo.

**Rotación lateral:** giro más allá del eje medio del cuerpo.

**Pronación:** giro del antebrazo de manera que la palma de la mano se oriente hacia abajo.

**Supinación:** giro del antebrazo de manera que la palma se oriente hacia arriba.

**Eversión:** giro del pie para que su planta se oriente hacia afuera.

**Inversión:** elevación del pie para que su planta se oriente hacia adentro.